

Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Технология машиностроения»

621.753(07)
Ш193

В.Ю. Шамин

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕШЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Компьютерная версия учебного пособия



Челябинск
2005

Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Технология машиностроения»

621.753(07)
Ш193

В.Ю. Шамин

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕШЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Компьютерная версия учебного пособия
Издание четвертое, переработанное

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» по специальности: 120100 — «Технология машиностроения»; 120200— «Металлорежущие станки и инструмент»

Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2005

УДК 621.753(07)

Шамин В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Компьютерная версия учебного пособия. — 4-е изд., перер. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — 530 с.

В учебном пособии представлен текст раздела "Цепи размерные" из общего курса лекций "Основы технологии машиностроения". Этот раздел читается сотрудниками кафедры «Технология машиностроения» Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) в различных учебных заведениях Российской Федерации и СНГ, в НИИ, на промышленных предприятиях преподавателям, аспирантам, студентам и слушателям на курсах повышения квалификации всех форм обучения. В пособии описаны основные этапы отработки отдельных деталей и сборочных соединений на технологичность. В краткой форме представлен материал по стандартам единой системы допусков и посадок. Рассмотрены основные положения, обозначения и определения сборочных и технологических размерных цепей. Рассчитываются размерные цепи. Приводятся практические примеры построения и расчета размерных схем с контрольными упорядочениями, в которых нестандартные ответы и результаты расчетов помогают слушателям освоить пути отработки технологичности изделий. Анализируются основные причины неудачных конструкторских и технологических решений. Даются рекомендации по их устранению с учетом возможностей производства. Изложена методика подготовки и кодирования исходной информации для анализа готовых конструкторских и технологических решений действующего производства (обратные задачи) или синтеза проектных задач (прямые задачи) с использованием пакета прикладных программ автоматизированного расчета размерных цепей (ППП «КурсАР»). Основные понятия и определения в технологии машиностроения даны с позиции быстрого усвоения терминологии в построении и расчетах операционных размерных цепей. Особое внимание обращено на методическую проработку тем, наглядность их изложения с помощью графического материала и практических примеров. В учебном процессе университета активно используется электронный вариант учебного пособия.

Пособие предназначено для преподавателей, аспирантов, студентов и инженерно-технических работников машиностроительных специальностей.

Ил. 560, табл. 155, список лит. — 18 назв.

Одобрено учебно-методической комиссией механико-технологического факультета

Рецензенты: заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации
д-р тех. наук проф. Л.В. Худобин;
д-р тех. наук проф. Н.М. Султан-Заде.

ISBN 5-696-01894-7

© Шамин В.Ю., 2002.

© Издательство ЮУрГУ, 2002.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	10
1. Цепи размерные. Основные положения. Термины, обозначения и определения	11
1.1. Понятия о размерных цепях	11
1.2. Звенья размерной цепи	15
1.3. Виды размерных цепей	19
1.4. Размеры и отклонения. Термины и обозначения	19
1.5. Контрольные упражнения	24
1.5.1	24
1.5.2	24
1.5.3	25
1.5.3.1. Вариант 1	28
1.5.3.2. Вариант 2	28
1.5.4. Упражнение	29
1.5.4.1. Вариант 1	29
1.6. Система допусков и посадок	30
1.7. Неуказанные предельные отклонения размеров	31
1.8. Нормальные ряды чисел номиналов	32
1.9. Способы обозначения предельных отклонений	32
1.10. Шероховатость поверхности	33
2. Основы расчета плоских размерных цепей	
2.1. Задачи и методы расчета размерных цепей	33
2.2. Порядок построения размерных цепей	35
2.3. Основные расчетные формулы	
2.3.1. Уравнение номиналов	36
2.3.2. Допуск (поле допуска) замыкающего звена	36
2.3.3. Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена	37
2.4. Решение обратной (проверочной) задачи по методу полной взаимозаменяемости	37
2.4.1. Способ предельных значений	38
2.4.2. Способ отклонений	38
2.4.3. Способ средних значений	40
2.4.4. Способ координат допусков	40
2.4.5. Сравнительная оценка способов размерных расчетов	41
2.5. Решение обратной (проверочной) задачи по вероятностному методу	42
2.6. Выбор метода решения размерных цепей	43
2.7. Последовательность расчетов размерных цепей	
2.7.1. Последовательность решения обратной (проверочной) задачи	44
2.7.2. Последовательность решения прямой (проектной) задачи	44
2.8. Прямая задача. Примеры расчетов конструкторских размерных цепей	
2.8.1. Подетальные размерные цепи	
2.8.1.1. Пример 1	46
2.8.1.2. Пример 2	51
2.9. Контрольные упражнения	
2.9.1. Упражнение	54
2.9.2. Упражнение	54
3. Решение сборочных размерных цепей	
3.1. Определение замыкающих звеньев	55
3.2. Размерно-точностная характеристика изделия	63
3.2.1. Задачи размерного анализа сборочных цепей. Примеры расчетов	63
3.2.1.1. Решение прямой задачи размерного анализа	63
3.2.1.2. Решение обратной задачи размерного анализа	75
3.2.1.3. Решение смешанных задач	78
3.3. Контрольные упражнения	83
3.3.1	83
3.3.2	83
3.4. Решение сборочных размерных цепей методом пригонки	84
3.5. Метод регулирования с применением неподвижного компенсатора	86
3.6. Метод групповой взаимозаменяемости	89
3.7. Выбор метода достижения точности замыкающего звена	93

3.7.1.	Способ расчета допусков одного качества точности методом максимума-минимума	94
3.7.2.	Способ расчета допусков одного качества точности вероятностным методом	96
4.	Основные понятия и определения в технологии машиностроения	97
4.1.	Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий (ГОСТ 3.1109-82, СТ СЭВ 2064-79, СТ СЭВ 2522-80, СТ СЭВ 2523-80)	98
4.2.	Единая система технологической подготовки производства. Основные положения. Термины и определения основных понятий ГОСТ 14.004-74	103
4.3.	Единая система технологической подготовки производства. Правила обеспечения технологичности конструкции изделия	
4.3.1.	Общие правила обработки конструкции изделия на технологичность (ГОСТ 14.201-73...ГОСТ 14.204-73)	105
4.4.	Базирование и базы в машиностроении	106
4.4.1.	Основные положения теории базирования	107
4.4.2.	Установка заготовки на станке	107
4.4.3.	Классификация баз	108
4.4.4.	Определенность базирования при обработке	115
4.4.5.	Погрешность установки, базирования и закрепления	116
4.4.6.	Смена баз. Принцип единства и совмещения баз	116
5.	Технологические размерные цепи	
5.1.	Задачи размерного анализа	117
5.2.	Звенья операционных размерных цепей	118
5.2.1.	Обозначение звеньев операционных цепей	119
5.3.	Численное представление звеньев размерной цепи	
5.3.1.	Звенья-радиусы цилиндрической поверхности	120
5.3.2.	Звенья-отклонения расположения	120
5.3.3.	Звенья-припуски	120
5.4.	Назначение технологических допусков на операционные размеры	123
5.5.	Размерные схемы технологических процессов	124
5.5.1.	Условные обозначения в размерных схемах	125
5.5.2.	Классификация размерных схем	125
5.6.	Преобразование и проверка чертежа детали для построения размерной схемы	127
5.7.	Порядок построения и расчета операционных размерных цепей	129
5.8.	Задачи расчета операционных размерных цепей	133
6.	Решение технологических задач размерного анализа	
6.1.	Построение схем продольных размеров	
6.1.1.	Припуск — составляющее звено. Пример 1	133
	Пример 2	135
6.1.2.	Припуск — замыкающее звено	136
	Вариант 1	136
	Вариант 2	140
6.1.3.	Чертежный размер — замыкающее звено	
6.1.3.1.	Анализ выполнимости чертежных размеров	142
6.1.3.2.	Отрицательный припуск	145
6.1.3.3.	Упражнение	150
6.1.3.4.	Пути уменьшения поля рассеяния замыкающего звена — чертежного размера	151
6.1.3.5.	Пути уменьшения поля рассеяния замыкающего звена — припуска	154
6.1.3.6.	Чертежные размеры фасок — замыкающие звенья	156
	Пример 1	156
	Пример 2	161
6.1.3.7.	Построение размерных схем с термическими операциями. Пример 1	167
	Пример 2	169
	Вариант 1	170
	Вариант 2	171
	Вариант 3	172
	Вариант 4	173
6.1.3.8.	Упражнение	174

6.1.3.9. Построение размерных схем с операциями покрытия .	174
Вариант 1	176
Вариант 2	177
Вариант 3	182
6.1.3.10. Упражнение	183
6.2. Построение схем диаметральных размеров	
6.2.1. Отклонение от соосности – составляющее и – замыкающее звено	
6.2.1.1. Отклонение от соосности – составляющее звено . . .	183
6.2.1.2. Отклонение от соосности – замыкающее звено	185
6.2.2. Глубина цементационного слоя – замыкающее звено . .	188
6.3. Размерная схема отклонений расположения	192
6.4. Операционные размеры, построенные от технологических баз-центровых отверстий	
6.4.1. Установка заготовок в поводковые патроны с утопающим центром	193
6.4.2. Установка заготовок на жестких центрах	196
6.5. Построение и расчет технологических размерных схем при обработке корпусных деталей	
6.5.1. Размерный анализ схем, построенных по отдельным проекциям изделия	
6.5.1.1. Пример 1	202
6.5.1.1.1. Размерная схема 1	205
6.5.1.1.2. Размерная схема 2	207
6.5.1.1.3. Размерная схема 3	208
6.5.1.2. Пример 2	
6.5.1.2.1. Вариант 1	210
6.5.1.2.2. Вариант 2	212
6.5.1.2.3. Вариант 3	213
6.5.1.2.4. Вариант 4	216
6.5.1.2.5. Упражнение	217
6.5.1.3. Пример 3	
6.5.1.3.1. Вариант 1	218
6.5.1.3.2. Упражнение	220
6.5.2. Обработка корпусных деталей с отверстиями	
6.5.2.1. Пример 1. Вариант 1	220
6.5.2.1.1. Размерная схема 1	223
6.5.2.1.2. Упражнение	224
6.5.2.1.3. Размерная схема 2	225
6.5.2.1.4. Упражнение	226
6.5.2.1.5. Упражнение	226
6.5.2.2. Пример 2	227
6.5.2.2.1. Размерная схема 1	227
6.5.2.2.2. Размерная схема 2	229
7. Автоматизированный расчет размерных цепей	231
7.1. Кодирование исходной информации для расчета на ЭВМ. Условные обозначения. Группы звеньев	233
7.1.1. Группы замыкающих звеньев	234
7.1.1.1. Группы замыкающих звеньев при решении обратных (проверочных) задач	
7.1.1.1.1. Группа 0	235
7.1.1.1.2. Группа 1	237
7.1.1.2. Группа замыкающих звеньев при решении прямых (проектных) задач	238
7.1.1.2.1. Группа 2	239
7.1.1.2.2. Группа 3	241
7.1.1.2.3. Группа 4	242
7.1.1.2.4. Группа 5	244
7.1.2. Группа составляющих звеньев	
7.1.2.1. Группа составляющих определяемых звеньев при решении прямых (проектных) задач	
7.1.2.1.1. Группа 6	247
7.1.2.2. Группы составляющих известных звеньев при решении прямых и обратных задач	248
7.1.2.2.1. Группа 7	249
7.1.2.2.2. Группа 8	249
7.2. Кодирование границ размерных связей	250
7.3. Порядок записи параметров многоуровневой информации .	250
7.4. Порядок записи исходной информации для автоматизированного расчета размерных цепей	251

7.5. Округление расчетных номинальных значений определяемых размеров-звеньев группы 6	253
7.6. Методы расчета размерных цепей	254
7.7. Примеры кодирования исходной информации	
7.7.1. Пример 1	255
7.7.2. Пример 2	255
7.7.3. Пример 3	256
7.7.4. Пример 4	257
7.7.5. Пример 5	257
7.7.6. Пример 6	257
8. Результаты расчета размерных цепей на ЭВМ	261
8.1. Результаты расчета при решении проверочных задач	
8.1.1. Результаты расчета размерной схемы первой проекции .	261
8.1.2. Результаты расчета размерной схемы второй проекции .	263
8.2. Результаты расчета при решении проектных задач	
8.2.1. Проектный вариант технологического процесса на базе проверочной задачи примера 6	263
8.2.1.1. Расчет размеров в первой проекции	266
8.2.1.1.1. Расчет определяемых размеров в схеме с замыкающими звеньями	269
8.2.1.2. Расчет определяемых диаметральных (радиальных) звеньев в размерной схеме второй проекции	269
9. Диагностические сообщения	270
9.1. Синтаксические ошибки	271
9.2. Количество замыкающих и определяемых звеньев	272
9.2.1. Количество определяемых звеньев меньше замыкающих .	272
9.2.2. Количество замыкающих звеньев меньше определяемых .	272
9.2.3. Отсутствие замыкающего звена в цепи	
9.2.3.1. Случайная замена групп 2, 3 или 4 на 7 или 8	272
9.2.3.2. Опечатка в кодах (номерах) поверхностей группы 6	273
9.2.3.3. Опечатка в кодах групп звеньев 5 и 6	273
9.2.3.4. Ввод звеньев группы 7 и 8 вместо группы 6	275
10. Особенности кодирования и расчет конструкторских размерных цепей	
10.1. Проверочный расчет в поддетальной размерной схеме	275
10.2. Проектный вариант расчета в поддетальных размерных цепях	276
10.3. Сборочные размерные цепи	277
11. Некоторые приемы рациональной работы с ППП	
11.1. Работа с архивом исходных данных	284
11.1.1. Решение частных задач	
11.1.1.1. Задача 1	284
11.1.1.2. Задача 2	285
11.1.1.3. Задача 3	285
11.1.1.4. Задача 4	286
11.1.1.5. Задача 5	288
11.1.1.6. Задача 6	288
12. Размерный анализ действующих технологических процессов	
12.1. Пример 1	289
12.1.1. Размерная схема 1	292
12.1.2. Размерная схема 2	294
12.1.3. Размерная схема 3	295
12.1.4. Анализ результатов расчета размерных схем 1 и 2	295
12.1.5. Проектный вариант 1. Размерная схема 2	297
12.1.6. Проектный вариант 2. Размерная схема 2	298
12.1.7. Проектный вариант. Размерная схема 1	299
12.1.8. Проектный вариант. Размерная схема 3	301
12.1.9. Заключение	301
12.2. Пример 2	302
12.2.1. Размерная схема 1	305
12.2.2. Размерная схема 2	307
12.2.3. Анализ результатов расчета размерной схемы 1 и 2	308
12.2.4. Проектный вариант 1	308
12.2.4.1. Размерная схема 2	309
12.2.4.2. Размерная схема 1	309

12.2.4.3. Выводы и предложения	310
12.2.5. Проектный вариант 2. Размерная схема 1	313
12.2.5.1. Выводы и предложения	315
12.2.6. Проектный вариант 3. Размерная схема 1	316
12.2.7. Проектный вариант 4. Размерная схема 1	318
12.3. Пример 3	320
12.3.1. Размерные схемы действующего процесса	328
12.3.1.1. Размерная схема 1	329
12.3.1.2. Размерная схема 2	331
12.3.1.3. Анализ и синтез результатов расчета	332
12.3.2. Проектный вариант технологического процесса	
12.3.2.1. Размерная схема 1	336
12.3.2.2. Размерная схема 2	339
12.4. Пример 4	342
12.4.1. Размерные схемы действующего процесса	
12.4.1.1. Размерная схема 1	347
12.4.1.1.1. Анализ процесса по схеме 1	348
12.4.1.2. Размерная схема 2	350
12.4.1.2.1. Анализ процесса по схеме 2	351
12.4.2. Решение проектной задачи	351
12.4.2.1. Проектный вариант 1. Размерная схема 1	352
12.4.2.2. Проектный вариант 2. Размерная схема 1	354
12.4.2.3. Проектный вариант 3. Размерная схема 1	357
12.4.2.4. Проектный вариант. Размерная схема 2	358

Ответы и решения

1.5.1	360
1.5.2	360
1.5.3.1	362
1.5.3.2	364
1.5.4	367
2.9.1	369
2.9.1.1. Вариант 1	371
2.9.1.2. Вариант 2	372
2.9.1.3. Вариант 3	373
2.9.2	375
3.3.1	376
3.3.2	376
3.7.1	377
3.7.2	378
6.1.3.3	378
6.1.3.8	380
6.1.3.10	381
6.5.1.2.5	382
6.5.1.3.2	384
6.5.2.1.2	386
6.5.2.1.4	388
6.5.2.1.5	
6.5.2.1.5.1. Размерная схема 1. Вариант 2	390
6.5.2.1.5.2. Размерная схема 1. Вариант 3	393
6.5.2.1.5.3. Размерная схема 2. Вариант 2	394
6.5.2.1.5.4. Анализ схем, вариантов и результатов	395

Литература	397
-----------------------------	------------

Приложения

Приложение 1. Допуски "валов" и "отверстий"	
1.1. Размеры до 250 мм	398
1.2. Размеры до 2000 мм	398
1.3. Размеры до 10000 мм	398
Приложение 2. ГОСТ 6636-69 (СТ СЭВ 514-77). Нормальные линейные размеры, мм	399
Приложение 3. ГОСТ 8908-81. Нормальные углы	399
Приложение 4. ГОСТ 8908-81. Нормальные уклоны	399
Приложение 5. ГОСТ 2789-73. Числовые параметры шероховатости поверхности	400
Приложение 6. Шероховатость Rz и величина дефектного слоя Df поверхностей	
6.1. Заготовительные операции	400
6.2. Заготовки получены различными методами механической обработки	400

Приложение 7.	Рекомендуемые значения глубины слоев насыщения и покрытия стальных поверхностей и их колебания, мм	401
Приложение 8.	Средняя статистическая точность токарных операций при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров	401
Приложение 9.	Средняя статистическая точность операций сверления при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров	403
Приложение 10.	Средняя статистическая точность операций растачивания при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров	404
Приложение 11.	Средняя статистическая точность операций фрезерования при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров	404
Приложение 12.	Средняя статистическая точность операций строгания и протягивания при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров	405
Приложение 13.	Средняя статистическая точность шлифовальных операций при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров	405
Приложение 14.	Средняя статистическая точность финишных операций	406
Приложение 15.	Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на токарных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм	407
Приложение 16.	Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях сверления, относительно "чистых" технологических баз, мкм	408
Приложение 17.	Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях зенкерования и развертывания, относительно "чистых" технологических баз, мкм	408
Приложение 18.	Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях растачивания, относительно "чистых" технологических баз, мкм	408
Приложение 19.	Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на фрезерных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм	409
Приложение 20.	Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях протягивания, относительно "чистых" технологических баз, мкм	409
Приложение 21.	Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на шлифовальных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм	410
Приложение 22.	Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на финишных операциях, мкм	410
Приложение 23.	Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий в отливках, мм	411
Приложение 24.	Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий в поковках и штампованных заготовках, мм	412
Приложение 25.	Средняя статистическая точность координат и	

	расположения осей отверстий, полученных на операциях сверления, мм	412
Приложение 26.	Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий, полученных на операциях растачивания, мм	412
Приложение 27.	Средняя статистическая точность расположения обработанных цилиндрических поверхностей относительно первичных баз на токарных операциях, мкм	
	27.1. Установка в патроне с винтовым зажимом (погрешность, мкм)	413
	27.2. Установка в патроне с пневматическим зажимом (погрешность, мкм)	414
	27.3. Установка в цанге по упорам (погрешность, мкм)	414
Приложение 28.	Средняя статистическая точность зацентровки (отклонение от соосности центровых фасок относительно поверхностей заготовки, используемых при зацентровке в качестве технологических баз), мм	414
Приложение 29.	Средняя статистическая точность расположения (отклонение от соосности) обработанных цилиндрических поверхностей относительно центровых фасок, мм	415
Приложение 30.	ГОСТ 7505-89. Классы точности поковок	
	30.1. Определение исходного индекса поковки	416
	30.2. Допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм	417
	30.3. Допуски на толщину поковок, подвергаемых холодной и горячей калибровке, мм	418
	30.4. Допускаемые отклонения от concentричности пробитого отверстия, мм	418
	30.5. Допускаемые отклонения от плоскостности и прямолинейности поковок, мм	418
	30.6. Допускаемые отклонения межосевого расстояния, мм	419
	30.7. Допускаемые отклонения угловых элементов поковки	419
	30.8. Допуск радиусов закругления внутренних и наружных углов поковки, мм	419
	30.9. Штамповочные уклоны, градусы	419
	30.10. Отклонение от перпендикулярности торцов относительно оси и боковых поверхностей относительно основания поковок и штампованных заготовок	420
Приложение 31.	ГОСТ 26645-85 (ИСО 8062-84) взамен ГОСТ 1855-55, 2009-55. Классы точности для отливок из черных и цветных металлов и сплавов	420
	31.1. Выбор класса точности в зависимости от способа литья	422
Приложение 32.	Сталь горячекатаная круглая (ГОСТ 2590-71)	422
Приложение 33.	Сталь горячекатаная квадратная (ГОСТ 2591-71)	423
Приложение 34.	Сталь горячекатаная шестигранная (ГОСТ 2879-69)	423
Приложение 35.	Полоса стальная горячекатаная (ГОСТ 103-76)	424
Приложение 36.	Допуски на длину заготовок, получаемых из проката	424
Содержание приложений 37...39	425
Приложение 37.	Интерфейс ППП «Visual KursAR»	427
Приложение 38.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	523
Приложение 39.	Программный продукт «Библиотека электронных версий»	526

"Обработка сложной детали без использования размерных схем — подобна прогулке по минному полю с завязанными глазами — того и гляди, что-нибудь взорвется"

Т. Дж. Дрозда (Главный технолог завода «Дженерал моторз» в Детройте)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из основных задач современного машиностроения является обеспечение качества продукции. Показатели качества тесно связаны с технологичностью конструкции изделия. Правила обеспечения технологичности взаимосвязанных деталей определяют технологическую рациональность конструкторских решений. Одним из инструментов определения рациональности являются анализ и синтез размерных связей. В пособии предлагается курс теоретического и практического анализа размерного, который может быть использован как в учебном процессе, так и в условиях действующего производства.

Первоначальная версия учебно-методического комплекса с учебным пособием «Курс» была создана в Челябинском политехническом институте (ЧПИ) в режиме диалога с ЭВМ. Идея создания автоматизированного учебного пособия предложена работниками промышленности, которые изучали последние достижения в области САПР-ТП на курсах повышения квалификации в ЮУрГУ. Имея магнитную запись или распечатку текста данного пособия, они сами принимали участие в учебном процессе заводских школ повышения квалификации, так как практические задачи размерных расчетов включаются в список подготовительных вопросов для присвоения высоких разрядов рабочим ряда машиностроительных специальностей. Настоящая версия «Курс» включает в себя «Автоматизированный Расчет» размеров и графическое построение размерных схем (ППП «КурсАР»).

Новая форма записи страничного текста позволила использовать огромный справочный материал конструктора и технолога через многоцелевые комплексы с различными видеотерминалами и персональные компьютеры. Магнитная запись комплекса (УМЛ) широко используется копировально-множительными подразделениями предприятий необходимым тиражом для конструкторских и технологических отделов и бюро, отдела технического обучения, подшефных техникумов и технических училищ.

В учебном пособии нашли отражение задачи по повышению технологической подготовки специалистов машиностроения и приборостроения, а также современные достижения в методах проектирования конструкций деталей и технологических процессов. Учитывая пожелания слушателей курсов и инженерно-технических работников промышленных предприятий, в пособии кратко изложена теория размерных цепей, приведены определения и положения основ взаимозаменяемости. Изучение нового и повторение знакомого материала помогает читателям и слушателям последовательно знакомиться с представленным текстом. Особое внимание обращено на методическую проработку тем, наглядность их изложения с помощью графического материала и практических примеров. Данный вариант пособия (текст и графика) подготовлен с помощью современной вычислительной техники.

Автор признателен программистам: А. С. Гладкову, Л. Л. Зайончику, А. В. Кухтенковой, Е. Г. Медведеву, Е. В. Пугач, П. Г. Пугач, А. Л. Сухину, О. С. Фадюшину, А. М. Хасанову и С. В. Цыганкову за помощь в разработке учебно-методического комплекса и всем, кто принял участие в создании, подготовке и редакционной обработке этого учебного пособия.

1. Цепи размерные. Основные положения.

Термины, обозначения и определения

Каждое изделие от замысла конструктора до изготовления проходит два этапа: первый этап включает в себя работу конструкторского бюро, создающего размерно-точностную характеристику готового изделия; второй — работу технологического бюро, устанавливающего номинальные размеры, допуски и отклонения для изделия на всех стадиях его изготовления.

В основе размерной отработки лежит анализ размерных связей, который называют обычно размерным анализом.

Различают три вида (категории) размерного анализа: анализ детали, анализ механизма или изделия и анализ технологического процесса.

Размерным анализом детали называют выявление и фиксирование размерных связей между элементами (поверхностями) одной и той же детали.

Размерный анализ механизма заключается в выявлении и фиксировании размерных связей между составными частями изделия, путем осуществления которых в процессе сборки должны обеспечиваться требуемые размерные параметры изделий.

Размерным анализом технологического процесса называют выявление и фиксирование размерных связей между переходами и операциями данного процесса. Размерные связи выражаются и фиксируются в форме размерных цепей.

1.1. Понятия о размерных цепях

Основные положения. Термины, обозначения и определения плоских размерных цепей зафиксированы в ГОСТ "Цепи размерные".

Размерная цепь — совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур. Для иллюстрации понятия "размерная цепь" рассмотрим простейшие примеры.

На рис. 1.1...1.3 (см. с. 12 и 13) изображены эскизы отдельных деталей с линейными размерами. Под линейными размерами будем понимать их номинальные значения. Между двумя поверхностями гайки А, колеса зубчатого Б и шайбы В (см. рис. 1.1) поставлен один линейный размер, который символизирует замкнутый контур, и размерная цепь представлена только этим размером. Размерные связи на втулке, корпусе и валу (см. рис. 1.2 и 1.3) представлены большим количеством размеров. Из геометрических зависимостей размерных связей этих деталей можно записать уравнения подетальных размерных цепей. Уравнения из номинальных значений имеют вид:

$$Г1+Г2-Г3=0; \quad Д1+Д2-Д3=0; \quad (1.1) \text{ и } (1.2)$$

$$Е1+Е2+Е5-Е4=0; \quad Е1+Е2+Е6-Е3=0; \quad (1.3) \text{ и } (1.4)$$

$$Е3+Е7-Е4=0. \quad (1.5)$$

Если у втулки и корпуса только один замкнутый контур, то у вала можно сформировать несколько контуров.

Для показа сборочной размерной цепи из деталей собирается простейший узел с условным названием — механизм привода насоса (см. рис. 1.4, с. 13).

Втулка Г запрессована в корпус Д. Вал Е во втулке может вращаться и перемещаться в осевом направлении на величину условного зазора. Колесо зубчатое Б на шейке вала закреплено гайкой А. Упорные шайбы В1 и В2 исключают касание колеса и вала с торцовыми поверхностями втулки.

Из рисунка видно, что крайние левая и правая поверхности втулки выступают за пределы корпуса, следовательно, и здесь могут быть выявлены и зафиксированы замкнутые контуры из размерных связей.

Резьбовая поверхность вала должна выступать за пределы гайки не менее чем на $0,25 D_1$ (D_1 — внутренний диаметр резьбы).

Это еще один замкнутый контур.

На графическом изображении (см. рис. 1.5, с. 13) показаны замкнутые контуры и уравнения из размерных связей, формирующих эти контуры.

В механизме привода (см. рис. 1.4 и 1.5, с. 13) можно выделить еще один очень важный для освоения размерного анализа замкнутый контур. Для этого мысленно подвинем вал привода в осевом направлении влево или вправо.

Шайбы упорные прижмутся к торцовым поверхностям втулки, а между зубчатым колесом и шайбой (левое положение вала) образуется зазор.

Такой же зазор появится при смещении вала вправо (см. рис. 1.6...1.8, с. 14).

Каждый из размеров, образующих размерную цепь, называется звеном размерной цепи. В форме размерной цепи можно выразить совокупность не только размеров длины, но и любых величин, составляющих замкнутый контур. Если звеньями размерной цепи являются линейные размеры, то такая цепь называется линейной размерной цепью, если угловые — угловой размерной цепью.

По расположению звеньев цепи бывают:

плоскими цепями — размерные цепи, звенья которых расположены в одной плоскости или в нескольких плоскостях;

пространственными цепями — размерные цепи, звенья которых расположены под углом и проектируются на параллельные плоскости.

Равенства (1.1)...(1.9) выражают размерные связи между номинальными размерами и носят название уравнений номиналов.

Если торцовые поверхности механизма привода изобразить вертикальными линиями и нанести между ними размеры с эскизов деталей (см. рис. 1.1 и 1.2, с. 12), то получим размерную схему механизма привода (см. рис. 1.9, с. 15). На схеме указаны все замкнутые контуры (уравнения (1.1)...(1.9.1)), которые использованы в подетальных и сборочных размерных цепях.

Уравнение номиналов применимо только к неизменным, постоянным величинам.

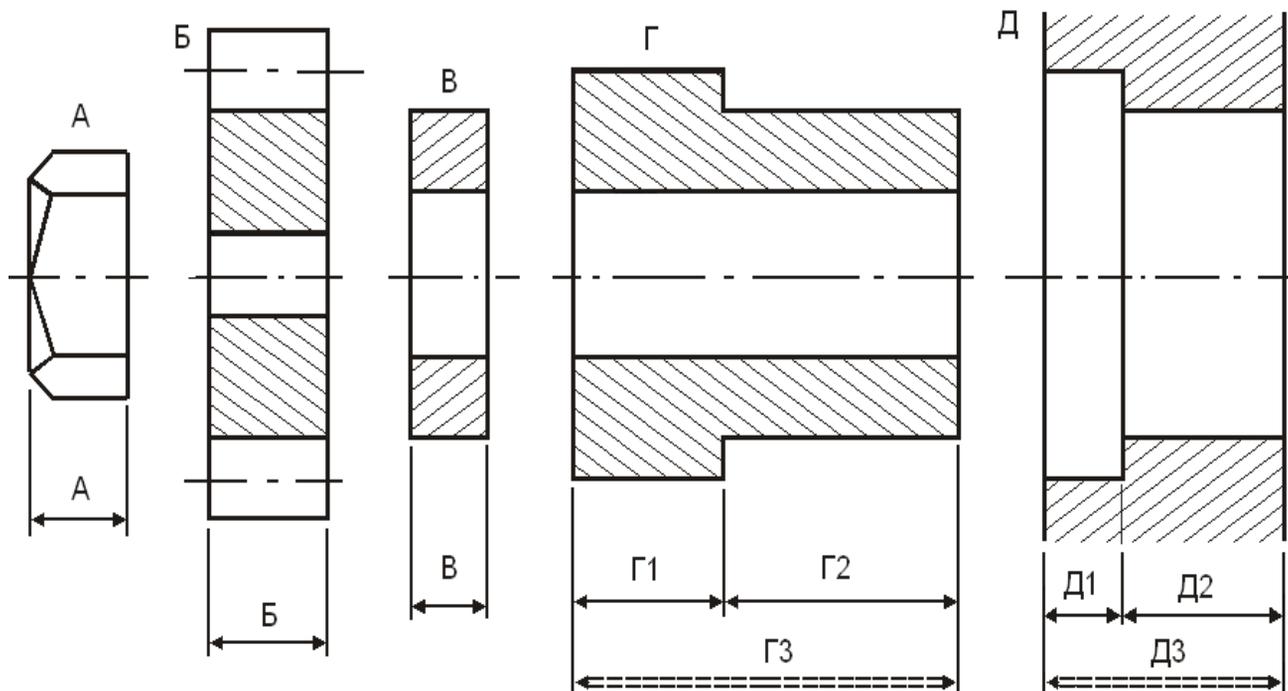


Рис. 1.1. Эскизы деталей:
А – гайка; Б – колесо; В – шайба

Рис. 1.2. Эскизы деталей:
Г – втулка; Д – корпус

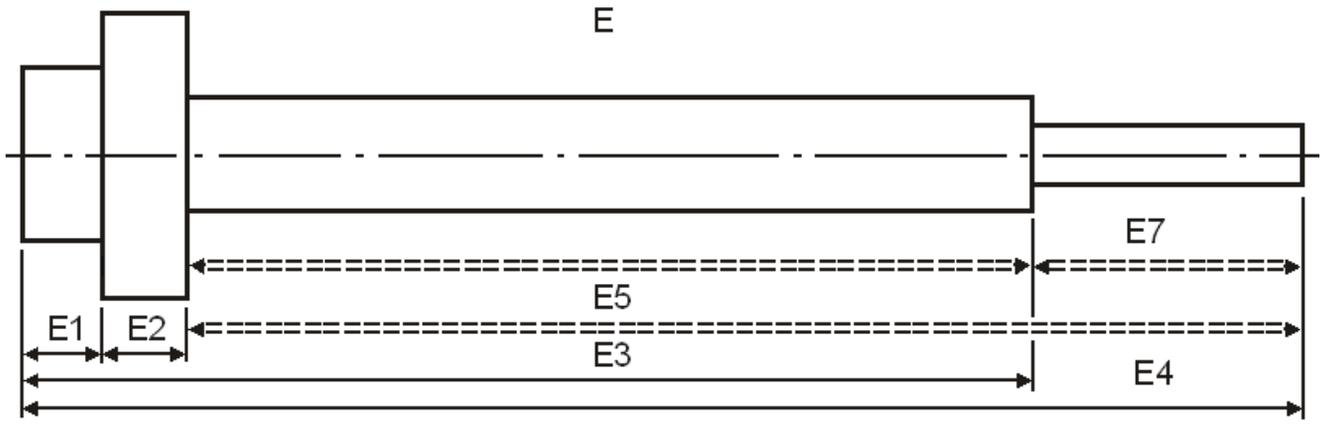


Рис. 1.3. Вал привода E

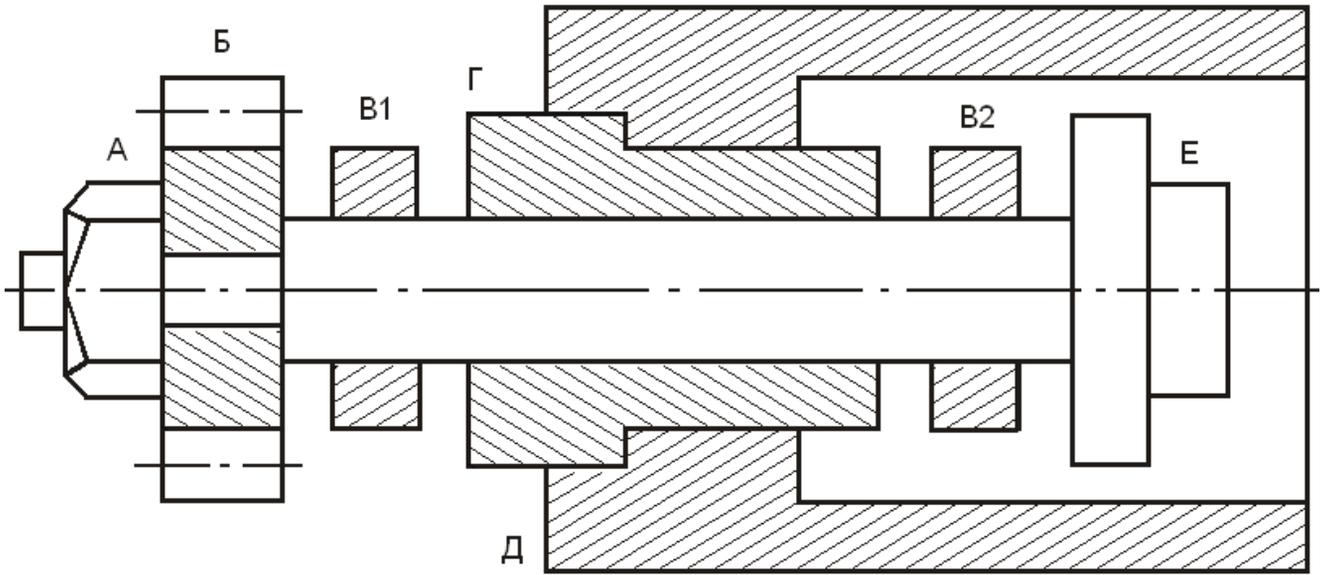
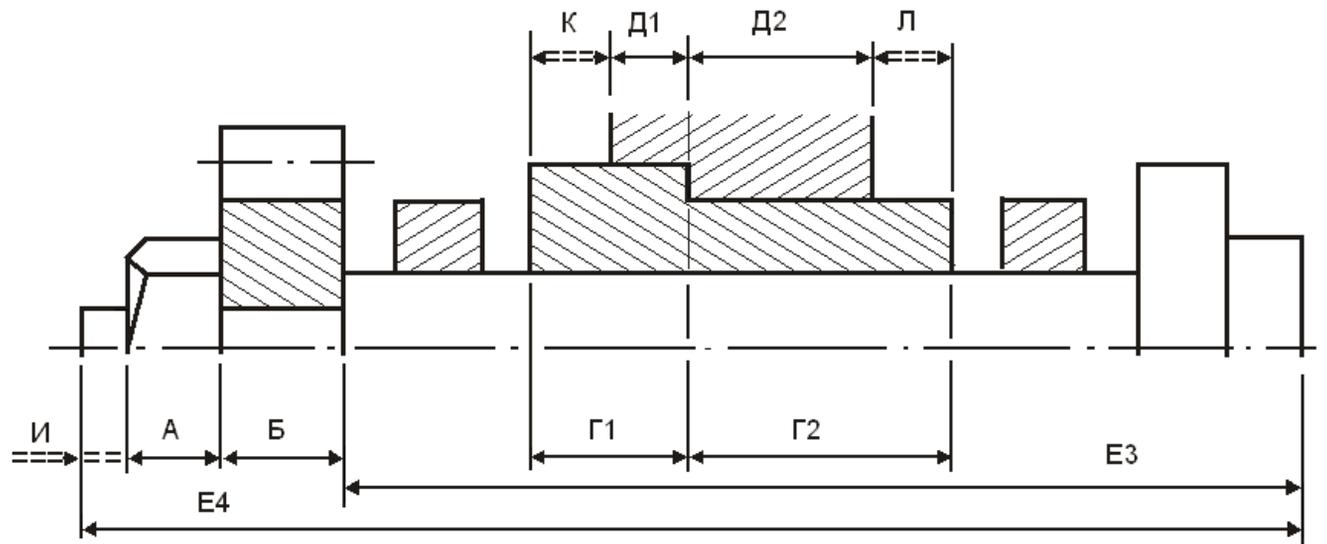


Рис. 1.4. Механизм привода насоса (без пропорций): А – гайка; Б – колесо зубчатое; В1 и В2 – шайбы упорные; Г – втулка; Д – корпус; Е – вал привода



$$И + А + Б + E3 - E4 = 0; \quad K + D1 - Г1 = 0 \quad \text{и} \quad D2 + Л - Г2 = 0 \quad (1.6); (1.7) \text{ и} (1.8)$$

Рис. 1.5. Замкнутые контуры в механизме привода

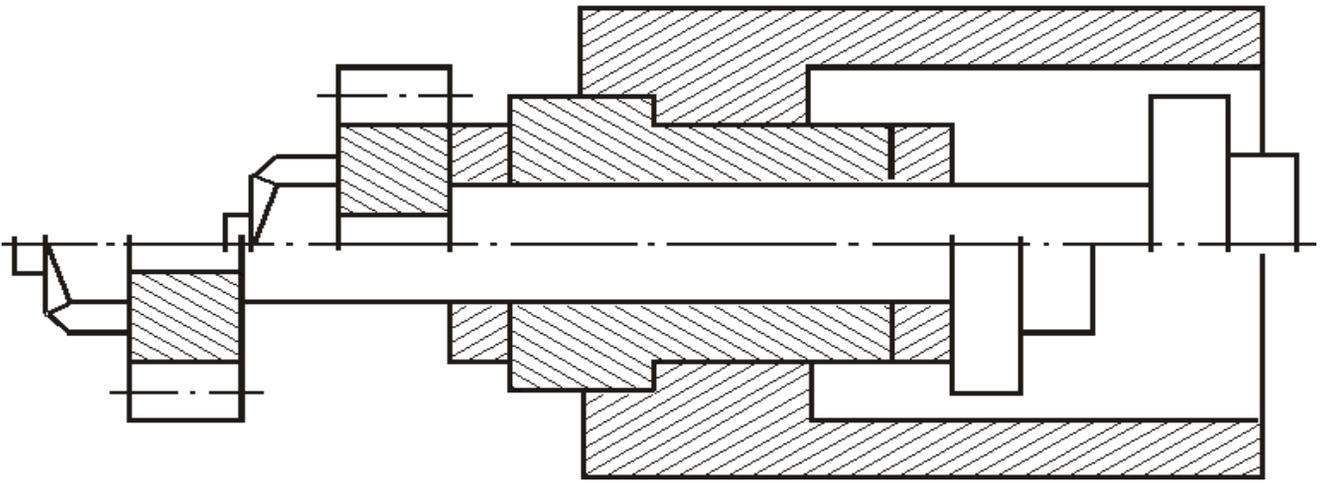
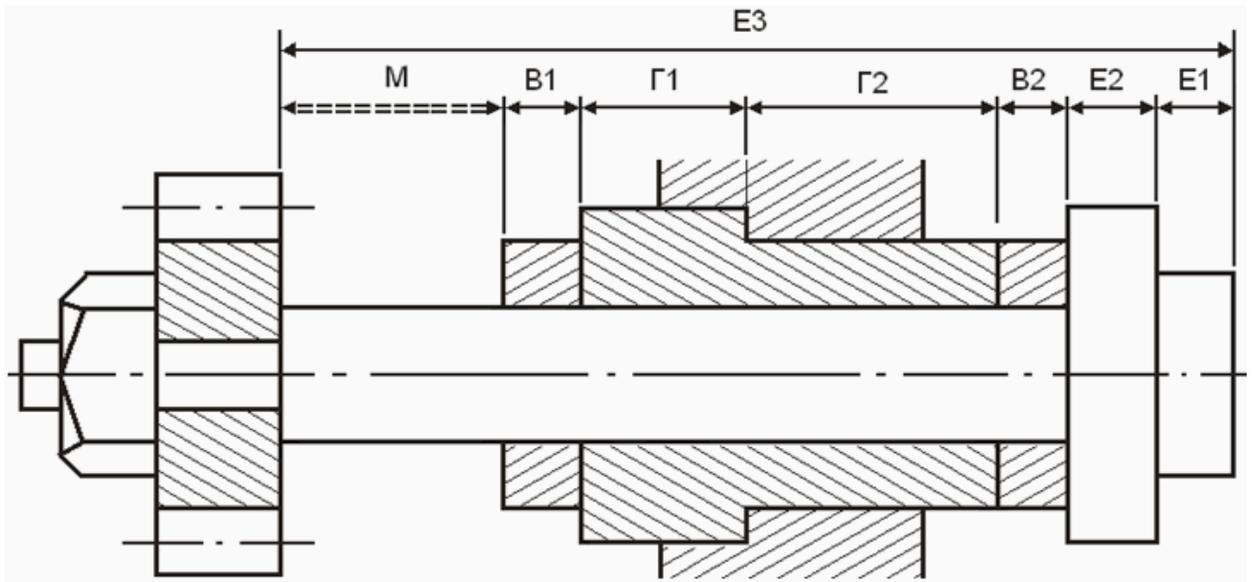


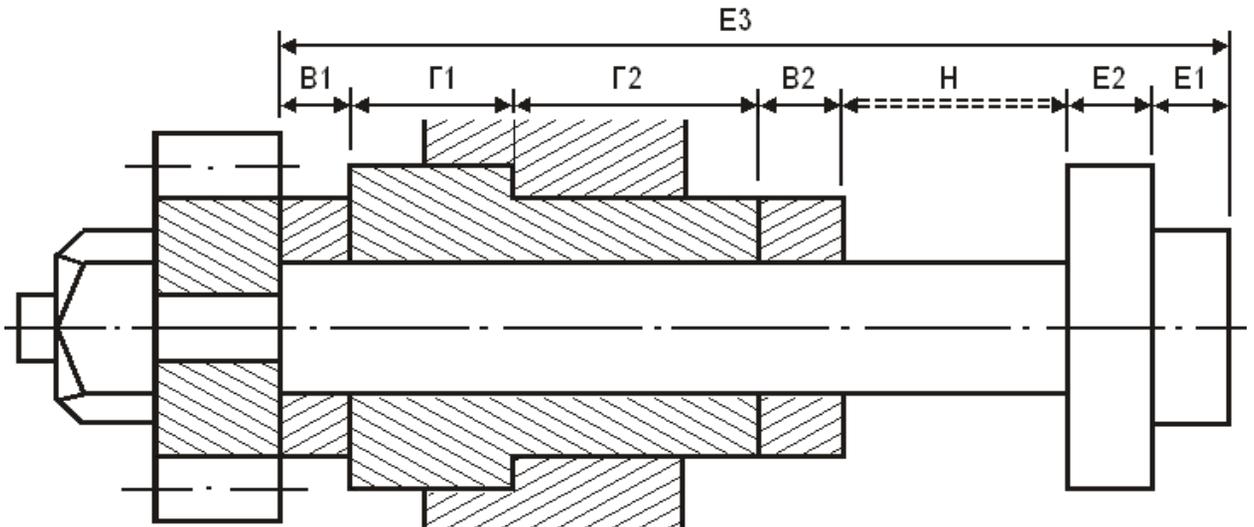
Рис. 1.6. Вал привода сдвинут относительно втулки с корпусом до упора в правую или левую стороны



$$M+B1+Г1+Г2+B2+E2+E1-E3=0$$

(1.9)

Рис. 1.7. Вал привода сдвинут до упора в левую сторону



$$B1+Г1+Г2+B2+H+E2+E1-E3=0$$

(1.9.1)

Рис. 1.8. Вал привода сдвинут до упора в правую сторону

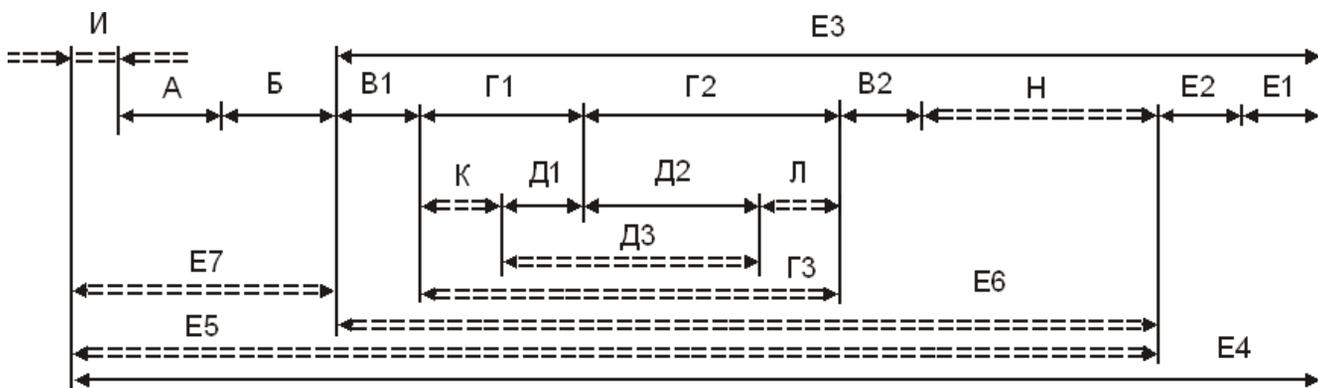


Рис. 1.9. Размерная схема механизма привода

В реальном механизме или отдельно взятой детали размеры меняют свое значение в пределах поля допуска. Отсюда вытекает основное отличие реальной размерной цепи от цепи, выражающей размерную связь между постоянными величинами, в которой все звенья равноправны между собой и любое из них может рассматриваться как вектор-сумма.

В реальной размерной цепи один из формирующих ее размеров является результатом непосредственного выполнения остальных размеров и, следовательно, воспринимает на себя все неточности.

1.2. Звенья размерной цепи

На рис. 1.7 и 1.8 (см. с. 14) показано возможное соединение деталей, размеры которых являются случайными величинами, изменяющимися в пределах установленных допусков на их изготовление. Предполагаемый зазор выявляет размерную связь между размерами вала E_1 , E_2 и E_3 , втулки — G_1 и G_2 и шайб упорных — B_1 и B_2 , но которая при составлении размерной цепи не создает замкнутый контур. Замкнутый контур может быть зафиксирован только тогда, когда в цепь размеров включено значение величины зазора, обозначенного M (H). Звенья размерной цепи B_1 , G_1 , G_2 , B_2 , E_1 , E_2 и E_3 — это размеры деталей, которые непосредственно выполняются при обработке, а звено M (H) получается в размерной цепи последним в результате выполнения этих звеньев. Это последнее звено называют замыкающим.

ГОСТ дает следующие определения звеньям размерной цепи.

Замыкающее звено — размер, являющийся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения.

Понятие исходное звено возникает в результате постановки задачи при проектировании, изготовлении или измерении конкретных изделий.

Конструкторская задача: исходя из служебного назначения механизма, установить номинальный размер и предельные отклонения зазора M (H) (см. рис. 1.7 и 1.8, с. 14), обеспечивающие свободное вращение колеса с валом во втулке.

Технологическая задача: в процессе изготовления вала, втулки, шайб и сборки узла обеспечить получение заданной конструктором величины зазора M (H).

Для решения размерной цепи уравнения (1.9) и (1.9.1) представляют в форме уравнения замыкающего звена, вынося замыкающий размер за знак равенства:

$$M = H = E_3 - B_1 - G_1 - G_2 - B_2 - E_2 - E_1 \quad (1.9.2)$$

Если уравнение размерной цепи представлено в форме (1.9.2), то в правой его части находятся только непосредственно выполняемые звенья. Они могут входить в уравнение со знаком плюс или минус, поэтому их часто называют положительными или отрицательными звеньями. Легко заметить, что изменение величины данных звеньев будет автоматически вызывать соответствующие изменения замыкающего звена.

Непосредственно выполняемые звенья правой части уравнения любой размерной цепи носят общее название составляющих звеньев. ГОСТ дает следующие определения этим звеньям.

Составляющее звено — звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном. Составляющие звенья делится на увеличивающие и уменьшающие.

Увеличивающее звено — составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается.

Уменьшающее звено — составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается.

Например. Размерная цепь (1.9.2) содержит увеличивающее звено E3 и уменьшающие звенья B1, B2, Г1, Г2, E2 и E1 (см. рис. 1.7 и 1.8, с. 14).

Если в неизменную втулку монтировать различные валы из одной партии годных деталей, увеличение размера E2 будет приводить к уменьшению необходимого зазора M (H), а увеличение размера E3 до максимального предельного значения приведет к увеличению зазора. Аналогично можно показать, что с увеличением высоты опорных шайб при неизменных размерах других деталей зазор уменьшается. Значит, составляющие звенья B1, B2, Г1, Г2, E2 и E1 — уменьшающие. Путем подбора различных по высоте шайб можно получить требуемое конструктором исходное звено.

Составляющее звено размерной цепи, изменением которого достигается требуемая точность замыкающего звена, называют компенсирующим звеном размерной цепи.

Из размерной схемы механизма (см. рис. 1.9, с. 15) в форме замыкающего звена записано только одно уравнение (1.9.2). Подобные уравнения можно написать в подетальных и сборочных размерных цепях с замыкающими звеньями Г3, Д3, E5, E6, E7, И, К и Л. Все эти звенья (см. рис. 1.1...1.3 и 1.5, с. 12 и 13) выделены двойной размерной линией. Если Вы еще недостаточно хорошо усвоили материал и Вам требуется дополнительная подготовка, читайте продолжение этого раздела.

Размерные цепи изделия или технологического процесса формируются из большого числа реальных составляющих звеньев-размеров, а отдельное звено может одновременно принадлежать нескольким размерным цепям.

На рис. 1.10 (см. с. 17) показано графическое изображение размерной цепи с замыкающими звеньями: B_{Δ} , V_{Δ} , Γ_{Δ} , D_{Δ} и E_{Δ} . Символом " Δ " отмечены замыкающие звенья.

Начало расчета размерной цепи связано с выявлением и фиксированием размерных связей, имеющих между составными частями изделия, поверхностями одной детали или между операциями процесса обработки.

Используя графическое изображение размерных цепей на размерной схеме (см. рис. 1.10), вынесем отдельно замкнутые контуры с размерными связями (см. рис. 1.11...1.13, с. 17 и 18). Связи ориентированы, изображены в виде векторов. Такое изображение звеньев, учитывая петлеобразный характер графического контура, значительно облегчает построение размерных цепей и составление их уравнений.

Сопоставляя направление составляющих звеньев с направлением замыкающего звена по схеме в цепи, и анализируя знаки в уравнении замыкающего звена, можно заметить следующее:

увеличивающие составляющие звенья имеют на схеме направление, противоположное направлению замыкающего звена (в уравнение замыкающего звена они входят со знаком плюс);

уменьшающие составляющие звенья имеют направление, совпадающее с направлением замыкающего звена (в уравнение они входят со знаком минус).

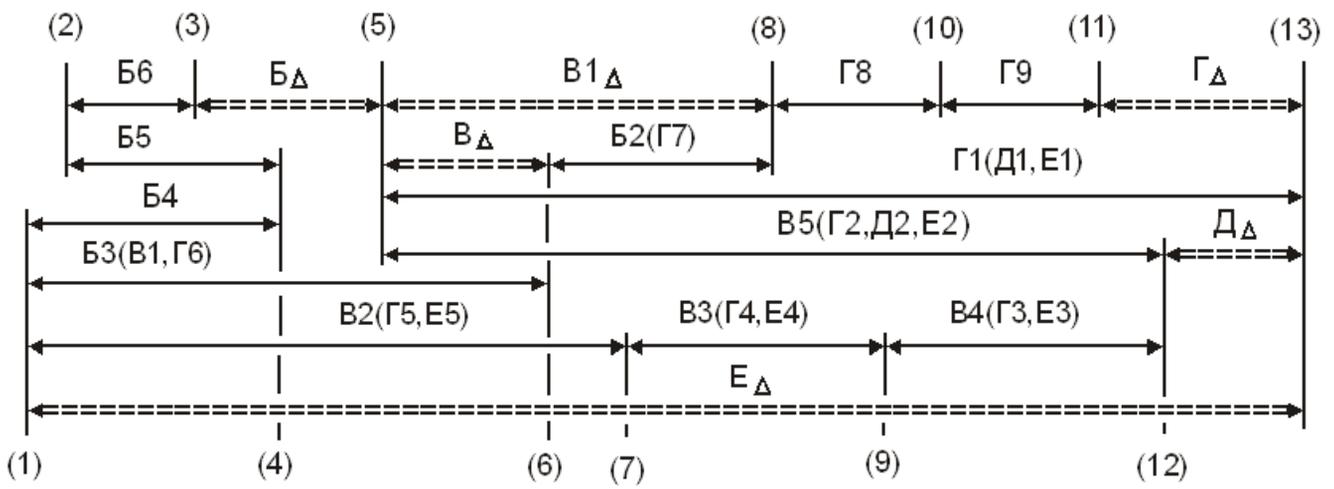


Рис. 1.10. Графика размерных цепей со связями Б, В, Г, Д и Е

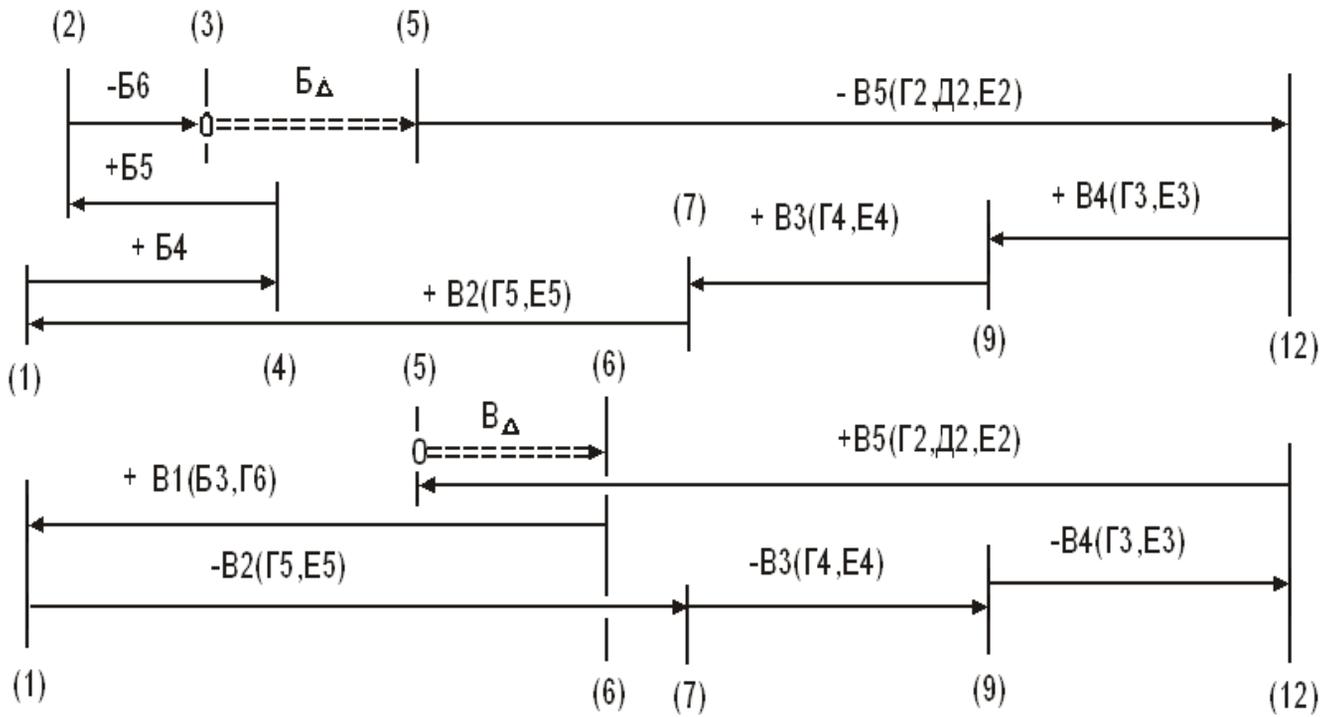


Рис. 1.11. Замкнутые контуры с размерными связями Б и В

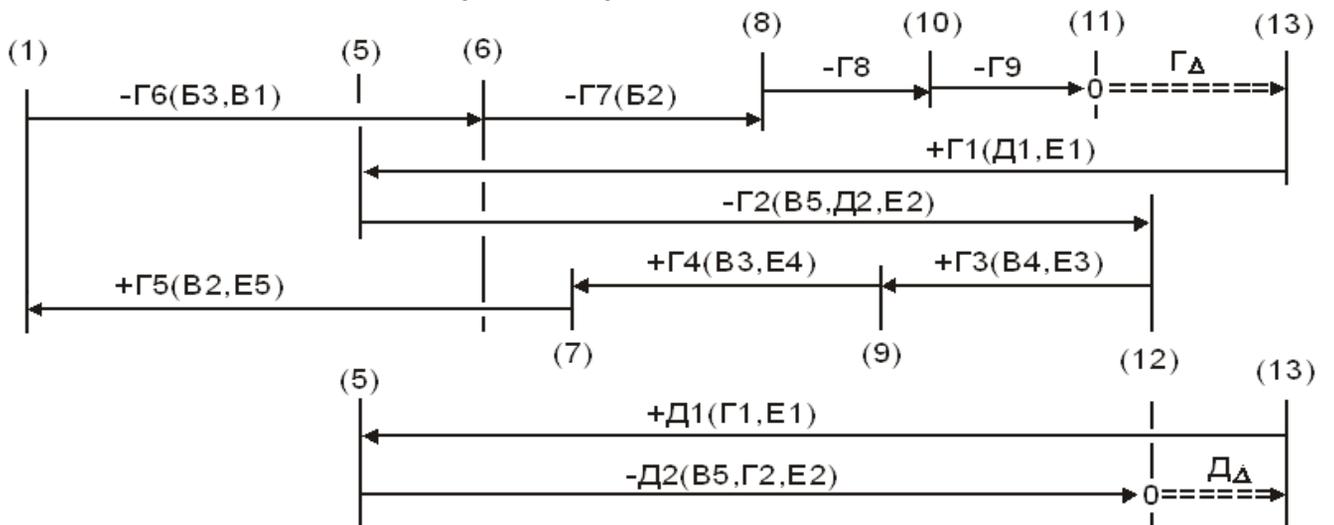


Рис. 1.12. Замкнутые контуры с размерными связями Г и Д

Пользуясь указанными свойствами, уравнение замыкающего звена можно составлять непосредственно по схеме размерной цепи, для чего на графической схеме цепи выбирают точки начала и конца отсчета. Обходя цепь по контуру от нулевой точки $0 \Rightarrow$, записывают в уравнение все ее связи. Звенья, направленные в сторону \rightarrow , записывают со знаком минус. Звенья, направленные в противоположную сторону \leftarrow — со знаком плюс.

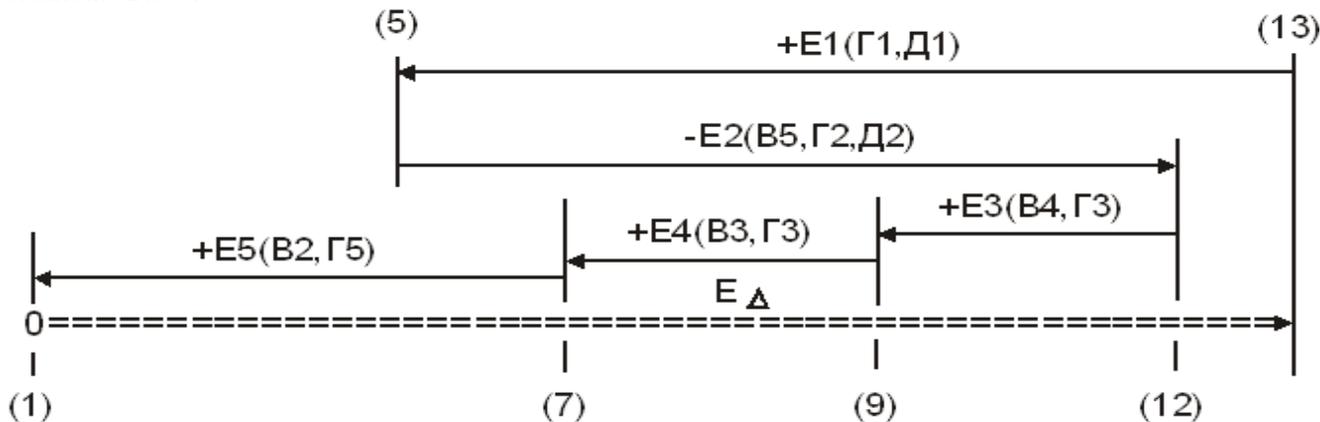


Рис. 1.13. Замкнутый контур с размерными связями E

Составим уравнения рассмотренных размерных цепей. Здесь и далее за нулевую точку отсчета принимается левая поверхность (любая линия) замыкающего звена:

$$B_{\Delta} = -B_5 + B_4 + B_3 + B_2 - B_4 + B_5 - B_6; \quad (1.10)$$

$$V_{\Delta} = +V_1 - B_2 - B_3 - B_4 + B_5; \quad (1.11)$$

$$\Gamma_{\Delta} = +\Gamma_1 - \Gamma_2 + \Gamma_3 + \Gamma_4 + \Gamma_5 - \Gamma_6 - \Gamma_7 - \Gamma_8 - \Gamma_9; \quad (1.12)$$

$$D_{\Delta} = +D_1 - D_2; \quad (1.13)$$

$$E_{\Delta} = +E_1 - E_2 + E_3 + E_4 + E_5. \quad (1.14)$$

Для звеньев одной линейной цепи все размерные связи обозначают прописной буквой русского алфавита: составляющие звенья с индексом порядкового номера (1, 2, ..., n), замыкающее звено — с индексом " Δ ". Вы уже познакомились с такой формой записи в уравнениях (1.9.2)...(1.14).

Подобная запись удобна лишь для расчета простых изделий или процессов обработки.

При построении и расчетах как конструкторских, так и технологических цепей может использоваться еще одна форма записи, в которой все размерные связи всех размерных цепей кодируются цифрами от левой границы размерной связи или линии отсчета размера до правой границы или противоположной стороны размерной линии. Тогда уравнения (1.10)...(1.14) примут вид (1.10.1)...(1.14.1).

Код размерной связи, состоящий из цифр (групп цифр), разделенных пробелом, символизирует звено размерной цепи. Квадратными скобками выделяются замыкающие звенья, круглыми — составляющие звенья.

Уравнения с размерными связями B, V, Г, Д и E (см. рис. 1.10...1.13, с. 17 и 18):

$$0 \Rightarrow \quad \rightarrow \quad \leftarrow \quad \leftarrow \quad \leftarrow \quad \rightarrow \quad \leftarrow \quad \rightarrow$$

$$B_{\Delta} = - B_5 + B_4 + B_3 + B_2 - B_4 + B_5 - B_6, \quad (1.10)$$

$$[3_5] = - (5_{12}) + (9_{12}) + (7_9) + (1_7) - (1_4) + (2_4) + (2_3); \quad (1.10.1)$$

$$0 \Rightarrow \quad \leftarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad \leftarrow$$

$$V_{\Delta} = + V_1 - B_2 - B_3 - B_4 + B_5, \quad (1.11)$$

$$[5_6] = + (1_6) - (1_7) - (7_9) - (9_{12}) + (5_{12}); \quad (1.11.1)$$

$$0 \Rightarrow \quad \leftarrow \quad \rightarrow \quad \leftarrow \quad \leftarrow \quad \leftarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow$$

$$\Gamma_{\Delta} = + \Gamma_1 - \Gamma_2 + \Gamma_3 + \Gamma_4 + \Gamma_5 - \Gamma_6 - \Gamma_7 - \Gamma_8 - \Gamma_9, \quad (1.12)$$

$$[11_{13}] = (5_{13}) - (5_{12}) + (9_{12}) + (7_9) + (1_7) - (1_6) - (6_8) - (8_{10}) - (10_{11}); \quad (1.12.1)$$

$$0 \Rightarrow \quad \leftarrow \quad \rightarrow$$

$$D_{\Delta} = + D_1 - D_2, \quad (1.13)$$

$$[12_{13}] = + (5_{13}) - (5_{12}); \quad (1.13.1)$$

$$0 \Rightarrow \quad \leftarrow \quad \rightarrow \quad \leftarrow \quad \leftarrow \quad \leftarrow$$

$$E_{\Delta} = + E_1 - E_2 + E_3 + E_4 + E_5, \quad (1.14)$$

$$[1_{13}] = + (5_{13}) - (5_{12}) + (9_{12}) + (7_9) + (1_7). \quad (1.14.1)$$

1.3. Виды размерных цепей

Конструкторская размерная цепь определяет расстояние или относительный поворот между осями и (или) поверхностями деталей в изделии.

Технологическая размерная цепь обеспечивает требуемое расстояние или относительный поворот между поверхностями изготавливаемого изделия при выполнении операции или ряда операций сборки, обработки, при настройке станка или при расчете размеров между технологическими переходами.

Измерительная цепь возникает при определении расстояния или относительного поворота между поверхностями, их осями или образующими поверхностями изготавливаемого или изготовленного изделия.

Конструкторскими называют и подетальные размерные цепи. На рабочем чертеже изделия размер замыкающего (исходного) звена обычно не указывается, так как он должен получаться автоматически в результате выполнения размеров, указанных на чертеже. В сборочных размерных цепях замыкающим звеном может быть зазор, линейный или угловой размер, точность которого оговаривается в технических условиях.

Технологическими размерными цепями называют связь размеров обрабатываемой детали по мере выполнения технологического процесса или связь размеров технологической системы (станок — приспособление — инструмент — деталь).

В технологических размерных цепях замыкающим звеном может быть либо размер припуска на обработку детали, либо конструкторский размер детали, либо технические условия на выполнение, но не технологический размер, т. е. размер, получаемый в результате выполнения технологического перехода или операции.

1.4. Размеры и отклонения. Термины и обозначения

При обработке деталей невозможно получить абсолютно точно заданный размер. Это объясняется тем, что на процесс обработки деталей влияют многочисленные факторы.

Основными источниками появления отклонений от заданных размеров и формы изделий являются. Неточность изготовления оборудования, приспособлений, режущих инструментов и степень изношенности их. Неоднородность заготовок для деталей по размерам, форме, твердости, механическим свойствам. Неточность базирования заготовок и их неправильное закрепление в приспособлениях. Температурные влияния, приводящие к изменению размеров обрабатываемых деталей и отдельных частей оборудования, приспособлений или режущих инструментов. Упругие деформации технологической системы и отклонения от установленных режимов обработки (скоростей, подач, глубин резания и др.) и т. д.

При составлении чертежного эскиза конструктор устанавливает размеры, которые требуются по условиям работы сборочного соединения. Эти размеры называют номинальными, они служат началом отсчета отклонений для соединений.

Учитывая погрешности обработки, конструктор указывает в чертеже не одно значение допустимого размера, а два: наибольший предельный размер и наименьший предельный размер.

Разность между наибольшим и наименьшим допустимыми предельными размерами сокращенно называется допуском на обработку или просто допуском.

Учитывая погрешности измерения, на производстве пользуются, кроме понятия номинального и предельных размеров, понятием действительного размера.

Действительным размером называется размер, полученный в результате измерения с допустимой погрешностью.

Для годных деталей действительный размер должен быть не больше наибольшего и не меньше наименьшего допустимых предельных размеров.

Допуск на обработку на чертеже показывается в виде двух отклонений от номинального размера, который служит началом отсчета отклонений. Одно отклонение называется верхним (во), другое — нижним (но).

Верхним отклонением является разность между наибольшим предельным размером и номиналом.

Нижним — разность между наименьшим предельным размером и номиналом. Когда предельный размер больше номинального размера, в чертеже отклонение ставится со знаком плюс. Если же предельный размер меньше номинального, отклонение является отрицательным и в чертеже ставится со знаком минус.

Если один из предельных размеров будет равен номинальному размеру, то отклонение оказывается равным нулю и в чертеже не ставится.

Поле допуска — поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

Поле рассеяния (w) — поле, ограниченное наибольшим и наименьшим действительными предельными размерами в партии изделий.

Нулевая линия соответствует номинальному размеру, от которого откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Если нулевая линия вертикальна, то положительные отклонения откладываются вправо от нее, а отрицательные — влево.

Квалитет (степень точности) — ступень градации значений допусков системы. Каждый квалитет содержит ряд допусков, которые в системе допусков и посадок рассматриваются как соответствующие приблизительно одинаковой точности для всех номинальных размеров.

Вал — термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей.

Отверстие — термин, применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей.

Термины "вал" и "отверстие" относятся не только к цилиндрическим деталям круглого сечения, но и к элементам деталей другой формы (например, ограниченными двумя параллельными плоскостями).

При соединении двух деталей образуется посадка, определяемая разностью их размеров до сборки, т. е. величиной получающихся зазоров или натягов.

Посадка характеризует относительную свободу перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть: с зазором, с натягом или переходной, когда возможно получение зазора или натяга.

Зазор — разность размеров "отверстия" и "вала", если размер "отверстия" больше размера "вала".

Натяг — разность размеров "вала" и "отверстия" до сборки, если размер "вала" больше размера "отверстия".

Координата середины поля допуска ($\Delta 0T$) определяет положение середины поля допуска относительно номинального размера.

Координата середины поля рассеяния (Δw) определяет положение середины поля рассеяния относительно расчетного действительного номинального размера.

В дальнейшем будут использованы следующие основные обозначения:

A, (23_26) — обозначение размерной цепи (РЦ) буквой или цифровым кодом связи;

АД_i, Д(1_6) — действительный размер i-го составляющего звена РЦ;

A_Δ, [5_6] — номинальный размер замыкающего звена РЦ "А", [5_6];

A_i, (1_6) — номинальный размер i-го составляющего звена РЦ;

TA_Δ, T[5_6] — допуск замыкающего звена РЦ;

TA_i, T(1_6) — допуск i-го составляющего звена РЦ;

wA_Δ, w[5_6] — поле рассеяния замыкающего звена (ЗЗ) РЦ;

wA_i, w(1_6) — поле рассеяния i-го составляющего звена (СЗ) РЦ;

воA_Δ, во[5_6] — верхнее предельное отклонение ЗЗ РЦ;

ноA_Δ, но[5_6] — нижнее предельное отклонение ЗЗ РЦ;

воA, во(1_6) — верхнее предельное отклонение СЗ РЦ;

ноA, но(1_6) — нижнее предельное отклонение СЗ РЦ;

A_Δ max, [5_6]max — наибольший предельный размер ЗЗ РЦ;

A_Δ min, [5_6]min — наименьший предельный размер ЗЗ РЦ;

A_imax, (1_6)max — наибольший предельный размер i-го СЗ РЦ;

A_imin, (1_6)min — наименьший предельный размер i-го СЗ РЦ;

Δ 0A_Δ, Δ 0[5_6] — координата середины поля допуска ЗЗ РЦ;

Δ 0A, Δ 0(1_6) — координата середины поля допуска СЗ РЦ;

Δ wA_Δ, Δ w[5_6] — координата середины поля рассеяния ЗЗ РЦ;

Δ wA, Δ w(1_6) — координата середины поля рассеяния СЗ РЦ.

Графические изображения поля допуска, предельных отклонений, наибольших и наименьших предельных размеров, координат середины поля допуска и поля рассеяния представлено на рис. 1.14...1.16 (см. с. 22 и 23).

Разность между наибольшим и наименьшим размерами в партии деталей:

$$wA7 = АД7max - АД7min = w(14_15) = Д(14_15)max - Д(14_15)min = 361,9 - 359,3 = 2,6 \text{ мм.}$$

Поле допуска — разность наибольшего и наименьшего предельных размеров:

$$TA7 = A7max - A7min = T(14_15) = (14_15)max - (14_15)min = 362,6 - 358,8 = 3,8 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния $w(14_{15})=2,6$ мм меньше поля допуска $T(14_{15})=3,8$ мм и, что особенно важно, лежит внутри последнего.

Значит, все действительные размеры партии деталей соответствуют параметрам чертежного размера.

Если графическое изображение размера (14_15) принадлежит "валу". Все детали в партии будут годными в том случае, если наименьшие действительные размеры окажутся больше наименьших чертежных значений. А наибольшие действительные — меньше наибольших допустимых.

Все сказанное проиллюстрировано на рис. 1.16 (см. с. 22).

Запас по минимальному размеру (Зап по min) в партии равен:

$$\text{Зап по min} = D(14_{15})_{\min} - (14_{15})_{\min} = 359,3 - 358,8 = +0,5 \text{ мм (положительный).}$$

Запас по максимальному размеру (Зап по max) равен:

$$\text{Зап по max} = (14_{15})_{\max} - D(14_{15})_{\max} = 362,2 - 359,5 = +0,7 \text{ мм (положительный).}$$

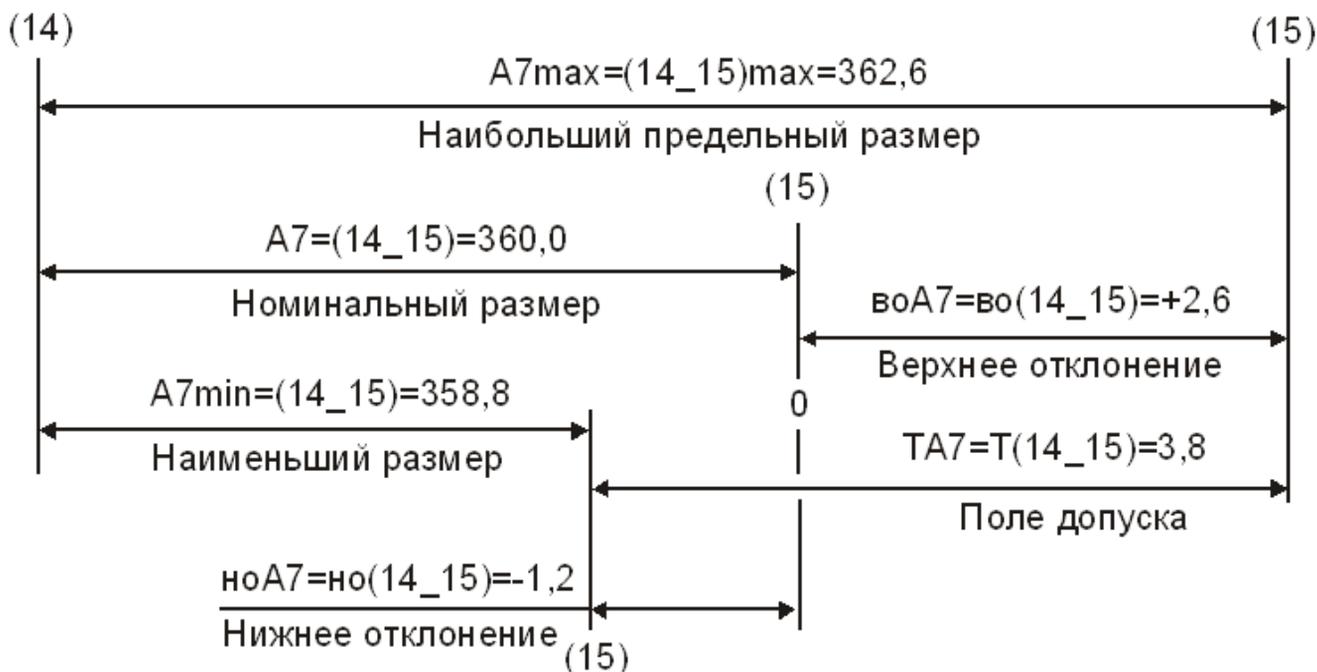


Рис. 1.14. Графическое изображение размера $A7 = (14_{15}) = 360^{+2,6}_{-1,2}$ мм

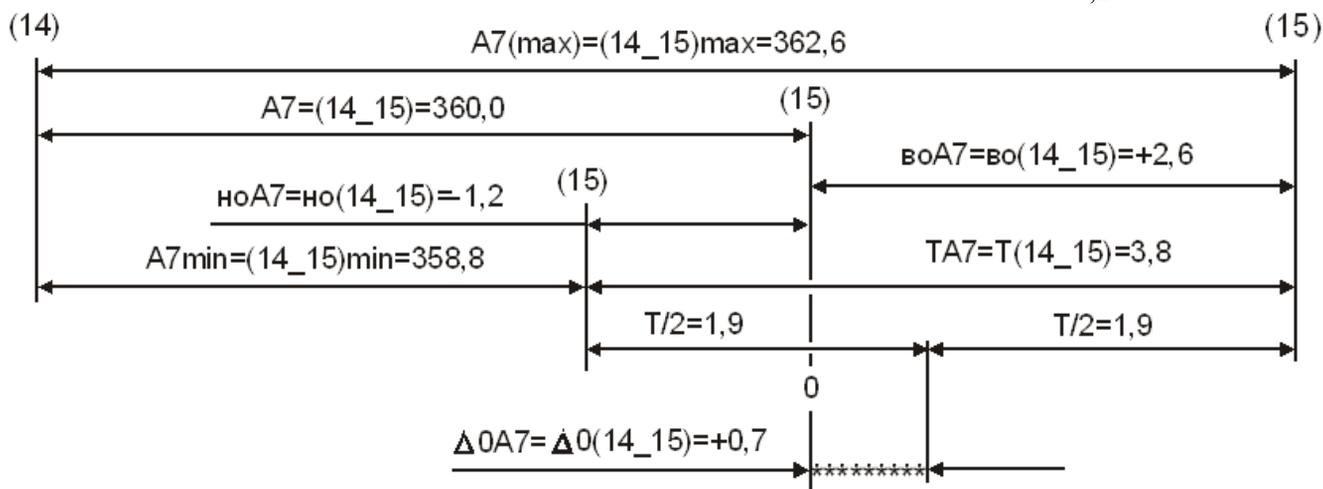


Рис. 1.15. Координата середины поля допуска $\Delta 0A7 = \Delta 0(14_{15}) = +0,7$ (→|***|←) (расстояние от нулевой линии номинала 0 до середины поля допуска $T/2$)

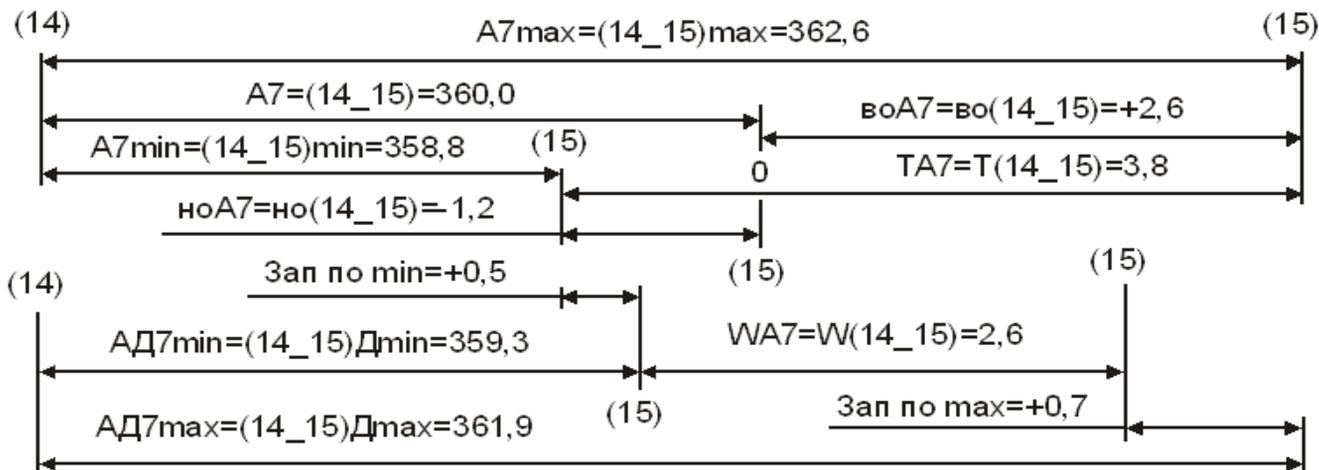


Рис. 1.16. Поле допуска. Поле рассеяния. Действительные размеры. Запасы по min и по max

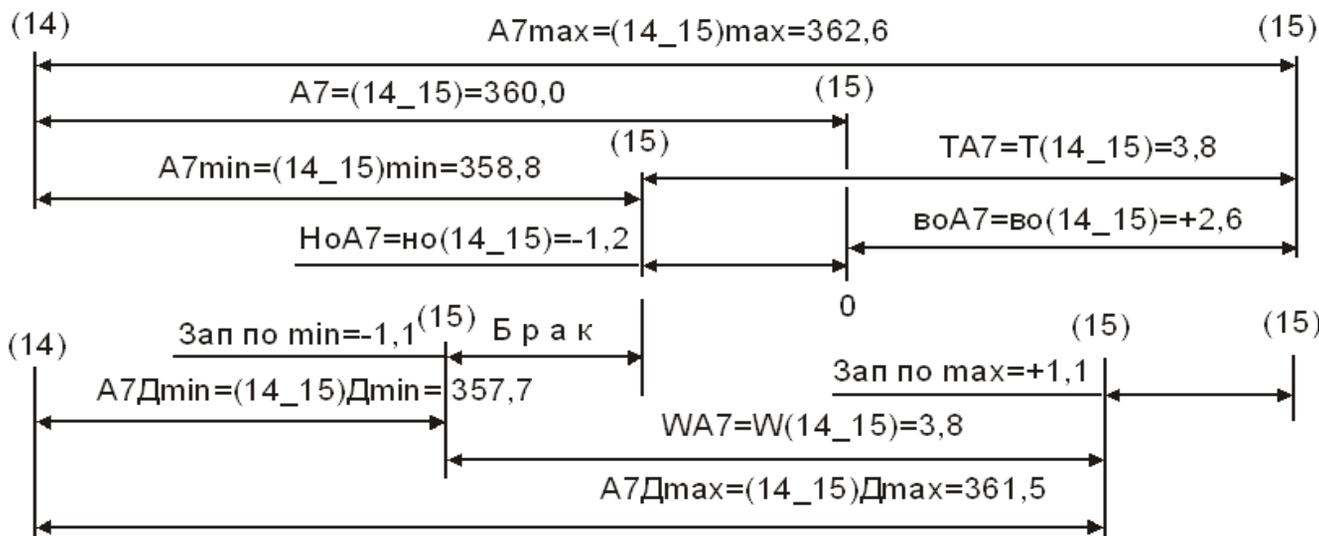


Рис. 1.17. Действительные размеры. Поле рассеяния. Запасы

Из графического изображения (см. рис. 1.17) видно, что поле допуска и поле рассеяния равны ($T(14_15)=w(14_15)=3,8$), но поле рассеяния сдвинуто влево относительно чертежного допуска, и часть действительных размеров оказалась за его пределом:

Зап по min = $D(14_15)_{\min} - (14_15)_{\min} = 357,7 - 358,8 = -1,1$ мм (отрицательный);

Зап по max = $(14_15)_{\max} - D(14_15)_{\max} = 362,6 - 361,5 = +1,1$ мм (положительный).

В зону отрицательного запаса смещаются бракованные изделия.

На рис. 1.18 (см. с. 24) показан вариант смещения поля рассеяния относительно поля допуска, который может встретиться в действующем производстве.

Одна из причин этого нежелательного явления — ошибка в расчете сборочных, подетальных, измерительных или технологических размерных цепей.

На рис. 1.18 графическое изображение размера $16 \pm 0,135$.

Его номинальный размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит началом отсчета отклонений — $(16_17) = 16$ мм.

Наибольший предельный размер — больший из двух предельных размеров — $(16_17)_{\max} = 16,135$ мм.

Наименьший предельный размер — меньший из двух предельных размеров — $(16_17)_{\min} = 15,865$ мм.

Верхнее отклонение (во) — алгебраическая разность между наибольшим предельным значением и номинальным значением размера.

Нижнее отклонение (но) — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

$$во(16_17)=16,135-16,000=+0,135; \text{ но}(16_17)=15,865-16,000=-0,135 \text{ мм.}$$

Допуск — разность между наибольшим и наименьшим предельными значением размера или абсолютная величина — алгебраическая разность между во и но:

$$T(16_17)=во(16_17)-но(16_17)=+0,135-(-0,135)=0,270 \text{ мм.}$$

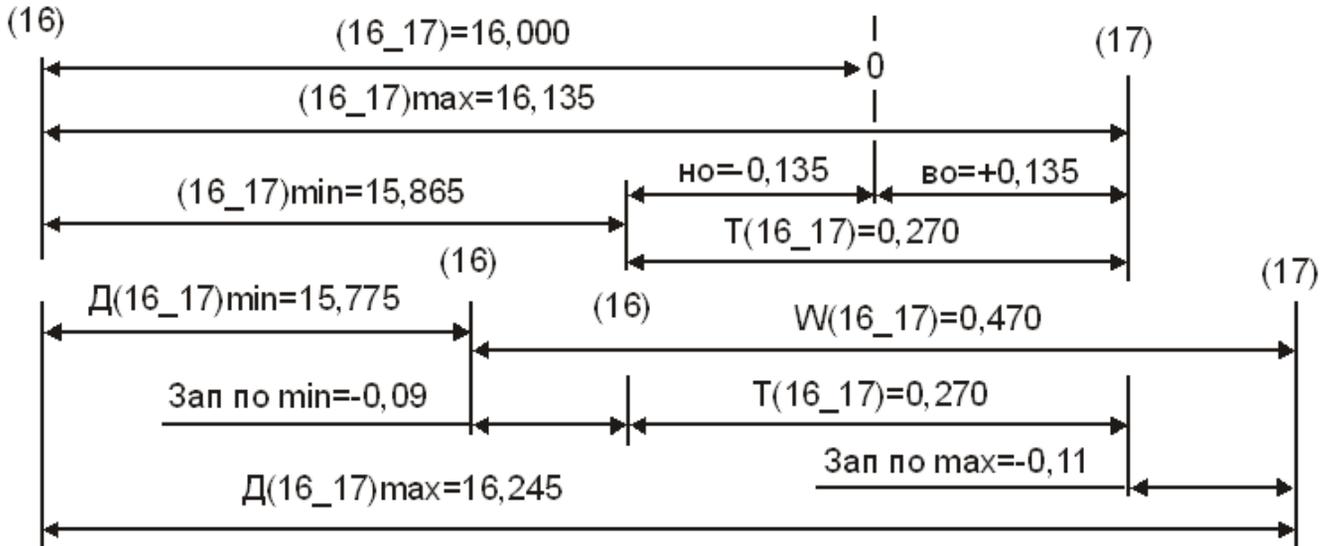


Рис. 1.18. Действительные размеры. Поле рассеяния. Запасы

1.5. Контрольные упражнения

1.5.1

Написать уравнения в подетальных и сборочных цепях с замыкающими звеньями: $ГЗ_{\Delta}$, $ДЗ_{\Delta}$, $Е5_{\Delta}$, $Е6_{\Delta}$, $Е7_{\Delta}$, $И_{\Delta}$, $К_{\Delta}$, $Л_{\Delta}$ и $Н_{\Delta}$ (см. рис. 1.1...1.3, 1.5 и 1.9, с. 12...15).

Ответ на с. 360.

1.5.2

Построить размерную схему и написать уравнения сборочных размерных цепей с замыкающими звеньями: $И_{\Delta}$, $К_{\Delta}$, $Л_{\Delta}$, $М_{\Delta}$ и $Н_{\Delta}$ (см. рис. 1.19...1.21).

Ответ на 360 и 361 (см. рис. 1.22...1.27).



Рис. 1.19. Эскиз вала Е

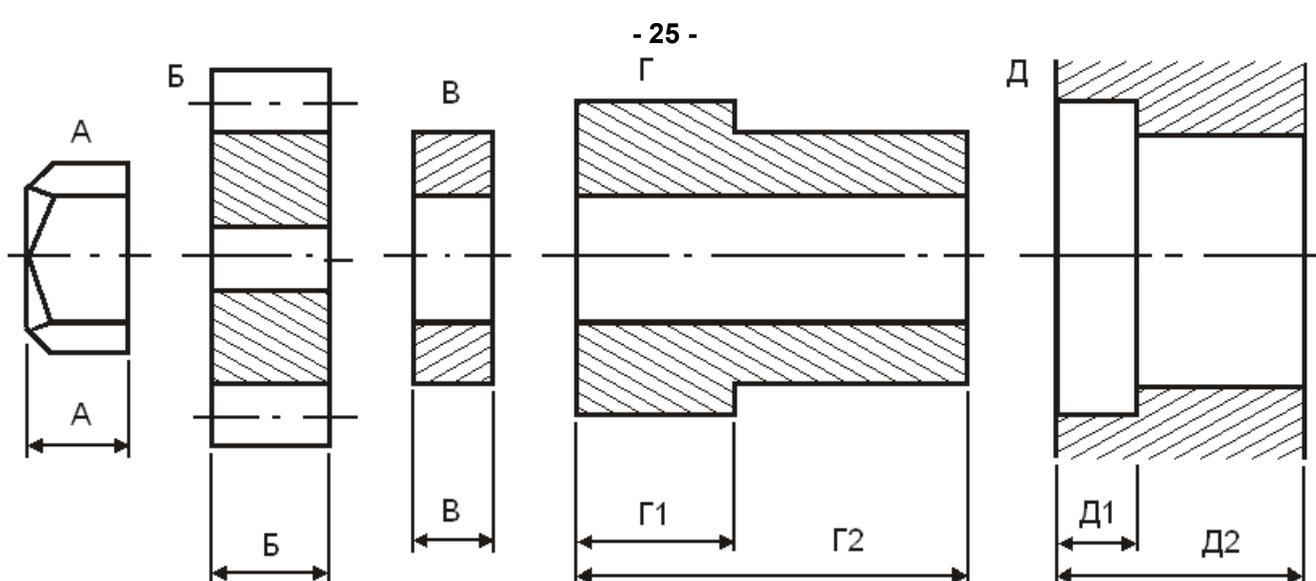


Рис. 1.20. Эскизы деталей: А – гайка; Б – колесо зубчатое; В – шайба упорная; Г – втулка; Д – корпус

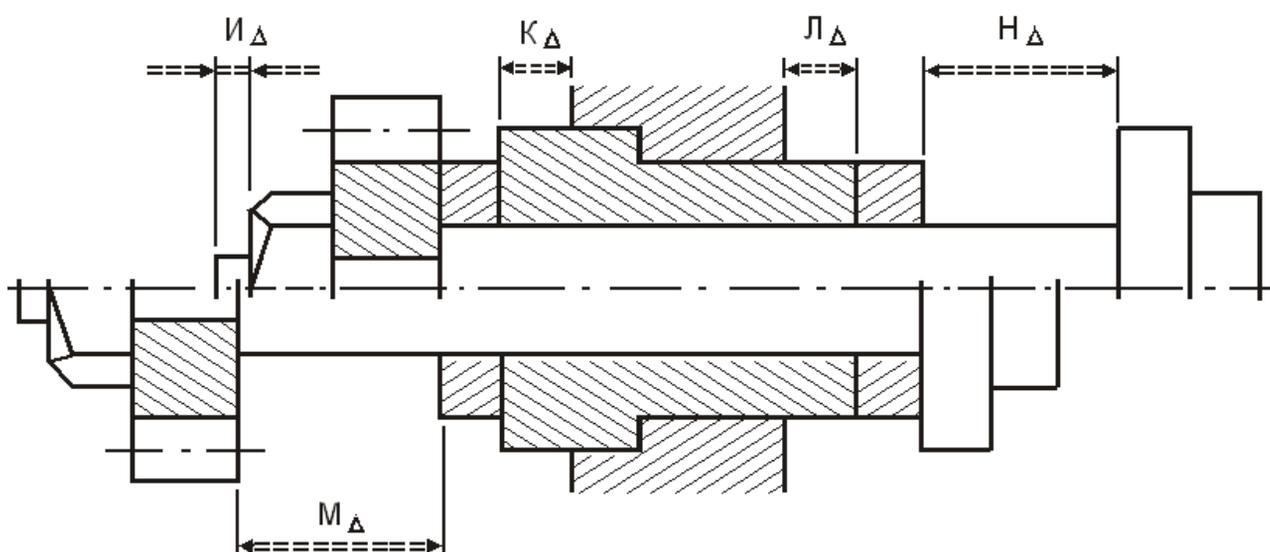


Рис. 1.21. Вал привода сдвинут относительно втулки с корпусом до упора в правую или левую стороны

1.5.3

Изучите конструкцию сборочного узла и возможные положения вала в корпусе (см. рис. 1.28...1.30 и 1.33...1.35, с. 25...27).

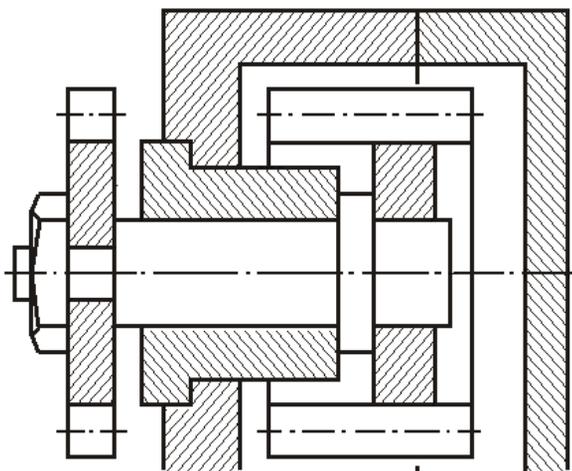


Рис. 1.28. Крайнее левое положение вала

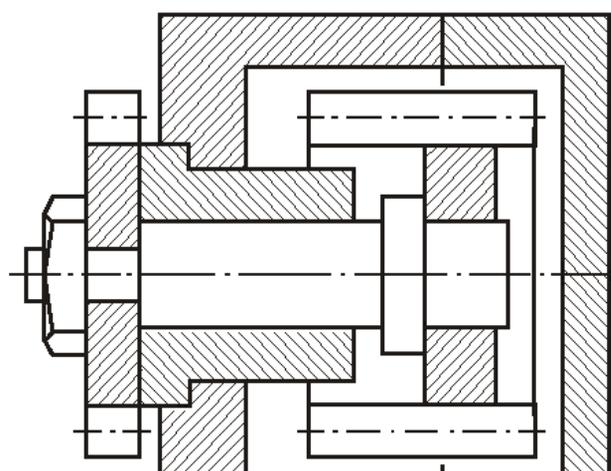


Рис. 1.29. Крайнее правое положение вала

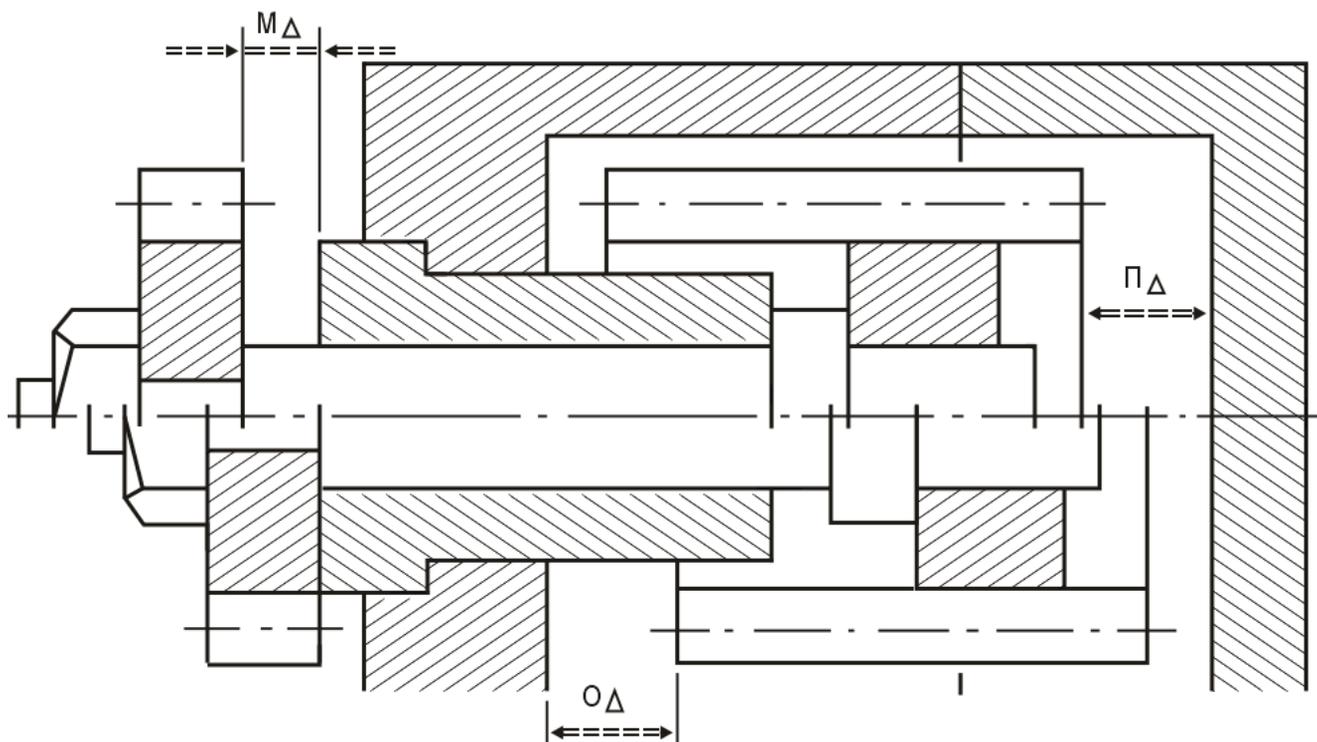


Рис. 1.30. Крайние положения вала

Сборочный узел изделия состоит из корпусных деталей Г и Д; втулки В; вала Е; гайки А и двух зубчатых колес Б и Ж. Зубчатое колесо Ж с помощью прессовой посадки установлено на правую шейку вала, а зубчатое колесо Б с помощью шпоночного паза, шпонки и гайки А — на левую посадочную шейку вала. Возможные перемещения вала вдоль оси ограничены торцовыми поверхностями цементированной и закаленной втулки с гарантированным зазором M_{Δ} (исходным звеном).

В тренировочном цикле контрольных упражнений Вы уже убедились, что при крайних положениях вала этот зазор выражается одним уравнением. Крайние положения вала не изменяют составляющих звеньев в уравнениях с замыкающими звеньями I_{Δ} , K_{Δ} и L_{Δ} (см. рис. 1.31 и 1.32, с. 26 и 27).

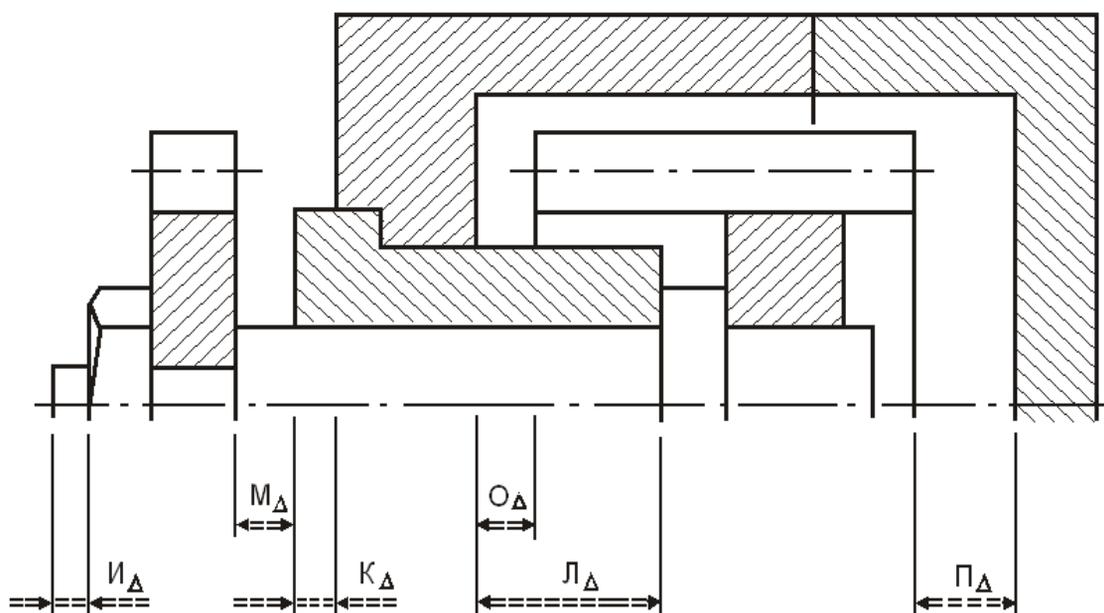


Рис. 1.31. Исходные (замыкающие) звенья при крайнем левом положении вала

Количество составляющих звеньев в замкнутом контуре зависит от чертежных размеров на эскизах деталей.

Самые короткие сборочные цепи будут в тех контурах, где каждая деталь входит в цепь одним размером. Упражнение не преследует цель написания самых коротких уравнений. Это многовариантный контрольный пример для самостоятельной работы.

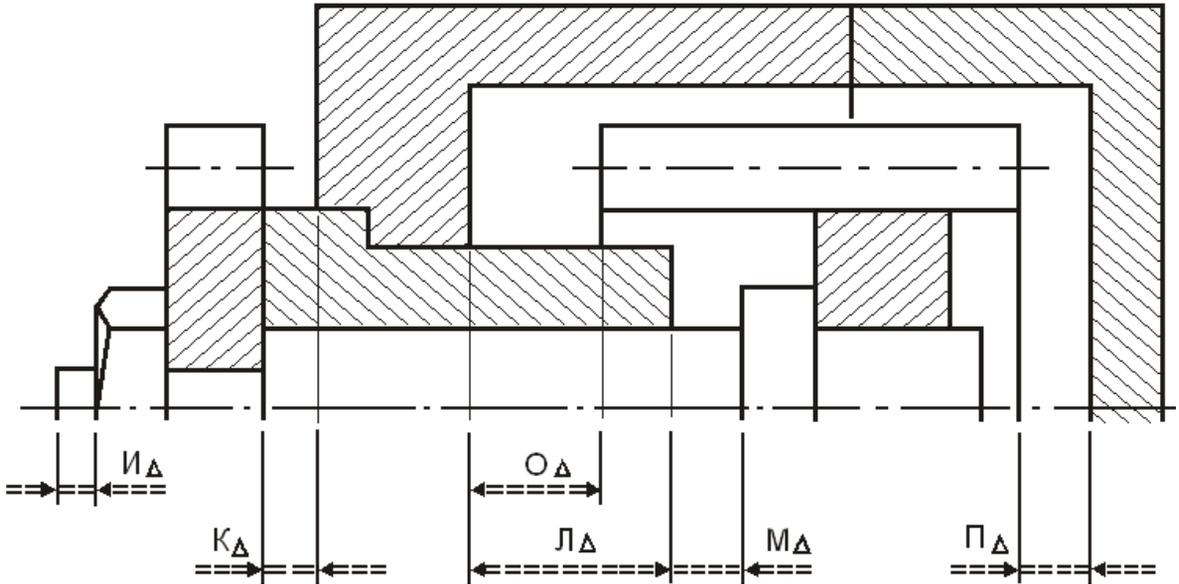


Рис. 1.32. Исходные (закрывающие) звенья при крайнем правом положении вала

Порядок выдачи контрольного упражнения осуществляется следующим образом.

Через печатающее устройство ЭВМ выдается партия рисунков сборочного узла (см. рис. 1.31 и 1.32) и отдельно эскизы деталей (рис. 1.33...1.35).

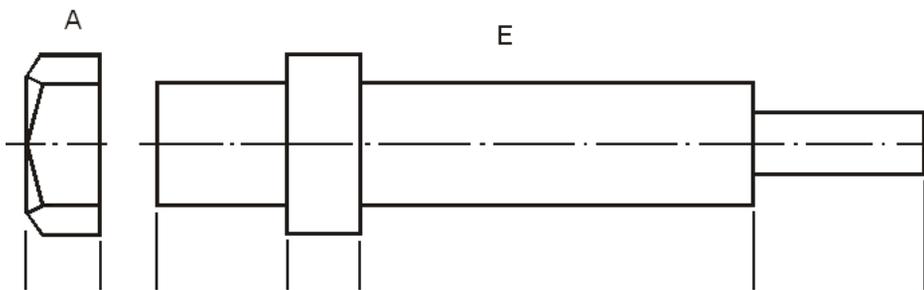


Рис. 1.33. Эскизы деталей: А – гайка; Е – вал

На эскизах выполняется один из вариантов простановки чертежных размеров.

Пользователь, получив рисунок сборки (или крайних положений вала) и эскизы деталировки, должен вычертить размерные схемы и написать уравнения

размерных цепей с замыкающими звеньями: I_{Δ} , K_{Δ} , L_{Δ} , M_{Δ} , O_{Δ} и P_{Δ} .

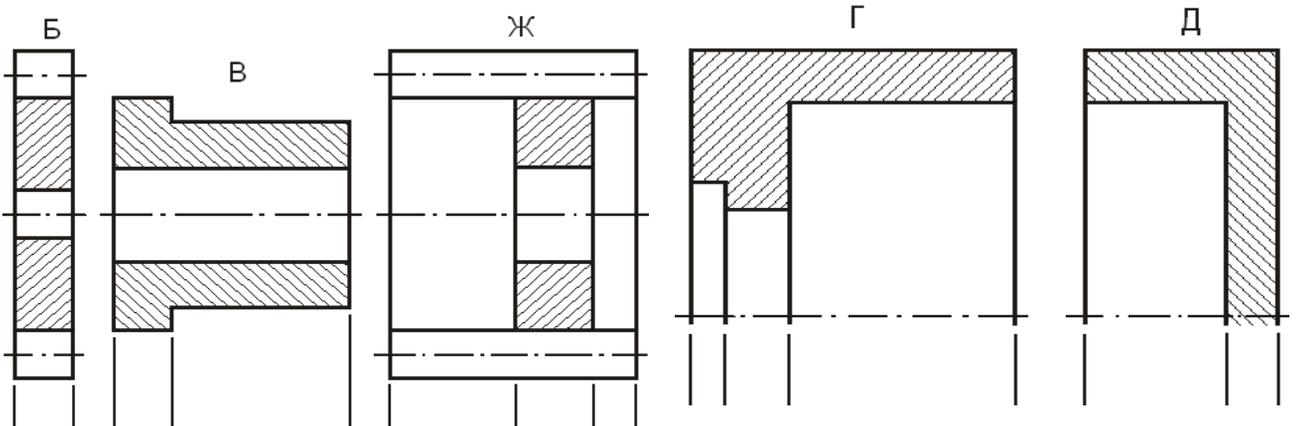


Рис. 1.34. Эскизы деталей:
В – втулка; Б, Ж – зубчатые колеса

Рис. 1.35. Эскизы деталей:
Г – корпус; Д – крышка

1.5.3.1. Вариант 1

На рис. 1.36...1.38 приведен один из вариантов упражнения.

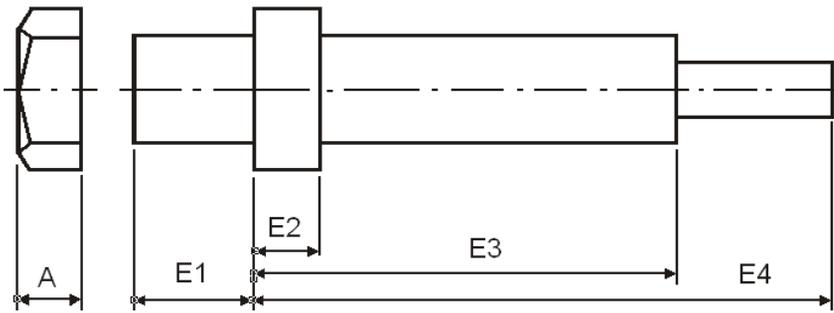


Рис. 1.36. Эскизы деталей: А – гайка; Е – вал

Ответ по сборочному узлу (см. рис. 1.31) помещен на с. 362 и 363 (см. рис. 1.39...1.44).

Ответ по сборочному узлу (см. рис. 1.32) помещен на с. 363 (см. рис. 1.45...1.47).

Схемы сравнения по контуру O_{Δ} и Π_{Δ} даны на с. 363 (см. рис. 1.48...1.51).

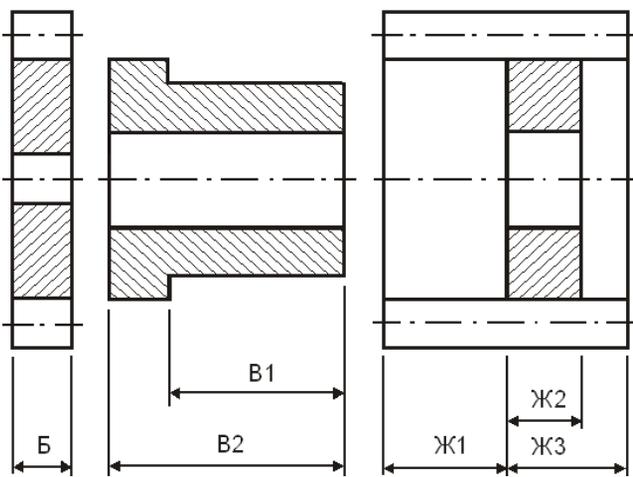


Рис. 1.37. Эскизы деталей: В – втулка; Б, Ж – зубчатые колеса

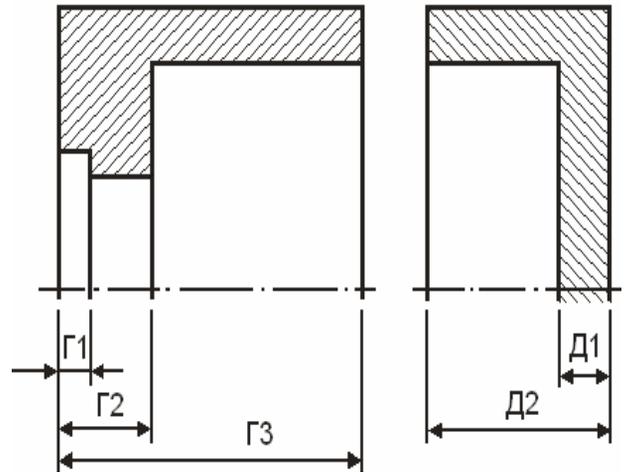


Рис. 1.38. Эскизы деталей: Г – корпус; Д – крышка

1.5.3.2. Вариант 2

Простановка размеров на чертежах деталей является важнейшим этапом проектирования изделия.

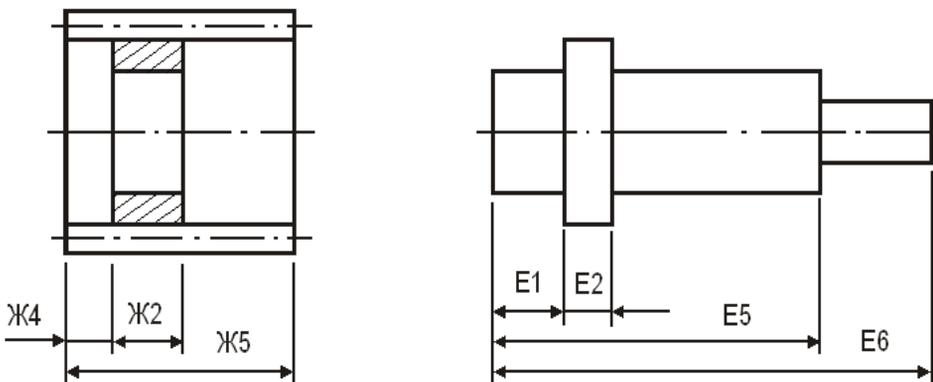


Рис. 1.52. Эскизы деталей: Ж – зубчатое колесо; Е – вал

От варианта выбора конструкторских баз зависит технологичность изделия.

Тщательный анализ размерных схем конструкторских и технологических цепей повышает надежность изделия.

Вашему вниманию предлагается еще один тренировочный вариант упражнения.

Построить размерные схемы для замкнутых контуров M_{Δ} , O_{Δ} и Π_{Δ} . Написать уравнения размерных цепей, используя чертежные размеры с эскизов (см. рис. 1.52).

Контрольный вариант 2 предусматривает использование чертежных эскизов на гайку А, зубчатое колесо Б, втулку В, половинки корпусов Г и Д (см. рис. 1.36...1.38, с. 27 и 28). Чертежные размеры на вал Е и зубчатое колесо Ж выбирают с учетом эскизов (см. рис. 1.52, с. 28).

Для построения размерных схем используются эскизы сборочного узла (см. рис. 1.31 и 1.32, с. 26 и 27).

Ответ помещен на 364...366 (см. рис. 1.53...1.63).

Ответ по сборочному узлу рис. 1.31 помещен на с. 364 и 365 (см. рис. 1.53...1.56).

Ответ по сборочному узлу (см. рис. 1.32) помещен на с. 365 и 366 (см. рис. 1.57...1.59). Схемы сравнения по контурам O_{Δ} и Π_{Δ} на с. 366 (см. рис. 1.62 и 1.63).

1.5.4. В корпусе Д пружинными разрезными кольцами Г зафиксирован вал Е с подшипниками Ж (см. рис. 1.64...1.67). Положение подшипников на валу определено торцевой поверхностью вала и ограничительными втулками В и З. Подшипники и втулки прижаты к валу шайбой Б и гайкой А.

На рис. 1.64 показано крайнее левое положение вала, а на рис. 1.65 — крайнее правое положение.

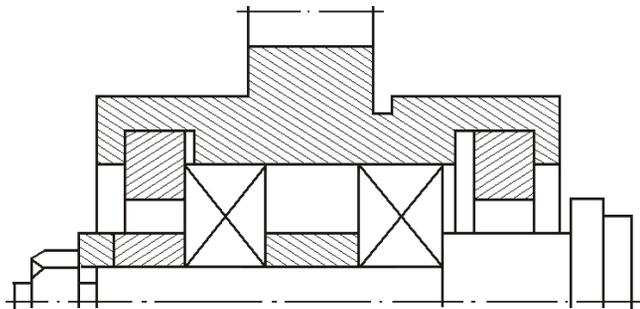


Рис. 1.64. Крайнее левое положение вала

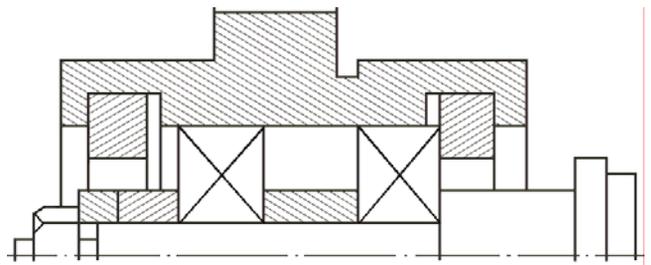


Рис. 1.65. Крайнее правое положение вала

На рис. 1.66...1.69 представлены эскизы контрольных упражнений. Один из вариантов упражнения изложен на с. 367.

1.5.4.1. Вариант 1

Построить размерные схемы на замкнутые контуры I_{Δ} , K_{Δ} , L_{Δ} , M_{Δ} и N_{Δ} . Написать уравнения размерных цепей, используя рис. 1.66...1.69.

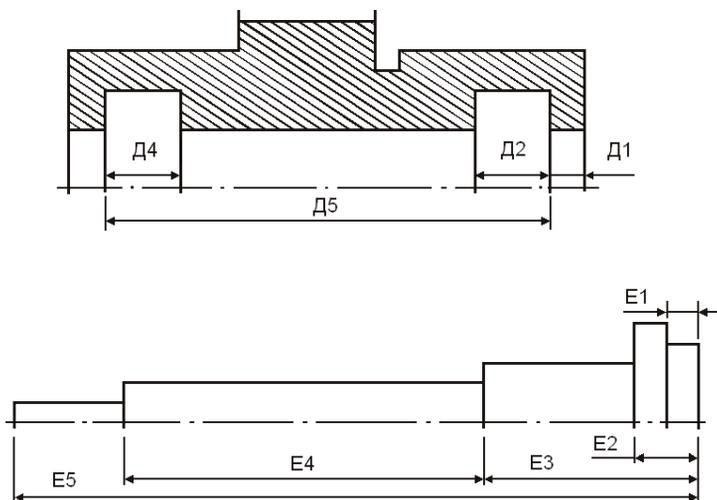


Рис. 1.66. Эскиз корпуса Д и вала Е

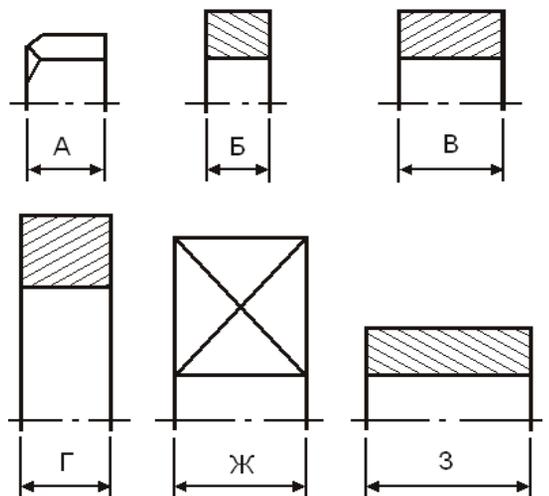


Рис. 1.67. Эскизы деталей: А – гайка; Б – шайба упорная; В и З – втулки ограничительные; Г – кольцо пружинное разрезное; Ж – подшипник

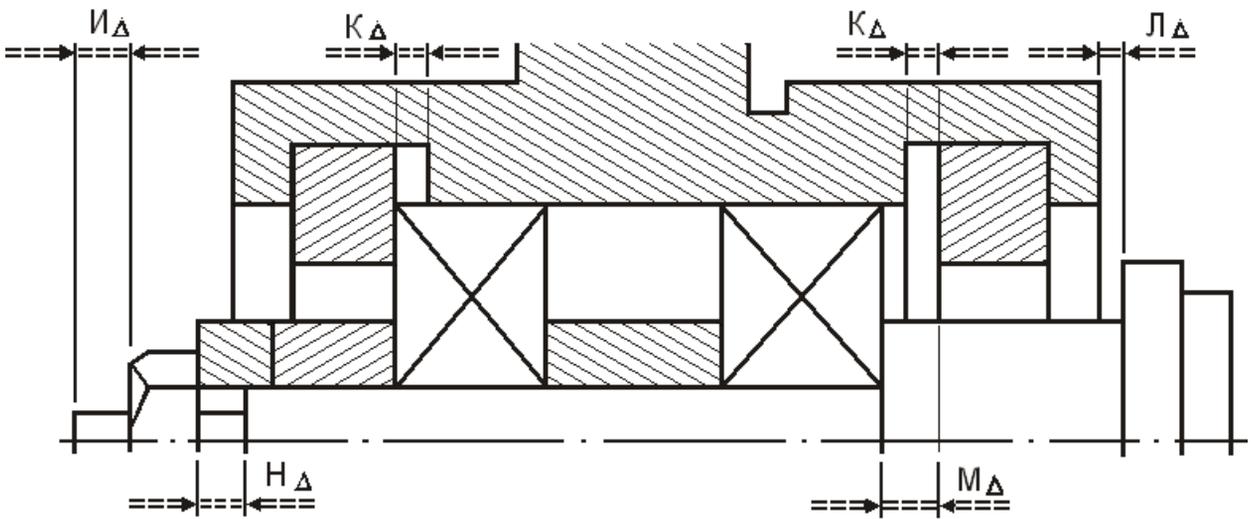


Рис. 1.68. Исходные (закрывающие) звенья при крайнем левом положении вала

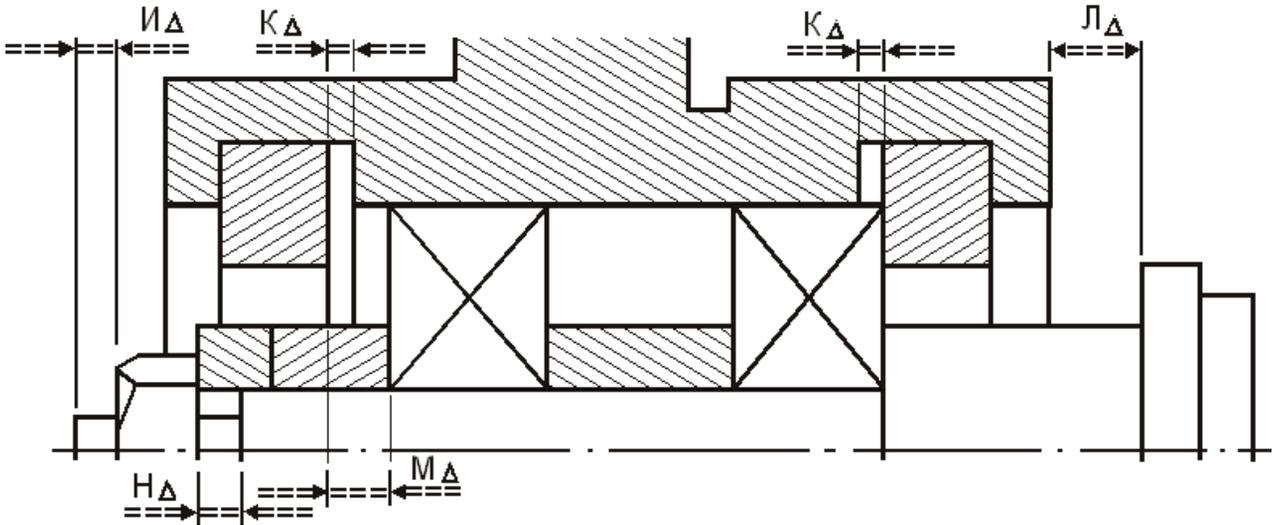


Рис. 1.69. Исходные (закрывающие) звенья при крайнем правом положении вала

Ответ на 367...369 (см. рис. 1.70...1.78).

Ответ по сборочному узлу рис. 1.68 помещен на с. 367 и 368 (см. рис. 1.70...1.74).

Ответ по сборочному узлу рис. 1.69 помещен на с. 368 и 369 (см. рис. 1.75 и 1.76).

Схемы сравнения по контуру Л_Δ на с. 369 (см. рис. 1.77 и 1.78).

1.6. Система допусков и посадок

Система допусков посадок — совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. В промышленности применяют системы допусков и посадок на различные, преимущественно типовые, виды сопряжений: гладкие, конические, резьбовые, шпоночные, шлицевые, зубчатые передачи и другие.

Системы упорядочивают и облегчают назначение допусков и посадок в соединениях, ограничивая промышленность необходимыми, но всегда достаточными возможностями выбора точности и характера сопряжений. Входящие в эти системы стандарты обязательны для общего и большей части специального машиностроения при всех видах проектирования, в том числе при курсовом и дипломном проектировании в учебных заведениях.

Таблицы допусков составлены в системе отверстия и в системе вала.

Для достижения различного характера сопряжений нецелесообразно одновременно смещать поля допусков обеих деталей.

В системе отверстия при данных размерах и точности соединения нужную посадку получают изменением предельных размеров вала (смещением его поля допуска относительно нулевой линии), не меняя при этом исполнительных размеров отверстия.

В системе вала основной деталью является вал, нужную посадку получают изменением исполнительных размеров отверстия. Назначение одной и той же посадки в системе отверстия или системе вала не меняет посадку (значение зазора или натяга), а приводит лишь к изменению предельных размеров деталей.

Системы отверстия и вала формально равноправны. Однако система отверстия является предпочтительной как более экономичная. Это обусловлено уменьшением типоразмеров необходимого инструмента: различные по исполнительным размерам валы в системе отверстия обрабатываются одним и тем же резцом или абразивным кругом, тогда как для получения в системе вала разнообразных посадок при определенном диаметре сопряжения требуется большое число дорогостоящих мерных инструментов: зенкеров, разверток или протяжек. В ряде случаев дешевле оказывается выполнение соединений в системе вала. Ее применяют при использовании в конструкциях машин унифицированных или стандартных сборочных единиц и деталей, например, подшипников качения при посадке в корпус, контрольных штифтов, валиков и т. п. Так как номинальные размеры валов уже заданы, отверстия в корпусах машин приходится обрабатывать по системе вала с отклонениями под соответствующую посадку.

Стандарты единой системы допусков и посадок (ЕСДП) распространяются на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей (см. приложение 1, с. 398).

ГОСТы ЕСДП перечислены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

ГОСТы ЕСДП для гладких соединений

Стандарты	Наименование	Размеры, мм
ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75)	ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных положений	0...3150
ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75)	ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки	0...3150
ГОСТ 25348-82 (СТ СЭВ 177-75)	ЕСДП. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм	3151...10000
ГОСТ 25670-82 (СТ СЭВ 302-76)	ОНВ*. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками	0...10000

* — основные нормы взаимозаменяемости

В ЕСДП установлено 19 квалитетов с порядковыми номерами: 01; 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16 и 17.

Наивысшей точности соответствует квалитет 01, а самой низшей — 17 квалитет. Точность убывает от квалитета 01 к квалитету 17.

Допуск квалитета условно обозначают латинскими прописными буквами IT и номером квалитета, например, IT13 — допуск 13 квалитета.

1.7. Неуказанные предельные отклонения размеров

На рабочих чертежах деталей значительную часть размеров указывают одним номиналом. Порядок указания точности в этих случаях определяет ГОСТ.

Неуказанные предельные отклонения линейных размеров, кроме радиусов закругления и фасок, могут назначаться либо по квалитетам от 12...17, либо по классам точности. Классы точности имеют следующие условные наименования: точный, средний, грубый, очень грубый.

Все эти допуски приближенно соответствуют допускам по квалитетам IT12, IT14, IT16 и IT17.

Устанавливаются два уровня предельных отклонений радиусов и фасок и два уровня неуказанных предельных отклонений углов, кроме углов 90 градусов.

Неуказанные отклонения для "валов" назначают в тело материала, т. е. (односторонними) от номинального размера в минус, для размеров "отверстий" — от номинального размера в плюс. Для размеров элементов деталей, не относящихся к "валам" и "отверстиям" (например, "уступы", расстояния между осями отверстий и т. п.), назначают только симметричные неуказанные предельные отклонения.

1.8. Нормальный ряды чисел номиналов

Номинальный размер указывают на чертеже на основании инженерных расчетов, опыта проектирования, обеспечения конструктивного совершенства или удобства изготовления детали (изделия). Относительно номинального размера определяют предельные размеры. Он служит также началом отсчета отклонений.

Чтобы уменьшить разнообразие назначаемых конструкторами размеров со всеми вытекающими преимуществами (сужением сортамента типоразмеров, номенклатуры мерного режущего и измерительного инструментов, сокращением типоразмеров изделий и запасных частей к ним и т. п.) при конструировании следует руководствоваться ГОСТ 6636-69 на нормальные линейные размеры.

Стандарт содержит четыре основных ряда чисел (см. приложение 2, с. 399): RA5, RA10, RA20 и RA40. Эти ряды построены по геометрической прогрессии со знаменателями, равными $\sqrt[5]{10}=1,6$; $\sqrt[10]{10}=1,25$; $\sqrt[20]{10}=1,12$ и $\sqrt[40]{10}=1,06$. Каждый ряд содержит в каждом десятичном интервале соответственно 5, 10, 20 и 40 различных чисел. Более редкий ряд всегда является предпочтительным.

Стандартом разрешается применять в отдельных технически обоснованных случаях ряд RA80 ($\sqrt[80]{10}=1,03$). Цифры в других десятичных интервалах находят умножением или делением указанных величин на 10, 100, 1000 и т. д. Стандарт не распространяется на технологические межоперационные размеры и на размеры, связанные расчетными зависимостями с другими размерами.

Нормальные углы и нормальные уклоны для призматических деталей указаны в приложениях 3 и 4 (см. с. 399).

1.9. Способы обозначения предельных отклонений

Стандарт предусматривает три способа нанесения предельных отклонений линейных размеров в рабочих чертежах:

условными обозначениями полей допусков и посадок;

числовыми величинами предельных отклонений;

условными обозначениями полей допусков и справа в скобках числовыми величинами предельных отклонений (такой способ называется смешанным).

Для расчета размерных цепей необходимы числовые величины.

При нанесении в чертеже числовых значений размера верхнее отклонение наносится над нижним отклонением.

Отклонение, равное нулю, не указывается.

В этом случае наносится только одно отклонение: с плюсом на месте верхнего, с минусом на месте нижнего отклонения. При симметричном расположении отклонений, т. е. когда отклонения равны, но имеют разные знаки, величина отклонения наносится со знаками \pm — рядом с номиналом и шрифтом этого же размера.

На производстве, кроме размеров с допусками, на чертежах проставляется большое количество так называемых технологических (операционных) размеров. Эти размеры у готовой детали не сохраняются, а исчезают в процессе обработки по мере приближения ее к виду, указанному на чертеже.

Как правило, допуски на технологические размеры ставятся в виде одного отклонения со знаком в металл. При обработке "отверстий" проставляется верхнее отклонение с плюсом. При обработке "вала" — нижнее отклонение с минусом. Т. е. как у основного "отверстия" и "вала".

Размер на чертеже вала показан в виде диаметра $75_{-0,043}^{+0,062}$ мм. Технологический размер вала на последней операции механической обработки может иметь вид $75,062_{-0,019}$. В этом случае рабочий, ориентируясь на "номинал" 75,062, и, получив этот размер при обработке, может устранить дефекты на поверхности детали путем дополнительной обработки, имея на это запас 0,019 мм. Ориентируясь же на номинальный чертежный размер 75 мм, можно допустить неисправимый брак, так как размер годной детали должен быть не более 75,062 мм и не менее 75,043 мм.

1.10. Шероховатость поверхности

Поверхности деталей после обработки не являются идеально гладкими, так как режущие кромки инструментов и зерна шлифовальных кругов оставляют на поверхности следы в виде неровностей и гребешков, близко расположенных друг к другу. Совокупность всех неровностей на рассматриваемой поверхности с относительно малым шагом называется шероховатостью.

Все основные понятия, обозначения параметров и их числовые значения, необходимые для оценки шероховатости поверхности изделия, установлены ГОСТ 2789-73, а в части терминов и определений — ГОСТ 25142-82.

Установлено шесть параметров шероховатости, которые можно подразделить на три группы: высотные параметры, связанные с высотными свойствами неровностей; шаговые, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля; опорные, связанные с формой неровностей профиля.

Для расчета технологических размерных цепей необходимы данные по высотным свойствам шероховатости поверхности, параметрами которой являются: высота неровностей по десяти точкам R_z — сумма средних абсолютных высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины. Высота наибольшего выступа профиля определяется расстоянием от средней линии профиля до высшей точки выступа, а глубина наибольшей впадины профиля определяется расстоянием от средней линии до низшей точки впадины профиля; среднее арифметическое отклонение профиля R_a — среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины. Числовые значения высот шероховатости приведены в приложении 5 (см. с. 400). При расчетах точных подвижных и прессовых соединений, технологических припусков необходимо учитывать высоту неровностей R_z , тогда как на чертежах в большинстве случаев заданы значения R_a . Для перевода числовых значений R_a в R_z можно воспользоваться зависимостью

$$R_z = KR_a,$$

где $K=4$ при $R_a=80,0 \dots 2,5$ мкм; $K=5$ при $R_a=1,25 \dots 0,02$ мкм.

2. Основы расчета плоских размерных цепей

2.1. Задачи и методы расчета размерных цепей

При расчетах размерных цепей могут решаться прямая и обратная задачи.

Прямая — задача, в которой заданы параметры замыкающего звена (номинальное значение, допустимые отклонения и т. д.), и требуется определить параметры составляющих звеньев (номинальные размеры, допуски, координаты середин полей допусков и предельные отклонения всех составляющих размерную цепь звеньев).

При решении обратной задачи, исходя из значений номинальных размеров, допусков, координат середин полей допусков, предельных отклонений составляющих звеньев, определяют те же характеристики замыкающего звена либо (при необходимости установить погрешность замыкающего звена) поле рассеяния, координату его середины или границы отклонений замыкающего звена на основании аналогичных данных составляющих звеньев.

Решением обратной задачи проверяют правильность решения прямой задачи.

В зависимости от требуемой точности и масштабов производства применяют различные методы расчета размерных цепей: метод максимума-минимума (max-min); вероятностный метод; метод групповой взаимозаменяемости; метод пригонки; метод регулирования.

Последние три метода характеризуются сочетанием методов расчета с выбором, подбором или изменением величин составляющих звеньев при сборке изделия.

Если в размерных цепях необходимо обеспечить полную взаимозаменяемость, то допуски рассчитывают по методу max-min.

Расчет размерных цепей по методу max-min основан на предположении, что на сборку поступают детали с предельными размерами и в таком сочетании, что в размерной цепи все увеличивающиеся звенья будут иметь наибольшие предельные размеры, а все уменьшающиеся звенья — наименьшие предельные размеры, или наоборот. В результате замыкающее звено получит либо максимальное, либо минимальное значение. Такой случай возможен, но вероятность его мала.

Расчет размерной цепи по max-min, как правило, приводит к необоснованному ужесточению допусков на размеры составляющих звеньев размерной цепи. В связи с этим метод должен иметь ограниченное применение.

В частности, методом max-min пользуются при расчете размерных цепей с числом звеньев "N" меньшим или равным четырем (до 5), а также при "N" больше четырех для предварительного решения некоторых практических задач по расчету многозвенных размерных цепей.

Научно обоснованным является метод, основанный на теории вероятностей.

При механической обработке размеры имеют определенные погрешности, которые носят случайный характер и в партии обработанных деталей имеют рассеяние своих значений в тех или иных пределах. При поступлении на сборку детали проходят окончательный контроль, в результате которого детали, имеющие размеры, выходящие за поле допуска, отбраковываются, а у оставшихся рассеяние погрешностей размеров будет лежать в пределах допуска.

Рассеяние погрешностей размеров подчиняется закону распределения случайных величин. Случайные величины делятся на дискретные и непрерывные.

Погрешности размеров относятся к случайным величинам непрерывного типа. Если случайная величина представляет собой сумму большого числа взаимно независимых случайных слагаемых, среди которых нет резко доминирующих по своей величине, то независимо от того, каким законам распределения подчиняются слагаемые, сумма всегда будет иметь распределение, близкое к нормальному закону, и тем точнее, чем больше число слагаемых.

Погрешность замыкающего звена и является такой случайной величиной, представляющей собой сумму случайных погрешностей составляющих звеньев. Поэтому погрешности замыкающего звена будут подчиняться закону нормального распределения и тем точнее, чем больше составляющих звеньев размерной цепи.

Практически считают, что уже при числе составляющих звеньев размерной цепи больше или равном пяти (от 5) погрешности замыкающего звена достаточно близко соответствуют закону нормального распределения.

99,73% всех возможных значений будут лежать в пределах поля рассеяния и только 0,27% значений выйдут за его пределы.

Следовательно, 0,27% сборочных единиц не будут собираться по методу взаимозаменяемости и потребуют дополнительной обработки деталей. Этот процент называется процентом риска (P). P=0,27% соответствует коэффициенту риска $t_{\Delta}=3,00$.

Зависимость процента риска от значения коэффициента риска следующая

P — процент риска	32,0	10,0	4,55	1,00	0,27	0,10	0,01
t_{Δ} — коэфф. риска	1,00	0,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

Однако не все размеры составляющих звеньев размерной цепи подчиняются закону нормального распределения.

В действительности погрешности размеров могут иметь распределение по закону равной вероятности, закону треугольника, закону Релея и другим законам распределения. Чтобы при расчетах погрешностей замыкающего звена можно было учесть любой закон распределения составляющих звеньев, используется коэффициент относительного рассеяния (λ_i^2). Он характеризует степень отличия распределения погрешностей i-го звена от нормального распределения, которому обычно подчиняются погрешности замыкающего звена.

Значения коэффициентов для некоторых законов распределения:

$$\lambda_i^2 = 1/9 = 0,111 \text{ — для закона нормального распределения (крупносерийное и массовое производство);}$$

$$\lambda_i^2 = 1/6 = 0,167 \text{ — для закона распределения треугольника (серийное производство);}$$

$$\lambda_i^2 = 1/3 = 0,333 \text{ — для закона равной вероятности (единичное производство).}$$

Размерные цепи, для которых экономически оправдан риск возможного выхода за пределы поля допуска замыкающих звеньев, рассчитывают, у части изделий, вероятностным методом.

Под вероятностным методом расчета понимается метод, учитывающий явление рассеяния и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев.

В ряде случаев возможны сочетания различных методов, которые позволяют получить точности замыкающего звена данной цепи.

2.2. Порядок построения размерных цепей

В зависимости от решаемой задачи изображают схемы: изделия; технологической системы (станок — приспособление — инструмент — деталь); технологического процесса или измерения, на которые наносят размерные цепи.

Допускается для каждой цепи изображать отдельную размерную схему.

На схеме условно в виде отрезков любой длины изображают звенья размерной цепи в последовательности их расположения в изделии, причем, если даже номинальный размер какого-либо звена равен нулю, он изображается на схеме в виде отрезка произвольной длины.

Исходя из поставленной задачи, находят замыкающее звено.

Обычно замыкающим звеном является расстояние между поверхностями, их осями или их относительный поворот, которые обеспечивают при конструировании изделия, достигают в процессе его изготовления или определяют измерением.

Начиная от одной из поверхностей (осей), ограничивающих замыкающее звено, находят составляющие звенья размерной цепи, непосредственно участвующие в реше-

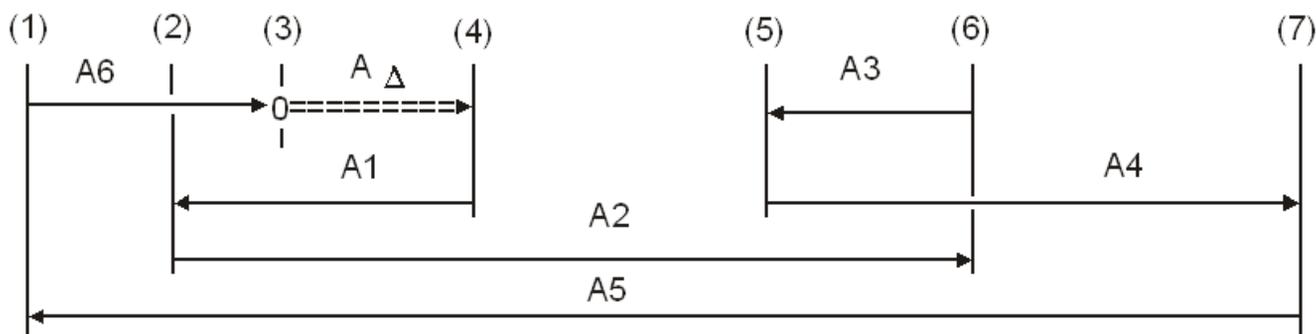
нии поставленной задачи, и доходят до поверхности (оси), ограничивающей замыкающее звено.

Порядок построения размерных схем более подробно рассмотрим при решении конкретных сборочных и технологических размерных цепей.

2.3. Основные расчетные формулы

2.3.1. Уравнение номиналов

Зависимость номинального размера замыкающего звена A_{Δ} от номинальных размеров составляющих звеньев A_i можно установить непосредственно по схеме размерных связей (например, для схемы на рис. 2.1).



$$A_{\Delta} = +A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + A_5 - A_6; \quad A_{\Delta} = +(A_1 + A_3 + A_5) - (A_2 + A_4 + A_6) \quad (2.1) \text{ и } (2.1.1)$$

Рис. 2.1. Схема размерных связей. Уравнение номиналов размерной цепи

Для любого числа составляющих звеньев уравнение номинальных размеров будет иметь следующий общий вид:

$$A_{\Delta} = \sum A_i = \sum A_i(\text{ув}) - \sum A_i(\text{ум}), \quad (2.2)$$

где \sum — символ суммы номинальных значений составляющих звеньев; $A_i(\text{ув})$ — увеличивающие звенья размерной цепи; $A_i(\text{ум})$ — уменьшающие звенья размерной цепи.

Из уравнения (2.2), а также из схемы размерной цепи нетрудно установить наибольший и наименьший предельные размеры замыкающего звена:

$$A_{\Delta} \max = \sum A_i(\text{ув}) \max - \sum A_i(\text{ум}) \min; \quad A_{\Delta} \min = \sum A_i(\text{ув}) \min - \sum A_i(\text{ум}) \max. \quad (2.3) \text{ и } (2.4)$$

Вычитая почленно второе уравнение из первого, получаем

$$A_{\Delta} \max - A_{\Delta} \min = \sum A_i(\text{ув}) \max - \sum A_i(\text{ув}) \min - \sum A_i(\text{ум}) \min + \sum A_i(\text{ум}) \max. \quad (2.5)$$

2.3.2. Допуск (поле допуска) замыкающего звена

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами любого звена равна допуску на размер этого звена. Тогда уравнение (2.5) примет вид:

$$TA_{\Delta} = \sum TA_i(\text{ув}) + \sum TA_i(\text{ум}) = \sum TA_i, \quad (2.6)$$

а уравнение (2.1.1) —
$$TA_{\Delta} = (TA_1 + TA_3 + TA_5) + (TA_2 + TA_4 + TA_6). \quad (2.7)$$

Допуск любого размера (в отличие от отклонений) всегда представляет собой положительную величину, т. е. допуск замыкающего (исходного) звена равен арифметической сумме допусков составляющих звеньев.

Это основное правило определения допусков при расчете размерных цепей на максимум-минимум (метод полной взаимозаменяемости).

Допуск (поле допуска) ограничивается верхним и нижним отклонениями

$$TA_{\Delta} = voA_{\Delta} - noA_{\Delta}. \quad (2.8)$$

При расчете допуска и поля рассеяния по вероятностному методу

$$TA_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum \lambda_i^2 \cdot TA_i^2}, \quad wA_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum \lambda_i^2 \cdot wA_i^2}. \quad (2.9)$$

Для уравнения (2.1)

$$TA_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\lambda_i^2 (TA1^2 + TA2^2 + TA3^2 + TA4^2 + TA5^2 + TA6^2)}. \quad (2.10)$$

2.3.3. Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена

Для определения предельных отклонений замыкающего звена достаточно из каждого уравнения $A_{\Delta} \max$ и $A_{\Delta} \min$ вычесть почленно соответствующие номинальные размеры. В результате получим:

$$voA_{\Delta} = \sum voAi(\text{ув}) - \sum noAi(\text{ум}); \quad noA_{\Delta} = \sum noAi(\text{ув}) - \sum voAi(\text{ум}). \quad (2.11) \text{ и } (2.12)$$

Предельные отклонения можно вычислить иным способом. Предварительно необходимо определить координаты середин полей допусков для всех составляющих звеньев (расстояние от номинального размера до середины поля допуска). Из рис. 1.15 (см. с. 22) видно, что если известны значения номинального размера, значения верхнего и нижнего отклонений, то могут быть определены: допуск на размер и координата середины поля допуска

$$TAi = voAi - noAi, \quad \Delta 0Ai = \frac{voAi + noAi}{2}. \quad (2.13) \text{ и } (2.14)$$

Значения верхнего и нижнего отклонений размера через координату середины поля допуска:

$$voAi = \Delta 0Ai + \frac{TAi}{2}; \quad noAi = \Delta 0Ai - \frac{TAi}{2}. \quad (2.15) \text{ и } (2.16)$$

Для размера $A7 = 360_{-1,2}^{+2,6}$ допуск $TA7 = +2,6 - (-1,2) = 3,8$ мм.

Координата середины поля допуска $\Delta 0A7 = \frac{2,6 + (-1,2)}{2} = +0,7$ мм.

Предельные отклонения: $voA7 = +0,7 + \frac{3,8}{2} = +2,6$ мм, $noA7 = 0,7 - \frac{3,8}{2} = -1,2$ мм.

Графическое изображение размера $A7$ (отклонения, допуск и координата середины поля допуска (см. рис. 1.15)), совпадают с результатами расчета с помощью аналитических уравнений (2.13...2.15). Указанные соотношения справедливы для любого звена, в том числе и для замыкающего.

Отсюда уравнения:

$$\Delta 0A_{\Delta} = \frac{voA_{\Delta} + noA_{\Delta}}{2}; \quad (2.14.1)$$

$$voA_{\Delta} = \Delta 0A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2}; \quad noA_{\Delta} = \Delta 0A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2}. \quad (2.15.1) \text{ и } (2.16.1)$$

2.4. Решение обратной (проверочной) задачи по методу полной взаимозаменяемости

Содержанием проверочной задачи является определение замыкающего размера и его допуска (погрешности) по заданным (известным) значениям составляющих размеров и допусков. В машиностроении применяют несколько способов задания точности размеров, при которых указывают: номинал размера, его допуск и координату середины

ны поля допуска; предельно допустимые значения размеров; номинал размера, его верхнее и нижнее предельные отклонения; среднее допустимое значение размера и допуск. Все это предполагает использование следующих способов размерных расчетов для определения замыкающего звена и его точности: способ предельных значений; способ отклонений; способ средних значений; способ координат допусков.

Рассмотрим последовательно эти способы.

2.4.1. Способ предельных значений

Основой решения проверочной задачи являются уравнения предельных значений замыкающего размера (2.3) и (2.4).

Максимальное значение замыкающего размера $A_{\Delta \max}$ равно сумме максимальных значений увеличивающих составляющих размеров A_i минус сумма минимальных значений уменьшающих составляющих размеров A_i .

Минимальное значение замыкающего размера равно сумме минимальных значений увеличивающих составляющих размеров минус сумма максимальных значений уменьшающих составляющих размеров.

Используем уравнения (2.3) и (2.4) для решения поставленной задачи — проверки выхода левой и правой торцовых поверхностей втулки (см. рис. 2.2, с. 39) за пределы корпуса.

Исходные звенья $K_{\Delta \min(\text{ис})} = L_{\Delta \min(\text{ис})} = 0,1$ мм.

В соответствии с уравнением номиналов предельные значения для K_{Δ} :

$$K_{\Delta} = -D1 + \Gamma1;$$

$$K_{\Delta \max} = -D1_{\min} + \Gamma1_{\max} = -7,14 + 8,00 = 0,86 \text{ мм};$$

$$K_{\Delta \min} = -D1_{\max} + \Gamma1_{\min} = -7,50 + 7,64 = 0,14 \text{ мм}.$$

Предельные значения замыкающего звена L_{Δ} :

$$L_{\Delta} = +\Gamma3 - \Gamma1 + D1 - D3;$$

$$L_{\Delta \max} = \Gamma3_{\max} - \Gamma1_{\min} + D1_{\max} - D3_{\min} = 60 - 7,64 + 7,5 - 57,26 = 2,6 \text{ мм};$$

$$L_{\Delta \min} = \Gamma3_{\min} - \Gamma1_{\max} + D1_{\min} - D3_{\max} = 59,81 - 8 + 7,14 - 58 = 0,95 \text{ мм}.$$

Колебание K_{Δ} и L_{Δ} составляет:

$$TK_{\Delta} = 0,86 - 0,14 = 0,72 \text{ мм}; \quad TL_{\Delta} = 2,60 - 0,95 = 1,65 \text{ мм}.$$

Их минимальные значения ($K_{\Delta \min} = 0,14$, $L_{\Delta \min} = 0,95$ мм) больше величины исходного минимального звена ($K_{\Delta \min(\text{ис})} = L_{\Delta \min(\text{ис})} = 0,1$ мм), что соответствует условию поставленной задачи.

Запасы по минимальным значениям замыкающих размеров K_{Δ} и L_{Δ} положительные.

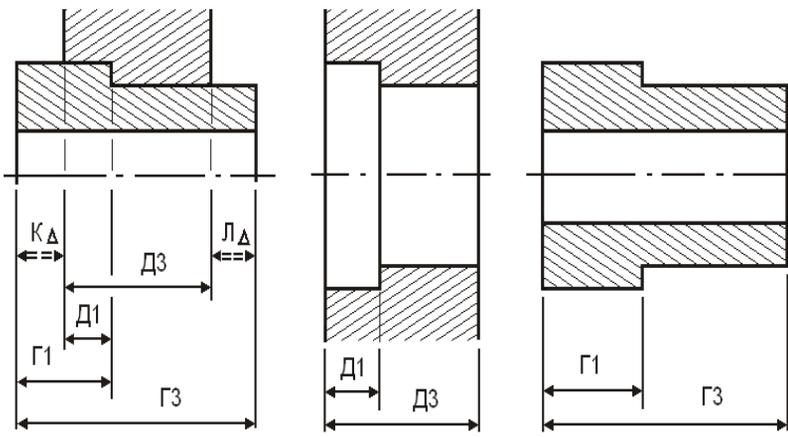
$$\text{Зап по min} = K_{\Delta \min} - K_{\Delta \min(\text{ис})} = 0,14 - 0,1 = +0,04 \text{ мм}.$$

$$\text{Зап по min} = L_{\Delta \min} - L_{\Delta \min(\text{ис})} = 0,95 - 0,1 = +0,85 \text{ мм}.$$

2.4.2. Способ отклонений

При решении проверочной задачи по способу отклонений используют уравнения номинала замыкающего звена (2.2) и предельных отклонений (2.11) и (2.12).

Согласно уравнению (2.11) верхнее отклонение замыкающего звена равно сумме верхних отклонений увеличивающих размеров за вычетом суммы нижних отклонений уменьшающих составляющих звеньев.



$\Gamma_1=8_{-0,36}$; $\Gamma_3=60_{-0,19}$; $\Delta_1=7,5_{-0,36}$; $\Delta_3=58_{-0,74}$ мм

Рис. 2.2. Сборочный узел и эскизы деталей:
Д – корпус; Г – втулка

вычислим номиналы замыкающих звеньев K_{Δ} и L_{Δ} по уравнениям (2.1) и (2.2):

$$K_{\Delta} = -\Delta_1 + \Gamma_1 = -7,5 + 8 = 0,5 \text{ мм}, \quad L_{\Delta} = +\Gamma_3 - \Gamma_1 + \Delta_1 - \Delta_3 = 60 - 8 + 7,5 - 58 = 1,5 \text{ мм}.$$

Вычислим верхнее и нижнее отклонения замыкающих звеньев по уравнениям (2.11) и (2.12):

$$воK_{\Delta} = -но\Delta_1 + во\Gamma_1 = -(-0,36) + 0 = +0,36 \text{ мм},$$

$$ноK_{\Delta} = -во\Delta_1 + но\Gamma_1 = +0 + (-0,36) = -0,36 \text{ мм};$$

$$воL_{\Delta} = +во\Gamma_3 - но\Gamma_1 + во\Delta_1 - но\Delta_3 = +0 - (-0,36) + 0 - (-0,74) = +1,10 \text{ мм},$$

$$ноL_{\Delta} = +но\Gamma_3 - во\Gamma_1 + но\Delta_1 - во\Delta_3 = +(-0,19) - 0 + (-0,36) - 0 = -0,55 \text{ мм}.$$

Таким образом, $K_{\Delta} = 0,5 \pm 0,36$ мм; $L_{\Delta} = 1,5^{+1,10}_{-0,55}$ мм.

Подобные громоздкие записи нужны только при отсутствии навыка в решении задач по способу отклонений. Опытные заводские конструкторы и технологи ограничиваются обычно записями типа (см. рис. 2.3):

$$\begin{aligned} воK_{\Delta} &= \longrightarrow во\Gamma_1 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow во\Delta_1 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow воK_{\Delta} \\ K_{\Delta} &= \Gamma_1 \quad - \setminus \quad \Delta_1 \quad = \setminus \quad K_{\Delta} \quad , \\ ноK_{\Delta} &= \longrightarrow но\Gamma_1 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow но\Delta_1 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow ноK_{\Delta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} воK_{\Delta} &= \longrightarrow 0,00 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow 0,00 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow +0,36 \\ K_{\Delta} &= 8 \quad - \setminus \quad 7,5 \quad = \setminus \quad 0,5 \quad ; \\ ноK_{\Delta} &= \longrightarrow -0,36 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow -0,36 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow -0,36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} воL_{\Delta} &= \longrightarrow 0,00 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow +1,10 \\ L_{\Delta} &= 60 \quad - \setminus \quad 8 \quad + \setminus \quad 7,5 \quad - \setminus \quad 58 \quad = \setminus \quad 1,5 \quad \text{мм.} \\ ноL_{\Delta} &= \longrightarrow -0,19 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow -0,36 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow -0,36 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow -0,74 \longrightarrow \setminus / \longrightarrow -0,55 \end{aligned}$$

Рис. 2.3. Универсальное уравнение для расчета размерной цепи

При такой записи сначала определяют номинал замыкающего размера, а затем — отклонения. Стрелками показан порядок вычисления (суммирования) отклонений. Отклонения увеличивающих составляющих размеров-звеньев берутся с их знаками, отклонения уменьшающих размеров — с обратными знаками.

Общий вид уравнения:

$$\begin{aligned} \text{во}A_{\Delta} &= \text{во}A_i(\text{ув}) - \text{во}A_i(\text{ум}) \\ A_{\Delta} &= \sum A_i(\text{ув}) - \sum A_i(\text{ум}) \\ \text{но}A_{\Delta} &= \text{но}A_i(\text{ув}) - \text{но}A_i(\text{ум}) \end{aligned} \quad (2.17)$$

2.4.3. Способ средних значений

При решении проверочной задачи по способу средних значений используют два расчетных уравнения: уравнение допусков (2.6) и уравнение среднего значения замыкающего звена

$$A_{\Delta \text{ ср}} = \sum A_i(\text{ув})_{\text{ср}} - \sum A_i(\text{ум})_{\text{ср}} \quad (2.18)$$

Применение способа предполагает предварительное вычисление средних значений $A_{\text{ср}}$ всех составляющих размеров: требуется произвести перерасчет номиналов составляющих размеров так, чтобы отклонения стали симметричными относительно нового номинала (номинальные значения проходят через середину поля допуска). Для размерной цепи в данной задаче (см. рис. 2.2, с. 39):

$$Г1 = 8_{-0,36}, \quad Г1_{\text{ср}} = 7,82 \pm 0,18; \quad Г3 = 60_{-0,19}, \quad Г3_{\text{ср}} = 59,905 \pm 0,095 \text{ мм};$$

$$Д1 = 7,5_{-0,36}, \quad Д1_{\text{ср}} = 7,32 \pm 0,18; \quad Д3 = 58_{-0,74}, \quad Д3_{\text{ср}} = 57,63 \pm 0,37 \text{ мм}.$$

Подставляя значения средних в уравнения с замыкающими размерами K_{Δ} , L_{Δ} и используя данные поля рассеяния для wK_{Δ} и wL_{Δ} , получаем:

$$K_{\Delta \text{ ср}} = Г1_{\text{ср}} - Д1_{\text{ср}} = 7,82 - 7,32 = 0,5 \text{ мм};$$

$$L_{\Delta \text{ ср}} = Г3_{\text{ср}} - Г1_{\text{ср}} + Д1_{\text{ср}} - Д3_{\text{ср}} = 59,905 - 7,82 + 7,32 - 57,63 = 1,775 \text{ мм}.$$

Поля рассеяния замыкающих звеньев

$$wK_{\Delta} = ТГ1 + ТД1 = 0,36 + 0,36 = 0,72 \text{ мм}.$$

$$wL_{\Delta} = ТГ3 + ТГ1 + ТД1 + ТД3 = 0,19 + 0,36 + 0,36 + 0,74 = 1,65 \text{ мм},$$

Поскольку отклонения составляющих размеров-звеньев расположены симметрично относительно $A_{\text{ср}}$, отклонения замыкающих звеньев также будут расположены симметрично относительно $K_{\Delta \text{ ср}}$ и $L_{\Delta \text{ ср}}$. Тогда

$$\frac{wK_{\Delta}}{2} = 0,36 \text{ мм}, \quad K_{\Delta \text{ ср}} = 0,5 \pm 0,36 \text{ мм};$$

$$\frac{wL_{\Delta}}{2} = 0,825 \text{ мм}, \quad L_{\Delta \text{ ср}} = 1,775 \pm 0,825 = 1,5_{-0,55}^{+1,10} \text{ мм}.$$

2.4.4. Способ координат допусков

При способе координат допусков вычисляют: номинальное значение замыкающего размера

$$A_{\Delta} = \sum A_i = \sum A_i(\text{ув}) - \sum A_i(\text{ум}); \quad (2.2)$$

поле допуска (поле рассеяния) замыкающего размера

$$TA_{\Delta} = \sum TA_i(\text{ув}) + \sum TA_i(\text{ум}) = \sum TA_i, \quad wA_{\Delta} = \sum wA_i(\text{ув}) + \sum wA_i(\text{ум}) = \sum wA_i; \quad (2.6) \text{ и } (2.6.1);$$

координату середины поля допуска (координату середины поля рассеяния) замыкающего звена

$$\Delta 0A_{\Delta} = \sum \Delta 0A_i(\text{ув}) - \sum \Delta 0A_i(\text{ум}), \quad \Delta wA_{\Delta} = \sum \Delta wA_i(\text{ув}) - \sum \Delta wA_i(\text{ум}); \quad (2.19) \text{ и } (2.19.1);$$

верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена

$$воA_{\Delta} = \Delta 0A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2}, \quad воA_{\Delta} = \Delta wA_{\Delta} + \frac{wA_{\Delta}}{2}, \quad (2.15) \text{ и } (2.15.1)$$

$$ноA_{\Delta} = \Delta 0A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2}, \quad ноA_{\Delta} = \Delta wA_{\Delta} - \frac{wA_{\Delta}}{2}. \quad (2.16) \text{ и } (2.16.1)$$

Рассмотрим применение описываемого способа для решения поставленной задачи — выход левой и правой торцовых поверхностей втулки (см. рис. 2.2, с. 39) за пределы корпуса с исходным предельным размером 0,1 min.

Используя уравнения с замыкающими звеньями K_{Δ} , L_{Δ} и чертежные значения составляющих звеньев Γ_1 , Γ_3 , D_1 и D_3 , определяем координаты середин полей допусков:

$$\Gamma_1 = 8_{-0,36}, \quad \Delta 0\Gamma_1 = \frac{0 + (-0,36)}{2} = -0,18; \quad \Gamma_3 = 60_{-0,19}, \quad \Delta 0\Gamma_3 = \frac{0 + (-0,19)}{2} = -0,095 \text{ мм};$$

$$D_1 = 7,5_{-0,36}, \quad \Delta 0D_1 = \frac{0 + (-0,36)}{2} = -0,18; \quad D_3 = 58_{-0,74}, \quad \Delta 0D_3 = \frac{0 + (-0,74)}{2} = -0,37 \text{ мм}.$$

Координаты середин полей рассеяния замыкающих звеньев:

$$\Delta wK_{\Delta} = -\Delta 0D_1 + \Delta 0\Gamma_1 = -(-0,18) + (-0,18) = 0;$$

$$\Delta wL_{\Delta} = +\Delta 0\Gamma_3 - \Delta 0\Gamma_1 + \Delta 0D_1 - \Delta 0D_3 = +(-0,095) - (-0,18) + (-0,18) - (-0,37) = +0,275 \text{ мм}.$$

Уравнения номиналов:

$$K_{\Delta} = -D_1 + \Gamma_1 = -7,5 + 8,0 = 0,5; \quad L_{\Delta} = +\Gamma_3 - \Gamma_1 + D_1 - D_3 = +60 - 8 + 7,5 - 58 = 1,5 \text{ мм}.$$

Поля рассеяния звеньев:

$$wK_{\Delta} = T_{D_1} + T_{\Gamma_1} = 0,36 + 0,36 = 0,72 \text{ мм};$$

$$wL_{\Delta} = T_{\Gamma_3} + T_{\Gamma_1} + T_{D_1} + T_{D_3} = 0,19 + 0,36 + 0,36 + 0,74 = 1,65 \text{ мм}.$$

Верхние и нижние отклонения замыкающих звеньев:

$$воK_{\Delta} = \Delta wK_{\Delta} + wK_{\Delta} / 2 = 0 + 0,72 / 2 = +0,36 \text{ мм},$$

$$ноK_{\Delta} = \Delta wK_{\Delta} - wK_{\Delta} / 2 = 0 - 0,72 / 2 = -0,36 \text{ мм};$$

$$воL_{\Delta} = \Delta wL_{\Delta} + wL_{\Delta} / 2 = +0,275 + 1,65 / 2 = +1,10 \text{ мм},$$

$$ноL_{\Delta} = \Delta wL_{\Delta} - wL_{\Delta} / 2 = +0,275 - 1,65 / 2 = -0,55 \text{ мм}.$$

Таким образом, $K_{\Delta} = 0,5 \pm 0,36$, $L_{\Delta} = 1,5_{-0,55}^{+1,10}$ мм.

2.4.5. Сравнительная оценка способов размерных расчетов

По точности расчета все способы равноценны, но не равнозначны по объему вычислительной работы, простоте и наглядности.

Наиболее простым и наглядным является способ средних значений. Его использование почти полностью исключает возможность логических ошибок. Объем работы по вычислению основных параметров замыкающего звена минимален (см. расчеты A_{Δ} ср и TA_{Δ}). Однако необходимость предварительного вычисления $A_{\text{ср}}$ каждого составляющего размера значительно уменьшает это преимущество. Способ средних значений широко используют начинающие конструкторы и технологи.

Способ координат допусков — наиболее трудоемкий, т. к. требует большого количества вычислительных операций (вычисление номинала A_{Δ} , допуска TA_{Δ} , координаты середины поля допуска $\Delta 0A_{\Delta}$, верхнего $воA_{\Delta}$ и нижнего $ноA_{\Delta}$ отклонений замыкающего звена).

Такой же результат (т.е. определение номинала замыкающего звена и его предельных отклонений) при значительно меньшем объеме вычислительных операций получают по способу отклонений. При его использовании отпадает необходимость выполнения предварительной работы по пересчету операционных размеров в технологических цепях. Здесь учитываются исходные данные (номиналы составляющих размеров, их предельные значения или отклонения).

Эти достоинства определяют широкое использование способа отклонений опытными заводскими инженерами.

По простоте, наглядности, объему вычислительной работы способ предельных значений почти равноценен способу отклонений, его широко применяют как при теоретических расчетах, так и в заводской практике.

2.5. Решение обратной (проверочной) задачи по вероятностному методу

Основные положения метода:

отклонения размеров составляющих звеньев — случайные величины, которые принимают то или иное числовое значение в соответствии с определенным законом распределения; сочетание отклонений составляющих размеров в размерной цепи — явление случайного характера, ибо маловероятно, чтобы в одной цепи (для одной детали или узла) оказались размеры с предельными значениями или близкими к ним.

При решении обратных (проверочных) задач по вероятностному методу размеры составляющих звеньев определяются в следующей последовательности: номинал замыкающего звена; его допуск; координату середины поля допуска замыкающего звена; значения верхнего и нижнего отклонений.

Используем приведенные выше расчетные уравнения для решения проверочной задачи по рис. 2.1 (см. с. 36).

Значения составляющих размеров и их отклонений:

$$A_1=14 \pm 0,09; A_2=46_{-0,62}; A_3=9^{+0,22}; A_4=25^{+0,52}; A_5=60_{-0,12}; A_6=11^{+0,18} \text{ мм.}$$

Предельные значения исходного звена: $A_{\Delta \min(\text{ис})}=0,2 \text{ мм}$; $A_{\Delta \max(\text{ис})}=1,3 \text{ мм}$.

Номинальный расчетный размер замыкающего звена:

$$A_{\Delta} = +A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + A_5 - A_6 = +14 - 46 + 9 - 25 + 60 - 11 = 1 \text{ мм.}$$

Для определения wA_{Δ} , ΔwA_{Δ} , $воA_{\Delta}$ и $ноA_{\Delta}$ воспользуемся данными хорошо отлаженного производства.

Коэффициент риска равен 3 (соответствует проценту риска $P=0,27\%$), а коэффициент относительного рассеяния $\lambda_i^2 = 1/6 = 0,167$ (соответствует серийному производству).

Тогда поле рассеяния замыкающего звена определяется по уравнению (2.10).

$$wA_{\Delta} = 3 \sqrt{0,167(0,18^2 + 0,62^2 + 0,22^2 + 0,52^2 + 0,12^2 + 0,18^2)} = 1,08 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния:

$$\Delta wA_{\Delta} = \frac{0,09 + (-0,09)}{2} - \frac{0 + (-0,62)}{2} + \frac{0,22 + 0}{2} - \frac{0,52 + 0}{2} + \frac{0 + (-0,12)}{2} - \frac{0,18 + 0}{2} = \\ = 0 + 0,31 + 0,11 - 0,26 - 0,06 - 0,09 = +0,01 \text{ мм.}$$

Верхнее и нижнее предельные отклонения:

$$воA_{\Delta} = \Delta wA_{\Delta} + wA_{\Delta} / 2 = +0,01 + 1,08 / 2 = +0,55 \text{ мм};$$

$$ноA_{\Delta} = \Delta wA_{\Delta} - wA_{\Delta} / 2 = +0,01 - 1,08 / 2 = -0,53 \text{ мм}.$$

Таким образом, $A_{\Delta} = 1^{+0,55}_{-0,53}$; $A_{\Delta \text{ min}} = 0,47$; $A_{\Delta \text{ max}} = 1,55 \text{ мм}$.

Запасы: Зап по min = $A_{\Delta \text{ min}} - A_{\Delta \text{ min}}(\text{ис}) = 0,47 - 0,2 = +0,27 \text{ мм}$;

Зап по max = $A_{\Delta \text{ max}}(\text{ис}) - A_{\Delta \text{ max}} = 1,3 - 1,55 = -0,25 \text{ мм}$.

Графическое изображение замыкающего звена на рис. 2.4.

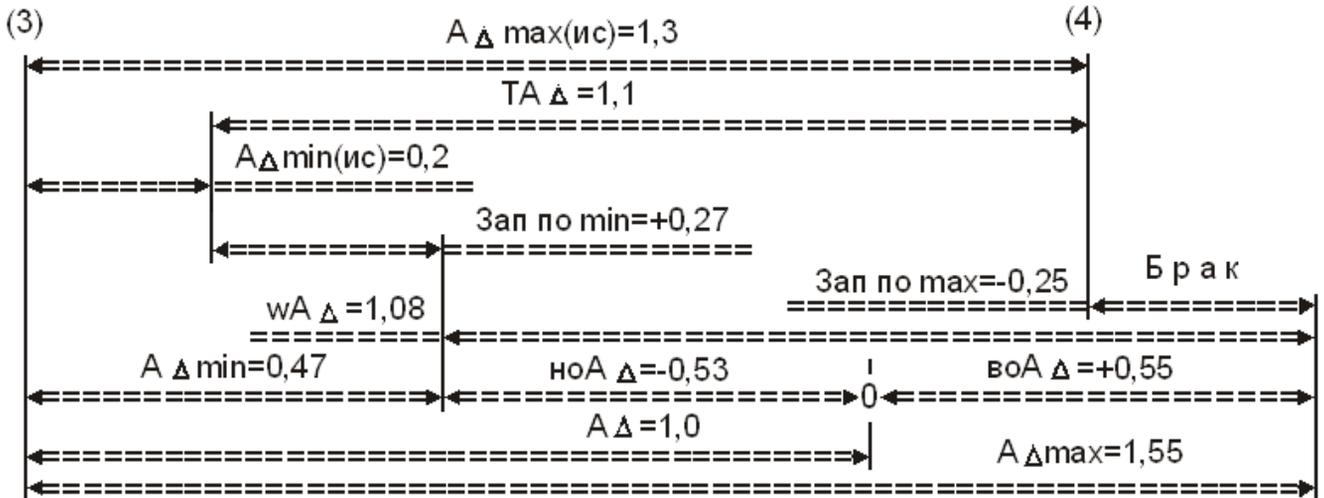


Рис. 2.4. Графическое изображение звена A_{Δ} по рис. 2.1 (см. с. 36)

Поле рассеяния при вероятностном методе решения задачи $wA_{\Delta} = 1,08 \text{ мм}$ меньше поля допуска исходного звена $TA_{\Delta} = 1,3 - 0,2 = 1,1 \text{ мм}$, но сдвинуто вправо отрицательным запасом по max. Решая прямую задачу, можно поместить поле рассеяния внутри поля допуска исходного звена и избавиться от брака.

2.6. Выбор метода решения размерных цепей

Метод полной взаимозаменяемости исключает объективно существующие закономерности распределения производственных погрешностей. Он базируется на допущении возможности неблагоприятного сочетания в размерной цепи детали или узла крайних значений всех составляющих звеньев. В действительности такое сочетание маловероятно и расчеты по этому методу приводят к большим запасам точности.

Метод расчета на максимум-минимум дает полную гарантию от брака по неточности замыкающего звена, при его применении отсутствует необходимость допускать при расчете хотя бы небольшой процент риска.

Вероятностный метод позволяет рассчитывать допуски составляющих звеньев без излишних запасов. В результате обработка деталей с допусками, рассчитанными по вероятностному методу, более экономична, чем при расчете по методу максимума-минимума. Но у вероятностного метода есть существенные недостатки: расчет не дает полной гарантии от возможного брака по точности замыкающего звена; расчет является сравнительно сложным; при его использовании увеличивается трудоемкость вычислительных работ.

Применяя метод полной взаимозаменяемости, конструктор или технолог несет ответственность за правильность и точность расчета. А при использовании вероятностного метода решения он несет ответственность за правильность принятых значений коэффициентов.

На выбор метода решения размерных цепей влияют тип производства, степень проработки и стабильности технологических процессов и тип замыкающего звена (чертежный размер, зазор, техническое требование или припуск на обработку). На эффективность использования вероятностного метода решения размерных цепей существенно влияет число составляющих звеньев в цепи: чем их больше, тем экономически выгоднее применять вероятностный метод.

Если число составляющих звеньев размерной цепи меньше или равно 4, то расчет цепи следует выполнять по методу максимума-минимума. При числе составляющих звеньев равном или большем 5 используют вероятностный метод расчета.

2.7. Последовательность расчетов размерных цепей

2.7.1. Последовательность решения обратной (проверочной) задачи

1. Четко формулируется задача.
2. Рассчитывается номинал замыкающего звена (уравнение (2.2)).
3. При теоретических расчетах:
рассчитывают координату середины поля допуска замыкающего звена $\Delta 0A_{\Delta}$ (уравнение (2.19));
рассчитывают величину поля допуска замыкающего звена TA_{Δ} (уравнение (2.6) и (2.9)) и его предельные отклонения voA_{Δ} и $ноA_{\Delta}$ (уравнения (2.15) и (2.16));
рассчитывают возможный риск выхода размера замыкающего звена за пределы заданного допуска (при расчетах на основе теории вероятностей).
4. При расчетах с учетом фактических данных:
определяют поле рассеяния ΔwA_{Δ} (уравнение (2.6.1)), координаты их середин $\Delta 0Ai$ (уравнение (2.14)) и, если необходимо, строят кривые рассеяния всех звеньев;
определяют коэффициенты относительного рассеяния составляющих звеньев;
рассчитывают поле рассеяния wA_{Δ} (уравнение (2.9));
рассчитывают возможную координату середины поля рассеяния замыкающего звена (уравнения (2.19) и (2.19.1));
при необходимости рассчитывают возможный выход поля рассеяния за пределы поля допуска (запасы по минимальному и максимальному предельным размерам).

2.7.2. Последовательность решения прямой (проектной) задачи

1. Формулируется задача и устанавливается замыкающее (исходное) звено.
2. Исходя из поставленной задачи (на основе аналитических расчетов, экспериментальных исследований, опыта и т. д.), устанавливают: номинальный размер A_{Δ} ; координату середины поля допуска $\Delta 0A_{\Delta}$; допуск TA_{Δ} , предельные значения $A_{\Delta} \min$ и $A_{\Delta} \max$ или предельные отклонения замыкающего звена.
3. Выявляют составляющие звенья и строят схему размерной цепи, составляют ее уравнение.
4. Рассчитывают номинальные размеры всех составляющих звеньев (уравнение (2.2)).
5. Выбирают метод достижения требуемой точности замыкающего звена, экономичный в данных производственных условиях.
6. Рассчитывают и устанавливают допуски, координаты середин полей допусков и предельные отклонения:
 - а) при методе полной взаимозаменяемости:
на основании технико-экономических соображений устанавливают допуск на размер каждого из составляющих звеньев;
проверяют правильность установки допусков (уравнение (2.2));

устанавливают координаты середин полей допусков составляющих звеньев (уравнение (2.14)), за исключением одного, для которого координата середины поля допуска рассчитывается решением уравнения с одним неизвестным;

рассчитывают верхнее и нижнее отклонения (уравнения (2.15) и (2.16)).

б) при методе неполной взаимозаменяемости (вероятностном):

принимают допустимый процент риска (из экономических соображений);

выбирают предполагаемый закон распределения каждого из звеньев с учетом особенностей технологического процесса обработки данной детали;

устанавливают допуск на размер каждого составляющего звена (на основе технико-экономических соображений);

проверяют правильность установленных допусков (уравнение (2.9));

устанавливают координаты середин полей допусков для составляющих звеньев, недостающую координату определяют расчетом (уравнение (2.14));

рассчитывают предельные отклонения (уравнения (2.15) и (2.16)).

в) при методе групповой взаимозаменяемости:

устанавливают "производственный" допуск $T'_{A_{\Delta}} > T_{A_{\Delta}}$ замыкающего звена по уравнению $T'_{\Delta} = N_{\Delta} T_{\Delta}$ (по технико-экономическим соображениям), где N — число групп, на которые будут рассортированы составляющие звенья;

рассчитывают производственный допуск T'_{Ai} на размер каждого составляющего звена с соблюдением условия $\sum T'_i(\text{ув}) = \sum T'_i(\text{ум})$, где $T'_i(\text{ув})$ и $T'_i(\text{ум})$ обозначены производственные допуски увеличивающих и уменьшающих звеньев;

рассчитывают координаты середин полей допусков составляющих звеньев в каждой из групп (уравнение (2.14));

на повороты и отклонения формы поверхностей деталей допуски устанавливают, как и при методе полной взаимозаменяемости.

г) при методе пригонки:

выбирают компенсирующее звено;

устанавливают экономичные в данных производственных условиях допуски на размеры составляющих звеньев и координаты середин полей допусков;

рассчитывают возможную наибольшую компенсацию ТК;

рассчитывают величину поправки ΔK ;

вносят поправку в координату середины поля допуска компенсирующего звена.

д) при методе регулирования:

выбирают компенсирующее звено, которое конструктивно можно оформить в виде неподвижного или подвижного компенсатора.

При использовании неподвижного компенсатора:

устанавливают допуски на размеры составляющих звеньев, экономически приемлемые в данных производственных условиях, и определяют производственный допуск T'_{Δ} замыкающего звена; рассчитывают возможную наибольшую компенсацию ТК; рассчитывают число ступеней неподвижных компенсаторов; рассчитывают координаты середин полей допусков; рассчитывают размеры неподвижных компенсаторов; рассчитывают количество неподвижных компенсаторов каждой ступени.

Часто конструктор или технолог встречается с решением смешанной задачи. ГОСТ различает решение прямой задачи и обратной задач.

Например. В прямой задаче исходное звено — зазор имеет предельные величины ($A_{\Delta \min} = 0,2$; $A_{\Delta \max} = 1,3$ мм) без номинального размера, а составляющие размеры могут иметь:

номинальные размеры, ориентировочно назначенные из масштаба и габаритных размеров детали с учетом использования таблиц нормальных линейных размеров, углов и уклонов (см. приложение 2...4, с. 399);

допуски (с учетом поля допуска замыкающего звена) табличных значений квалитетов (см. приложение 1, с. 398) и степени сложности достижения требуемой точности; предельные отклонения, проставленные с учетом величины выбранного допуска в тело поверхности детали или симметрично.

Такие же варианты могут иметь место при решении обратной задачи.

Поэтому необходимо показать расчетные уравнения, которые способствуют решению смешанных задач.

Номинальное значение замыкающего звена:

$$A_{\Delta} = A_{\Delta \text{ min}} + TA_{\Delta} / 2 - \Delta 0A_{\Delta}, \quad A_{\Delta} = A_{\Delta \text{ min}} + wA_{\Delta} / 2 - \Delta wA_{\Delta}; \quad (2.20) \text{ и } (2.20.1)$$

$$A_{\Delta} = A_{\Delta \text{ max}} - TA_{\Delta} / 2 - \Delta 0A_{\Delta}, \quad A_{\Delta} = A_{\Delta \text{ max}} - wA_{\Delta} / 2 - \Delta wA_{\Delta}; \quad (2.21) \text{ и } (2.21.1)$$

$$A_{\Delta} = A_{\Delta \text{ ср}} - \Delta 0A_{\Delta}, \quad A_{\Delta} = A_{\Delta \text{ ср}} - \Delta wA_{\Delta}. \quad (2.22) \text{ и } (2.22.1)$$

2.8. Прямая задача.

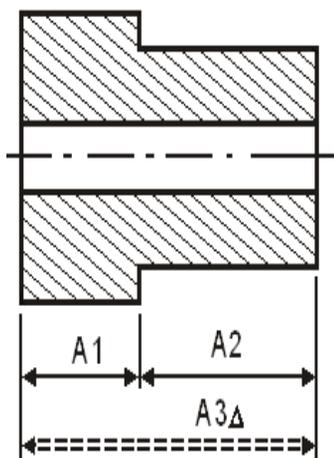
Примеры расчетов конструкторских размерных цепей

2.8.1. Подетальные размерные цепи

2.8.1.1. Пример 1

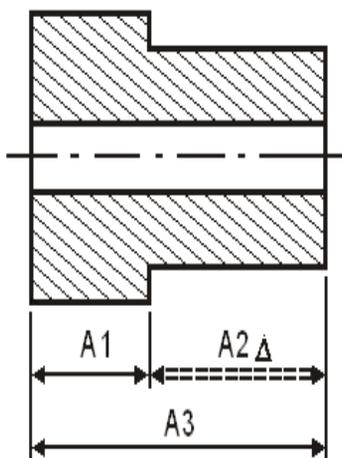
На рис. 2.5 помещен эскиз втулки с линейными размерами A1 и A2.

Сохраняя авторское право конструктора на принятую точность и порядок простановки чертежных размеров, рассчитать размеры A1 и A3 (см. рис. 2.6) с учетом получения годной детали по эскизу (см. рис. 2.5). Допуски размеров A1 и A2 соответствуют 14 квалитету точности: TA1=0,43 мм, TA2=0,87 мм.



$$A1 = 16_{-0,43};$$

Рис. 2.5. Эскиз втулки А.
Авторское право конструктора



$$A2 = 82 \pm 0,435$$

Рис. 2.6. Расчетный вариант простановки размеров

По предложенному варианту простановки размеров на (см. рис. 2.6) составляющее звено A2 (см. рис. 2.5) превращается в замыкающее (исходное) звено A2Δ, у которого известны: номинал AΔ=82 мм; верхнее воA2Δ=+0,435 мм и нижнее ноA2Δ=-0,435 мм предельные отклонения.

Уравнения номинала и допуска замыкающего звена:

$$A2_{\Delta} = A3 - A1;$$

$$TA2_{\Delta} = TA3 + TA1.$$

Допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев, а это значит, что допуск TA2Δ=0,87 мм необходимо распределить между двумя допусками TA3 и TA1.

Для них можно выбрать среднюю величину допуска:

$$TA_{\text{ср}} = TA2_{\Delta} / 2 = 0,87 / 2 = 0,435 \text{ мм.}$$

С учетом таблицы допусков (см. приложение 1, с. 398) для номинала $A_1=16$ мм ближайший квалитет 13 с точностью 0,27 мм (при условии, что поле рассеяния $wA_1=0,27$ не должно превышать $TA_{1cp}=0,435$ мм).

Номинальное значение A_3 будет определено из последующих расчетов, но его примерная величина рассчитывается из номинальных размеров A_1 и A_2 по рис. 2.5 (см. с. 46):

$$A_{3\Delta} = A_1 + A_2 = 16 + 82 = 98 \text{ мм.}$$

В табличном интервале размеров 80...120 мм 12 квалитет ближайший для средней точности $TA_{1cp}=0,435$ мм и соответствует значению $wA_3=0,35$ мм.

Поле рассеяния для выбранных значений:

$$wA_{2\Delta} = wA_3 + wA_1 = 0,35 + 0,27 = 0,62 \text{ мм.}$$

Запас по полю допуска $TA_{2\Delta} - wA_{2\Delta} = 0,87 - 0,62 = 0,25$ мм.

Следовательно, допуск на размер A_3 можно расширить до $0,35 + 0,25 = 0,6$ мм.

Ближайшая точность для интервала размеров 80...150, куда попадает размер $A_3=98$ мм, соответствует 13 квалитету и равна 0,54 мм. Поле рассеяния звеньев с учетом $wA_3=0,54$ мм:

$$wA_{2\Delta} = wA_3 + wA_1 = 0,54 + 0,27 = 0,81 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния $wA_{2\Delta}=0,81$ мм меньше поля допуска замыкающего звена $TA_{2\Delta}=0,87$ мм. Положительный запас разрешает приступить к следующим расчетам.

Выбранные точности позволяют определить предельные отклонения для размеров A_1 и A_3 . Эти размеры могут быть отнесены к системе вала с простановкой допуска в тело поверхности детали. Чертежный размер $A_1=16_{-0,36}$ мм, получив новую точность $wA_1=0,27$ мм, может быть записан как $16_{-0,27}$ мм. Поле рассеяния вновь сформированного размера сдвинуто вправо до совмещения с максимальным предельным значением чертежного размера. Графическая схема рассмотренного варианта показана на рис. 2.7 (см. вариант 1, с. 48).

Если поле рассеяния $wA_1=0,27$ мм сдвинуть влево до совмещения с минимальным предельным значением чертежного размера, то вновь сформированный размер, записанный с простановкой допуска в тело поверхности детали, получит номинальное значение, равное максимально предельному из расчета:

$$A_{1max} = A_{1min} + wA_1 = 15,57 + 0,27 = 15,84 \text{ мм (вариант 3).}$$

По варианту 3 $A_1=15,84_{-0,27}$ мм.

При положительной величине запаса поля допуска относительно поля рассеяния предпочтение отдается симметричному расположению поля рассеяния.

Запас $TA_1 - wA_1 = 0,43 - 0,27 = 0,16$ мм распределяется на равные части по 0,08 мм от предельных значений размеров. Рассчитаем номинальное значение нового размера через среднюю величину чертежного и поле рассеяния $wA_1=0,27$ мм:

$$A_{1cp} = A_{1max} - TA_1/2 = A_{1min} + TA_1/2 = 16,00 - 0,43/2 = 15,785 \text{ мм;}$$

чертежный $A_1=16_{-0,43} = 15,785 \pm 0,215$, новый $A_1=15,785 \pm 0,135 = 15,92_{-0,27}$ мм.

Симметричное расположение поля рассеяния внутри поля допуска показано на рис. 2.7 (см. вариант 2, с. 48).

При крайних положениях поля рассеяния (варианты 1 и 3) номинальные величины вновь сформированных размеров потеряли значение чертежного номинала $A_1=16$ мм, что не всегда удобно для быстрой и правильной оценки полученного размера.

Запишем вновь сформированные размеры с номинальным значением $A1=16$ мм и полем рассеяния $wA1=0,27$ мм для всех трех вариантов.

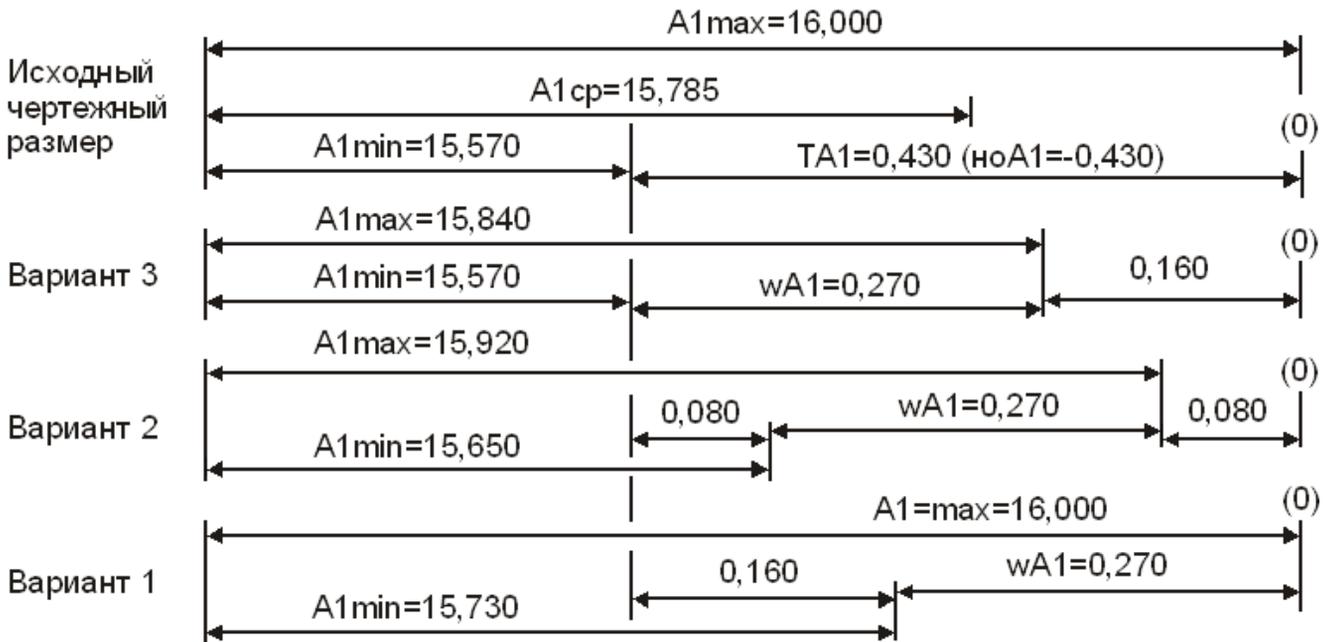


Рис. 2.7. Варианты графического изображения звена $A1$

Вариант 1.

Крайнее правое положение поля рассеяния. $A1=16,00_{-0,27}$ мм;

Вариант 2.

Симметричное расположение поля рассеяния размера. $A1=15,92_{-0,27}=16_{-0,35}^{-0,08}$.

Вариант 3.

Крайнее левое положение поля рассеяния. $A1=15,84_{-0,27}=16_{-0,43}^{-0,16}$ мм.

Все варианты могут быть использованы при определении составляющего звена $A3$ в поставленной задаче по пересчету чертежных размеров для эскиза (см. рис. 2.6, с. 46), и все полученные результаты будут отвечать условию задачи. Выбор варианта расчета зависит от многих факторов: требований ГОСТ; возможности экономии материала; квалификации специалистов; традиций отрасли, предприятия, отдела и т. д.

Продолжим расчеты для определения размера $A3$ из уравнения с замыкающим звеном $A2_{\Delta}$, используя размер $A1$ по варианту 3. Этот вариант позволяет осуществить частичную экономию материала детали, так как в расчетах участвует только часть чертежного размера (см. рис. 2.7).

Точность размера $A3-wA3=0,54$ мм. Размер может быть отнесен к "валам", а это значит, что точность преобразуется в нижнее предельное отклонение — $noA3=-0,54$ мм.

Уравнение примет вид:

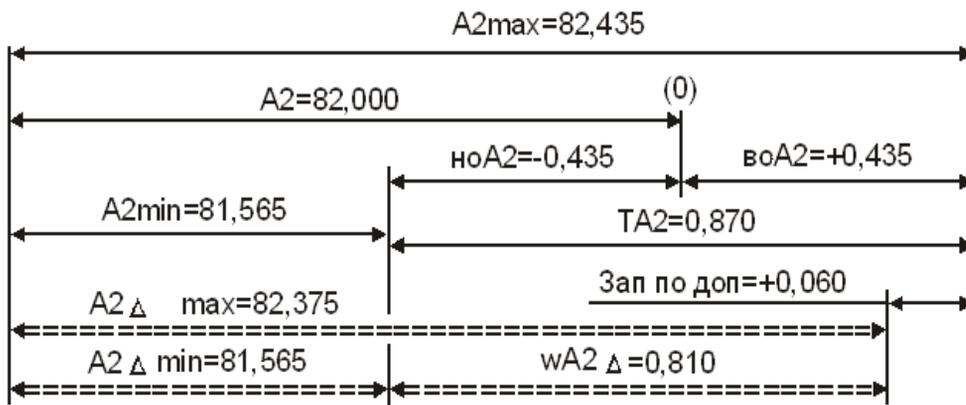
$$A2_{\Delta} = A3_{-0,54} - A1_{-0,43}^{-0,16} = A3_{-0,54} - 16_{-0,43}^{-0,16} \text{ мм.}$$

При одинаковых предельных значениях замыкающего звена $A2_{\Delta \min}$ и $A2_{\Delta \max}$ его номинал $A2_{\Delta}$ и предельные отклонения $woA2_{\Delta}$ и $noA2_{\Delta}$ определяются отклонениями и номиналами составляющих звеньев.

В уравнении неизвестны два номинала — $A2_{\Delta}$ и $A3$.

Используя уравнения (2.20.1)...(2.22.1), определим $A2_{\Delta}$.

Зная $A2_{\Delta}$, вычислим значение $A3$.



Номинальные значения замыкающего звена рассчитывают по уравнению (2.20.1) при условии крайнего левого положения поля рассеяния внутри поля допуска чертежного размера (данный вариант дает возможность экономить материал изделия).

Рис. 2.8. Схема исходного и расчетного замыкающих звеньев с совмещенными минимальными предельными размерами

На рис. 2.8 поле рассеяния $wA_{2\Delta} = 0,81$ находится внутри поля допуска и занимает крайнее левое положение.

Тогда

$$A_{2\Delta} = A_{2\Delta \min} + wA_{2\Delta} / 2 - \Delta wA_{2\Delta} .$$

Минимальное значение исходного звена $A_2 = 82 \pm 0,435$ мм:

$$A_{2\min} = A_2 + \text{но}A_2 = 82 + (-0,435) = 81,565 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния и его половина: $wA_{2\Delta} = 0,81$; $wA_{2\Delta} / 2 = 0,405$ мм.

Координата середины поля рассеяния из уравнения

$$\begin{aligned} A_{2\Delta} &= A_{3-0,54-16-0,16-0,43} \cdot \Delta wA_{2\Delta} = \Delta wA_3 - \Delta wA_1 = \\ &= \frac{0 + (-0,54)}{2} - \frac{-0,16 + (-0,43)}{2} = (-0,27) - (-0,295) = +0,025 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Расчетный номинал: $A_{2\Delta} = 81,565 + 0,405 - (+0,025) = 81,945$ мм.

Подставив в уравнение $A_{2\Delta}$ значения номиналов, получим

$$81,945 = A_3 - 16; A_3 = 97,945_{-0,54} \text{ мм.}$$

Нижнее отклонение для A_3 было выбрано ранее и учитывалось в расчетах по определению координаты середины поля рассеяния.

Три знака после запятой в значении номинала A_3 требуют округления, которое возможно только в сторону увеличения номинала, чтобы минимальный предельный размер расчетного замыкающего звена не стал меньше меньшего.

Из этого положения выводим следующие правила:

при определении номинала составляющего звена с использованием уравнений (2.19) и (2.19.1), в которых рассчитывается номинальное значение замыкающего звена от его минимального предельного размера, номинал увеличивающего звена увеличивают, а номинал уменьшающего составляющего звена уменьшают;

для замыкающего звена, заданного двумя предельными значениями (полем допуска), на округление используется только положительный запас по допуску:

$$\text{Зап по доп} = TA_{2\Delta} - wA_{2\Delta} .$$

Запас по допуску в рассматриваемом примере составил:

$$\text{Зап по доп} = TA_{2\Delta} - wA_{2\Delta} = 0,87 - 0,81 = +0,06 \text{ мм.}$$

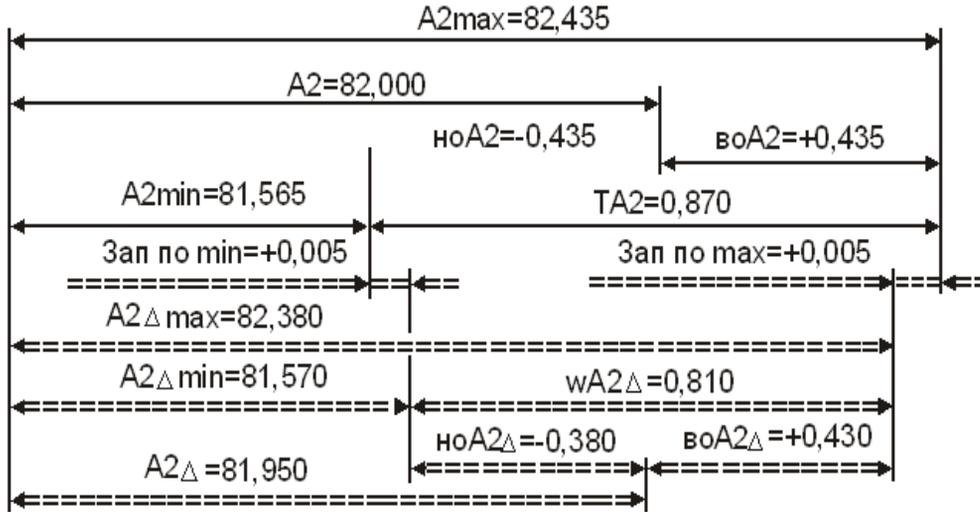
Значения номинала $A_3 = 97,945$ мм увеличивающего звена составляют: при округлении до второго знака после запятой $A_3 = 97,95$.

Минимальное предельное значение расчетного замыкающего звена увеличилось на 0,005мм $A_{\Delta \min} + 0,005 = 81,565 + 0,005 = 81,57$ мм.

Максимальное предельное значение —

$$A_{\Delta \max} + wA_{\Delta} = 81,57 + 0,81 = 82,38 \text{ мм (см. рис. 2.9);}$$

при округлении до первого знака после запятой $A_3 = 98$. Минимальное предельное значение расчетного замыкающего звена увеличилось на 0,055 мм (не более 0,06 мм): $81,565 + 0,055 = 81,62$ мм. С учетом поля рассеяния размера A_2 $wA_{\Delta} = 0,81$ мм максимальный предельный размер замыкающего звена $A_{\Delta \max} = 81,62 + 0,81 = 82,43$ мм.



Принимаем окончательное значение округленного размера

$$A_3 = 97,95_{-0,54} \text{ мм.}$$

Поставленная задача решена.

Определен размер A_3 по эскизу рис. 2.6 (см. с. 46). Но в учебных целях следует продолжить вычисления для определения предельных отклонений расчетного замыкающего звена A_{Δ} .

Увеличение номинального размера увеличивающего составляющего звена A_3 на 0,005 мм приводит к увеличению номинала расчетного замыкающего звена A_{Δ} на такую же величину.

Первоначальное значение A_{Δ} увеличилось:

$$A_{\Delta} = 81,945 + 0,005 = 81,95 \text{ мм.}$$

Верхнее и нижнее предельные отклонения вычисляют по уравнениям (2.15.1)...(2.16.1):

$$voA_{\Delta} = \Delta wA_{\Delta} + wA_{\Delta} / 2 = +0,025 + 0,81 / 2 = +0,43 \text{ мм;}$$

$$noA_{\Delta} = \Delta wA_{\Delta} - wA_{\Delta} / 2 = +0,025 - 0,81 / 2 = -0,38 \text{ мм.}$$

Окончательный размер $A_{\Delta} = 81,95_{-0,38}^{+0,43}$ мм, а исходный — $A_2 = 82 \pm 0,435$ мм.

Запасы по минимальному и максимальному предельным значениям:

$$\text{Зап по min} = A_{\Delta \min} - A_2 \min = 81,57 - 81,565 = +0,005 \text{ мм;}$$

$$\text{Зап по max} = A_2 \max - A_{\Delta \min} = 82,435 - 82,38 = +0,055 \text{ мм.}$$

Окончательный расчетный размер $A_3 = 97,95_{-0,54}$ мм.

На эскизе рис. 2.5 (см. с. 46) размер A_{Δ} — замыкающее звено.

Решением обратной задачи можно рассчитать его величину и сравнить с размером A_3 (см. рис. 2.6, с. 46).

$$A_3_{\Delta} = A_1 + A_2 = 16_{-0,43} + 82 \pm 0,435 = 98_{-0,865}^{+0,435} \text{ мм.}$$

Замыкающее звено в исходном варианте чертежного размера (см. рис. 2.5, с. 46) могло иметь колебания предельных размеров:

$$TA_{3\Delta} = TA_1 + TA_2 = 0,43 + 0,87 = 1,3 \text{ мм.}$$

Изменение простановки размеров по эскизу (см. рис. 2.6, с. 46) потребовало ужесточения точности размера A_1 с $TA_1 = 0,43$ до $wA_1 = 0,27$.

Превращение замыкающего звена $A_{3\Delta}$ в составляющее A_3 звено привело к ужесточению размера с 1,3 мм до 0,54 мм.

2.8.1.2. Пример 2

Ранее предложена форма записи размерных цепей, в которой размерные связи всех размерных цепей кодируются цифрами от левой границы размерной связи, или линии отсчета размера, до правой границы, или противоположной стороны размерной линии.

Код размерной связи, состоящий из цифр (групп цифр), разделенных пробелом, символизирует звено размерной цепи.

Квадратными скобками выделяются замыкающие звенья размерной цепи, круглыми — составляющие.

Кодирование и расчет размеров в примере 2 выполним в предложенной форме.

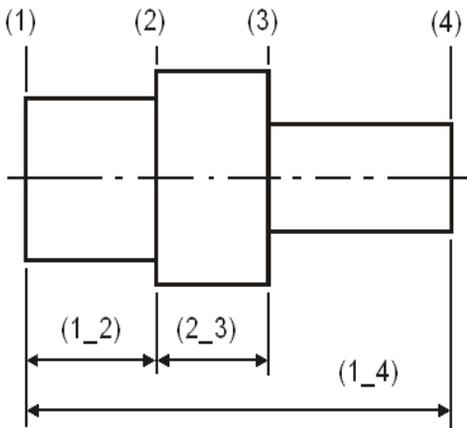


Рис. 2.10. Исходный эскиз вала

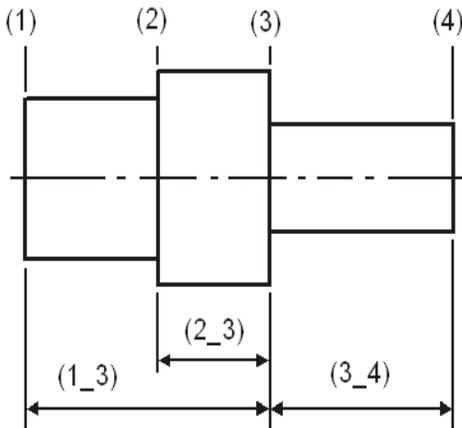


Рис. 2.11. Вал с расчетной схемой размеров

Эскиз вала (см. рис. 2.10) содержит линейные чертежные размеры: (1_2), (2_3) и (1_4).

В процессе отработки вала на технологичность появилась необходимость при неизменной точности чертежных размеров изменить порядок их простановки (рис. 2.11).

Будем считать размеры на рис. 2.10 исходными, а на рис. 2.11 — расчетными.

Поставленная задача будет решена, если:

поле рассеяния расчетного замыкающего звена [1_2] не будет превышать поле допуска исходного составляющего звена (1_2) (см. рис. 2.12 и 2.13);

поле рассеяния расчетного замыкающего звена [1_4] не будет превышать поле допуска исходного составляющего звена (1_4).

Исходные размеры вала (см. рис. 2.10 и 2.12):

$$(1_2) = 52 \pm 0,15; (2_3) = 38_{-0,062}; (1_4) = 160_{-0,4} \text{ мм.}$$

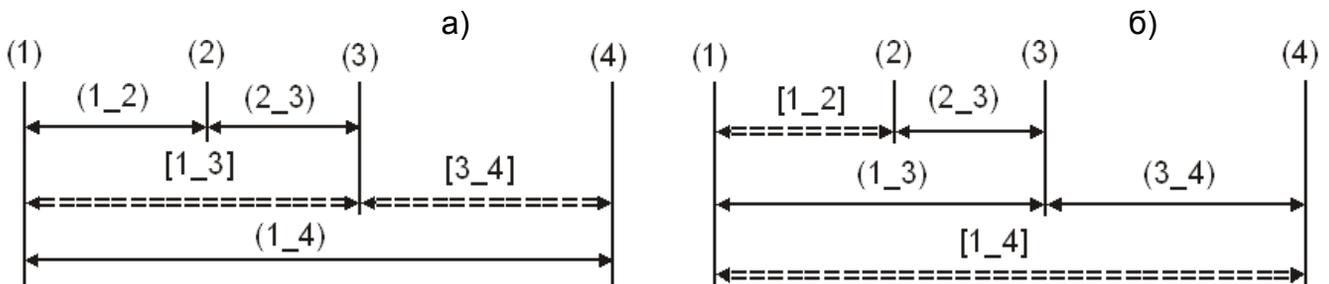


Рис. 2.12. Размерные схемы: а) исходный вариант; б) расчетный вариант

Точность чертежных размеров: $T(1_2)=0,3$ мм — 12 квалитет;
 $T(2_3)=0,062$ мм — 9 квалитет;
 $T(1_4)=0,4$ мм — 12 квалитет.

Номинал составляющего звена (1_3) (см. рис. 2.13, с. 54) формируется из чертежных размеров (1_2) и (2_3) (см. рис. 2.12, с. 51). Его предварительная величина:

$$(1_3)=(1_2)+(2_3)=52+38=90 \text{ мм.}$$

Расчетное поле рассеяния $w(1_3)$ определяется из уравнений:

$$T(1_2)=0,3=w[1_2]=w(1_3)+w(2_3); w(1_3)=w[1_2]-w(2_3).$$

Нет необходимости ужесточать допуск размера (2_3) , который равен $w(2_3)=0,062$ мм (9 квалитет), следовательно, поле рассеяния размера (1_3) не должно превышать расчетную величину $w(1_3)=0,3-0,062=0,238$ мм.

Для интервала размеров 80...120 мм (см. приложение 1, с. 398), куда входит предварительная величина размера $(1_3)=90$ мм, ближайший допуск 0,22 мм (11 квалитет). Допуск 0,22 мм не превышает $w(1_3)=0,238$ мм и принимается для последующих расчетов. Из расчетной схемы (см. рис. 2.13, с. 54) видно, что чертежный размер (1_4) формируется из расчетных размеров (1_3) и (3_4) . Необходимо определить ориентировочное значение номинального размера (3_4) :

$$(1_4)=(1_3)+(3_4); (3_4)=(1_4)-(1_3)=160-90=70 \text{ мм.}$$

Допуск чертежного размера $T(1_4)=0,4$ мм необходимо распределить между расчетными размерами:

$$T(1_4)=0,4=w[1_4]=w(1_3)+w(3_4).$$

Предварительный подбор $w(1_3)=0,22$ мм (11 квалитет) выполнен.

На долю поля рассеяния размера (3_4) остается:

$$w(3_4)=w[1_4]-w(1_3)=0,4-0,22=0,18 \text{ мм.}$$

Номинал звена (3_4) находится в интервале табличных размеров 50...80 мм.

Ближайшие допуски: 0,190 мм — 11 квалитет; 0,120 мм — 10 квалитет.

Для расчетов выбирается меньший, т. е. $w(3_4)=0,12$ мм.

Основные уравнения для решения поставленной задачи:

номинальные размеры $[1_2]=(1_3)-(2_3)$, $[1_4]=(1_3)+(3_4)$;
поля рассеяния: $w[1_2]=w(1_3)+w(2_3)=0,22+0,062=0,282$ мм,
 $w[1_4]=w(1_3)+w(3_4)=0,22+0,12=0,34$ мм.

Поля рассеяния составляющих звеньев необходимо превратить в предельные отклонения.

Размер (1_3) - охватываемый "вал". Его поле рассеяния можно переместить в нижнее предельное отклонение. В размере (3_4) поле рассеяния разделится на верхнее и нижнее симметричные отклонения.

Тогда уравнения номиналов примут вид:

$$[52 \pm 0,15]=(1_3)_{-0,22}-38_{-0,062}; [160_{-0,4}]= (1_3)_{-0,22}+(3_4) \pm 0,06 \text{ мм.}$$

Уравнение с одним неизвестным $[52 \pm 0,15]=(1_3)_{-0,22}-38_{-0,062}$ мм.

Решение выполняется при использовании уравнения (2.22.1) и с учетом возможного симметричного расположения поля рассеяния внутри поля допуска. Координата середины поля рассеяния:

$$\Delta w[1_2]=\Delta w(1_3)-\Delta w(3_4)=\frac{0+(-0,22)}{2}-\frac{0+(-0,062)}{2}=-0,079 \text{ мм.}$$

Расчетное номинальное значение размера (1_2):

$$[1_2]=[1_2]_{cp}-\Delta w[1_2]=52-(-0,079)=52,079 \text{ мм}$$

Номинальный размер (1_3):

$$[52,079]=[1_3]-38, \quad (1_3)=52,079+38=90,079 \text{ мм.}$$

Запас по полю допуска: $T(1_2)-w(1_2)=0,3-0,282=+0,018 \text{ мм.}$

На округление размера (1_3) используется: $0,018/2=0,009 \text{ мм.}$

Если расчетное значение номинала (1_3)=90,079 принять равным 90,07 мм, отняв у размера 0,009 мм, то поле рассеяния сдвинется влево и наименьший расчетный размер совместится с минимальным чертежным размером.

Проверим решением обратной задачи: $[1_2]=90,07_{-0,22}-38_{-0,062}=52,07_{-0,220}^{+0,062}$.

Минимальный расчетный размер $[1_2]_{\min}=51,85 \text{ мм.}$ В чертежном размере $(1_2)=52 \pm 0,15 \text{ мм}$ наименьшее значение равно минимальному расчетному. Расположение поля рассеяния внутри поля допуска, близкое к симметричному, в данном варианте достигается при округлении номинала 90,079 до 90,08 мм. Поле рассеяния сдвигается вправо на один микрометр.

Принимаем окончательный расчетный размер равным $90,08_{-0,22} \text{ мм.}$

Приступим к определению размера (3_4):

$$[3_4]=(1_3)+(3_4); \quad [160_{-0,4}]=90,08_{-0,22}+(3_4) \pm 0,06 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния:

$$\Delta w[1_4]=\Delta w(1_3)+\Delta w(3_4)=\frac{0+(-0,22)}{2}+\frac{0,06+(-0,06)}{2}=-0,11 \text{ мм.}$$

Номинальный размер замыкающего звена через среднее значение составляет:

$$[1_4]=[1_4]_{cp}-\Delta w[1_4]=159,8-(-0,11)=159,91 \text{ мм.}$$

Номинальный размер составляющего звена (3_4):

$$159,91=90,08+(3_4), \quad (3_4)=159,91-90,08=69,83 \text{ мм.}$$

Рассчитанное значение размера (3_4) получено с точностью до второго знака после запятой. Его отклонения также проставлены с точностью до сотых долей миллиметра. Это позволяет принять расчетный размер равным $(3_4)=69,83 \pm 0,06 \text{ мм.}$

Запас по допуску $T(1_4)-w[1_4]=0,4-0,34=+0,06 \text{ мм.}$ В расчетах от среднего значения замыкающего звена при округлении номинала составляющего звена можно использовать половину запаса, т. е. $0,06/2=0,03 \text{ мм.}$

Размер 69,83 мм можно округлить до первого знака после запятой, уменьшив на 0,03 мм.

Уменьшение увеличивающего составляющего звена приведет к уменьшению замыкающего звена. Поле рассеяния $w[1_4]$ сдвинется влево относительно поля допуска чертежного размера, и минимальные предельные размеры совместятся.

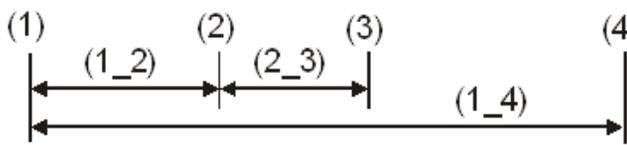
Для проверки этого положения необходимо решить обратную задачу:

$$\text{расчетный размер} \text{ — } [1_4]=90,08_{-0,22}+69,8 \pm 0,06=159,88_{-0,28}^{+0,06} \text{ мм;}$$

$$\text{чертежный размер} \text{ — } (1_4)=160_{-0,4} \text{ мм.}$$

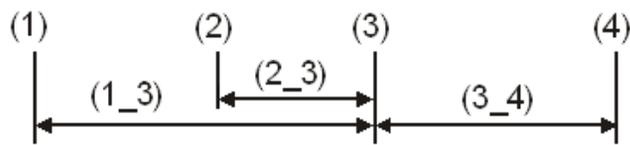
Минимальные предельные значения равны: $(1_4)_{\min}=[1_4]_{\min}=159,6 \text{ мм.}$

Исходная схема простановки чертежных размеров и их величин показана на рис. 2.13, расчетная схема и окончательно принятые размеры — на рис. 2.14 (см. с. 54).



$$\begin{aligned} (1_2) &= 52 \pm 0,15 \text{ мм} \\ (2_3) &= 38_{-0,62} \text{ мм} \\ (1_4) &= 160_{-0,4} \text{ мм} \end{aligned}$$

Рис. 2.13. Исходная схема простановки чертежных размеров



$$\begin{aligned} (1_3) &= 90,08_{-0,22} \text{ мм} \\ (2_3) &= 38_{-0,62} \text{ мм} \\ (3_4) &= 69,83 \pm 0,06 \text{ мм} \end{aligned}$$

Рис. 2.14. Расчетная схема простановки размеров

В исходной размерной схеме (см. рис. 2.11, с. 51) замыкающее звено [3_4] может быть найдено из уравнения

$$[3_4] = (1_4) - (1_2) - (2_3) = 160_{-0,4} - 52 \pm 0,15 - 38_{-0,062} = 70_{-0,550}^{+0,212} \text{ мм.}$$

Допуск замыкающего звена $T[3_4] = 0,762 \text{ мм}$.

В расчетной схеме составляющее звено (3_4) и его поле рассеяния равны:

$$(3_4) = 69,83 \pm 0,06; w(3_4) = 0,12 \text{ мм.}$$

Пересчет чертежных размеров в подетальных размерных цепях всегда приводит к ужесточению расчетных размеров. Допуск замыкающего звена $T[3_4] = 0,762 \text{ мм}$ уменьшился до $w(3_4) = 0,12 \text{ мм}$.

2.9. Контрольные упражнения

2.9.1. Упражнение

При неизменной точности чертежных размеров изменить порядок их простановки. Исходный эскиз вала показан на рис. 2.15, а эскиз расчетного варианта на рис. 2.16.

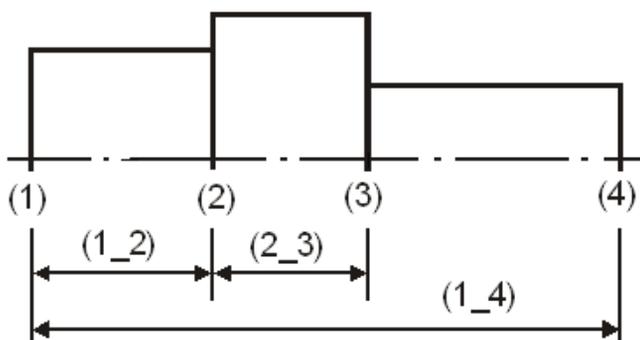


Рис. 2.15. Исходный эскиз вала

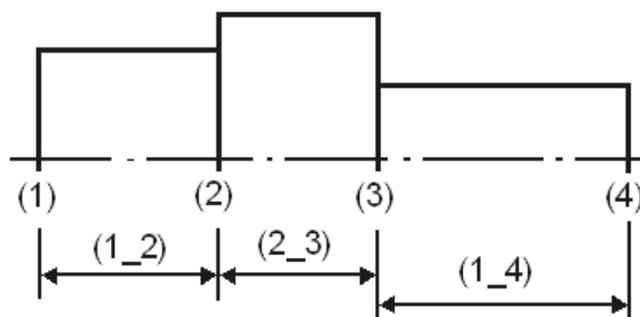


Рис. 2.16. Эскиз расчетного варианта

Исходные размеры вала (см. рис. 2.15) равны:

$$(1_2) = 52 \pm 0,15; (2_3) = 38_{-0,062}; (1_4) = 160_{-0,4} \text{ мм.}$$

Ответ и решение на с. 369...375 (см. рис. 2.17...2.24).

2.9.2. Упражнение

В технологических процессах встречаются расчеты, подобные решению подетальных размерных цепей.

Примером может служить формообразование фасок при обработке деталей на токарных копировальных станках.

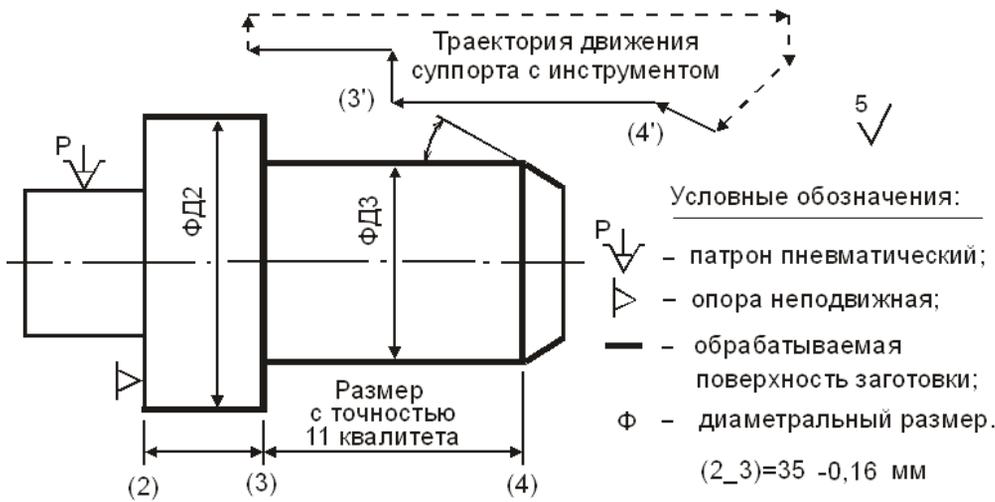


Рис. 2.25. Эскиз на токарно-копировальную операцию

ричных деталей. Точки перегиба траектории движения суппорта по двум координатам с определенной точностью отслеживаются режущим инструментом на обрабатываемой поверхности заготовки.

Окончательный чертежный размер (2_5) получен на предшествующей операции.

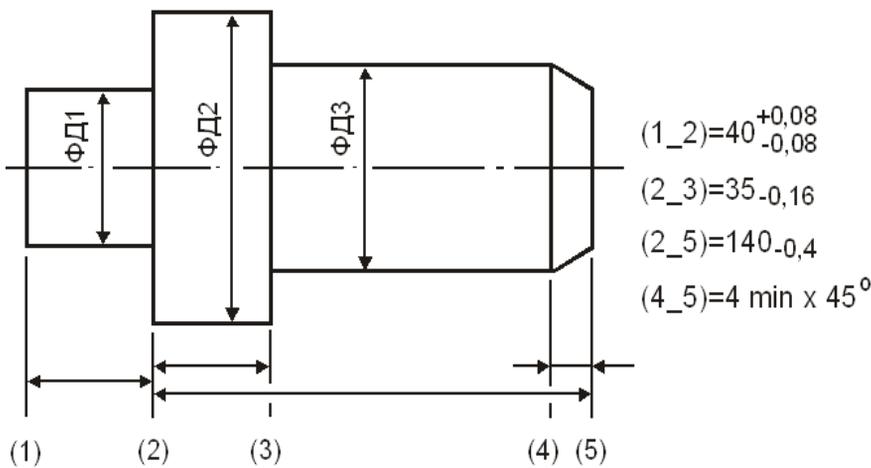


Рис. 2.26. Чертежный эскиз детали

определите точность операционного размера (3_4) (см. рис. 2.25 и 2.26), его отклонения и номинальный размер.

Ответ и решение на с. 375 и 376.

3. Решение сборочных размерных цепей

3.1. Определение замыкающих звеньев

Наиболее ответственным этапом при конструировании новых машин и механизмов являются нахождение замыкающего (исходного) звена, определение допуска на его размер и выявление составляющих звеньев размерной цепи.

В одном изделии несколько размерных цепей, и каждая из них может решать определенную задачу. Эта задача должна быть предварительно установлена и четко сформулирована.

Замыкающим звеном сборочной размерной цепи может быть зазор или линейный размер между поверхностями или осями деталей, или угловой размер, который определяет положение поверхности, или оси одной детали (сборочной единицы) относительно поверхности, или оси другой детали (сборочной единицы).

Движение суппорта задается носителем программы (магнитная лента, копир и т. д.). Носитель учитывает все координатные перемещения инструмента при последовательной обработке цилиндрических, конических, торцовых и других поверхностей осесимметричных деталей.

Операционный размер (3_4) на выполняемой операции формируется траекторией движения суппорта с точками перегиба (3') и (4'). На его точность не влияют погрешности установки.

Точность таких размеров на один — два качества выше, чем у размеров, полученных от явных технологических баз.

Используя значения чертежных размеров, определите точность операционного размера (3_4) (см. рис. 2.25 и 2.26), его отклонения и номинальный размер.

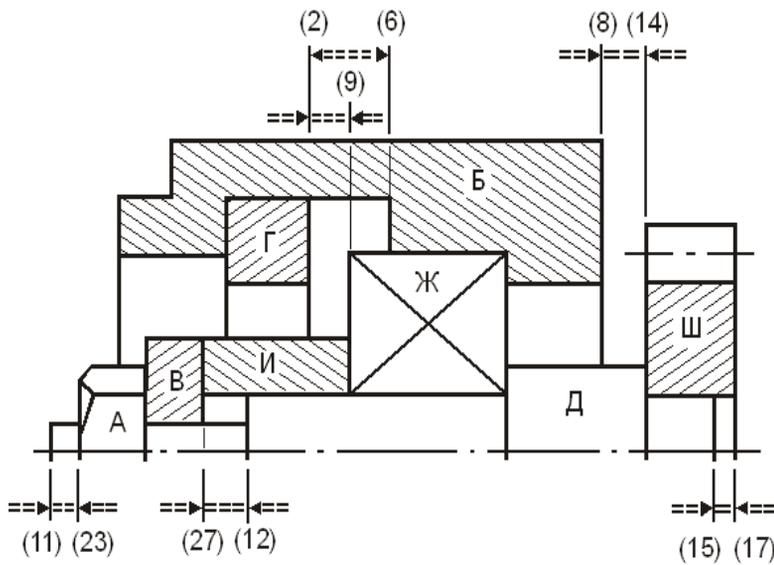


Рис. 3.1. Крайнее правое положение вала

должно быть установлено в канавку корпуса Б. Для этого между стенками канавки и кольцом, кольцом и подшипником должны быть оставлены зазоры.

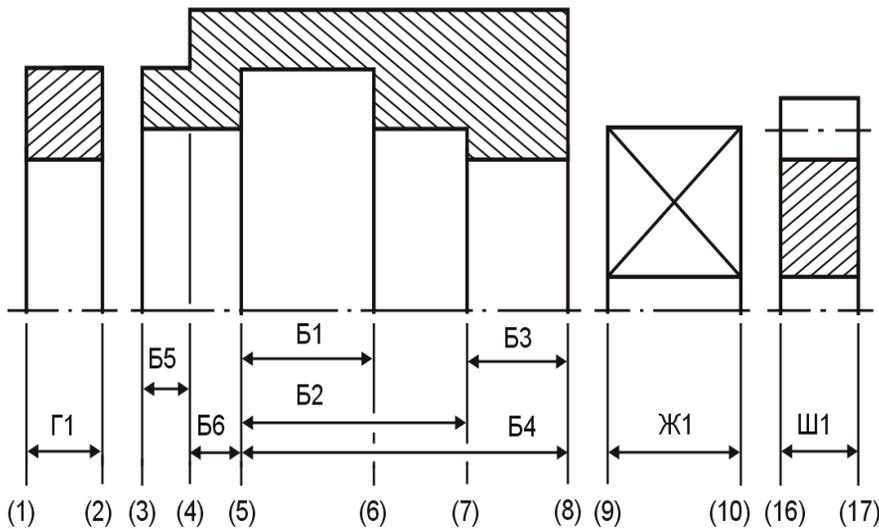


Рис. 3.2. Эскизы деталей: Г – кольцо стопорное разрезное; Б – корпус; Ж – подшипник; Ш – колесо зубчатое

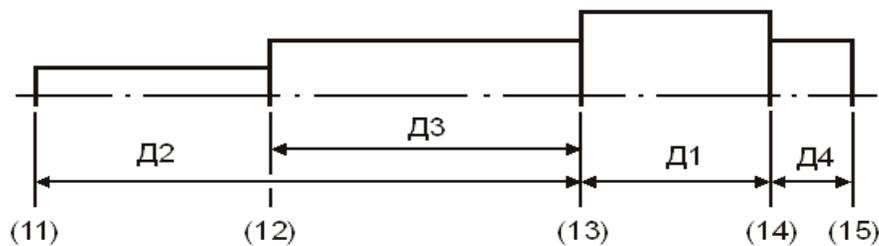


Рис. 3.3. Эскиз вала Д

Замыкающие размеры звенья и допуски на них в ряде случаев устанавливаются соответствующими стандартами (например, на зубчатые передачи, металлорежущие станки и другие изделия). В остальных случаях замыкающие звенья определяются из условий эксплуатации изделия или из условий его собираемости. Допуски замыкающих звеньев устанавливаются на основании опыта или путем расчетов.

В сборочном соединении (см. рис. 3.1) фиксация подшипника Ж осуществляется разрезным стопорным кольцом Г, которое

Зазоры [2_6], [2_9] и [8_14] условно отнесены к разрывам:

между поверхностью (2) на стопорном кольце и поверхностью (6) в канавке;

между поверхностью (2) на кольце и поверхностью (9) на торце подшипника;

между поверхностью (8) на корпусе и поверхностью (14) на торце вала.

Эскизы на разрезное стопорное кольцо, корпус, подшипник и зубчатое колесо показаны на рис. 3.2, а эскиз вала — на рис. 3.3.

Зазоры [2_6], [2_9] и [8_14] являются замыкающими звеньями размерных цепей и определяют точность сборки.

Допустимая наименьшая величина зазора между стопорным кольцом и стенками канавки [2_6] вы-

бирается конструктором, а на наибольшее предельное значение этого зазора существенно влияет количество составляющих звеньев в уравнении и их точность.

Величина наименьшего и наибольшего предельных значений замыкающих звеньев [2_9] и [8_14] назначается конструктором из условий допустимого перемещения подшипника с валом с учетом его крайних правого и левого положений.

Эти, условно фиксируемые положения и будут рассматриваться далее.

На шейку вала Д до упора в торцовую поверхность (14) запрессовано зубчатое колесо Ш. Зубчатое колесо касается торца вала поверхностью (16). На первом этапе нахождения составляющих звеньев для контура с замыкающим звеном [8_14] в уравнении используется размер вала с торцовой поверхностью (14).

В число составляющих звеньев необходимо включать те размеры деталей, которые непосредственно влияют на точность замыкающих звеньев. Они займут основные позиции в порядке простановки размеров на чертежных эскизах деталей и в формировании замкнутых контуров сборочных и поддетальных цепей.

Допуск замыкающего звена накапливает в себе все погрешности составляющих звеньев замкнутого контура. Для точных соединений наилучшим вариантом выбора составляющих звеньев будет тот, в котором в состав данной размерной цепи от каждой детали войдет только один размер.

У покупных изделий (подшипников качения, муфт, электродвигателей и т. д.) в состав размерных цепей включается конечный размер, который охватывает несколько деталей изделия (например, монтажная высота подшипника и т. д.).

Рассмотрим последовательно два крайних положения подшипника с валом в сборочном соединении рис. 3.1...3.3 и 3.5 (см. с. 56 и 57).

Размерная цепь с замыкающим звеном [2_6] может быть сформирована из двух размеров: ширины канавки (5_6) и высоты стопорного кольца (1_2). Уравнение с замыкающим звеном [2_6] и размерная схема представлены на рис. 3.4.

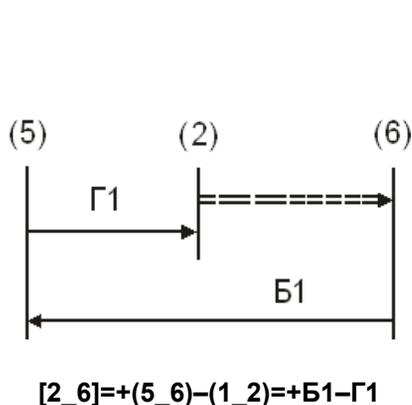


Рис. 3.4. Схема с замыкающим звеном [2_6]

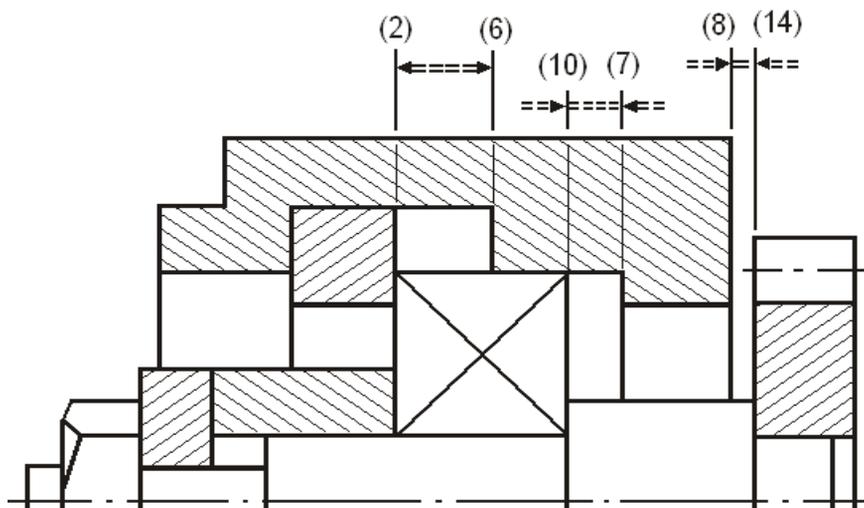


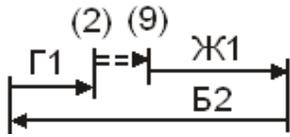
Рис. 3.5. Соединение при крайнем левом положении вала

Проследим замкнутый контур [2_9] при крайнем правом положении подшипника с валом (см. рис. 3.1 и 3.2, с. 56).

Начало движения — от левой границы зазора (поверхность (2) на стопорном кольце Г) через замыкающее звено вправо. Запись эскизных размеров можно обозначить буквенными индексами деталей (Ж1, Б2, Г1 и т. д.) или цифровыми границами левой и правой поверхностей размера ((9_10), (5_7), (1_2) и т. д.).

Первой деталью, примыкающей к исходному звену справа, является наружное кольцо подшипника, размер которого (9_10) непосредственно влияет на размер замыкающего звена. Следующей деталью, примыкающей к первой, является корпус. При оформлении его чертежа необходимо предусмотреть размер (5_7). Он и будет вторым составляющим звеном. Последней деталью, примыкающей к замыкающему звену слева, является стопорное кольцо с размером (1_2). Все составляющие звенья вместе с замыкающим звеном образуют замкнутый размерный контур (см. рис. 3.6).

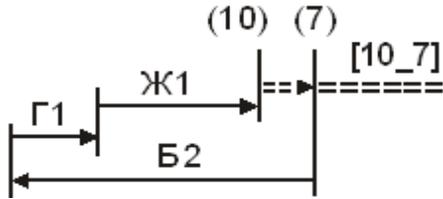
Размерная схема и уравнение с замыкающим звеном [10_7] при крайнем левом положении подшипника с валом (см. рис. 3.5, с. 57) показаны на рис. 3.7. Легко заметить, что оба уравнения сформированы из одних и тех же размеров, и расчетные значения замыкающих звеньев [2_9] и [10_7] будут одинаковыми.



Крайнее правое положение вала

$$[2_9] = -(9_{10}) + (5_7) - (1_2) = -Ж1 + Б2 - Г1.$$

Рис. 3.6. Схема с замыкающим звеном [2_9]



Крайнее левое положение вала

$$[10_7] = +(5_7) - (1_2) - (9_{10}) = +Б2 - Г1 - Ж1$$

Рис. 3.7. Схема с замыкающим звеном [10_7]

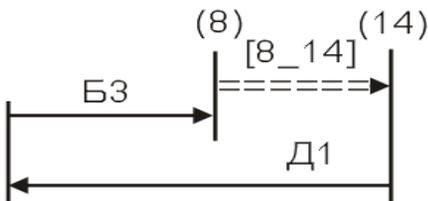
при обязательном условии: в размерную цепь от каждой детали должен входить только один размер.

Обход замкнутого контура в крайнем правом положении подшипника с валом начинаем через замыкающее звено [8_14] от левой границы (поверхность корпуса (8)) к правой границе (поверхность вала (14)) и далее по валу до подшипника (см. рис. 3.1...3.3, с. 56) с размером вала (13_14). К этому звену примыкает второй (и последний) составляющий размер на корпусе (7_8).

Размерная схема с замыкающим звеном [8_14] при крайнем правом положении вала показана на рис. 3.8.

Уравнение с замыкающим звеном записывается в форме

$$[8_{14}] = +(13_{14}) - (7_8) = +Д1 - Б3.$$



Крайнее правое положение вала

Рис. 3.8. Схема со звеном [8_14]

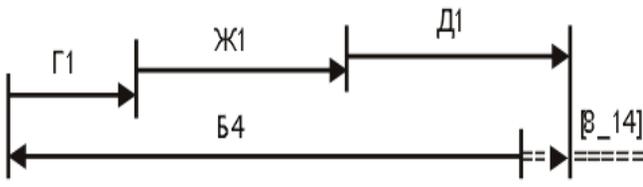
Уравнение с замыкающим звеном [8_14] (при левом положении вала) содержит новые составляющие размеры-звенья.

Проследим размерную цепь этого контура (см. рис. 3.5, с. 57).

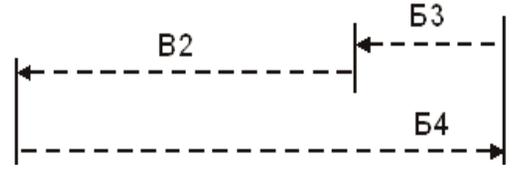
Правая граница замыкающего звена — размер вала (13_14). Далее следуют размеры подшипника (9_10), стопорного кольца (1_2) и корпуса (5_8).

Размерная схема и уравнение с замыкающим звеном [8_14] при крайнем левом положении вала показаны на рис. 3.9 (см. с. 59).

В уравнении появился еще один размер корпуса с индексом Б4, который сформировал на чертежном эскизе (см. рис. 3.2, с. 56). Это замкнутый контур из составляющих размеров без замыкающего звена (см. рис. 3.10, с. 59). Такое положение в оформлении чертежной документации недопустимо, и требует снятия одного из размеров с переводом в замыкающее звено поддетальной цепи.



Крайнее левое положение вала
 $[8_{14}] = +(13_{14}) + (9_{10}) + (1_2) - (5_8) =$
 $= +Д1 + Ж1 + Г1 - Б4$



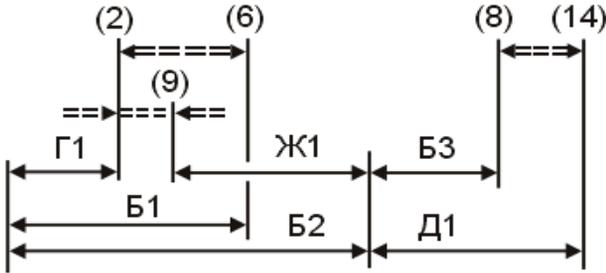
$$Б2 + Б3 - Б4 = 0$$

Рис. 3.10. Замкнутый контур без замыкающего звена

Рис. 3.9. Схема с замыкающим звеном [8_14]

Прежде чем принять какое-либо решение, построим размерные схемы на замыкающие звенья при крайних положениях подшипника с валом (см. рис. 3.11 и 3.12).

В сборочном соединении рассмотрены только три замыкающих звена, список можно продолжить, если проанализировать соединения между диаметрными размерами поверхностей (см. рис. 3.1...3.3, с. 56).



$$[2_6] = +(5_6) - (1_2) = +Б1 - Г1;$$

$$[2_9] = -(9_{10}) + (5_7) - (1_2) = -Ж1 + Б2 - Г1;$$

$$[8_{14}] = +(13_{14}) - (7_8) = +Д1 - Б3$$

Рис. 3.11. Схема с замыкающими звеньями [2_6], [2_9] и [8_14] при правом положении вала

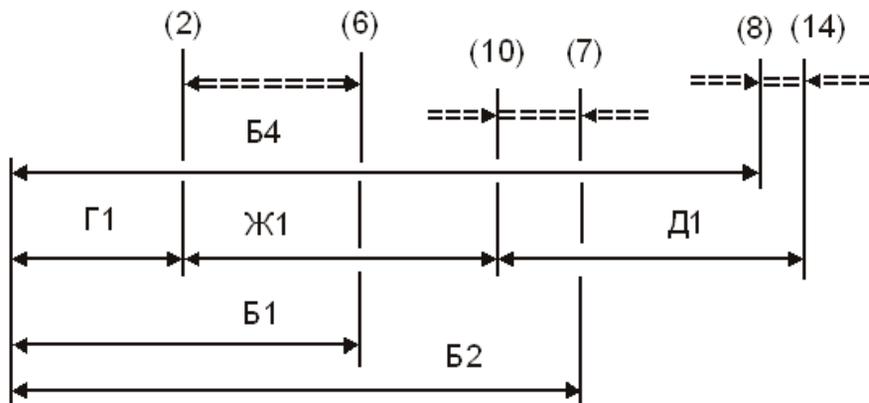
К ним относятся замыкающие звенья-зазоры (натяги): между валом Д и корпусом Б; валом и внутренним кольцом подшипника Ж; валом и втулкой ограничительной И; валом и шайбой упорной В; валом и колесом зубчатым Ш; резьбовой частью вала и гайкой А; корпусом и наружным кольцом подшипника Ж.

К линейным замыкающим звеньям можно добавить размеры:

[11_23] — выход вала (поверхность (11)) за гайку А (поверхность (23));

[27_12] — выход втулки ограничительной (поверхность (27)) за торцовую поверхность (12) на валу;

[15_17] — выход торцовой поверхности (17) зубчатого колеса Ш за торец вала (поверхность (15)).



$$[2_6] = +(5_6) - (1_2) = +Б1 - Г1; \quad [10_7] = +(5_7) - (1_2) - (9_{10}) = +Б2 - Г1 - Ж1$$

$$[8_{14}] = +(13_{14}) + (9_{10}) + (1_2) - (5_8) = +Д1 + Ж1 + Г1 - Б4$$

Рис. 3.12. Размерная схема сборочного соединения и уравнения с замыкающими звеньями [2_8], [10_7] и [8_14] при левом положении вала

Чтобы придать законченный вид сборочному соединению, прикроем торцовые поверхности (3) и (8) корпуса крышками К, Л (см. рис. 3.13...3.15, с. 60 и 61) и определим вновь образовавшиеся замыкающие звенья.

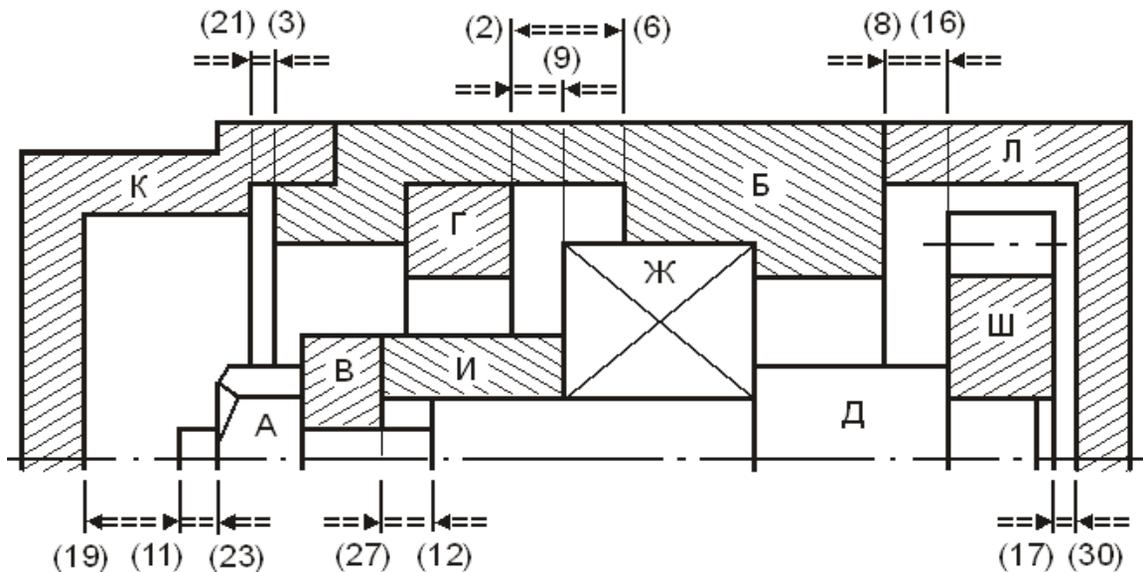


Рис. 3.13. Сборочное соединение при крайнем правом положении вала

Из рис. 3.13...3.15 видно, что между расточкой в крышке К и диаметральной размером на корпусе Б возникло новое посадочное соединение из двух диаметральных размеров с замыкающим звеном-зазором.

Появились новые замыкающие звенья:

[19_11] — зазор между поверхностью (19) на крышке К и поверхностью (11) на резьбовом конце вала;

[21_3] — зазор между поверхностью (21) на крышке К и поверхностью (3) на корпусе подшипника Б;

[8_16] — зазор между поверхностью (8) корпуса и поверхностью (16) на торце зубчатого колеса в крайних положениях вала;

[17_30] — зазор между поверхностью (17) зубчатого колеса Ш и поверхностью (30) на крышке Л в крайних положениях вала.

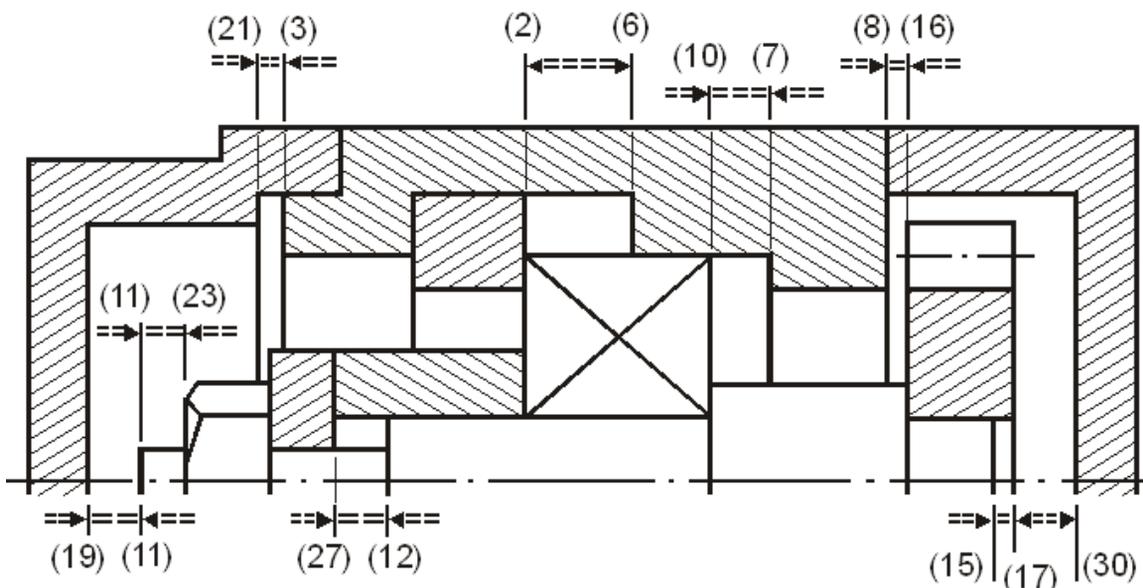


Рис. 3.14. Сборочное соединение при крайнем левом положении вала

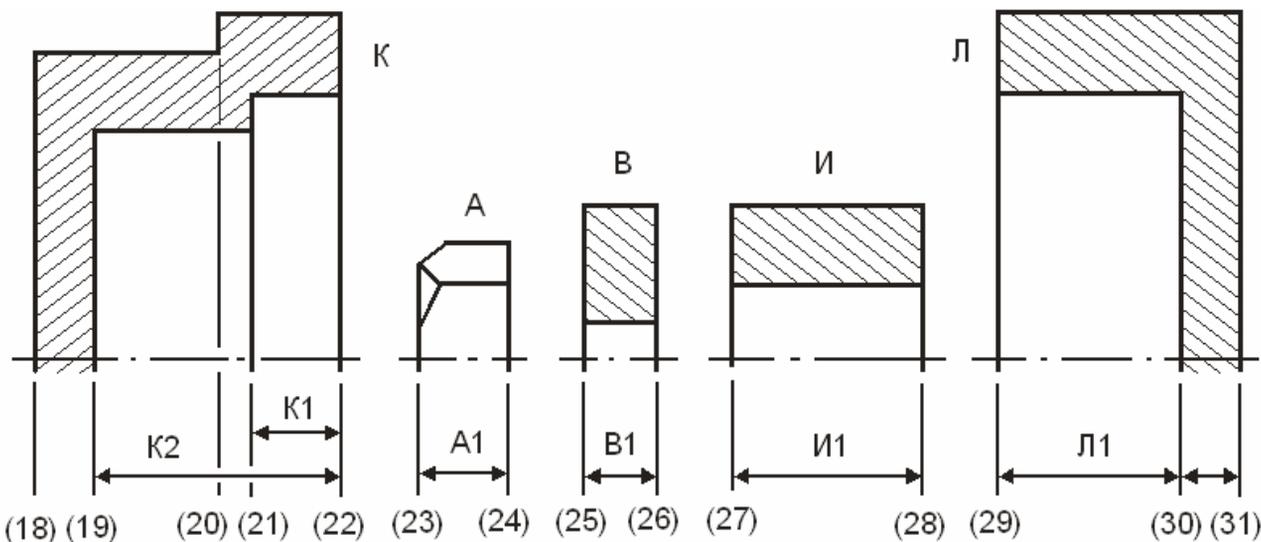


Рис. 3.15. Эскизы деталей: К – крышка; А – гайка, В – шайба упорная; И – втулка ограничительная; Л – крышка

Найдем контуры и напишем уравнения с замыкающими звеньями, размеры которых не зависят от положения подшипника с валом в корпусе. К ним можно отнести замыкающие звенья [11_23], [27_12], [21_3] и [15_17].

В размерную схему от каждой детали, как и раньше, будем подставлять только один размер. Следуя по замыкающему звену [11_23] слева направо, проходим по размерам гайки А1 (23_24), шайбы упорной В1 (25_26), втулки ограничительной И1 (27_28), подшипника Ж1 (9_10) и возвращаемся по размеру вала Д2 (11_13).

Размерная схема звена [11_23] представлена на рис. 3.16.

Подобным образом проследим замкнутые контуры и построим размерные схемы с замыкающими звеньями [27_12] и [15_17] (см. рис. 3.16).

Уравнения перечисленных замыкающих звеньев примут вид:

$$[11_23] = -(23_24) - (25_26) - (27_28) - (9_10) + (11_13) = -A1 - B1 - I1 - Ж1 + Д2;$$

$$[27_12] = -(12_13) + (9_10) + (27_28) = -Д3 + Ж1 + И1;$$

$$[15_17] = +(16_17) - (14_15) = +Ш1 - Д4.$$

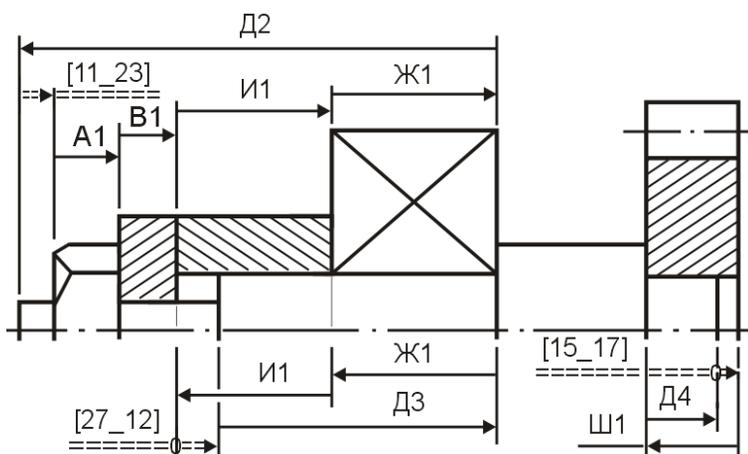


Рис. 3.16. Схемы с замыкающими звеньями [11_23], [27_12], [15_17]

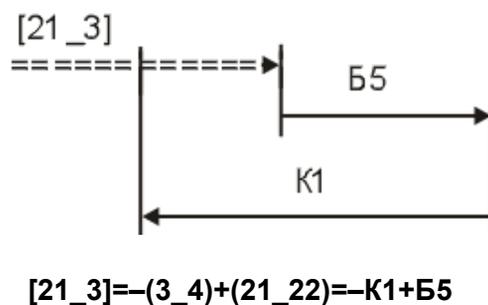
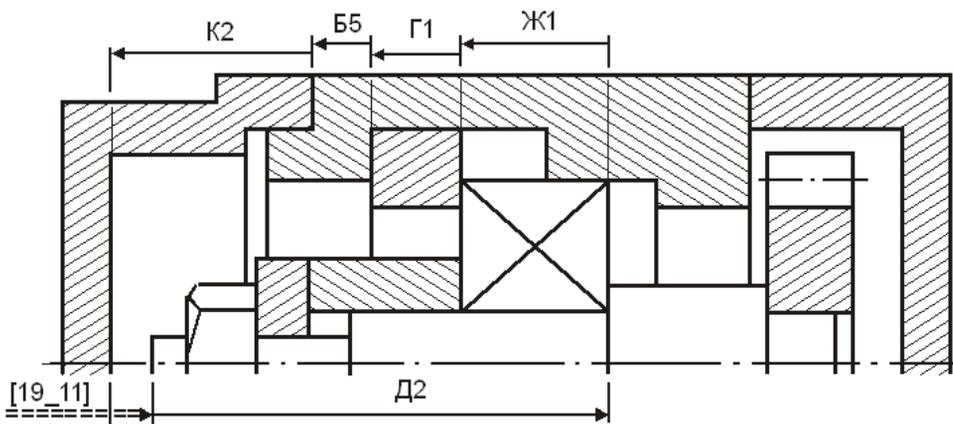


Рис. 3.17. Схема со звеном [21_3]

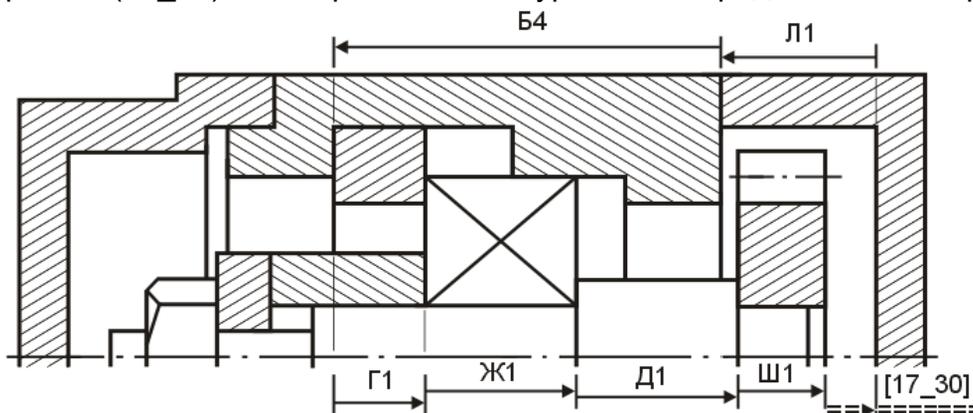
Простейшая размерная схема с замыкающим звеном [21_3] (см. рис. 3.14, с. 60) между корпусом Б (см. рис. 3.2, с. 56) и крышкой К (см. рис. 3.15) и его уравнение показаны на рис. 3.17.



$$[19_{11}] = -(11_{13}) + (9_{10}) + (1_{2}) + (4_{5}) + (19_{22}) = -D_2 + Ж_1 + Г_1 + B_6 + K_2$$

Рис. 3.18. Размерная схема и уравнение с замыкающим звеном [19_11]

из размеров вала (11_13), подшипника (9_10), кольца стопорного (1_2), корпуса (4_5) и крышки (19_22). Размерная схема и уравнение представлены на рис. 3.18.

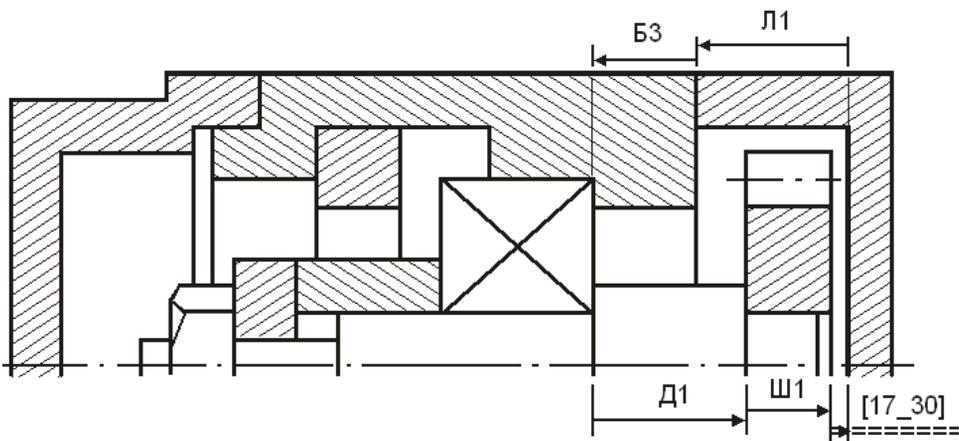


$$[17_{30}] = +(29_{30}) + (5_{8}) - (1_{2}) - (9_{10}) - (13_{14}) - (16_{17}) = +Л_1 + Б_4 - Г_1 - Ж_1 - Д_1 - Ш_1$$

Рис. 3.19. Схема с замыкающим звеном [17_30]

Первый вариант конструкции (см. рис. 3.5, с. 57) не ограничивал перемещение поверхности (11) в крайнее левое положение. После установки крышек появилась необходимость в определении гарантированного зазора [19_11] (см. рис. 3.14, с. 60), который формируется

Из всех перечисленных замыкающих звеньев не найдены контуры и составляющие их звенья для зазоров [8_16] и [17_30] в крайних положениях подшипника с валом. Первый из них [8_16] соответствует и равен зазору [8_14] (см. рис. 3.11 и 3.12, с. 59).



$$[17_{30}] = +(29_{30}) + (7_{8}) - (13_{14}) - (16_{17}) = +Л_1 + Б_3 - Д_1 - Ш_1$$

Рис. 3.20. Схема и уравнение с замыкающим звеном [17_30]

из размеров крышки (29_30), корпуса (5_8), стопорного кольца (1_2), подшипника (9_10), вала (13_14) и зубчатого колеса (16_17).

Проанализируем крайние фиксированные положения торца (17) зубчатого колеса Ш и построим размерные схемы со звеном [17_30].

Крайнее левое положение вала (см. рис. 3.19). Зазор [17_30] наибольший. Короткое уравнение можно составить

Кратчайший замкнутый контур получен из шести составляющих звеньев. Крайнее правое положение вала (см. рис. 3.20). Зазор [17_30] наименьший. Уравнение содержит четыре составляющих звена-размера: от крышки, корпуса, вала и колеса зубчатого.

3.2. Размерно-точностная характеристика изделия

Каждое изделие от замысла конструктора до изготовления проходит два этапа: первый — работа конструкторского бюро, создающего размерно-точностную характеристику изделия;

второй — работа технологического бюро, устанавливающего номинальные размеры, допуски и отклонения для изделия на всех стадиях его изготовления.

В основе размерно-точностной характеристики изделия лежит анализ размерных связей, который называют обычно размерным анализом.

Основной целью анализа является проверка правильности простановки размеров, выбор допусков и предельных отклонений на размеры составляющих звеньев, а также выбор метода достижения точности замыкающего звена и метода сборки.

Практика показывает, что в рабочих чертежах деталей допуски установлены нередко либо слишком жесткими, либо наоборот — очень широкими. В таких случаях допуски должны быть изменены и согласованы с конструктором.

В каждом сборочном соединении имеется несколько сборочных размерных цепей, связанных друг с другом общими звеньями. Все цепи подлежат обязательному расчету как при конструировании соединения, так и при его сборке. Ниже приводятся типовые расчеты сборочных размерных цепей.

3.2.1. Задачи размерного анализа сборочных цепей.

Примеры расчетов

3.2.1.1. Решение прямой задачи размерного анализа

Сборочное соединение (см. рис. 3.13 и 3.14, с. 60) содержит множество размерных цепей, и каждая из них решает конкретную задачу, которая должна быть предварительно установлена и четко сформулирована.

Считаем, что все конструктивные элементы соединения проработаны, имеют габаритные предварительные размеры, а замыкающие звенья сборочных размерных цепей — предельные значения.

Рассмотрим простейший вариант анализа сборочных размерных цепей, в котором жестко оговаривается величина перемещения вала с подшипником в зазоре [2_9]=[10_7]. В подобном реальном сборочном соединении предельные значения зазора равны:

$$[2_9]_{\min}=0,15 \text{ мм}; [2_9]_{\max}=0,58 \text{ мм}.$$

Остальные замыкающие звенья заданы наименьшим предельным значением, равным 1,5 мм, и произвольным наибольшим размером.

Подобная постановка задачи ограничивает количество составляющих звеньев в уравнении с замыкающим звеном [2_9], которое и составлено с таким условием (см. рис. 3.6, с. 58). Каждая из трех деталей (корпус, подшипник и кольцо стопорное) представлена одним размером.

С учетом СТ СЭВ на нормальные линейные размеры принимаем ширину колец подшипника Ж1=(9_10)=15_{-0,12} мм.

Номинальный размер А1 высоты кольца (1_2)=3,2 мм (см. приложение 2, с. 399).

Зная величину исходного звена [2_9]=0,15...0,58 мм, можно определить: номинал, допуск и отклонения на составляющее звено (5_7) в корпусе; допуск и отклонения высоты стопорного кольца (размер (1_2)).

Используя уравнение с замыкающим звеном, определяем интервал табличного значения размера (5_7) в корпусе. Если номинал [2_9] не более 1 мм, то

$$[2_9]=1-(9_{10})+(5_7)-(1_2)=-15+(5_7)-3,2 \text{ мм.}$$

Предварительная величина размера (5_7) от 18 мм находится в интервале 18...30 мм (см. приложение 1 и 2, с. 398 и 399).

Допуск на исходное звено:

$$T[2_9]=[2_9]_{\max}-[2_9]_{\min}=0,58-0,15=0,43 \text{ мм.}$$

Сумма допусков из составляющих звеньев в уравнении не должна превышать эту величину. Допуск на размер ширины колец подшипника задан директивно и равен 0,12 мм. Оставшаяся часть допуска (0,43-0,12=0,31 мм) должна быть распределена между размерами стопорного кольца (1_2) и корпуса (5_7).

Трудоемкость изготовления стопорного кольца намного меньше трудоемкости обработки корпусных деталей. Для корпусного размера в табличном интервале 18...30 мм выбираем допуск 12 квалитета $T(5_7)=0,21$ мм. Для высоты стопорного кольца остается запас по допуску $0,31-0,21=0,1$ мм. Для стопорного кольца в интервале размеров 3...6 мм допуск 11 квалитета равен 0,075 мм, а допуск 12 квалитета составит 0,12 мм. Принимаем допуск на размер высоты кольца $T(1_2)=0,1$ мм.

Поле рассеяния на зазор [2_9]:

$$w[2_9]=T(9_{10})+T(5_7)+T(1_2)=0,12+0,1+0,21=0,43 \text{ мм.}$$

Запас по допуску $T[2_9]-w[2_9]=0,43-0,43=0,00$ мм.

Приступим к выбору предельных отклонений для размеров стопорного кольца и корпуса. Высоту кольца можно отнести к размеру "вала" и назначить отклонение в тело материала. Размер в корпусе соответствует "отверстию" и может быть записан с симметричными отклонениями. Из выбранных допусков принимаем отклонения для составляющих звеньев:

$$T(1_2)=0,1 \text{ мм, } (1_2)=3,2_{-0,1}; T(5_7)=0,21 \text{ мм, } (5_7)^{+0,21}.$$

Уравнение с замыкающим звеном [2_9] (см. рис. 3.6, с. 58) примет вид:

$$[2_9]=-(9_{10})+(5_7)-(1_2)=-15_{-0,12}+(5_7)^{+0,21}-3,2_{-0,1} \text{ мм.}$$

Номинальный размер [2_9] может быть найден из уравнения

$$A_{\Delta} = A_{\Delta \text{ ср}} - \Delta 0 A_{\Delta}; A_{\Delta} = A_{\Delta \text{ ср}} - \Delta w A_{\Delta}.$$

Расчетное номинальное значение замыкающего звена [2_9] и координата середины поля рассеяния:

$$\Delta w[2_9] = \frac{0 + (-0,12)}{2} + \frac{0,21 + 0}{2} + \frac{0 + (-0,1)}{2} = +0,215 \text{ мм.}$$

Расчетные номинальные значения [2_9] и (5_7):

$$[2_9]=[2_9]_{\text{ср}} - \Delta w[2_9] = \frac{0,15 + 0,58}{2} - (+0,215) = 0,365 - 0,215 = 0,15 \text{ мм;}$$

$$[2_9] = -15 + (5_7) - 3,2; 0,15 = -15 + (5_7) - 3,2 \text{ мм;}$$

$$(5_7) = 0,16 + 15 + 3,2 = 18,35 \text{ мм.}$$

Расчетное значение определяемого размера $(5_7) = 18,35^{+0,21}$ мм.

При расчете от среднего значения замыкающего звена поле рассеяния $w[2_9] = 0,43$ мм расположено симметрично внутри поля допуска $T[2_9] = 0,43$ мм.

Запас по допуску, равный нулю, не позволяет округлить расчетный номинал 18,35 мм до первого десятичного знака.

Для последующих расчетов принимаются окончательные размеры:

- ширина колец подшипника $J1=(9_{-10})=15_{-0,12}$ мм;
- высота кольца стопорного $\Gamma1=(1_{-2})=3,2_{-0,1}$ мм;
- один из размеров корпуса $B2=(5_{-7})=18,35^{+0,21}$ мм.

В сборочном соединении все оставшиеся исходные звенья (кроме замыкающих звеньев на диаметральные размеры) заданы только одним наименьшим предельным значением. Поэтому нет необходимости заботиться о величине их полей допусков и порядке простановки размерных связей на чертежных эскизах с количеством размеров больше одного. Оформление чертежного эскиза будет продиктовано технологичностью конструкции детали.

Цель обеспечения технологичности конструкции детали — повышение производительности труда и качества изделия при максимальном снижении затрат времени и средств на разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт. Отработка конструкции детали на технологичность осуществляется комплексно с учетом зависимости: от технологичности исходной заготовки детали; от видов обработки в технологическом процессе изготовления; от технологичности сборочной единицы.

Детали (крышка К, корпус Б, крышка Л и вал Д) имеют более одного размера. Пусть в условиях крупносерийного производства корпус и крышки выполнены из алюминиевого сплава, их исходные заготовки получены одним из способов точного литья, который позволяет часть поверхностей на деталях оставить в исходном состоянии без механической обработки.

Крупносерийное производство использует оборудование, которое позволяет обрабатывать детали за один или два установка на станках с многопозиционными и многоинструментальными наладками.

Следовательно, наилучшими вариантами простановки размеров на чертежных эскизах деталей будут те, в которых повторяются размеры, проставленные с операционных эскизов механической обработки и выполняемые от технологических баз. Подобное же обоснование можно предложить и для оформления эскиза вала.

На рис. 3.21...3.24 (см. с. 65 и 66) показан один из расчетных вариантов простановки размеров на чертежных эскизах вала, крышек и корпуса. Современное оборудование даже на первых черновых технологических переходах

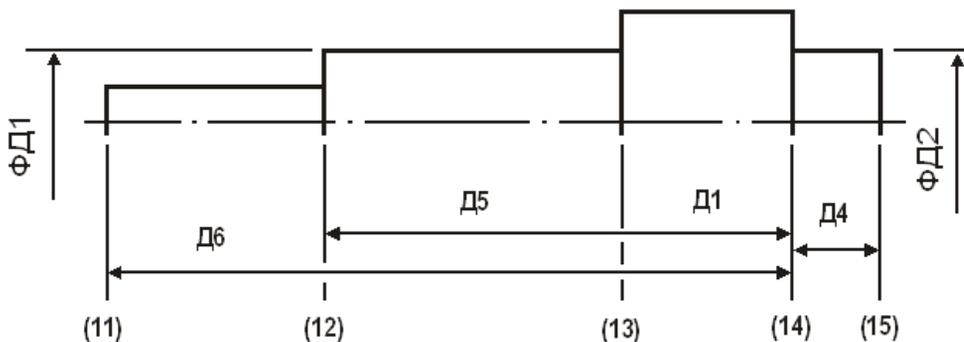


Рис. 3.21. Эскиз вала Д

обеспечивает экономическую точность 12 квалитета. Эти допуски легко достижимы при обработке точных заготовок с малой величиной припуска. Принимаем для всех последующих расчетов допуски составляющих звеньев деталей сборочного соединения с табличной точностью 12 квалитета. Определим последовательно все оставшиеся линейные размеры составляющих звеньев сборочного соединения. Конструктивный номинальный размер колеса 25 мм (см. рис. 3.2, с. 56). Допуск 12 квалитета в интервале 18...30 мм равен 0,21 мм. Линейный размер колеса с отклонением в тело детали примет вид:

$$Ш1=(16_{-17})=25_{-0,21} \text{ мм.}$$

Зная размер колеса, из размерной схемы (см. рис. 3.25) и уравнения со звеном [15_17] определим ступень вала (14_15). Исходное звено задано минимальным предельным размером [15_17]=1,5 мм. Уравнение содержит только два составляющих звена и представлено в виде:

$$[15_17]=+(16_17)-(14_15)=+Ш1-Д4.$$

Из уравнения видно, что номинальный размер ступени вала находится в том же интервале номиналов 18...30 мм с допуском T(14_15)=0,21 мм. Размер ступени вала ("уступ") можно записать с симметричными отклонениями.

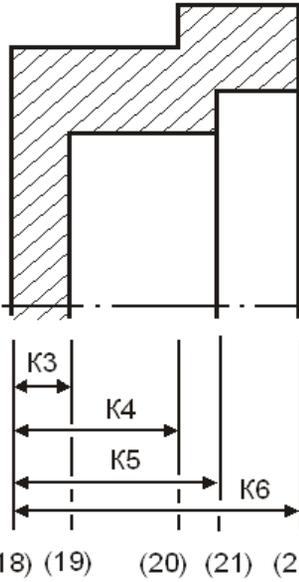


Рис. 3.22. Эскиз крышки К

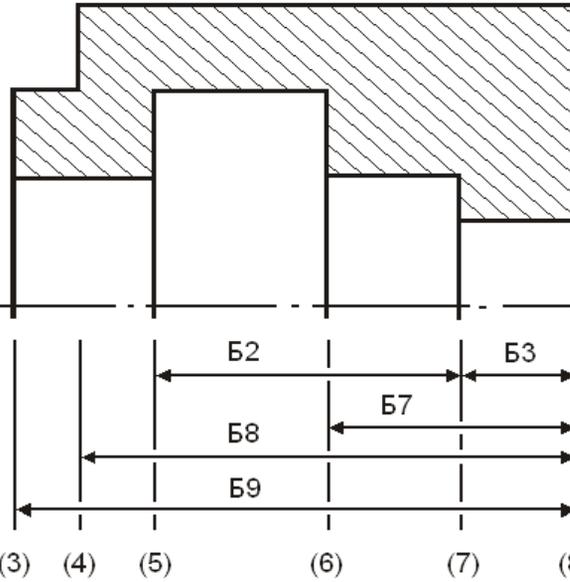


Рис. 3.23. Эскиз корпуса Д

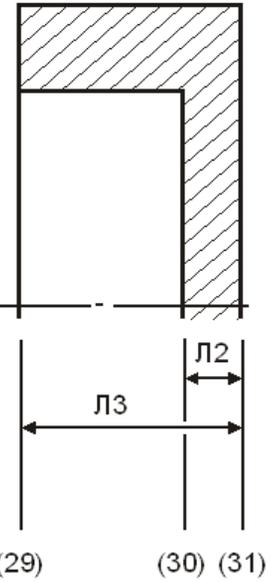


Рис. 3.24. Эскиз крышки Л

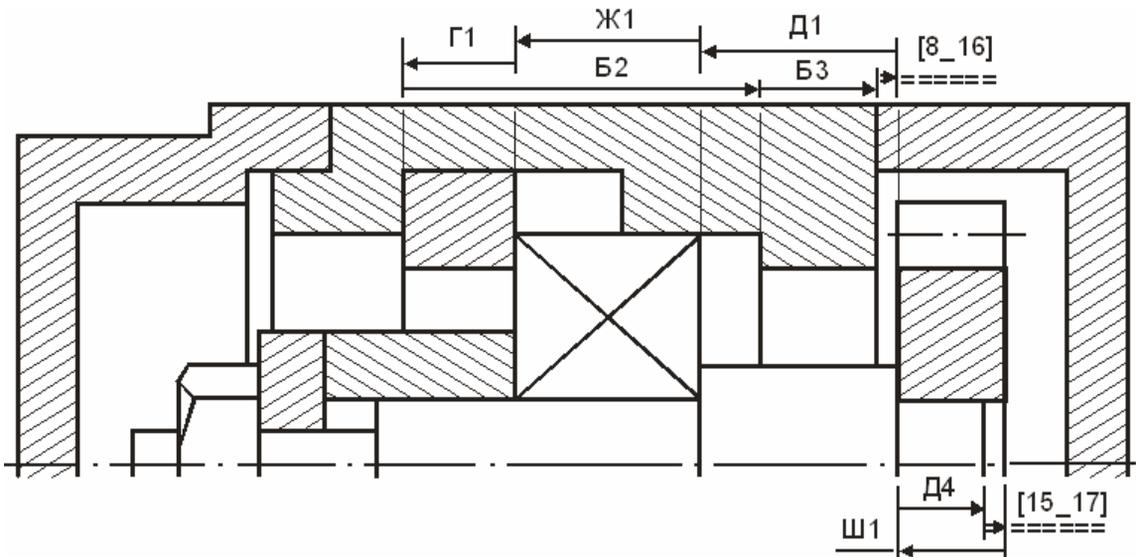


Рис. 3.25. Размерные схемы с замыкающими звеньями [15_17] и [8_16]

Уравнение решено через минимальную предельную величину звена [15_17].

$$[15_17]=25_{-0,21}-(14_15) \pm 0,105.$$

Номинальный размер звена $A_{\Delta} = A_{\Delta \min} + wA_{\Delta} / 2 - \Delta wA_{\Delta}$;

$$[15_17]=1,5 + \frac{0,21+0,21}{2} - \left[\frac{0+(-0,21)}{2} - \frac{0,105+(-0,105)}{2} \right] = 1,815 \text{ мм.}$$

Номинальный размер составляющего звена (14_15)

$$1,815 = 25 - (14_15), \quad (14_15) = 23,185 \text{ мм.}$$

Размер (14_15) — уменьшающее составляющее звено. При расчете номинального размера замыкающего звена от наименьшего предельного значения округление уменьшающих составляющих звеньев выполняют с уменьшением, а увеличивающих составляющих звеньев — с увеличением.

Ограничение по допуску отсутствует.

Номинальный расчетный размер (14_15)=23,185 мм можно округлить до первого десятичного знака: (14_15)=23,1 мм.

После округления наименьший предельный размер замыкающего звена увеличится на 85 мкм.

$$[15_17]_{\min} + 0,085 = 1,5 + 0,085 = 1,585 \text{ мм.}$$

К окончательно принятым размерам добавилось еще два:

$$\text{высота колеса } Ш1 = (16_17) = 25_{-0,21} \text{ мм; ступень вала } Д4 = (14_15) = 23,1 \pm 0,105 \text{ мм.}$$

Наибольшее предельное значение замыкающего звена равно сумме, состоящей из наименьшего предельного значения замыкающего звена и поля рассеяния этого звена. Поле рассеяния суммируется из допусков на составляющие звенья, входящих в уравнение с замыкающим звеном. Для звена [15_17] поле рассеяния и наибольшее предельное значение замыкающего звена составляет:

$$w[15_17] = T(16_17) + T(14_15) = 0,21 + 0,21 = 0,42 \text{ мм;}$$

$$[15_17]_{\max} = [15_17]_{\min} + w[15_17] = 1,585 + 0,42 = 2,005 \text{ мм.}$$

Аналогично можно определить возможное наибольшее перемещение подшипника с валом, используя расчетную величину поля рассеяния и уравнение с замыкающим звеном [2_9] (см. с. 63).

$$[2_9]_{\max} = [2_9]_{\min} + w[2_9] = 0,15 + 0,43 = 0,58 \text{ мм.}$$

Выбор следующего расчетного уравнения связан с особенностями конструкции сборочного соединения, директивным назначением размеров на отдельные элементы деталей и т. д. Главной задачей данного пособия является освоение методики расчета размерных цепей. Поэтому можно решать любое из уравнений.

Крайнее левое положение вала.

Зазор [8_16] между поверхностью (8) на торце корпуса Б и поверхностью (16) на зубчатом колесе Ш (см. рис. 3.25, с. 66).

При выбранной простановке размеров на корпусе и валу (см. рис. 3.23 и 3.24, с. 66) уравнение с замыкающим звеном сформировано из двух размеров корпуса, кольца стопорного, ширины кольца подшипника и размера вала. Участок корпуса (7_8) имеет конструктивный размер: БЗ=(7_8)=12_{-0,18} мм (точность 12 квалитета).

Определим допуск, отклонения и номинальный размер участка вала Д1=(13_14). Уравнение с замыкающим звеном [8_16] имеет вид:

$$[8_16] = +(13_14) + (9_10) + (1_2) - (5_7) - (7_8) = +Д1 + Ж1 + Г1 - Б2 - Б3 =$$

$$= +(13_14) + 15_{-0,12} + 3,2_{-0,1} - 18,35^{+0,21} - 12_{-0,18} .$$

Из рисунка соединения и уравнения видно, что ориентировочное значение номинального размера искомого составляющего звена (13_14) находится в интервале 10...18 мм с допуском по 12 квалитету T(13_14)=0,18 мм. Если допуск превратить в предельное отклонение с простановкой его в тело детали, то размер ступени вала можно записать в виде: Д1=(13_14)_{-0,18}. Тогда уравнение преобразуется к виду:

$$[8_16] = +(13_14)_{-0,18} + 15_{-0,12} + 3,2_{-0,1} - 18,35^{+0,21} - 12_{-0,18} .$$

Уравнение содержит пять составляющих звеньев.

Для условий крупносерийного производства считается экономически оправданным риск возможного выхода за пределы поля допуска части замыкающих звеньев. Поэтому поле рассеяния в последнем уравнении будем определять вероятностным методом, в котором используем коэффициент относительного рассеяния $\lambda_i^2 = 1/9 = 0,111$ и коэффициент риска $t_\Delta = 3,0$.

Поле рассеяния замыкающего звена при вероятностном методе расчета

$$w[8_{-16}] = 3 \sqrt{0,111 [T(13_{-14})^2 + T(9_{-10})^2 + T(1_{-2})^2 + T(5_{-7})^2 + T(7_{-8})^2]} = \\ = 3 \sqrt{0,111(0,18^2 + 0,12^2 + 0,1^2 + 0,21^2 + 0,18^2)} = 0,365 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[8_{-16}] = \frac{0 + (-0,18)}{2} + \frac{0 + (-0,12)}{2} + \frac{0 + (-0,1)}{2} - \frac{0 + (-0,18)}{2} = \\ = (-0,09) + (-0,06) + (-0,05) - (-0,105) - (-0,09) = -0,215 \text{ мм.}$$

Номинальное значение замыкающего звена

$$[8_{-16}] = [8_{-16}]_{\min} + w[8_{-16}]/2 - \Delta w[8_{-16}] = 1,5 + 0,365/2 - (-0,215) = 1,898 \text{ мм.}$$

Номинальное значение искомого составляющего звена

$$1,898 = +(13_{-14}) + 15 + 3,2 - 18,36 - 12; \quad (13_{-14}) = 14,048 \text{ мм.}$$

Номинальный размер увеличивающего составляющего звена округляем до первого десятичного знака после запятой и принимаем равным 14,1 мм.

После округления наименьший предельный размер увеличился до

$$1,5 + 0,052 = 1,552 \text{ мм.}$$

Окончательные размеры на корпусе и валу:

размер на корпусе $B_3 = (7_{-8}) = 12_{-0,18}$; ступень вала $D_1 = (13_{-14}) = 14,1_{-0,18}$ мм.

Наибольший предельный размер замыкающего звена

$$[8_{-16}]_{\max} = [8_{-16}]_{\min} + w[8_{-16}] = 1,552 + 0,365 = 1,917 \text{ мм.}$$

Уравнение со звеном-зазором $[2_{-6}]$ между поверхностью (2) на стопорном кольце и поверхностью (6) в канавке корпуса (см. рис. 3.2, 3.23 и 3.26, с. 56, 59 и 66) имеет вид:

$$[2_{-6}] = -(6_{-8}) + (7_{-8}) + (5_{-7}) - (1_{-2}) = -B_7 + B_3 + B_2 - \Gamma_1.$$

В уравнении известны все размеры, кроме уменьшающего составляющего звена (6_{-8}) .

Для нахождения его допуска и отклонений необходимо определить ориентировочное значение номинального размера, которое может быть найдено с учетом колебаний номинального размера замыкающего звена около 1,5 мм.

Тогда предварительная величина номинального размера (6_{-8}) равна

$$1,5 = -(6_{-8}) + 12 + 18,35 - 3,2; \quad (6_{-8}) = 25,65 \text{ мм.}$$

Номинальное значение находится в табличном интервале размеров 18...30 мм.

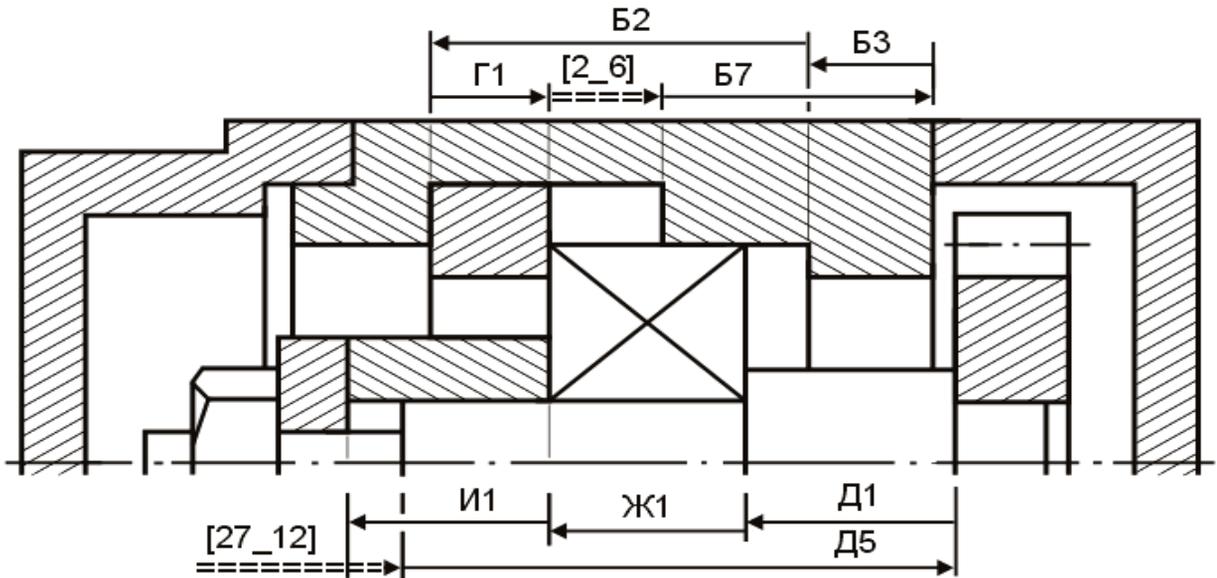
По 12 качеству точности допуск соответствует $T(6_{-8}) = 0,21$ мм.

Отклонение, проставленное в тело детали, позволяет записать уравнение в форме

$$[2_{-6}] = -(6_{-8})_{-0,21} + 12_{-0,18} + 18,35^{+0,21} - 3,2_{-0,1}.$$

Номинальное значение замыкающего звена $[2_6]=[2_6]_{\min}+w[2_6]/2-\Delta w[2_6]=$
 $=1,5+\frac{0,7}{2}-\left[-\frac{0+(-0,21)}{2}+\frac{0+(-0,18)}{2}+\frac{0,21+0}{2}-\frac{0+(-0,1)}{2}\right]=1,5+0,35-(+0,17)=1,68.$

Номинальный размер составляющего звена



1,68

$$=-(6_8)+12+18,35-3,2; (6_8)=26,47 \text{ мм.}$$

Рис. 3.26. Размерные схемы с замыкающими звеньями [2_6] и [27_12]

В нарушение правила округления увеличим уменьшающее звено до 26,5 мм, при этом наименьшее предельное значение исходного звена уменьшится на 0,03 мм. Если по служебному назначению в сборочном соединении недопустимо уменьшение этой величины даже на три сотых миллиметра, то составляющий размер (6_8) необходимо при округлении довести до величины (6_8)=26,4 мм. После округления составляющее звено уменьшилось на 0,07 мм, а наименьшее предельное значение замыкающего звена увеличилось на 0,07 мм. Наибольший предельный размер замыкающего звена

$$[2_6]_{\max}=[2_6]_{\min}+w[2_6]=1,5+0,07+0,7=2,27 \text{ мм.}$$

К окончательно выбранным, рассчитанным и округленным размерам добавился размер корпуса $B7=(6_8)=23,4_{-0,21}$.

Замыкающее звено [27_12] (см. рис. 3.26) — выход втулки поверхностью (27) (см. рис. 3.15, с. 61) за торцовую поверхность (12) на валу (см. рис. 3.12, с. 59).

Используя размеры с операционных эскизов и размерную схему сборочного соединения, можно получить уравнение в виде:

$$[27_12]=-(12_14)+(13_14)+(9_10)+(27_28)=-D5+D1+Ж1+И1.$$

Конструктивный размер втулки ограничительной выбран следующим $И1=(27_28)=32_{-0,25}$ мм (квалитет точности 12).

Необходимо определить очередную ступень вала (размер $D5=(12_14)$).

Предварительный номинальный размер (12_14)

$$1,5=-(12_14)+14,1+15+32, (12_14)=59,6 \text{ мм.}$$

Размер 59,6 находится в табличном интервале номинальных значений 50...80 мм с допуском по 12 квалитету $T=0,3$ мм и симметричным расположением предельных отклонений. Окончательная форма уравнения

$$[27_12]=-(12_14)\pm 0,15+14,1_{-0,18}+15_{-0,12}+32_{-0,25}.$$

Номинальный размер замыкающего звена

$$[27_12]=[27_12]_{\min}+w[27_12]/2-\Delta w[27_12]=$$

$$=1,5+\frac{0,85}{2}-[-0+(-0,09)+(-0,06)+(-0,125)]=2,2 \text{ мм.}$$

Номинальный размер определяемого составляющего звена

$$2,2=-(12_14)+14,1+15+32, (12_14)=58,9 \text{ мм.}$$

Выход втулки ограничительной за торцовую поверхность вала не является лимитирующим замыкающим звеном в рассматриваемом сборочном соединении, и его наименьшее предельное значение $[27_12]_{\min}=1,5$ мм выбрано с гарантированным запасом. В этом случае вступают в силу рекомендации ГОСТ на выбор номинальных размеров при конструировании новых машин.

Ближайший размер к рассчитанному номинальному значению $(12_14)=58,9$ мм расположен в ряду RA40 и равен 60 мм. Если уменьшающее звено размера (12_14) принять равным 60 мм, увеличив его на 1,1 мм, замыкающее звено $[27_12]$ уменьшится на такую же величину, и наименьшее предельное значение составит $1,5-1,1=0,4$ мм.

Зная поле рассеяния ($w[27_12]=0,85$ мм), можно определить наибольший предельный размер $[27_12]_{\max}$.

Если конструкция сборочного соединения и работа отдельных деталей в узле исключают возможность уменьшения исходного звена, в стандарте предусмотрен ряд RA80 — для технически обоснованных случаев. В этом ряду ближайший размер 58 обеспечивает увеличение наименьшего предельного значения замыкающего звена до $1,5+0,9=2,4$ мм с наибольшим предельным значением $[27_12]_{\max}=2,40+0,85=3,25$ мм.

Для оформления чертежных эскизов принимаются следующие размеры:

втулка $I1=(27_28)=32_{-0,25}$ мм; ступень вала $D5=(12_14)=58 \pm 0,15$ мм.

На рис. 3.27 показана размерная схема с замыкающим звеном $[11_23]$.

Торцовая поверхность (11) на резьбовой части вала должна выступать из гайки (торцовая поверхность (23)) на минимально допустимую величину 0,25 среднего диаметра резьбы $D1$.

Конструктивно гайка выбрана с резьбой M20M-7g.

Размер $D1=18,376$ мм.

Наименьшее значение замыкающего звена $[11_23]_{\min}=0,25D1=4,595$ мм.

Принимаем наименьшее значение замыкающего звена: $[11_23]_{\min}=4,6$ мм.

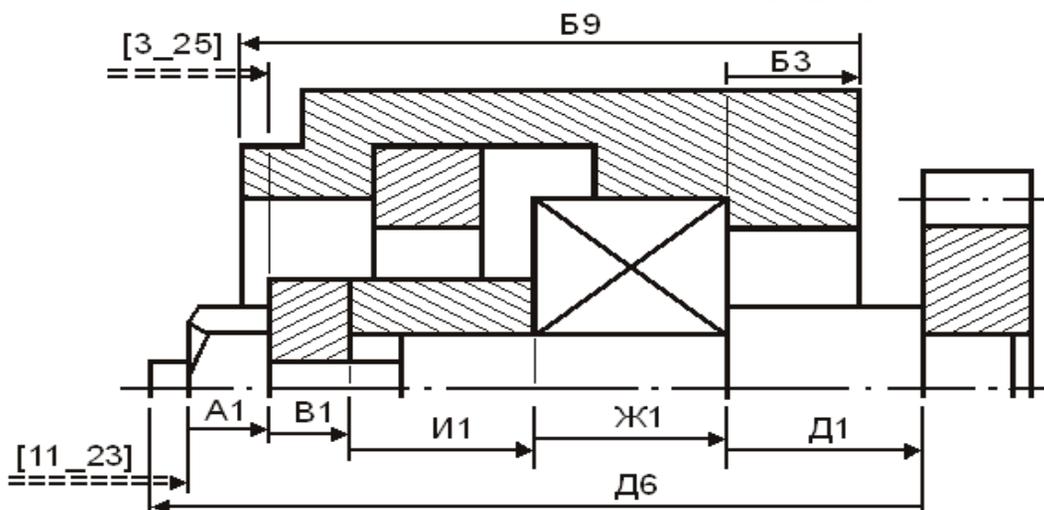


Рис. 3.27. Размерные схемы с замыкающими звеньями $[11_23]$ и $[3_25]$

Уравнение по размерной схеме рис. 3.27 может быть выражено в форме:

$$[11_23]=-(23_24)-(25_26)-(27_28)-(9_10)-(13_14)+(11_14)=$$

$$=-A1-B1-I1-Ж1-Д1+Д6.$$

Конструктивная высота гайки шестигранной прорезной $H=22$ мм имеет 16 квалитет точности. Конструктивная высота шайбы $S=4$ мм с допуском $T=0,6$ мм и симметричными отклонениями по ГОСТ. Принимаем следующие размеры гайки и шайбы упорной:

$$(23_{24})=A1=22_{-1,3} \text{ мм}; (25_{26})=B1=4 \pm 0,3 \text{ мм}.$$

Ориентировочный номинал определяемого размера вала

$$4,6=-22-4-32-15-14,1+(11_{14}); (11_{14})=91,7 \text{ мм}.$$

Допуск 12 квалитета для размера 91,7 равен 0,35 мм. "Уступ" вала (11₁₄) записывается с симметричными отклонениями. После таких допущений рассчитывается неизвестный размер:

$$[11_{23}]=-22_{-1,3}-4 \pm 0,3-32_{-0,25}-15_{-0,12}-14,1_{-0,18}+(11_{14}) \pm 0,175.$$

Зная $[11_{23}]_{\min}=4,6$ мм, можно приступить к определению увеличивающего составляющего звена ступени вала (11₁₄). Номинальное значение замыкающего звена:

$$[11_{23}]=[11_{23}]_{\min}+w[11_{23}]/2-\Delta w[11_{23}].$$

Поле рассеяния замыкающего звена и его координата равны:

$$w[11_{23}]=3\sqrt{0,111(1,3^2+0,6^2+0,25^2+0,12^2+0,18^2+0,35^2)}=1,51 \text{ мм};$$

$$\Delta w[11_{23}]=+0,65-0+0,125+0,06+0,09+0=+0,925 \text{ мм}.$$

Номинальные значения замыкающего звена и определяемой ступени вала:

$$[11_{23}]=4,6+1,51/2-(+0,925)=4,43 \text{ мм};$$

$$4,43=-22-4-32-15-14,1+(11_{14}), (11_{14})=91,53 \text{ мм}.$$

Без ущерба для служебного назначения сборочного соединения расчетное номинальное значение увеличивающего составляющего звена уменьшим до первого десятичного знака после запятой. Окончательно принятые размеры для оформления чертежных эскизов: последняя ступень вала $D_6=(11_{14})=91,6 \pm 0,175$ мм;

высота гайки $A1=(23_{24})=22_{-1,3}$ мм; высота шайбы $B1=(25_{26})=4 \pm 0,3$ мм.

Сборкой и последующей эксплуатацией соединения предусматриваются установка и снятие шплинта из отверстия в соединении вал — прорезная гайка. Операция возможна только при условии выхода отверстия под шплинт в резьбовой части вала и за пределы внутренних торцовых поверхностей в пазах гайки прорезной. Эта задача предлагается для самостоятельного решения.

При проработке узла необходимо рассмотреть еще один контур, замыкающим звеном которого будет положение торца (24) на гайке прорезной (или торца (25) шайбы упорной) относительно торцевой поверхности (3) корпуса (см. на рис. 3.15 и 3.23, с. 61 и 66). Из схемы рис. 3.27 (см. с. 70) и уравнения с замыкающим звеном $[3_{25}]$ может быть найден габаритный размер корпуса $B_9=(3_8)$.

В крайнем правом положении подшипника с валом торцовая поверхность (25) шайбы упорной должна оказаться на уровне торцевой поверхности (3) на корпусе или пересечь ее вправо не более чем на 1,5 мм.

Значит, исходное звено имеет два предельных значения: $[3_{25}]_{\min}=0$; $[3_{25}]_{\max}=1,5$ мм, а уравнение имеет вид:

$$[3_{25}]=-(25_{26})-(27_{28})-(9_{10})-(7_8)+(3_8)=-B1-I1-Ж1-B3+B9.$$

В этом уравнении поле рассеяния ограничено полем допуска

$$T[3_{25}]=T[3_{25}]_{\max}-T[3_{25}]_{\min}=1,5 \text{ мм}.$$

Для решения уравнения необходимо определить конструктивную точность и отклонения габаритного размера корпуса. Его ориентировочный номинальный размер $1,5 = -4 - 32 - 15 - 12 + (3_8)$, $(3_8) = 64,5$ мм. Из таблицы квалитетов и классов точности для размера 64,5 мм 12 квалитету соответствует допуск 0,3 мм. Габаритный размер корпуса с известной величиной предельного отклонения в тело детали позволяет приступить к решению уравнения

$$[3_25] = -4 \pm 0,3 - 32 - 0,25 - 15 - 0,12 + 12 - 0,18 + (3_8) - 0,3.$$

Поле рассеяния не должно превосходить поле допуска исходного звена. Поле рассеяния

$$w[3_25] = 3 \sqrt{0,111(0,6^2 + 0,25^2 + 0,15^2 + 0,18^2 + 0,3^2)} = 0,7532 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния меньше поля допуска.

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[3_25] = -0 - \frac{0 + (-0,25)}{2} - \frac{0 + (-0,15)}{2} - \frac{0 + (-0,18)}{2} + \frac{0 + (-0,3)}{2} = +0,1375 \text{ мм.}$$

Определим номинальные значения замыкающего и определяемого составляющего звеньев:

$$[3_25] = [25_3]_{\min} + w[25_3]/2 - \Delta w[25_3] = 0 + 0,3766 - (+0,1375) = 0,2391 \text{ мм;}$$

$$0,239 = -4 - 32 - 15 - 12 + (3_8), \quad (3_8) = 63,239 \text{ мм.}$$

По таблице номинальных размеров ближайшие цифровые значения: основной ряд (RA5) — 63; дополнительный (RA80) — 65. Округлим определяемый размер (3_8) увеличивающего составляющего звена. При расчете номинального размера замыкающего звена от наименьшего предельного значения увеличивающее звено необходимо увеличивать, а уменьшающее звено — уменьшать.

Ближайший номинальный линейный размер из основного ряда — RA5 равен 63. Если расчетный размер округлить до такого значения, уменьшив его на 0,239 мм, наименьшее предельное значение замыкающего звена уменьшится на ту же величину, и станет отрицательной величиной $[3_25]_{\min} = -0,239$ мм. Тогда в крайнем левом положении вала торцовая поверхность (25) шайбы упорной может оказаться за пределами корпуса. Такое конструктивное решение не противоречит служебному назначению сборочного соединения (см. рис. 3.28, с. 73).

Окончательный определяемый габаритный размер корпуса равен

$$B_9 = (3_8) = 63 - 0,3 \text{ мм.}$$

В крайнем правом положении вала $w[3_25]_{\max} = (-0,239) + 0,7532 = 0,5142$ мм.

На чертежном эскизе корпуса остался неопределенным последний размер $B_8 = (4_8)$. Его легко назначить из конструктивных особенностей узла.

Размер корпуса $B_8 = (4_8) = 56 - 0,3$ мм.

По условиям работы сборочного соединения торцовая поверхность (11) вала в крайнем левом положении должна иметь гарантированный зазор с поверхностью (19) на крышке К.

В размерной схеме (см. рис. 3.28) участвуют два еще не известных размера крышки (см. рис. 3.22, с. 66): $K_3 = (18_19)$ и $K_6 = (18_22)$.

Принимаем следующие допущения: обработке подлежит только торцовая поверхность (22); толщина стенки (18_19) определяется конструкцией крышки и литейными свойствами исходной заготовки.

Номинальный размер стенки принимается равным 5 мм.

Способ получения заготовки — литье в оболочковые формы.

Точность размеров до 50 мм по этому способу — 0,3 мм.

Отклонения симметричные.

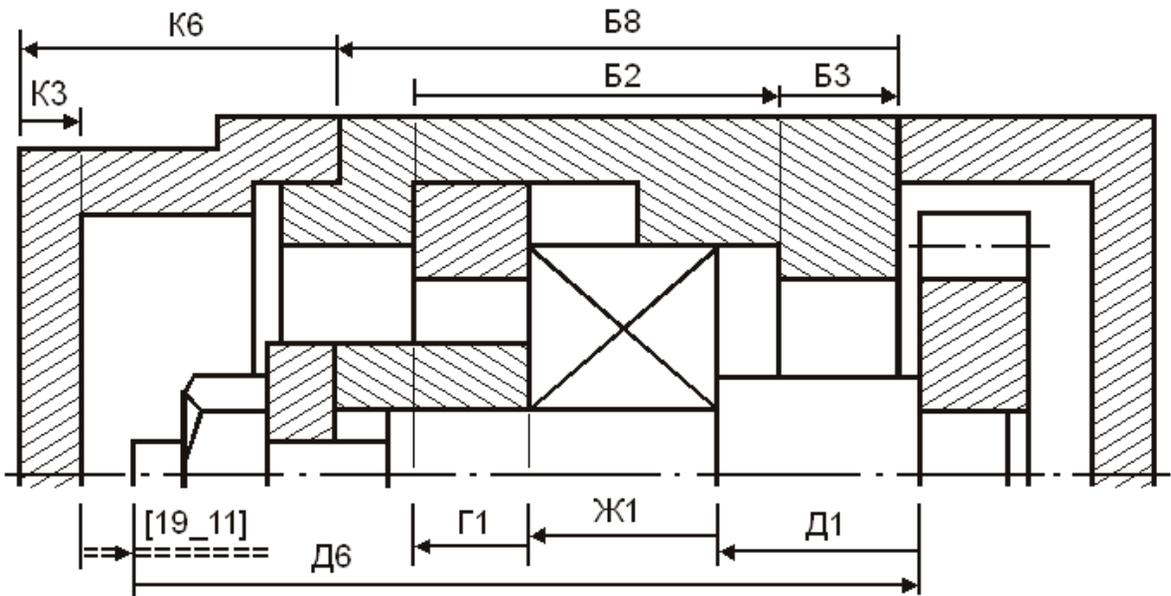


Рис. 3.28. Размерная схема с замыкающим звеном [19_11]

Уравнение по размерной схеме рис. 3.28 примет вид:

$$[19_11] = -(11_14) + (13_14) + (9_10) + (1_2) - (5_7) - (7_8) + (4_8) + (18_22) - (18_19) =$$

$$= -Д6 + Д1 + Ж1 + Г1 - Б2 - Б3 + Б8 + К6 - К3; \quad 1,5 = -95 + 14,1 + 15 + 3,2 - 18,35 - 12 + 56 + (18_22) - 5.$$

Ориентировочный размер определяемого составляющего звена с допуском по 12 квалитету и отклонением в тело детали равны:

$$(18_22) = 43,55 \text{ мм}; \quad T(18_22) = 0,25 \text{ мм}.$$

$$[19_11] = -91,6 \pm 0,175 + 14,1_{-0,18} + 15_{-0,12} + 3,2_{-0,1} - 18,35^{+0,21} -$$

$$- 12_{-0,18} + 56_{-0,3} + (18_22)_{-0,25} - 5 \pm 0,15.$$

Поле рассеяния замыкающего звена $w[19_11] =$

$$= 3 \sqrt{0,111(0,35^2 + 0,18^2 + 0,12^2 + 0,1^2 + 0,21^2 + 0,18^2 + 0,3^2 + 0,25^2 + 0,3^2)} = 0,7059.$$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[19_11] = -0 - 0,09 - 0,06 - 0,05 - 0,105 + 0,09 - 0,15 - 0,125 - 0 = -0,49 \text{ мм}.$$

Номинальный размер замыкающего звена при величине $[19_11]_{\min} = 1,5 \text{ мм}$ исходного звена $[19_11] = [19_11]_{\min} + w[19_11]/2 - \Delta w[19_11] = 1,5 + 0,353 - (-0,49) = 2,353 \text{ мм}.$

Номинальный размер определяемого увеличивающего составляющего звена

$$2,353 = -91,6 + 14,1 + 15 + 3,2 - 18,35 - 12 + 56 + (18_22) - 5; \quad (18_22) = 41,003 \text{ мм}.$$

Принимаем: габаритный размер крышки $K6 = (18_22) = 41_{-0,25} \text{ мм},$

толщина стенки (дна) крышки $K3 = (18_19) = 5 \pm 0,15 \text{ мм}.$

На крышке К остались не определенными два размера: (18_20) и (18_21). Конструктивный размер (18_20), получается непосредственно при литье в оболочковые формы:

$$K4 = (18_20) = 32 \pm 0,15 \text{ мм}.$$

Размер $K5 = (18_21)$ получается окончательно в исходной заготовке.

Его точность и симметричные отклонения известны, а величину номинального значения можно определить из размерной схемы рис. 3.29 и уравнения со звеном [21_3], которое имеет вид:

$$[21_3]=-(3_8)+(4_8)+(18_22)-(18_21)=-B9+B8+K6-K5;$$

$$[21_3]=-63_{-0,3}+56_{-0,3}+45_{-0,25}-(18_21)\pm 0,15.$$

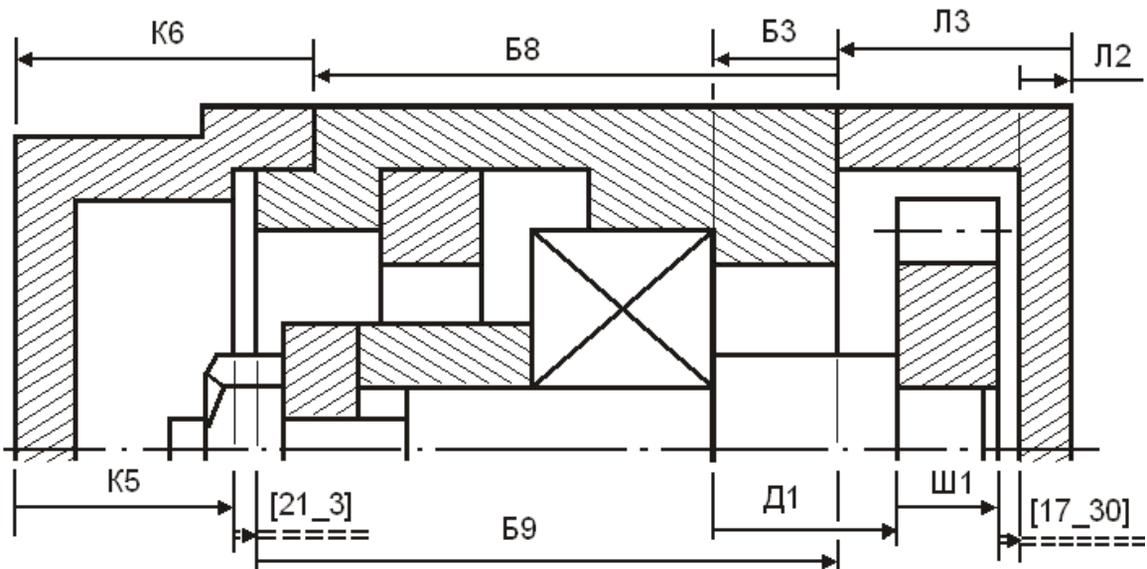


Рис. 3.29. Размерные схемы с замыкающими звеньями [21_3] и [17_30]

Номинальные значения замыкающего и определяемого составляющего звеньев:

$$[21_3]=1,5+1,15/2-(0,15-0,15-0,125-0)=2,2 \text{ мм};$$

$$2,2=-63+56+45-(18_21), (18_21)=35,8 \text{ мм}.$$

Принимаем окончательные размеры крышки:

$$K4=(18_20)=32\pm 0,15; K5=(18_21)=35,8\pm 0,15 \text{ мм}.$$

Последней деталью сборочного соединения является крышка Л. На ее эскизе представлены два размера. Пока размеры не имеют конструктивных и расчетных значений. Толщины дна крышек К и Л принимаются конструктивно равными. Оставшийся габаритный размер $Л3=(29_31)$ определим, используя размерную схему на рис. 3.29 и уравнение с замыкающим звеном [17_30].

Для нахождения допуска и отклонений определяемого размера необходимо знать его ориентировочное номинальное значение.

Ориентировочное значение размера составляющего звена (29_31)

$$[17_30]=-(30_31)+(29_31)+(7_8)-(13_14)-(16_17)=-Л2+Л3+Б3-Д1-Ш1,$$

$$1,5=-5+(29_31)+12-14,1-25, (29_31)=33,6 \text{ мм}.$$

Допуск 12 квалитета в табличном интервале 30...50 мм равен 0,25 мм. Охватываемый габаритный размер крышки принимается к расчету с нижним предельным отклонением, и тогда уравнение примет вид:

$$[17_30]=-5\pm 0,15+(29_31)_{-0,25}+12_{-0,18}-14,1_{-0,18}-25_{-0,21}.$$

Поле рассеяния замыкающего звена

$$w[17_30]=3\sqrt{0,111(0,3^2+0,25^2+0,18^2+0,18^2+0,21^2)}=0,5112 \text{ мм}.$$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[17_30]=-\frac{0,15+(-0,15)}{2}+\frac{0+(-0,25)}{2}+\frac{0+(-0,18)}{2}-\frac{0+(-0,18)}{2}-\frac{0+(-0,21)}{2}=-0,125-0,09+0,09+0,105=-0,02 \text{ мм}.$$

Номинальные значения замыкающего и определяемого составляющего звеньев:

$$[17_30]=[17_30]_{\min}+w[17_30]/2-\Delta w[17_30]=1,5+0,2556-(-0,02)=1,776 \text{ мм};$$
$$1,776=-5+(29_31)+12-14,1-25, (29_31)=33,876 \text{ мм}.$$

При округлении увеличим расчетный номинал составляющего звена на 0,124 до 34 и $[17_30]_{\min}=1,5+0,124=1,625$ мм. На чертежном эскизе крышки Л появились размеры: толщина дна крышки $L2=(30_31)=5 \pm 0,15$; габаритный размер $L3=(29_31)=34_{-0,25}$.

Таким образом, к окончательному оформлению готовы все чертежные эскизы. Конструктивно принятые или рассчитанные и округленные размеры показаны на с. 63...75.

В примере не рассматривались замкнутые контуры на диаметральные размеры. Только одно из большого количества исходных звеньев имело поле рассеяния, жестко ограниченное предельными значениями, остальные имели односторонний наименьший размер без ограничения поля допуска. Такое положение значительно упростило операции конструктивного выбора габаритов и точности составляющих звеньев-размеров, порядка простановки чертежных размеров и, что особенно важно, позволило включать в уравнения более одного размера от каждой детали.

3.2.1.2. Решение обратной задачи размерного анализа

Представим, что в сборочном соединении не зубчатое колесо, а колесо турбины или крыльчатка водяного насоса, и наибольшая предельная величина зазора серьезно влияет на технические параметры изделия, а это значит, что предельные величины исходного звена должны быть четко обозначены. Решение задачи усложняется, если наложить двухсторонние дополнительные ограничения на некоторые из замыкающих звеньев рассмотренного примера. В этом легко убедиться, продолжив его решение.

Перемещение подшипника с валом ограничено зазором $[2_9]$ и в то же время в крайних фиксированных положениях должны оставаться гарантированные зазоры между корпусом и колесом, колесом и крышкой. Начальные условия задачи сформулированы следующим образом.

Крайнее левое положение. Минимальное предельное значение зазора между корпусом (поверхность (8)) и поверхностью (16) на колесе задано исходным звеном $[8_16]_{\min}=1,5$ мм (см. рис. 3.25, с. 66).

Крайнее правое положение. Зазор между торцевой поверхностью (17) на зубчатом колесе и внутренней поверхностью (30) дна крышки задан исходным звеном $[17_30]_{\min}=1,5$ мм (см. рис. 3.29, с. 74).

После решения уравнений и округления определяемых составляющих размеров-звеньев, конечные результаты по предельным значениям оказались следующими:

$$[8_16]_{\min}=1,5+0,042=1,552 \text{ мм}, [8_16]_{\max}=1,542+0,365=1,917 \text{ мм (см. с. 68)};$$

$$[17_30]_{\min}=1,5+0,124=1,625 \text{ мм}, [17_30]_{\max}=1,625+0,5112=2,1362 \text{ мм (см. с. 74 и 75)}.$$

Не следует забывать, что на данный момент расчеты выполнены только от наименьшего предельного размера. Наибольший размер получен суммированием величины поля рассеяния данного контура.

В реальных условиях при крайних положениях вала происходит значительное изменение предельных значений замыкающих звеньев не только вследствие суммирования погрешностей составляющих звеньев в одном уравнении, но и в результате смены звеньев контура в момент противоположного фиксированного положения подшипника с валом.

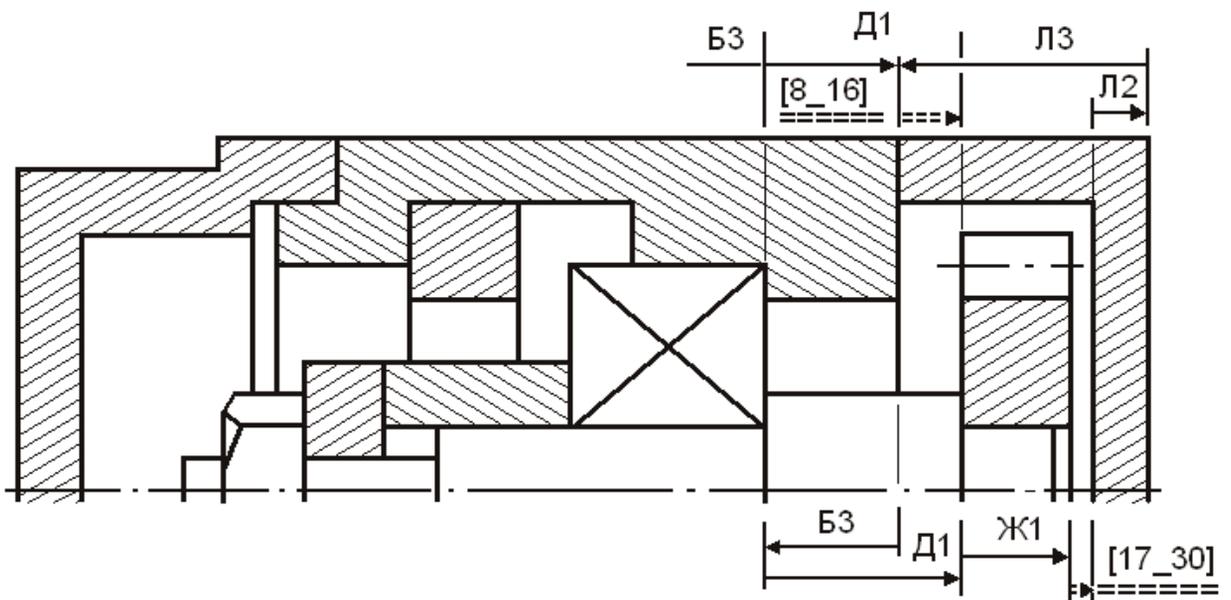


Рис. 3.30. Размерные схемы с замыкающими звеньями [8_16] и [17_30]

Проверим величины наибольших предельных значений в крайних противоположных точках, занимаемых колесом зубчатым (крыльчаткой, колесом турбины).

Внимательно рассмотрим размерные схемы на рис. 3.30 и 3.31. Решим обратную (проверочную) задачу, ограничив наибольшие предельные значения замыкающих звеньев. Расчетные значения не превышают 2,2 мм.

Принимаем эту величину для последующих проверочных расчетов.

Тогда $[8_16]_{\min}=[17_30]_{\min}=1,5$; $[8_16]_{\max}=[17_30]_{\max}=2,2$ мм,

$$T[8_16]=T[17_30]=2,2-1,5=0,7 \text{ мм.}$$

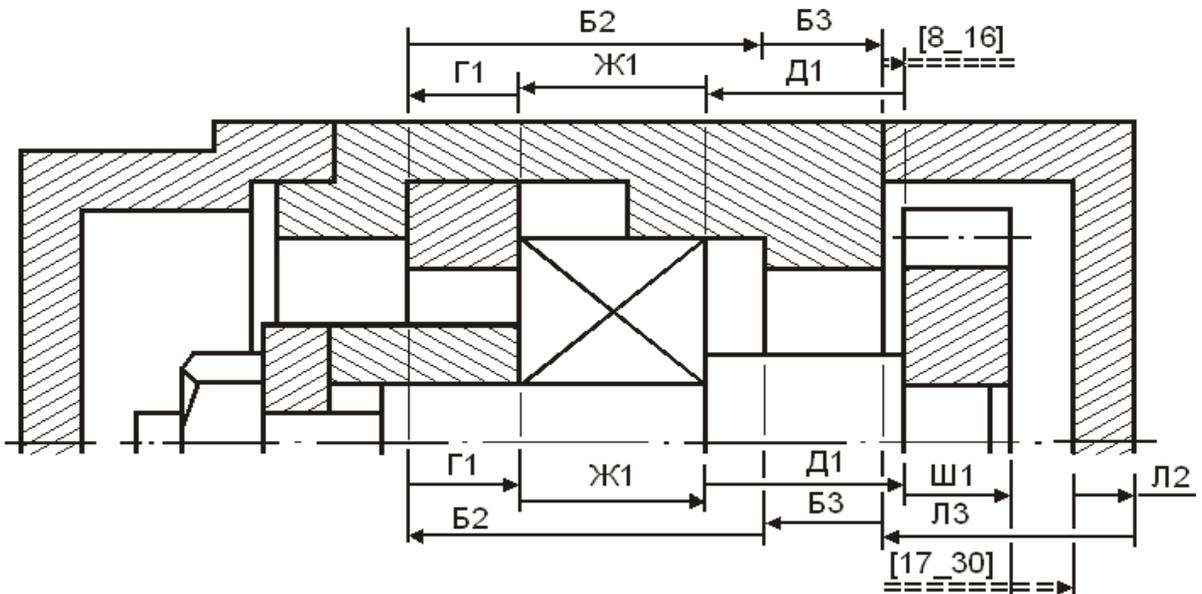


Рис. 3.31. Размерные схемы с замыкающими звеньями [8_16] и [17_30]

Для построения размерных схем, формирования замкнутых контуров и уравнений воспользуемся чертежными эскизами (см. рис. 3.23 и 3.24, с. 66), а при решении обратных (проверочных) задач — данными со с. 65...75.

Для расчета наибольших предельных значений воспользуемся уравнениям

$$[8_16]=(13_14)-(7_8)=D1-B3 \text{ (см. рис. 3.30);}$$

$$[17_30]=-(30_31)+(29_31)+(7_8)+(5_7)-(1_2)-(9_10)-(13_14)-(16_17)=$$

$$=-L2+L3+B3+B2-G1-J1-D1-Ш1 \text{ (см. рис. 3.31).}$$

Для решения первого уравнения воспользуемся выражением

$$\begin{aligned} \text{во}A_{\Delta} &= \text{во}A_i(\text{ув}) - \text{во}A_i(\text{ум}) \\ A_{\Delta} &= \sum A_i(\text{ув}) - \sum A_i(\text{ум}) \\ \text{но}A_{\Delta} &= \text{но}A_i(\text{ув}) - \text{но}A_i(\text{ум}) \end{aligned}$$

$$[8_16] = (13_14) - (7_8) = Д1 - Б3,$$

$$\begin{aligned} \text{во} &= +0,00 - +0,00 = +0,18 \\ [8_16] &= 14,1 - 12 = 2,1 \\ \text{но} &= -0,18 - (-0,18) = -0,18 \end{aligned}$$

Наименьшее предельное значение замыкающего звена $[8_16]_{\min} = 1,552$ мм определено в крайнем левом положении вала, а наибольшее значение звена из последнего уравнения $[8_16]_{\max} = 2,28$ мм.

Окончательная величина поля рассеяния замыкающего звена определяется из разности наибольшего предельного значения в крайнем правом, фиксированном положении вала и наименьшего значения — в левом положении:

$$w[8_16] = [8_16]_{\max} - [8_16]_{\min} = 2,28 - 1,552 = 0,728 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния ($w[8_16] = 0,728$ мм) больше поля допуска ($T[8_16] = 0,7$ мм), наибольшее предельное значение замыкающего звена вышло за пределы поля допуска с отрицательным запасом:

$$\text{Зап по max} = 2,20 - 2,28 = -0,08 \text{ мм.}$$

По этому зазору сборочное соединение не будет принято контролером. Зазор $[17_30]_{\max}$ в крайнем левом положении вала определяется из размерной схемы и уравнения, содержащего восемь составляющих звеньев.

С учетом вероятностного метода определяются: номинальный размер; поле рассеяния; координата середины поля рассеяния; предельные значения замыкающего звена и запасы предельных размеров в сравнении с исходными размерами.

$$[17_30] = -5 \pm 0,15 + 34_{-0,25} + 12_{-0,18} + 18,35^{+0,21} - 3,2_{-0,1} - 15_{-0,12} - 14,1_{-0,18} - 25_{-0,21}$$

Поле рассеяния замыкающего звена $[17_30]$ в крайнем левом положении вала

$$w[17_30] = 3 \sqrt{0,111 \cdot (0,3^2 + 0,25^2 + 0,18^2 + 0,21^2 + 0,1^2 + 0,12^2 + 0,18^2 + 0,21^2)} = 0,5743$$

Координата середины поля рассеяния

$$\begin{aligned} \Delta w[17_30] &= -(0) + (-0,125) + (-0,09) + (+0,105) - (-0,05) - (-0,06) - \\ &\quad - (-0,09) - (-0,105) = +0,195 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Отклонения замыкающего звена рассчитываются по уравнениям

$$\text{во}[17_30] = \Delta w[17_30] + w[17_30]/2 = +0,195 + 0,5743/2 = 0,482 \text{ мм;}$$

$$\text{но}[17_30] = \Delta w[17_30] - w[17_30]/2 = +0,195 - 0,287 = -0,092 \text{ мм.}$$

Номинальный размер замыкающего звена

$$[17_30] = -5 + 34 + 12 + 18,35 - 3,2 - 15 - 14,1 - 25 = 2,05 \text{ мм.}$$

Окончательный размер замыкающего звена $[17_30] = 2,05^{+0,492}_{-0,092}$ мм

Наименьший предельный размер $[17_30]_{\min} = 1,958$ мм.

Наибольший предельный размер $[17_30]_{\max}=2,532$ мм.

Запас по наибольшему предельному значению $\Delta_{\max}=2,2-2,532=-0,332$ мм.

По этому зазору сборочное соединение также будет забраковано на контроле.

3.2.1.3. Решение смешанных задач

Попытаемся избавиться от возможного брака по величинам наибольших размеров замыкающих звеньев $[8_16]$ и $[17_30]$.

Проанализируем скрытые резервы каждого из них и без ущерба для достигнутой технологичности отдельных деталей найдем рациональные пути решения новой задачи.

Посадочные поверхности вала под внутреннее кольцо подшипника (диаметр ФД1) и прессовую посадку колеса зубчатого (ФД2) формируются на круглошлифовальном станке с одновременной обработкой торцовых поверхностей (13) и (14).

Экономическая точность шлифования даже на операциях черновой обработки соответствует 10 качеству.

Поэтому допуск на размер 14,1 мм ступени вала (13 14) экономически выгодно ужесточить до $T(13\ 14) = 0,07$ мм и рассчитать его новое номинальное значение от наибольшей предельной величины.

Уравнение с замыкающим звеном (см. рис. 3.30): $[8_16]=(13_14)_{-0,07}-12_{-0,18}$.

Номинальное значение замыкающего звена при расчете от $A_{\Delta \max}$ определяется из уравнений

$$A_{\Delta} = A_{\Delta \max} - T A_{\Delta} / 2 - \Delta 0 A_{\Delta}; \quad A_{\Delta} = A_{\Delta \max} - w A_{\Delta} / 2 - \Delta w A_{\Delta}.$$

Номинальное значение зазора $[8_16]$ при расчете от наибольшего предельного значения исходного звена $[8_16]_{\max}=2,2$ мм

$$\begin{aligned} [8_16] &= [8_16]_{\max} - w[8_16] / 2 - \Delta w[8_16] = \\ &= 2,2 - \frac{0,07 + 0,18}{2} - \left[\frac{0 + (-0,07)}{2} - \frac{0 + (-0,18)}{2} \right] = 2,2 - 0,125 - (+0,055) = 2,02 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Номинальный размер определяемого звена $2,02 = (13_14) - 12$, $(13_14) = 14,02$ мм.

Округление расчетного номинального размера увеличивающего составляющего звена при расчете номинального размера замыкающего звена от наибольшего предельного значения необходимо проводить с уменьшением его величины. Тогда замыкающее звено не станет больше наибольшего.

Принимаем окончательный номинальный размер $(13_14) = 14$ мм.

В крайнем правом положении вала зазор $[8_16]$ наибольший и не должен превышать 2,2 мм. После округления, замыкающее звено уменьшилось на 0,02, и его величина оказалась равной

$$w[8_16]_{\max} = 2,2 - 0,02 = 2,18 \text{ мм.}$$

Размер определяемой ступени вала принимаем равным $(13_14) = 14_{-0,07}$ мм.

Проверим возможный наименьший предельный размер зазора $[8_16]$ в крайнем левом положении вала, подставив новое значение размера (13_14) в уравнение с замыкающим звеном (см. с. 67 и 68).

$$[8_16] = 14_{-0,07} + 15_{-0,12} + 3,2_{-0,1} - 18,35^{+0,21} - 12_{-0,18}.$$

Поле рассеяния при вероятностном методе расчета

$$w[8_16] = 3 \sqrt{0,111 \cdot (0,07^2 + 0,12^2 + 0,1^2 + 0,21^2 + 0,18^2)} = 0,325 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[8_16] = \frac{0 + (-0,07)}{2} + \frac{0 + (-0,12)}{2} + \frac{0 + (-0,1)}{2} - \frac{0,21 + 0}{2} - \frac{0 + (-0,18)}{2} =$$

$$= (-0,035) + (-0,06) + (-0,05) - (+0,105) - (-0,09) = -0,16 \text{ мм.}$$

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена

$$w_o[8_16] = \Delta w[8_16] + w[8_16]/2 = -0,16 + 0,325/2 = +0,002 \text{ мм;}$$

$$w_n[8_16] = \Delta w[8_16] - w[8_16]/2 = -0,16 - 0,162 = -0,322 \text{ мм.}$$

Номинальный размер замыкающего звена $[8_16] = 14 + 15 + 3,2 - 18,35 - 12 = 1,85$.

Окончательный размер замыкающего звена равен: $1,85 \begin{smallmatrix} +0,002 \\ -0,322 \end{smallmatrix}$ мм.

Наименьший размер в левом положении вала $[8_16]_{\min} = 1,85 - 0,322 = 1,528 \text{ мм.}$

Исходный зазор — 1,5...2,2. Поле допуска $T[8_16] = 0,7 \text{ мм.}$

Расчетное поле рассеяния $w[8_16] = 2,18 - 1,528 = 0,652 \text{ мм.}$

Поле рассеяния меньше поля допуска и находится внутри его. Соединение годное.

Рассмотренное решение смешанной задачи не претендует на лучший вариант расчета, но показывает возможности размерного анализа по выпуску изделий с высокой надежностью получения исходных звеньев, заданных условиями проекта.

Попытаемся подобным образом исправить брак по исходному звену $[17_30]$. Поле рассеяния замыкающего звена от наименьшего предельного значения (см. с. 75) до наибольшего значения (см. с. 78) имеет колебание, составляющее

$$w[17_30] = 2,532 - 1,625 = 0,907 \text{ мм.}$$

В двух положениях вала уравнения с замыкающим звеном-зазором $[17_30]$ содержат повторяющиеся составляющие размеры D_1 , L_2 , B_3 и $Ш_1$ (см. рис. 3.30 и 3.31, с. 76).

Ступень вала $D_1 = (13_14)$ с заменой точности с 0,18 до 0,07 мм.

Дно крышки $L_2 = (30_31) = 5 \pm 0,15 \text{ мм}$ (точность заготовки).

Конструктивный размер корпуса $B_3 = (7_8) = 12_{-0,18} \text{ мм.}$

Высота колеса зубчатого $Ш_1 = (16_17) = 25_{-0,21} \text{ мм.}$

Если на операции механической обработки крышки ввести технологический переход подрезания торцевой поверхности дна (30) в окончательный размер 12 квалитета, то в расчетные уравнения можно ввести составляющее звено $L_2 = (30_31) = 5 \pm 0,06 \text{ мм.}$

Торцовые поверхности колеса зубчатого на финишных операциях обрабатываются шлифованием с экономической точностью 10 квалитета. Для последующих расчетов принимаем:

$$\text{высоту колеса } Ш_1 = (16_17) = 25_{-0,084} \text{ мм;}$$

$$\text{размер } B_3 \text{ корпуса } B_3 = (7_8) = 12_{-0,11} \text{ мм (11 квалитет).}$$

С учетом наибольшего предельного значения исходного звена (левое фиксированное положение вала (см. рис. 3.31)) решим прямую задачу, а в крайнем правом (см. рис. 3.30) — обратную.

Расчетное уравнение с замыкающим звеном имеет вид:

$$[17_30] = -5 \pm 0,06 + (29_31)_{-0,25} + 12_{-0,11} + 18,35^{+0,21} - 3,2_{-0,1} -$$

$$- 15_{-0,12} - 14_{-0,07} - 25_{-0,084} .$$

Поле рассеяния звена [17_30] в крайнем левом положении вала $w[17_30]=$
 $= 3\sqrt{0,111 \cdot (0,12^2 + 0,25^2 + 0,11^2 + 0,21^2 + 0,1^2 + 0,12^2 + 0,07^2 + 0,084^2)} = 0,356 \text{ мм.}$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[17_30] = -(0) + (-0,125) + (-0,055) + (+0,105) - (-0,05) -$$

$$-(-0,06) - (-0,035) - (-0,042) = +0,112 \text{ мм.}$$

Номинальное значение замыкающего звена при расчете от [17_30]max исходного (в крайнем левом положении вала)

$$[17_30] = [17_30]_{\max} - w[17_30] - \Delta w[17_30] = 2,2 - 0,356/2 - (+0,112) = 1,91 \text{ мм.}$$

Расчетный номинал определяемого увеличивающего звена

$$1,91 = -5 + (29_31) + 12 + 18,35 - 3,2 - 15 - 14 - 25, \quad (29_31) = 33,76 \text{ мм.}$$

Принимаем определяемый размер $(29_31) = 33,76_{-0,25} \text{ мм.}$

Наименьший предельный размер замыкающего звена должен рассчитываться при крайнем правом положении вала.

Решим эту проверочную задачу.

Уравнение с замыкающим звеном

$$[17_30] = -5 \pm 0,06 + 33,76_{-0,25} + 12_{-0,11} - 14_{-0,07} - 25_{-0,084} \cdot$$

Поле рассеяния замыкающего звена

$$w[17_30] = 3\sqrt{0,111 \cdot (0,12^2 + 0,25^2 + 0,11^2 + 0,07^2 + 0,084^2)} = 0,314 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния замыкающего звена

$$\Delta w[17_30] = -\frac{0,06 + (-0,06)}{2} + \frac{0 + (-0,25)}{2} + \frac{0 + (-0,11)}{2} - \frac{0 + (-0,07)}{2} - \frac{0 + (-0,084)}{2} =$$

$$= -0 - 0,125 - 0,055 + 0,035 + 0,042 = -0,103 \text{ мм.}$$

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена:

$$w_o[17_30] = \Delta w[17_30] + w[17_30]/2 = -0,103 + 0,314/2 = +0,054 \text{ мм;}$$

$$w_n[17_30] = \Delta w[17_30] - w[17_30]/2 = -0,103 - 0,157 = -0,26 \text{ мм.}$$

Номинальный размер замыкающего звена в проверочной задаче

$$[17_30] = -5 + 33,76 + 12 - 14 - 25 = 1,76 \text{ мм.}$$

Окончательный размер звена-зазора равен $1,76_{-0,260}^{+0,054} \text{ мм.}$

Наименьшее предельное значение зазора в крайнем правом положении вала $[17_30] = 1,76 - 0,26 = 1,5 \text{ мм}$ равно наименьшему предельному размеру исходного звена.

Результаты расчета отвечают размерно-точностной характеристике сборочного соединения.

В рассмотренном варианте заданные предельные значения исходных звеньев и расчетные номинальные величины составляющих звеньев (чертежных размеров) получены при ужесточении допусков составляющих звеньев в уравнениях размерных цепей. Изменению подверглись:

линейный размер одной из ступеней вала (см. рис. 3.21, с. 65).

Его начальный размер $D_1 = (13_14) = 14,1_{-0,18} \text{ мм;}$ конечный — $14,1_{-0,07} \text{ мм;}$

линейный размер зубчатого колеса (см. рис. 3.2, с. 56).

Его начальный размер $Ш1=(16_{-17})=25_{-0,21}$ мм; конечный — $25_{-0,084}$ мм; размер крышки в исходной заготовке (см. рис. 3.24, с. 66) $Л2=5 \pm 0,15$ мм.

После ужесточения допуска $Л2=(30_{-31})=5 \pm 0,06$ мм.

Ужесточение допуска на размер вала в пределах экономической точности 10 качества не потребует введения дополнительной операции или технологического перехода в процесс его механической обработки.

Ужесточение допуска на размер зубчатого колеса потребует дополнительной обработки торцовых поверхностей шлифованием (или подрезкой). Увеличится также число операций или переходов при механической обработке крышки корпуса для получения более точного размера толщины дна.

Возможен и другой вариант выпуска годного сборочного соединения по зазорам $[8_{-16}]$ и $[17_{-30}]$, который основан на уменьшении числа составляющих звеньев в уравнениях. Попробуем не делать больших изменений в ранее выполненных расчетах и чертежных эскизах на отдельные детали сборочного соединения.

В размерных схемах (см. рис. 3.30 и 3.31, с. 76) и уравнениях на зазор $[17_{-30}]$ крышка Л характеризуется двумя размерами: $Л2=(30_{-31})$ и $Л3=(29_{-31})$. Если простановку размеров на чертежном эскизе изменить так, как показано на рис. 3.32, суммарные допуски в уравнениях будут уменьшены за счет уменьшения числа составляющих звеньев. В этом случае на крышке корпуса обработке подлежит только одна торцовая поверхность (29), а толщина дна сохраняет размеры исходной заготовки.

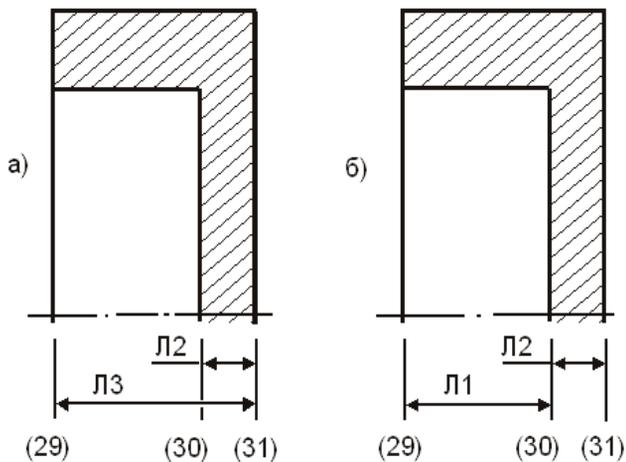


Рис. 3.32. Варианты простановки размеров: а) первоначальные расчетные; б) предлагаемые размеры

На рис. 3.33 и 3.34 (см. с. 82) показаны размерные схемы и уравнения при крайних положениях вала. Из разности номинальных размеров $Л3$ и $Л2$ на крышке корпуса можно определить ориентировочное номинальное значение размера $Л1$, которое находится в табличном интервале допусков 18...30 мм.

Точность 12 качества в этом интервале $T=0,21$ мм. Тогда в крайнем правом положении вала (см. рис. 3.33) уравнение примет вид:

$$[17_{-30}]=(29_{-30})_{-0,21}+12_{-0,11}-14_{-0,07}-25_{-0,084},$$

а в крайнем левом (см. рис. 3.34) —

$$[17_{-30}]=(29_{-30})_{-0,21}+12_{-0,11}+18,35^{+0,21}-3,2_{-0,1}-15_{-0,12}-14_{-0,07}-25_{-0,084}.$$

Любое из этих уравнений может быть использовано для определения линейного размера $Л1=(29_{-30})$.

Проектная задача решается по первому уравнению.

Проверочная задача выполняется по второму уравнению.

Крайнее правое положение вала.

Исходный зазор минимальный.

Номинальное значение замыкающего звена

$$\begin{aligned} [17_{-30}] &= [17_{-30}]_{\min} + w[17_{-30}]/2 - \Delta w[17_{-30}] = \\ &= 1,5 + \frac{0,474}{2} - \left[\frac{0 + (-0,21)}{2} + \frac{0 + (-0,11)}{2} - \frac{0 + (-0,07)}{2} - \frac{0 + (-0,084)}{2} \right] = 1,82 \text{ мм.} \end{aligned}$$

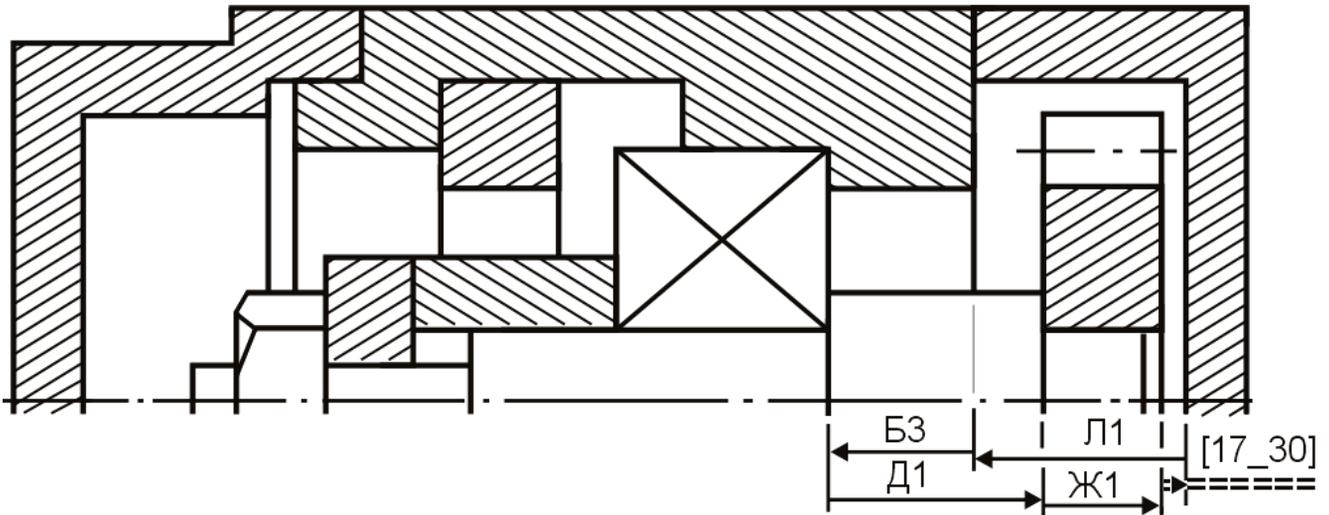
Номинальное значение составляющего звена

$$1,82=(29_{-30})+12-14-25; (29_{-30})=28,82 \text{ мм.}$$

Увеличивающее составляющее звено увеличим, округлив до первого знака после запятой, и примем равным:

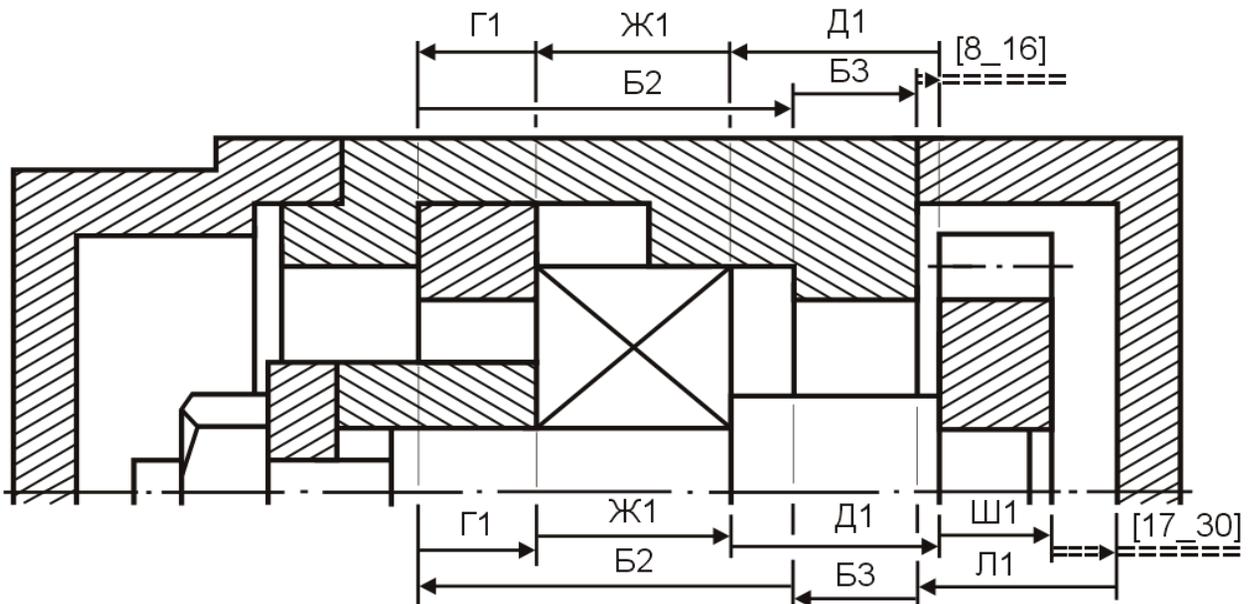
$$Л1=(29_{-30})=28,9_{-0,21}.$$

При этом наименьшее значение замыкающего звена увеличилось на 0,01 мм.



$$[17_{-30}]=(29_{-30})+(7_{-8})-(13_{-14})-(16_{-17})=Л1+Б3-Д1-Ш1$$

Рис. 3.33. Размерная схема и уравнение с замыкающим звеном [17_30]



$$[17_{-30}]=(29_{-30})+(7_{-8})+(5_{-7})-(1_{-2})-(9_{-10})-(13_{-14})-(16_{-17})=Л1+Б3+Б2-Г1-Ж1-Д1-Ш1$$

Рис. 3.34. Размерная схема и уравнение с замыкающим звеном [17_30]

В крайнем левом положении вала (см. рис. 3.34) наибольший предельный размер зазора [17 30] не должен превышать 2,2 мм.

Подставим размер крышки в уравнение и решим проверочную задачу. Расчетное уравнение с замыкающим звеном имеет вид:

$$[17_{-30}]=28,9_{-0,21}+12_{-0,11}+18,35^{+0,21}-3,2_{-0,1}-15_{-0,12}-14_{-0,07}-25_{-0,084}.$$

Поле рассеяния замыкающего звена [17_30] в крайнем левом положении вала

$$w[17_{-30}]=3\sqrt{0,111\cdot(0,21^2+0,11^2+0,21^2+0,1^2+0,12^2+0,07^2+0,084^2)}=0,37 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[17_30]=+(-0,105)+(-0,055)+(+0,105)-(-0,05)-(-0,06)-(-0,035)-(-0,042)=+0,132 \text{ мм.}$$

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена:

$$\begin{aligned} \text{во}[17_30] &= \Delta w[17_30] + w[17_30]/2 = +0,132 + 0,37/2 = +0,317 \text{ мм;} \\ \text{но}[17_30] &= \Delta w[17_30] - w[17_30]/2 = +0,132 - 0,185 = -0,053 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Номинальный размер замыкающего звена в проверочной задаче

$$[17_30] = +28,9 + 12 + 18,35 - 3,2 - 15 - 14 - 25 = 2,05 \text{ мм.}$$

Окончательный размер замыкающего звена $2,05 \begin{smallmatrix} +0,317 \\ -0,053 \end{smallmatrix}$ мм.

Наибольшее предельное значение $[17_30]_{\text{max}} = 2,367$ мм.

Запас по наибольшему предельному значению отрицательный:

$$\text{Зап по max} = 2,2 - 2,367 = -0,167 \text{ мм.}$$

Отрицательный запас свидетельствует о том, что в крайнем правом положении вала наибольшее предельное значение зазора в сборочном соединении может превосходить исходную величину, равную 2,2 мм. Последующий размерный анализ и возможные варианты положительного решения поставленной задачи должны обеспечить уменьшение суммарного поля рассеяния. На данный момент поле рассеяния равно

$$w[17_30] = 2,367 - 1,510 = 0,857 \text{ мм.}$$

Допуск исходного звена задан величиной $T[17_30] = 0,7$ мм.

Отрицательный запас по допуску может быть ликвидирован путем изменения постановки размеров на чертежных эскизах корпуса и других деталей сборочного соединения и разумным ужесточением допусков в пределах экономической точности операций механической обработки. Например, обработка точной исходной заготовки из алюминиевого сплава на первой токарной операции с использованием многопозиционного оборудования и многоинструментальных наладок выполняется с экономической точностью 10...11 квалитетов. Следовательно, размеры крышек и корпуса можно задать не по 12, а по 11 квалитету без увеличения трудоемкости их изготовления.

Решим и этот вариант смешанной задачи только для последних уравнений с замыкающим звеном $[17_30]$.

3.3. Контрольные упражнения

3.3.1

Повторить решение размерных цепей с замыкающим звеном $[17_30]$ (см. рис. 3.33 и 3.34, с. 82), используя для расчетов ужесточенные допуски с 12 до 11 квалитетов на размеры корпуса и крышки.

Квалитет 12: $L1 = (29_30)_{-0,21}$; $B2 = (5_7) = 18,35^{+0,21}$; $B3 = (7_8) = 12_{-0,18}$ мм.

Квалитет 11: $L1 = (29_30)_{-0,13}$; $B2 = (5_7) = 18,35^{+0,13}$; $B3 = (7_8) = 12_{-0,11}$ мм.

Ответ и решение на с. 376.

3.3.2

Обеспечить требуемый зазор $[1_2]$ между торцом ведомой шестерни и шайбой упорной в сборочном соединении механизма привода масляного насоса. Сборочный эскиз и размерная схема на рис. 3.35 (см. с. 84).

Из служебного назначения механизма следует, что наименьший предельный зазор должен быть равен 0,14, а наибольший — 0,76 мм.

Известные конструктивные размеры деталей с учетом экономической точности и технологичности: $(2_3)=(4_5)=2,5_{-0,06}$ мм; $(3_4)=140_{-0,4}$ мм.

Один из вариантов решения показан на с. 376 и 377.

3.4. Решение сборочных размерных цепей методом пригонки

Метод заключается в том, что в размерную цепь изделия включается так называемое компенсирующее звено — неподвижный компенсатор.

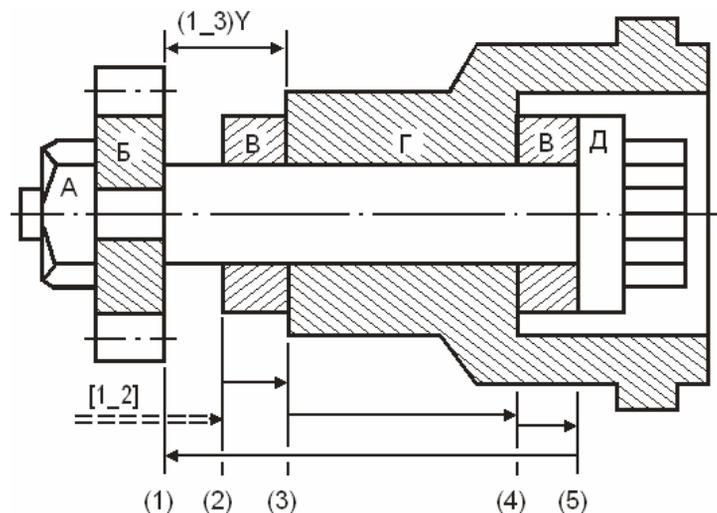


Рис. 3.35. Механизм привода насоса:
А – гайка, Б – колесо зубчатое, В – шайбы упорные, Г – корпус, Д – вал привода

При расчете такой размерной цепи на все составляющие ее звенья назначают легко достижимые допуски. Требуемая точность замыкающего звена достигается путем дополнительной обработки (пригонки) неподвижного компенсатора на сборке, в качестве которого обычно используются прокладки, простановочное кольцо или одна из деталей сборочного соединения. Для примера рассмотрим механизм привода масляного насоса (см. рис. 3.35), используя в качестве компенсатора высоту шайбы упорной. Достоинством метода является то, что он позволяет при высоких требованиях к точности исходного звена назначать расширенные допуски на составляющие звенья размерной цепи, благодаря чему упрощается механическая обработка деталей и уменьшается трудоемкость их изготовления.

К недостаткам метода относится необходимость проводить разборку и повторную сборку для подгонки компенсатора, что увеличивает трудоемкость сборки. Расчет размерных цепей с пригонкой осуществляется как по методу максимума-минимума, так и по теоретико-вероятностному методу, и сводится к следующему.

По условиям расчета необходимо задаться номинальным размером и предельными значениями исходного звена.

Для нашего случая $[1_2]=0^{+0,76}_{-0,14}$ мм.

Чтобы удовлетворить условию равенства номинальных значений в уравнении

$$[1_2]=-(2_3)-(3_4)-(4_5)+(1_5),$$

назначаются следующие величины:

$$(2_3)=2,5; (3_4)=140; (4_5)=2,5; (1_5)=145\text{мм}.$$

На все составляющие звенья размерной цепи, включая и компенсатор, выбираем легко достижимые в производственных условиях допуски и назначаем отклонения:

$$T'(2_3)=T'(4_5)=0,06; (2_3)=(4_5)=2,5_{-0,06} \text{ мм}.$$

$$T'(3_4)=0,6; (3_4)=140_{-0,6} \text{ мм}. T'(1_5)=0,4; (1_5)=145_{-0,4} \text{ мм}.$$

Здесь T' — производственный допуск

Производственный допуск замыкающего звена

$$T'[1_2]=T'(2_3)+T'(3_4)+T'(4_5)+T'(1_5)=0,06+0,6+0,06+0,4=1,12 \text{ мм}.$$

Разность между $T'[1_2]$ и $T[1_2]$ равна величине необходимой компенсации погрешностей замыкающего звена

$$TK=T'[1_2]-T[1_2]=1,12-0,62=0,5 \text{ мм}.$$

Так как компенсация производится путем дополнительной обработки одной из деталей, необходимо учитывать погрешность метода компенсации ТМК.

Величина ТМК зависит от точности последней технологической операции по дополнительной обработке компенсатора (фрезерование, точение, шлифование, шабрение, притирка и т. д.) и не должна превышать значение поля допуска исходного звена $T[1_2]=0,62$ мм, т. е. $ТМК < T[1_2]$.

В рассматриваемом примере в качестве компенсатора принята высота шайбы упорной с точностью $ТМК = T'(2_3) = T'(4_5) = 0,06$ мм. Поэтому окончательная величина возможной наибольшей компенсации

$$TK = T'[1_2] - T[1_2] + ТМК = 1,12 - 0,62 + 0,06 = 0,56 \text{ мм.}$$

Координата середины поля производственного допуска замыкающего звена из уравнения на с. 84 равна

$$\begin{aligned} OT'[1_2] &= -OT'(2_3) - OT'(3_4) - OT'(4_5) + OT'(1_5) = \\ &= -\frac{0 + (-0,06)}{2} - \frac{0 + (-0,6)}{2} - \frac{0 + (-0,06)}{2} + \frac{0 + (-0,4)}{2} = +0,26 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Координата середины поля допуска исходного звена-размера $0_{-0,14}^{+0,76}$ составляет

$$OT[1_2] = (0,76 + 0,14) / 2 = 0,45 \text{ мм.}$$

Так как координаты не равны, то определяется величина необходимой компенсации координаты середины. Поля рассеяния погрешности замыкающего звена:

$$\Delta wK = +(-)(OT[1_2] - T'[1_2]).$$

Знак плюс ставится, в случае, если компенсатор является увеличивающим звеном, а знак минус — уменьшающим.

В уравнении с замыкающим звеном $[1_2]$ размеры высоты шайбы упорной (2_3) или (4_5) — уменьшающие звенья.

Следовательно,

$$\Delta wK = -[0,45 - (+1,12)] = -0,67 \text{ мм.}$$

Предельные значения величины необходимой компенсации размера замыкающего звена:

$$воK = \Delta wK + TK / 2 = -0,67 + 0,56 / 2 = -0,39; \quad ноK = \Delta wK - TK / 2 = -0,67 - 0,56 / 2 = -0,95 \text{ мм.}$$

Если $воK < 0$ и $ноK < 0$, то для уменьшения объема пригоночных работ следует изменить размер компенсатора, используя формулу $(2_3)'K = (2_3)K + воK$ с учетом знака при $воK$.

Так как в нашем случае величина $воK$ отрицательная, то номинальный размер компенсатора, равный 2,5 мм, изменится: $(2_3)'K = 2,5 + (-0,39) = 2,11$ мм.

Измененный размер компенсатора $(2_3)'K = 2,11 - 0,06$ мм.

Если $воK > 0$, на сборке необходимо увеличить принятое значение размера компенсатора на такую же величину. Так как компенсатор неподвижен, такое увеличение осуществить невозможно.

Для исключения возможности подобного случая при сборке необходимо заранее изменить номинальный размер компенсатора, и на его рабочем чертеже указать новый размер $(2_3)'K$, рассчитанный по формуле

$$(2_3)'K = (2_3)K - воK.$$

Рассмотрим пример. Предварительно размер компенсатора $AK = 20_{-0,1}$ мм.

По расчету получены $воK = +0,5$ мм и $ноK = -0,02$ мм.

Тогда окончательный размер $A'K = (20 + 0,5)_{-0,1} = 20,5_{-0,1}$ мм.

3.5. Метод регулирования с применением неподвижного компенсатора

В условиях, когда величина исходного допуска мала, решение сборочной цепи бескомпенсационным методом невозможно.

В производстве широкое применение находит метод регулирования с использованием неподвижного компенсатора. При его применении замыкание сборочной цепи осуществляется совокупностью компенсирующего и исходного звеньев и достигается так называемая необходимая минимальная компенсация. При этом способе решения сборочной размерной цепи выбирается, прежде всего, компенсатор, затем определяются возможная величина компенсации и число ступеней компенсатора. Затем рассчитывают размеры компенсаторов и диапазоны колебаний разрывов цепи (без размера компенсирующего звена), соответствующие размерам тех компенсаторов, установка которых в цепь обеспечит получение заданного значения исходного звена.

Технология сборки узла.

Изделие собирается из всех деталей, кроме той, которая играет роль компенсирующего звена.

В изделии измеряется величина промежутка между деталями, сопрягаемыми с компенсирующим звеном, а сам промежуток называют разрывом цепи и обозначают буквенным или цифровым кодом с символом "Y". По величине разрыва цепи с помощью таблицы выбирают компенсатор нужного размера. Затем изделие разбирают для установки выбранного компенсатора. В дальнейшем сборка ведется методом полной взаимозаменяемости.

Рассмотрим применение этого способа для решения сборочной размерной цепи на конкретном примере привода масляного насоса (см. рис. 3.35, с. 84).

Во время сборки привода зазор [1_2] должен иметь следующие значения:

$$[1_2]_{\min}=0,05; [1_2]_{\max}=0,25; [1_2]=0^{+0,25}_{+0,05} \text{ мм}; T[1_2]=0,2; \Delta T[1_2]=0,15 \text{ мм}.$$

Уравнение с замыкающим звеном состоит из четырех составляющих звеньев, и при решении прямой задачи методом расчета на максимум-минимум пришлось бы назначить жесткие допуски на все звенья размерной цепи, ибо допуск исходного звена мал. В качестве компенсирующего звена примем упорную шайбу, так как она обеспечивает минимальную разборку и сборку сборочного соединения. На все составляющие звенья заранее назначим конструктивные номинальные размеры и экономически целесообразные производственные допуски по 10 качеству.

Из размерной схемы (см. рис. 3.35) можно выделить следующие составляющие звенья размерной цепи:

$$\begin{aligned} (2_3) &= 2,5 \text{ мм}, \quad TK=T'(2_3)=0,04 \text{ мм}; \\ (3_4) &= 140 \text{ мм}, \quad T'(3_4)=0,16 \text{ мм}, \quad (3_4)=140_{-0,16} \text{ мм}; \\ (4_5) &= 2,5 \text{ мм}, \quad T'(4_5)=0,04 \text{ мм}, \quad (4_5)=2,5_{-0,04} \text{ мм}; \\ (1_5) &= 145 \text{ мм}, \quad T'(1_5)=0,16 \text{ мм}, \quad (1_5)=145_{-0,16} \text{ мм}. \end{aligned}$$

После сборки колебание зазора между предельными значениями может достигать

$$T'[1_2]=0,04+0,16+0,04+0,16=0,4 \text{ мм},$$

а после предварительной сборки без компенсирующего звена колебание разрыва (1_3)Y в цепи составит

$$T'(1_3)Y=T'[1_2]-TK=0,4-0,04=0,36 \text{ мм}.$$

Допуск исходного звена не должен превышать 0,2 мм, а колебание промежутка (разрыва цепи) без компенсирующего звена не должно превышать интервала

$$T(1_3)Y=T[1_2]-TK=0,2-0,04=0,16 \text{ мм}.$$

Разделим допуски разрывов на N равных интервалов. Для каждого интервала по методу максимума-минимума рассчитаем номинальное значение компенсатора так, чтобы дальнейшую сборку вести методом полной взаимозаменяемости. Тогда минимально необходимое число интервалов будет определяться по формуле

$$N = \frac{T'(1_3)Y}{T(1_3)Y} = \frac{0,36}{0,16} = 2,25.$$

Дробное число округляется до ближайшего большего целого N'.

Принимаем N'=3.

Затем необходимо скорректировать величину интервала промежутка исходного звена с округлением его до сотых долей миллиметра в большую сторону:

$$T(KPP)(1_3)Y = T'(1_3)Y/N' = 0,36/3 = 0,12.$$

Такая корректировка позволяет расширить допуск на размер компенсатора и тем самым снизить его стоимость. Расширенный допуск компенсатора TK(KPP) найдем из выражения $TK(KPP) = T[1_2] - T(KPP)(1_3)Y = 0,2 - 0,12 = 0,08$ мм.

Из исходного уравнения

$$[1_2] = -(2_3) - (3_4) - (4_5) + (1_5) = -(2_3) - 140_{-0,16} - 2,5_{-0,04} + 145_{-0,16}$$

определим разрыв цепи. Если разрыв цепи перевести в разряд замыкающего звена, можно рассчитать все параметры промежутка.

Определим номинальный размер разрыва цепи и его предельные отклонения.

$$[1_3]Y = -(3_4) - (4_5) + (1_5) = -140 - 2,5 + 145 = 2,5 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[1_3]Y = -\Delta 0(3_4) - \Delta 0(4_5) + \Delta 0(1_5) = -(-0,08) - (-0,02) + (-0,08) = +0,02 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения производственного разрыва в цепи:

$$vo[1_3]Y = \Delta w[1_3]Y + T'[1_3]Y/2 = +0,02 + 0,36/2 = +0,2 \text{ мм;}$$

$$но[1_3]Y = \Delta w[1_3]Y - T'[1_3]Y/2 = +0,02 - 0,18 = -0,16 \text{ мм.}$$

С целью упрощения расчета размеров компенсаторов рекомендуется назначать координаты середин полей допусков составляющих звеньев так, чтобы совместить одну из границ расширенного поля допуска замыкающего звена с соответствующей границей его поля допуска, заданного служебным назначением изделия.

При совмещении нижних границ полей допусков замыкающего звена необходимо соблюдать условия:

$$vo[1_3]Y_1 = vo[1_3]Y; \quad но[1_3]Y_1 = vo[1_3]Y - T(KPP)[1_3]Y.$$

Зная скорректированную величину интервала разрыва цепи T(кор)[1_3]Y и число ступеней компенсатора N', можно определить верхнее и нижнее отклонения интервалов (номинальный размер каждого интервала $[1_3]Y_i = 2,5$ мм) всех промежутков.

Предельные отклонения первого и двух последующих промежутков:

$$vo[1_3]Y_1 = vo[1_3]Y = +0,2; \quad но[1_3]Y_1 = vo[1_3]Y_1 - T(KPP)[1_3]Y = +0,2 - 0,12 = +0,08 \text{ мм;}$$

$$vo[1_3]Y_2 = но[1_3]Y_1 = +0,08; \quad но[1_3]Y_2 = vo[1_3]Y_2 - T(KPP)[1_3]Y = +0,08 - 0,12 = -0,04 \text{ мм;}$$

$$vo[1_3]Y_3 = но[1_3]Y_2 = -0,04; \quad но[1_3]Y_3 = vo[1_3]Y_3 - T(KPP)[1_3]Y = -0,04 - 0,12 = -0,16 \text{ мм.}$$

Параметры всех интервалов можно записать в следующем виде:

$$[1_3]Y_1 = 2,5_{+0,20}^{+0,08}; \quad [1_3]Y_2 = 2,5_{-0,04}^{+0,08}; \quad [1_3]Y_3 = 2,5_{-0,16}^{-0,04} \text{ мм.}$$

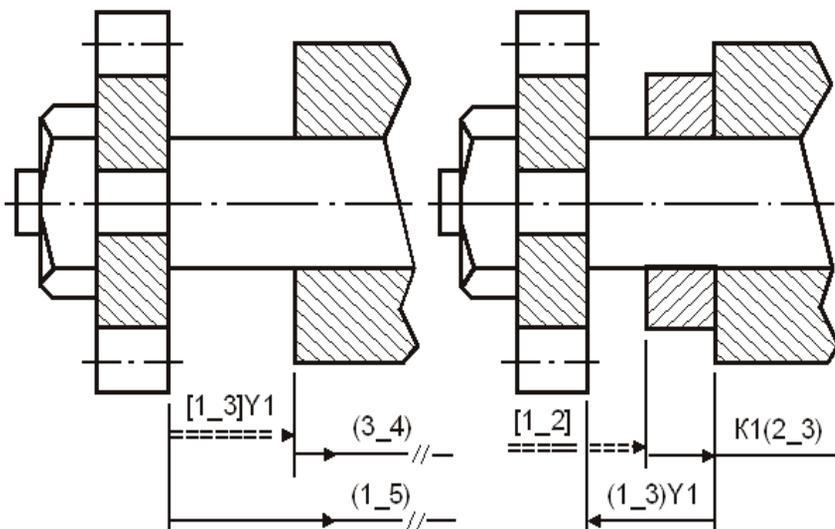


Рис. 3.36. Разрыв цепи $[1_3]Y_i$ и исходное звено $[1_2]$.
Этапы сборки с неподвижным компенсатором

Зная параметры интервалов, для каждого из них необходимо найти предельные отклонения компенсирующего звена, для чего воспользуемся уравнением с исходным замыкающим звеном, замкнутый контур которого содержит составляющие размеры звенья: разрывы в цепи $[1_3]Y_i = (1_3)Y_i$ и компенсаторы $K_i(2_3)$ (см. рис. 3.36).

Размер первого компенсирующего составляющего звена

$$[1_2] = (1_3)Y_1 - K_1(2_3),$$

$$\begin{aligned} +0,25 &\longrightarrow = \longrightarrow +0,20 &\longrightarrow \setminus / \longrightarrow \text{во}K_1(2_3) \\ 0 &= 2,5 &- \setminus 2,5 &; \\ +0,05 &\longrightarrow = \longrightarrow +0,08 &\longrightarrow / \setminus \longrightarrow \text{но}K_1(2_3) \\ +0,05 &= +0,08 - \text{во}K_1(2_3), &\text{во}K_1(2_3) &= +0,03; \\ +0,25 &= +0,20 - \text{но}K_1(2_3), &\text{но}K_1(2_3) &= -0,05; &K_1(2_3) &= 2,5 \begin{matrix} +0,03 \\ -0,05 \end{matrix} \text{ мм.} \end{aligned}$$

Размер второго компенсирующего составляющего звена:

$$\begin{aligned} +0,25 &\longrightarrow = \longrightarrow +0,08 &\longrightarrow \setminus / \longrightarrow \text{во}K_2(2_3) \\ 0 &= 2,5 &- \setminus 2,5 &; \\ +0,05 &\longrightarrow = \longrightarrow -0,04 &\longrightarrow / \setminus \longrightarrow \text{но}K_2(2_3) \\ +0,05 &= -0,04 - \text{во}K_2(2_3), &\text{во}K_2(2_3) &= -0,09; \\ +0,25 &= +0,08 - \text{но}K_2(2_3), &\text{но}K_2(2_3) &= -0,17; &K_2(2_3) &= 2,5 \begin{matrix} -0,09 \\ -0,17 \end{matrix} \text{ мм.} \end{aligned}$$

Размер третьего компенсирующего составляющего звена:

$$\begin{aligned} +0,25 &\longrightarrow = \longrightarrow -0,04 &\longrightarrow \setminus / \longrightarrow \text{во}K_3(2_3) \\ 0 &= 2,5 &- \setminus 2,5 &; \\ +0,05 &\longrightarrow = \longrightarrow -0,16 &\longrightarrow / \setminus \longrightarrow \text{но}K_3(2_3) \\ +0,05 &= -0,16 - \text{во}K_3(2_3), &\text{во}K_3(2_3) &= -0,21 \text{ мм;} \\ +0,25 &= -0,04 - \text{но}K_3(2_3), &\text{но}K_3(2_3) &= -0,29; &K_3(2_3) &= 2,5 \begin{matrix} -0,21 \\ -0,29 \end{matrix} \text{ мм.} \end{aligned}$$

Полученные результаты сведены в табл. 3.1 (см. с. 89).

Схема расположения полей допусков компенсаторов и промежутков представлена на рис. 3.37 (см. с. 90).

Порядок сборки узла.

На сборочную операцию производственного участка цеха будут доставлены следующие детали привода масляного насоса:

корпус привода с контролируемым размером $(3_4) = 140_{-0,16}$ мм;

вал привода с контролируемым размером $(1_5) = 145_{-0,16}$ мм;

шайба упорная с размером $(4_5) = 2,5_{-0,04}$ мм;

компенсирующие шайбы с размерами трех ступеней.

Процесс сборки осуществляется следующим образом:

на вал привода надевается шайба упорная;

вал монтируется в корпус привода насоса;

на вал устанавливается колесо зубчатое и закрепляется гайкой;

вал сдвигается в крайнее левое положение, и измеряется зазор между правой торцовой поверхностью колеса зубчатого и левым торцом корпуса;

по результатам измерения определяется номер интервала промежутка с разрывом цепи (1_3)Y1, (1_3)Y2 или (1_3)Y3 (см. рис. 3.36.и.3.37, с. 88 и 90);

из тары с соответствующим номером ячейки извлекается компенсирующая шайба с размером K1(2_3), K2(2_3) или K3(2_3);

свинчивается гайка и снимается колесо зубчатое;

на вал последовательно устанавливаются компенсирующая шайба и колесо зубчатое, которое окончательно крепится гайкой.

При достаточно широких допусках на составляющие звенья размерной цепи и жестком допуске исходного звена метод регулирования с применением неподвижного компенсатора обеспечивает высокую надежность собираемости каждого соединения.

Таблица 3.1

Результаты расчета значений интервалов в разрывах цепи и соответствующих ступеней компенсаторов

Номер ступени компенсатора, N'	Значение интервала разрыва цепи	Размер, соответствующий ступени компенсатора
1	$(1\ 3)Y_1 = 2,5$ +0,20 -0,08	$K_1(2\ 3) = 2,5$ +0,03 -0,05
2	$(1\ 3)Y_2 = 2,5$ +0,08 -0,04	$K_2(2\ 3) = 2,5$ -0,09 -0,17
3	$(1\ 3)Y_3 = 2,5$ -0,04 -0,16	$K_3(2\ 3) = 2,5$ -0,21 -0,29

3.6. Метод групповой взаимозаменяемости

Встречаются конструкции изделий, в которых допуски на составляющие звенья выполняются по 5...7 квалитетам, а точность замыкающего звена обеспечивается по методу полной взаимозаменяемости.

Такие жесткие требования могут быть реализованы в действующем производстве применением метода групповой взаимозаменяемости.

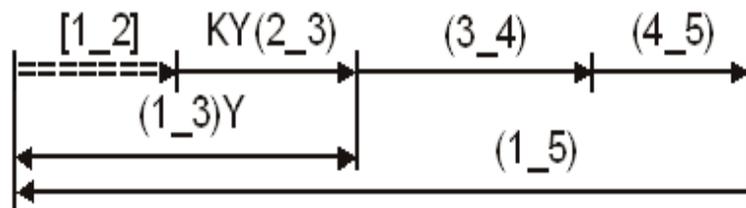
Метод заключается в том, конструкторские допуски заменяются при изготовлении производственными.

Для обеспечения требуемой точности исходного звена непосредственно при сборке изделия производят сортировку сопрягаемых деталей на группы по их действительным размерам. Затем берут сопрягаемые детали из тех групп, при сборке которых обеспечивается допуск замыкающего звена, равный допуску, установленному конструктором. Таким образом, достигается требуемая точность сборочного соединения.

Сортировка деталей на группы по размерам оказывается возможной потому, что действительные размеры деталей являются случайными величинами и имеют поле рассеяния своих значений в пределах допуска.

Сборка по методу групповой взаимозаменяемости носит название селективной сборки.

Размерная схема



Предельные значения промежутков в разрывах цепи

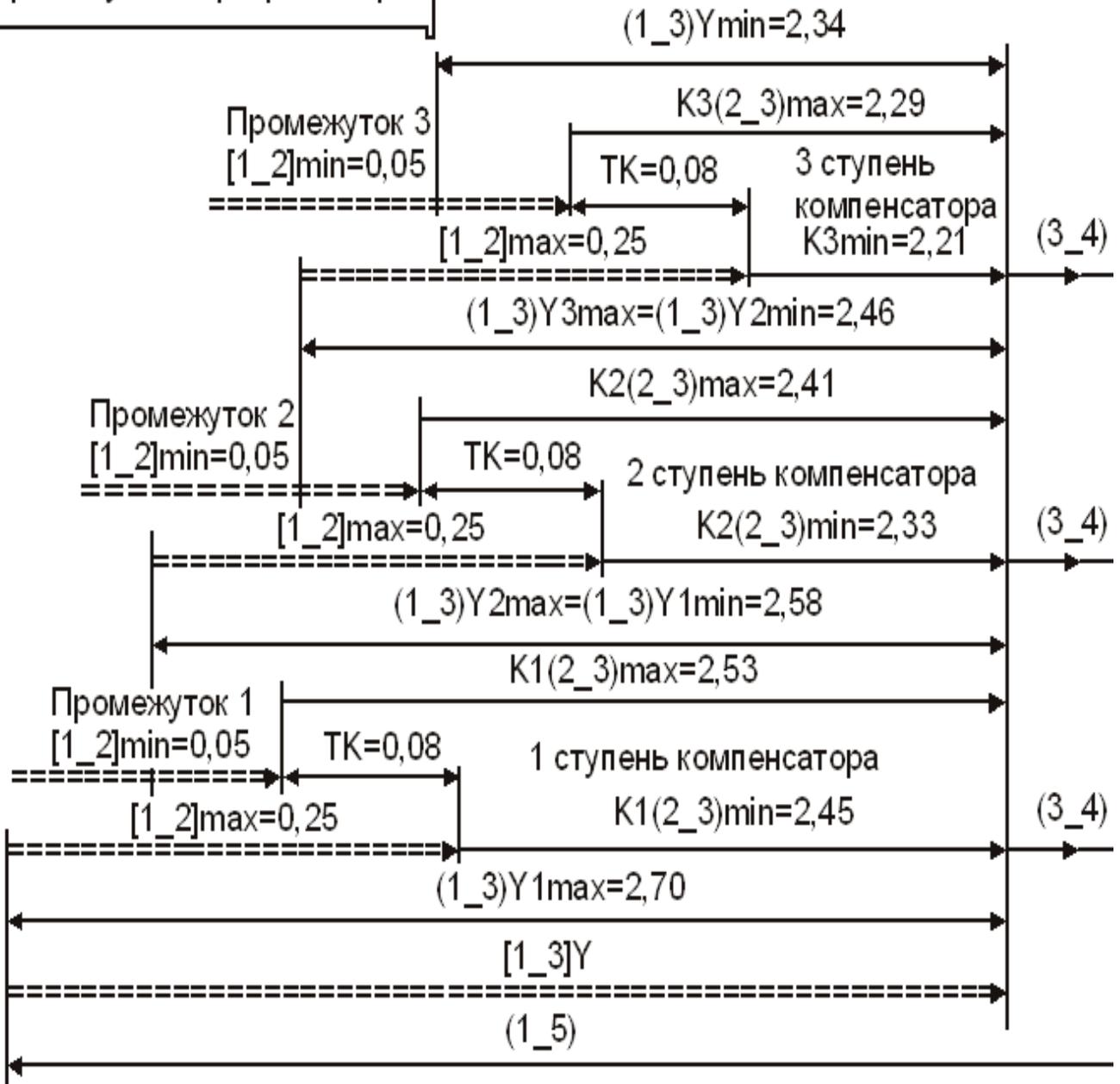


Рис. 3.37. Схема расположения полей допусков компенсаторов и промежутков

Метод групповой взаимозаменяемости имеет ограниченное применение и может использоваться: для размерных цепей, содержащих не более трех составляющих звеньев; для сборочных соединений, которые в процессе эксплуатации изделия не подвергаются разборке и сборке, а заменяются комплексно (например, плунжерные пары, подшипники и т. п.).

При расчете допусков и предельных отклонений составляющих звеньев по методу групповой взаимозаменяемости должно быть выполнено одно условие: арифметическая сумма допусков всех увеличивающих составляющих звеньев должна быть равна сумме уменьшающих, т. е.

$$\sum T_{Ai}(ув) = \sum T_{Ai}(ум).$$

Рассмотрим случай, когда размерная цепь имеет два составляющих звена, а исходное уравнение имеет вид:

$$D_{\Delta} = D_1 - D_2.$$

Например. Обеспечить в соединении вала с отверстием (см. рис. 3.38) зазор

$$T_{D_{\Delta}} = 0,02 \text{ мм}; \quad 0_{+0,01}^{+0,03} \text{ мм}; \quad \Delta 0 D_{\Delta} = \frac{+0,03 + (+0,01)}{2} = +0,02 \text{ мм}.$$

Для выполнения поставленного условия необходимо назначить допуски на D_1 и D_2 так, чтобы $T_{D_1} + T_{D_2} = T_{D_{\Delta}}$ и $T_{D_1} = T_{D_2}$. Затем подбирают такие значения $\Delta 0 D_1$ и $\Delta 0 D_2$, при которых $\Delta 0 D_{\Delta} = \Delta 0 D_1 - \Delta 0 D_2$.

Предельные отклонения определяются по формулам:

$$воD_1 = \Delta 0 D_1 + T_{D_1}/2, \quad ноD_1 = \Delta 0 D_1 - T_{D_1}/2;$$

$$воD_2 = \Delta 0 D_2 + T_{D_2}/2, \quad ноD_2 = \Delta 0 D_2 - T_{D_2}/2.$$

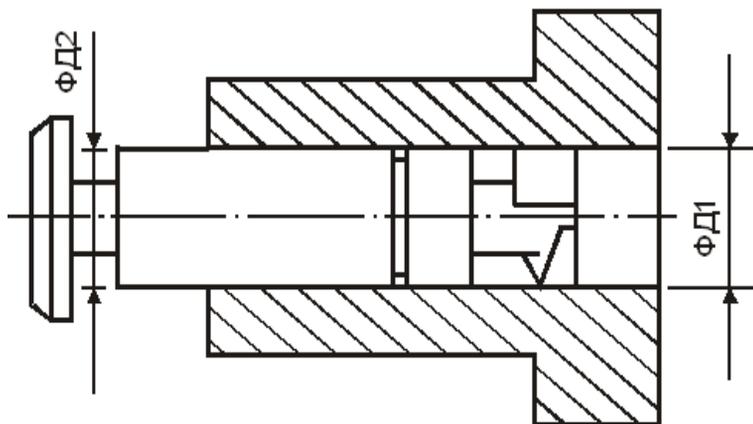


Рис. 3.38. Плунжерная пара:
φD1 – наружный диаметр плунжера,
φD2 – внутренний диаметр отверстия гильзы

На этом заканчивается конструкторский расчет размерной цепи.

Так как полученные по расчету допуски T_{D_1} и T_{D_2} будут трудно выполнимы в производственных условиях, их необходимо увеличить в N раз для того, чтобы получить легко выполнимые допуски.

Допуски увеличивающего и уменьшающего составляющих звеньев необходимо увеличить в одно и то же число раз, т. е. выполнить следующие условия:

$$T'D_1 = NT_{D_1}; \quad T'D_2 = NT_{D_2},$$

где $T'D_1$ и $T'D_2$ — производственные допуски.

Во сколько раз будут увеличены конструкторские допуски на составляющие звенья, во столько же раз увеличится производственный допуск замыкающего звена, т. е. $T'D_{\Delta} = NT_{D_{\Delta}}$.

Число групп, на которые необходимо рассортировать готовые детали, равно N и определяется по формуле

$$N = \frac{T'' D_{\Delta}}{T_{D_{\Delta}}} = \frac{T'' D_1 + T'' D_2}{T_{D_{\Delta}}}.$$

Предельные отклонения D_1 и D_2 для каждой группы определяются по следующим правилам:

а) для первой группы предельные отклонения D_1 и D_2 принимаются равными расчетным значениям:

$$воD_1(1) = воD_1, \quad ноD_1(1) = ноD_1; \quad воD_2(2) = воD_2, \quad ноD_2(1) = ноD_2;$$

б) остальные группы определяют последовательным прибавлением предельных отклонений расчетных конструкторских допусков ТД1 или ТД2. Выбор допуска зависит от того, для какого звена (увеличивающего или уменьшающего) определяются отклонения. Т. е. для каждой группы предельные отклонения размеров Д1 и Д2 определяются по формулам: для группы 2:

$$\text{вод1}(2)=\text{вод1}(1)+\text{ТД1}, \quad \text{нод1}(2)=\text{нод1}(1)+\text{ТД1};$$

$$\text{вод2}(2)=\text{вод2}(1)+\text{ТД2}, \quad \text{нод2}(2)=\text{нод2}(1)+\text{ТД2};$$

для группы N: $\text{вод1}(N)=\text{вод1}(N-1)+\text{ТД1}, \quad \text{нод1}(N)=\text{нод1}(N-1)+\text{ТД1};$

$$\text{вод2}(N)=\text{вод2}(N-1)+\text{ТД2}, \quad \text{нод2}(N)=\text{нод2}(N-1)+\text{ТД2}.$$

В примере дано:

$$\text{ТД}_{\Delta}=0,02; \quad \Delta \text{ОД}_{\Delta}=0,02; \quad \text{Д}_{\Delta}=\text{Д1}-\text{Д2}; \quad \text{Д}_{\Delta}=0 \pm 0,03 \text{ мм.}$$

Конструкторские допуски на размеры Д1 и Д2:

$$\text{ТД1}=\text{ТД2}=\frac{\text{ТД}_{\Delta}}{2}=\frac{0,02}{2}=0,01 \text{ мм.}$$

Координаты середин полей допусков:

$$\Delta \text{ОД}_{\Delta}=\Delta \text{ОД1}-\Delta \text{ОД2}; \quad 0,02=+0,01-(-0,01);$$

$$\Delta \text{ОД1}=+0,01 \text{ мм}; \quad \Delta \text{ОД2}=-0,01 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения размеров Д1 и Д2:

$$\text{вод1}=\Delta \text{ОД1}+\text{ТД1}/2=+0,01+0,01/2=+0,015 \text{ мм,}$$

$$\text{нод1}=\Delta \text{ОД1}-\text{ТД1}/2=+0,01-0,005=+0,005 \text{ мм;}$$

$$\text{вод2}=\Delta \text{ОД2}+\text{ТД2}/2=-0,01+0,01/2=-0,005 \text{ мм,}$$

$$\text{нод2}=\Delta \text{ОД2}-\text{ТД2}/2=-0,01-0,005=-0,015 \text{ мм.}$$

Результаты расчета предельных отклонений для Д1 и Д2 по четырем группам приведены в табл. 3.2.

Для проверки правильности вычисления предельных отклонений по группам служат формулы:

$$\text{вод}_{\Delta}=\text{вод1}(i)-\text{нод2}(i), \quad \text{нод}_{\Delta}=\text{нод1}(i)-\text{вод2}(i); \quad \text{вод}_{\Delta}-\text{нод}_{\Delta}=\text{ТД}_{\Delta}.$$

Таблица 3.2

Результаты расчета предельных отклонений для Д1 и Д2

Номер группы	Д1		Д2		Номер группы	Д1		Д2	
	вод1	нод1	вод2	нод2		вод1	нод1	вод2	нод2
1	+0,015	+0,005	-0,005	-0,015	3	+0,035	+0,025	+0,015	+0,005
2	+0,025	+0,015	+0,005	-0,005	4	+0,045	+0,035	+0,025	+0,015

Проверка для третьей группы дает следующие результаты:

$$\text{вод}_{\Delta}=+0,035-(+0,005)=+0,03 \text{ мм}; \quad \text{нод}_{\Delta}=+0,025-(+0,015)=+0,01 \text{ мм};$$

$$\text{ТД}_{\Delta}=+0,030-(+0,010)=0,02 \text{ мм.}$$

Результаты расчетов соответствуют поставленным задачам.

3.7. Выбор метода достижения точности замыкающего звена

При конструировании изделий часто приходится решать прямую задачу, в которой неизвестны все составляющие звенья.

Выбор методов достижения точности исходного звена зависит от величины допусков на составляющие звенья и от числа их в замкнутых контурах размерных цепей. При выборе необходимо учитывать реальные возможности предприятия по обеспечению проектируемой точности размеров составляющих звеньев и уровня сборочных работ.

Для предварительного выбора точности составляющих звеньев может использоваться способ определения средней величины допуска. При расчете на максимум-минимум для любой плоской размерной цепи среднюю величину допуска определяют по формуле:

$$TA_i(\text{cp}) = TA_{\Delta} / (m-1),$$

где m — общее число звеньев размерной цепи (вместе с замыкающим звеном).

При вероятностном расчете — по формуле
$$TA_i(\text{cp}) = \frac{TA_{\Delta}}{t_{\Delta} \sqrt{\lambda_i^2 (m-1)}}.$$

Данный способ, который часто называют способом расчета равных значений допусков, заключается в том, что на все звенья цепи назначается средний единый допуск. После чего производится проверка назначенных допусков и отклонений. Определяется допуск замыкающего звена и его верхнего и нижнего отклонений. Если результаты не удовлетворяют требованиям исходных звеньев, допуски и отклонения соответственно корректируются. Способ целесообразно использовать только в случаях, когда размеры звеньев лежат в одном табличном интервале: 50...80, 80...120 мм и т. д. Если размеры составляющих звеньев значительно отличаются друг от друга, будет иметь место большая неоднородность квалитетов точности отдельных звеньев.

Для решения прямой задачи применяют и другие способы выбора точности составляющих звеньев: способ попыток; способ расчета допусков одного квалитета точности.

При использовании способа попыток на все составляющие звенья назначают целесообразные, с конструктивной и технологической точек зрения, допуски. Затем производят проверку и необходимую корректировку назначенных допусков и отклонений аналогично предыдущему способу. Способ трудоемок и требует большого навыка в расчетах.

Расчет допусков одного квалитета точности применяют, когда размеры составляющих звеньев размерной цепи значительно отличаются друг от друга. По этому способу на все размеры составляющих звеньев плоской размерной цепи назначаются допуски одного квалитета точности.

Для определения квалитета точности, по которому следует назначать допуски, определяется количество единиц допуска по следующим формулам:

при расчете на максимум-минимум —
$$@ = \frac{TA_{\Delta}}{\sum IA_i};$$

при вероятностном методе расчета —
$$@ = \frac{TA_{\Delta}}{t_{\Delta} \sqrt{\lambda_i^2 \cdot (\sum IA_i)^{2/3}}}.$$

где $@$ — количество единиц допуска, определяющее квалитет точности; TA_{Δ} — допуск замыкающего звена, мкм; Σ — символ суммы составляющих звеньев; $A_i(\text{cp})$ — среднее геометрическое значение интервала размеров, куда и попадает i -е составляющее звено в мм.

Для размеров до 500 мм единица допуска $IA_i = 0,45\sqrt[3]{Ai(cp)} + 0,001Ai(cp)$.

После определения числа единиц допуска находят общий квалитет точности составляющих звеньев, которому соответствует найденное значение числа единиц допуска. Если это число не соответствует какой-либо из величин, определяющих квалитет точности по ГОСТу, выбирают значение, наиболее близкое к вычисленному числу.

Распределение числа единиц допуска по квалитетам показано в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Соответствие числа единиц допуска квалитетам точности

Квалитет точности	6	7	8	9	10	11	12...13	14	15	16
Класс точности	1	2	2а	3	3а	4	5	7	8	9
Число единиц допуска для "отв."	10	16	25	30	64	100	200	400	640	1000
@ для "вала"	7	10	16	30	64	100	200	400	640	1000

Выбрав подходящий квалитет точности, определяют по таблицам величины допусков составляющих звеньев в соответствии с их номинальными значениями.

Возможна корректировка допусков без потери точности замыкающего звена.

3.7.1. Способ расчета допусков одного квалитета точности методом максимума-минимума

Применение способа расчета допусков одного квалитета точности можно проследить на конкретном примере сборочного соединения (см. рис. 3.39).

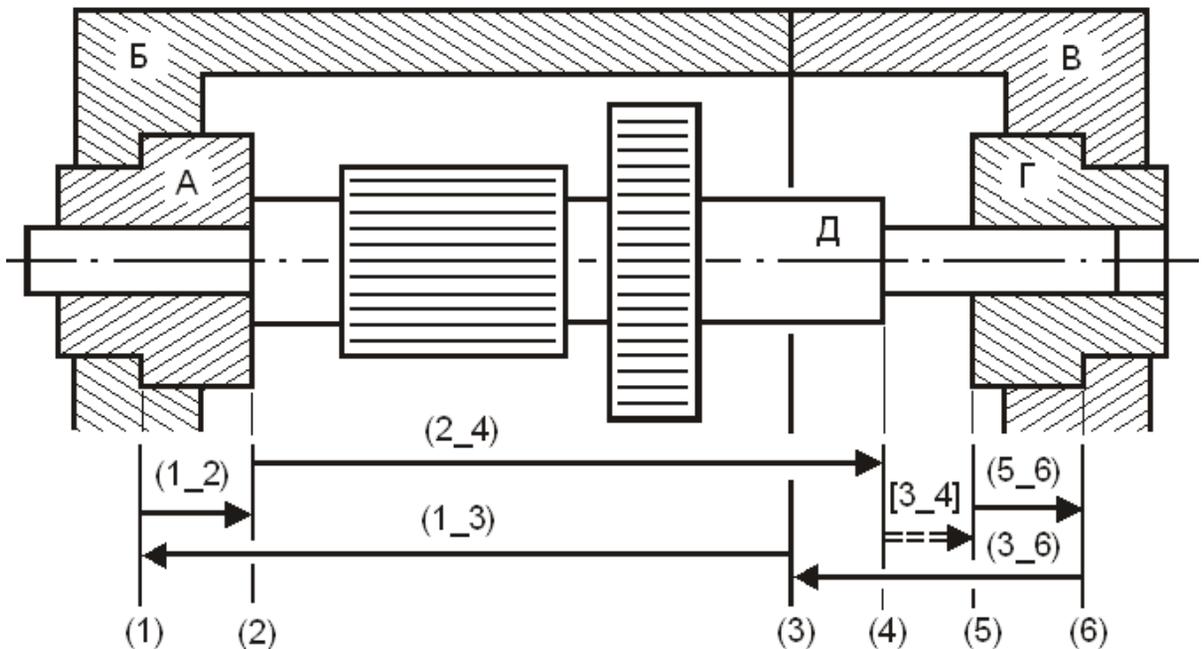


Рис. 3.39. Сборочное соединение: А, Г – подшипники скольжения; Б – корпус; В – крышка; Д – вал. Размерная схема с замыкающим звеном (зазором) [4_5]

Рассчитать допуски на размеры деталей сборочного соединения при условии, что их номинальные значения заданы, а величины предельных значений зазора [4_5] составляют:

$$[4_5]_{\min} = 1,0 \text{ мм}; [4_5]_{\max} = 1,75 \text{ мм}; T[4_5] = 0,75 \text{ мм}.$$

Задача рассчитывается методом максимум-минимума. Уравнение имеет вид:

$$[4_5] = -(5_6) + (3_6) + (1_3) - (1_2) - (2_4).$$

Все конструктивные номинальные значения составляющих звеньев выбраны из чертежа сборочного соединения: $(1_2) = (5_6) = 5$; $(2_4) = 140$; $(1_3) = 101$; $(3_6) = 50$ мм.

Единицы допуска для составляющих звеньев:

$$I(1_2) = 0,45 \sqrt[3]{(1_2)} + 0,001(1_2) = 0,45 \sqrt[3]{5,00} + 0,001(5,00) = 0,774;$$

$$I(3_6) = 0,45 \sqrt[3]{(3_6)} + 0,001(3_6) = 0,45 \sqrt[3]{50,0} + 0,001(50,0) = 1,707;$$

$$I(1_3) = 0,45 \sqrt[3]{(1_3)} + 0,001(1_3) = 0,45 \sqrt[3]{101} + 0,001(101) = 2,196;$$

$$I(2_4) = 0,45 \sqrt[3]{(2_4)} + 0,001(2_3) = 0,45 \sqrt[3]{140} + 0,001(140) = 2,476.$$

Количество единиц допуска, определяющее качество точности для всех значений составляющих звеньев,

$$\begin{aligned} @ &= \frac{T_{A\Delta}}{\sum I A_i} = \frac{T[4 \circ 5]_{(мкм)}}{I(5_6) + I(3_6) + I(1_3) + I(1_2) + I(2_4)} = \\ &= 750 / (0,774 + 1,707 + 2,196 + 0,774 + 2,476) = 94,613. \end{aligned}$$

По значению @ в соответствии с таблицей для составляющих звеньев принимаем качество 11 точности, так как ему соответствует ближайшее по своему значению число единиц допуска. В нашем случае качество точности лежит фактически между 10...11 и сумма допусков составляющих звеньев в уравнении окажется больше допуска исходного звена, равного 0,75 мм.

Действительно: для $(1_2) = (5_6) = 5$ мм допуск 11 качества $T = 0,075$;
 для $(3_6) = 50$ допуск 11 качества $T(3_6) = 0,19$;
 для $(1_3) = 101$ допуск 11 качества $T(1_3) = 0,22$;
 для $(2_4) = 140$ допуск 11 качества $T(2_4) = 0,25$ мм.

Суммарный допуск из точностей 11 качества, равен:

$$\sum T = T(5_6) + T(3_6) + T(1_3) + T(1_2) + T(2_4) = 0,075 + 0,19 + 0,22 + 0,075 + 0,25 = 0,81 \text{ мм.}$$

Запас по исходному допуску отрицательный: $0,75 - 0,81 = -0,06$ мм. На эту величину и следует уменьшить допуск одного или нескольких звеньев против допуска 11 качества точности. Рассматривая составляющие звенья с технологической точки зрения, приходим к заключению, что уменьшение целесообразно отнести к звену (2_4) , которое проще обрабатывать и измерять. Ужесточим его допуск до 10 качества, приняв $T(2_4) = 0,16$. С учетом допусков проставляются предельные отклонения для составляющих звеньев размерной цепи. Одно из номинальных значений переходит в разряд определяемого размера. Уравнение примет вид, готовый для расчета увеличивающего звена (1_3) .

$$[4_5] = -5_{-0,075} + 50 \pm 0,095 + (1_3) \pm 0,11 - 5_{-0,075} - 140_{-0,16}.$$

После завершения всех расчетов в чертежных эскизах на отдельные детали могут быть проставлены окончательно выбранные размеры:

$$(1_2) = (5_6) = 5_{-0,075}; (3_6) = 50 \pm 0,095; (1_3) = 101,22 \pm 0,11; (2_4) = 140_{-0,16} \text{ мм.}$$

Последовательность решения показана на с. 377 и 378.

Проверка.

$$[4_5] = -5_{-0,075} + 50 \pm 0,095 + 101,22 \pm 0,11 - 5_{-0,075} - 140_{-0,16} = 1,22^{+0,515}_{-0,205} \text{ мм;}$$

$$[4_5]_{\min} = 1,015; [4_5]_{\max} = 1,735; w[4_5] = 0,72 \text{ мм.}$$

Задача решена правильно. Поле рассеяния расположено симметрично внутри поля допуска исходного звена.

Трудоемкость расчетов числа единиц допуска для интервалов размеров можно уменьшить, если воспользоваться табл. 3.4.

Таблица 3.4

Числа единиц допуска для интервала размеров при использовании метода максимума-минимума

Табличные интервалы	До 3	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250	250...360	360...500
Число ед. допуска	0,63	0,83	1,00	1,21	1,44	1,71	2,01	2,32	2,66	3,02	3,38	3,78

Числа единиц допуска: для (1_2) и (5_6)=5 мм — 0,83;
 для (3_6) = 50 мм — 1,71;
 для (1_3) = 101 мм — 2,32;
 для (2_4) = 140 мм — 2,66.

Количество единиц допуска, определяющее качество точности для всех значений составляющих звеньев,

$$750 / (0,83 + 1,71 + 2,32 + 0,83 + 2,66) = 90.$$

3.7.2. Способ расчета допусков одного качества точности вероятностным методом

Для расчета допуска воспользуемся примером сборочного соединения (см. рис. 3.39, с. 94) и следующими данными.

Исходные значения замыкающего звена:

$$[4_5]_{\min} = 1,0; [4_5]_{\max} = 1,75; T[4_5] = 0,75 \text{ мм.}$$

$$\text{Уравнение для расчета: } [4_5] = -(5_6) + (3_6) + (1_3) - (1_2) - (2_4).$$

Величина допуска замыкающего звена берется в микрометрах, допуски составляющих звеньев — в миллиметрах.

Для определения числа единиц допуска каждого номинального размера составляющих звеньев размерной цепи необходимо воспользоваться данными табл. 3.5.

Таблица 3.5

Числа единиц допуска для интервала размеров при вероятностном методе

Табличные интервалы	До 3	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250	250...360	360...500
Число ед. допуска	0,40	0,68	1,00	1,45	2,07	2,93	4,05	5,37	7,30	9,10	11,50	14,20

Числа единиц допуска:

для (1_2) и (5_6)=5 мм — 0,68;
 для (3_6) = 50 мм — 4,05;
 для (1_3) = 101 мм — 5,37;
 для (2_4) = 140 мм — 7,30.

Количество единиц точности при вероятностном расчете:

$$@ = \frac{750}{\sqrt{0,68 + 4,05 + 5,37 + 0,68 + 7,3}} = 176,38.$$

По значению @ на основе таблицы для определения качества точности принимаем для составляющих звеньев качество 12...13.

Для размеров: $(1_2)=(5_6)=5$ мм допуск по 12 качеству $T=0,12$;
 $(3_6)=50$ допуск по 12 качеству $T(3_6)=0,25$;
 $(1_3)=101$ допуск по 13 качеству $T(1_3)=0,54$;
 $(2_4)=140$ допуск по 12 качеству $T(2_4)=0,4$ мм.

Поле рассеяния при вероятностном расчете

$$w[4_5]=3,0\sqrt{0,111\cdot(0,12^2+0,25^2+0,54^2+0,4^2+0,12^2)}=0,7368 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния меньше поля допуска исходного звена $T[4_5]=0,75$ мм.

Запас по допуску положительный: Зап по доп=0,0132 мм.

После выполнения всех расчетов в чертежных эскизах на отдельные детали получим окончательно выбранные размеры:

$$(1_2)=(5_6)=5_{-0,12}; (3_6)=50\pm 0,125; (1_3)=101,05\pm 0,27; (2_4)=140-0,4.$$

Последовательность решения показана на с. 378.

Проверка. $[4_5]=-5_{-0,12}+50\pm 0,125+101,05\pm 0,27-5_{-0,12}-140_{-0,4}$.

Номинальный размер замыкающего звена $[4_5]=1,18$ мм.

Поле рассеяния замыкающего звена $w[4_5]=0,7368$ мм.

Координата середины поля рассеяния $\Delta w[4_5]=0,32$ мм.

Верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена:

$$\text{во}[4_5]=\Delta w[4_5]+w[4_5]/2=0,32+0,7368/2=+0,6884 \text{ мм;}$$

$$\text{но}[4_5]=\Delta w[4_5]-w[4_5]/2=0,32-0,7368/2=-0,0484 \text{ мм.}$$

Полное значение замыкающего звена: $[4_5]=1,18_{-0,0484}^{+0,6884}$ мм.

Наименьшее и наибольшее предельные значения:

$$[4_5]_{\min}=1,0016; [4_5]_{\max}=1,7384; w[4_5]=0,7368 \text{ мм.}$$

Задача решена правильно. Поле рассеяния расположено симметрично внутри поля допуска исходного звена.

4. Основные понятия и определения в технологии машиностроения

Технология машиностроения — техническая наука, изучающая закономерности теоретических и практических приемов наиболее производительной и экономичной механической обработки деталей машин в соответствии с требованиями чертежа и сборки из них готовых изделий.

Технология машиностроения по своей природе является наукой комплексной, отражающей все многообразие явлений, возникающих как на локальном этапе изготовления детали или сборки узла, так и в масштабе всего технологического процесса. Поэтому базой технологии машиностроения являются многие теоретические и технические дисциплины: теоретическая механика, сопротивление материалов, некоторые разделы математики, деталей механизмов и машин, основы стандартизации и технические измерения, металлорежущие станки и инструмент, теория резания и другие.

Конструктор работает с определенным "запасом прочности". Специфической особенностью работы технолога является "риск", так как при проектировании решаются многие вопросы организации и экономики производства.

Наряду с теоретическими знаниями необходимо знать передовой опыт заводов и лучшие практические достижения в технологии разных отраслей машиностроения.

Проектирование технологических процессов охватывает огромный комплекс вопросов, сводящихся к сравнению множества вариантов технических решений и оптимизации выбранных решений, технологического процесса в целом (структурная оптимизация) и отдельных операций или технологических переходов (параметрическая оптимизация).

Для решения задач проектирования технологических процессов в последние годы все шире используется электронно-вычислительная техника, особенно в серийном производстве. Широкое применение ЭВМ в практике проектирования и других технологических расчетах привело к созданию в технологии нового направления — автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП), в том числе систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). Ежегодно на проектирование и строительство новых заводов расходуются большие средства. Технологические коллективы разработчиков и пользователей автоматизированных систем занимаются решением крупных государственных задач.

Успех в работе любого машиностроительного завода зависит от соблюдения комплексного проектирования технологии, когда работа конструктора и технолога координируется так, чтобы были обеспечены правильное функционирование машины и экономичность производства (производится совместная отработка изделия на технологичность). Прогрессивная технология является основой успешной работы предприятия. Роль технолога состоит в том, чтобы своевременно внедрить прогрессивную технологию на порученном участке. Даже в условиях установившегося производства инженер-технолог не должен оставлять без внимания операции, где периодически появляется брак, где большие затраты ручного труда, низкая производительность и стойкость инструмента. Это обычно требует большого объема знаний и опыта, начало которым закладывается при изучении основных понятий в машиностроении.

4.1. Единая система технологической документации.

Термины и определения основных понятий (ГОСТ 3.1109-82, СТ СЭВ 2064-79, СТ СЭВ 2522-80, СТ СЭВ 2523-80)

Современное машиностроительное предприятие является сложной хозяйственной организацией с рядом разнородных процессов. Из всех этих процессов выделяется один, характерный именно для промышленного предприятия, — производственный процесс, в котором материалы превращаются в готовые изделия. Прежде чем пояснить сущность производственного процесса, необходимо дать частные определения некоторым терминам:

4.1.1. Изделие — единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах.

4.1.2. Заготовка — предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности или материала изготавливают детали.

4.1.3. Исходная заготовка — заготовка перед первой технологической операцией.

4.1.4. Материал — исходный предмет труда, потребляемый для изготовления изделия.

4.1.5. Основной материал — материал исходной заготовки.

Примечание. К основному материалу относится материал, масса которого входит в массу изделия при выполнении технологического процесса, (например, материал сварочного электрода, припой и т. д.).

4.1.6. Вспомогательный материал — материал, расходуемый при выполнении технологического процесса дополнительно к основному материалу.

Примечание. Вспомогательные материалы расходуются при нанесении покрытия или пропитке, сварке (например, аргон) или пайке (например, канифоль), закалке и т. д.

4.1.7. Полуфабрикат — предмет труда, подлежащий дальнейшей обработке на предприятии-потребителе.

4.1.8. Производственный процесс — совокупность всех действий людей и средств производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий. Производственный процесс предприятия почти всегда является частью всего процесса превращения сырья в готовое изделие. Он включает в себя не только обработку заготовок на разном оборудовании, и контроль качества, транспортировку и хранение продукции на складах, снабжение рабочих мест электроэнергией, охлаждающими и смазывающими жидкостями и т. п. В данной работе изучается лишь одна из частей производственного процесса, связанного с обработкой заготовок, а также применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий в области технологических процессов изготовления и ремонта изделий машиностроения и приборостроения. Термины, установленные стандартом, обязательны для применения в документации всех видов, научно-технической, справочной, учебной и другой литературе.

4.1.9. Технологический процесс — часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

Примечания: 1. Технологический процесс можно отнести к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки; 2. К предметам труда относятся заготовки и изделия.

Данное определение является универсальным для обозначения любых процессов изготовления изделий любыми методами, в том числе механической обработкой. Технологические процессы механической обработки сопровождаются изменением формы, размеров детали, шероховатости поверхности и ее свойств. Изменение физико-механических свойств материала детали (твердость, структура, прочность и т. д.) происходит в процессах термической обработки. Заготовки приобретают новые свойства при насыщении поверхностных слоев или нанесении на них всевозможных покрытий (цементация, азотирование, хромирование, меднение, кадмирование, цинкование, покраска и т. д.). При обработке поверхностей твердосплавными роликами или применении других упрочняющих процессов форма и размеры заготовки почти не изменяются, но меняются свойства поверхностных слоев и улучшаются их эксплуатационные свойства. При сборке машины изменяется относительное положение детали. Все указанные действия относятся к данному определению технологического процесса.

В технологический процесс включаются дополнительные действия орудий труда и рабочих, связанные или сопутствующие качественным изменениям объекта производства. К таким действиям относятся, например, контроль качества, очистка заготовок и деталей, в ряде случаев — транспортирование и т. д.

4.1.10. Обработка — действие, направленное на изменение свойств предмета труда при выполнении технологического процесса.

Достижение необходимых свойств обеспечивается черновым или чистовым резанием, поверхностным пластическим деформированием, термической обработкой, электрофизической и электрохимической обработками, штамповкой и ковкой, обработкой давлением и сочетанием этих методов с механической обработкой.

4.1.11. Черновая обработка — обработка, в результате которой снимается основная часть припуска.

4.1.12. Чистовая обработка — обработка, в результате которой достигаются заданная точность размеров и шероховатость обработанных поверхностей.

4.1.13. Припуск — слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Примечание. К свойствам предмета труда или его поверхности относятся размеры, формы, твердость, шероховатость и т. п.

4.1.14. Операционный припуск — припуск, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

4.1.15. Промежуточный припуск — припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

4.1.16. Допуск припуска — разность между наибольшим и наименьшим значениями размера припуска.

4.1.17. Технологический режим — совокупность значений параметров технологического процесса в определенном интервале времени.

Для управления технологической подготовкой производства предусматриваются следующие виды технологических процессов:

маршрутное описание процесса — сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов;

операционное описание технологического процесса — полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов;

маршрутно-операционное описание технологического процесса — сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

На любой стадии технологической подготовки производства могут разрабатываться и применяться единичный, типовой или групповой процессы с типовыми и групповыми технологическими операциями. Технологический процесс разделяют на части, из которых основной является технологическая операция.

4.1.18. Технологическая операция — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Технологическую операцию в машиностроении следует понимать как часть технологического процесса для одной определенной детали (или для совокупности нескольких одновременно обрабатываемых деталей), выполняемого одним или группой рабочих непрерывно и на одном рабочем месте. Непрерывность выполнения операции понимается здесь как условие, при котором до окончания выполнения данной операции заготовка не передается на другое рабочее место.

Содержание операции изменяется в широких пределах: от работы, выполняемой на отдельном станке в обычном производстве, до работы в автоматизированном производстве, выполняемой на автоматической линии, представляющей собой комплекс технологического оборудования, связанного единой транспортной системой, и имеющей единую систему управления.

Примером операции может служить последовательное обтачивание вала с одной и другой стороны за два установка в центрах одного станка (т.е. непрерывно). Если же все валы данной партии обтачиваются сначала с одной стороны, а потом с другой, то данный вал обрабатывается за две технологические операции (принцип непрерывности обработки каждой отдельной заготовки нарушен).

Операция является основной частью технологического процесса, а в планово-организационном отношении — основной единицей производственного планирования. По операциям определяют трудоемкость технологического процесса, требуемое количество производственных рабочих и материально-техническое обеспечение процесса (оборудование, оснастка, приспособления и инструмент).

В определение операции включено понятие "рабочее место", которое является частью производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими единица технологического оборудования или часть конвейера, а также оснастка и на ограниченное время предметы производства.

По объему выполняемой работы технологическая операция может состоять из следующих структурных элементов.

4.1.19. Установ — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемых сборочных единиц.

Примером установа может служить обработка вала на токарном станке:

если на одном и том же станке последовательно обрабатываются оба конца заготовки с переустановкой и закреплением в центрах или патроне, то подобная операция будет иметь два установа;

если каждый конец вала обрабатывается на отдельном станке, то полная токарная обработка выполняется в две операции по одному установу в каждой.

Обработка граней куба на фрезерном станке с использованием обычных тисков может быть выполнена за одну операцию и шесть установов.

4.1.20. Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

Здесь имеется в виду каждое из различных положений заготовки или режущего инструмента относительно станка при одном закреплении без учета перемещения вследствие рабочего движения. Примером наличия позиций в операции могут служить многошпиндельные автоматы или полуавтоматы, на которых обработка производится в один установ при количестве позиций, равном количеству шпинделей станка, или револьверные станки (число позиций по числу граней револьверной головки). При формировании шести поверхностей куба фрезерованием возможна последовательная обработка каждой поверхности с установкой заготовки на поворотном столе. Если эту работу выполнять на одном станке, то операция может состоять из двух установов с тремя позициями в каждом. Возможны и другие комбинации с установками и позициями.

Между установом и позицией имеются сходство и различие. Сходство в том, что при каждом новом установе и в каждой новой позиции достигается новое взаимное положение заготовки и инструмента. Различие в том, каким путем обеспечивается новое положение: в каждом новом установе — за счет повторного закрепления заготовки, в каждой новой позиции — без открепления заготовки в приспособлении, путем перемещения или поворота заготовки или инструмента в новое положение вместе с закрепляющим устройством. Следует отметить, что замена установов позициями сокращает время на обработку заготовки, поскольку поворот приспособления с заготовкой или головки с инструментом осуществляется быстрее, чем открепление, переустановка и новое закрепление заготовки. Кроме того, появляется реальная возможность уменьшения влияния рабочего на точность обработки. Такая замена является одним из направлений механизации и автоматизации технологических процессов практически во всех отраслях машиностроения.

4.1.21. Технологический переход — законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных режимах и установке.

Технологический переход характеризуется постоянством режимов резания, обрабатываемых поверхностей и применяемого инструмента. Например, сверление пяти отверстий в детали одновременно с помощью многошпиндельной головки соответствует одному переходу (сложный переход). Сверление этих же отверстий последовательно на одношпиндельном станке будет выполняться за пять переходов (простых), так как законченным элементом операции является сверление одного отверстия. Замена простых переходов на сложные всегда сокращает время обработки и повышает производительность труда.

4.1.22. Рабочий ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки.

Технологический переход и рабочий ход лучше всего пояснить на конкретных примерах механической обработки. Обтачивается цилиндрический участок вала, причем предварительная и окончательная обточки выполняются одним резцом последовательно без изменения режимов резания. Здесь предварительная и окончательная обработки представляют собой один технологический переход, который состоит из двух рабочих ходов. Но достаточно изменить величину снимаемого слоя металла и один технологический переход (с двумя рабочими ходами) превращается в два перехода.

Деление на рабочие ходы экономически невыгодно. К нему прибегают в тех случаях, когда за один рабочий ход невозможно снять припуск (учитывается мощность оборудования, прочности и жесткости приспособления, инструмента, заготовки).

Для возможности изменения формы детали переход состоит из совокупности машинных и ручных действий, необходимых и достаточных для выполнения этого изменения, и поэтому технологически неделим.

Раздробляя переход на дальнейшие составляющие, получаем части, которые уже не имеют признаков процесса обработки. Действительно, разобьем переход "обточить шейку вала", выполняемый на универсальном токарном станке, на части. Получим следующие составляющие: "пустить станок", "подвести резец", "установить резец на величину съема", "включить самоход", "обточить шейку по длине", "выключить самоход", "отвести резец" и т. д. Из перечисленных частей перехода только в течение одной ("обточить шейку по длине") происходит изменение формы заготовки в результате взаимодействия станка, инструмента и самой обрабатываемой заготовки.

Подобные действия называют приемами.

4.1.23. Прием — законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении технологического перехода или его части одним целевым назначением.

4.1.24. Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Примечание. Примерами вспомогательных переходов может служить закрепление заготовки, смена инструмента и т. д.

4.1.25. Вспомогательный ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

4.1.26. Наладка — подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

Примечание. К наладке относятся установка приспособления, переключение скорости или подачи и т. д.

4.1.27. Подналадка — дополнительная регулировка технологического оборудования или технологической оснастки при выполнении технологической операции для восстановления достигнутых при наладке значений параметров.

Указанное разделение операции на отдельные части является необходимым для технического нормирования операций, т. е. определения затрат рабочего времени на каждую составляющую часть выполняемой операции. Для выполнения того или иного технологического процесса требуются средства, чтобы осуществить необходимую обработку.

4.1.28. Технологическое оборудование — средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка.

Примечание. Примерами технологического оборудования являются станки, испытательные стенды, литейные машины, прессы, печи и т. д.

4.1.29. Технологическая оснастка — средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса.

Примечание. Примерами технологической оснастки являются: режущий инструмент; штампы; приспособления; калибры; пресс-формы; модели; литейные формы; стержневые ящики и т. д.

4.1.30. Приспособление — технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции.

4.1.31. Инструмент — технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния.

Примечание. Состояние предмета труда определяется при помощи меры и (или) измерительного прибора.

4.2. Единая система технологической подготовки производства.

Основные положения. Термины и определения основных понятий ГОСТ 14.004-74

4.2.1. Технологическая подготовка производства (ТПП) — совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия или предприятий к выпуску изделий заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах.

Основными функциями каждого из направлений работ по ТПП являются: обеспечение технологичности конструкции изделия; разработка технологических процессов; проектирование и изготовление средств технологического оснащения; управление технологической подготовкой производства изделия.

4.2.2. Объем выпуска изделий — количество изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнения, изготавливаемых или ремонтируемых объединением, предприятием или его подразделением в течение планируемого интервала времени.

4.2.3. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) — установленная государственными стандартами система организации и управления технологической подготовкой производства, непрерывно совершенствуемая на основе достижений науки и техники и управляющая развитием технологической подготовки производства на уровнях государства, отрасли и предприятий или объединений.

Примечание. ЕСТПП предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартизованного технологического оборудования и технологической оснастки, средств механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ.

В народном хозяйстве используется огромное количество различных изделий, в то время как некоторые из них изготавливаются единицами, другие выпускаются массовым порядком на протяжении многих лет. В соответствии с этим различают несколько типов производств.

4.2.4. Тип производства — классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий.

Примечания: различают типы производства: единичное, серийное и массовое; одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций.

Не следует отождествлять понятия "тип производства" и "вид производства", так как вид производства — это классификационная категория, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия. Примерами видов производства являются литейное, кузнечное и т. д.

4.2.5. Коэффициент закрепления операций — отношение числа различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

4.2.6. Единичное производство — производство, характеризуемое широкой не планируемой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий с малым объемом выпуска.

Изделия изготавливаются в небольших количествах экземпляров. Повторение, как правило, не предусматривается. Если в будущем и придется повторить заказ, то связь между старым и новым заказами может быть установлена только задним числом.

Единичное производство универсально, т. е. охватывает разнохарактерные типы изделий. Оно должно быть гибким и приспособленным к выполнению разнообразных заданий: располагать комплектом универсального оборудования, подобранного таким образом, чтобы можно было применять различные виды обработки, а количественное соотношение отдельных видов оборудования должно гарантировать пропускную способность предприятия. Технологический процесс изготовления деталей имеет уплотненный характер. На одном станке выполняется несколько операций и часто производится полная обработка заготовок разнообразных конструкций. В единичном производстве приспособления, режущий и измерительный инструменты — универсальные. Производственные рабочие — высокой квалификации. Указанные особенности данного типа производства определяют довольно высокую себестоимость выпускаемых изделий.

4.2.7. Серийное производство — производство, характеризуемое ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и относительно большим объемом выпуска.

В зависимости от количества изделий в серии и значения коэффициента закрепления операций различают: мелкосерийное производство; среднесерийное производство; крупносерийное производство.

Различают коэффициенты закрепления операций для: мелкосерийного производства — свыше 20 до 40 включительно; среднесерийного производства — свыше 10 до 20 включительно; крупносерийного производства — свыше 1 до 10 включительно.

В серийном производстве технологический процесс преимущественно дифференцирован, т. е. расчленен на отдельные операции, которые закреплены за определенным оборудованием. Применяемое оборудование: универсальное, специализированное, специальное, автоматизированное, агрегатное. Широкое распространение находят станки с ЧПУ в сочетании с роботами, т. е. роботизированные участки (цехи) станков с ЧПУ, управляемые ЭВМ и осуществляющие "безлюдную" технологию обработки при частом изменении обрабатываемых заготовок и изделий. Применяются специализированные и специальные приспособления, режущий и измерительный инструмент. Квалификация производственных рабочих ниже, чем в единичном производстве.

Серийное производство экономичнее единичного, так как лучшее использование оборудования, специализация производственных рабочих, увеличение производительности труда обеспечивают снижение себестоимости. Серийное производство наиболее распространено в отраслях машиностроения. Около 70% предприятий разных отраслей машиностроения являются серийными и выпускают более 80% всей продукции.

4.2.8. Массовое производство — производство, характеризуемое узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени.

Примечание. Коэффициент закрепления операций в соответствии с ГОСТ 3.1108-74 для массового производства равен 1.

В цехе, организованном по типу массового производства, на каждом станке выполняется всегда одна и та же работа, а при единичном производстве работа может меняться несколько раз в день. Процессы массового производства, более дифференцированы. Широко применяются специальные, агрегатные, автоматические станки и станочные линии. Инструмент и приспособления — специальные, механизированные и автоматизированные. Квалификация рабочих-станочников — низкая. Несмотря на большие капитальные затраты, необходимые для организации массового производства, технико-экономический эффект его значительно выше, чем при серийном производстве: себестоимость изделий ниже, оборачиваемость средств выше, транспортные расходы меньше, выпуск продукции больше. На машиностроительных предприятиях массового производства обычно не все цехи и их отделения организованы по описанному типу.

4.3. Единая система технологической подготовки производства.

Правила обеспечения технологичности конструкции изделия

4.3.1. Общие правила отработки конструкции изделия на технологичность (ГОСТ 14.201-73...ГОСТ 14.204-73)

Отработка конструкции изделия на технологичность направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства (ТПП), изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделий при обеспечении необходимого качества.

В процессе отработки конструкции изделия на технологичность решаются следующие основные задачи:

снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия;

снижение трудоемкости, цикла и стоимости работ по обслуживанию изделия при эксплуатации, включающему подготовку изделия к функционированию, контроль работоспособности, профилактическое техническое обслуживание и ремонт.

В комплекс работ по снижению трудоемкости и себестоимости изготовления входят: преемственность освоенных в производстве конструктивных решений, соответствующих современным требованиям; снижение массы изделия; применение высокопроизводительных типовых технологических процессов обработки и средств технологического оснащения.

Конструкцию детали отрабатывают на технологичность комплексно, учитывая технологичность исходной заготовки детали, каждого вида обработки в технологическом процессе изготовления, технологичности сборочной единицы, в которую входит деталь как составная часть. При отработке на технологичность применительно к отдельной детали следует руководствоваться требованиями, которые учитывают не только конструктивные особенности детали, но и возможность применения стандартных и унифицированных элементов заготовки. Они должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства.

В машиностроении объектами стандартизации являются главным образом детали общего назначения (болты, гайки, рукоятки, шкивы и т. д.) и некоторые конструктивные элементы деталей (шпоночные пазы в валах, элементы зубчатого зацепления, резьбовые соединения и т. п.).

Для внесения единообразия в конструкции машин их узлы и значительная часть деталей подвергаются унификации. Унификация уменьшает объем проектирования и позволяет вести его более уверенно, используя опыт, полученный при освоении ранее исполненных конструкций, облегчает использование стандартного инструмента, сокращает количество специального инструмента и приспособлений.

Унификация конструкций позволяет сократить номенклатуру изготавливаемых объектов, а следовательно, повышает серийность.

Конструкция изделия разрабатывают с учетом получения заготовок, так как удачный выбор метода и способа получения заготовки не только уменьшает ее стоимость, но и сокращает объем механической обработки. В свою очередь, на выбор заготовки большое влияние оказывает материал изделия, который предопределяет метод и способ ее получения. Основные показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля.

Сопряжения поверхностей деталей различных классов точности и шероховатости должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки, а их конструкция — обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов с использованием одновременного изготовления нескольких деталей.

Размеры и поверхности детали должны иметь соответственно точность и шероховатость, экономически и конструктивно обоснованные. Физико-химические и механические свойства материала детали, ее жесткость, форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления, включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и т. д., условиям хранения и транспортирования.

Анализ параметров точности изделия, проведенный на основе требований технологичности, позволяет значительно упростить маршрут процесса обработки. Тщательный анализ конструкторских размерных цепей позволяет значительно расширить строгие допуски, назначенные иногда без достаточного основания. Пересмотр допусков и посадок часто упрощает не только обработку, но и сборку.

Шероховатость поверхности является одной из характеристик точности. Она же связана с качеством поверхностного слоя, которое охватывает различные вопросы эксплуатации, метрологии и технологии. Качество поверхностного слоя связано с действием режущих кромок инструмента и определяется выбранными методами и режимами обработки. Оно оказывает влияние на многие эксплуатационные характеристики изделия. Повышая качество поверхностных слоев изделия, можно увеличить долговечность и повысить надежность работы машины.

Отработка изделия на технологичность подразумевает упрощение механической обработки.

Во многих случаях изменение конструкции или порядка простановки размеров не уменьшает объема механической обработки, но делает ее удобной для выбора технологических баз, оборудования, оснастки, инструмента, наладок. Весьма важным является обеспечение достаточной жесткости деталей, так как при обработке недостаточно жесткой детали возникают большие трудности. Иногда незначительные конструктивные изменения облегчают установку детали на станке и позволяют повысить режимы резания.

4.4. Базирование и базы в машиностроении

Конструктивная точность обосновывается условиями работы детали в узле, возможностями механической обработки и условиями получения исходной заготовки.

При обработке на станках заготовки должны быть правильно ориентированы относительно механизмов и узлов станка, определяющих траектории перемещения режущих инструментов. К ним можно отнести: направляющие; суппорты; фрезерные и резцовые головки; копировальные устройства и др.

Задачи взаимной ориентировки деталей и сборочных единиц в машинах при их сборке и заготовок на станках при изготовлении деталей решаются базированием.

Базированием называется придание изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Применительно к проектированию или сборке под базированием понимается придание детали или сборочной единице требуемого положения относительно других составных частей изделия. При механической обработке заготовок на станках базированием считают придание заготовке требуемого положения относительно элементов станка, определяющих траектории движения подачи обрабатывающего инструмента.

Термины и определения основных понятий базирования и баз определяются ГОСТом "Базирование и базы в машиностроении".

4.4.1. Основные положения теории базирования

В основе теории базирования лежат представления о несвободной системе, изучаемые в теоретической механике.

Согласно этим представлениям требуемое положение или движение твердого тела относительно выбранной системы координат достигается наложением геометрических или кинематических связей.

Свободное твердое тело имеет шесть степеней свободы: перемещений вдоль осей OX , OY , OZ и трех поворотов вокруг тех же осей. При наложении геометрических связей тело лишается определенного количества степеней свободы и, если оно лишено всех шести степеней свободы, тело становится неподвижным в системе $OXYZ$.

Шесть связей, лишаящих тело движения в шести направлениях, создаются контактом соединяемых тел в шести точках. Считается, что осуществление необходимых связей достигается контактом тел по поверхностям, а наличие реальных связей символизируется опорными точками, имеющими теоретический характер.

Для придания положения телу (с использованием его плоскостей симметрии или осей поверхностей) связи должны быть наложены непосредственно на плоскости симметрии, оси, линии или точки их пересечения.

4.4.1.1. Опорная точка — точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с избранной системой координат.

Примечания: 1. Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в избранной системе координат на них необходимо наложить шесть двухсторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз;

2. Если изделие должно иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число степеней снимается.

Теория базирования является общей и распространяется на все тела, которые могут рассматриваться как твердые, в том числе на изделия машиностроения в сборе и на всех стадиях производственного процесса (механическая обработка, транспортирование, контроль, сборка и т. д.).

4.4.2. Установка заготовки на станке

4.4.2.1. Установка — процесс базирования и закрепления заготовки или изделия.

4.4.2.2. Базирование — придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

4.4.2.3. Закрепление — приложение сил и пар сил к заготовке или изделию для обеспечения постоянства их положения, достигнутого при базировании.

Правильно выбранная установка заготовки должна обеспечить:

заданное положение заготовки относительно выбранной системы координат, связанной со станком;

надежную связь заготовки со станком;

минимальные деформации заготовки под действием составляющих силы резания и закрепления.

Существует два основных способа установки заготовок:

установка непосредственно на станке с выверкой ее положения (для чего она может быть предварительно размечена);

установка в приспособлении.

Первый способ требует больших затрат времени на установку и применяется в единичном и мелкосерийном производствах.

Второй — обеспечивает точное и быстрое ориентирование заготовки относительно станка, т. е. не требует дополнительной выверки, и применяется в серийном и массовом производствах.

4.4.3. Классификация баз

4.4.3.1. База — поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

В каждом конкретном случае установки заготовки на станке прорабатывается теоретическая схема базирования, т. е. схема расположения опорных точек на базовых поверхностях заготовки.

Все опорные точки на схеме базирования изображаются условными знаками по ГОСТ 21495-76 и нумеруются порядковыми номерами, начиная с базы, на которой предполагается наибольшее количество опорных точек.

При наложении в какой-либо проекции одной из опорных точек на другую, изображается одна точка и, около нее, проставляются номера совмещенных точек. Число проекций заготовки или изделия на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

При установке заготовки на станке используется комплект баз. Так как базирование необходимо на всех стадиях создания изделия: конструирования, изготовления и измерения, то различают конструкторские, технологические и измерительные базы.

4.4.3.2. Конструкторская база — база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

Конструкторская база может быть основной и вспомогательной.

4.4.3.3. Основная база — конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения ее положения в изделии.

4.4.3.4. Вспомогательная база — конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия.

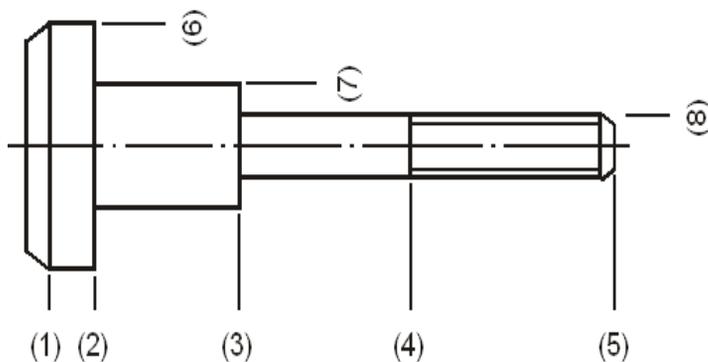


Рис. 4.1. Ось паразитной шестерни

Пример.

Ось паразитной шестерни А (см. рис. 4.1) смонтирована в корпусе В (см. с. 109, рис. 4.2).

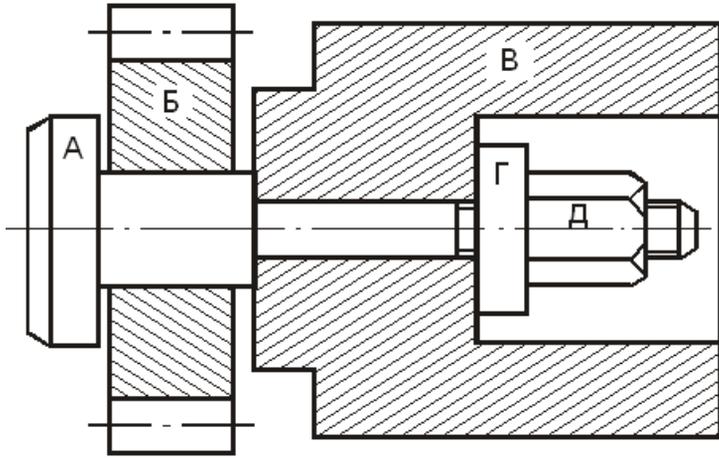
Цилиндрическая поверхность с резьбой (8) и торец (3) являются комплектом основных конструкторских баз, так как они непосредственно используются для определения положения вала в сборочном соединении.

Цилиндрическая поверхность (7) и торец (2) являются комплектом, содержащим вспомогательные конструкторские базы, которые принадлежат данному валу, но используются для определения положения присоединяемого изделия (шестерни Б).

Необходимость подразделения конструкторских баз вытекает из различия роли основных и вспомогательных баз и важности учета этого при конструировании (выборе конструктивных форм поверхностей детали, задания их относительного положения, простановке размеров, разработке норм точности и т. д.), разработке и осуществлении технологического процесса.

4.4.3.5. Технологическая база — база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта.

На рис. 4.3 показана схема установки вала паразитной шестерни на операции подрезания торцевой поверхности (1). Деталь базируется в токарном самоцентрирующем трехкулачковом патроне поверхностями (2) и (7), которые определяют положение заготовки при обработке и являются комплектом технологических баз.



4.4.3.6. Измерительная база — база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. На рис. 4.4 (см. с. 110) показана простейшая схема контроля параллельности поверхности (1) относительно измерительной базы А (поверхность (2)).

Независимо от назначения конструкторские, технологические и измерительные базы по лишаемым степеням свободы могут быть разделены:

на опорные; направляющие; установочные;

на двойные опорные; двойные направляющие.

Рис. 4.2. Сборочное соединение:
А — ось паразитной шестерни; **Б** — шестерня;
В — корпус редуктора; **Г** — шайба; **Д** — гайка

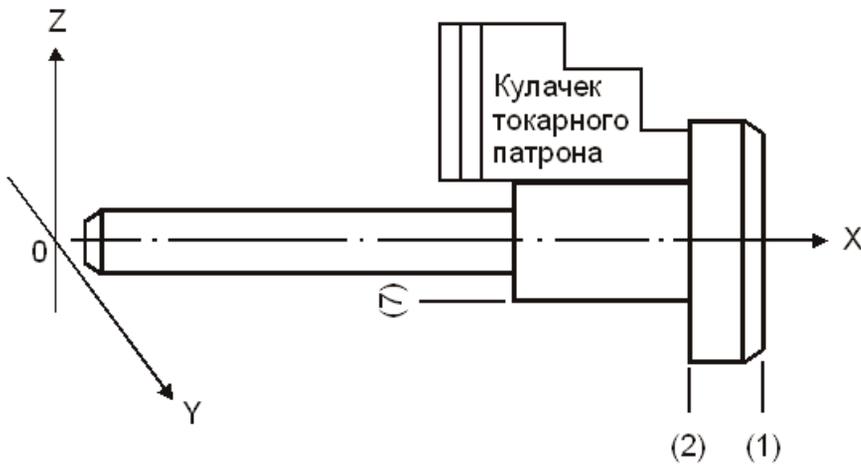


Рис. 4.3. Эскиз установки заготовки в самоцентрирующем трехкулачковом патроне.

(2), (7) — комплект технологических баз, определяющих положение заготовки в приспособлении

Цилиндр на опорной плоскости теоретически касается ее двумя точками, которые отнимают у цилиндрической поверхности изделия две степени свободы — перемещение вдоль оси OZ и поворот вокруг оси OY (см. рис. 4.5, с. 110).

Если цилиндр, лежащий на плоскости XOY, подвинуть до соприкосновения его торцевой поверхности (2) с вертикальной плоскостью ZOY, то изделие лишится еще одной степени свободы — перемещения вдоль координатной оси OX. Поверхность (2) — опорная конструкторская или технологическая база.

4.4.3.7. Опорная база — база, лишаящая заготовку или изделие одной степени свободы (перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси).

Шаровая поверхность, покоящаяся на плоскости, лишает деталь (шар) только одной степени свободы — перемещения вниз по вертикали.

4.4.3.8. Направляющая база — база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы — перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой.

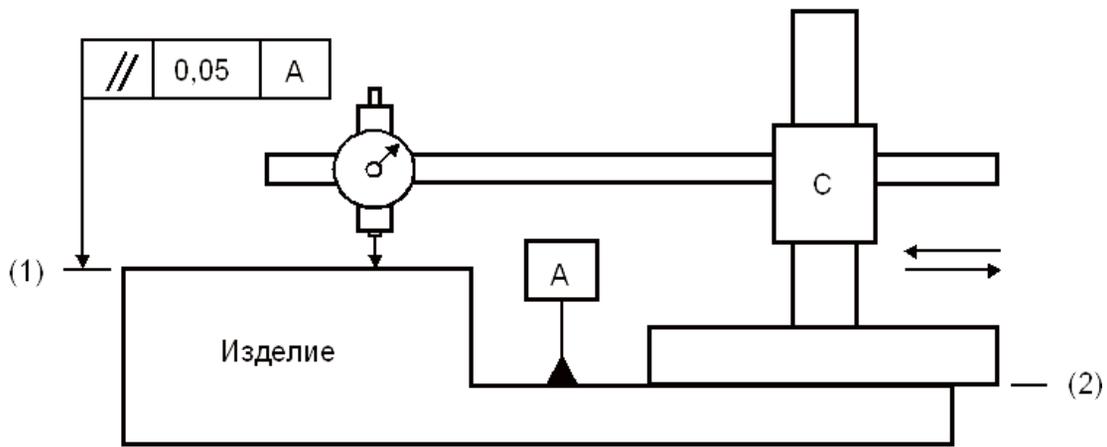


Рис. 4.4. Упрощенная схема контроля отклонения от параллельности: А – измерительная база детали (поверхность (2)); С – стойка с измерительной головкой часового типа

4.4.3.9. Установочная база — база, лишаящая заготовку или изделие трех степеней свободы (перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей).

Примером установочной базы могут служить поверхности (1) (см. рис. 4.6 и 4.7, с. 111). При базировании призматической детали на плоскости YOX ее основание, касаясь плоскости тремя теоретическими точками, лишает деталь трех степеней свободы. Из трех возможных перемещений ограничение наложено на смещение вдоль оси OZ (см. рис. 4.6, с. 111). Находясь на плоскости, призматическая деталь не может повернуться вокруг осей OX и OY, но не ограничена вращением вокруг оси OZ.

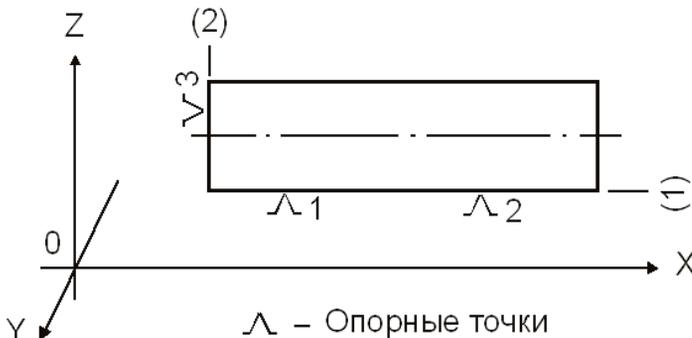


Рис. 4.5. Комплект баз: направляющая база (цилиндрическая поверхность (1)); опорная база – торцовая поверхность (2)

Установка заготовок в токарных патронах отличается вариантами выбора комплекта технологических баз. Заготовка, касающаяся трех кулачков патрона поверхностью (1) (см. рис. 4.7, с. 111), также лишается трех степеней свободы: одного перемещения вдоль оси OX; двух вращений вокруг осей OZ и OY. Опорная, направляющая и установочная технологические базы могут быть использованы при одной установке заготовки на станке. Если заготовка устанавливается на магнитной или электромагнитной плите для получения одного размера, например высоты призматической детали (см. рис. 4.6), технологическая установочная база (основание заготовки) обеспечит получение назначенного размера. Но даже в этом случае для четкого ориентирования заготовки относительно инструмента или неподвижных частей станка необходимо лишить ее оставшихся свобод (двух перемещений и одного вращения).

Введение дополнительных баз позволит уменьшить пути движения суппортов на рабочих подачах.

Заготовка А, установленная в станочных тисках с ручным приводом (см. рис. 4.8, с. 111), лишена всех шести степеней свободы. Ее основание (поверхность (1)) соприкасается с неподвижной губкой Б приспособления, являясь установочной технологической базой, которая лишает заготовку трех степеней свободы: перемещения вдоль координатной оси OZ и двух вращений вокруг осей OX и OY.

Вертикальная стенка уступа на неподвижной губке при соприкосновении с поверхностью (2) заготовки лишает ее еще двух степеней свободы, а контакт пальца с поверхностью (3) — одной степени свободы.

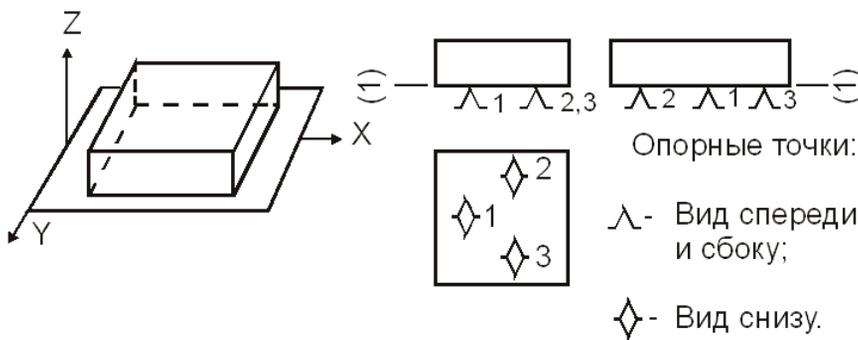


Рис. 4.6. Схема базирования призматической детали на плоскости

В этом примере при базировании заготовки использован комплект баз из трех поверхностей, которые при соприкосновении с поверхностями станочного приспособления лишают заготовку всех шести степеней свободы.

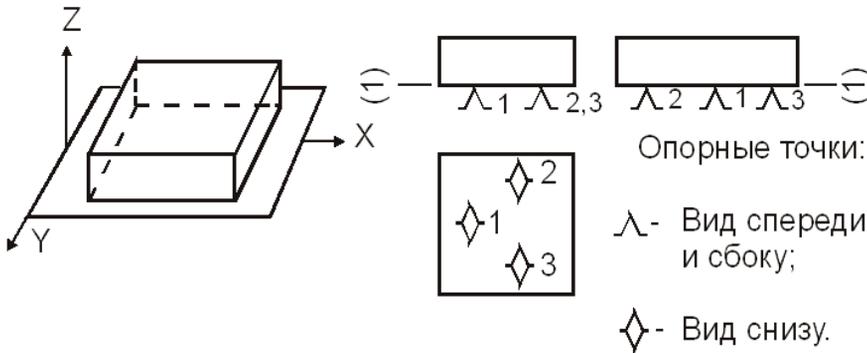


Рис. 4.7. Комплект баз при установке детали в токарном трехкулачковом самоцентрирующем патроне. Технологические базы: 1 – установочная; 2 – двойная опорная.

лишающая заготовку или изделие двух степеней свободы — координатных осей.

Поверхность (2) — направляющая технологическая база лишает заготовку одной степени свободы перемещения вдоль координатной оси OX и одной степени свободы, ограничивая вращение вокруг оси OZ.

Поверхность (3) — опорная база, лишает заготовку возможного перемещения вдоль координатной оси OY.

Все опорные точки на теоретической схеме базирования пронумерованы по порядку, начиная с установочной базы, содержащей наибольшее количество опорных точек: установочная — первая, вторая и третья, направляющая — четвертая и пятая, опорная — шестая.

4.4.3.10. Двойная опорная база — база, перемещений вдоль двух

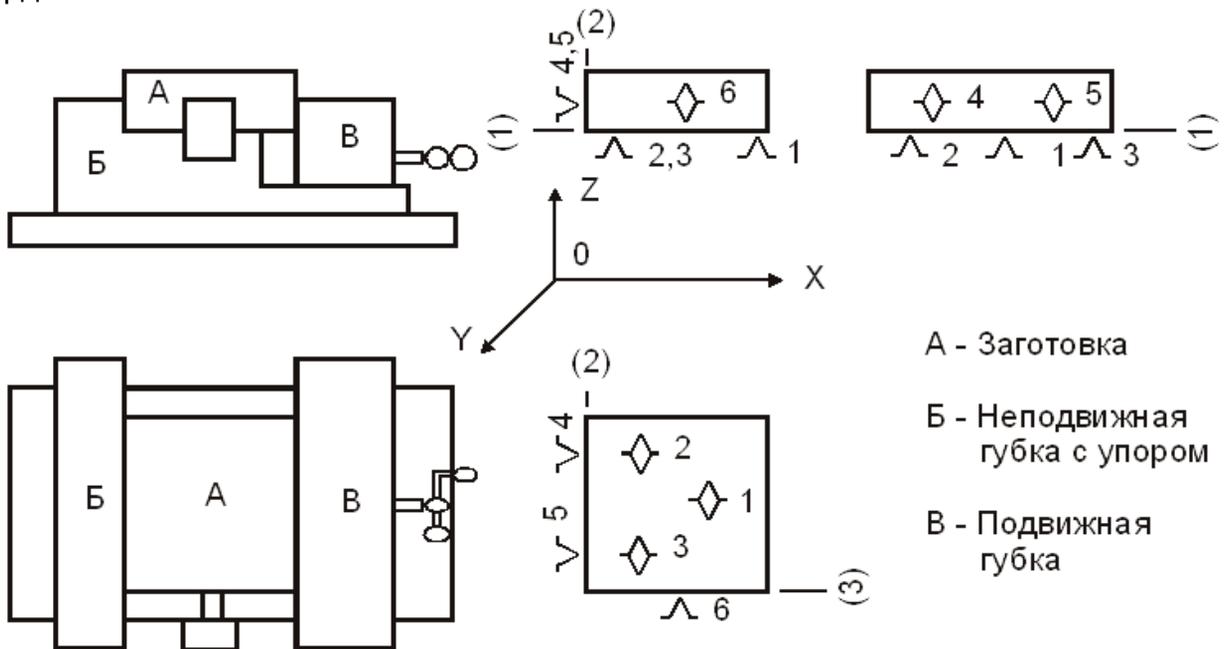


Рис. 4.8. Установка призматической заготовки в тисках с ручным приводом (две проекции) и теоретическая схема базирования (три проекции): А – заготовка, Б – неподвижная губка с упором, В – подвижная губка

Если в приспособление (см. рис. 4.8, с. 111) на плоскости уступа неподвижной губки установить заготовку типа "шайба" с вертикальным расположением осевой линии, то, подобно призматической заготовке, у торца шайбы будут отняты три степени свободы. Наружная цилиндрическая поверхность шайбы коснется опорных элементов приспособления двумя точками: одной — с вертикальной стенкой уступа; другой — с пальцевым упором, запрессованным в отверстие плоскости уступа на неподвижной губке.

Одна цилиндрическая базовая поверхность лишила заготовку двух степеней свободы перемещений вдоль координатных осей OX и OY .

При базировании шайбы использован комплект технологических баз: установочная; двойная опорная.

Базирование заготовок типа "диск" в токарном патроне (см. рис. 4.7, с. 111) чаще всего выполняется с упором торцевой поверхностью (1) в кулачки или основание патрона. Торец детали (установочная база) лишила заготовку одного перемещения и двух вращений.

Поворот заготовки вокруг оси OX при базировании не ограничивается служебным назначением изделия и снимается с теоретической схемы базирования.

Из шести степеней свободы на долю наружной цилиндрической поверхности осталось только две: перемещения вдоль осей OZ и OY . Это и есть двойная опорная технологическая база.

И двойная опорная, и направляющая базы отнимают у заготовки две степени свободы, но двойная опорная отнимает два перемещения, а направляющая — одно перемещение и одно вращение.

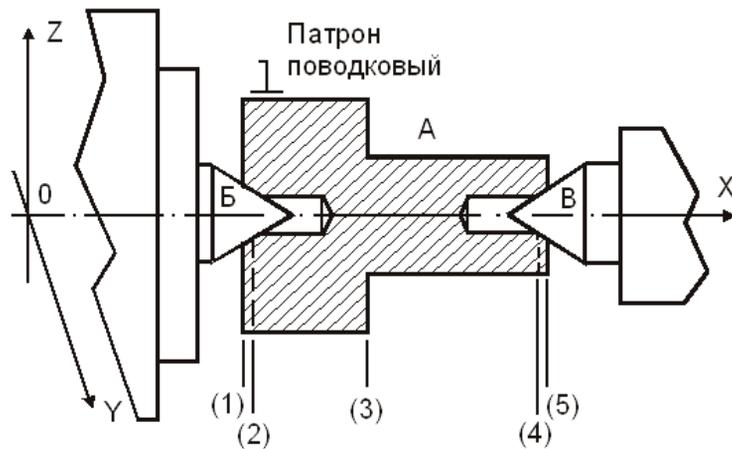


Рис. 4.9. Установка вала в центрах:

А – заготовка; **Б** – центр упорный;

В – центр подвижный; (2) – двойная опорная и она же опорная технологическая база – коническая поверхность фаски со стороны торца (1); (4) – двойная опорная технологическая база – коническая поверхность

ГОСТ не содержит понятие "тройная опорная база", которая могла бы отнять у заготовки три степени свободы перемещений по всем координатным осям, но такие случаи встречаются при установке заготовок в приспособлениях.

Если шар на плоскости YOX с опорной базой подвинуть до соприкосновения с вертикальной плоскостью YOZ , то его единственная шаровая поверхность превратится в двойную опорную базу. А если еще подвинуть его назад до касания с вертикальной плоскостью ZOX , то заготовка или изделие лишится трех степеней свободы перемещений. Это классический пример тройной опорной базы. Подобная база возникает при установке заготовки центральной

фаской на упорный центр технологической оснастки оборудования.

На рис. 4.9 показана установка детали типа вал в центрах на операции шлифования. При соприкосновении упорного неподвижного центра с центральной фаской со стороны торцевой поверхности (1) происходит процесс базирования, и фаска становится технологической базой (поверхность (2)).

Поверхность касания фаски (2) с упорным центром (см. рис. 4.10, с. 115) лишила заготовку всех свобод перемещения по осям OX , OY и OZ .

Если следовать определениям ГОСТа, одна поверхность одновременно является двойной опорной технологической базой с опорными точками <>1, /2 и опорной — с точкой 3> (тройная опорная технологическая база).

Заготовка поджата со стороны торца (5) пинолью задней бабки (с пневмоприводом). Подвижный центр на пиноли задней бабки, коснувшись рабочей поверхности фаски со стороны торца (5), лишает конец заготовки еще двух степеней свободы: вращений вокруг осей OZ и OY . Коническая поверхность (4) в данном примере является двойной опорной технологической базой. Общий комплект баз состоит из двух двойных опорных (поверхности (2) и (4)) и опорной (поверхность (2)).

При установке заготовки непосредственно в центрах, когда необходимо точно поддерживать осевые размеры, применяют плавающий передний центр. Заготовка, установленная рабочей фаской на передний подпружиненный центр-плунжер и поджимаемая задним центром, под действием пиноли перемещается до торцовых упоров, которые устанавливаются в корпусе патрона или в корпусе плавающего центра. Конструкция патрона должна обеспечивать возможность передачи крутящего момента на заготовку в процессе обработки.

Касание заготовки поверхностью (1) с торцовым упором отнимает у нее одну степень свободы (перемещения вдоль оси OX).

Комплект баз в этом случае содержит:

двойную опорную технологическую базу — поверхность (2), отнимающую у заготовки две свободы перемещения вдоль координатных осей OY и OZ ;

двойную опорную технологическую базу — поверхность (4), отнимающую два вращения вокруг тех же осей;

опорную базу — поверхность (1), лишаящую заготовку перемещения вдоль оси OX .

4.4.3.11. Двойная направляющая база — база, лишаящая заготовку или изделие четырех степеней свободы: перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг них.

На рис. 4.5 (см. с. 110) изображен цилиндр, лежащий на плоскости YOX . Его цилиндрическая поверхность (1) касается плоскости двумя точками и лишается двух степеней свободы: одного перемещения вдоль оси OZ и вращения вокруг оси OY . Поверхность (1) — направляющая база.

В комплекте базирования участвует торцовая поверхность (2) — опорная база. Она касается вертикальной плоскости YOZ и лишает цилиндр одной степени свободы: перемещения вдоль оси OX . Поверхность (2) — опорная база.

Если цилиндр переместить по YOX до соприкосновения с вертикальной плоскостью ZOX , на цилиндрической поверхности появятся еще две опорные точки, которые отнимут у изделия свободу перемещения вдоль оси OY и свободу вращения вокруг оси OZ .

На одной цилиндрической поверхности одновременно проявились две направляющие базы. Поверхность стала двойной направляющей базой, лишаящей изделие четырех степеней свободы: перемещений вдоль двух координатных осей (OY , OZ) и поворотов вокруг них.

При базировании с использованием двойной направляющей технологической базы (см. рис. 4.3, с. 109) кулачки токарного патрона ориентируют заготовку вала паразитной шестерни относительно системы $OXYZ$. В базировании заготовки участвует комплект баз: поверхности (2) и (7).

Из возможных свобод перемещения поверхность (7) лишает движений вдоль двух осей (Y и OZ). Перемещение вдоль координатной оси OY этой поверхностью не ограничивается.

Из трех свобод вращения заготовки возможна только одна — вокруг координатной оси OX .

Вращения вокруг координатных осей OY и OZ ограничиваются касанием кулачков патрона с поверхностью (7) на заготовке. Таким образом, одна цилиндрическая поверхность отнимает у заготовки четыре степени свободы, которые выявляют двойную направляющую базу.

Из шести степеней свободными остались только две (свобода вращения вокруг координатной оси OX и свобода перемещения вдоль этой же оси), а базовая (2) только одна. В рассмотренных определениях по ГОСТу нет подобного сочетания свобод для одной поверхности. И действительно, поверхность (2) может лишить заготовку при соприкосновении с кулачками токарного патрона (см. рис. 4.3, с. 109) только одного перемещения. Это и есть опорная технологическая база, лишаящая заготовку одной степени свободы.

Одна степень свободы символизируется одной опорной точкой. Практика такой схемы базирования подтверждает касание торцевой поверхности заготовки одного кулачка (из трех) самоцентрирующего патрона. Комплект баз состоит из опорной и двойной направляющей технологических баз. Необходимо отметить, что полное ориентирование изделия, предусматривающее лишение всех степеней свободы, бывает необходимо только в неподвижных соединениях сборочных единиц машин.

Чаще всего подвижные соединения деталей или сборочных единиц имеют определенные степени свободы (например, шпиндели станков, салазки суппорта, шарики шарикоподшипников). При установке заготовок в приспособлениях и их обработке на станках в ряде случаев также нет необходимости в полном ориентировании с использованием всего комплекса из трех баз, несущих шесть опорных точек.

По характеру проявления базы могут быть скрытыми и явными.

4.4.3.12. Явная база — база заготовки или изделия в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

Все рассмотренные примеры по базированию имели явные конструкторские и технологические базы.

4.4.3.13. Скрытая база — база заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

Для понимания характера ее проявления необходимо вернуться к с. 112. На рис. 4.9 базирование осуществляется на конические поверхности фасок (2) и (4) с касанием переднего и заднего центров. Это явно видимые технологические двойные опорные базы. В то же время принято считать, что при базировании на центровые фаски технологической базой становится общая воображаемая осевая линия, проведенная между осями базовых фасок.

Если ось — технологическая скрытая база заготовки, то при базировании ее в центрах осевая линия лишится: перемещения вдоль координатной оси OY и вращения вокруг оси OZ в горизонтальной плоскости YOX , а также перемещения по OZ и вращения вокруг OY в вертикальной плоскости ZOX . Такие ограничения, наложенные на одну технологическую базу, подходят под определения двойной направляющей.

Теоретическая схема базирования скрытой базы (см. рис. 4.11, с. 115) отличается от схемы с явными базами (см. рис. 4.10, с. 115) порядком простановки опорных точек. Наибольшее количество их находится на скрытой базе: две в одной плоскости (<1 , <2) и две в другой ($\wedge 3$, $\wedge 4$).

На явной опорной технологической базе — конической поверхности (2), только одна опорная точка (>5). Подобные опорные точки можно нанести на осевые линии при базировании заготовок в самоцентрирующих патронах и оправках, при установке заготовок на оправки с прессовой посадкой и всевозможные конические подвижные упоры.

В начальной стадии разработки технологического процесса на каждую операцию составляется теоретическая схема базирования с указанием комплекта баз, необходимых для достижения определенного положения обрабатываемой заготовки относительно станка и приспособления. При проработке технологического процесса и выборе конструктивной схемы приспособления выявляются типы опор и зажимных устройств, которые на операционных эскизах показываю условными символами согласно требованиям ГОСТ "Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические изображения".

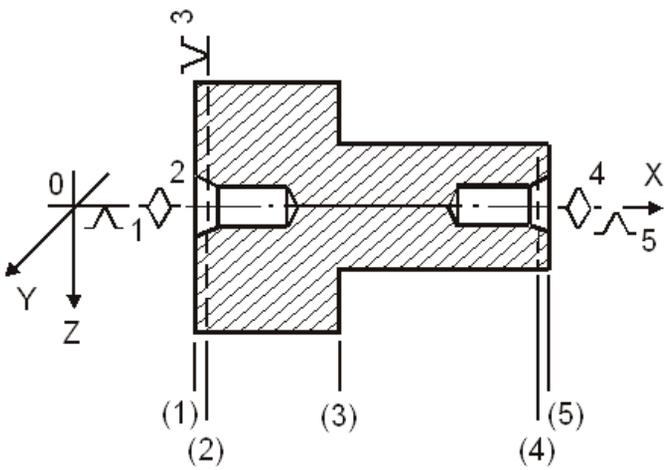


Рис. 4.10. Конические поверхности фасок – явные двойные опорные базы

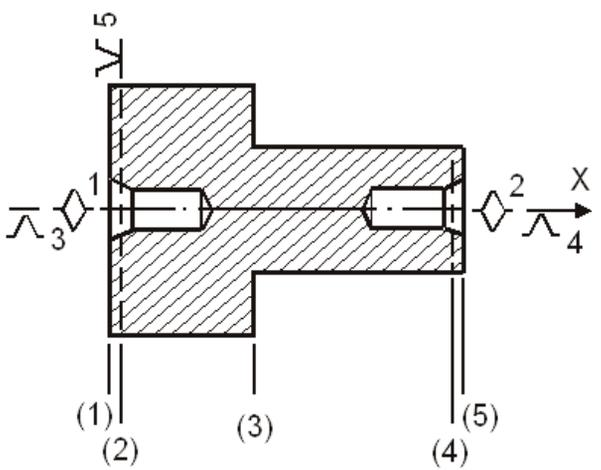


Рис. 4.11. Теоретическая база-ось – скрытая двойная направляющая база

4.4.4. Определенность базирования при обработке

Для стабильного получения выполняемых размеров в процессе механической обработки необходимо обеспечить определенность базирования заготовки и сохранить это положение, занятое при базировании. Под определенностью базирования понимается одинаковость положения всех заготовок обрабатываемой партии при закреплении их в приспособлении. Определенность базирования обеспечивается правильным выбором количества и взаимного расположения поверхностей и опорных точек. Количество базовых поверхностей должно быть не более трех, а опорных точек — не более шести, расположенных в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Использование более шести опорных точек не только не увеличивает точность базирования, а наоборот, приводит к неопределенности базирования.

На рис. 4.7 (с. 111) показана теоретическая схема базирования из двух технологических баз: установочной (поверхности (1)) и двойной опорной (поверхности (2)). Если кулачки патрона в точках касания с цилиндрической поверхностью не будут иметь точечного контакта, их рабочие поверхности ориентируют в момент закрепления заготовку относительно оси вращения патрона (шпинделя), оторвав установочную базу (поверхность (1)) от трех опорных точек. Цилиндрическая поверхность детали превратится из двойной опорной базы в двойную направляющую, а установочная база — в опорную.

Если в первоначальном варианте техническими требованиями предусматривалось получение определенной параллельности базовой (1) и обработанных торцовых поверхностей, то второй вариант направлен на получение допуска соосности базовой и обработанной цилиндрических поверхностей. При необходимости обработки нежестких заготовок, когда требуются дополнительные базовые устройства, последние должны быть регулируемые, подвижными, плавающими.

Для сохранения неизменного положения заготовки относительно выбранной системы координат на весь период обработки, т. е. для обеспечения положения достигнутого при базировании, ее необходимо закрепить или создать силовое замыкание.

Закрепление должно обеспечить полную неподвижность обрабатываемой заготовки в приспособлении, т. е. в отличие от базирования, когда на нее накладывается различное число связей (3, 4, 5 или 6), закрепленная заготовка должна быть лишена шести степеней свободы.

Силы, создающие силовое замыкание и обеспечивающие непрерывный контакт заготовки и приспособления, должны быть больше сил и их моментов, стремящихся нарушить этот контакт в процессе обработки (силы резания, силы тепловой деформации).

Если заготовка при обработке сдвигается под действием этих сил (в результате деформации или проскальзывания), точность обработки снижается.

Чтобы избежать указанных недостатков, при проектировании приспособлений рассчитываются силы закрепления, которые должны превышать составляющие силы резания. Для закрепления применяют зажимные устройства (механические, гидравлические, пневматические, магнитные, электрические, вакуумные и т. д.), которые основаны на использовании сил трения. Однако силы закрепления не должны быть чрезмерными, чтобы не произошло пластических деформаций опорных поверхностей приспособлений и обрабатываемых заготовок. Во избежание деформации производятся проверочные расчеты на контактные напряжения в стыках, которые не должны превышать предела упругости материала опор приспособления. Рассчитывают деформацию заготовки (прогиб, искривление оси и т. д.), которая не должна превышать $1/3 \dots 1/4$ допуска на обработку.

4.4.5. Погрешности установки, базирования и закрепления

4.4.5.1. Погрешность установки — отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при установке от требуемого положения.

4.4.5.2. Погрешность базирования — отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого положения.

Под требуемым положением заготовки (изделия) понимается такое положение установочных элементов, при котором система координат заготовки совпадает с системой координат станка или приспособления.

При обработке партии заготовок на настроенном станке рассматривается не фактическая погрешность базирования каждой из заготовок, а погрешность базирования — поле рассеяния размера всех заготовок, имеющее наименьшее и наибольшее предельные значения.

Величины максимально возможных погрешностей базирования можно определить для каждой схемы базирования расчетным путем. Погрешности базирования можно уменьшить и даже исключить путем выбора рациональной схемы базирования либо путем более точного изготовления базовых элементов приспособления и самой заготовки. Например, для исключения зазора в соединении применяют оправки с малой конусностью, разжимные оправки цангового и кулачкового типов или гидропластные.

Погрешность закрепления возникает в результате смещения заготовки или ее упругих деформаций под действием зажимных сил. Из-за колебания давления сжатого воздуха в сети, давления масла в гидросистемах, колебания сил магнитного, электромагнитного или ручного зажима силы зажима непостоянны. Упругие силы также различны из-за колебания физико-механических свойств и размеров в сечениях заготовки.

В практике прогнозирования погрешности закрепления приводятся данные среднестатистических полей рассеяния погрешностей для типовых приспособлений. Эта погрешность, как и погрешность базирования, является только частью общей погрешности установки. Поле рассеяния погрешности установки равно сумме полей рассеяния всех погрешностей: базирования, закрепления и приспособления.

4.4.6. Смена баз, принцип единства и совмещения баз

4.4.6.1. Смена баз — преднамеренная или случайная замена одних баз другими с сохранением их принадлежности к конструкторским, технологическим или измерительным базам.

Технолог, в отличие от конструктора, который видит лишь размеры изделия, рассматривает изменение размеров от исходной заготовки до размеров готового изделия, т. е. по всем операциям и переходам технологического процесса.

Размеры в процессе обработки, изменяясь от операции к операции, имеют определенную направленность, которую необходимо учитывать при определении расположения поверхностей по мере их обработки.

С точки зрения конструктора, безразлично, от какой поверхности задано начало отсчета размера: от поверхности (1) к поверхности (2) или наоборот. В процессе обработки технолог отсчитывает размеры от той поверхности, которая обработана на предшествующей операции. На выполняемой операции эта поверхность является базовой. Значит, технологический размер всегда имеет направление отсчета.

Технологические базы могут совпадать или не совпадать с конструкторскими базами. Следовательно, схема простановки технологических размеров может совпадать либо не совпадать с конструкторской схемой простановки размеров. Вопросы выбора баз и простановки операционных размеров на эскизах являются важнейшими при проектировании технологических процессов.

Сущность принципа совмещения баз заключается в том, что в качестве технологической, измерительной и конструкторской баз используется одна и та же поверхность. Учитывая это, технолог при выборе баз должен анализировать не только рабочие чертежи отдельных деталей, но и чертежи сборочных соединений. Конструктор также должен заботиться о технологичности изделия, предусматривая возможность совмещения баз. Несоблюдение указанного принципа приводит к возникновению дополнительных погрешностей в процессе обработки, что может вызвать необходимость применения дополнительных операций и увеличить трудоемкость изготовления.

В тех случаях, когда совмещение конструкторских и технологических баз невозможно, обработку на всех операциях желательно вести от одних и тех же базовых поверхностей. Эти поверхности обработаны в окончательные размеры и имеют жесткие допуски положения между конструкторской базой и технологической. Это положение в технологии машиностроения получило название принципа единства баз на разных операциях. Каждая смена баз приводит к возникновению погрешностей и при их смене необходимо производить расчет возможных погрешностей установки.

5. Технологические размерные цепи

5.1. Задачи размерного анализа

Каждое изделие от замысла конструктора до изготовления проходит два этапа: первый — работа конструкторского бюро, создающего размерно-точностную характеристику готового изделия;

второй — работа технологического бюро, устанавливающего номинальные размеры, допуски и отклонения для изделия на всех стадиях его изготовления.

В основе размерной отработки лежит анализ размерных связей, который называют обычно размерным анализом.

Размерным анализом технологического процесса называют выявление и фиксирование размерных связей между переходами и операциями данного процесса. Размерные связи выражаются и фиксируются в форме размерных цепей.

Размерный анализ технологического процесса и его составляющих, применяемый в практике технологической подготовки производства, технологические размерные цепи и их расчет решают различные и многообразные технологические задачи. Из всего многообразия областей применения наибольшее распространение технологические размерные цепи получили при проектировании: технологических процессов механической обработки; технологических процессов сборки; станочных и контрольных приспособлений; станков и технологических систем.

Размерный анализ технологических процессов предусматривает установление взаимосвязей всех параметров точности деталей (погрешностей размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, величин слоев покрытий и насыщения) от исходной заготовки до финишных операций путем построения размерных схем, выявления операционных размерных цепей и применения метода их решения.

Комплексный подход к проектированию операций получения исходных заготовок, механической и термической обработки, нанесения покрытий, к расчету припусков и параметров точности позволяет сократить сроки проектирования и внедрения технологических процессов, снизить расход металла, суммарную трудоемкость продукции и повысить ее качество.

Различают три разновидности размерного анализа технологических процессов:

вновь проектируемого процесса, когда в качестве исходного документа дается только чертеж детали. Цель — определение размеров и технических требований на всех операциях, включая заготовительные операции;

аналогичного технологического процесса, когда исходным документом служит не только чертеж детали, но и эскиз исходной заготовки. Кроме того, могут быть заданы и некоторые промежуточные операционные размеры, если производство исходных заготовок начинается раньше разработки технологического процесса механической обработки или же применяются стандартизованные мерные инструменты с заранее известными размерами. Целью такого анализа является определение неизвестных операционных размеров по технологическим переходам и операциям;

действующего технологического процесса, когда процесс не обеспечивает необходимых показателей по качеству, расходу материала или иным элементам, а также при проверке ранее спроектированного технологического процесса.

Цель анализа: установление фактических значений припусков на обработку; проверка возможности получения размеров детали, непосредственно не выполняемых на операциях; определение погрешностей расположения поверхностей деталей в ходе выполнения процесса обработки и определение путей его совершенствования.

Методики построения и расчета технологической системы, контрольных и станочных приспособлений рассматриваются в специальной литературе. Все расчеты, связанные с размерным анализом, преследуют единую цель: более точное прогнозирование погрешностей обработки в проектных вариантах и анализ причин размерного брака в уже действующих технологических процессах. Применение методики построения и расчета технологических размерных цепей различного назначения позволяет определить виды наладок, число операций и технологических переходов, виды оборудования, режущего инструмента и приспособлений, контрольно-измерительных средств, нормы времени, число рабочих и т. д.

5.2. Звенья операционных размерных цепей

Звеном операционной размерной цепи может быть любой элемент, измеряемый в линейных величинах и выступающий в качестве размерной связи между отдельными поверхностями.

Наиболее часто используются звенья операционных размерных цепей: размеры всех видов; погрешности формы и расположения поверхностей; припуски, удаляемые с обрабатываемых поверхностей на операциях; глубины слоев насыщения или толщины покрытия, величины пластических деформаций и т. д. Перечисленные виды звеньев весьма разнородны по своей физической сущности и могут входить в одну и ту же операционную размерную цепь.

Размеры (или иные размерные параметры) обрабатываемой заготовки, которые необходимо выполнять в пределах заданных допусков, являются составляющими звеньями операционной размерной цепи.

Размер (или иной размерный параметр), полученный в результате выполнения составляющих звеньев, будет замыкающим звеном размерной цепи. В операционных эскизах технологического процесса следует указывать (с регламентацией отклонений) только составляющие звенья.

Замыкающие звенья и технические требования регламентируются чертежом и картами контроля.

5.2.1. Обозначение звеньев операционных цепей

5.2.1.1. Размеры между поверхностями, координатами осей отверстий, рисками и точками разметки, линиями и др. обозначаются заглавными буквами русского алфавита (кроме Т, Ф) с индексами, указывающими номер операции, на которой размер получается, или в цифровых кодах. Например:

A5 — размер A на операции 005;

(18_28) — размер между поверхностями с кодами (18) и (28).

На рис. 5.1 изображен эскиз на токарную операцию с окончательным чертежным размером A5 и размером B5, которые формируются отрезным резцом при отделении детали от исходной заготовки.

5.2.1.2. Радиусы цилиндрических поверхностей обозначаются буквами русского алфавита (кроме Т и Ф) с индексом, указывающим номер операции, на которой данная поверхность образована, либо в цифровых кодах. Например: B5 — радиус цилиндрической поверхности, полученной на операции 005; (38_308) — радиус цилиндрической поверхности с кодом (38); (308) — ось цилиндрической поверхности (см. рис. 5.1).

5.2.1.3. Диаметры цилиндрических поверхностей обозначаются теми же буквами русского алфавита с удвоенным значением радиуса. Например: $\Phi 2B5$ — диаметр цилиндрической поверхности, полученный на операции 005 (символ диаметра допускается опускать); 2(38_308) — диаметр цилиндра с кодом (38).

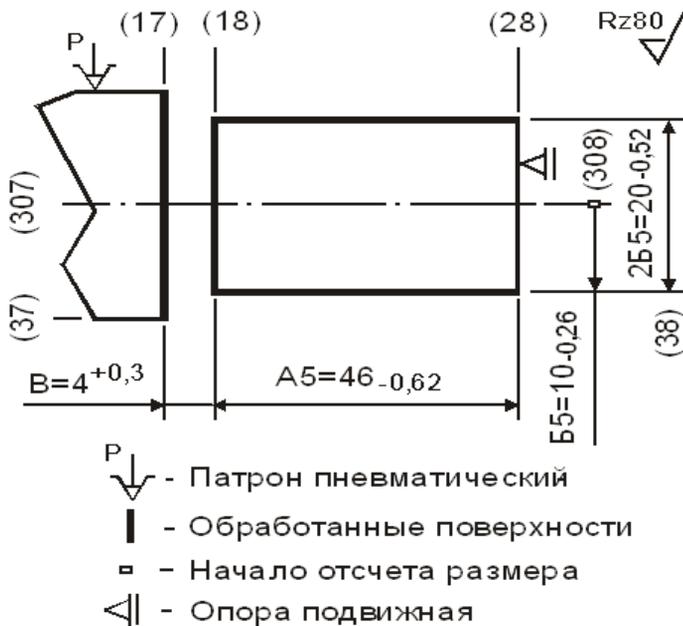


Рис. 5.1. Эскиз токарно-отрезной операции 005

расслоения); E (соосность). Например: E(308_307) — отклонение оси (308) обрабатываемой поверхности относительно оси (307) исходной заготовки.

5.2.1.5. Припуски, измеренные по нормали к обработанной поверхности, — Z с цифровыми индексами или в цифровых кодах. Например: Z5=Z(27)5 — припуск, удаляемый с поверхности (27) на операции 005; (28_27) — припуск, где (27) — код поверхности до обработки, (28) — после обработки (см. рис. 5.2, с. 121).

5.2.1.6. Глубины слоев насыщения и толщина покрытий обозначаются буквами латинского алфавита F, G, S и другими, имеющими написание, отличающееся от русского алфавита, с цифровыми индексами или в цифровых кодах.

Например: F(3)50 — толщина слоя хрома на поверхности (3) в операции 050; (128_127) — толщина слоя хрома, (128) — код поверхности, возникающей после хромирования, (127) — код поверхности до покрытия.

5.2.1.4. Отклонения расположения указываются цифрами, обозначающими поверхность с индексом, соответствующим номеру операции, или в цифровых кодах. Например: (38)5—(37)0 — отклонение расположения поверхности (38), полученное на операции 005, относительно поверхности (37), выполненной на операции 000 (заготовительной); (38_37) — отклонение расположения поверхности с кодом (38) относительно поверхности с кодом (37). При необходимости перед цифровым обозначением указывается вид отклонения расположения: N (перпендикулярность); P (параллельность); E (соосность).

5.3. Численное представление звеньев размерной цепи

5.3.1. Звенья-радиусы цилиндрических поверхностей

Для нахождения радиуса по известному диаметру необходимо взять половину номинального размера диаметра и половины отклонений с теми же знаками. Если известно, что диаметр соответствует

$$2B5=20_{-0,52}, \text{ то радиус } B5=10_{-0,26} \text{ мм.}$$

5.3.2. Звенья-отклонения расположения

Звенья-отклонения от перпендикулярности, от параллельности и от соосности принимаются с номинальным размером, равным 0, и симметричным расположением отклонений. Если допустимое отклонение от соосности 0,05 мм, то в расчетах оно принимается равным $0 \pm 0,025$, радиальное биение — $0 \pm 0,05$ мм.

Часто при суммировании отклонений от перпендикулярности и параллельности следует учитывать их удельные значения, отнесенные к единице длины (на 100 мм), т. к. эти отклонения зависят от протяженности базовых и измерительных поверхностей. После выполнения всех расчетов и нахождения искомого звеньев выполняется обратный переход к абсолютным величинам.

Например, заданные чертежом отклонения от перпендикулярности поверхностей (18), (28) протяженностью 10 мм (до оси обработанной детали) относительно поверхности (38) протяженностью 46 мм равны 0,05 мм.

При расчете положения поверхности (28) относительно поверхности (38) необходимы преобразования: $(0 \pm 0,05)100/10=0 \pm 0,5$ мм, и поверхность (38) относительно (18) и (28): $(0 \pm 0,05)100/46=0 \pm 0,108$ мм.

5.3.3. Звенья-припуски

Припуск всегда является звеном определенной размерной цепи, так как с его помощью формируется замкнутый контур размеров.

В простейшем случае припуск замыкают два составляющих размера. Они появились на предшествующей операции и выполняемой или на предшествующем и выполняемом технологических переходах.

Если размеры A0 и A5 получены в пределах заданных допусков TA0 и TA5 (T(18_27) и T(18_28)), то они являются составляющими звеньями, а припуск в таких цепях исполняет роль замыкающего звена и уравнение размерной цепи имеет вид, представленный на рис. 5.2. Когда с обрабатываемой поверхности необходимо удалить только следы от предшествующей обработки, значение минимального припуска берется с учетом высоты неровностей профиля Rz, образовавшегося на предшествующей операции или технологическом переходе. Тогда наименьшее предельное значение припуска $Z_{\min}=Rz$. Если следует удалить не только шероховатость, но и дефектный слой

$$Z_{\min}=Rz+Df,$$

где Rz — высота неровностей, образовавшихся на предшествующей операции; Df — глубина дефектного слоя, образовавшегося на предшествующей операции или технологическом переходе.

При обработке такой припуск должен быть снят в точке, где расстояние между предшествующей поверхностью и вновь полученной поверхностью минимально. Во всех остальных точках удаляется несколько больший слой. Однако припуск можно рассматривать и с других позиций.

5.3.3.1. При обработке со съемом слоя металла заданной толщины в процессах суперфиниширования, хонингования или притирки для расчета операционных размеров можно принять припуск за составляющее звено, а окончательный размер детали — за замыкающее звено.

Тогда операционная размерная цепь примет вид:

для размеров типа "вал" — $[A(ок.р)] = A(пр) - Z$;

для размеров типа "отверстие" — $[A(ок.р)] = A(пр) + Z$,

где $A(ок.р)$ — окончательный размер — замыкающее звено;

$A(пр)$ — размер на предшествующей операции;

Z — припуск — выполняемый размер (составляющее звено).

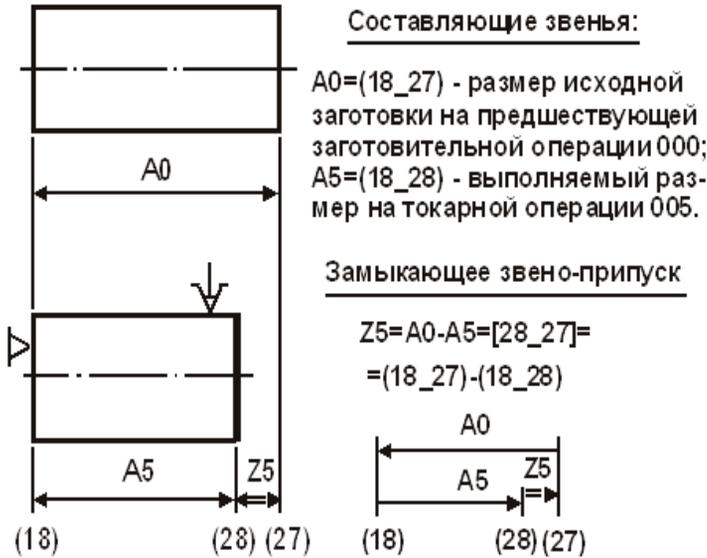
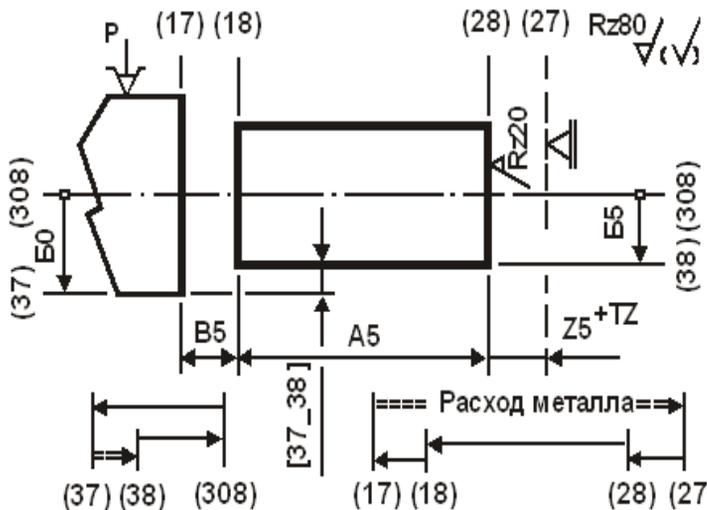


Рис. 5.2. Звенья размерной цепи на токарно-подрезной операции



$$[37_{38}] = -(38_{308}) + (37_{308})$$

$$[17_{27}] = (28_{27}) + (18_{28}) + (17_{18})$$

Рис. 5.3. Звенья-припуски:

(28_{27}) – припуск – составляющее звено;

$[37_{38}]$ – припуск – замыкающее звено

5.3.3.2. Часто припуск удаляется с незамкнутой поверхности, которая является технологической базой на данной операции (см. рис. 5.3).

В процессе обработки с базовой поверхности удаляется припуск $Z_5 = (28_{27})$. Величина припуска определяется расстоянием между упором и режущей кромкой инструмента и не зависит от предшествующих и выполняемых размеров. На размер припуска и его предельные значения оказывают влияние: точность установки режущего инструмента относительно опоры; упругие отжимы в технологической системе; износ инструмента; погрешности установки заготовки; пространственные отклонения базовой поверхности, образовавшиеся на предшествующей операции. Здесь припуск является составляющим звеном и на него может быть установлен допуск, как для звена-размера. Минимальный припуск должен обеспечивать обработку поверхности без следов от предшествующей операции или технологического перехода. Для этого величину $Z_{min} = (28_{27})$ принимают равной:

$$Z_{min} = Rz + D_f + P(пр) + E(y),$$

где $P(пр)$ — погрешности формы поверхности, образовавшиеся на предшествующей операции или технологическом переходе, $E(y)$ — погрешность установки на выполняемой операции или переходе, а сам припуск может быть представлен в виде:

$$Z^{+TZ} = [Rz + D_f + P(пр) + E(y)]^{+TZ}$$

Разновидность описанного случая — обработка на специальных станках, имеющих устройство для позиционирования деталей, позволяющее снимать заданный размер припуска.

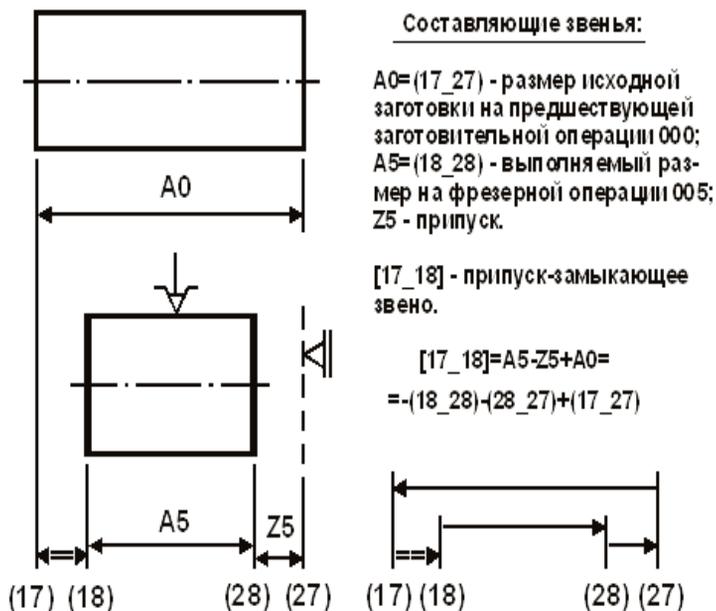


Рис. 5.4. Звенья операционной размерной цепи при двустороннем фрезеровании

5.3.3.3. Пример двусторонней обработки на барабанно-фрезерном станке с базированием по одной из обрабатываемых поверхностей показан на рис. 5.4.

Припуск (28_27) принимается за составляющее звено и определяется по аналогии с пунктом 5.3.3.2.

За замыкающее звено принимается припуск [17_18]. Он может быть найден из уравнения

$$[17_18]=-(18_28)-$$

$$(28_27)+(17_27)$$

и его колебания составят

$$w[17_18]=$$

$$=T(18_28)+T(28_27)+T(17_27).$$

5.3.3.4. Иногда повторная обработка не определяется требованием изменения качества поверхностного слоя, т. е. возникает необходимость вести обработку поверхности в два перехода при неизменных параметрах шероховатости, дефектного слоя, погрешности геометрической формы и отклонения по расположению. Такое построение технологического процесса возможно в том случае, если предшествующая операция обеспечивает необходимое качество поверхности и технические требования, но не точность размера по чертежу.

В этом случае расчетный минимальный припуск следует принять отрицательным, а его величина может быть равной допуску на выполняемый размер. Так, если допуск на размер равен $T=0,2$ мм, то минимальное значение припуска $Z_{min}=-0,2$ мм. В технологической операции, рассчитанной с использованием отрицательного припуска (Z_{min}), у некоторых деталей режущий инструмент будет проходить с рабочей подачей над обрабатываемой поверхностью с зазором, равным Z_{min} . Такой прием расчета Z_{min} обеспечивает уменьшение размеров заготовки и, одновременно, средних и максимальных припусков на операции.

5.3.3.5. При использовании заготовок с очень широкими допусками колебания припуска, на какой-либо поверхности, могут оказаться недопустимо большими. Тогда для ликвидации перегрузки режущего инструмента вводят дополнительную операцию или сложный технологический переход с использованием дополнительного режущего инструмента, а значение Z_{min} принимается отрицательным и равным по величине допуску на размер операции.

$$Z_{min}=-T(p_p),$$

где $T(p_p)$ — допуск на размер в предварительной операции или переходе.

Такой прием позволяет уменьшить номинальный размер заготовки на величину $T(p_p)$. На поле эскиза данной операции (при его оформлении) должно быть указано, что следы на поверхности от предшествующей операции допускаются. При последующей обработке следы будут удалены, но в значение Z_{min} должны быть включены R_z и D_f , которые имели место у "черной" поверхности.

5.3.3.6. В процессе размерного анализа технологических процессов следует различать напуски и припуски на обработку.

В формировании размерных связей участвуют только припуски.

Напуском принято называть ту часть материала заготовки, необходимость удаления которой при последующей обработке вызвана упрощением формы исходной заготовки по отношению к форме готовой детали.

Припуском называют ту часть удаляемого материала, наличие которого на заготовке вызвано необходимостью обеспечения заданных требований по точности детали и качеству поверхностных слоев в процессе обработки. В тех местах, где удаляемый материал заготовки выступает в роли припуска, номинальная форма поверхности заготовки, как правило, совпадает с заданной номинальной формой готовой детали. В этом случае припуск рассматривают, как слой материала и оценивают расстоянием между поверхностями заготовки и детали. Следует отметить, что в литературе приводятся различные уравнения для определения минимального значения припуска, которые справедливы для способов расчета операционных размеров, предлагаемых авторами. Подробную информацию о припусках на механическую обработку содержит справочная литература. Предлагаемая методика размерного анализа предусматривает расчет размеров с использованием дифференциально-аналитического метода определения составляющих минимального припуска, который отличается от припуска описанного в литературе, и позволяет упростить расчеты, повысить их точность и надежность.

Для определения величин шероховатости поверхности R_z и глубин дефектного слоя D_f , полученных различными методами обработки, можно воспользоваться таблицами приложения 6 (см. с. 400). Сведения по рекомендуемым значениям глубин слоев насыщения и покрытий стальных поверхностей и их колебания приведены в приложении 7 (см. с. 401).

5.4. Назначение технологических допусков на операционные размеры

Показатели качества изделий тесно связаны с точностью обработки деталей машин. Конструктивные допуски и технические требования на изготовление назначают с учетом условий работы деталей в машине. Однако важно обязательное соблюдение технологического регламента изготовления детали на всех предшествующих переходах обработки, так как от них зависят результаты на финишных операциях.

В справочнике А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова приведены таблицы допусков формы плоских и цилиндрических поверхностей и значений параметра шероховатости в зависимости от допусков размеров и уровней относительной геометрической точности. При отсутствии указаний о допустимых отклонениях формы и расположения отдельных поверхностей, эти отклонения ограничивают полем допуска на размер. Однако на всех переходах механической обработки отклонения формы и расположения всех обрабатываемых поверхностей рекомендуется ограничивать частью допуска на размер с тем, чтобы исключить возможность появления брака.

Особенности выполнения отдельных операций не позволяют дать заключение о точности обработки по аналогии с другими операциями, так как между ними не бывает всестороннего сходства. В частности отличаются: состояние станков, режимы обработки, размеры и форма заготовок и другие технологические факторы.

Хотя таблицы дают общее представление о возможной точности обработки, они необходимы, прежде всего, как справочные данные при проектировании технологических процессов и содержат ориентировочные данные по точности для различных методов обработки, полученные в производственных условиях.

Каждому методу обработки соответствует определенный диапазон качеств точности размеров, точности формы, параметров шероховатости поверхности и глубины дефектного слоя. Для черновых переходов обработки это, в первую очередь, связано с точностью исходной заготовки, для чистовых — с точностью выполнения предшествующих переходов обработки и с условиями осуществления данного перехода.

Точность на каждом последующем переходе обработки данной элементарной поверхности обычно повышается. На черновых переходах точность повышается на один-три квалитета точности или одну-три ступени. На чистовых точность повышается на один-два квалитета или одну-две ступени точности формы обрабатываемой поверхности. Для деталей из чугуна, цветных сплавов размеры обрабатываемых поверхностей выдерживаются на один квалитет ниже.

Отклонения формы — на одну степень точности выше, чем детали, изготовленные из железоуглеродистых сплавов, и обработанные в аналогичных условиях. Таблицы точности обработки деталей машин, точности расположения, качества поверхности при обработке, допуска расположения и расчет точности обработки приведены в справочной литературе.

5.4.1. В методических рекомендациях МР 43-82 Госстандарта предлагается еще один способ назначения допусков на операционные размеры, который основан на учете среднестатистических величин погрешностей обработки $w(ст)$, пространственных отклонений базовых поверхностей $P(пр)$ и погрешностей установки заготовок $E(y)$ на выполняемых операциях. Среднестатистические величины погрешностей механической обработки без учета погрешностей установки заготовок на станке и пространственных отклонений приведены в приложениях 8...14 (см. с. 401...406). Дополнительные данные могут быть взяты из справочной литературы.

5.4.2. Операционные допуски $T(оп)$ на размеры между плоскими поверхностями и на размеры замкнутых поверхностей (цилиндров), которые обработаны с одной установки, выбирают в соответствии с таблицами статистической точности для данного вида работ. Расчетная формула $T(оп)=w(ст)$.

5.4.3. В процессе обработки на настроенном станке в состав операционного допуска на размер между обработанной и измерительной базовой поверхностями следует включать погрешность установки $E(y)$ и пространственные отклонения измерительной базовой поверхности $P(пр)$. Расчетная формула: $T(оп)=w(ст)+P(пр)+E(y)$.

5.4.4. При назначении операционного допуска на размер между обработанной и измерительной базовой поверхностями при обработке методом пробных проходов в состав допуска следует включать пространственные отклонения измерительной базовой поверхности. Погрешность установки в состав допуска не включается. Расчетная формула:

$$T(оп)=w(ст)+P(пр).$$

5.4.5. Величины погрешностей, возникающих на операциях получения исходных заготовок, могут быть определены из ГОСТов или соответствующих справочных материалов.

Для поковок стальных штампованных — ГОСТ 7505–74. Для поковок стальных, изготавливаемых свободной ковкой на прессах, — ГОСТ 7062-67. Чугунное литье — ГОСТ 1856-55. Стальное литье — ГОСТ 2008-55; точность отливок других типов — в соответствующих справочниках.

5.4.6. При выполнении размерного анализа, когда погрешности формы имеют самостоятельное значение, необходимо учесть их, введя в допуск размера.

Особое значение это имеет в случаях, когда на операции могут возникнуть следующие виды самостоятельных погрешностей формы: допуск прямолинейности плоскостей в разных направлениях; огранка цилиндрической поверхности с нечетным числом граней; допуск прямолинейности оси цилиндрической поверхности.

5.5. Размерные схемы технологических процессов

Размерные схемы представляют собой специальный технологический документ, в котором графически представляются размерные параметры детали на каждой техно-

логической операции и фиксируются изменения каждого размерного параметра по мере выполнения процесса. Используя размерную схему, выявляют размерные цепи, которые впоследствии подлежат решению.

5.5.1. Условные обозначения в размерных схемах

Символика обозначения в размерных схемах должна быть достаточно гибкой и четкой, чтобы представить увязку размерных параметров изделия по операциям процесса обработки (для самых разнообразных способов задания размеров) и взаимное расположение поверхностей.

При изображении размерных схем используют условные обозначения, с помощью которых наносят размеры, выдерживаемые на операциях, снимаемые припуски и напуски (табл. 5.1).

5.5.2. Классификация размерных схем

Размерные схемы можно разделить на четыре группы.

5.5.2.1. Схема линейных размеров

Строится для расчета параметров точности продольных размеров валов, втулок и других тел вращения, а также прочих деталей, при условии, что среди размеров нет диаметров или радиусов замкнутых поверхностей (окружностей). Предусматривает возможность построения цепей и дальнейшего расчета размеров.

Таблица 5.1

Условные обозначения в размерных схемах

№ п.п.	С о д е р ж а н и е	Условное обозначение
1	Л и н и и и з н а к и	
	а) начало отсчета размера	0
	б) составляющее звено с известным номиналом	----- +
	в) составляющее звено с определяемым номиналом	- - - - - - - - - - -
	г) замыкающее звено, используемое для нахождения номинальных значений составляющих звеньев	= = = = = = = = = = =
д) замыкающее звено, не используемое для поиска номинальных значений составляющих звеньев	##### #	
2	Вновь возникающая в операции поверхность (код поверхности (18))	(18)*
3	Исчезающая в операции поверхность (код поверхности (17))	x(17)
4	Вновь возникающая в операции и исчезающая осевая линия (18 17)	(18)* x(17)
5	Вновь возникающая (26) в операции и исчезающая (25) линии при известном смещении осевой (смещение (26+25) - составляющее звено)	(26)* + x(25)

Окончание таблицы 5.1

6	Вновь возникающая (305) в операции и исчезающая (304) линии (смещение осевой [305=304] - замыкающее звено, используемое для поиска номинальных значений)	(305)* = x(304)
7	Вновь возникающая (77) в операции и исчезающая (76) линии (смещение осевой [77#76] - замыкающее звено, не используемое для поиска номинальных значений)	(77)* # x(76)
8	Удаляемый с поверхности (11) припуск (код [12=11] - замыкающее звено)	(12) =x(11) / =x * = * = / (12) (11)
9	То же (припуск (12+11) - составляющее звено)	(12) +x(11) / +x * + * + / (12) (11)
10	Размер (18 27) между поверхностями (составляющее звено с известным номинальным значением)	(18) (27) <-----0
11	То же (составляющее звено (18 27) с определяемым номинальным значением размера)	(18) (27) <- - - - - 0
12	Размер [18 28] - замыкающее звено, используемое для нахождения номиналов составляющих звеньев	(18) (28) <=====>
13	Замыкающее звено, не используемое для нахождения номиналов составляющих звеньев	(18) (27) <#####>
14	Радиус (78 708) цилиндрической поверхности (78) и (708) ось этой поверхности	(78) (708) <-----0
15	Отклонение от соосности (505 706) поверхностей (505) и (706)	(505) (706) -----0
16	Отклонение от перпендикулярности (13 34) поверхности (13) относительно поверхности (34)	(13) (34) ----- 0
17	Отклонение от параллельности (15 23) поверхности (15) относительно поверхности (23)	(15) (23) ----- 0

5.5.2.2. Схема диаметральных размеров и отклонений от соосностей

Строится для расчета параметров точности диаметральных размеров валов, втулок, колес и прочих тел вращения.

Предусматривает возможность построения цепей и дальнейшего расчета радиусов (диаметров), а также отклонений от соосностей цилиндрических поверхностей.

5.5.2.3. Комбинированная размерная схема

Строится для расчета параметров точности деталей типа корпусных со всеми видами поверхностей (замкнутые и незамкнутые). Предусматривает возможность построения и дальнейшего расчета размеров всех видов (между поверхностями, замкнутых поверхностей, координирующих и т. д.). В зависимости от конфигурации детали схемы могут быть выполнены для некоторых проекций и сечений.

5.5.2.4. Схема отклонений расположения

Схема строится для расчета отклонений расположения поверхностей детали на любом этапе ее изготовления. Позволяет выполнить ряд исследований технологического процесса, в частности определить колебания припусков и сил резания при обработке и др. Кроме того, результаты расчетов позволяют более квалифицированно осуществить проектирование зажимных приспособлений для установки деталей на станках.

5.6. Преобразование и проверка чертежа детали для построения размерной схемы

Перед построением размерной схемы необходимо выполнить преобразование и проверку чертежа изделия.

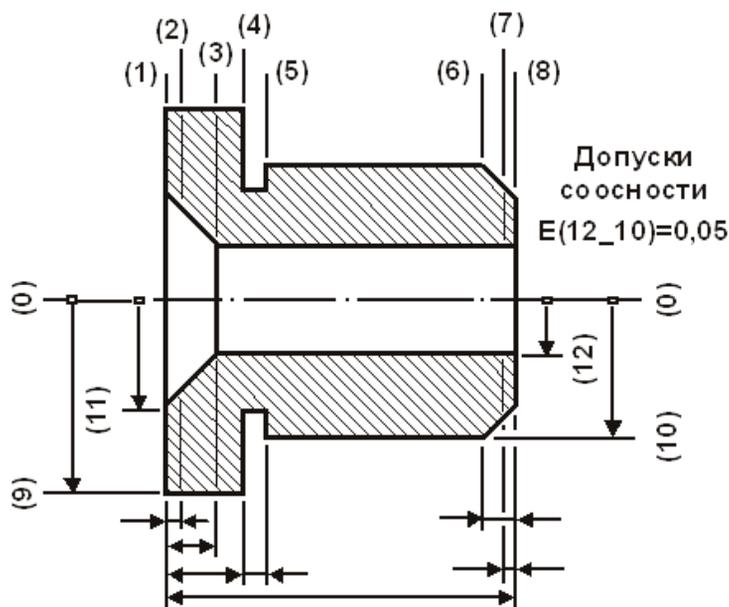


Рис. 5.5. Чертеж втулки

В каждой из проекций чертежа размеры располагаются только горизонтально, поэтому количество проекций должно быть достаточным. Обычно для тел вращения требуются две проекции, для корпусных деталей — три. Для деталей сложной конфигурации необходимы иногда дополнительные проекции или сечения. На чертеже втулки (см. рис. 5.5) достаточно выполнение двух проекций.

Для преобразования чертежа в эскиз (см. рис. 5.6, с. 128) в первой проекции (продольные размеры) вначале необходимо подсчитать количество поверхностей (и осей отверстий, если они имеются), связанных продольными размерами.

На втулке из явных оказалось шесть торцовых поверхностей, от которых вниз могут быть опущены вертикальные линии. Если техническими требованиями предусмотрены слои насыщения или толщины покрытий, количество вертикалей может соответственно увеличиться. Чертежом (см. рис. 5.5) предусмотрена контролируемая величина слоя насыщения (цементация) двух торцовых поверхностей (1) и (8), поэтому общее число вертикалей доведено до восьми. Из преобразованного чертежа (см. рис. 5.6) опустятся 8 вертикалей. Расстояния между вертикалями обычно принимают равными. Вертикали слева направо нумерую теми же цифрами, что и на чертеже изделия, с добавлением цифры 9, т. е. если поверхность имела номер (1), то вертикаль будет иметь код (19), (2) — (29), (11) — (119), (19) — (199) и т. д.

Под эскизом между вертикалями располагаются продольные чертежные размеры. Формирование цифрового кода размеров осуществляется путем записи через пробел двух кодов вертикалей обязательно в следующем порядке: первая цифра — код поверхности, ограничивающий размерную линию слева; вторая — код поверхности, ограничивающий размерную линию справа.

Количество линейных размеров, проставленных между вертикалями, всегда на единицу меньше, чем количество поверхностей и осевых линий, которые этими размерами связаны. Данное условие следует проверять сразу после выполнения преобразованного чертежа. В случае, показанном на рис. 5.6, под эскизом между восемью вертикалями проставлено семь чертежных размеров.

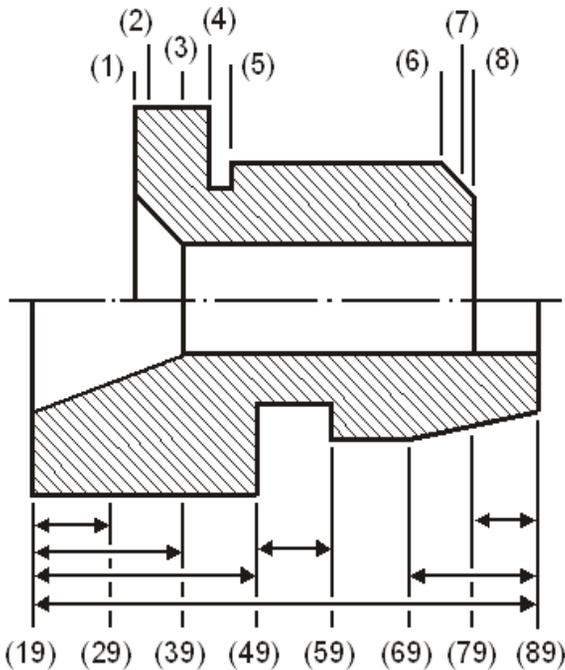


Рис. 5.6. Преобразованный эскиз втулки (первая проекция)

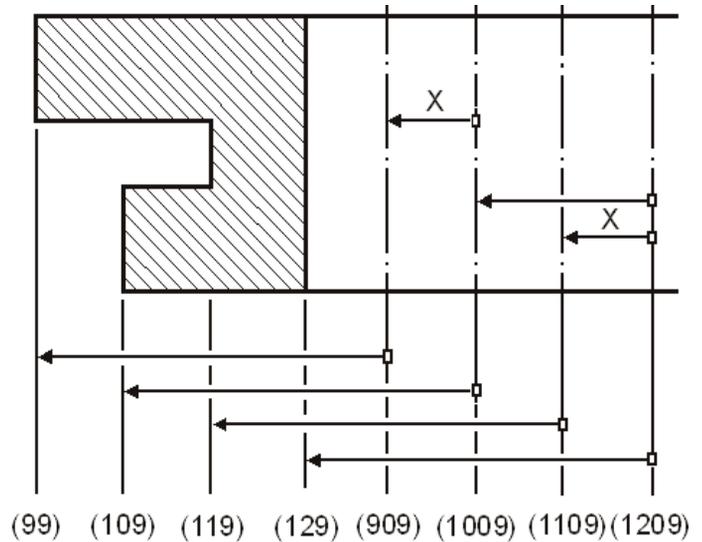


Рис. 5.7. Преобразованный эскиз втулки (вторая проекция)

По аналогии с первой проекцией строится и вторая. Для тела вращения изображается половина изделия. В конструкторских чертежах для осесимметричных изделий принято номинально совпадающие оси цилиндрических поверхностей показывать одной штрихпунктирной линией.

В преобразованном эскизе количество осевых линий соответствует количеству цилиндрических поверхностей. На рис. 5.7 показан эскиз второй проекции втулки, подготовленный для построения диаметральных размерных цепей технологического процесса механической обработки.

Особенностью построения второй проекции является обозначение номеров цилиндрических поверхностей и их осей. Номера цилиндрических поверхностей могут быть произвольными, но удобнее, если они будут продолжением номеров вертикалей продольных размеров. Номера осей могут содержать дополнительную цифру 0. На преобразованном эскизе второй проекции (см. рис. 5.7) коды вертикалей (99), (109), (119), (129) и т. д. имитируют вначале цилиндрические поверхности и далее их оси (909), (1009), (1109), (1209) и т. д.

Очень важным является вопрос о количестве связей между цилиндрическими поверхностями. Как видно из чертежа (см. рис. 5.5, с. 127), конструктором задано только одно техническое требование на отклонение от соосности $E(109_{129})=0,05$.

По всей вероятности, отклонения от соосности других цилиндрических поверхностей не имеют решающего значения для сборки и работы данного изделия в узле (см. рис. 1.21, с. 25), и конструктор считает, что эти требования могут быть выдержаны по усмотрению технолога. Такой подход используется повсеместно, но он вовсе не означает, что отклонения от соосности могут быть сколь угодно велики. Если, например, наружная цилиндрическая поверхность (99) окажется смещенной на 10...15 мм, то вряд ли такое изделие может считаться пригодным, хотя на этот счет эскиз не дает каких-либо конкретных указаний.

Поэтому не заданные чертежом отклонения соосности регламентируются ГОСТом на неуказанные допуски формы и расположения поверхностей.

На преобразованном эскизе неуказанные допуски формы и расположения могут быть выделены символом "х". Количество всех связей должно быть таким, чтобы их число было на единицу меньше, чем осей на преобразованном эскизе. Преобразование эскиза заготовки во многом сходно с преобразованием чертежа готовой детали. При нумерации поверхностей и осей в конце цифры кода вертикали может быть добавлен 0 (нуль). Если, например, форма заготовки соответствует форме изделия (см. рис. 5.5, с. 127), вертикали поверхностей продольных размеров будут закодированы цифрами 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 и т. д.

Часто размерный анализ выполняется без преобразования чертежа изделия. Однако практика выполнения размерного анализа показала, что тогда даже у опытных проектировщиков почти неизбежно возникают ошибки, на поиск которых затрачивается большее время, чем на выполнение преобразованных эскизов. Ошибки, возникающие в результате размерного анализа, опасны для действующего производства, так как ведут к значительным материальным затратам и подрывают доверие к описанному методу построения и расчета размерных цепей.

5.7. Порядок построения и расчета операционных размерных цепей

5.7.1. Проектирование технологического процесса начинается с изучения чертежа изделия. Кроме материала, габаритов, точности и шероховатости всех поверхностей, анализируются технические требования (биение, соосность, перпендикулярность поверхностей и т. д.), требования к качеству поверхностных слоев, необходимость термообработки, толщина и виды покрытий.

5.7.2. При построении проектного варианта технологического процесса после ознакомления с чертежом изделия выбирается метод (способ) получения исходной заготовки и вычерчивается ее эскиз, на котором предварительно наносятся размерные линии с учетом технологической базы на первой (005) операции механической обработки без указания размеров, но с обязательной простановкой точности (предельных отклонений) выбранного метода.

5.7.3. В зависимости от требований по шероховатости, термообработке и др. факторов по каждой поверхности изделия назначают количество технологических переходов с указанием способов снятия припусков (напусков). Очередность и способы должны обеспечить все технические требования чертежа.

5.7.4. Составляется маршрут обработки с вычерчиванием операционных эскизов по каждой операции. В случаях использования многопозиционного оборудования или многоинструментальных наладок оформляются дополнительные эскизы по всем установкам, позициям, а для станков с числовым программным управлением или станочных модулей — расчетно-технологические карты.

5.7.5. В зависимости от программы выпуска и других исходных данных, которые необходимы для проектирования процесса, выбирают оборудование и метод работы на каждой операции. Используют автоматизированные подналадки оборудования. Метод пробных проходов. Часто выбирают метод работы на настроенном оборудовании.

5.7.6. Составляется размерная схема технологического процесса.

5.7.6.1. Под преобразованным эскизом проекции изделия с вертикалями и размерами между ними выделяется горизонтальными линиями зона, предназначенная для нанесения чертежных размеров, которые непосредственно не выполняются в технологическом процессе. Все поле ниже зоны делится горизонтальными линиями на части по

количеству операций, начиная с последней технологической операции и до заготовительной операции включительно.

5.7.6.2. С помощью условных обозначений (см. табл. 5.1, с. 125 и 126) на схему наносят размеры, выдерживаемые на каждой операции. Обработка со снятием припуска показывается смещением линии этой поверхности на величину условно снимаемого слоя металла. Образовавшийся промежуток имитирует положение линии обрабатываемой поверхности до снятия припуска, и после обработки.

5.7.6.3. В отличие от конструкторских размеров технологические размеры всегда имеют направление и начало отсчета от технологической или измерительной базы. В размерной схеме направление определяется стрелкой, которая показывает обработанную поверхность или координату оси выполняемого отверстия, а начало размера выделяется цифрой 0. В каждой операционной зоне на одной из вертикалей должна быть указана технологическая база. Чертежные размеры, которые непосредственно не выдерживаются в процессе обработки (если таковые имеются), обозначаются двойными линиями и наносятся в дополнительной зоне под преобразованным эскизом детали.

5.7.6.4. Все сведения берут из операционных эскизов и наладок плана обработки. Заполнение зон размерной схемы ведется последовательно, начиная от последней операции технологического процесса до исходной заготовительной операции. Все вертикали опускаются до горизонтали предшествующей операции. Их номера в зоне технологического процесса начинаются с цифр, которые на единицу меньше номера вертикалей преобразованного эскиза. Если вертикали в эскизе обозначены кодами 19, 29, 39, 49 и т. д., то, начиная с дополнительной зоны под эскизом, коды вертикалей изменятся на 18, 28, 38, 48 и т. д. В дальнейшем разрыв или смещение вертикали за счет снятия припуска или возникновения новой координаты отверстия приводит к уменьшению номера кода на единицу.

5.7.7. Выявляются все замыкающие звенья. Ими могут оказаться: невыполняемые чертежные размеры; припуски на обработку; разрывы оси отверстий; величины пластических деформаций; слои покрытий, глубины насыщения и др.

Для выявления размерных связей контуров необходимо произвести их обход, начиная с замыкающего звена последней операции или дополнительной зоны, если в ней имеется замыкающий чертежный размер. Обход начинается слева направо через замыкающее звено и далее — по составляющим звеньям (один раз по каждому) и вертикалям до возвращения к другой стороне замыкающего звена. Следует иметь в виду, что обход допустим только по составляющим звеньям и по той операции, где находится искомое замыкающее звено, или ей предшествующим по технологическому процессу (по нижним операционным зонам). Обход контура по последующим операциям, расположенным выше замыкающего звена, недопустим. При поиске контура для замыкающих звеньев — отклонений от соосности, которые представлены в виде разрывов вертикали (оси), движение обхода начинается с верхнего конца звена, обозначенного на схеме символом "*", и перемещается вниз до нижней стороны разрыва с символом "х". Рекомендованное направление обхода контуров позволяет записать в той же последовательности расчетное уравнение для каждой размерной цепи. В процессе первоначального поиска размерного контура на схеме можно и не придерживаться данных рекомендаций, если это отступление поможет поиску.

Например, можно найти одну часть контура, начав обход слева направо, а другую часть — наоборот. Однако после окончательного выявления контура необходим контрольный обход и запись входящих звеньев по рекомендованному направлению.

В размерной цепи замыкающее звено должно быть только одно. Из всех звеньев, которые встречаются при обходе, составляются частные размерные цепи.

Общее число контуров (уравнений) соответствует количеству замыкающих звеньев в размерной схеме технологического процесса. Если какой-либо контур не замыкается, это свидетельствует о неправильной постановке размеров в операционных эскизах.

Схемы линейных и диаметральных размеров, а также комбинированные схемы, строятся как одномерные (по отдельным проекциям и сечениям). В каждой схеме указываются размерные связи только вдоль одной из координатных осей. На одномерной схеме в состав одного контура может быть включена любая разновидность размерной связи.

В схемах линейных размеров в состав одного контура могут входить припуски, собственно размеры, толщины слоев насыщения и покрытий, величины деформаций и т. п. В схемах диаметральных размеров в состав контура, кроме припуска, толщины слоев и деформаций включают радиусы цилиндрических поверхностей и отклонения от соосности.

Корпусные детали могут иметь комбинированные схемы, в которых представлены все из перечисленных выше разновидностей размерных схем. Многомерные схемы таких деталей включают размеры-звенья отклонения расположения, звенья-отклонения от перпендикулярности и параллельности, относящиеся только к одной плоскости измерения (XY, XZ или YZ).

5.7.8. Выявленные размерные контуры могут быть изображены графически или записаны в виде уравнений с помощью буквенных обозначений или цифровым кодом. Каждое уравнение составляется для замыкающего звена из имеющегося перечня составляющих звеньев.

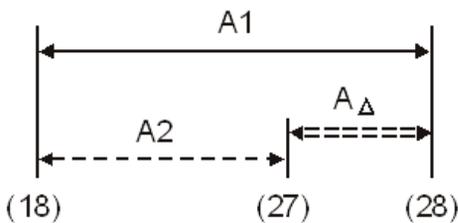


Рис. 5.8. Замкнутый контур размеров A

Если каждый из полученных размерных контуров обозначить в соответствии с буквами А, Б, В и т. д. по алфавиту, то для контура, изображенного на рис. 5.8, выражение $A = @A1 + @A2$ рассматривается как уравнение номиналов, необходимое для расчета данной размерной цепи.

Передаточное отношение — @ для плоских цепей с параллельными звеньями может иметь только два значения:

@ = +1 — для увеличивающих звеньев размерной цепи;

@ = -1 — для уменьшающих звеньев.

В рассматриваемом примере звено A1 — увеличивающее, а A2 — уменьшающее. Тогда уравнение цепи записывается в следующем виде:

$$A_{\Delta} = +A1 - A2.$$

При использовании для обозначения геометрических элементов детали и размерных связей цифрового кода запись размерного контура производится с указанием кода звеньев, входящих в контур. Тогда уравнение для рассматриваемого контура имеет вид:

$$[27_28] = +(18_28) - (18_27),$$

где в квадратных скобках выделен код замыкающего звена, а в круглых — коды составляющих звеньев. Запись кодов замыкающего звена и составляющих звеньев начинается с той его части, которая встречается первой при движении по звену слева направо. Запись кода звеньев-отклонений от соосности, изображенных в виде разрыва вертикальной линии, производится сверху вниз.

Если в рассматриваемом контуре звено (18_28) известно, а номинальный размер (18_27) необходимо определить, запись контура примет следующий вид:

$$[27=28] = +(18+28) - (18-27).$$

Между кодами левой и правой поверхностей размера (18+28) появился знак "+", который символизирует, что у этого составляющего звена известны номинал и предельные отклонения.

Знак "-" между кодами составляющего звена (18–27) сообщает о том, что у этого составляющего звена недостаточно данных для определения его номинала или предельных значений. Только после решения уравнения отрицательный знак сменится на положительный знак. Замыкающее звено в проектом варианте расчета размерной цепи обозначается знаком "=", который также проставляется между кодами левой и правой поверхностей звена. Если в контуре все составляющие звенья с известными значениями номинальных размеров, то вместо равенства в кодах замыкающего звена используется знак "#" и тогда

$$[27\#28]=(18+28)-(18+27).$$

Отрицательный знак перед составляющим звеном показывает его принадлежность к уменьшающему звену размерной цепи, а положительный знак — к увеличивающему. Положительный знак при написании уравнения может опускаться.

5.7.9. Проверка чертежных размеров, которые непосредственно не выполняются (т.е. образуются как замыкающие звенья), производится следующим образом. Рассчитываются поле рассеяния (w) замыкающего чертежного размера, для чего суммируются все операционные допуски, которые входят в контур.

Поле рассеяния сравнивается с полем допуска чертежного размера.

Если поле рассеяния меньше, то принятый вариант технологического процесса обеспечит получение искомого чертежного размера. Однако часто в размерных цепях, где замыкающими звеньями являются размеры чертежа изделия, допустимое колебание замыкающего звена может оказаться больше допуска чертежного размера, и тогда получить 100% годных деталей по намеченной технологии невозможно.

В таком случае необходима корректировка технологического процесса и дополнительный расчет новых размерных цепей. Могут быть использованы следующие направления корректировки:

ужесточение операционных допусков составляющих звеньев размерной цепи в пределах экономической или статистической точности применяемого оборудования;

применение более точного оборудования, или каких-либо дополнительных специальных устройств;

введение дополнительных операций и переходов, обеспечивающих большую точность выполняемых размеров;

введение операции, на которой непосредственно выполняется данный чертежный размер с превращением замыкающего звена в составляющий размер;

уменьшение числа составляющих звеньев в размерной цепи путем смены технологических баз в схемах наладки.

5.7.10. Определяют значение минимального припуска на каждой операции. Составляющие минимального припуска выбирают из конкретных условий процесса, операции, технологического перехода. Общее уравнение для расчета составляющих минимального припуска имеет вид:

$$Z_{\min}=R_z+D_f+P(\text{пр})+E(y), \quad (5.1)$$

где R_z — высота неровностей, образовавшихся на ранее выполненной операции или технологическом переходе; D_f — глубина дефектного слоя, образовавшаяся там же; $P(\text{пр})$ — погрешности формы поверхности, образовавшиеся там же; $E(y)$ — погрешность установки на выполняемой операции или переходе.

5.7.11. Определяют максимальное значение припуска, которое равно сумме всех колебаний (полей рассеяния или допусков) составляющих контур звеньев и величине ранее определенного минимального припуска.

Значение максимального припуска можно представить в виде:

$$Z_{\max}=Z_{\min}+\sum T_{ai}; \quad Z_{\max}=Z_{\min}+\sum w_{Ai}, \quad (5.2)$$

где Σ — символ суммы колебаний составляющих звеньев; ΣTA_i — сумма допусков всех составляющих звеньев; ΣwA_i — сумма всех полей рассеяния составляющих звеньев операционной размерной цепи.

5.7.12. Определяют расчетное номинальное значение замыкающего звена. Для определения расчетного значения номинала у замыкающего чертежного размера используют уравнения (2.20...2.22), которые при расчете номинального значения замыкающего звена-припуска преобразуются:

$$Z_{\Delta} = Z_{\min} + w/2 - \Delta 0Z; \quad Z_{\Delta} = Z_{\max} - w/2 - \Delta 0Z; \quad Z_{\Delta} = Z_{\Delta}(\text{cp}) - \Delta 0Z; \quad (5.3.1)...(5.3.3)$$

где Z_{Δ} — номинальное значение замыкающего звена-припуска; $w/2$ — полуколебание замыкающего звена; $\Delta 0Z$ — координата середины поля рассеяния замыкающего звена; $Z_{\Delta}(\text{cp})$ — среднее значение замыкающего звена.

5.7.13. Решение прямой задачи (проектный вариант процесса) начинают с того уравнения, в котором одно неизвестное, и последовательно решают все оставшиеся уравнения частных размерных цепей, подставляя в них найденные ранее значения составляющих звеньев. ГОСТ рекомендует все расчеты выполнять с использованием координат середин полей рассеяния (полей допусков). Известные симметричные колебания замыкающих звеньев и их координаты позволяют по уравнениям (2.14...2.16) рассчитать значения верхних и нижних предельных отклонений искомого размера.

Определение полей рассеяния замыкающего звена ведется методом расчета на максимум-минимум для малозвенных цепей (с числом составляющих звеньев до четырех) и методом вероятностного расчета размерных цепей, в которых пять и более составляющих звеньев.

5.8. Задачи расчета операционных размерных цепей

При расчете операционных размерных цепей решаются задачи двух основных типов: проектного и проверочного. Проектная задача решается при размерном анализе вновь проектируемого технологического процесса.

Путем решения проектной задачи, исходя из размеров и технических требований чертежа изделия, определяют промежуточные размеры по операциям и технологическим переходам и размеры заготовки.

Проверочную задачу решают при анализе действующих или ранее спроектированных технологических процессов.

В таких задачах по известным характеристикам составляющих звеньев определяют параметры замыкающих звеньев, например, рассчитываются наименьшие и наибольшие предельные значения операционных припусков или чертежных размеров, непосредственно не выполняемых при обработке.

По целям расчета и составу исходных данных проверочная задача расчета операционных цепей совпадает с обратной задачей.

6. Решение технологических задач размерного анализа

6.1. Построение схем продольных размеров

6.1.1. Припуск — составляющее звено. Пример.1

Шпилька с продольным размером $(18+28)=46_{-0,62}$ и радиальным размером $(38+308)=10_{-0,26}$ изготавливается на токарно-отрезной операции 005.

Задачу можно сформулировать следующим образом.

Построить размерную схему технологического процесса, определить замыкающие звенья (если они имеются в данном процессе), написать уравнения контуров относительно замыкающего звена и произвести необходимые расчеты.

Анализ операционного эскиза (см. рис. 5.1, с. 119) показал, что установка прутка осуществляется в пневматическом патроне до соприкосновения торцевой поверхности (28) заготовки с неподвижным или откидным станочным упором. Наружная цилиндрическая поверхность заготовки лишается в патроне четырех степеней свободы (двойная направляющая технологическая база). Одной степени свободы лишается поверхность (28) (опорная база).

Базовый торец заготовки формируется левой режущей кромкой отрезного резца (поверхность (17)). После продвижения прутка до упора и его закрепления, эта поверхность (17) кодируется как (28) и остается таковой до конца обработки. Левая торцевая поверхность (18) на изделии образуется правой кромкой инструмента. В отличие от конструкторских размеров технологические размеры имеют направление и начало отсчета (от технологической или измерительной базы). В размерной схеме направление определяется стрелкой, а начало отсчета — цифрой 0.

В дополнительной зоне под преобразованным эскизом шпильки с размерной схемой технологического процесса (см. рис. 6.1) нет замыкающих звеньев.

Один чертежный линейный размер (18+28), непосредственно выполняемый на операции, является составляющим звеном с известными номиналом и предельными отклонениями. Второй — (17–18) — составляющее звено — промежуточный размер, у которого также известны номинал и предельные отклонения. Он формируется отрезным резцом при радиальной подаче поперечного суппорта и назначается директивно, исходя из точности выполняемого перехода, конструктивных размеров и точности изготовления инструмента и др. Замыкающим звеном представлена величина расхода металла на одно изделие, которая может быть найдена из уравнения

$$[17\#28]=+(18+28)+(17+18)=46_{-0,62}+4^{+0,3}=50_{-0,62}^{+0,30} \text{ мм,}$$

$$[17_28]_{\min}=49,38; [17_28]_{\max}=50,3; [17_28]_{\text{cp}}=49,84 \text{ мм.}$$

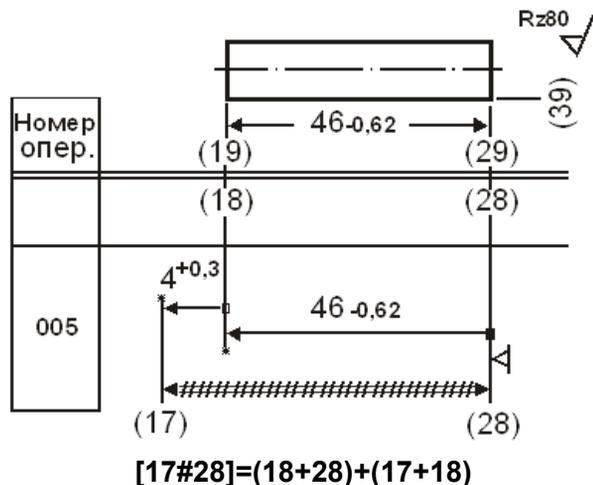


Рис. 6.1. Схема технологического процесса

Номинальный размер и отклонения замыкающего звена рассчитаны по уравнению (2.17).

Расчет уравнения с известными составляющими звеньями относится к решению обратной задачи (#), но назвать ее проверочной нельзя, так как отсутствуют значения исходных величин.

Замыкающее звено в таком уравнении может быть отнесено к группе замыкающих звеньев, наименьшие и наибольшие предельные значения которых не заданы, но могут быть установлены в результате расчета.

Ширина реза (17+18) и точность выполняемого чертежного размера (18+28) зависят от диаметра обрабатываемой заготовки, физико-механических и физико-химических свойств и стоимости обрабатываемого материала и материала режущей части инструмента, точности оборудования, величины партии деталей и типа производства, квалификации рабочих, производственных традиций на предприятии и т. д.

Перечисленные и некоторые другие показатели оказывают серьезное влияние на величину расхода металла.

Вопросы экономии материала всегда актуальны в машиностроении, отсюда очень важна оценка экономической или статистической точности выполняемых размеров на операциях и технологических переходах. Если в рассматриваемом примере экономическая точность операционных размеров IT11...IT12, то допуск на номинальный размер 46 мм по IT12 составит $T=0,25$ мм, а на размер 4 мм — $T=0,12$ мм.

Поле рассеяния выполняемого размера $w(18_{-28})=0,25$ необходимо сдвинуть в сторону наименьшего предельного значения чертежного размера, который равен $(19_{-29})_{\min}=45,38$ мм. С учетом простановки технологического допуска в тело детали операционный размер можно записать как $(18+28)=45,63_{-0,25}$ мм.

Этот же размер для контроля $(18+28)=46_{-0,62}^{-0,37}$ мм.

Подобное ужесточение можно проделать с размером $(17+18)$, изменив его допуск с $T=0,3$ мм до $w=0,12$ мм. Тогда расход металла составит

$$[17\#28]=45,63_{-0,25} + 4^{+0,12}_{-0,25} = 49,63_{-0,25}^{+0,12} \text{ мм};$$

$$[17_{-28}]_{\min}=49,38; [17_{-28}]_{\max}=49,75; [17_{-28}]_{\text{cp}}=49,565 \text{ мм}.$$

Расход металла в значении наибольшего предельного размера сократился на $50,30-49,75=0,55$ мм. В масштабах крупносерийного производства такое сокращение превратится в реальные метры проката и тонны спасенного металла, перевод которого в стружку дорого обходится предприятиям.

Пример 2

В примере 1 техническими требованиями не оговаривались допуски перпендикулярности торцовых поверхностей относительно обработанного диаметра цилиндрической поверхности шпильки. При наличии таких требований обеспечить достаточно жесткое отклонение от перпендикулярности торцовой поверхности (28) практически невозможно. Это связано с тем, что поверхность (17) формируется левой режущей кромкой отрезного резца в процессе отделения детали от прутка.

В повторяющемся цикле установов прутки проталкиваются до упора и закрепляются в патроне с погрешностями. Происходит суммирование погрешностей установки (перекос оси прутка) и отклонения от перпендикулярности с предшествующего перехода. Только подрезкой торцовой поверхности (28) перед отрезкой шпильки от прутка можно обеспечить требуемый допуск перпендикулярности. На рис. 5.3 (см. с. 121) представлен операционный эскиз на токарно-отрезную операцию, в которой предусмотрен технологический переход подрезки торца со стороны поверхности (27) до (28). В момент установа опорной технологической базой является поверхность (17). В размерной схеме она кодируется и другим номером — (27). Необходимо построить преобразованный эскиз и размерную схему процесса, определить составляющие минимального припуска на подрезку торца и возможную точность этого перехода, рассчитать расход металла на одно изделие. Преобразованный эскиз и размерная схема технологического процесса на рис. 6.2 (см. с. 136).

В примере 1, единственным замыкающим звеном является расход металла $[17\#27]$. К ранее рассмотренным составляющим звеньям добавился размер, заключенный между поверхностями (28) и (27). С поверхности (27) заготовки удаляется слой металла (припуск) в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Величина припуска определяется расстоянием между упором и режущей кромкой инструмента. Его минимальная величина должна обеспечить обработку поверхности без следов от предшествующего перехода.

Припуск содержит следующие составляющие:

шероховатость поверхности (17) с предшествующего перехода $Rz=80$ мкм, которая проставлена на операционном эскизе рис. 5.3 (см. с. 121);

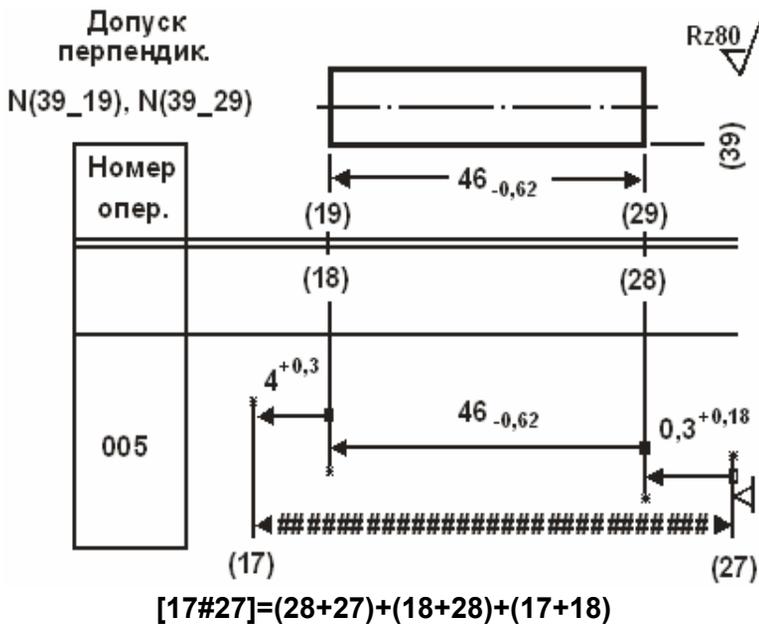


Рис. 6.2. Размерная схема процесса

рации в момент закрепления заготовки в патроне. В этот же момент проявляется погрешность формы заготовки в виде отклонения от профиля продольного сечения. Суммарная погрешность определяется из соответствующих справочных таблиц. Для рассматриваемого примера $E(y)=120$ мкм.

Полная величина минимального припуска

$$Z_{min}=Rz+Df+P(пр)+E(y)=0,08+0,05+0,05+0,12=0,3 \text{ мм.}$$

Сам припуск должен быть представлен в виде размера, точность $T(оп)$ которого определяется суммированием статистической точности $w(ст)=0,12$ мкм (см. с. 401-403, приложение 8) и погрешности установки в осевом направлении $E(y)=60$ мкм (см. приложение 27.3, с. 414).

Расчетное значение допуска на припуск

$$T(оп)=w(ст)+E(y)=0,12+0,06=0,18 \text{ мм.}$$

Значение размера-припуска равно $(28+27)=0,3^{+0,18}$ мм.

Расход металла на одно изделие составит:

$$[17\#27]=+(28+27)+(18+28)+(17+18)=0,3^{+0,18}+45,63_{-0,25}+4^{+0,12}=49,93_{-0,25}^{+0,30} \text{ мм;}$$

$$[17_27]_{min}=49,68; [17_27]_{max}=50,23; [17_28]=49,955 \text{ мм.}$$

6.1.2. Припуск — замыкающее звено

Тип производства, оборудование, инструмент, квалификация производственных рабочих и инженерно-технического персонала, традиции предприятия и многие другие причины порождают бесконечное множество вариантов технологических процессов на механическую обработку простейших деталей. Достаточно в одном из вариантов сменить теоретическую схему базирования, порядок простановки размеров на операции или технологическом переходе, и выполняемые размеры изменят величины номинальных значений при заданных параметрах точности по всем рассматриваемым вариантам. Много вариантов может возникнуть даже при выполнении одной операции процесса обработки.

Вариант 1

Исходной заготовкой шпильки служит мерный отрезок прутка, который получен рубкой на пресс-ножницах с точностью $T=0,8$ мм (см. приложение 36, с. 424). В единичном

дефектный слой Df ($Df=50$ мкм) с того же перехода. Эту величину можно определить из приложения 6.2 (см. с. 400);

погрешность формы в виде допуска перпендикулярности поверхности (17), возникающую при движения поперечного суппорта. Ее наибольшая величина в виде вогнутости или выпуклости расположена в центральной части плоскости реза на длине радиуса цилиндрической поверхности заготовки. Диаметр прутка более 20 мм (см. рис. 5.1, с. 121). Из приложения 15 (см. с. 407) выбираем: $P(пр)=50$ мкм;

погрешность установки, возникающую на выполняемой опе-

производстве. На одной токарной операции. За два установа. В каждом установе одним технологическим переходом подрезается торец исходной заготовки. Необходимо рассчитать номинальное значение линейного размера исходной заготовки.

При первом установе в самоцентрирующем токарном патроне исходная заготовка лишается четырех степеней свободы.

Наружная цилиндрическая поверхность (или ее ось) — первая явная (или скрытая) двойная направляющая технологическая база. На станке и в патроне нет упора, который бы ограничивал перемещение заготовки вдоль оси вращения шпинделя и заготовки. Отсюда второй технологической базой является сама торцовая поверхность, выступающая за пределы кулачков токарного патрона. При вращающемся шпинделе станочник касается режущим лезвием инструмента свободного торца исходной заготовки и перемещает суппорт с инструментом на величину снимаемого припуска.

Подготовка ко второму установу предусматривает либо установку упора в патроне, либо предварительную разметку заготовки для подрезания второго торца по размеру готовой детали, либо применение такого приспособления, которое бы позволяло контролировать выполняемый размер на данном переходе, либо процесс обработки будет происходить с периодическим промером обрабатываемой заготовки с удалением ее из приспособления.

В любом случае на данном переходе должен быть получен окончательный линейный размер детали.

На рис. 6.3 показан эскиз прессовой операции. Токарная операция представлена эскизами по каждому из установов (см. рис. 6.4). Размерная схема процесса помещена на рис. 6.5.

Подрезание торцовых поверхностей можно выполнить за один установ на фрезерном станке.

Пусть на оправке собраны через промежуточную мерную втулку две торцовые фрезы.

Исходная заготовка (или несколько заготовок) закреплена на столе станка или в приспособлении и базируется вдоль оси цилиндрической поверхности от откидного упора.

В этом случае окончательный чертежный линейный размер детали будет сформирован при движении стола с заготовкой (заготовками) на рабочей подаче мимо вращающихся фрез с точностью данного технологического перехода.

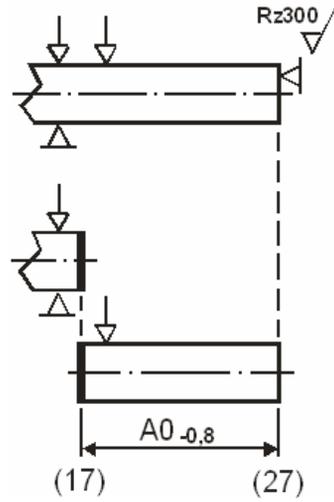


Рис. 6.3. Прессовая операция 000

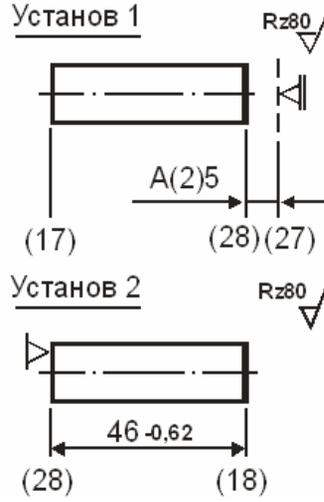


Рис. 6.4. Токарная операция 005

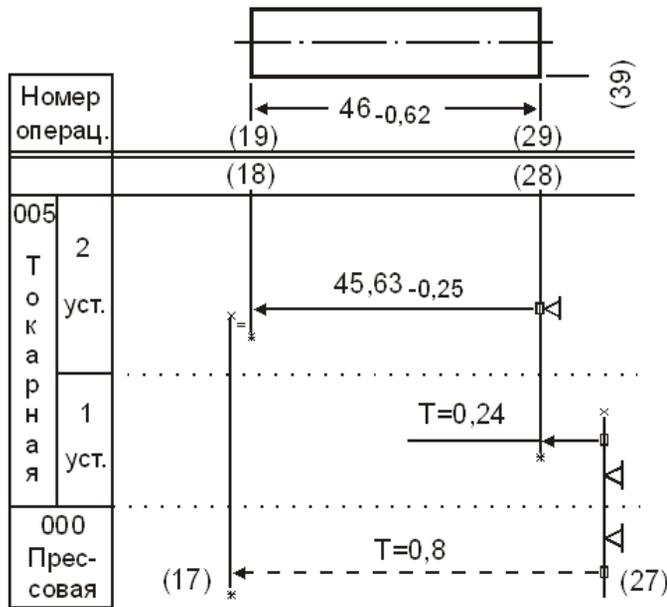


Рис. 6.5. Размерная схема 1 варианта технологического процесса

Одна из фрез должна быть настроена от упора на величину размера-припуска, выполняемого с соответствующей точностью.

Подобная операция осуществляется на двусторонних фрезерно-центровальных полуавтоматах с установкой заготовок в призматические опоры по цилиндрическим поверхностям и ограничением одной степени свободы перемещения заготовки при соприкосновении ее с откидным (подвижным) упором. В процессе обработки заготовка движется на рабочей подаче мимо торцовых фрез либо фрезерные головки движутся мимо заготовки, формируя окончательно линейный размер между фрезами. В процессе наладки такого оборудования одновременно с линейным размером между фрезами настраивается известный промежуточный размер от установочного упора до одной из фрез. Операционный эскиз на двустороннее фрезерование торцовых поверхностей показан на рис. 6.6 (см. с. 139).

Размерная схема технологического процесса из заготовительной операции и фрезерной (см. рис. 6.7, с. 139) практически не отличается от размерной схемы на рис. 6.5 (см. с. 135).

Размеры (18+28) и (28+27) на рис. 6.7 построены в зоне одной, 005 операции.

На размерных схемах технологического процесса (см. рис. 6.5 и 6.7) единственный чертежный размер (19+29) выполняется на операции 005. Если это токарная операция, окончательный технологический размер (18+28) выполняется во время второго установа от обработанной поверхности (28) с точностью чертежного размера ($T=0,62$) либо с экономической точностью IT12 ($T=0,25$).

Для малого объема выпуска данной детали ужесточение допуска на выполняемый размер не даст большой экономии металла, но с ростом числа деталей в партии или в изделии необходимо производить расчеты от наименьших (наибольших) предельных значений чертежного размера с учетом экономической точности операции или перехода. К исполнению принимается размер

$$(18+28)=46_{-0,62}^{-0,37}=45,63_{-0,25} \text{ мм.}$$

Экономическая точность операции двухстороннего фрезерования на первом технологическом переходе соответствует точности токарного перехода.

Технологический размер (28+27) — припуск — составляющее звено, номинальное значение и точность которого определяют с учетом шероховатости, дефектного слоя и отклонений от перпендикулярности торцовых поверхностей, полученных после выполнения прессовой операции.

После рубки на поверхности образуется шероховатость $Rz=100...300$ мкм с глубиной дефектного слоя $Df=100...150$ мкм (см. приложение 6, с. 400). Отклонение от перпендикулярности торцов относительно оси составит при этом $P(пр)=0,3...1,0$ мм (см. приложение 8, с. 401 и 403).

В составляющие минимального припуска может войти погрешность установки, которая возникает на выполняемом технологическом переходе.

Если рассматривать токарную операцию в первом установе, когда рабочий подводит инструмент до касания с вращающейся заготовкой, то из состава погрешностей установки учитывается только дополнительная величина отклонения от перпендикулярности, возникающая от погрешности приспособления и закрепления. В случае работы на настроенном станке при двухстороннем фрезеровании суммарная погрешность (погрешности базирования, закрепления, приспособления) включается в допуск на выполняемый размер-припуск. Точность последнего суммируется из статистической точности операции фрезерования первого технологического перехода $T=0,2$ мм (см. приложение 11, с. 404) и погрешности положения обработанной поверхности относительно базовой $T=0,04$ мм (см. приложение 31, с. 420...422).

Точность выполнения операционного размера-припуска составит $T=0,24$ мм.

Минимальная величина размера-припуска (она же и номинальное его значение)

$$Z_{min}=Rz+Df+P(пр)=0,3+0,15+0,65=1,1 \text{ мм.}$$

Из схемы на рис. 6.7 рассмотрены два размера:

$(18+28)=45,63_{-0,25}$ мм — составляющее звено — окончательный размер с известными номиналом и предельными отклонениями;

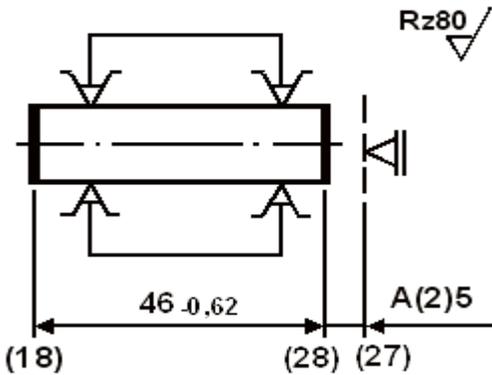


Рис. 6.6. Фрезерная операция 005. Установка исходной заготовки в самоцентрирующих тисках до упора

$(28+27)=1,1^{+0,24}$ мм — составляющее звено — промежуточный операционный размер с известным номиналом и предельными отклонениями.

В размерной схеме остался выполняемый размер исходной заготовки (17–27), у которого известна только точность выполнения $T=0,8$ мм (см. приложение 36, с. 424). Этот размер относится к группе составляющих звеньев с заданными предельными отклонениями, номинал которого определяется расчетом.

И последний из размеров — [17=18] не выполняется ни на одной из операций. Это припуск — замыкающее звено. Он получается последним в результате выполнения составляющих размеров-звеньев, которые входят в контур вместе с замыкающим звеном. Но у припуска может быть найдено его наименьшее допустимое предельное значение Z_{min} .

Составляющие минимального припуска для случая подрезания торца (17) на токарной операции или фрезерованием должны включать в себя шероховатость поверхности и величину дефектного слоя после прессовой операции. Отклонение от перпендикулярности с предшествующей (прессовой) операции входит в допуск $T(17_{-27})=0,8$ мм, а погрешность установки на выполняемой операции (технологическом переходе) входит в допуск $T(28_{-27})=0,24$ мм.

Минимальный припуск [17_18]

$$[17_{-18}]_{min}=Rz+Df=0,3+0,15=0,45 \text{ мм.}$$

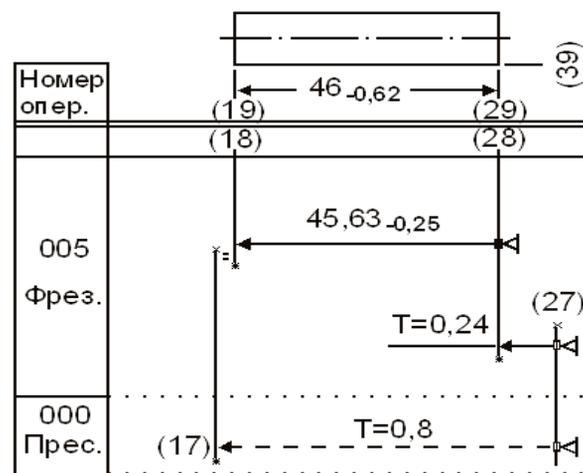


Рис. 6.7. Размерная схема 1 варианта технологического процесса с операцией двустороннего фрезерования от подвижного упора

Наибольшее значение замыкающего звена определяется с учетом жесткости технологической системы, мощности привода, режимов резания и т. д. Размер [17=18] относится к группе замыкающих с заданным минимальным и произвольным максимальным предельными значениями. Замкнутый контур в размерной схеме (см. рис. 6.7)

$$[17=18]=-(18+28)_{-0,25}-(28+27)^{+0,24}+(17-27)_{-0,8}=-45,63_{-0,25}-1,1^{+0,24}+(17-27)_{-0,8}.$$

Используя уравнение для расчета номинального размера замыкающего звена при известном его минимальном значении, определяем

$$[17_{-18}]_{ном}=[17_{-18}]_{min}+w[17_{-18}]/2-\Delta w[17_{-18}],$$

где $w[17_{-18}]$ — поле рассеяния замыкающего звена; $\Delta w[17_{-18}]$ — координата середины поля рассеяния замыкающего звена.

Поле рассеяния замыкающего звена

$$w[17_{-18}]=T(18_{-28})+T(28_{-27})+T(17_{-27})=0,25+0,24+0,80=1,29 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[17_18] = -\Delta T(18_28) - \Delta T(28_27) + \Delta T(17_27) =$$

$$= -\frac{0 + (-0,25)}{2} - \frac{0,24 + 0}{2} + \frac{0 + (-0,8)}{2} = +0,125 - 0,12 - 0,4 = -0,395 \text{ мм.}$$

Номинальное значение припуска

$$[17_18]_{\text{ном}} = [17_18]_{\text{min}} + w[17_18]/2 - \Delta w[17_18] = 0,45 + 1,29/2 - (-0,395) = 1,49 \text{ мм.}$$

В уравнении замкнутого контура неизвестным осталось только номинальное значение определяемого размера (17 27) при известной точности и отклонениях. Оно составляет

$$[17=18] = -(18+28) - (28+27) + (17-27); \quad 1,49 = -45,63 - 1,1 + (17-27); \quad (17+27) = 48,22 \text{ мм.}$$

$$\text{Принимаем } (17+27) = 48,22_{-0,8} \text{ мм.}$$

Решением обратной задачи (проверочный расчет) можно проверить правильность вычислений. Номинал и предельные отклонения замыкающего звена при известных значениях всех составляющих звеньев

$$[17\#18] = -45,63_{-0,25} - 1,1^{+0,24} + 48,22_{-0,8} = 1,49_{-1,04}^{+0,25} \text{ мм.}$$

Расчетное значение $[17_18]_{\text{min}} = 0,45$ мм равно исходному припуску.

Расчетное номинальное значение определяемого звена размерной цепи имеет два десятичных знака: $(17+27) = 48,22$ мм. Для прессовой операции достаточно определить значение номинала до первого десятичного знака. Округлить расчетное значение можно с увеличением (48,3) или с уменьшением (48,2 мм). Если в уравнении по определению номинального размера замыкающего звена используется исходный наименьший предельный размер 0,45, то размер определяемого увеличивающего составляющего звена при округлении увеличивают, а уменьшающего — уменьшают. $(17+27)$ — увеличивающее составляющее звено. При увеличении его номинала до 48,3 мм увеличится исходное звено $[17_18]_{\text{min}} = 0,45 + 0,08 = 0,53$ мм. Наибольшее предельное значение замыкающего звена состоит из суммы, в которой к $[17_18]_{\text{min}}$ добавляется поле рассеяния замыкающего звена.

Наибольший припуск при подрезании торцевой поверхности (17)

$$[17_18]_{\text{max}} = [17_18]_{\text{min}} + w[17_18] = 0,45 + 0,08 + 1,29 = 1,82 \text{ мм.}$$

При выборе составляющих минимального исходного припуска табличные значения шероховатости и дефектного слоя взяты максимальные величины. Если в нарушение правила округления увеличивающее звено уменьшить на 0,02 мм и принять его равным $(17+27) = 48,2$ мм, исходное значение припуска также уменьшится на 0,02 мм (20 мкм). Эта величина не окажет существенного влияния на качество обработанной поверхности.

Окончательно принятые результаты расчета:

$$[17_18]_{\text{min}} = 0,45 - 0,02 = 0,43 \text{ мм, } [17_18]_{\text{max}} = 0,43 + 1,29 = 1,72 \text{ мм;}$$

определяемый размер исходной заготовки $(17+27) = 48,2_{-0,8}$ мм.

Вариант 2

Исходной заготовкой остается отрезок прутка, полученный на прессовой операции 000 с точностью $T = 0,8$ мм.

Операция 005 может выполняться на токарных или фрезерных станках, но с другой схемой базирования (см. рис. 6.8 и 6.9, с. 141).

На токарном станке в первом установе от "черной" поверхности (17) (опорная технологическая база) для получения промежуточного наладочного размера с экономической точностью IT14 ($T=0,62$ мм) подрезается торцовая поверхность (27).

Во втором установе от "чистой" базовой поверхности (28) подрезается "черная" поверхность торца (17) в окончательный размер IT12.

Подобную наладку можно осуществить на любом фрезерном станке. Если это двухсторонняя обработка, от подвижного упора настраивается дальняя торцовая фреза для получения промежуточного наладочного размера, а окончательный чертежный размер выполняется между настроенными на размер фрезами (см. рис. 6.9).

Размерная схема 2 варианта задачи с токарной операцией показана на рис. 6.10, а схема с фрезерованием двух поверхностей — на рис. 6.11 (см. с. 142).

Обе схемы не имеют принципиального различия и содержат три выполняемых размера — $(18+28)$, $(17-28)$, $(17-27)$ и два размера — $[17=18]$, $[28=27]$, которые непосредственно не выполняются в процессе обработки.

Все перечисленные размеры можно распределить по группам.

Составляющие звенья:

$(18+28)$ — окончательный размер с известными номиналом и предельными отклонениями; $(17-28)$, $(17-27)$ — звенья с заданными предельными отклонениями, номинал которых определяется расчетом (определяемые операционные размеры).

Замыкающие звенья: $[17=18]$, $[27=28]$ — звенья-припуски с заданным минимальным и произвольным максимальным предельными значениями.

Наличие замыкающего звена подразумевает замкнутый контур и соответствующее уравнение. Если в уравнении все составляющие звенья известны, решают проверочную задачу. В рассматриваемом случае второго варианта два определяемых размера будут найдены решением проектной задачи.

Из размерных схем рис. 6.10 и 6.11 (см. с. 141 и 142) уравнения с замыкающими звеньями-припусками имеют вид:

$$1. [17=18] = -(18+28) + (17-28); \quad 2. [28=27] = +(17-27) - (17-28).$$

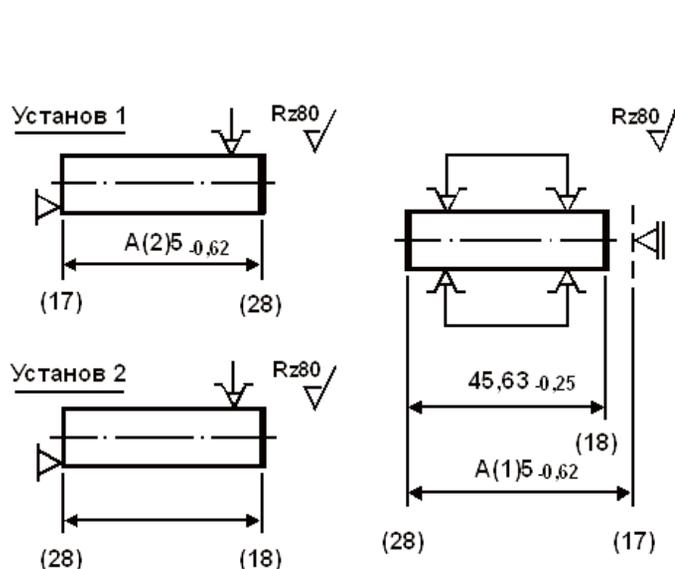


Рис. 6.8. Токарная операция 005

Рис. 6.9. Фрезерная операция 005

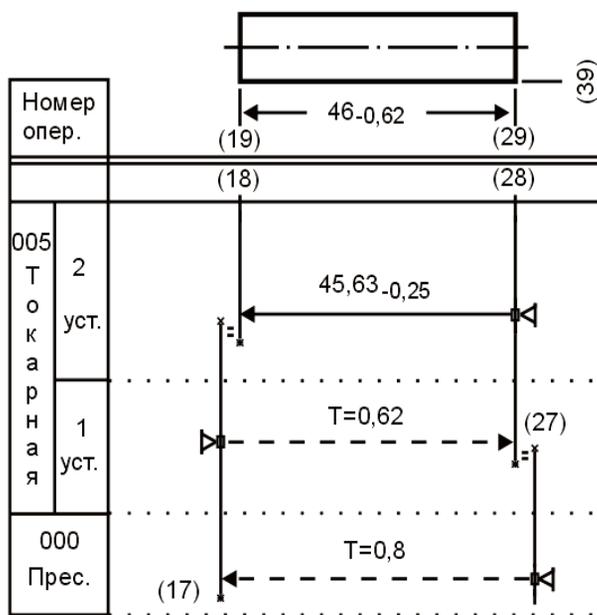


Рис. 6.10. Размерная схема 2 варианта технологического процесса

Решение уравнений начинают с того, в котором неизвестно одно составляющее звено. В уравнении с замыкающим звеном $[17=18]$ неизвестен номинал размера $(17-28)$, который можно определить, используя известную величину $[17_18]_{min}$.

Номинальные размеры замыкающего и определяемого звеньев равны:

$$[17=18]= -45,63_{-0,25} + (17-28)_{-0,62};$$

$$[17_18]_{\text{ном}} = [17_18]_{\text{мин}} + w[17_18]/2 - \Delta w[17_18] = 0,45 + 0,87/2 - (+0,125 - 0,31) = 1,07 \text{ мм};$$

$$1,07 = (17-28) - 45,63; (17+28) = 46,7 \text{ мм. Принимаем } (17+28) = 46,7_{-0,62} \text{ мм.}$$

$$\text{Тогда } [17_18]_{\text{мин}} = 0,45 \text{ мм}; [17_18]_{\text{макс}} = 0,45 + 0,87 = 1,32 \text{ мм.}$$

Если подставить найденное значение составляющего звена (17+28) во второе уравнение, можно найти номинальные значения замыкающего звена [28=27] и составляющего (17-27):

$$[28=27] = +(17-27)_{-0,8} - 46,7_{-0,62};$$

$$[28_27]_{\text{ном}} = [28_27]_{\text{мин}} + w[28_27]/2 - \Delta w[28_27] = 0,45 + 1,42/2 - (-0,4 + 0,31) = 1,25 \text{ мм};$$

$$1,25 = +(17-27) - 46,7; (17+27) = 47,95_{-0,8} \text{ мм; Принимаем } (17+27) = 48 \text{ мм.}$$

$$\text{Тогда } [28_27]_{\text{мин}} = 0,45 + 0,05 = 0,5 \text{ мм}; [28_27]_{\text{макс}} = 0,5 + 1,42 = 1,92 \text{ мм.}$$

Предложенные варианты рассмотрены не для выбора лучшего из них, а для отработки методики построения и расчета продольных размерных цепей с участием припусков в качестве составляющих и замыкающих звеньев. Выбор составляющих минимального припуска — ответственный этап в расчетах операционных размеров по всему технологическому процессу. Теоретические основы его расчета подробно рассмотрены в соответствующей литературе.

6.1.3. Чертежный размер — замыкающее звено

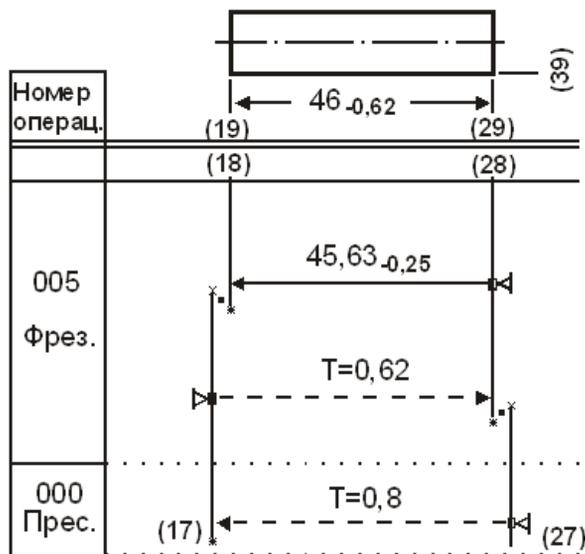


Рис. 6.11. Размерная схема 2 варианта технологического процесса с операцией двустороннего фрезерования от подвижного упора

Отрезной резец также отходит быстро назад.

Упор, закрепленный на одной из позиций револьверной головки, устанавливается против прутка. Как только подающая цанга отойдет в крайнее левое положение, зажимная цанга разжимается, а подающая вместе с прутком перемещается вперед, подавая пруток до упора. После подачи пруток опять зажимается. Затем производится последовательная обработка инструментами, установленными в рабочие позиции при периодическом повороте револьверной головки, которая имеет продольную подачу, и режущими инструментами поперечных суппортов.

6.1.3.1. Анализ выполняемости чертежных размеров

Технологический процесс механической обработки опорной втулки (см. рис. 6.12) содержит две токарно-револьверные операции:

005 — автоматная токарная.

Станок — токарно-револьверный автомат. Исходная заготовка — калиброванный холоднотянутый пруток. Операционный эскиз без наладочных эскизов по позициям револьверной головки показан на рис. 6.13 (см. с. 143);

010 — токарно-револьверная операция.

Станок — токарно-револьверный полуавтомат. Эскиз на рис. 6.14 (см. с. 143).

Токарно-револьверные автоматы предназначены для изготовления деталей из различных сталей и сплавов по 9...11 квалитетам.

На автоматной операции 005 после отрезки очередной заготовки подающая цанга отходит назад, проскальзывая по прутку.

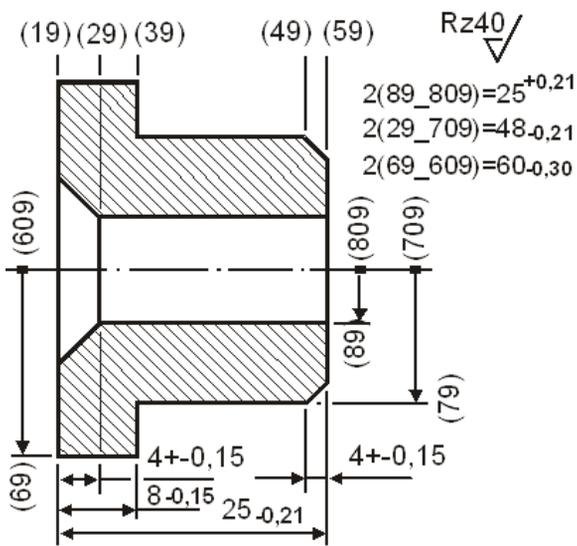


Рис. 6.12. Втулка опорная

порта формируется фаска (48+58). Торцовая поверхность (58) подрезается от упора в выполняемый размер. Принимаем величину размера-припуска $(58+57)=0,3^{+0,18}$ мм.

Ориентировочный номинальный размер (38–58) может быть определен из разности двух чертежных

$$(38-58)=(19+59)-(19+39)=25-8=17 \text{ мм.}$$

Допуск на размер 17 мм по IT11 равен $T=0,11$ мм (см. приложение 1, с. 398).

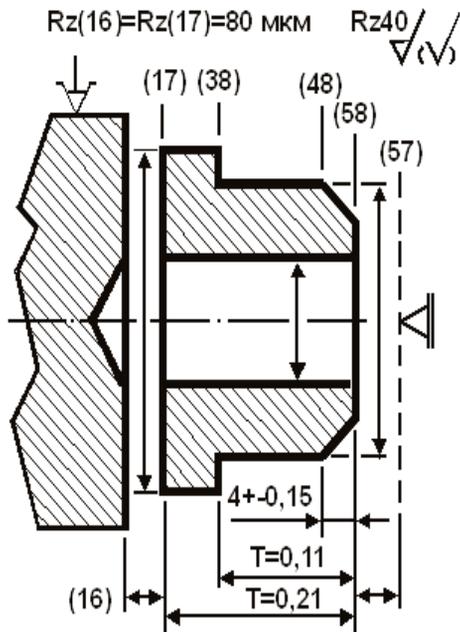


Рис. 6.13. Операция 005

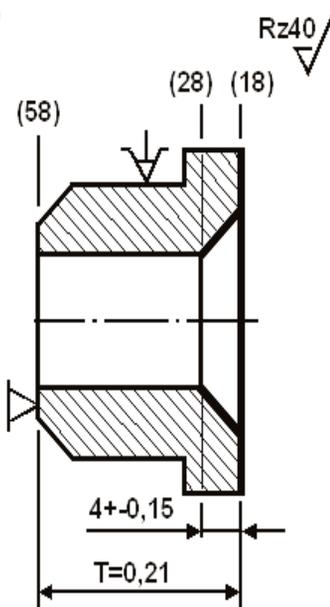


Рис. 6.14. Операция 010

На операции 010 с одного из поперечных суппортов подрезается торец (17) в окончательный размер (18+58) с номинальным значением и отклонениями чертежного размера (19+59) (см. рис. 6.12), а фаска (48+58) формируется в окончательный размер с продольного суппорта. Преобразованный эскиз и размерная схема технологического процесса на рис. 6.15 (см. с. 144). На этой схеме и на всех последующих над размерной линией будет проставлена точность непосредственно выполняемых определяемых размеров. Анализ действующих и вновь проектируемых процессов необходимо начинать с проверки выполняемости чертежных размеров по операциям и переходам технологического процесса.

Из трех поперечных суппортов передний и задний обладают большей жесткостью. Они применяются для выполнения наиболее нагруженных технологических переходов либо для получения особо точных операционных размеров. Вертикальный суппорт более легкий и применяется, как правило, для отрезки готовых деталей, проточки небольших поперечных канавок, снятия фасок и др. На данной операции подрезка поверхности (38) в размер (38–58) будет выполняться с жесткого суппорта с точностью IT11, а отрезка в размер (17–58) — по IT12 (см. рис. 6.13).

Наружные и внутренние диаметральные поверхности заготовки обрабатываются с продольного суппорта с точностью окончательных размеров изделия. С этого же суппорта

Выполняемый размер (38–58) имеет направление от поверхности (58) к поверхности (38). С учетом рекомендации (допуск в тело заготовки) это направление позволяет превратить допуск в верхнее предельное отклонение, а сам размер будет представлен как $(38-58)^{+0,11}$ мм.

Отрезка заготовки от прутка в размер (17–58) будет выполняться по IT12. Ориентировочный операционный номинальный размер близок к чертежному — 25 мм. Допуск IT12: $T=0,21$ мм. С учетом направления операционного размера его можно записать в виде: $(17-58)_{-0,21}$ мм.

На чертеже детали (см. рис. 6.12, с. 143) показаны пять вертикалей.

После операции 010 деталь должна быть проконтролирована по 4 размерам:

$(19+29)=4+0,15$ — размер фаски $(18+28)$. Выполняется от окончательно подрезанного торца (18) на одном из переходов операции 010 с продольного суппорта. Это видно из рис. 6.14 и 6.15;

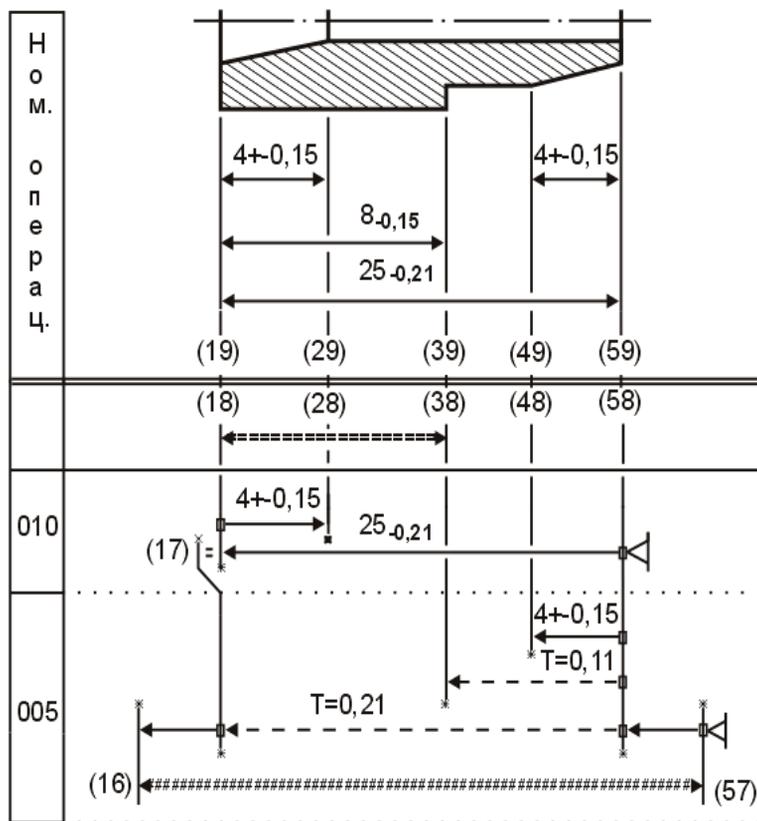


Рис. 6.15. Преобразованный эскиз втулки и размерная схема 1 варианта процесса

$[18=38]$ — замыкающее звено размерной схемы процесса обработки опорной втулки (см. рис. 6.15).

Нет смысла продолжать дальнейший анализ процесса без проверки возможности получения данного размера.

Если поле рассеяния $w[18_38]$ замыкающего звена будет меньше поля допуска чертежного размера $T(19_39)$, можно приступать к выбору составляющих минимального припуска и расчету определяемых операционных размеров.

$$[18=38]=-(38-58)^{+0,11}+(18+58)_{-0,21}.$$

Поле рассеяния замыкающего звена

$$w[18_38]=T(38_58)+T(18_58)=0,11+0,21=0,32.$$

Поле рассеяния превосходит поле допуска чертежного размера на 0,17 мм.

Следовательно, получить годное изделие по первому варианту технологии невозможно. В таком случае необходимы корректировка технологического процесса и дополнительная проверка выполняемости или возможности получения всех размеров чертежа изделия.

Корректировка может проводиться по разным направлениям (см. п. 5.7.9, с. 132). Одно из них предложено реализовать в следующем варианте.

$(19+59)=25_{-0,21}$ — габаритный

операционный размер $(18+58)$. Он выполняется на операции 010 с поперечного суппорта от технологической базы (поверхность (58)), полученной при подрезании торца с заднего поперечного суппорта на 005 автоматной операции (см. рис. 6.13, с. 143);

$(49+59)=4+0,15$ — операционный

размер фаски $(48+58)$. Фаска обрабатывается с продольного суппорта от измерительной базы (58) на автоматной операции 005. Измерительная база формируется после подрезания "черного" базового торца (57) ;

$(19+39)=8_{-0,15}$ мм — высоты

фланца втулки в технологическом процессе отсутствует.

Ни на одной из операций процесса механической обработки размер $[18=38]$ не выполняется.

6.1.3.2. Отрицательный припуск

Замыкающий чертежный размер [18=38] можно превратить в составляющее звено (выполняемый операционный размер) введением дополнительной операции или технологического перехода в одну из имеющихся операций ранее намеченного варианта технологического процесса.

В дополнительной операции 015 (см. рис. 6.16) на разжимной оправке повторно подрезается торцовая поверхность (38) для получения окончательного размера. В действующем производстве подобные операции вводятся для исправления брака, когда операция выполняется не ради достижения заданного качества обработанной поверхности, а ради точности операционного размера.

Положение поля рассеяния относительно поля допуска определяется возможностью исправления брака по размеру [18=38]. Графическая схема различных положений поля рассеяния по варианту 1 — $w[18=38]=0,32$ мм показана на рис. 6.17.

Любое из трех положений достигается расчетом номинального значения ([18=38]ном) через наименьший и наибольший предельные размеры или через среднюю его величину.

У чертежного размера $(19+39)=8_{-0,15}$ мм номинальный размер 8,0 мм.

Номинальное расчетное значение замыкающего звена для трех положений поля рассеяния различно, но использовать первые два (см. рис. 6.17) нет смысла, т. к. часть изделий попадает в поле отрицательного запаса по наименьшему предельному значению чертежного размера (окончательный брак). Только расчет определяемого размера (38–58) от наименьшего предельного значения $(19+39)_{\min}=7,85$ мм (см. рис. 6.15, с. 144) позволяет сдвинуть поле рассеяния — $w[18=38]$ в зону исправимого брака (положение 3 на рис. 6.17).

Если партию деталей из этой зоны с полем рассеяния $w[18=38]=0,32$ пропустить через дополнительную операцию подрезки торца (38) без предварительного контроля, то часть деталей с окончательным размером в пределах поля допуска чертежного размера не подвергнется обработке при движении резца на рабочей подаче.

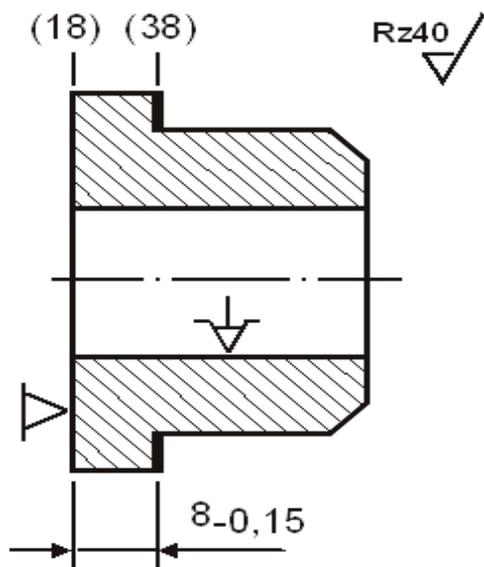


Рис. 6.16. Операция 015 (вариант 2)

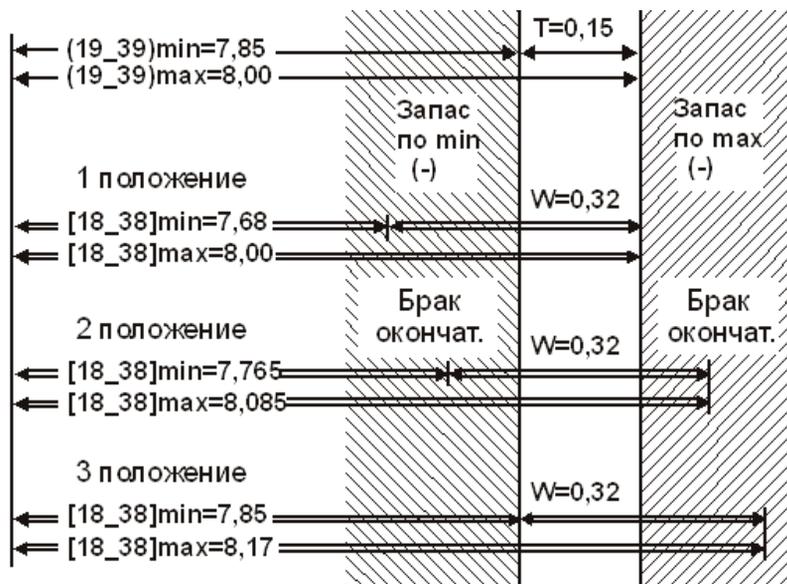


Рис. 6.17. Положения поля рассеяния – w относительно поля допуска – T

Если режущую кромку подрезного резца установить на линии наибольшего предельного чертежного размера $(19+39)_{\max}=8,0$ мм, то практически все годные детали останутся без обработки.

Припуск на их поверхности отсутствует и может составить отрицательную величину, равную допуску на выполняемый размер.

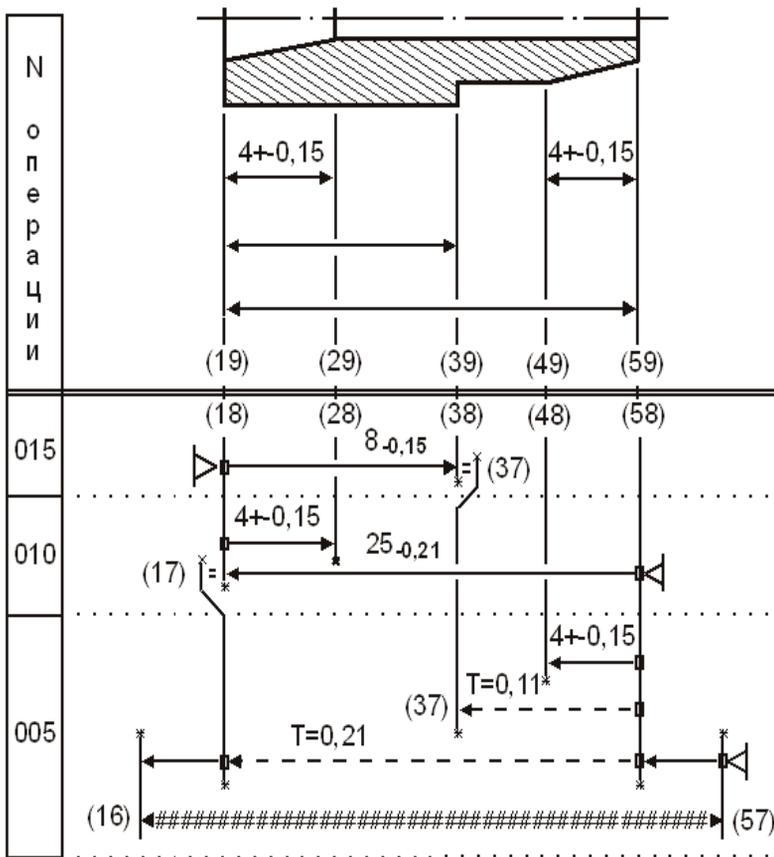


Рис. 6.18. Размерная схема из трех операций

обходимо изменить теоретическую схему базирования, установив заготовку на разжимную оправку аналогично предлагаемой дополнительной операции (см. рис. 6.16, с. 145) с опорой в окончательно обработанную поверхность (58), а на самой операции необходимо ввести в наладку дополнительный подрезной резец, который можно установить на одном суппорте вместе с резцом, подрезающим торец (18).

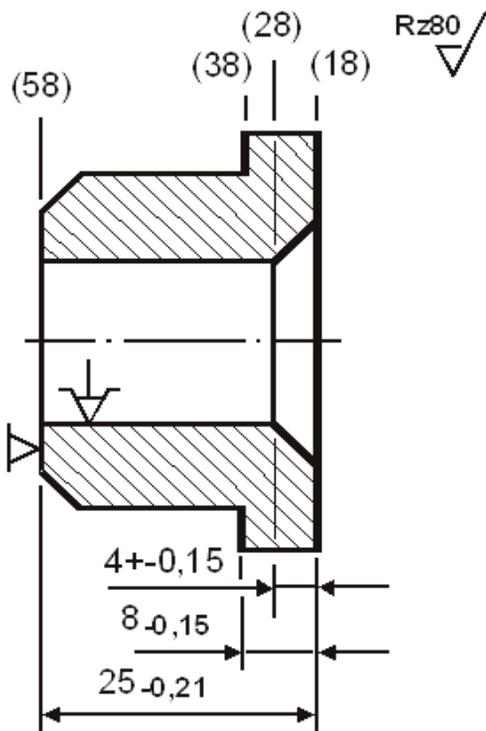


Рис. 6.19. Операция

Следовательно, если на операции (или технологическом переходе) допускаются следы от предшествующей операции (или технологического перехода), а сама операция введена для достижения точности выполняемого на данной операции размера, то величина припуска назначается отрицательной и равной по величине допуску на этот выполняемый размер.

Из схемы рис. 6.15 (см. с. 144) трудно представить составляющие уравнения с замыкающим звеном-припуском в дополнительной операции процесса. Необходимо построить новую размерную схему, содержащую дополнительную 015 операцию (см. рис. 6.18). Подрезку торца (38) можно осуществить и на операции 010 отвергнутого варианта технологического процесса (см. рис. 6.13 и 6.14, с. 143). Для этого не-

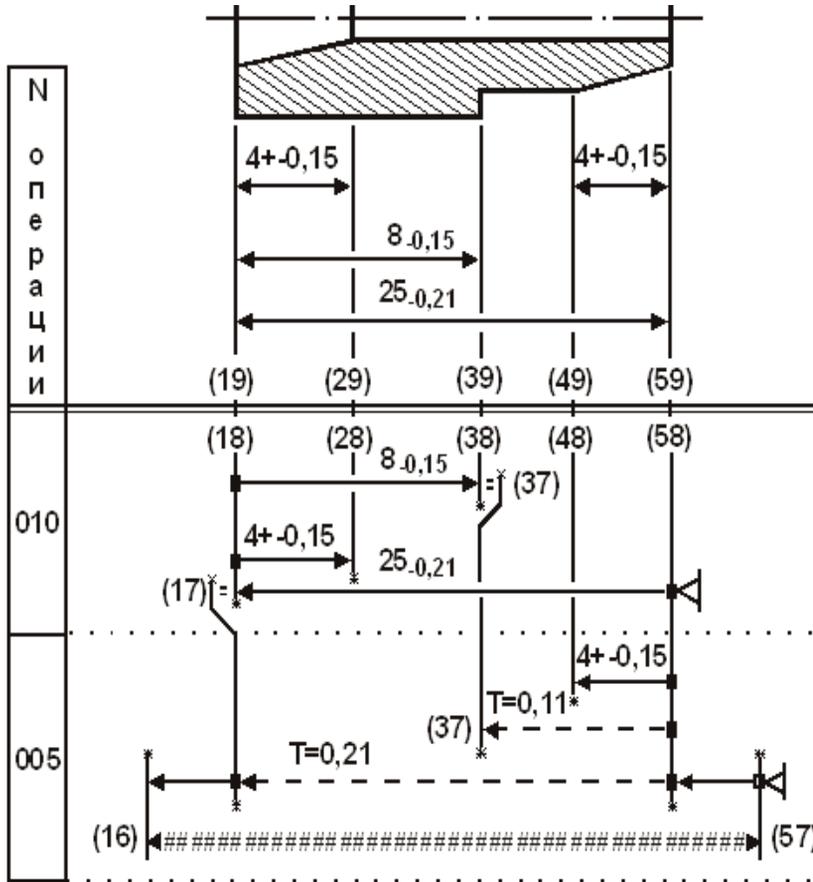
Концентрированный технологический переход блоком из двух резцов позволяет получить сразу два окончательных операционных размера (18+38) и (18+58). Здесь же окончательно формируется размер фаски (18+28). Эскиз такой операции показан на рис. 6.19. Если во втором варианте технологического процесса все чертежные размеры изделия выполняются на трех операциях, размерная схема процесса будет соответствовать рис. 6.18. Процесс, в котором вторая операция содержит концентрированный технологический переход, можно представить размерной схемой рис. 6.20 (см. с. 147). Обе размерные схемы не имеют принципиальных отличий для размерного анализа и последующих расчетов определяемых операционных размеров.

Кроме окончательно выполняемых операционных размеров (18+28), (18+38), (18+58) и (48+58), в размерных схемах имеются промежуточные операционные размеры с заданной точностью и предельными отклонениями. Это определяемые размеры (37-58) и (17-58). При наличии двух определяемых размеров должны быть и два замыкающих звена.

Если в замыкающие звенья не попал ни один из чертежных размеров, то замыкающими звеньями будут припуски [17=18] и [38=37]. Ни на одной операции эти припуски непосредственно не выполняются.

Уравнения с известными окончательными операционными размерами имеют вид:

1. $[17=18] = -25_{-0,21} + (17-58)_{-0,21}$;
2. $[38=37] = -(37-58)^{+0,11} + 25_{-0,21} - 8_{-0,15}$.



В каждом уравнении по одному определяемому размеру. Выбрав составляющие минимального припуска, можно приступить к расчету.

Из рис. 6.21 (см. с. 148) видно, что припуск [17=18] срезается на операции 010. Его величину составляют шероховатость поверхности $Rz=80$ мкм и дефектный слой $Df=100$ мкм (см. приложение 6.1, с. 400), полученные после отрезки заготовки с вертикального суппорта на автоматной токарной операции 005.

Пространственные отклонения находятся в допуске $T(17_58)=0,21$ мм, а погрешности установки — в допуске на выполняемый окончательный размер (18+58).

Аналитическое и графическое изображения контура [38=37] на рис. 6.22 (с. 148).

Рис. 6.20. Схема 2. Процесс с концентрированной 010 токарно-револьверной операцией

Минимальный припуск при обработке поверхности (17) составит

$$[17_18]_{\min} = Rz + Df = 80 + 100 = 180 \text{ мкм.}$$

Номинальные значения замыкающего и определяемого звеньев:

$$[17=18] = -25_{-0,21} + (17-58)_{-0,21}$$

$$[17_18]_{\text{ном}} = [17_18]_{\min} + w[17_18]/2 - \Delta w[17_18] = 0,18 + 0,42/2 - (+0,105 - 0,105) = 0,39 \text{ мм;}$$

$$0,39 = -25 + (17-58), \quad (17+27) = 25,39 \text{ мм. Принимаем } (17+27) = 25,4_{-0,21} \text{ мм.}$$

$$\text{Тогда } [17_18]_{\min} = 0,18 + 0,01 = 0,19 \text{ мм; } [17_18]_{\max} = 0,19 + 0,42 = 0,61 \text{ мм.}$$

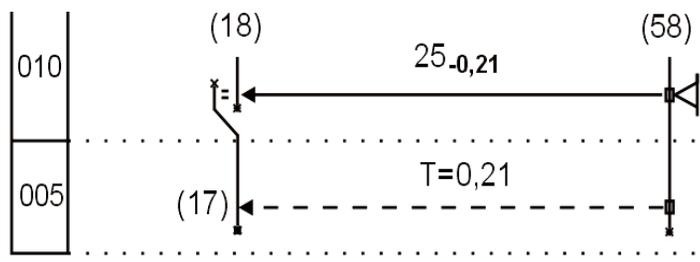
При окончательной обработке торца (37) на операции 005 (см. рис. 6.22, с. 148) шероховатость поверхности $Rz=40$ мкм уже соответствует требованиям чертежа изделия. Повторная обработка торца на 010 операции преследует получение окончательной точности чертежного размера со снятием или без снятия следов шероховатости от предшествующей операции 005.

Допуск выполняемого размера $T(18_38)=0,15$ мм позволяет назначить минимальный припуск отрицательной величиной $[38_37]_{\min}=-0,15$.

Используя уравнение, можно рассчитать номинальные размеры замыкающего и определяемого звеньев размерной цепи: $[38=37]=-(37-58)^{+0,11}+25_{-0,21}-8_{-0,15}$;

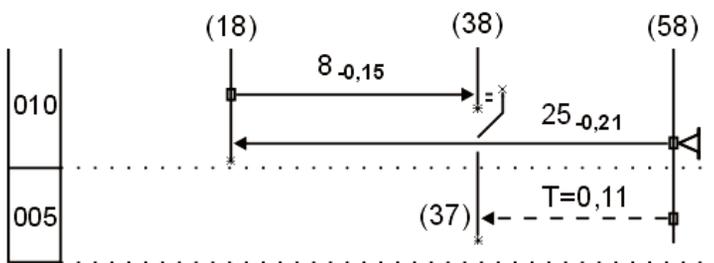
$$\begin{aligned} [38_37]_{\text{ном}} &= [38_37]_{\min} + w[38_37]/2 - \Delta w[38_37] = \\ &= -0,15 + 0,47/2 - (-0,055 - 0,105 + 0,075) = 0,17; \\ 0,17 &= -(37-58) + 25 - 8, \quad (37+58) = 16,83 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Определяемый размер — уменьшающее составляющее звено. При его округлении нельзя увеличивать номинальное значение, т. к. отрицательный припуск станет меньше $[17_18]_{\min}=-0,15$ мм, смещая выполняемый размер $(18+38)$ в зону окончательного брака. Принимаем $(37+58)=16,8^{+0,11}$ мм. Тогда $[38_37]_{\min}=-0,15+0,3=-0,12$;



$$[17=18]=-(18+58)_{-0,21}+(17-58)_{-0,21}$$

Рис. 6.21. Размерный контур и уравнение с замыкающим звеном $[17=18]$



$$[38=37]=-(37-58)^{+0,11}+(18+58)_{-0,21}-(18+38)_{-0,15}$$

Рис. 6.22. Размерный контур и уравнение с замыкающим звеном $[38=37]$

(см. рис. 6.16, с. 145). В концентрированной операции 010 (см. рис. 6.19, с. 146) при выполнении размера $(18+38)$ блоком из двух резцов погрешность установки относится к операционному окончательному размеру $(18+58)$.

Снимать дефектный слой под уже достигнутой шероховатостью нет смысла.

Следовательно, в данном конкретном случае величина составляющего припуска соответствует шероховатости выполняемого перехода $Rz=40$ мкм.

Подставляя в уравнение $[38=37]$ известные значения, можно рассчитать номинальные размеры припуска и определяемого звена $(37-58)$.

$$\begin{aligned} [38_37]_{\text{ном}} &= [38_37]_{\min} - w[38_37]/2 - \Delta w[38_37] = \\ &= 0,04 + 0,47/2 - (-0,055 - 0,105 + 0,075) = 0,36; \end{aligned}$$

$$0,36 = -(37-58) + 25 - 8, \quad (37+58) = 16,64 \text{ мм. Принимаем } (37+58) = 16,6^{+0,11} \text{ мм.}$$

Значения припуска при повторном подрезании торца:

$$[17_18]_{\min} = 0,04 + 0,04 = 0,08; \quad [17_18]_{\max} = 0,08 + 0,47 = 0,55 \text{ мм.}$$

$$[38_37]_{\max} = -0,12 + 0,47 = +0,35.$$

Если при окончательном формировании торца (38) на дополнительной 015 операции или концентрированной 010 (см. рис. 6.22) следы от предшествующей операции 005 не допускаются, то минимальный припуск выбирается положительной величиной.

Минимальное расчетное значение должно обеспечить повторное получение требуемой по чертежу шероховатости поверхности $Rz=40$ мкм. Предшествующая шероховатость входит в припуск $[17_18]_{\min}$. Пространственные отклонения находятся в допуске $T=0,11$ на размер $(37-58)$.

Погрешность установки в процессе с дополнительной операцией 015 — в допуске $T=0,15$ мм окончательного размера (18_38)

Разность максимальных припусков составила $0,55 - 0,35 = 0,2$ мм.

При большом объеме выпуска изделий превращение 0,2 мм в стружку потребует дополнительной трудоемкости. Еще одно замыкающее звено — расход металла [16#57]. Из размерных схем рис. 6.18 или 6.20 (см. с. 146 и 147) уравнение имеет вид:

$$[16\#57] = (58+57) + (17+58) + (16+17) = 0,3^{+0,18} + 25,4_{-0,21} + 4^{+0,12} = 29,7_{-0,21}^{+0,30} \text{ мм.}$$

Значения размеров (16+17) и (58+57) выбраны заранее.

Исходные данные и результаты расчета в табл. 6.1.1 и 6.1.2 (см. с. 150).

Таблица 6.1.1

Исходные данные при расчете с отрицательным припуском

Группа	Код		Размерная информация					Услов. расчета	
	левой	и правой	номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
+	18	38	8,000	0,000	-0,150	7,925	0,075		
=	38	37		-0,150				3	
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
=	17	18		0,180				2	
+	18	58	25,000	0,000	-0,210	24,895	0,105		
+	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
-	37	58		0,110	0,000		0,055	1	
+	16	17	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
-	17	58		0,000	-0,210		0,105	1	
+	58	57	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	16	57						3	

В табл. 6.1.1 показаны исходные данные для расчета размерных цепей по схемам рис. 6.18 и 6.20. В графе "группа" знаками показано исходное состояние звена:

- + — известные окончательные и промежуточные составляющие звенья;
- — определяемые составляющие звенья;
- = — замыкающее звено в проектом варианте расчета;
- # — замыкающее звено в проверочной задаче.

При решении многозвенных размерных цепей используется вероятностный метод расчета, в котором, исходя из конкретных условий производства, назначается число составляющих звеньев для расчета методом максимума-минимума, а для вероятностного расчета выбирается коэффициент относительного рассеяния. В графу "условия расчета" вводятся следующие данные:

N — число составляющих звеньев в уравнении с замыкающим звеном в одном из контуров размерной схемы технологического процесса;

1, 2 или 3 — порядковый номер десятичного знака после запятой, до которого в определяемом (расчетном) значении следует округлять номинальный размер; коэффициент относительного рассеяния соответствует типу производства.

В табл. 6.1.2 имеется графа "запасы предельных значений". В ней проставляется величина выхода поля рассеяния замыкающего звена за пределы поля допуска чертежного размера в сравнении с его наименьшим и наибольшим исходными предельными значениями. Эти величины (запасы) положительные, если наименьшие (или наибольшие) расчетные значения не вышли за пределы поля допуска чертежного размера, в противном случае — отрицательные. Определяемые размеры в табл. 6.1.1 обозначены в графе "группа" знаком "-".

В табл. 6.1.2 знак "-" меняется на "+", символизируя найденный результат расчета, которые показаны при назначении отрицательного припуска в операции или переходе исправления брака. При назначении положительного припуска в таблице исходных данных изменится только одна строка (см. табл. 6.1.3, с. 150), а в таблице результатов расчета — две (см. табл. 6.1.4, с. 150).

Таблица 6.1.2

Результаты расчета с отрицательным припуском

Гр у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					З а п а с ы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
+	18	38	8,000	0,000	-0,150	7,925	0,075		
=	38	37		-0,120	0,350	0,115	0,235	0,030	
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
=	17	18		0,190	0,610	0,400	0,210	0,010	
+	18	58	25,000	0,000	-0,210	24,895	0,105		
+	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
+	37	58	16,600	0,110	0,000	16,855	0,055		
+	16	17	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
+	17	58	25,400	0,000	-0,210	25,295	0,105		
+	58	57	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	16	57		29,490	30,000	29,745	0,255		

6.1.3.3. Упражнение

На дополнительной операции и концентрированной (см. рис. 6.16 и 6.19, с. 145 и 146) базирование осуществляется на чисто обработанные поверхности, а размеры выполняются с точностью IT12, которая повторяет точность чертежных размеров. Точность IT12 уже достигнута на предшествующей операции. Точность последующих операций должна быть увеличена (из экономических соображений) хотя бы на квалитет.

Предлагается на окончательных операциях выполняемые размеры (18+58) и (18+38) выдерживать с точностью IT11. Используя размерные схемы рис. 6.18 и 6.20, построить новую схему, заполнить таблицу исходных данных, рассчитать определяемые размеры, расход металла на изделие и заполнить таблицу результатов расчета.

Рисунок (см. рис. 6.23, с. 378), таблицы (см. табл. 6.1.5...6.1.8, с. 379 и 380), решение и ответ на с. 378...380.

Таблица 6.1.3

Исходные данные при расчете с положительным припуском

Гр у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Услов. расчета	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
=	38	37		0,040					3

Таблица 6.1.4

Результаты расчета с положительным припуском

Гр у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					З а п а с ы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	38	37		0,080	0,550	0,315	0,235	0,040	
+	37	58	16,600	0,110	0,000	16,655	0,055		

Результаты расчета показали, что в данном варианте технологического процесса ужесточение допусков на окончательно выполняемые размеры (даже в пределах экономической точности операции или перехода) не имело смысла.

При округлении расчетных номинальных значений определяемых размеров увеличилась исходная величина припуска, а расход металла остался прежним.

6.1.3.4. Пути уменьшения поля рассеяния замыкающего звена — чертежного размера

Технологический процесс (см. рис. 6.13 и 6.14, с. 143) изготовления опорной втулки (см. рис. 6.12) не обеспечивает получение годного изделия по чертежному размеру (19+39). Поле рассеяния $w[18_38]=0,32$ мм превосходит поле допуска $T(19_39)=0,15$ мм на 0,17. По данному варианту процесса окончательный операционный размер (18_58) выполняется с точностью 12 квалитета. Экономическая точность операции 010 $T(18_58)=0,13$ мм (IT11). Если подставить в размерную схему рис. 6.15 (см. с. 144) эту величину, то поле рассеяния замыкающего звена чертежного размера будет:

$$[18=38]=-(38-58)^{+0,11}+(18+58)_{-0,13};$$

$$w[18_38]=T(38_58)+T(18_58)=0,11+0,13=0,24 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния $w[18_38]=0,24$ превосходит поле допуска чертежного размера $T(19_39)=0,15$ мм.

Получить годное изделие и в этом случае невозможно. Дальнейшее ужесточение выполняемых размеров экономически невыгодно. На данной схеме базирования окончательный выполняемый размер (18+58) имеет допуск $T(18_58)=0,21$, а замыкающее звено с допуском $T[18_38]=0,15$ мм.

Если на операции 010 за базовую поверхность выбрать торец (38) и вместо размера (18+58) выдерживать окончательно размер (18+38), то замыкающим звеном окажется чертежный размер $[18=58]$. Подобное предложение осуществлено на схеме рис. 6.24 и операционном эскизе рис. 6.27 (см. с. 154).

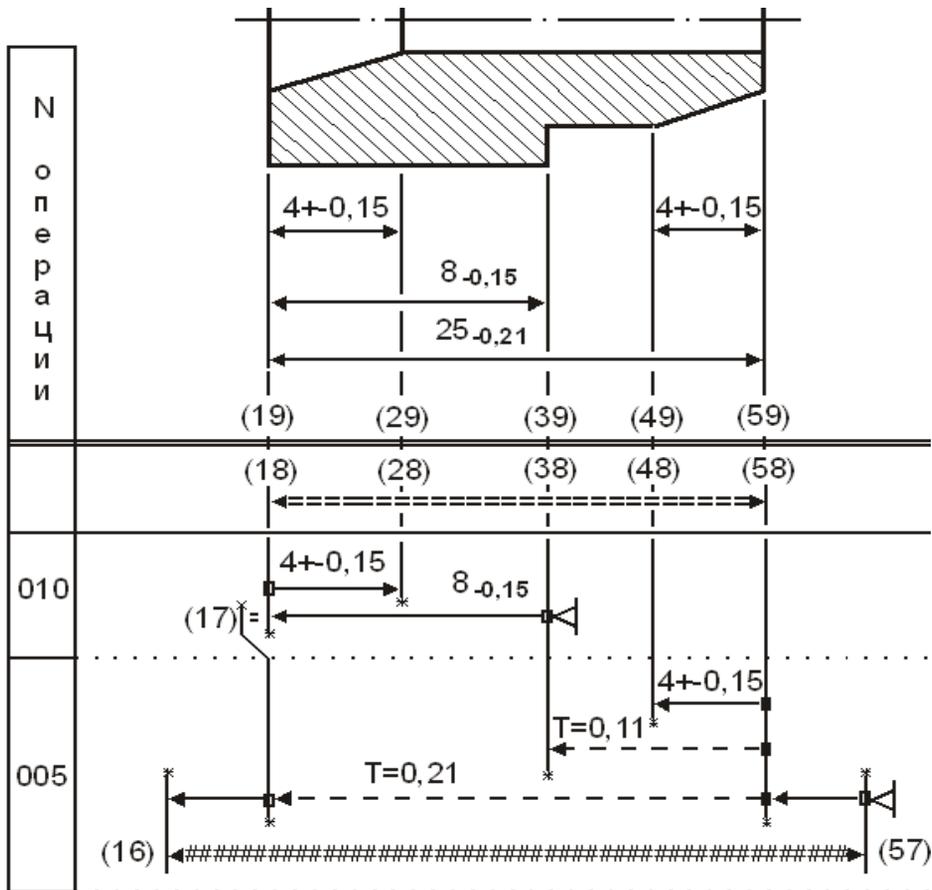


Рис. 6.24. Размерная схема процесса обработки

Уравнение с замыкающим звеном — чертежным размером примет вид:

$$[18=58]=(38-58)^{+0,11}+(18+38)_{-0,15}.$$

Поле рассеяния замыкающего звена $w[18_58]=0,11+0,15=0,26$ мм и в этом случае поле рассеяния превосходит поле допуска $T(19_59)=0,21$.

В размерной схеме рис. 6.24 (см. с. 152) в зоне операции 010 проставлен чертежный размер с точностью IT12. Экономическая точность операции IT11 ($T(18_38)=0,09$ мм). С этим значением точности поле рассеяния изменится и будет равно:

$$w[18_58]=0,11+0,09=0,20 \text{ мм (см. рис. 6.25).}$$

Поле рассеяния меньше поля допуска $T=0,21$ мм. Процесс обеспечит получение годной детали по контролируемым размерам.

Выполняемый чертежный размер (18+38) можно записать с различной величиной номинального размера. Если при обработке расположить поле допуска выполняемого уже сточенного размера в середине поля допуска чертежного размера и выполняемый размер выдерживать с точностью

$T(18_38)=0,09$ мм, то номинальное значение размера и его отклонения примут вид:

$$(19+39)=8_{-0,15}=7,925 \pm 0,075; (18+38)=7,925 \pm 0,045 = 8_{-0,12}^{-0,03} \text{ мм.}$$

Уравнения с известными окончательными операционными размерами имеют вид:

1. $[18=58]=(38-58)^{+0,11}+8_{-0,12}^{-0,03}$;
2. $[17=18]=-8_{-0,12}^{-0,03}-(38-58)^{+0,11}+(17-58)_{-0,21}$.

В первом уравнении один определяемый размер, номинальное значение которого будет найдено после определения расчетного номинального размера замыкающего звена.

Запас по допуску положительный

$$T(19_59)-w[18_58]=0,21-0,2=0,01 \text{ мм.}$$

Номинальные значения замыкающего звена можно рассчитывать от среднего размера, наименьшего или наибольшего предельных значений чертежного размера.

При расчете от среднего размера поле рассеяния располагается симметрично внутри поля допуска.

В этом случае односторонний запас составит 0,005 мм.

Номиналы замыкающего и определяемого звеньев равны:

$$[18_58]_{\text{ном}}=[18_58]_{\text{ср}}-\Delta w[18_58].$$

$[18_58]_{\text{ср}}$ — среднее значение чертежного размера $(19+58)=25_{-0,21}$ мм.

$$[18_58]_{\text{ном}}=24,895-\left[\frac{+0,11+0}{2}+\frac{-0,03+(-0,12)}{2}\right]=24,895-(+0,055-0,075)=24,915 \text{ мм;}$$

$$24,915=(38-58)+8, (38+58)=16,915 \text{ мм.}$$

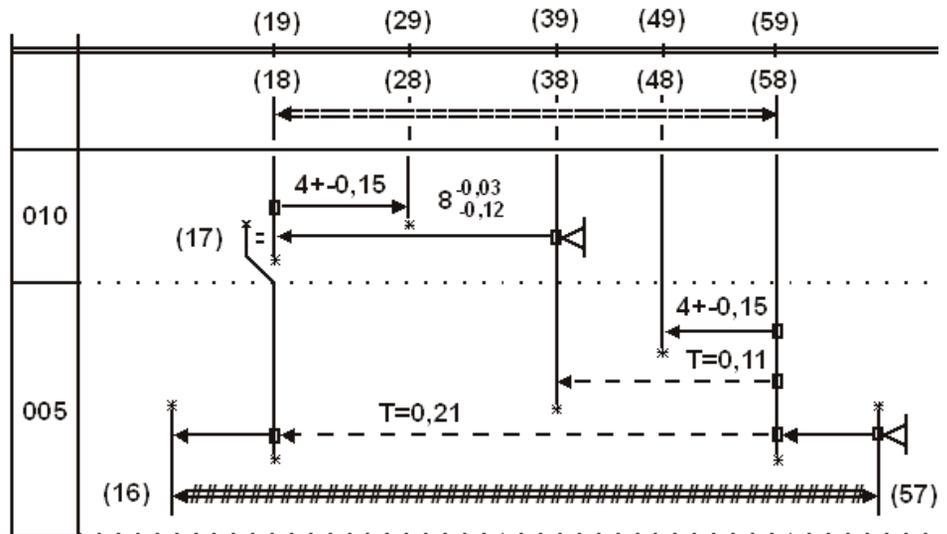


Рис. 6.25. Вариант размерной схемы процесса

Округлять определяемый размер, рассчитанный от величины среднего значения замыкающего звена, можно с уменьшением или с увеличением номинального размера в пределах одностороннего запаса поля допуска, который равен 0,005 мм.

Округление возможно только до второго знака после запятой.

$$\text{Принимаем } (38+58)=16,92^{+0,11} \text{ мм.}$$

Увеличение увеличивающего звена (38+58) на 0,005 мм приведет к увеличению среднего размера замыкающего звена на ту же величину.

Поле рассеяния $w[18_58]$ сдвинется к наибольшему предельному исходному значению $(19_59)_{\max}=25$ мм.

Положительный запас образуется со стороны наименьшего предельного размера исходного звена.

Подставив во второе уравнение новые значения звена (38+58) получим равенство:

$$2. [17=18]= -8_{-0,12}^{-0,03} - 16,92^{+0,11} + (17-58)_{-0,21}.$$

Минимальный припуск $[17_18]_{\min}=0,18$ остался без изменения.

Номинальный размер замыкающего звена

$$[17_18]_{\text{ном}}=0,18+0,41/2-(+0,075-0,055-0,105)=0,47 \text{ мм.}$$

Номинальный размер составляющего звена

$$0,47=-8-16,92+(17-58), (17+58)=25,39 \text{ мм.}$$

$$\text{Принимаем } (17+58)=25,4_{-0,21} \text{ мм.}$$

Предельные расчетные значения припуска после округления номинального расчетного значения определяемого звена:

$$[17_18]_{\min}=0,18+0,01=0,19 \text{ мм; } [17_18]_{\max}=0,19+0,41=0,6 \text{ мм.}$$

Уравнение и его составляющие для расчета расхода металла остались без изменения.

Исходные данные и результаты расчета размерной схемы рис. 6.25 (см. с. 152) представлены в табл. 6.1.9 и 6.1.10 (см. с. 154).

Таблица 6.1.9

Исходные данные для расчета

Гр у п па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Услов. расчета	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полуколебание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
=	18 58	25,000	0,000	-0,210	24,895	0,105	2	
+	18 38	8,000	-0,030	-0,120	7,925	0,045		
+	18 28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
=	17 18		0,180				3	
+	48 58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
-	38 58		0,110	0,000		0,055	2	
+	16 17	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
-	17 58		0,000	-0,210		0,105	1	
+	58 57	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	16 57						3	

Результаты расчета

Гр уп па	Код левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	18	58		24,800	25,000	24,900	0,100	0,010	0,000
+	18	38	8,000	-0,030	-0,120	7,925	0,045		
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
=	17	18		0,190	0,600	0,395	0,205	0,010	
+	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
+	38	58	16,920	0,110	0,000	16,975	0,055		
+	16	17	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
+	17	58	25,400	0,000	-0,210	25,295	0,105		
+	58	57	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	16	57		29,490	30,000	29,745	0,255		

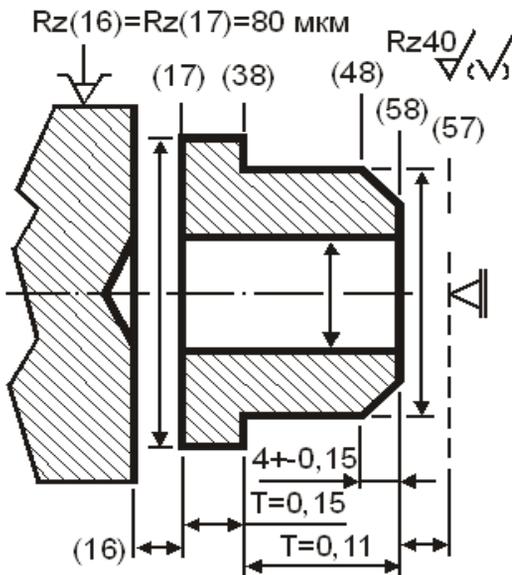


Рис. 6.26. Операция 005

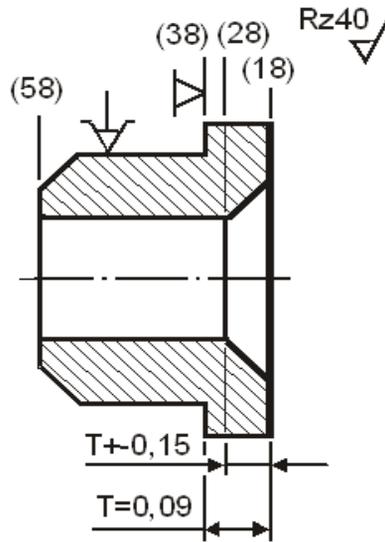


Рис. 6.27. Операция 010

6.1.3.5. Пути уменьшения поля рассеяния замыкающего звена-припуска

Максимальное значение припуска [17=18] на операции 010 составляет 0,6 мм (см. табл. 6.1.10). Эта величина складывается из минимального размера замыкающего звена и суммы допусков составляющих звеньев. Минимальная величина припуска задается директивно и не подлежит дальнейшей

реvisions. Ее составляющие оговариваются до начала расчетов. Сумма допусков составляющих звеньев зависит от точности выполняемых размеров и их числа. Выбор экономической точности позволяет уменьшить поле рассеяния, но чаще всего наибольшего эффекта можно добиться уменьшением числа составляющих звеньев за счет изменения схемы базирования и порядка выполнения размеров по операциям и технологическим переходам.

На токарной автоматной операции 005 рис. 6.13 (см. с. 143) вертикальный суппорт с отрезным резцом настраивается от подрезанного торца (58) в размер (17–58). От этого же торца выдерживается промежуточный размер (38–58). В уравнении с замыкающим звеном [17=18] участвуют три составляющих звена, два из которых выполняются на операции 005.

Кратчайшая цепь [17=18] через размер (17–38) (см. рис. 6.25, с. 152), но его нет в операционном эскизе.

Предлагается новый вариант процесса (см. рис. 6.26 и 6.27).

Размерная схема процесса (см. рис. 6.28, с. 155) построена по операционным эскизам рис. 6.26 и 6.27. Из четырех чертежных размеров непосредственно выполняются: фаска (19+29) и высота фланца (19+39) на операции 010 (операционные размеры (18+28) и (18+38)); фаска (49+59) на операции 005 (операционный размер (48+58)).

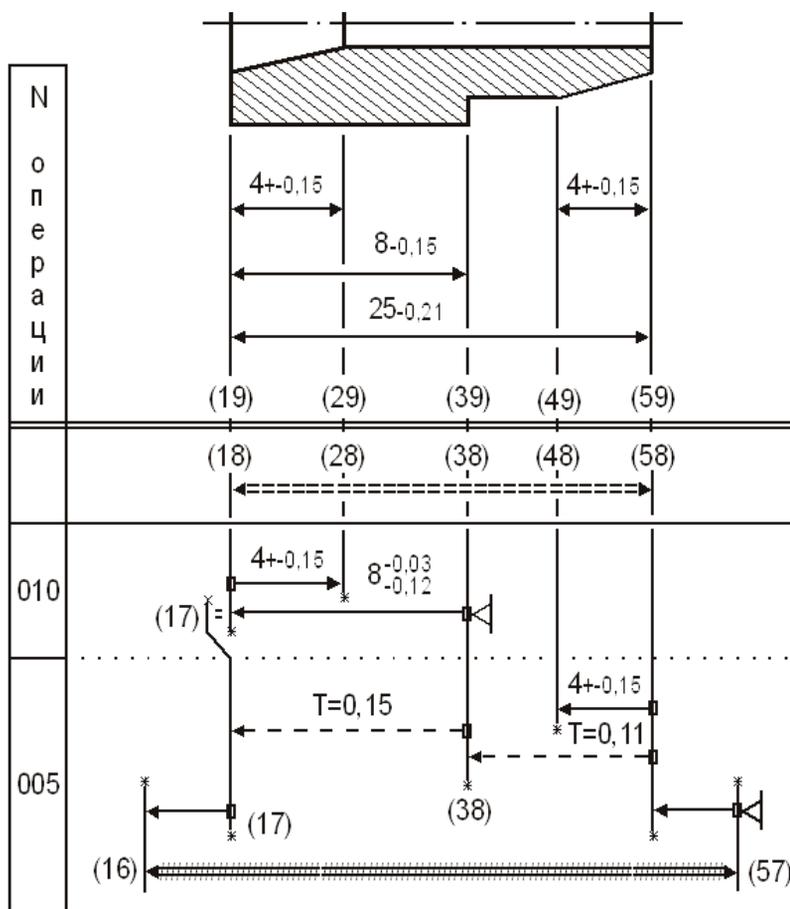


Рис. 6.28. Размерная схема процесса обработки

одному неизвестному. Начинать расчеты можно с любого из них, но первое уравнение уже решено.

Номинальные значения замыкающего и составляющих звеньев при решении второго уравнения составляют:

$$[17=18] = -8 \begin{matrix} -0,03 \\ -0,12 \end{matrix} + (17-38)_{-0,15}; \quad [17_{-18}]_{\text{ном}} = 0,18 + 0,24/2 - (+0,075 - 0,075) = 0,3 \text{ мм};$$

$$0,3 = -8 + (17-38), \quad (17+38) = 8,3 \text{ мм. Принимаем } (17+38) = 8,3_{-0,15} \text{ мм.}$$

Исходные данные и результаты расчета размерной схемы рис. 6.28 представлены в табл. 6.1.11 и 6.1.12 (см. с. 156).

Таблица 6.1.11

Исходные данные для расчета

Г	К о д		Размерная информация				Услов. расчета		
			лево й и право й по верхн. па звена	номи наль ное значе ние	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу коле бание	N или код округ
=	18	58	25,000	0,000	-0,210	24,895	0,105	2	
+	18	38	8,000	-0,030	-0,120	7,925	0,045		
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
=	17	18		0,180				2	
+	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
-	38	58		0,110	0,000		0,055	2	
+	16	17	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
-	17	38		0,000	-0,150		0,075	1	
+	58	57	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	16	57						4	

Габаритный размер втулки (19+59) непосредственно не выполняется ни на одной из двух операций процесса обработки.

Размер [18=58] — замыкающее звено. В размерной схеме два определяемых размера: (17-38) и (38-58). Их точность и отклонения известны, определяем номинальные значения. Для нахождения двух определяемых размеров требуется два замыкающих звена: одно — замыкающий чертежный размер [18=58], другое — припуск [17=18].

У чертежного размера известны все исходные данные, у припуска — только наименьшее предельное значение

$$[17_{-18}]_{\text{min}} = 0,18 \text{ мм.}$$

Уравнения имеют вид:

1. $[18=58] = +(38-58) + (18+38);$
2. $[17=18] = -(18+38) + (17-38).$

В каждом уравнении по одному неизвестному.

Результаты расчета

Гр уп па	Код левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	18	58		24,800	25,000	24,900	0,100	0,010	0,000
+	18	38	8,000	-0,030	-0,120	7,925	0,045		
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
=	17	18		0,180	0,420	0,300	0,120	0,000	
+	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
+	38	58	16,920	0,110	0,000	16,975	0,055		
+	16	17	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
+	17	38	8,300	0,000	-0,150	8,225	0,075		
+	58	57	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	16	57		29,370	29,930	29,650	0,280		

Из табл. 6.12 видно, что наибольший предельный размер припуска в сравнении с данными табл. 6.1.10 (см. с. 154) уменьшился на $0,6 - 0,42 = 0,18$ мм.

Уравнение на расход металла [16#57] содержит четыре известных составляющих звена и его величина равна: $[16\#57] = (58+57) + (38+58) + (17+38) + (16+17) =$

$$= 0,3^{+0,18} + 16,92^{+0,11} + 8,3_{-0,15} + 4^{+0,12} = 29,52^{+0,41}_{-0,15} \text{ мм.}$$

Четыре составляющих звена в уравнении не увеличили расход металла на одно изделие, и в то же время снижение максимального припуска [17=18] способствует повышению производительности труда на финишной операции.

6.1.3.6. Чертежные размеры фасок — замыкающие звенья

Пример 1

Рассмотренные ранее примеры технологических процессов изготовления опорной втулки не ограничивают анализ других вариантов решения задачи и помогают последовательно изучать методику построения и расчета технологических размерных цепей приближенно к задачам действующего производства.

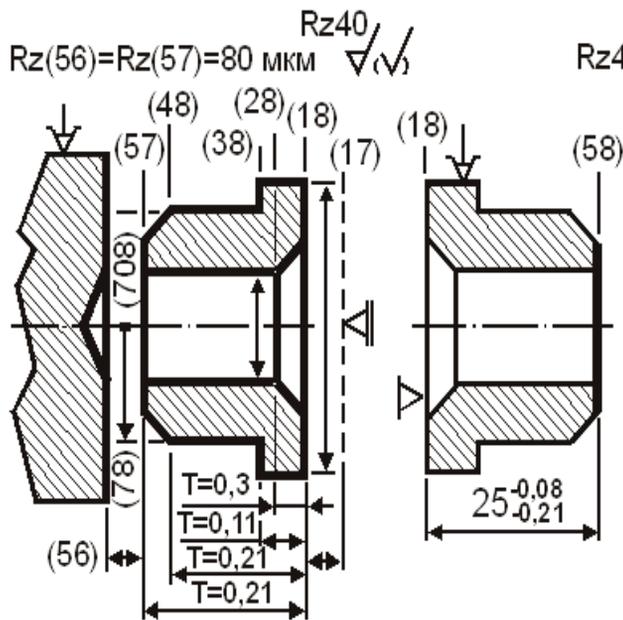


Рис. 6.29. Операция 005

Рис. 6.30. Операция 010

В предлагаемом примере на автоматной токарной операции 005 базирование, обработка, отрезка заготовки от прутка производятся не со стороны поверхности (57), как это было во всех предшествующих примерах (см. рис. 6.13 и 6.26, с. 143 и 154), а от поверхности (17), как показано на операционном эскизе рис. 6.29. Здесь окончательно в чертежные размеры выполняются операционные размеры (18+28), (18+38) и промежуточные определяемые — (18-48), (18-57).

На операции 010 рис. 6.30 окончательно формируется чертежный размер (18+58) с экономической точностью IT11.

Размерная схема процесса построена по операционным эскизам на рис. 6.31 (см. с. 157), а исходные данные в табл. 6.1.13 (см. с. 157).

Таблица 6.1.13

Исходные данные для расчета

Гр уп па	Код		Размерная информация				Услов. расчета		
	левой	и правой	номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
=	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150	2	
+	18	58	25,000	-0,080	-0,210	24,885	0,065		
=	58	57		0,180				2	
-	18	57		0,000	-0,210		0,105	1	
+	57	56	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
-	18	48		0,000	-0,210		0,105	1	
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
+	18	38	8,000	0,000	-0,150	7,925	0,075		
+	17	18	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	17	56						3	

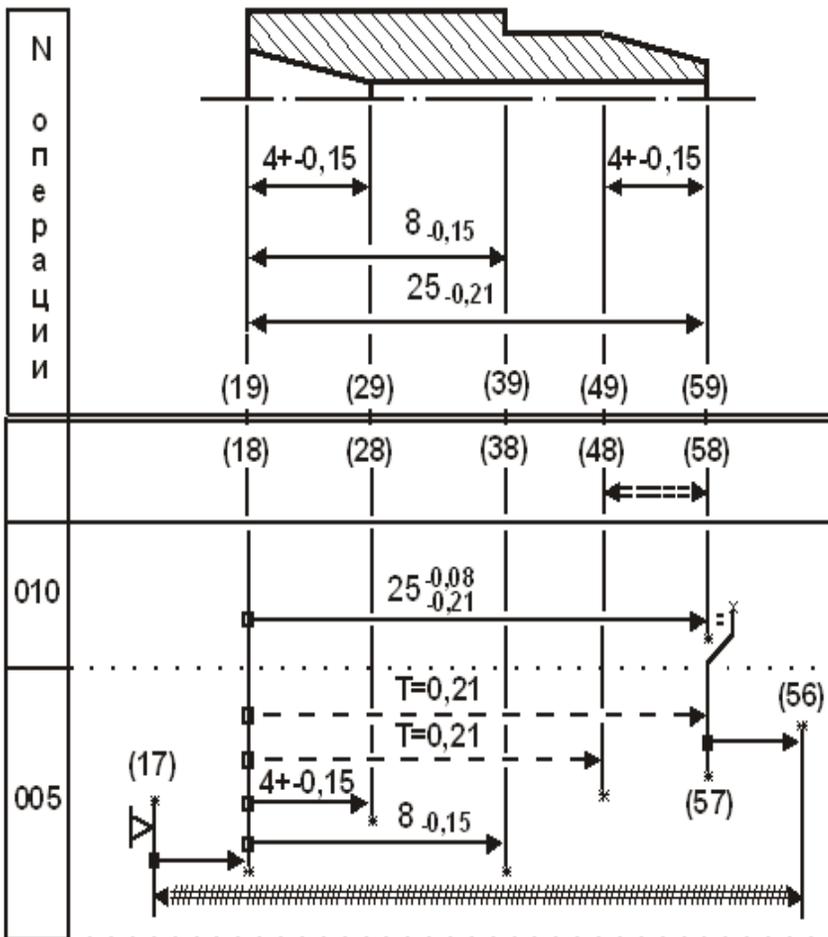


Рис. 6.31. Размерная схема процесса обработки

сонным резцом с заданным углом одностороннего конуса.
Уравнение с замыкающим размером фаски имеет вид:

$$[48=58]=(18+58)-(18-48). \text{ Поле рассеяния } w[48_58]=T(18_58)+T(18_48).$$

Суммарная величина поля рассеяния не должна превышать $T(49_59)=0,3$ мм.

Если на операции 010 выдерживать величину выполняемого размера (18+58) с точностью чертежного размера $T(19_59)=0,21$ мм (IT12) и с той же точностью выдерживать промежуточный размер (18-48), то суммарное поле будет равно:

$$w[48_58]=T(18_58)+T(18_48)=0,21+0,21=0,42 \text{ мм.}$$

Размерный анализ процесса начинается с проверки выполняемости чертежных размеров по всем операциям размерной схемы рис. 6.31.

На операции 010 непосредственно выполняется окончательный операционный размер (18+58). На операции 005 — окончательные размеры (18+28) и (18+38).

Чертежный размер фаски (49+59) окончательно не выполняется ни на одной из операций процесса. Его технологическая величина [48=58] переходит в группу замыкающих звеньев проектной задачи и может быть получена расчетом.

Промежуточный определяемый размер (18-48) (до фаски) формируется с одного из поперечных суппортов токарно-револьверного станка на операции 005 фа-

Результат превосходит поле допуска с отрицательным запасом

$$T(49_59)-w[48_58]=0,3-0,42=-0,12 \text{ мм.}$$

Экономическая точность финишной операции IT11 может увеличить точность операционного размера (18+58) до $T(18_58)=0,13$ мм и тогда

$$T(49_59)-w[48_58]=0,3-(0,13+0,21)=-0,04 \text{ мм.}$$

Уравнение с замыкающим звеном [48=58] содержит минимально возможное количество составляющих звеньев (но не меньше двух). Остается проанализировать возможность уменьшения допуска $T(18_48)=0,21$ мм промежуточного операционного размера. Если удастся уменьшить его на величину оставшегося отрицательного запаса, процесс обеспечит получение годного изделия.

Определяемый размер (18–48) выполняется движением инструмента с радиальной подачей на жестком поперечном суппорте, настроенном от чисто подрезанного торца (18). Экономическая точность IT11 ($T(18_48)=0,13$ мм), но к этой величине добавляется погрешность в виде одностороннего колебания допуска выполняемого диаметрального размера $2(79+709)$.

Диаметр и допуск этого размера по рис. 6.12 (см. с. 143):

$$2(79+709)=48_{-0,25} \text{ мм; } 2T(79_709)=0,25 \text{ мм; } T(79_709)=0,125 \text{ мм (IT12).}$$

Если выполнять размер (18–48) по IT11 ($T=0,13$), а $2(78+708)$ по IT12 ($2T/2=0,125$), то допуск операционного размера составит $T(18_48)=0,13+0,125=0,255$ мм.

Запас опять будет отрицательным

$$T(49_59)-w[48_58]=0,3-(0,13+0,255)=-0,085 \text{ мм.}$$

И в этом случае отрицательный запас не позволяет приступить к расчетам. Ужесточение допуска на окончательный выполняемый диаметральный размер до точности IT11 ($T=0,16$) позволит получить следующие результаты:

$$2(78+708)=48_{-0,16} \text{ мм; } T_2(78_708)=0,16 \text{ мм; } T(78_708)=0,08 \text{ мм (IT11);}$$
$$T(18_48)=0,13+0,08=0,21 \text{ мм.}$$

Вариант с отрицательным запасом ($-0,04$ мм) по размеру фаски (19+59) не обеспечивает получение годного изделия.

Токарные автоматы позволяют получать точность выполняемых размеров по 9...11 квалитетам, выбираемая точность во всех вариантах не превышала IT11.

При ужесточении точности диаметрального размера $2(78+708)$ до IT10 ($T=0,10$ мм) его допуск уменьшается на 0,06 мм, и тогда

$$T(49_59)-w[48_58]=0,3-[0,13+(0,13+0,10/2)]=-0,01 \text{ мм.}$$

Для ликвидации оставшегося отрицательного запаса достаточно ужесточить точность двух линейных размеров (18+58) и (18–48) на 0,01 мм. Принимаем к расчету окончательные размеры:

$$(18+58)=25_{-0,21}^{-0,09} \text{ мм, } T=0,12 \text{ мм (допуск IT11 равен } T(18_58)=0,13 \text{ мм);}$$

$$2(78+708)=48_{-0,1} \text{ мм, } T=0,10 \text{ мм (допуск IT10);}$$

$$(18-48)_{-0,12} \text{ мм, } T=0,12 \text{ мм (допуск IT11 равен } T(18_48)=0,13 \text{ мм).}$$

Суммарное колебание $T(18_48)$, состоящее из точности работы поперечного суппорта и наложения погрешности выполняемого диаметрального размера, равно:

$$T(18_48)=0,12+0,10/2=0,17 \text{ мм.}$$

Графическое изображение суммарного допуска $T(18_{48})$ показано на рис. 6.32, где условно изображена часть заготовки с поверхностями (48) и (57) после обработки на операции 005, положение заготовки соответствует положению детали в размерной схеме рис. 6.31 (см. с. 157).

При угле одностороннего конуса фаски в 45 градусов треугольник ABC (см. рис. 6.32) равнобедренный (катеты равны 0,05 мм). Запас по допуску положительный:

$$T(49_{59}) - w[48_{58}] = T(49_{59}) - [T(18_{58}) + T(18_{48})] = \\ = 0,3 - [0,12 + (0,12 + 0,1/2)] = +0,01 \text{ мм.}$$

На операции 005 выдерживается размер (18–48) до начала фаски. Сама фаска, оказавшись между выполняемыми размерами (18–48) и (18–57), формируется как замыкающее звено с суммарным колебанием допусков составляющих звеньев:

$$w[48_{57}] = T(18_{57}) + T(18_{48}) = 0,21 + 0,17 = 0,38 \text{ мм.}$$

Графическое изображение суммарного колебания фаски и ее предварительные предельные размеры на 005 операции построены на рис. 6.33. Прежде чем приступать к расчетам определяемых размеров, необходимо произвести проверку возможности выполнения фаски (18+28), которая формируется на одном из переходов автоматной 005 операции (см. рис. 6.29, с. 156) после подрезания базового торца (18).

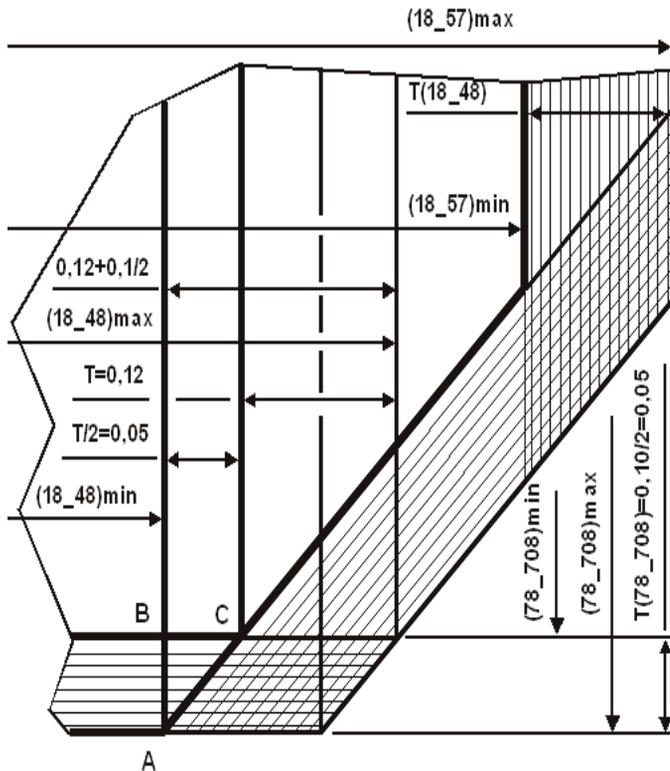


Рис. 6.32. Суммарное колебание размера (18–48) на 005 операции

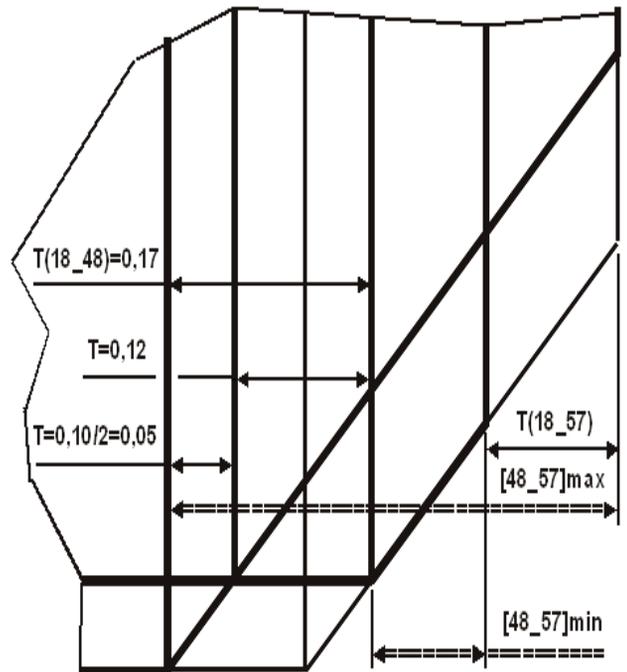


Рис. 6.33. Суммарное колебание размера [48–57] на 005 операции

На этой операции кроме линейных размеров обрабатываются в окончательные размеры диаметральные поверхности (см. рис. 6.12, с. 143). Точность выполнения наружного размера $2(68+608)$ фланца не оказывает влияния на технологические размеры фасок (18+28) и [48=58].

Влияние наружного диаметра (78+708) на фаску [48=58] показано ранее.

Допуск выполняемого окончательного размера фаски (18+28) суммируется из точности перехода, непосредственно выполняющего размер фаски с продольного суппорта, и погрешности, вносимой из перехода обработки внутреннего диаметра $2(88+808)$ втулки.

Величина чертежного размера: $2(89+809)=25^{+0,21}$ мм; $2T=0,21$ мм (IT12), т. е. независимо от точности выполняемого размера фаски инструментом с продольного суппорта дополнительная погрешность составит величину одностороннего допуска размера отверстия

$$2T(88+808)/2=0,21/2=0,105 \text{ мм.}$$

Чертежные допуски на фаски $T(19_29)=T(49_59)=0,3$ мм.

Погрешность от выполняемого диаметра $2(88+808)$ для фаски $(18+48)$ равна $0,105$ мм.

На непосредственно выполняемый переход формирования фаски остается:

$$T(19_29)-2T(88_808)/2=0,3-0,105=0,195 \text{ мм.}$$

Для номинального размера фаски 4 мм поле допуска IT12 равно $T=0,12$ мм.

Следовательно, суммарная точность выполняемого размера фаски $(18+28)$ на переходе 005 операции составит $T(18_28)=0,12+0,105=0,225$ мм, что меньше поля допуска $T(19_29)=0,3$ мм чертежного размера.

Окончательно оформленный эскиз на 005 автоматную операцию показан на рис. 6.34. Исходные данные для расчета определяемых размеров помещены в табл. 6.1.14.

Расчетная схема на рис. 6.35.

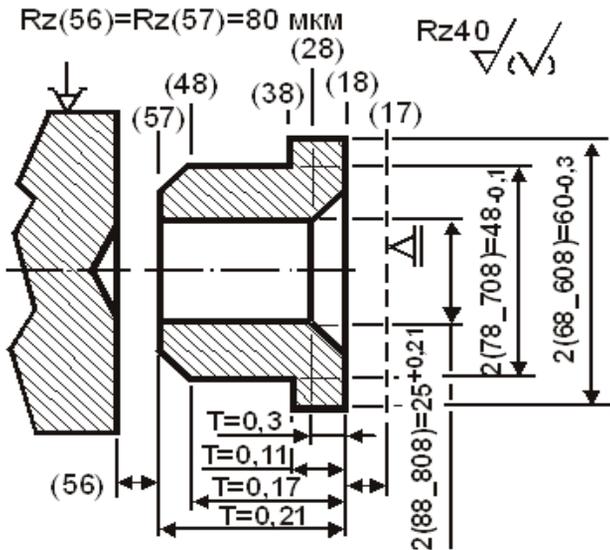


Рис. 6.34. 005 операция

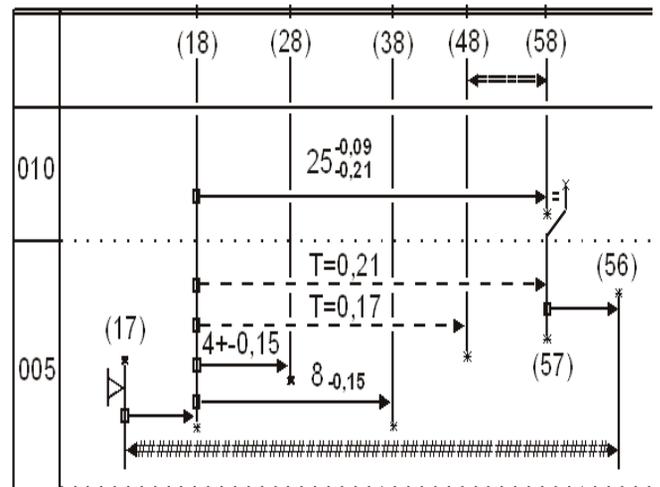


Рис. 6.35. Расчетная схема процесса

Таблица 6.1.14

Исходные данные для расчета

Гр у п па	К о д		Размерная информация				Услов. расчета		
	левой и правой поверхн. звена		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
=	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150	2	
+	18	58	25,000	-0,090	-0,210	24,850	0,060		
=	58	57		0,180				2	
-	18	57		0,000	-0,210		0,105	1	
+	57	56	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
-	18	48		0,000	-0,170		0,085	1	
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
+	18	38	8,000	-0,030	0,120	7,925	0,045		
+	17	18	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	17	56						3	

Уравнения для расчета размерных цепей:

$$1. [48=58]=+(18+58)_{-0,21}^{-0,09}-(18-48)_{-0,17};$$

$$2. [58=57]=+(18-57)_{-0,21}^{-0,09}-(18+58)_{-0,21};$$

$$3. [17\#56]=+(57+56)^{+0,12}+(18-57)_{-0,21}+(17+18)^{+0,18}.$$

В первом и втором уравнении по одному определяемому размеру. Начинают расчеты с любого из них.

В третье уравнение значение составляющего звена (18+57) будет подставлено после его нахождения из второго уравнения.

Решением третьего уравнения не рассчитываются определяемые размеры (задача проверочная).

Номиналы замыкающего и определяемого звеньев равны:

$$1. [48=58]=25_{-0,21}^{-0,09}-(18-48)_{-0,17};$$

$$[48_58]_{\text{ном}}=[48_58]_{\text{ср}}-\Delta w[48_58]=4-\left[\frac{-0,09+(-0,21)}{2}-\frac{0+(-0,17)}{2}\right]=4,065 \text{ мм};$$

$$4,065=25-(18-48), (18+48)=20,935 \text{ мм. Принимаем } (18+48)=20,93_{-0,17} \text{ мм.}$$

Номинальные значения припуска и определяемого звена:

$$2. [58=57]=+(18-57)_{-0,21}^{-0,09}-25_{-0,21};$$

$$[58_57]_{\text{ном}}=[58_57]_{\text{мин}}+w[58_57]/2-\Delta w[58_57]=$$

$$=0,18+0,33/2-\left[+\frac{0+(-0,21)}{2}-\frac{-0,09+(-0,09)}{2}\right]=0,3 \text{ мм};$$

$$0,3=+(18-57)-25, (18+57)=25,3. Принимаем (18+57)=25,3_{-0,21} \text{ мм.}$$

$$3. [17\#56]=4^{+0,12}+25,3_{-0,21}+0,3^{+0,18}=29,6_{-0,21}^{+0,30} \text{ мм.}$$

Результаты расчета в табл. 6.1.15.

Таблица 6.1.15

Результаты расчета

Гр у па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номи-нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу-коле-бание	нижний	верхний
=	48 58		3,860	4,150	4,005	0,145	0,010	0,000
=	58 57		0,180	0,510	0,345	0,165	0,000	
+	18 57	25,300	0,000	-0,210	25,195	0,105		
+	18 48	20,930	0,000	-0,170	20,845	0,085		
#	17 56		29,390	29,900	29,645	0,255		

Пример 2

Часто в маршруте технологического процесса фаски конструктивно формируются на предварительных операциях.

При последующих операциях чистовой обработки наружных и внутренних поверхностей, сопряженных с фаской, происходит смещение одной из координатных линий предварительного размера фаски, и окончательный ее размер переходит в группу замыкающих звеньев. На рис. 6.12 (см. с. 143) и в табл. 6.1.16 представлены эскиз втулки и ее основные размеры. Диаметр ее отверстия $2(89+809)$ имеет допуск $T=0,21$ мм (IT12). По служебному назначению появилась необходимость в растачивании отверстия $2(89_809)$ по IT10 ($T=0,084$ мм).

В новом варианте процесса для эскиза рис. 6.12 вновь принятые размеры сведены в табл. 6.1.16. Технологический переход растачивания отверстия совмещен с подрезкой торца (58) на операции 010.

Таблица 6.1.16
Чертежные размеры по эскизу рис. 6.12 (см. с. 143)

Гр у па	К о д		Размерная информация				
	левой и правой поверхн. звена		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание
+	19	29	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150
+	19	39	8,000	0,000	-0,150	7,925	0,075
+	19	59	25,000	0,000	-0,210	24,895	0,105
+	49	59	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150
+	2(69	609)	60,000	0,000	-0,300	59,850	0,150
+	69	609	30,000	0,000	-0,150	29,925	0,075
+	2(79	709)	48,000	0,000	-0,250	47,875	0,125
+	79	709	24,000	0,000	0,120	24,927	0,062
+	2(89	809)	25,000	0,084	0,000	25,420	0,042
+	89	809	12,500	0,042	0,000	12,521	0,021

Операционные эскизы помещены на рис. 6.36 и 6.37.

Исходные данные для расчета в табл. 6.1.17 (см. с. 162).

Размерная схема процесса на рис. 6.38 (см. с. 163).

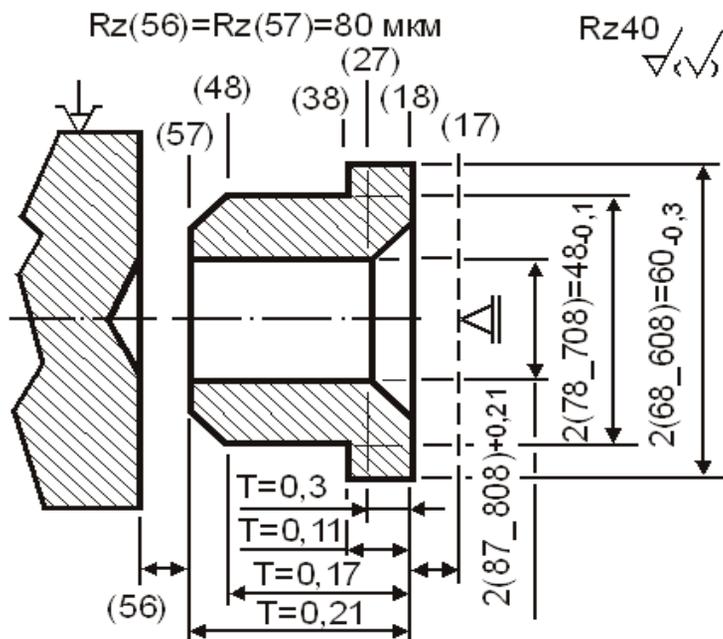


Рис. 6.36. Операция 005

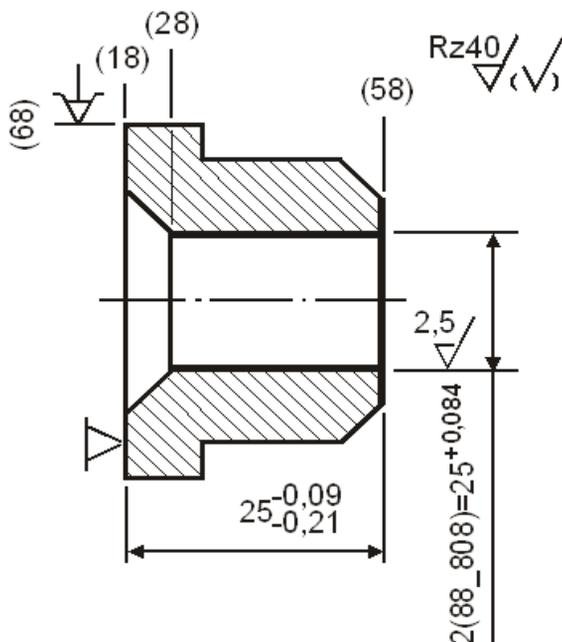


Рис. 6.37. Операция 010

Из операционных эскизов и размерной схемы процесса видно, что чертежные размеры фасок (19+29) и (49+59) не выполняются в окончательные размеры по намеченному маршруту технологического процесса.

Исходные данные для расчета

Гр у па	Код левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Услов. расчета		
			номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколе- бание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
=	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150	3	
=	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150	2	
=	28	27							
+	18	58	25,000	-0,090	-0,210	24,850	0,060		
=	58	57		0,180				2	
-	18	57		0,000	-0,210		0,105	1	
+	57	56	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
-	18	48		0,000	-0,170		0,085	1	
-	18	27						1	
+	18	38	8,000	0,000	-0,150	7,925	0,045		
+	17	18	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	17	56						3	

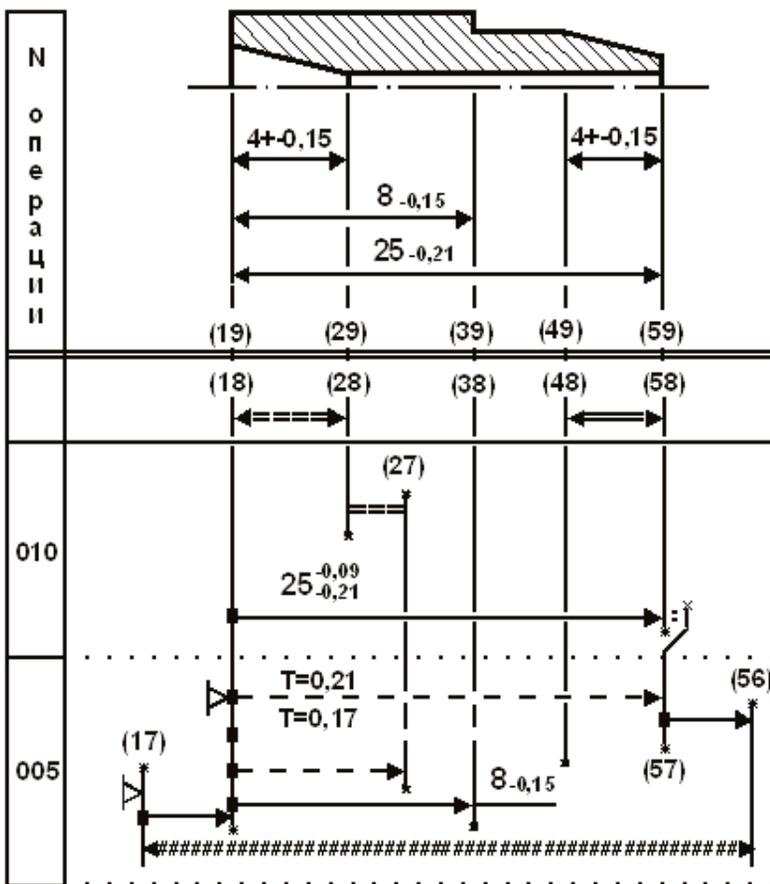


Рис. 6.38. Размерная схема процесса обработки

В новой размерной схеме рис. 6.38 окончательный размер (18+28) превратился в определяемое звено (18–27), а чертежный размер (19+29) — в замыкающее звено [18=28]. У дополнительного замыкающего звена появился определяемый размер.

Основное требование к построению размерных цепей — равенство замыкающих и составляющих определяемых звеньев — выполнено.

На три замыкающих звена [18=28], [48=58] и [58=57] есть три определяемых звена: (18–57), (18–48) и (18–27).

Уравнения с замыкающими звеньями [48=58] и [58=57] рассмотрены в размерной схеме рис. 6.35 (см. с. 160) с последующим расчетом определяемых звеньев (18–57) и (18–48).

В размерной схеме рис. 6.38 появилось еще одно звено (28_27), которое находится в контуре замыкающего звена [18=28] и принадлежность которого к одной из групп звеньев еще требуется определить.

Чертежный размер фаски (19+29) непосредственно не выполняется в процессе обработки, и подобно фаске [48=58], оказался в дополнительной зоне под эскизом преобразованного чертежа изделия в виде замыкающего звена [18=28].

Звено (28_27) появилось на операции 010 при растачивании отверстия с диаметром 2(88+808) после предварительной обработки на 005 автоматной операции диаметра 2(87–808) (см. рис. 6.36 и 6.37, с. 162).

На рис. 6.39 (см. с. 164) показаны различные положения одной из вертикалей (28) координатной линии фаски после окончательного растачивания отверстия.

Наибольшее $[18=28]_{\max}$ и наименьшее $[18=28]_{\min}$ предельные значения размера фаски определяют две погрешности:

точность выполнения одностороннего конуса с углом 45 градусов при формировании его с продольного суппорта операции 005 (см. рис. 6.36, с. 162). На операционном эскизе и размерной схеме пока проставлен размер (18–27) без предельных отклонений;

полуколебание $T(88_808)$ выполняемого диаметра $2(88+808)$ при растачивании размера отверстия на операции 010 (см. рис. 6.37, с. 162).

Из рис. 6.39 видно, что предельные значения звена $[18=28]$ не зависят от предварительного размера фаски (18–27). Предварительная фаска могла быть просто намечена центровым сверлом без сверления диаметра $2(87-808)$ на операции 005, а все переходы по обработке отверстия выполнены на операции 010.

В этом случае необходимо определить контролируемый размер глубины конуса центральной фаски. Наиболее надежный вариант — простановка наружного диаметра фаски на торцевой поверхности (18) после ее подрезки. На рис. 6.40 выполнен операционный эскиз операции 005 с диаметральным $2(98-908)$ контролируемым размером фаски.

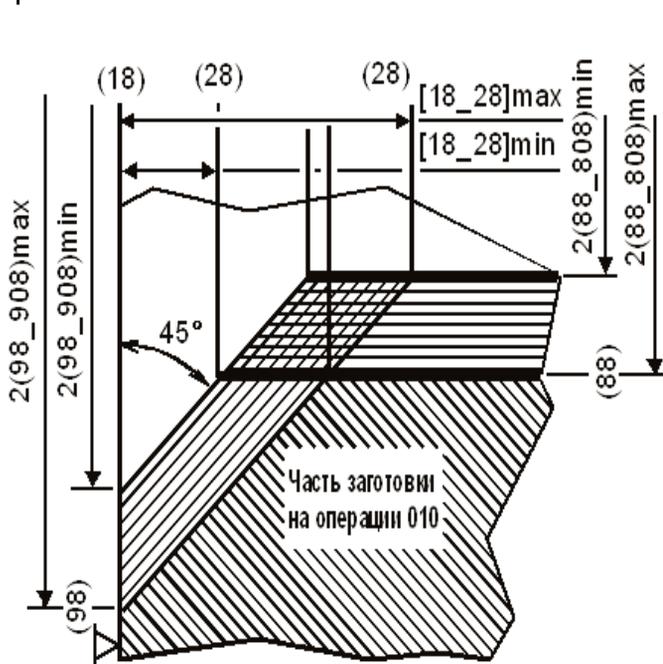


Рис. 6.39. Смещение координатной линии фаски при растачивании

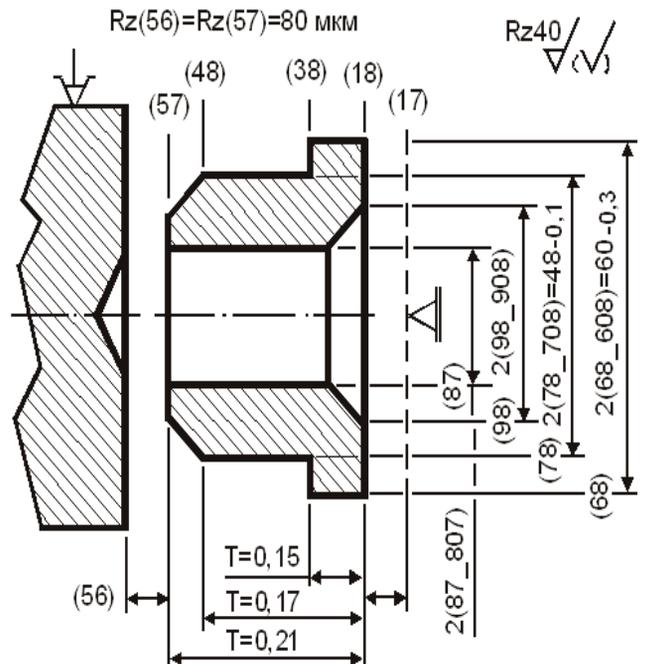


Рис. 6.40. Операция 005

Окончательный вариант технологического процесса принимается по рис. 6.37 (см. с. 162) и рис. 6.40.

В операции 005 (см. рис. 6.40) линейный размер (18–27) заменен диаметральным контролируемым определяемым размером $2(98-908)$, точность которого определяется разностью поля допуска чертежного размера, оказавшегося замыкающим звеном $[18=28]$, и допуском на выполняемый известный размер, входящий в уравнение.

Из рис. 6.41 (см. с. 165) видно, что контур содержит два составляющих диаметральных размера, условно построенных от одной оси с кодовой точкой (0).

Этот контур должен строиться в размерной схеме на диаметральные размеры, но может быть наложен на линейную размерную схему, т. к. односторонний угол фаски в 45 градусов позволяет записать равенство замыкающих звеньев:

$$[98=88]=[98-0]-(88+0)=[18=28].$$

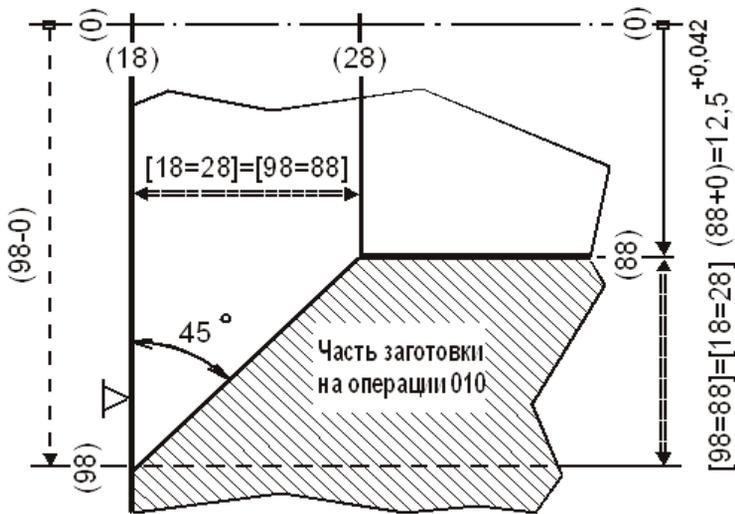


Рис. 6.41. Контур размерной цепи на получающийся размер фаски

При равенстве катетов в треугольнике к размерной схеме рис. 6.38 (см. с. 163) пристроены два дополнительных звена (см. рис. 6.42), которые ликвидируют разрыв между поверхностями (28) и (27), дополнив размерную схему окончательным размером (28+0), равным радиусу (88+0) и определяемым (18-0), равным (98-0).

В размерной схеме четыре замыкающих и столько же определяемых звеньев.

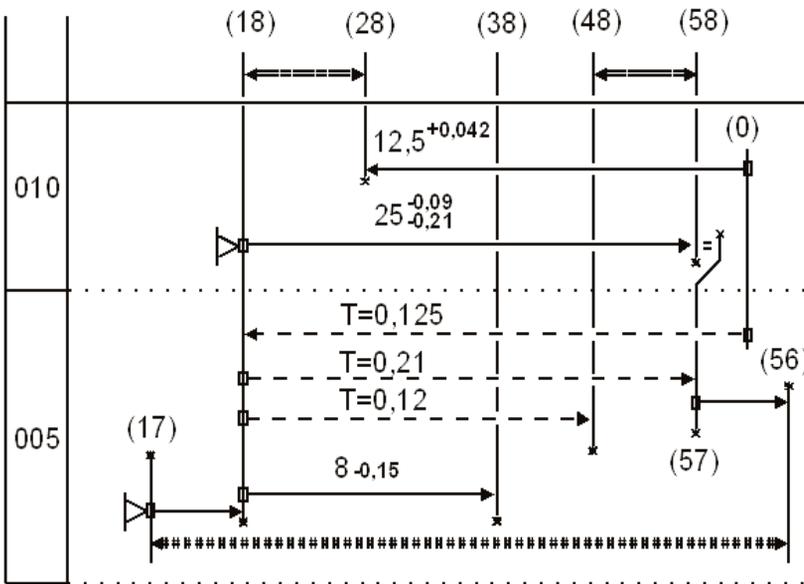


Рис. 6.42. Расчетная размерная схема процесса

Радиальный определяемый размер фаски (98-0) проставлен с предшествующей операции 035.

Два дополнительных составляющих звена (см. рис. 6.42) построены в зонах формирования диаметральных поверхностей.

Окончательный размер (28+0) в отверстии меньше предшествующего (18-0), поэтому они нанесены на размерной схеме справа от замыкающего звена [18=28] из одной координатной точки (0).

Уравнения размерной схемы процесса имеют вид:

1. $[18=28] = -(28+0) + (18-0)$; 2. $[48=58] = +(18+58) - (18-48)$;
3. $[58=57] = +(18-57) - (18+58)$; 4. $[17\#56] = +(57+56) + (18+57) + (17+18)$.

Результаты расчета по уравнениям 2, 3 и 4 см. в табл. 6.1.15 (см. с. 161).

Рассчитываем определяемое звено по уравнению 1 (исходные данные см. табл. 6.1.18, с. 166).

Определяем точность контролируемого диаметрального размера фаски 2(98-0) по торцевой поверхности (18) на операции 005.

Поле допуска чертежного размера фаски $T(19_{-}29) = 0,3$ мм.

Поле рассеяния $w[18=28]$ не должно превышать эту величину.

Суммарная величина поля двух составляющих звеньев определяется из уравнения

$$w[18=28] = T(28_{-}0) + T(18_{-}0).$$

Окончательный размер радиуса $(28+0) = (88+0) = 12,5^{+0,042}$ мм.

Таблица 6.1.18

Исходные данные для расчета

Гр у п па	К о д левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Услов. расчета	
		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
=	18 28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150	3	
=	48 58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150	2	
+	28 0	12,500	0,042	0,000	12,521	0,021		
+	18 58	25,000	-0,090	-0,210	24,850	0,060		
=	58 57		0,180				2	
-	18 0		0,125	0,000		0,062	1	
-	18 57		0,000	-0,210		0,105	1	
+	57 56	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
-	18 48		0,000	-0,170		0,085	1	
+	18 38	8,000	0,000	-0,150	7,925	0,045		
+	17 18	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	17 56						3	

На допуск T(18_0) остается часть поля допуска чертежного размера фаски:

$$0,3=0,042+T(18\ 0); T(18\ 0)=0,258\text{ мм.}$$

Ориентировочный номинальный размер контролируемого диаметра фаски больше 30 мм. Допуск IT12 для такого номинала 2T=0,25 мм. Уравнение замыкающего звена записываем с точностью выполняемых размеров

$$[18=28]= -12,5^{+0,042} + (18-0)^{+0,125}$$

Исходные данные для расчета см. в табл. 6.1.18.

Номинальные значения замыкающего размера фаски и определяемого звена, рассчитанные через среднее значение чертежного размера, составляют:

$$[18\ 28]_{\text{ном}} = [18\ 28]_{\text{ср}} - \Delta w [18\ 28] = 4 - \left[\frac{0,042 + 0}{2} + \frac{0,125 + 0}{2} \right] = 3,9585\text{ мм;}$$

$$3,9585 = -12,5 + (18-0), (18+0) = 16,4585\text{ мм;}$$

$$T(19+29) = 0,3; w[18\ 28] = 0,125 + 0,042 = 0,167\text{ мм.}$$

$$\text{Принимаем } (18+0) = 16,46^{+0,125}; 2(18+0) = 32,92^{+0,25}\text{ мм.}$$

Результаты расчета даны в табл. 6.1.19.

Таблица 6.1.19

Результаты расчета

Гр у п па	К о д левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					З а п а с ы предельных значений	
		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	18 28		3,918	4,085	4,001	0,083	0,068	0,065
=	48 58		3,855	4,145	4,000	0,145	0,005	0,005
+	28 0	12,500	0,042	0,000	12,521	0,021		
+	18 58	25,000	-0,090	-0,210	24,850	0,060		
=	58 57		0,180	-0,510	0,345	0,165	0,000	
+	18 0	16,460	0,125	0,000	16,522	0,062		
+	18 57	25,300	0,000	-0,210	25,195	0,105		
+	57 56	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
+	18 48	20,930	0,000	-0,170	20,845	0,085		
+	18 38	8,000	0,000	-0,150	7,925	0,075		
+	17 18	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	17 56		29,390	29,900	29,645	0,255		

6.1.3.7. Построение схем с термическими операциями

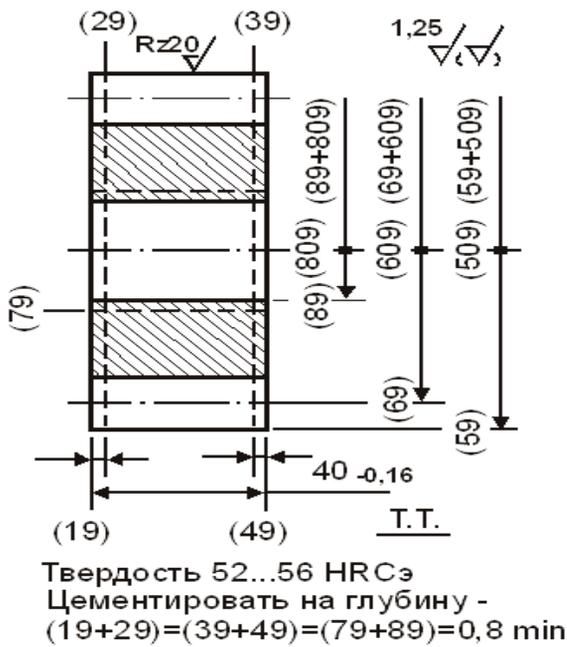


Рис. 6.43. Шестерня паразитная

После термической операции поверхности подвергаются абразивной обработке. На операции 040 шлифования формируется окончательный размер отверстия.

Одна из торцовых поверхностей шлифуется на торцеукруглошлифовальном станке с установкой на цилиндрической оправке, а вторая — на плоскошлифовальном станке с вращающимся электромагнитным столом.

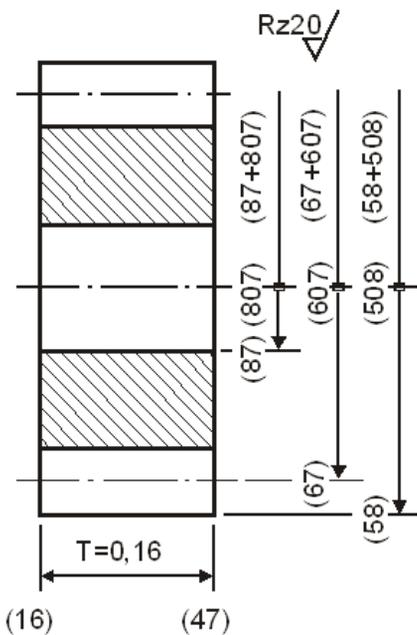


Рис. 6.44. Контрольная 030

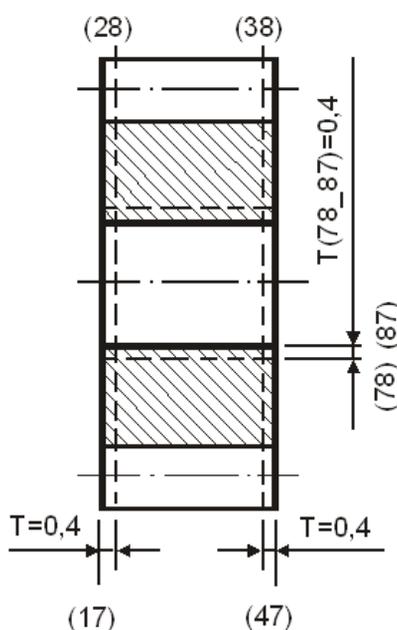


Рис. 6.45. Термическая 035

По условиям работы сборочного соединения (см. рис. 4.2, с. 109) поверхности паразитной шестерни подвергаются термической обработке, в процессе которой происходит насыщение поверхностного слоя углеродом с последующей закалкой. Эскиз изделия для построения процесса обработки и размерной схемы приведен на рис. 6.43.

Пример 1

Необходимо рассчитать глубины насыщения углеродом торцовых поверхностей (17) и (47) на термической операции 035. Вычислить предварительный размер заготовки (17–47) перед операцией 035.

На рис. 6.44 представлен эскиз контрольной операции 030, после которой заготовка поступает на термическую обработку (см. рис. 6.45).

На 035 операции контролируется глубина насыщения поверхностей (17) и (47) в размер

$$(17-28)=(38-47).$$

Точность процесса насыщения $T=0,4$ мм соответствует работе с твердым карбюризатором (см. приложение 7, с. 401).

Эскиз шлифовальной операции 040 не показан в данном технологическом процессе обработки, т. к.

диаметральный размер отверстия не войдет в линейную размерную схему.

Эскизы последующих шлифовальных операций на рис. 6.46 и 6.47 (см. с. 168).

Размерная схема процесса построена на рис. 6.48 (от контрольной операции 030 до шлифовальной операции 050). См. рис. 6.46...6.48 на с. 168.

Из трех чертежных размеров (19+29), (19+49) и (39+49) в технологическом процессе непосредственно выполняется только один — (18+48).

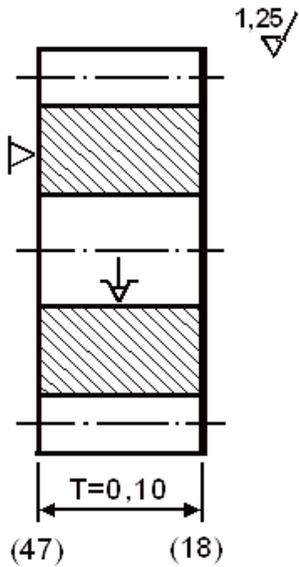


Рис. 6.46. Торцеукругло-шлифовальная операция 045



Рис. 6.47. Плоскошлифовальная операция 050

Глубина цементации, полученная на операции 035, после шлифования торцов изменяется, превращая размеры (17–28) и (38–47) в определяемые, а чертежные размеры (19+29) и (39+49) — в замыкающие звенья [18=28] и [38=48].

В размерной схеме есть еще два замыкающих звена-припуска [17=18] и [48=47], которым соответствуют два определяемых составляющих звена (18–47) и

(17–47), а между этими размерами и замыкающими звеньями сохраняется количественное равенство.

Уравнения размерной схемы рис. 6.48 имеют вид:

1. [18=28]=+(17–28)–(17–47)+(18–47);
2. [38=48]=+(18+48)–(18–47)+(38–47);
3. [48=47]=+(18–47)–(18+48);
4. [17=18]=–(18–47)+(17–47).

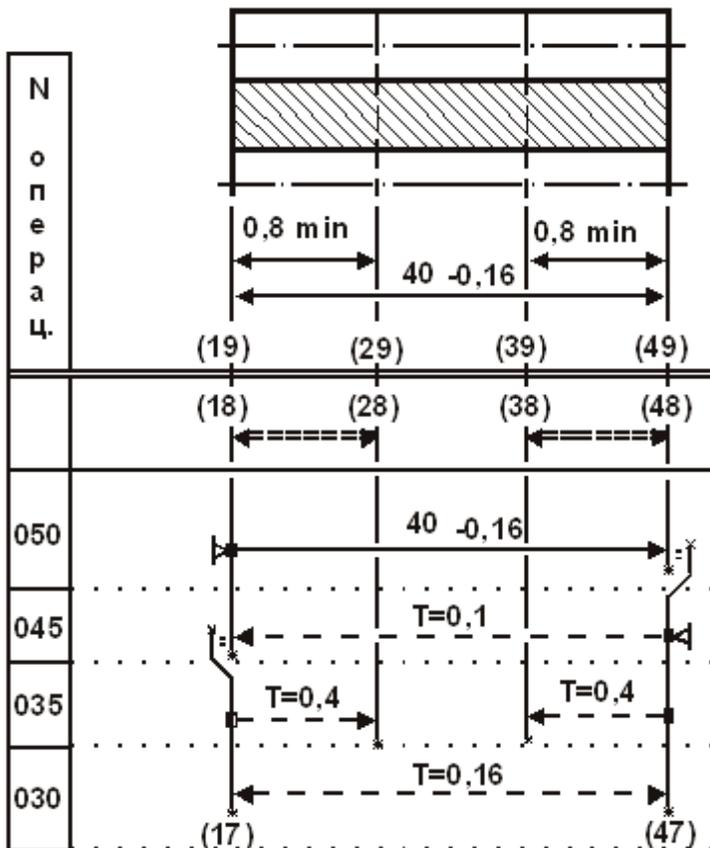


Рис. 6.48. Размерная схема процесса обработки

Все замыкающие звенья заданы односторонним наименьшим предельным исходным значением.

Глубины цементации — 0,8 мм. Минимальное значение припуска можно получить суммированием его составляющих звеньев с предшествующих токарных операций процесса, выполненных до контрольной 030 операции.

Предшествующей шероховатости $Rz=20$ мкм соответствует дефектный слой Df , величина которого выбирается из приложения 6.2 (см. с. 400).

Минимальный припуск для операций шлифования

$$Z_{min}=[17=18]=[48=47]= \\ =Rz+Df=20+20=40 \text{ мкм.}$$

Начинать расчеты необходимо с того уравнения, в котором одно неизвестное определяемое звено.

Номинальные значения припуска и определяемого звена в уравнении 3 равны:

$$3. [48=47]=(18-47)_{-0,1}-40_{-0,16};$$

$$[48_47]_{\text{ном}}=[48_47]_{\text{мин}}+w[48_47]/2-\Delta w[48_47]=$$

$$=0,04+(0,1+0,16)/2-\left[\frac{0+(-0,1)}{2}-\frac{0+(-0,16)}{2}\right]=0,14 \text{ мм};$$

$$0,14=(18-47)-40, (18+47)=40,14 \text{ мм.}$$

Принимаем номинал без округления $(18+47)=40,14_{-0,1}$ мм.

Подставив найденное значение рассчитанного звена $(18+47)$ в уравнение 4, можно рассчитать еще один определяемый размер $[17-47]$. Его номинал равен:

$$4. [17=18]=-40,14_{-0,1}+(17-47)_{-0,16};$$

$$[17_18]_{\text{ном}}=[17_18]_{\text{мин}}+w[17_18]/2-\Delta w[17_18]=$$

$$=0,04+(0,1+0,16)/2-\left[-\frac{0+(-0,1)}{2}+\frac{0+(-0,16)}{2}\right]=0,2 \text{ мм};$$

$$0,2=-40,14+(17-47), (17+47)=40,34 \text{ мм.}$$

Принимаем номинал без округления $(17+47)=40,34_{-0,16}$ мм.

Аналогично решаются два оставшихся уравнения. Номинальные значения замыкающего и определяемого звеньев в уравнении 1:

$$1. [18=28]=(17-28)^{+0,4}-40,34_{-0,16}+40,14_{-0,1};$$

$$[18_8]_{\text{ном}}=0,8+0,66/2-(+0,2+0,08-0,05)=0,9 \text{ мм};$$

$$0,9=(17-28)-40,34+40,14; (17+28)=1,1 \text{ мм.}$$

Глубина цементационного слоя со стороны торцевой поверхности (17) $(17+28)=1,1^{+0,4}$ мм.

Окончательное значение глубины цементации на операции 035 определится после расчета оставшегося определяемого размера $(38-47)$.

Номинальные значения замыкающего и определяемого звеньев в уравнении 2:

$$2. [38=48]=40_{-0,16}-40,14_{-0,1}+(38+47)^{+0,4};$$

$$[38_48]_{\text{ном}}=0,8+0,66/2-(-0,08+0,05+0,2)=0,96 \text{ мм};$$

$$0,96=40,0-40,14+(38-47), (38+47)=1,2 \text{ мм.}$$

Принимаем глубину цементационного слоя со стороны торцевой поверхности (47) равной $(38+47)=1,2^{+0,4}=1,2...1,6$ мм.

Размер глубины цементации больше размера $(17+28)$. Эта величина $(38+47)$ принимается за окончательный размер, и может быть проставляется в эскиз операции 035. Результаты расчета в табл. 6.1.20 (см. с. 170).

Пример 2

В рассмотренном примере исходная глубина цементации ограничена только со стороны наименьшего предельного значения (см. рис. 6.43, с. 167).

Если величину цементации ограничить еще и наибольшим предельным размером, то необходимо провести дополнительный анализ размерной схемы рис. 6.48 (см. с. 168). В этом примере размеры глубин и их поля допусков составляют:

$$(19+29)=(39+48)=0,8...1,2=0,8^{+0,4} \text{ мм}; T(19_29)=T(39_49)=0,4 \text{ мм.}$$

Вариант 1

Из схемы рис. 6.48 (см. с. 168) поля рассеяния замыкающих чертежных размеров:

$$w[18_28]=T(17_28)+T(17_47)+T(18_48)=0,4+0,16+0,1=0,66 \text{ мм};$$

$$w[38_48]=T(18_48)+T(18_47)+T(38_47)=0,16+0,1+0,4=0,66 \text{ мм}.$$

Они равны и превосходят поля допусков. Намеченный ранее маршрут не обеспечит получение годных изделий и подлежит коррекции.

Один из путей уменьшения колебания замыкающего звена предусматривает ужесточение допусков составляющих размеров в пределах экономической точности выполняемых операций.

Таблица 6.1.20

Результаты расчета

Гр	Код	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	18 28		0,800	1,460	1,130	0,330	0,000	
=	38 48		0,800	1,460	1,130	0,330	0,000	
+	18 48	40,000	0,000	-0,160	39,920	0,080		
=	48 47		0,040	0,300	0,170	0,130	0,000	
=	17 18		0,040	0,300	0,170	0,130	0,000	
+	18 47	40,140	0,000	-0,100	40,090	0,050		
+	17 28	1,100	0,400	0,000	1,300	0,200		
+	38 47	1,200	0,400	0,000	1,400	0,200		
+	17 47	40,340	0,000	-0,160	40,260	0,080		

Наибольшую погрешность из поля рассеяния составляет точность термической операции, которая при работе с твердым карбюризатором равна $T=0,4$ мм. Точность насыщения при работе с жидким карбюризатором — $T=0,1$. Точность часто встречающейся в производстве газовой цементации — $T=0,15$ мм (см. приложение 7, с. 401). Производственный опыт диктует точность до $T=0,2$ мм. Если воспользоваться этим видом термической обработки, то поле рассеяния уменьшится на 0,2 мм, и составит

$$w[18_28]=w[38_48]=0,66-0,2=0,46 \text{ мм}.$$

Запас все еще отрицательный: $T-w=0,4-0,46=-0,06$ мм.

На контрольную операцию 030 заготовка поступает после токарных работ с экономической точностью IT11.

Экономическая точность предварительного шлифования IT9...IT10.

На операции 045 проставлена экономическая точность размера (17–48), которая равна $T=0,1$ мм. Эта величина допуска соответствует 10 качеству и остается без изменения.

Точность операции 050 проставлена с допуском чертежного размера по IT11 и может быть уменьшена до IT10. В новом варианте величины полей рассеяния могут составить:

$$w[18_28]=T(17_28)+T(17_47)+T(18_47)=0,2+0,16+0,1=0,46 \text{ мм};$$

$$w[38_48]=T(18_48)+T(18_47)+T(38_47)=0,1+0,1+0,2=0,4 \text{ мм}.$$

Отрицательный запас по допуску в уравнении с замыкающим звеном [18=28] пока не позволяет воспользоваться этой коррекцией. Сократить величину поля рассеяния можно и за счет уменьшения числа составляющих звеньев в уравнении (сейчас их три). Не подлежат изменению лишь размеры глубин насыщения термической операции.

В размерной схеме рис. 6.48 (см. с. 168) оставшийся путь из двух размеров (17–47) и (18–47) можно заменить только размером (17–18), если припуск будет составляющим звеном (т.е. выполняться на шлифовальной операции 045).

Вариант 2

Предлагаемый вариант процесса выглядит следующим образом:

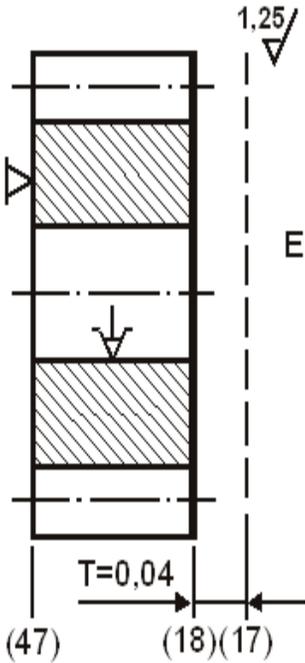


Рис. 6.49. Торцекрыглышлыфовальная операция 045

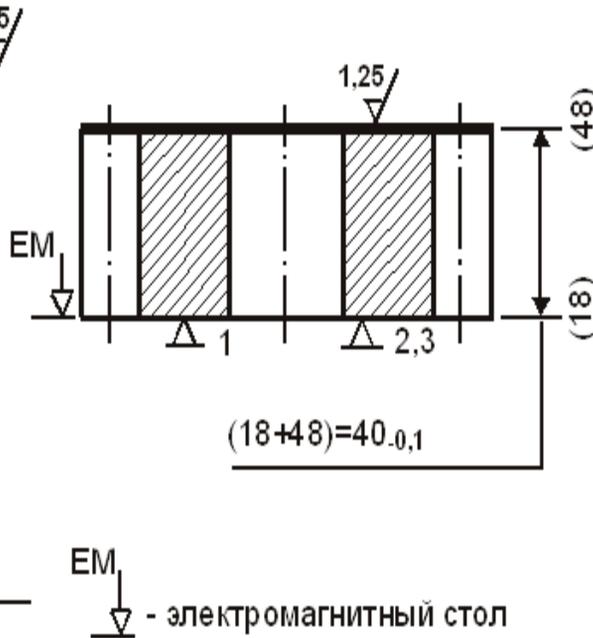


Рис. 6.50. Плоскышлыфовальная операция 050

контрольная операция 030 (см. рис. 6.44, с. 167) остается без изменения;

термическая операция 035 (см. рис. 6.45, с. 167). Используется газовая цементация с точностью глубин насыщения $T=0,2$ мм;

торцекрыглышлыфовальная операция 045. В ней кроме опорной базы по поверхности (47) и двойной направляющей по поверхности отверстия используется измерительная база поверхности (17) (см. рис. 6.49);

плоскышлыфовальная операция 050 (рис. 6.50).

Окончательный чертежный размер выполняется с точностью IT10.

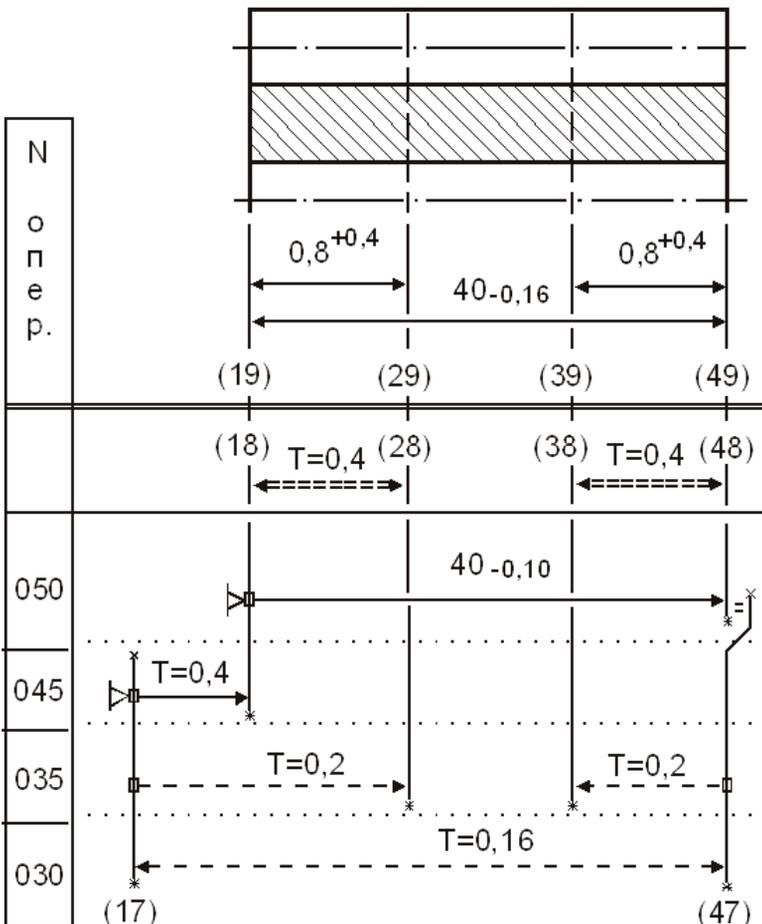


Рис. 6.51. Размерная схема процесса обработки

Размерная схема предложенного процесса обработки построена на рис. 6.51. В ней два чертежных размера являются замыкающими звеньями с уравнениями:

$$1. [18=28]=(17-28)-(17+18);$$

$$2. [38=48]=$$

$$=(18+48)+(17+18)-(17-47)+(38-47).$$

Необходимо рассчитать поля рассеяния в этих уравнениях и сравнить их с полями допусков чертежных размеров. В первом уравнении припуск — составляющее звено, представлен известным размером (17+18). Его исходное наименьшее предельное значение Z_{min} определяется по известному уравнению, а допуск — исходя из экономической точности операции шлифования (см. рис. 6.49).

Номинальное значение размера не превосходит 3 мм и его допуск по IT10 соответствует $T=0,04$ мм.

Известные точности газовой цементации и операций шлифования позволяют записать уравнения в новом виде:

$$1. [18=28]=(17-28)^{+0,2}-(17+18)^{+0,04};$$

$$2. [38=48]=(18+48)_{-0,1}+(17+18)^{+0,04}-(17+47)_{-0,16}+(38-47)^{+0,2}.$$

В этих уравнениях поля рассеяния замыкающих звеньев:

$$w[18_28]=0,2+0,04=0,24; \quad w[38_48]=0,1+0,04+0,16+0,20=0,5 \text{ мм.}$$

Отрицательный запас по допуску для замыкающего звена [18=28] ликвидирован, но неожиданно резко увеличилось поле рассеяния $w[38_48]=0,5$ мм, исключив возможность использования этого варианта технологического процесса.

Отрицательный запас по допуску во втором уравнении составил

$$T(39_49)-w[38_48]=0,4-0,5=-0,1 \text{ мм.}$$

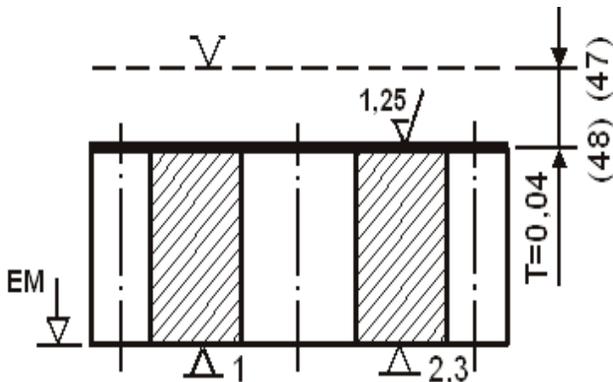


Рис. 6.52. Плоскошлифовальная операция 050

Вариант 3

Уменьшить число составляющих звеньев в уравнении на звено [38=48] можно, превратив припуск [48=47] в известный выполняемый размер (48+47) на 050 шлифовальной операции.

Эскиз подобной операции на рис. 6.52, а размерная схема предлагаемого варианта технологического процесса построена на рис. 6.53 (см. с. 173).

Анализ любого варианта размерной схемы начинается с проверки выполняемости чертежных размеров по операциям и переходам процесса обработки.

В предшествующем варианте (см. рис. 6.51, с. 171) ни на одной из операций не выполнялись размеры глубин насыщения, кроме чертежного размера (19+49) на операции 050 с окончательным технологическим размером (18+48).

При анализе размерной схемы рис. 6.53 видно, что все три чертежных размера перешли в группу замыкающих, а их уравнения можно записать в виде:

$$1. [18=28]=+(17-28)^{+0,2}-(17+18)^{+0,04}; \quad [38=48]=-(48+47)^{+0,04}+(38-47)^{+0,02};$$

$$3. [18=48]=-(48+47)^{+0,04}+(17-47)_{-0,16}-(17+18)^{+0,04}.$$

Чертежные поля допусков и поля рассеяния в уравнениях составляют:

$$T(19_29)=0,40 \text{ мм, } w[18_28]=0,2+0,04=0,24;$$

$$T(39_49)=0,40 \text{ мм, } w[38_48]=0,04+0,2=0,24;$$

$$T(19_49)=0,16 \text{ мм, } w[18_48]=0,04+0,16+0,04=0,24.$$

Запасы полей рассеяния $w[18_28]$ и $w[38_48]$ положительные, а в третьем уравнении запас отрицательный

$$T(19_49)-w[18_48]=0,16-0,24=-0,08 \text{ мм.}$$

Ужесточение допуска $T(17_47)=0,16$ мм контролируемого размера на 0,08 мм не имеет смысла, это увеличит трудоемкость токарных операций. Третий вариант технологического процесса не может быть принят к внедрению.

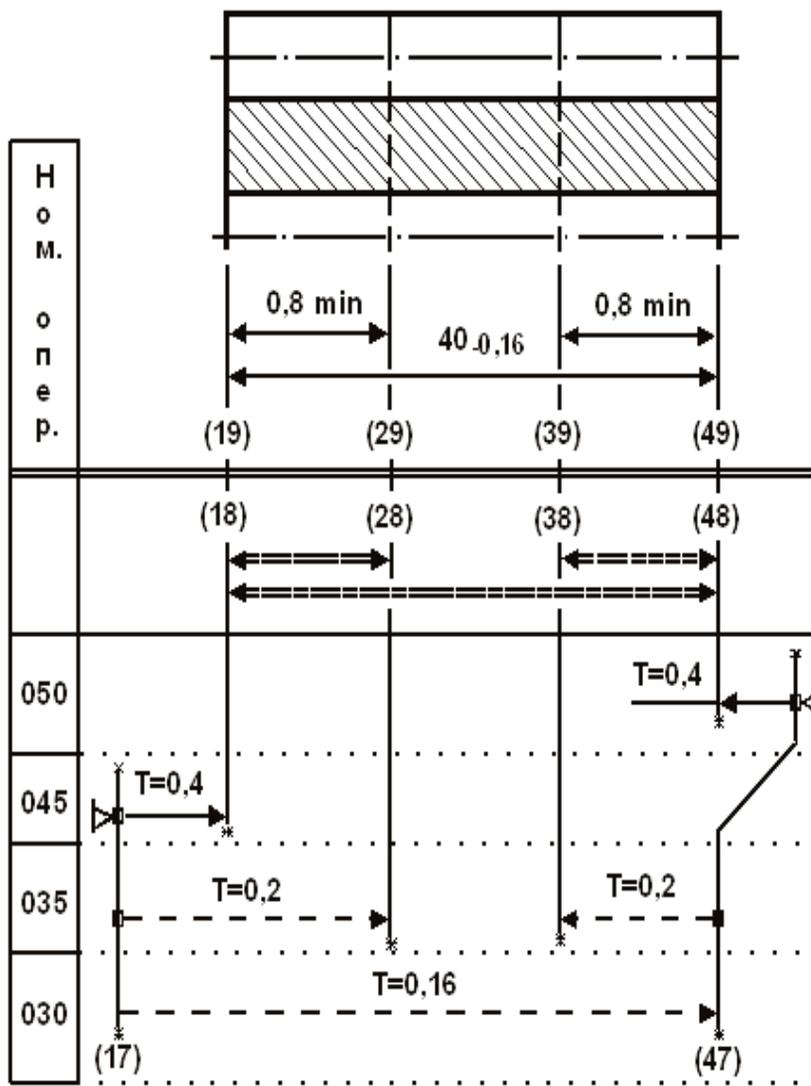


Рис. 6.53. Размерная схема

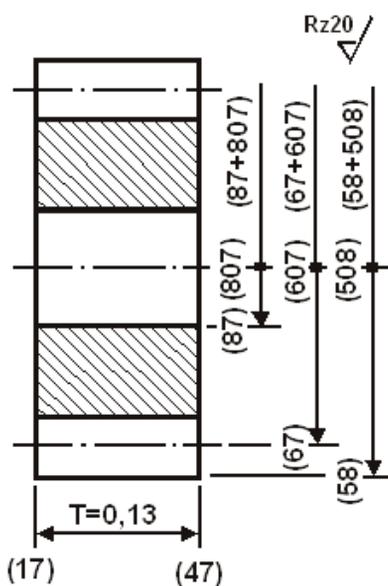


Рис. 6.54.
Контрольная 030

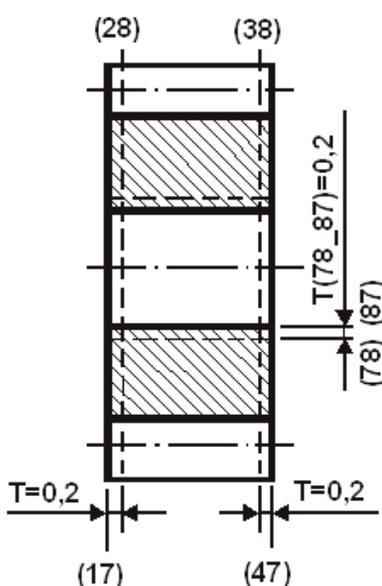


Рис. 6.55.
Термическая 035

Вариант 4

Из рассмотренных вариантов следует отдать предпочтение первому, в котором отрицательный запас в 0,06 мм по полю рассеяния $w[18_28]$.

Размерную схему первого варианта процесса обработки следует анализировать по рис. 6.48 (см. с. 168). По этому варианту в схему процесса необходимо ввести следующие изменения:

точность выполняемого чертежного размера —

$$T(18_48)=0,1 \text{ мм};$$

точность размеров насыщения —

$$T(17_28)=T(38_48)=0,2 \text{ мм}.$$

В размерной схеме с такой коррекцией составляющие поля рассеяния $w[18_28]$ содержат два звена: (18–47) и (17–47), допуск которых может быть ужесточен для компенсации отрицательного запаса в 0,06 мм.

Допуск $T(18-47)=0,1$ (IT10). Допуск этого размера по IT9 равен 0,062 мм.

Допуск $T(17-47)=0,16$ (IT11).

По IT10 — 0,1 мм.

Экономическая точность операции шлифования в размер (18–47) IT9...IT10.

Принимаем $T(18-47)=0,07$.

Точность чистовых токарных операций (для размера (17–47)) IT10, IT11.

Принимаем $T(17-47)=0,13$.

Операционные эскизы по четвертому варианту процесса приведены на рис. 6.54...6.57.

По ним построена размерная схема на рис. 6.58 (см. с. 174).

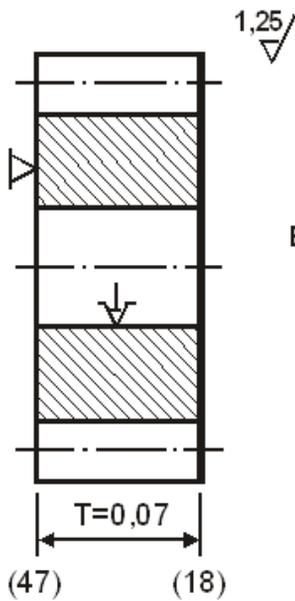


Рис. 6.56. Торцевкругло-шлифовальная операция 045

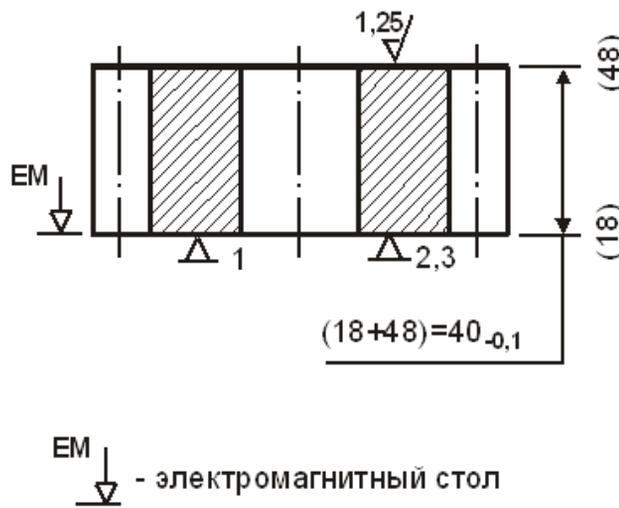


Рис. 6.57. Плоско-шлифовальная операция 050

6.1.3.8. Упражнение
Рассчитать определяемые звенья по размерной схеме рис. 6.58. Минимальный припуск для операций шлифования

$$Z_{min} = [17=18] = [48=47] = R_z + D_f = 20 + 20 = 40 \text{ мкм.}$$

Заполнить таблицу результатов расчета.

Ответ на с. 380 и 381.

6.1.3.9. Построение размерных схем с операциями покрытия

Если величины покрытий входят в значения чертежных размеров, размеры заготовок на операциях механической обработки должны выполняться с учетом последующих операций покрытия.

На рис. 6.59 эскиз колеса минутника, которое по техническим требованиям на готовое изделие должно быть последовательно покрыто слоем меди и никеля. Чертежные размеры изделия сведены в табл. 6.1.22 (см. с. 174).

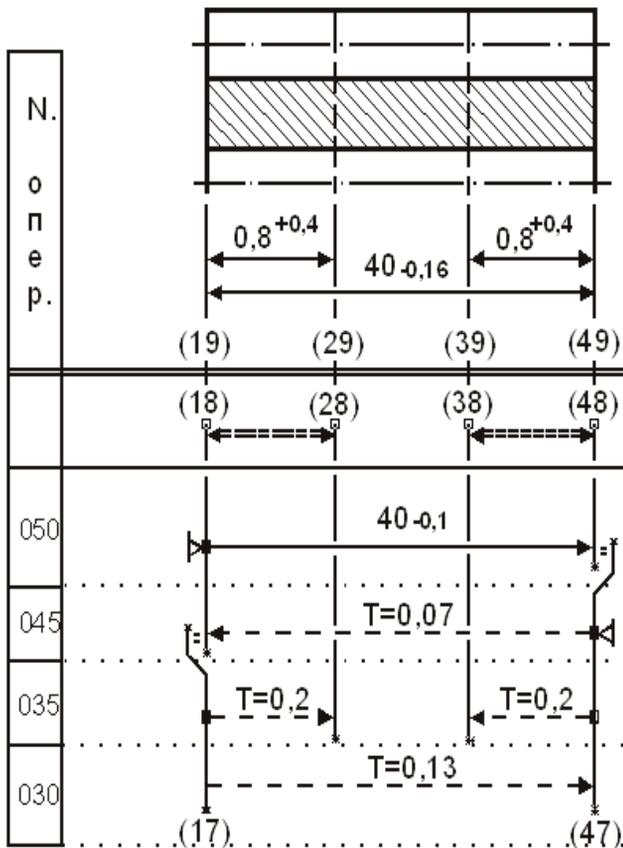
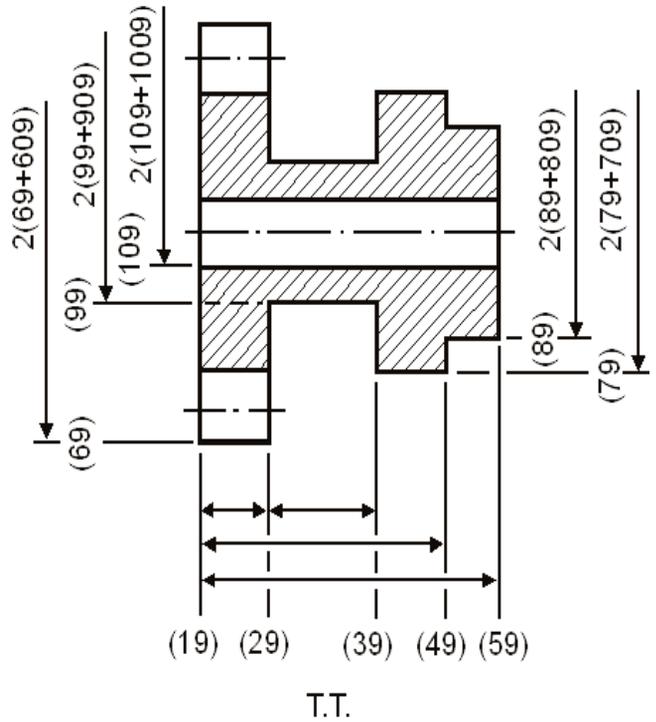


Рис. 6.58. Размерная схема процесса



- Т.Т.**
1. Меднить: M=5...7
 2. Никелировать: N=5...7 мкм

Рис. 6.59. Колесо минутника

Все технологические переходы механической обработки заготовки выполняются на одной операции с использованием автомата продольного точения. Операционный эскиз автоматной операции 005 показан на рис. 6.60.

Особенность автоматов продольного точения заключается в том, что пруток в них, кроме вращательного движения, имеет вместе со шпиндельной бабкой продольное поступательное перемещение через неподвижную цангу люнета, которая является дополнительной опорой для прутка.

Подача прутка через цангу идет постепенно, а обработка ведется в непосредственной близости от люнета с поперечных суппортов инструментами, расположенными в одной плоскости. Поэтому при обработке деталей разной длины место крепления инструментов не меняется, а длина не оказывает существенного влияния на жесткость технологической системы и ее точность. Это позволяет формировать контур вдоль оси заготовки с любой стороны изделия.

Таблица 6.1.22

Чертежные размеры по эскизу рис. 6.59 (см. с. 174)

Группа	Код левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				
			номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание
+	19	29	0,800	0,000	-0,025	0,7875	0,0125
+	29	39	1,200	0,060	0,000	1,2300	0,0300
+	19	49	2,800	0,000	-0,060	2,7700	0,0300
+	19	59	3,400	0,000	-0,048	3,3760	0,0240
+	2(69	609)	5,200	0,000	-0,030	5,1850	0,0150
+	2(79	709)	2,000	0,000	-0,060	1,9700	0,0300
+	2(89	809)	1,800	0,000	-0,025	1,7875	0,0125
+	2(99	909)	1,500	0,000	-0,060	1,4700	0,0300
+	2(109	1009)	0,800	+0,040	0,000	0,8200	0,0200

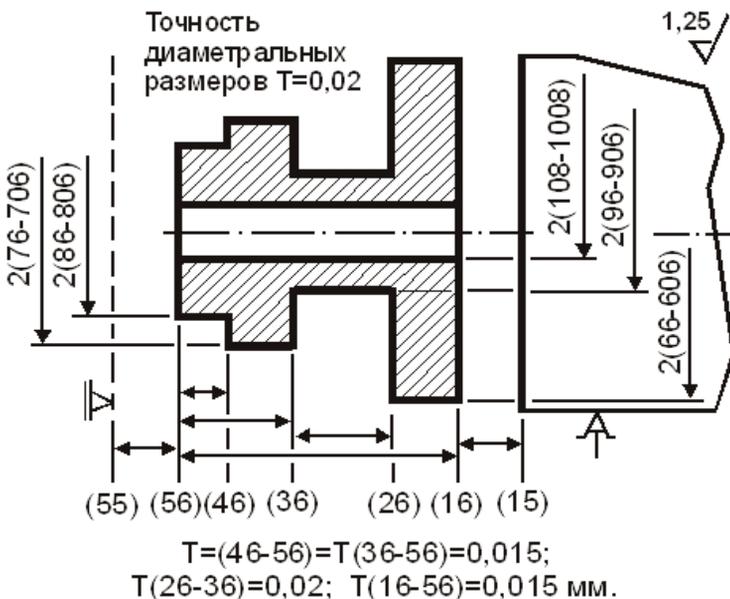


Рис. 6.60. Операционный эскиз заготовки после операции 005

Класс точности исходной заготовки (прутка) по диаметру до 6 мм должен соответствовать классу точности обрабатываемой заготовки. Колесо минутника является деталью массового производства в часовой промышленности. Высокая точность изделия требует тщательной отработки его на технологичность от этапа конструирования до эксплуатации у потребителя. На этапе размерного анализа особое внимание уделяется на порядок простановки размеров, их точность и возможности выполнения или получения в маршруте технологического процесса.

Размерная информация о перемещении пяти поперечных суппортов и продольном движении

шпиндельной бабки считывается с кулачков, установленных на распределительном валу. Допуски на изготовление отдельных участков профиля кулачков соизмеримы с точностью обрабатываемой детали. Для уменьшения влияния погрешностей изготовления кулачков на точность обработки большинство суппортов автоматов продольного точения имеет передаточное отношение рычагов меньше 1.

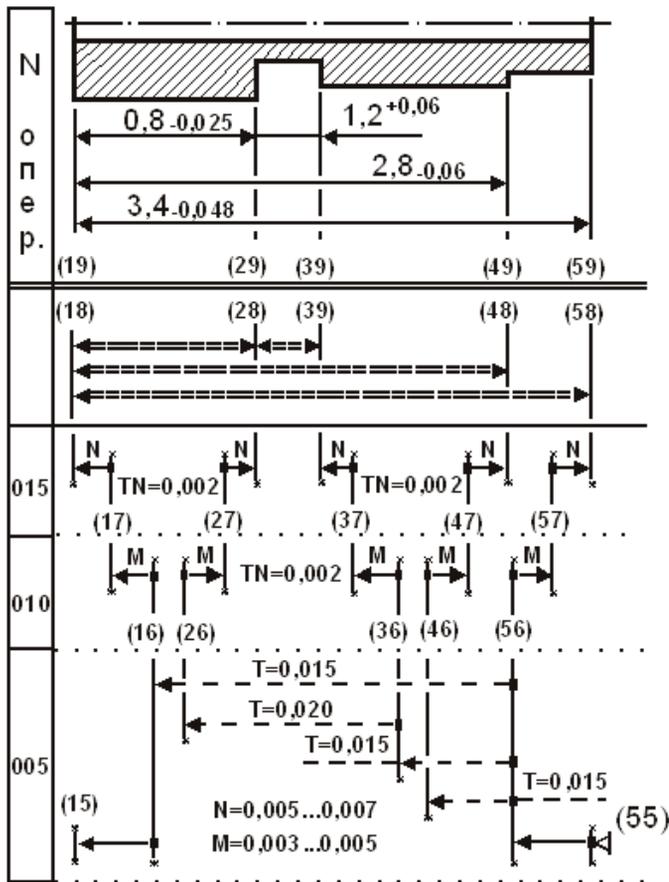


Рис. 6.61. Размерная схема

Вариант 1

Используется авторский чертеж изделия рис. 6.59 и операционный эскиз автоматной операции 005 (см. рис. 6.60).

В маршруте технологического процесса на изготовление колеса минутника предусмотрены две операции химического покрытия:

010 — меднение.

Толщина покрытия 3...5 мкм;

015 — никелирование.

Толщина покрытия 5...7 мкм.

Эти операции в анализе технологического процесса заданы директивно и не подвергаются в дальнейшем никаким изменениям.

На рис. 6.61 построена размерная схема процесса, из которой видно, что ни один из четырех чертежных размеров непосредственно не выполняется в технологическом процессе. Их величины могут быть получены из операционных размеров автоматной операции и толщин химических покрытий с учетом количества составляющих звеньев, входящих в контур каждого замыкающего звена в общей размерной схеме процесса. Величины покрытий имеют конкретные технологические размеры и относятся к группе известных составляющих звеньев.

В технологических размерах на автоматной операции известна экономическая точность (предельные отклонения).

Номинальные размеры или их предельные значения должны быть определены расчетом. Поэтому все размеры на 005 автоматной операции относятся к группе определяемых составляющих звеньев. К расчетам размерных цепей можно приступать лишь, если поля рассеяния замыкающих звеньев не превысят поля допусков чертежных размеров.

Принимаем размеры:

толщин меднения $M=0,003^{+0,002}$ мм;

толщин никелирования $N=0,005^{+0,002}$ мм.

Из размерной схемы рис. 6.61 уравнения записываются в виде:

$$1. [18=28]=(18+17)^{+0,002}+(17+16)^{+0,002}+(16-56)_{-0,015}-(36-56)_{-0,015}- \\ -(26-36)^{+0,02}+(26+27)^{+0,002}+(27+28)^{+0,002};$$

$$2. [18=48]=(18+17)^{+0,002}+(17+16)^{+0,002}+(16-56)_{-0,015}-(46-56)^{+0,015}+ \\ +(46+47)^{+0,002}+(47+48)^{+0,002};$$

$$3. [18=58]=(18+17)^{+0,002}+(17+16)^{+0,002}+(16-56)_{-0,015}+(56+57)^{+0,002}+(57+58)^{+0,002};$$

$$4. [28=38]=-(27+28)^{+0,002}-(26+27)^{+0,002}+(26-36)^{+0,02}-(37+36)^{+0,002}-(38+37)^{+0,002}.$$

Во всех уравнениях больше четырех составляющих звеньев. Погрешности замыкающего звена при этом являются случайными величинами и для массового производства подчиняются законам нормального распределения. Это значит, что поля рассеяния можно рассчитать вероятностным методом. Коэффициент риска для массового производства равен 3, а коэффициент относительного рассеяния — 0,111.

Поля рассеяния замыкающих размеров по уравнениям составляют:

$$w[18=28]=3\sqrt{0,111(0,002^2 + 0,002^2 + 0,015^2 + 0,015^2 + 0,02^2 + 0,002^2 + 0,002^2)}=0,0294;$$

$$w[18=48]=3\sqrt{0,111(0,002^2 + 0,002^2 + 0,015^2 + 0,015^2 + 0,002^2 + 0,002^3)}=0,0216;$$

$$w[18=58]=3\sqrt{0,111(0,002^2 + 0,002^2 + 0,015^2 + 0,002^2 + 0,002^2)}=0,0152;$$

$$w[28=38]=3\sqrt{0,111(0,002^2 + 0,002^2 + 0,02^2 + 0,002^2 + 0,002^2)}=0,0204 \text{ мм.}$$

Ниже помещены поля допусков чертежных размеров и поля рассеяния замыкающих звеньев, рассчитанные вероятностным методом.

$$T(19_29)=0,025 \text{ мм, } w[18_28]=0,0294 \text{ мм,}$$

$$T(19_49)=0,060 \text{ мм, } w[18_48]=0,0216 \text{ мм,}$$

$$T(19_59)=0,048 \text{ мм, } w[18_58]=0,0155 \text{ мм,}$$

$$T(29_39)=0,060 \text{ мм, } w[28_38]=0,0204 \text{ мм.}$$

Отрицательный запас по допуску ($T(19_29)=0,025-0,0294=-0,0044$ мм) не позволяет использовать этот вариант наладки на автоматной операции. Требуется коррекция при последующем анализе.

Вариант 2

В уравнении с замыкающим звеном [18=28] семь составляющих звеньев. Автоматная операция входит в эту цепь тремя технологическими размерами: (16–56), (36–56) и (26–36). По эскизу рис. 6.60 (см. с. 175) можно восстановить последовательность наладки выполняемых размеров.



$$T(46-56)=T(26-56)=T(16-56)=0,015;$$

$$T(26-36)=0,020 \text{ мм.}$$

Рис. 6.62. Операционный эскиз заготовки после 005 операции

Размер (26–36) формируется прорезным резцом, а его положение относительно измерительной базы (56) координируется размером (36–56) до левой режущей кромки резца. В размерной схеме рис. 6.61 (см. с. 176) координатные точки (26) и (56) соединены размерами (26–36) и (36–56), которые дают весомую часть суммарных погрешностей в поле рассеяния $w[18_28]$. Если на автоматной операции координировать ширину канавки по правой кромке прорезного резца с выполнением и контролем размера (56–26), то в уравнении на замыкающее звено [18=28] останется только

шесть составляющих звеньев. Новый вариант операционного эскиза и размерной схемы процесса выполнен на рис. 6.62 и 6.63 (см. с. 178).

Из четырех уравнений первого варианта изменилось только первое. Замыкающий контур [18=28] включает шесть составляющих звеньев, а само уравнение аналитически может быть представлено в виде:

$$1. [18=28] = (18+17)^{+0,002} + (17+16)^{+0,002} + (16-56)_{-0,015} - (26-56)^{+0,015} + (26+27)^{+0,002} + (27+28)^{+0,002}$$

Поле рассеяния при вероятностном расчете

$$w[18=28] = 3 \sqrt{0,111(0,002^2 + 0,002^2 + 0,015^2 + 0,015^2 + 0,002^2 + 0,002^2)} = 0,0216$$

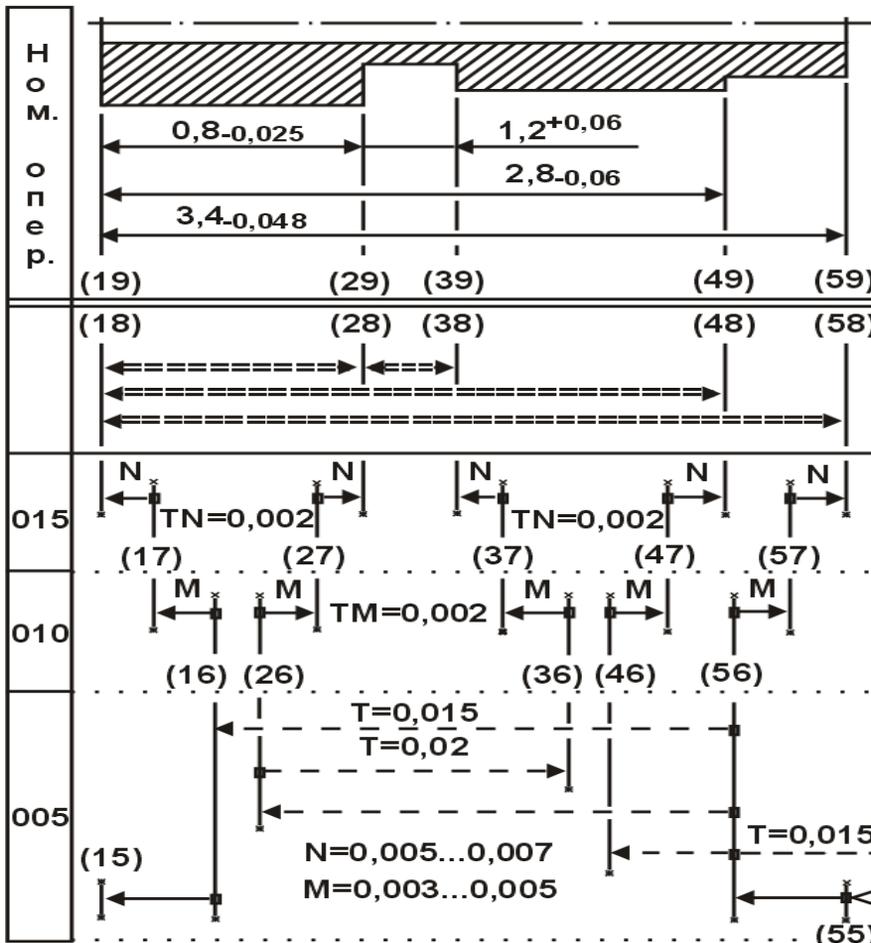


Рис. 6.63. Размерная схема процесса

Запас по полю допуска положительный: $0,025 - 0,0216 = +0,0034$ мм.

Данный вариант процесса и размерная схема готовы для расчета определяемых размеров на автоматной операции.

В уравнении 3 один определяемый размер.

Номинальные значения замыкающего и определяемого звеньев размерной цепи, рассчитанные через среднее значение чертежного размера

$$(19+59) = 3,352 \dots 3,400:$$

$$[18=58] = 0,005^{+0,002} + 0,003^{+0,002} + (16-56)_{-0,015} + 0,003^{+0,002} + 0,005^{+0,002};$$

$$[18_58]_{ном} = [18_58]_{ср} - \Delta w[18_58] =$$

$$= \frac{3,352 + 3,4}{2} - (0,001 + 0,001 - 0,0075 + 0,001 + 0,001) = 3,376 - (-0,0035) = 3,3795 \text{ мм};$$

$$3,3795 = 0,005 + 0,003 + (16-56) + 0,003 + 0,005; \quad (16+56) = 3,3635 \text{ мм}.$$

Односторонний запас по допуску

$$(T(19_{-59})-w[18_{-58}])/2=(0,048-0,0152)/2=0,0164 \text{ мм.}$$

Положительный запас по допуску позволяет округлить номинальный размер определяемого звена до второго десятичного знака.

Принимаем $(16+56)=3,36_{-0,15}$ мм.

При уменьшении рассчитанного номинала определяемого увеличивающего звена на такую же величину уменьшается номинальный расчетный размер замыкающего звена

$$3,3795-0,0035=3,376.$$

Поле рассеяния $w[18_{-58}]$ находится внутри поля допуска $T(19_{-59})$, но, после округления определяемого звена, необходимо для контроля рассчитать предельные значения замыкающего звена и величины односторонних запасов.

Предельные значения замыкающего звена можно определить после расчета его нижнего и верхнего отклонений:

$$во[18_{-58}]=\Delta w[18_{-58}]+w[18_{-58}]/2=-0,0035+0,0155/2=+0,0043 \text{ мм,}$$

$$но[18_{-58}]=\Delta w[18_{-58}]-w[18_{-58}]/2=-0,0035-0,0155/2=-0,0113 \text{ мм.}$$

Расчетное значение замыкающего звена

$$[18=58]=3,376_{-0,0113}^{+0,0043}=3,3647\dots 3,3803 \text{ мм.}$$

Запасы по наименьшему и наибольшему предельным значениям:

$$\text{Зап по min}=[18_{-58}]_{\text{min}}-(19_{-59})_{\text{min}}=3,3647-3,3520=+0,0127 \text{ мм;}$$

$$\text{Зап по max}=(19_{-59})_{\text{max}}-[18_{-58}]_{\text{max}}=3,4000-3,3803=+0,0197 \text{ мм.}$$

Значение звена $(16+56)$ можно подставить в первое и второе уравнения для нахождения определяемых размеров $(26-56)$ и $(46-56)$. Из уравнения $[18=28]$ рассчитываются номинальные значения замыкающего и определяемого звеньев:

$$1. [18=28]=0,005_{+0,002}+0,003_{+0,002}+3,36_{-0,015}-(26-56)_{+0,015}+0,003_{+0,002}+0,005_{+0,002};$$

$$\Delta w[18_{-28}]=0,001+0,001-0,0075-0,0075+0,001+0,001=-0,011;$$

$$[18_{-28}]_{\text{ном}}=[18_{-28}]_{\text{ср}}-\Delta w[18_{-28}]=\frac{0,778+0,8}{2}-(-0,011)=0,7985;$$

$$0,7985=0,005+0,003+3,36-(26-56)+0,003+0,005; \quad (26+56)=2,5775 \text{ мм.}$$

Запас по полю допуска $0,0034$ мм. Округление номинального размера возможно до третьего десятичного знака.

Принимаем $(26+56)=2,578_{+0,015}$ мм.

Номинальный размер замыкающего звена после округления

$$0,7985-0,005=0,798 \text{ мм.}$$

Верхнее и нижнее предельные отклонения:

$$во[18_{-28}]=\Delta w[18_{-28}]+w[18_{-28}]/2=-0,011+0,0216/2=-0,0002 \text{ мм;}$$

$$но[18_{-28}]=\Delta w[18_{-28}]-w[18_{-28}]/2=-0,011-0,0216/2=-0,0218 \text{ мм.}$$

Расчетное значение замыкающего звена

$$[18=58]=0,7985_{-0,0218}^{-0,0002}=0,7767\dots 0,7983 \text{ мм.}$$

Запасы по наименьшему и наибольшему предельным значениям:

$$\text{Зап по min} = [18_{28}]_{\text{min}} - (19_{59})_{\text{min}} = 0,7767 - 0,7750 = +0,0017 \text{ мм};$$

$$\text{Зап по max} = (19_{29})_{\text{max}} - [18_{58}]_{\text{max}} = 0,8000 - 0,7983 = +0,0017 \text{ мм}.$$

Номинальные размеры замыкающего $[18=48]$ и определяемого $(46-56)$ звеньев

$$2. [18=48] = 0,005^{+0,002} + 0,003^{+0,002} + 3,36_{-0,015} - (46-56)^{+0,015} + \\ + 0,003^{+0,002} + 0,005^{+0,002};$$

$$[18_{48}]_{\text{cp}} = (2,74 + 2,8) / 2 = 2,77; \quad \Delta w[18_{48}] = -0,0035;$$

$$[18_{48}]_{\text{ном}} = 2,77 - (-0,0035) = 2,7735;$$

$$2,7735 = 0,005 + 0,003 + 3,36 - (46-56) + 0,003 + 0,005, \quad (46+56) = 0,59855 \text{ мм}.$$

Односторонний запас по допуску $(0,06 - 0,0216) / 2 = 0,0384$ положительный.

$$\text{Принимаем } (46+56) = 0,6^{+0,015} \text{ мм}.$$

Номинал замыкающего звена после округления равен:

$$2,7735 + 0,00145 = 2,77495 \text{ мм}.$$

Отклонения замыкающего звена:

$$w_o[18_{48}] = \Delta w[18_{48}] + w[18_{48}] / 2 = -0,011 + 0,0216 / 2 = -0,0002 \text{ мм};$$

$$w_n[18_{28}] = \Delta w[18_{28}] - w[18_{28}] / 2 = -0,011 - 0,0216 / 2 = -0,0218 \text{ мм}.$$

Расчетное значение замыкающего звена

$$[18=58] = 2,7745_{-0,0218}^{-0,0002} = 2,7527 \dots 2,7743 \text{ мм}.$$

Запасы по наименьшему и наибольшему предельным значениям:

$$\text{Зап по min} = [18_{48}]_{\text{min}} - (19_{49})_{\text{min}} = 2,7527 - 2,7400 = 0,0127 \text{ мм};$$

$$\text{Зап по max} = (19_{49})_{\text{max}} - [18_{48}]_{\text{max}} = 2,8000 - 0,7743 = 0,0257 \text{ мм}.$$

Номинальные значения замыкающего $[28=38]$ и определяемого $(26-36)$ звеньев составляют:

$$4. [28=38] = -0,005^{+0,002} - 0,003^{+0,002} + (26-36)^{+0,02} - 0,003^{+0,002} - 0,005^{+0,002};$$

$$[28_{38}]_{\text{cp}} = (1,20 + 1,26) / 2 = 1,23;$$

$$\Delta w[28_{38}] = -0,001 - 0,001 + 0,01 - 0,001 - 0,001 = 0,006 \text{ мм},$$

$$[28_{38}]_{\text{ном}} = 1,23 - (0,006) = 1,224 \text{ мм},$$

$$1,224 = -0,005 - 0,003 + (26-36) - 0,003 - 0,005; \quad (26+36) = 1,24 \text{ мм}.$$

$$\text{Принимаем } (26+36) = 1,24^{+0,02} \text{ мм}.$$

Верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена:

$$w_o[28_{38}] = \Delta w[28_{38}] + w[28_{38}] / 2 = 0,006 + 0,0204 / 2 = +0,0162 \text{ мм};$$

$$w_n[28_{38}] = \Delta w[28_{38}] - w[28_{38}] / 2 = 0,006 - 0,0204 / 2 = -0,0042 \text{ мм}.$$

Известные отклонения и номинальный размер позволяют определить наибольший и наименьший предельные размеры замыкающего звена $[28=38]$.

Окончательные значения звена

$$[28=38]=1,224^{+0,0162}_{-0,0042}=1,2198...1,2402 \text{ мм.}$$

Запасы по наименьшему и наибольшему предельным размерам:

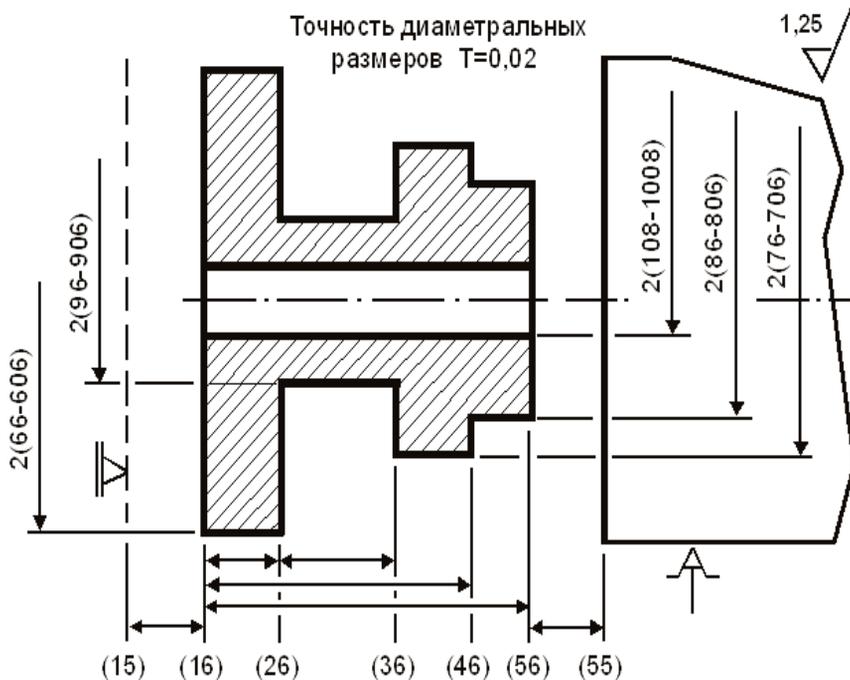
$$\text{Зап по min} = [28_38]_{\text{min}} - (29_39)_{\text{min}} = 1,2203 - 1,2000 = +0,0203 \text{ мм;}$$

$$\text{Зап по max} = (29_39)_{\text{max}} - [28_38]_{\text{max}} = 1,2600 - 1,2407 = +0,0193 \text{ мм.}$$

Результаты вероятностного расчета второго варианта сведены в табл. 6.1.23 (см. с. 181). В табл. 6.1.24 (см. с. 182) приведены сравнительные результаты расчета этого варианта, проведенные методом максимума-минимума.

Во втором случае поле рассеяния $w[18_28]$ по замыкающему звену превосходит поле допуска чертежного размера, о чем свидетельствуют отрицательные запасы.

Вероятностный метод расчета размерных цепей предусматривает риск выхода части размеров изделия за пределы чертежных допусков, что снижает надежность проектных вариантов технологических процессов в действующем производстве.



$$T(26-36)=0,02; \quad T(16-26)=T(16-46)=T(16-56)=0,015 \text{ мм.}$$

Рис. 6.64. Операционный эскиз заготовки после 005 операции

Кроме того, в теоремах теории вероятностей доказано, что сумма допусков будет иметь распределение, близкое к закону нормального распределения, если погрешности не будут отличаться по величине и представлять сумму большого числа взаимно независимых случайных слагаемых.

В технологическом процессе второго варианта допуски размеров токарной операции ($T=0,015...0,020$) в 7...10 раз превосходят допуски операций меднения и никелирования ($T=0,002$), также снижает надежность вероятностных расчетов операционных размеров.

Таблица 6.1.23

Результаты вероятностного расчета

Гр	Код	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	18 28		0,776	0,798	0,787	0,011	0,001	0,002
=	18 48		2,753	2,776	2,764	0,010	0,013	0,025
=	18 58		3,365	3,380	3,372	0,008	0,013	0,020
=	28 38		1,220	1,240	1,230	0,010	0,020	0,020
+	16 56	3,360	0,000	-0,015	3,352	0,007		
+	26 36	1,240	0,020	0,000	1,250	0,010		
+	26 56	2,578	0,015	0,000	2,586	0,007		
+	46 56	0,600	0,015	0,000	0,608	0,007		

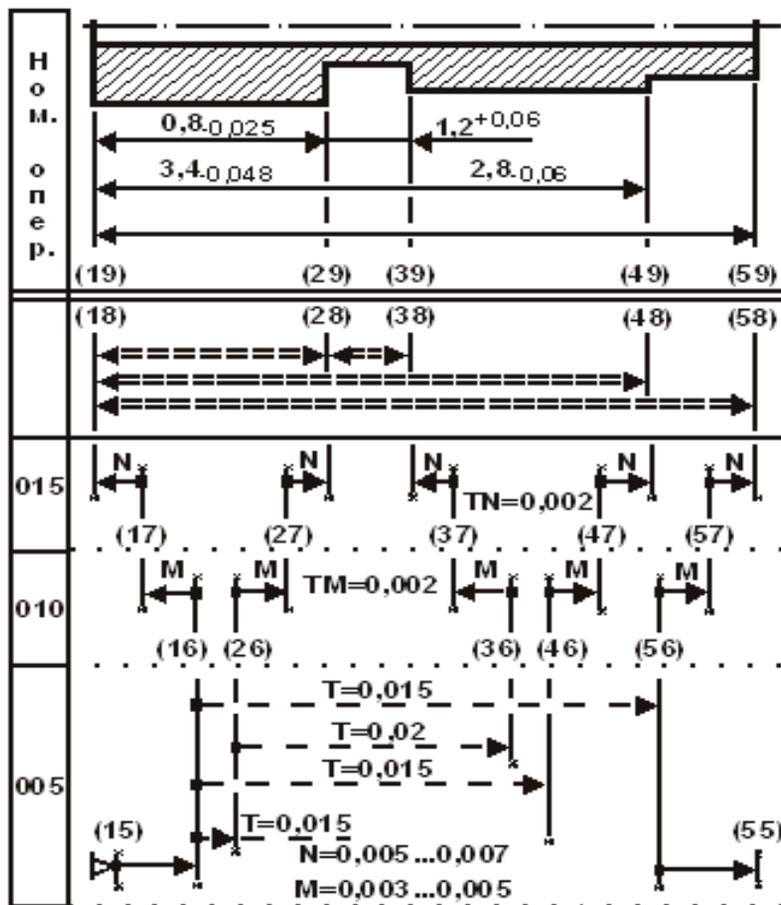


Рис. 6.65. Размерная схема процесса

Высокой надежностью обладает вариант технологии, в котором размерные контуры содержат минимальное число составляющих звеньев, а операционные размеры рассчитаны методом максимума-минимума.

В чертеже колеса минутника наибольшей точностью ($T=0,025$) обладает размер (19+29) (см. рис. 6.59, с. 174). Замыкающее звено на этот размер должно содержать один технологический размер с автоматной операцией и размеры толщин покрытий, тогда уравнение будет состоять из минимального числа составляющих звеньев, и решать его следует методом максимума-минимума.

Подобное предложение реализовано в третьем варианте процесса.

Таблица 6.1.24

Результаты расчета методом максимума-минимума

Гр	Код	Размерная информация					Запасы	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	18 28		0,768	0,806	0,787	0,019	-0,007	-0,006
=	18 48		2,746	2,784	2,764	0,019	0,006	0,016
=	18 58		3,361	3,384	3,372	0,011	0,009	0,016
=	28 38		1,216	1,244	1,230	0,010	0,016	0,016
+	16 56	3,360	0,000	-0,015	3,352	0,007		
+	26 36	1,240	0,020	0,000	1,250	0,010		
+	26 56	2,578	0,015	0,000	2,586	0,007		
+	46 56	0,600	0,015	0,000	0,608	0,007		

Вариант 3

На токарных автоматах продольного точения с одинаковой точностью можно формировать контур вдоль оси заготовки (изделия).

Операционный эскиз обработки минутника на токарной операции с простановкой размеров от измерительной базы (поверхность (16)) показан на рис. 6.64 (см. с. 181).

На рис. 6.65 построена размерная схема третьего варианта технологического процесса. В размерной схеме все те же замыкающие звенья, но уравнения содержат другие составляющие размеры.

Уравнения имеют вид:

$$1. [18=28]=(18+17)^{+0,002}+(17+16)^{+0,002}+(16-26)_{-0,015}+(26+27)^{+0,002}+(27+28)^{+0,002};$$

$$2. [18=48]=(18+17)^{+0,002}+(17+16)^{+0,002}+(16-46)_{-0,015}+(26+27)^{+0,002}+(27+28)^{+0,002};$$

$$3. [18=58]=(18+17)^{+0,002}+(17+16)^{+0,002}+(16-56)_{-0,015}+(56+57)^{+0,002}+(57+58)^{+0,002};$$

$$4. [28=38]=-(27+28)^{+0,002}-(26+27)^{+0,002}+(26-36)^{+0,02}-(37+36)^{+0,002}+(38+37)^{+0,002}.$$

Два последних уравнения аналогичны третьему и четвертому из второго варианта. При их решении вероятностным методом найдены операционные размеры (16+56) и (26+36), которые должны быть вновь рассчитаны методом максимума-минимума.

Во всех уравнениях по одному неизвестному определяемому звену.

Необходимо рассчитать поля рассеяния замыкающих звеньев и сравнить их с полями допусков чертежных размеров.

Результаты анализа:

$$T(19_{-29})=0,025 \text{ мм}; w[18_{-28}]=0,002+0,002+0,015+0,002+0,002=0,019 \text{ мм};$$

$$\text{односторонний запас } (0,025-0,019)/2=0,003 \text{ мм};$$

$$T(19_{-49})=0,06 \text{ мм}; w[18_{-48}]=0,002+0,002+0,015+0,002+0,002=0,019 \text{ мм};$$

$$\text{односторонний запас } (0,060-0,019)/2=0,0205 \text{ мм};$$

$$T(19_{-59})=0,048 \text{ мм}; w[18_{-58}]=0,002+0,002+0,015+0,002+0,002=0,019 \text{ мм};$$

$$\text{односторонний запас } (0,048-0,019)/2=0,0145 \text{ мм};$$

$$T(29_{-39})=0,06 \text{ мм}; w[18_{-48}]=0,002+0,002+0,015+0,002+0,002=0,019 \text{ мм};$$

$$\text{односторонний запас } (0,06-0,019)/2=0,0205 \text{ мм}.$$

Положительные запасы позволяют приступить к расчетам номинальных размеров определяемых звеньев и предельных значений замыкающих звеньев.

6.1.3.10. Упражнение

Проделать все необходимые расчеты по третьему варианту технологического процесса и заполнить таблицу результатов.

Ответ на с. 381 и 382.

6.2. Построение схем диаметральных размеров

6.2.1. Отклонение от соосности — составляющее и — замыкающее звенья

6.2.1.1. Отклонение от соосности — составляющее звено

На токарном автомате за два технологических перехода обтачивается наружный диаметр прутка и отрезается заготовка в размер (18+28). Эскиз операции показан на рис. 6.66 (см. с. 184).

Исходной заготовкой является холоднотянутый калиброванный пруток высокой точности. Установка заготовки осуществляется в цанговом патроне до откидного упора.

Диаметр исходной заготовки $2(37+307)_{-0,3}^{+0,2}$ мм (см. приложение 32, с. 422).

Базирование и закрепление холоднотянутого прутка в цанговом патроне по упору сопровождается возникновением погрешностей в радиальном и осевом направлениях (см. приложение 27.3, с. 414).

Средняя статистическая погрешность обработанной цилиндрической поверхности относительно первичного базового диаметра прутка $E(y)=60$ мкм.

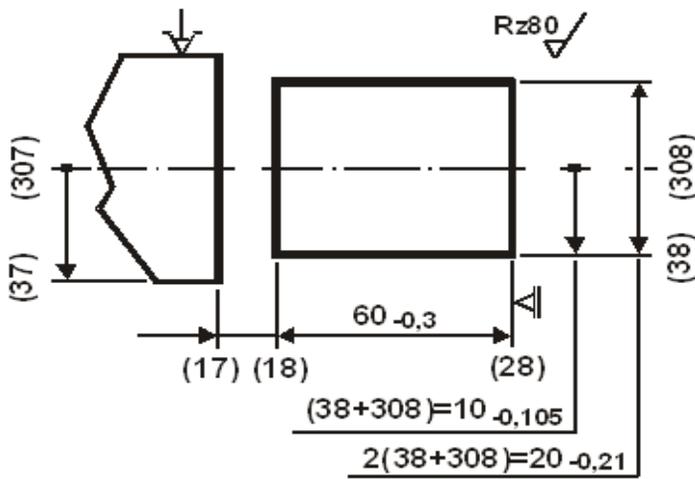


Рис. 6.66. Операционный эскиз 005 операции

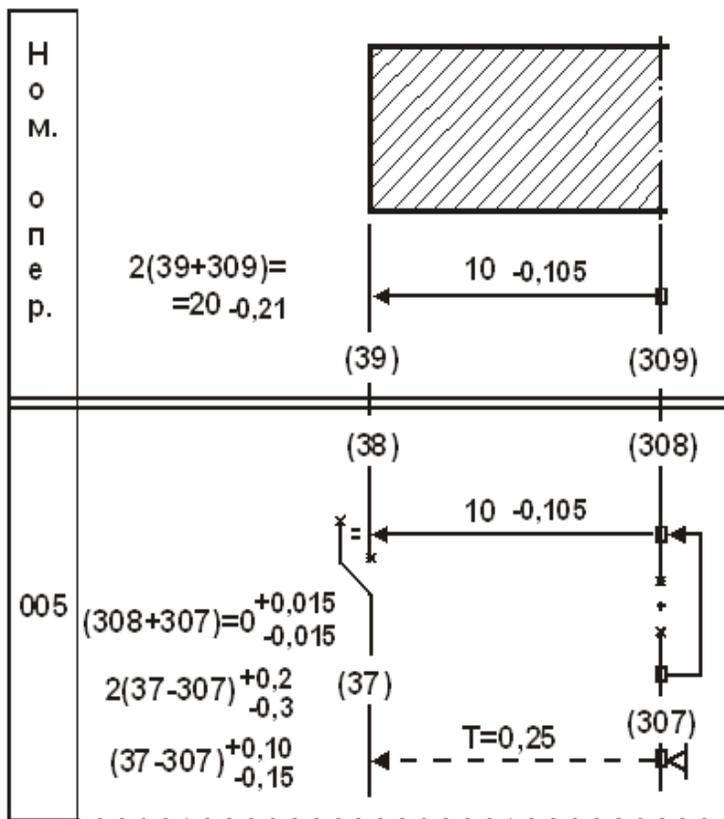


Рис. 6.67. Схема диаметральных размеров

разрывом оси (308+307), величина которого равна половине радиального биения. Отклонение от соосности с радиальной погрешностью установки $E(y)=0,06$ мм для размерной схемы рис. 6.67 составляет:

$$E(y)/2=0,06/2=0,03 \text{ мм.}$$

Базирование в радиальном направлении ограничено исходным диаметром прутка. При построении одной половины изделия за технологическую базу принимается его ось, а возникающие радиальные погрешности между наружными диаметрами могут быть обозначены звеном (308+307) с наибольшей предельной величиной в 0,03 мм. Эта величина преобразуется в размер с номинальным нулевым значением и симметричными отклонениями.

Токарная автоматная операция единственная в представленном проектом варианте технологического процесса. Цилиндрическая поверхность обработана в окончательный диаметральный размер $2(38+308)$, который по предельным значениям равен чертежному размеру $2(39+309)$.

При построении размерной схемы второй проекции (схемы диаметральных размеров) в верхней части рисунка изображается половина изделия (см. рис. 6.67). В данном изделии в размерной схеме участвует только одна сторона (от оси) цилиндрической поверхности (39) и ось (309).

Под преобразованным эскизом изделия проставлено радиальное значение диаметрального чертежного размера. Дальнейшее построение размерной схемы аналогично построению схем продольных размеров.

В свободной зоне под эскизом изделия строятся двойные размерные линии любых чертежных размеров, которые непосредственно не выполняются в процессе обработки. В данном примере таких размеров нет.

Единственный радиальный размер с автоматной операции 005 строится под дополнительной зоной с направлением от оси (308) до обработанной поверхности (38). Величина снимаемого припуска символизируется размером $[37=38]$.

Смещение осей обработанной и базовой поверхностей оформляется

Величина точности и отклонения диаметра калиброванного прутка выбраны из приложения 32 (см. с. 422). Звено (308+307) относится к группе промежуточных операционных размеров с известными номиналом и предельными отклонениями. Его величина обеспечивается точностью установки технологической системы: (308+307)=0 ± 0,15 мм.

В размерной схеме рис. 6.67 (см. с. 184) единственное замыкающее звено [37=38], уравнение на которое может быть записано в виде:

$$\begin{aligned} [37=38] &= -(38+308)_{-0,105} - (308+307) \pm 0,015 + (37-307)_{-0,15}^{+0,10} = \\ &= 10_{-0,105} - 0 \pm 0,015 + (37-307)_{-0,15}^{+0,10} \end{aligned}$$

Минимальное значение припуска содержит величину шероховатости и дефектный поверхностный слой исходной заготовки. Эти величины можно выбрать из приложения 6 (см. с. 400). Минимальный припуск

$$[37=38]_{\min} = R_z + D_f = (40 \dots 80) + (50 \dots 100) = 180 \text{ мкм.}$$

Номинальные размеры замыкающего и определяемого звеньев:

$$[37_38]_{\text{ном}} = [37_38]_{\min} + w[3738]/2 - \Delta w[37_38] =$$

$$= 0,18 + \frac{0,105 + 0,03 + 0,25}{2} - \left[-\frac{0 + (-0,105)}{2} - \frac{0,015 + (-0,015)}{2} + \frac{0,1 + (-0,15)}{2} \right] =$$

$$= 0,18 + 0,1925 - (+0,0275) = 0,344 \text{ мм}; \quad 0,344 = -10 - 0 + (37 - 307), \quad (37 + 307) = 10,344 \text{ мм.}$$

$$\text{Принимаем: } (37+307) = 10,344_{-0,15}^{+0,10} \text{ мм}; \quad 2(37+307) = 20,688_{-0,3}^{+0,2} = 20,7_{-0,3}^{+0,2} \text{ мм.}$$

В размерной схеме рис. 6.67 отклонение от соосности (308+307) построено справа от разрыва. Если построить слева, в уравнении это звено будет с отрицательным знаком. В первом случае звено (308+307) уменьшающее, во втором — увеличивающее. Если в уравнении составляющее звено записано с нулевым значением номинала и симметричными отклонениями, то в размерной схеме его построение выполняется с любой удобной стороны от разрыва оси, а его знак не влияет на конечные результаты расчета.

6.2.1.2. Отклонение от соосности — замыкающее звено

Описание технологического процесса обработки втулки, операционные эскизы, размерная схема линейных размеров и расчеты определяемых размеров помещены на с. 161...166.

По операционным эскизам рис. 6.36 и 6.37 (см. с. 162) на рис. 6.68 (см. с. 186) построена размерная схема диаметральных размеров.

Данные по чертежным размерам помещены в табл. 6.1.16 (см. с. 162).

Радиальное биение базового диаметра прутка и большего диаметра 2(68+608) обрабатываемой заготовки, выбранное из приложения 27.3 (см. с. 414), равно 60 мкм.

Допуск соосности

$$T(608_607) = 0,060/2 = 0,03, \quad (608+607) = 0 \pm 0,015.$$

Два наружных диаметра, обточенные за одну установку заготовки на токарном автомате (см. рис. 6.36), имеют величину отклонения от соосности T(608+708) не более 0,015 мм.

Принимаем (608+708) = 0 ± 0,006 мм.

Из приложения 16 (см. с. 408) отклонение от соосности, возникающее при сверлении отверстия, равно T(608_807) = 0,08; (608+807) = 0 + -0,04 мм.

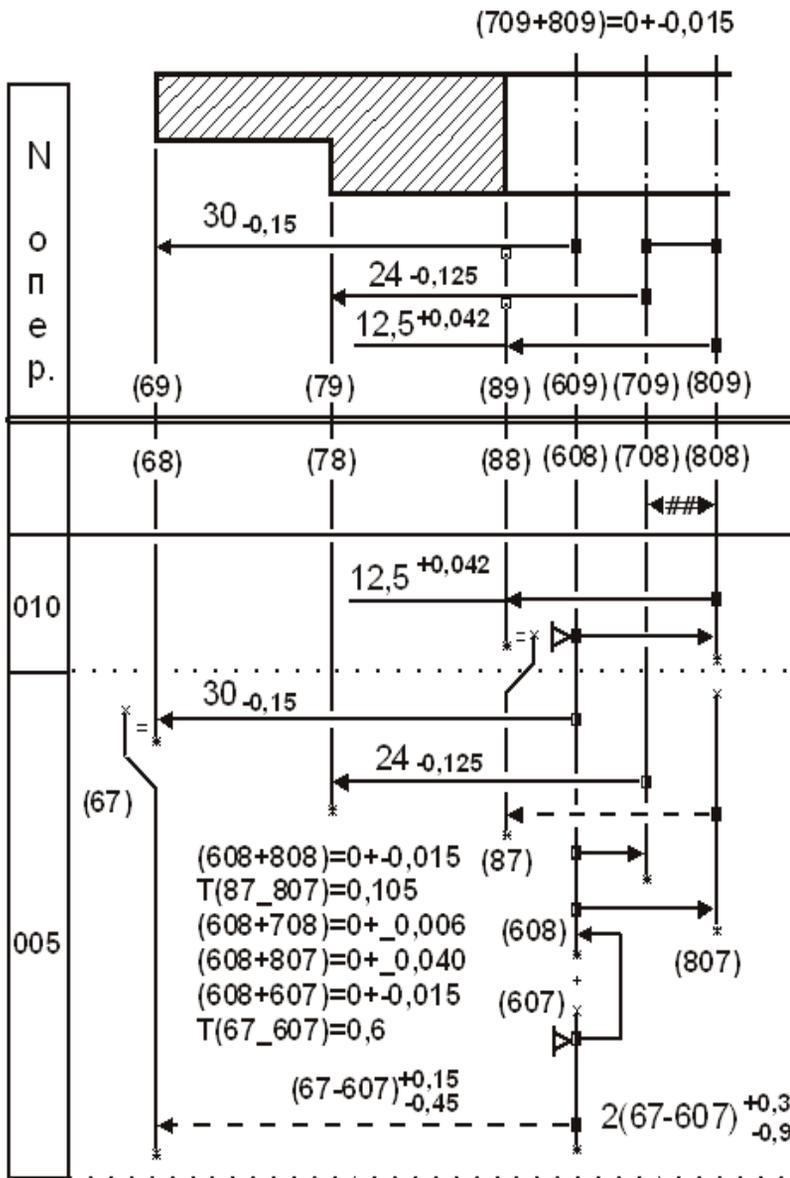


Рис. 6.68. Схема диаметральных размеров

$$[708\#808]=(608+808)-(608+708)=0\pm 0,015-0\pm 0,006=0\pm 0,21 \text{ мм.}$$

Составляющие звенья в правой части уравнения известны. Это значит, что задача проверочная, а между кодами поверхностей в замыкающем звене должен быть поставлен символ #.

Поле рассеяния $w[708_808]$ превосходит поле допуска требуемой соосности поверхностей $T(709_809)$ на величину отрицательного запаса

$$T(709_809)-w[708_808]=0,03-0,042=-0,12 \text{ мм.}$$

Отрицательный запас диктует пересмотр схемы базирования на расточной операции 010. На рис. 6.37 (см. с. 162) базирование заготовки в радиальном направлении ограничивается цилиндрической поверхностью (68), а контролируемая соосность (709_809) — поверхностью (78), при этом величина соосности обеспечена технологической системой. На размерной схеме рис. 6.68 хорошо просматривается новый вариант базирования и закрепления заготовки в патроне с пневматическим зажимом (см. приложение 27.2, с. 414) или в цанге (см. приложение 27.3, с. 414), но с ограничением степеней свободы в радиальном направлении поверхностью (78).

Отклонение от соосности на операции 010 растачивания (см. рис. 6.37, с. 162) составляет $(608+808)=0\pm 0,015$ мм (см. приложение 27.3, с. 414).

Пусть в чертеже на изделие (см. рис. 6.12, с. 143) техническим требованием предусмотрена контролируемая величина радиального биения между наружной (79) и внутренней (89) поверхностями, равная 0,03 мм.

В размерной схеме рис. 6.68 эта величина выступает в роли допуска соосности

$$(709+809)=0\pm 0,015 \text{ мм.}$$

При анализе размерной схемы видно, что при механической обработке выполняются все диаметральные размеры (радиусы: (68+608), (78+708) и (88+808)), кроме требования по контролируемой величине отклонения от соосности

$$[708_808]=0\pm 0,015 \text{ мм.}$$

Пока между кодами осей не проставлен знак, определяющий решаемую задачу, определить ее можно после нахождения контура и написания уравнения.

Операционный эскиз нового варианта установки на расточной операции 010 показан на рис. 6.69 (см. с. 188). Если предложенный вариант не может быть выполнен на выбранном оборудовании и технологической оснастке, то необходима дальнейшая коррекция маршрута, наладок или точности выполняемых размеров и технических требований по операциям и переходам процесса обработки. На рис. 6.70 (см. с. 188) предложена к рассмотрению схема диаметральных размеров и соосностей, построенная по эскизам рис. 6.36 и 6.69 (см. с. 162 и 188). В этой схеме выполняются все диаметральные размеры и техническое требование чертежа по соосности (708+808).

В схеме два замыкающих звена-припуска. Их уравнения:

$$1. [88=87]=(88+808)-(708+808)-(608+708)+(608+807)-(87-807)= \\ =12,5^{+0,042} -0 \pm 0,015 -0 \pm 0,006 +0 \pm 0,04 -(87-807)^{+0,105};$$

$$2. [67=68]=-(68+608)-(608+607)+(67-607)=-30_{-0,15} -0 \pm 0,015 +(67-607)^{+0,15}_{-0,45} \text{ мм.}$$

В каждом уравнении по одному неизвестному определяемому составляющему звену. Начинать расчеты можно с любого из них.

Допуски отклонений от соосности значительно превосходят величины точностей диаметральных операционных размеров. Поэтому уравнения должны решаться методом максимума-минимума даже в том случае, если в них содержится более четырех составляющих звеньев.

Минимальное значение припуска при обработке исходного диаметра прутка выбрано заранее. Для рассматриваемого варианта размерной схемы рис. 6.70 это значение $[67=68]_{\min}=0,18$ мм.

На расточной операции 010 снимается слой металла, в котором содержится шероховатость $Rz=40$ мкм и дефектный слой $Df=40$ мкм с предшествующей 005 автоматной операции. Минимальный припуск

$$[88=87]_{\min}=Rz+Df=40+40=80 \text{ мкм.}$$

Номинальные размеры замыкающего и определяемого звеньев после решения первого уравнения составляют:

$$[88_87]_{\text{ном}}=0,08+0,1345-(-0,0315)=0,246 \text{ мм;}$$

$$0,246=12,5-0-0+0-(87-807), (87+807)=12,254 \text{ мм.}$$

Определяемый размер радиуса и диаметра после автоматной операции

$$(87+807)=12,254^{+0,105}; 2(87+807)=24,508^{+0,21}.$$

Принимаем $2(87+807)=24,5^{+0,21}$ мм.

Номинальные значения замыкающего и определяемого звеньев после решения второго уравнения:

$$[67=68]_{\text{ном}}=0,18+0,39-(-0,075)=0,645; 0,645=-30-0+(67-607), (67+607)=30,645 \text{ мм.}$$

Принимаем: $(67+607)=30,645^{+0,15}_{-0,45}$ мм; $2(67+607)=61,29^{+0,3}_{-0,9}=61,3^{+0,3}_{-0,9}$ мм.

Рассчитанные размеры необходимы для выбора исходного диаметра прутка из имеющегося в сортаменте поставляемого проката.

В табл. 6.2.1 (см. с. 188) сведены результаты расчета размерной схемы радиальных и диаметральных размеров по рис. 6.70.

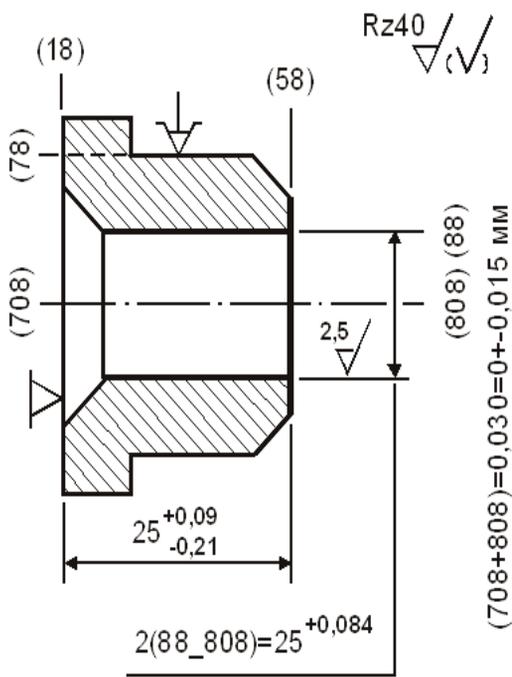


Рис. 6.69. Вариант установки заготовки на 010 расточной операции

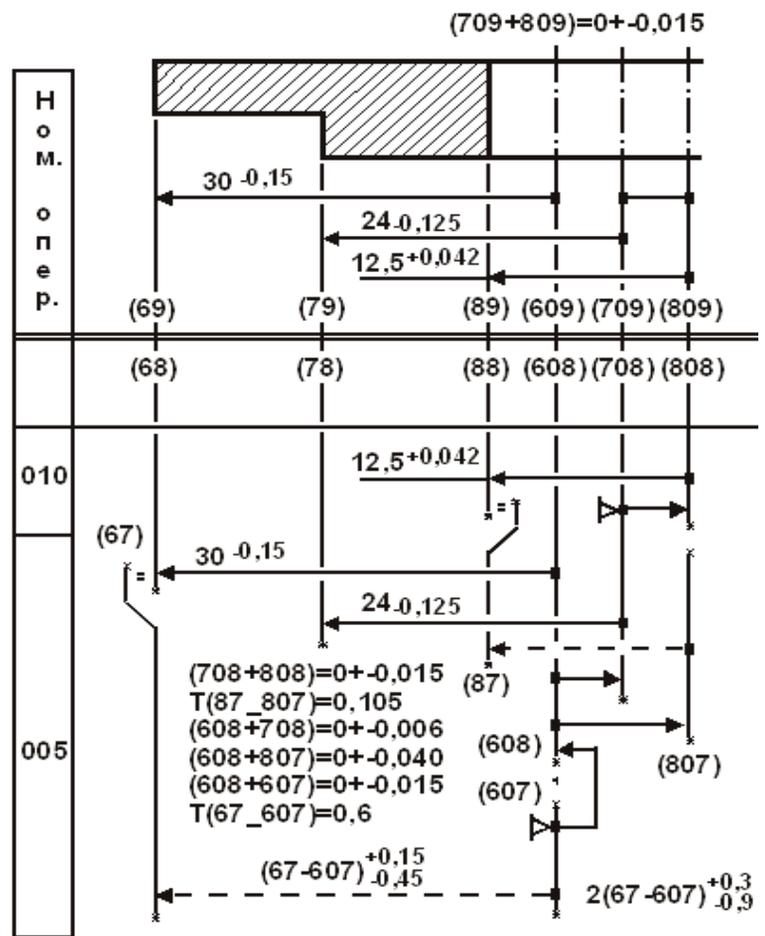


Рис. 6.70. Схема диаметральных размеров

Таблица 6.2.1

Результаты расчета схемы диаметральных размеров

Гр	Код	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	88 87		0,080	0,349	0,215	0,134	0,000	
=	67 68		0,180	0,960	0,570	0,390	0,000	
+	87 807	12,254	0,105	0,000	12,306	0,052		
+	2(87 807)	24,500	0,210	0,000	24,399	0,105		
+	67 607	30,645	0,150	-0,450	30,495	0,300		
+	2(67 607)	61,300	0,300	-0,900	61,000	0,600		

6.2.2. Глубина цементационного слоя — замыкающее звено

В разделе 6.1.3.7 рассмотрены варианты технологических процессов с операциями термической обработки.

Размеры глубин цементации участвуют в построении размерных схем и выступают в роли замыкающих и составляющих звеньев операционных размерных цепей.

Техническими требованиями чертежа рис. 6.71 (см. с. 189) предусмотрены глубины насыщения углеродом поверхностей зубчатого колеса на величину 0,3min мм.

В схеме диаметральных размеров это требование будет представлено размерами-звеньями с направлением от поверхностей (49) и (59) в тело металла.

Размер (39+49) займет место в поверхностном слое отверстия, а размер (59+69) — на боковом поверхностном слое зубьев.

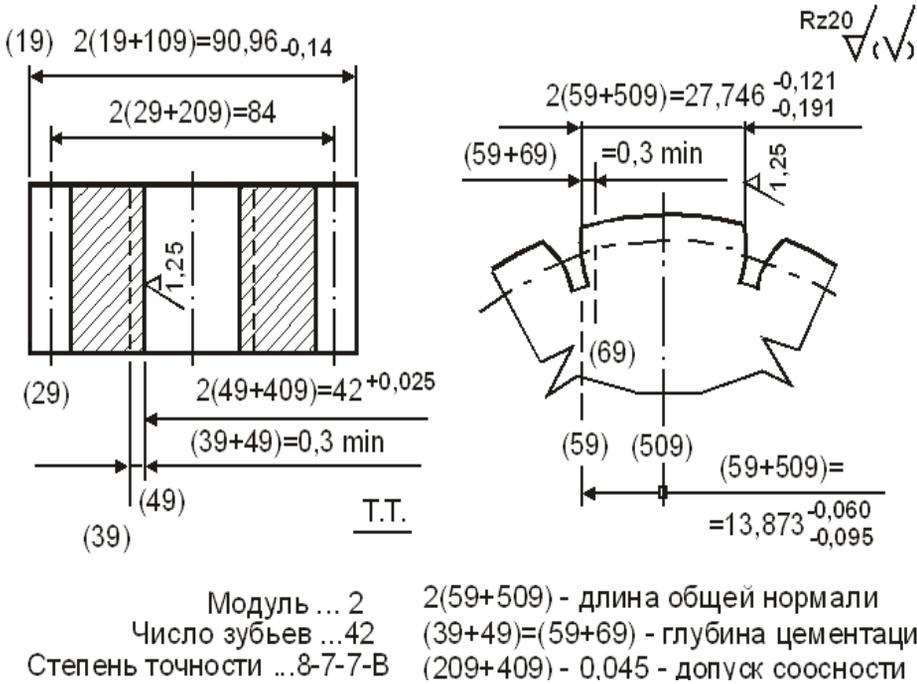


Рис. 6.71. Венец цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями

Перед термической обработкой (операция 065) заготовка контролируется на операции 060, эскиз которой показан на рис. 6.72. Для построения схемы радиальных размеров достаточно из маршрута процесса обработки зубчатого колеса выбрать операционные эскизы, размеры которых будут участвовать в построении.

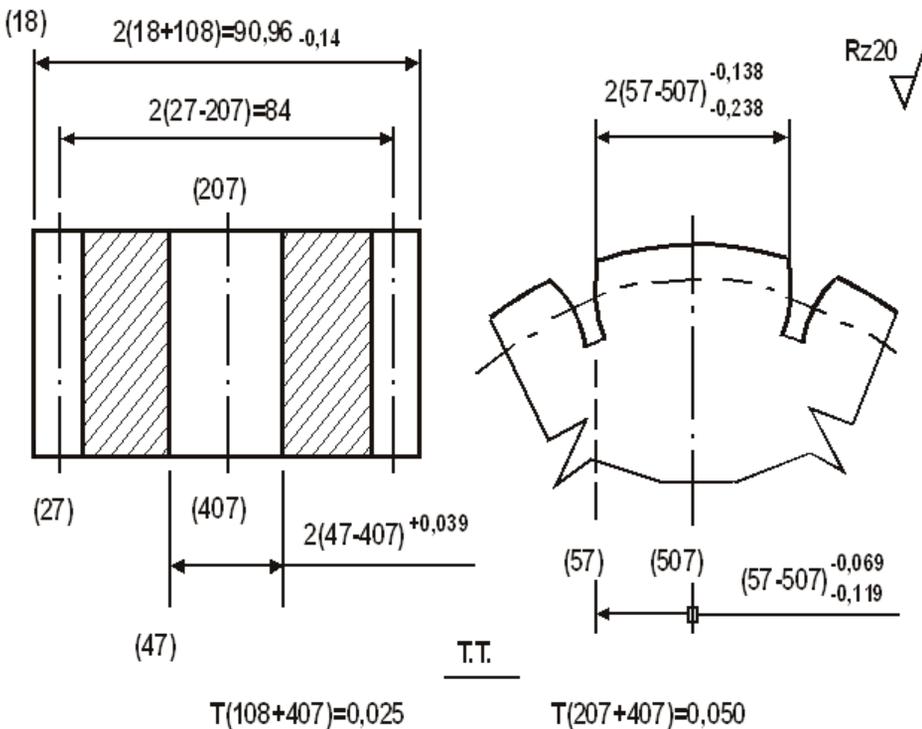


Рис. 6.72. Эскиз контрольной операции 60

На рис. 6.73 (см. с. 190) показан эскиз со всей исходной информацией.

При шлифовании зубчатого венца (операция 075) заготовка устанавливается на оправке в центрах.

Длина общей нормали в нормальном сечении для пяти охватываемых зубьев $2(59+509)$. В схеме построения размерных цепей эта величина участвует только половиной заданного размера $(59+509)$. Половина диаметра делительной окружности будет строиться от оси (209), а половина общей нормали — от вертикали (509). В размерной схеме вертикаль (509) и ось (209) могут быть условно построены от одной линии.

Глубина слоев насыщения выполняется на операции 065. Точность $T=0,2$ мм.

Шлифование отверстия в окончательный размер осуществляется на 070 операции. Заготовка базируется по одной торцевой поверхности (установочная база, лишаящая заготовку трех степеней свободы) и делительной окружности зубчатого венца в самоцентрирующем патроне (двойная опорная база, лишаящая заготовку двух перемещений).

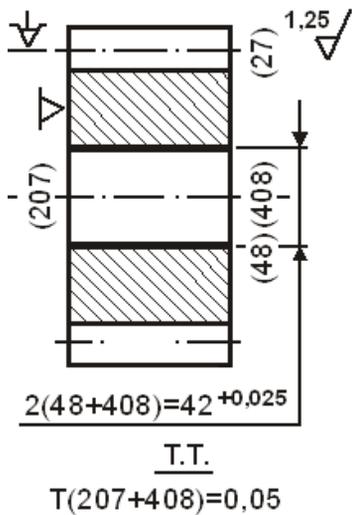


Рис. 6.73. Эскиз 070 внутришлифовальной операции

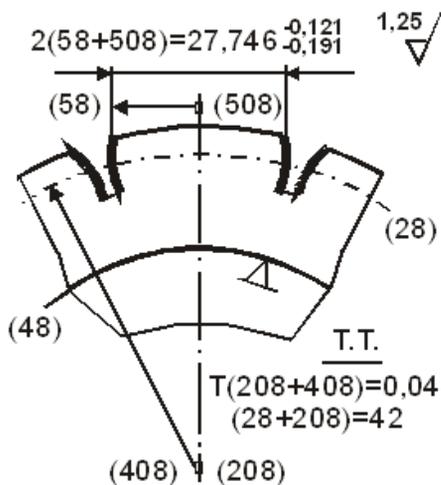


Рис. 6.74. Эскиз 075 зубошлифовальной операции

Эскиз представлен на рис. 6.74. Оправка лишает заготовку четырех степеней свободы. Поверхность отверстия – двойная направляющая база.

Размерная схема второй проекции (радиальных размеров) для контрольной 060 операции, термической 065, внутришлифовальной 070 и зубошлифовальной 075 построена на рис. 6.75.

Из размерной схемы второй проекции (см. рис. 6.75) видно, что окончательные величины глубин насыщения

в отверстии [38=48] и по боковым поверхностям зубьев [58=68] с наименьшим исходным предельным значением 0,3_{min} мм относятся к группе замыкающих звеньев.

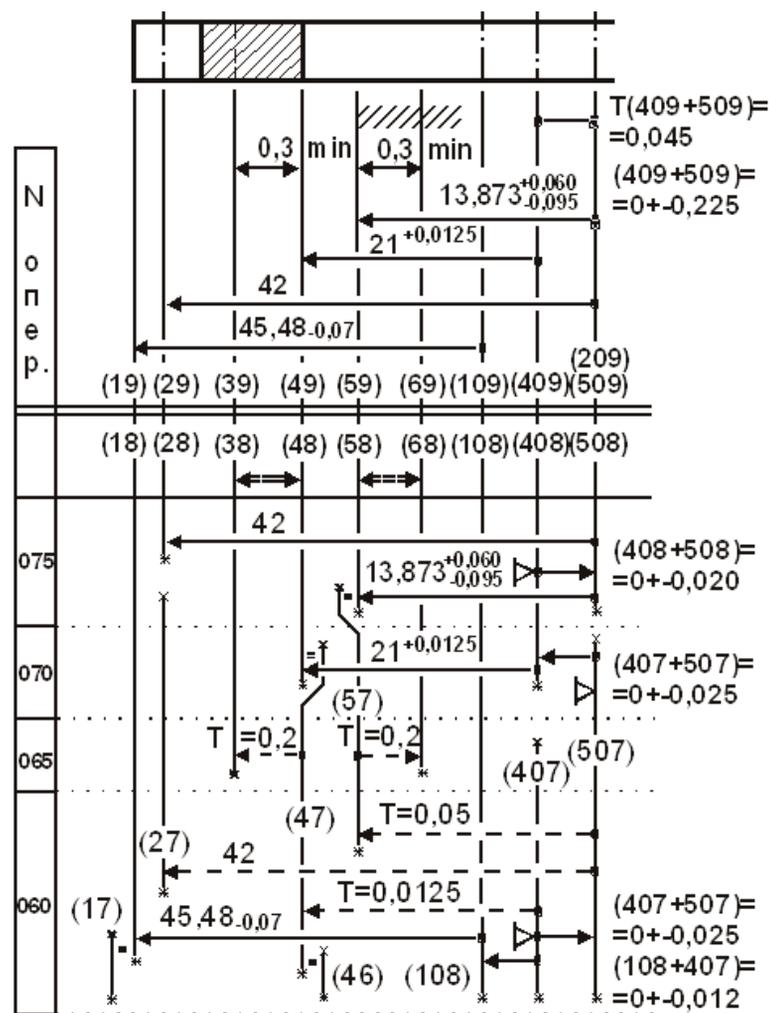


Рис. 6.75. Схема второй проекции процесса

Сюда же относятся и два припуска на операциях шлифования (070 и 075). Зная их минимальные значения, можно рассчитать промежуточные определяемые размеры по операциям технологического процесса. Все остальные размеры и техническое требование по соосности выполняются в процессе обработки.

Контролируемая шероховатость на операции 060 Rz=40 мкм. Этой величине соответствует дефектный слой Df=40 мкм.

После термической обработки возникают пространственные отклонения, являющиеся составляющими минимального припуска.

Величина отклонений зависит от множества факторов и выбирается либо из соответствующих таблиц, либо определяется статистически.

Пусть в этом варианте процесса она равна 50 мкм.

Погрешности установок учтены в допусках соосностей.

Минимальные значения припусков

$$[48_{-47}]_{\min} = [57_{-58}]_{\min} = Rz + Df + P(\text{пр}) = 40 + 40 + 50 = 130 \text{ мкм.}$$

Определяемые размеры рассчитываются методом максимума-минимума. Из размерной схемы второй проекции рис. 6.75 можно выделить замкнутые контуры и написать уравнения с замыкающими звеньями частных размерных цепей:

$$1. [38=48]=-(48+408)^{+0,0125}-(408+507)\pm 0,025+(407+507)\pm 0,025 + (47-407)^{+0,0125}+(38-47)^{+0,2};$$

$$2. [58=68]=+(58+508)^{+0,060}_{-0,095}-(408+508)\pm 0,02+(408+507)\pm 0,025 - (57-507)^{-0,069}_{-0,119}+(57-68)^{+0,2};$$

$$3. [57=58]=-(58+508)^{-0,060}_{-0,095}+(408+508)\pm 0,02-(408+507)\pm 0,025+(57-507)^{-0,069}_{-0,119};$$

$$4. [48=47]=+(48+408)^{+0,0125}+(408+507)\pm 0,025-(407+507)\pm 0,025-(47-407)^{+0,0125}.$$

Исходные данные для расчета уравнений занесены в табл. 6.2.2, а результаты расчета в табл. 6.2.3.

Таблица 6.2.2

Исходные данные для расчета

Гр у п па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Услов. расчета		
		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.	
=	38 48		0,300					5	
=	58 68		0,300					5	
=	57 58		0,130					4	
-	2(58 508)	27,746	-0,121	-0,191	27,580	0,035			
+	58 508	13,873	-0,060	-0,095	13,795	0,017			
+	408 508	0,000	0,020	-0,020	0,000	0,020			
-	2(48 408)	42,000	0,025	0,000	42,012	0,012			
+	48 408	21,000	0,012	0,000	21,006	0,006			
=	48 47		0,013					4	
+	408 507	0,000	0,025	-0,025	0,000	0,025			
-	38 47		0,200	0,000		0,100		1	
-	57 68		0,200	0,000		0,100		1	
-	57 507		-0,069	-0,119		0,025		3	
-	47 407		0,012	0,000		0,006		3	
+	2(18 108)	90,960	0,000	-0,014	90 890	0,007			
+	18 108	45,480	0,000	-0,070	45,445	0,035			
-	108 407	0,000	0,012	-0,012	0,000	0,012			
+	407 507	0,000	0,025	-0,025	0,000	0,025			

Таблица 6.2.3

Результаты расчета размерной схемы второй проекции

Гр у п па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Запасы	
		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	пределных значений	нижний верхний
=	38 48		0,344	0,669	0,507	0,162	0,044	
=	58 67		0,395	0,770	0,582	0,187	0,095	
=	57 58		0,130	0,305	0,218	0,087	0,000	
=	48 47		0,131	0,205	0,143	0,037	0,001	
+	38 47	0,600	0,200	0,000	0,700	0,100		
+	57 68	0,700	0,200	0,000	0,800	0,100		
+	57 507	14,107	-0,069	-0,119	14,013	0,025		
+	2(57 507)	28,214	-0,138	-0,238	28,026	0,050		
+	47 407	20,807	0,012	0,000	20,813	0,006		
+	2(47 407)	41,614	0,025	0,000	41,626	0,012		

Расчетные глубины насыщения в отверстиях и по боковым поверхностям зубьев на термической операции 060 отличаются на 0,1 мм. Окончательный операционный размер

$$(38+47)=(57+68)=0,7^{+0,2} \text{ мм.}$$

6.3. Размерная схема отклонений расположения

На рис. 6.71 (см. с. 189) отсутствуют требования по величинам допусков соосности T(109_409) и T(109_209). В то же время величина бокового зазора в зубчатом зацеплении определяется колебанием диаметров окружностей выступов и впадин, диаметрами посадочных отверстий и др. Точность диаметральных размеров оговаривается чертежом, а часть допусков соосности остается неуказанной и подразумевается.

Указанные в чертеже допуски соосностей стараются непосредственно выполнять в процессе механической обработки. Это достигается точностью технологической системы. Неуказанные отклонения переходят в группу замыкающих звеньев и могут быть рассчитаны из размерной схемы необходимой проекции. В размерной схеме второй проекции рис. 6.75 поле рассеяния соосности $w[108_408]$ определяется из уравнения:

$$[108_408]=-(408+507)+(407+507)+(108+407)=-0 \pm 0,025 + 0 \pm 0,025 + 0 \pm 0,012 = 0 \pm 0,062 ;$$

$$w[108_408]=0,124 \text{ мм (см. с. 190).}$$

Поле рассеяния $w[109_209]=w[109_509]$ отклонения от соосности определяется из уравнения:

$$[108_508]=+(408+508)-(408+507)+(407+507)+(108+407)=$$

$$=+0 \pm 0,02 - 0 \pm 0,025 + 0 \pm 0,025 + 0 \pm 0,012 = 0 \pm 0,082 \text{ мм; } w[108_508]=0,164 \text{ мм.}$$

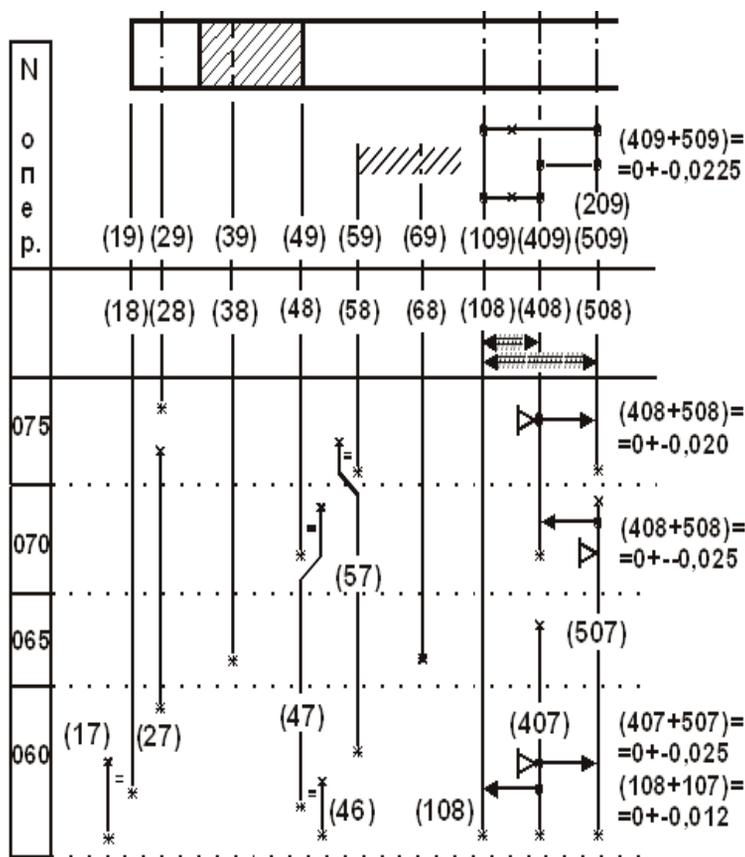


Рис. 6.76. Размерная схема пространственных отклонений

Проследить порядок формирования отклонений расположения и рассчитать их возможные величины, помогает размерный анализ, использующий размерные схемы, имеющие самостоятельные контуры в одной из проекций. Примером служат схема отклонений от соосностей (см. рис. 6.75), вынесенная на отдельный рис. 6.76.

Обратите внимание, что номиналы всех величин в уравнениях равны нулю, а верхние и нижние отклонения симметричны, поэтому и суммарные величины имеют нулевое значение номинала с симметричными отклонениями независимо от знака перед составляющим звеном в правой части уравнения.

В схемы отклонений расположения могут включаться все виды отклонений (самостоятельные и входящие в допуск размера) всех операций технологического процесса обработки.

6.4. Операционные размеры, построенные от технологических баз — центровых отверстий

6.4.1. Установка заготовок в поводковые патроны с утопающим центром

На рис. 6.77 дан эскиз опоры центрирующей. Чертежные размеры опоры сведены в табл. 6.4.1.

Исходная заготовка (см. рис. 6.78) получена на горизонтально-ковочной машине (ГКМ) из проката повышенной точности круглого сечения.

Конструкторское требование по соосности (609+709) предполагает обработку диаметральных поверхностей (69) и (79) с использованием вспомогательных технологических баз — центровых отверстий, которые формируются на 005 фрезерно-центровальной операции (см. рис. 6.79, с. 194). При использовании центровых отверстий в качестве технологических баз, на операциях 010 и 015 (см. рис. 6.80 и 6.81, с. 194 и 195) обрабатываются диаметральные поверхности (68) и (78).

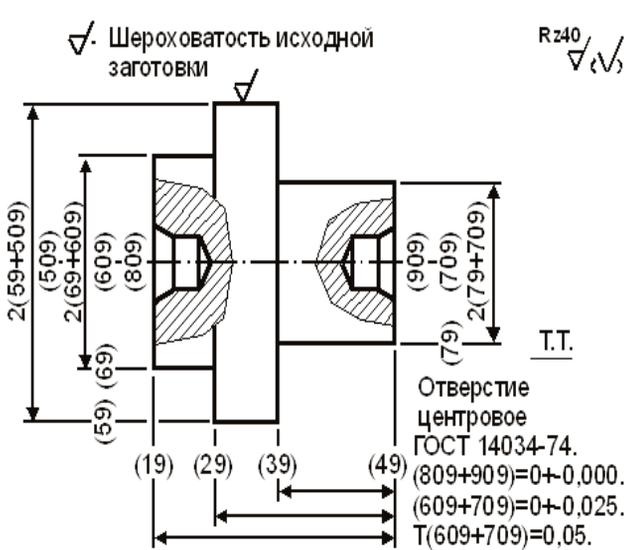


Рис. 6.77. Опора центрирующая

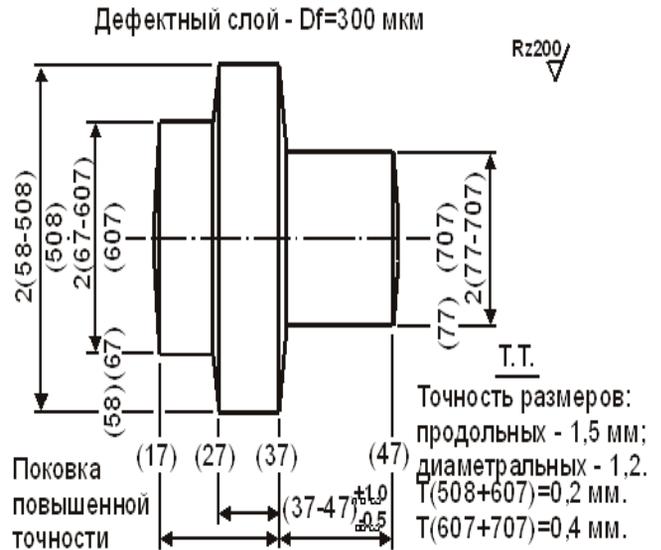


Рис. 6.78. Эскиз исходной заготовки

Таблица 6.4.1
Чертежные размеры по эскизу рис. 6.77

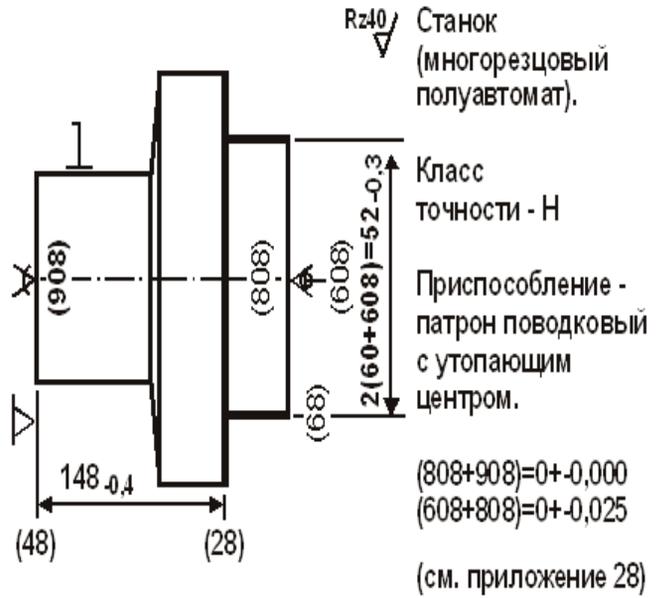
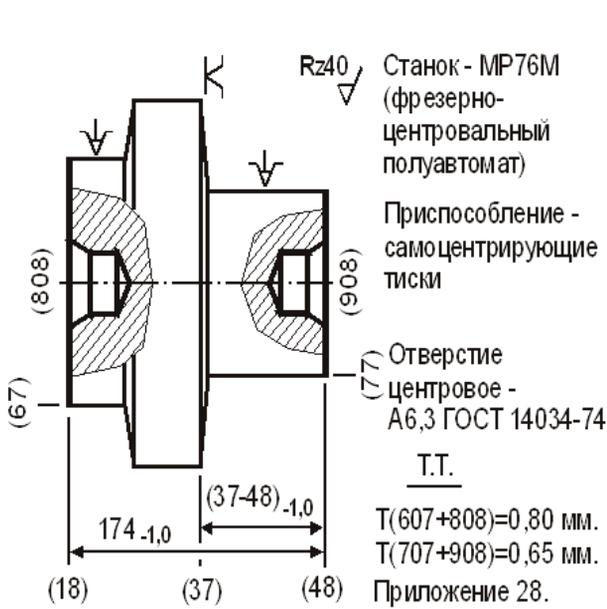
Гр	Код	Размерная информация				
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или ниж. отк.	среднее значение	полуколебание
+	39 49	122,000	0,500	-0,500	121,500	0,500
+	29 49	148,000	0,000	-0,400	147,800	0,200
+	19 49	174,000	0,000	-1,000	173,500	0,500
+	2(59 509)	62,000	0,800	-0,400	62,200	0,600
+	59 509	31,000	0,400	-0,200	31,100	0,300
+	2(69 609)	52,000	0,000	-0,300	55,850	0,150
+	69 609	28,000	0,000	-0,150	27,925	0,075
+	2(79 709)	42,000	0,000	-0,250	24,875	0,125
+	79 709	21,000	0,000	-0,125	12,437	0,062
+	609 709	0,000	0,025	-0,025	0,000	0,025
+	809 909	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Размерные схемы проекций технологического процесса только в учебных целях можно анализировать отдельно друг от друга. В реальных процессах все размеры и требования чертежа взаимосвязаны. Анализ предложенного варианта процесса обработки рассматривается в двух проекциях (см. рис. 6.82 и 6.83, с. 195). Из размерной схемы рис. 6.82 видно, что чертежный размер (39+49) в технологическом процессе непосредственно не выполняется.

Перейдя в группу замыкающих, он может получиться из составляющих размеров (28–38) и (28+48) в том случае, если поле рассеяния $w[38_48]$ не превысит поле допуска $T(39_49)$. Уравнение имеет вид:

$$[38=48]=(28+48)_{-0,4}-(28-38)_{-0,21}.$$

Поле рассеяния $w[38_48]=T(28_48)+T(28_38)=0,4+0,21=0,61$ мм.



Запас по полю допуска положительный

$$T(39_49)-w[38_48]=1,0-0,61=+0,39 \text{ мм.}$$

Положительный запас позволяет приступить к расчету определяемых звеньев в схеме линейных размеров первой проекции. Но к этой работе приступают только после анализа диаметральных размеров второй проекции (см. рис. 6.83, с. 195), которая содержит замыкающее звено [608#708].

В преобразованном эскизе рис. 6.83 проставлены размеры радиусов цилиндрических поверхностей и отклонения от соосностей, величины которых помещены в табл. 6.4.1 (см. с. 193). Звено (809+909) — общая ось между двумя коническими поверхностями (89) и (99) центровых фасок, оси которых слиты в одну составляющим звеном (809+909)=0±0,0.

Установка заготовки в самоцентрирующих тисках не исключает появления погрешностей обработанных поверхностей относительно технологических баз, которыми на операции 005 (см. рис. 6.79) являются две шейки (67) и (77).

В размерной схеме рис. 6.83 эти погрешности показаны известными величинами допусков соосности (607+808) и (707+908). Выполняемые радиусы фасок центровых отверстий показаны звеньями (88+808) и (98+908).

Между осями отверстий (вертикалями (808) и (908)) возникает разрыв (замыкающее звено):

$$[808\#908]=(707+908)+(607+707)-(607+808).$$

При последующей обработке заготовок на токарных операциях с базированием заготовок на центровые отверстия их оси сливаются в одну, а замыкающий размер разрыва стремится к нулевому значению.

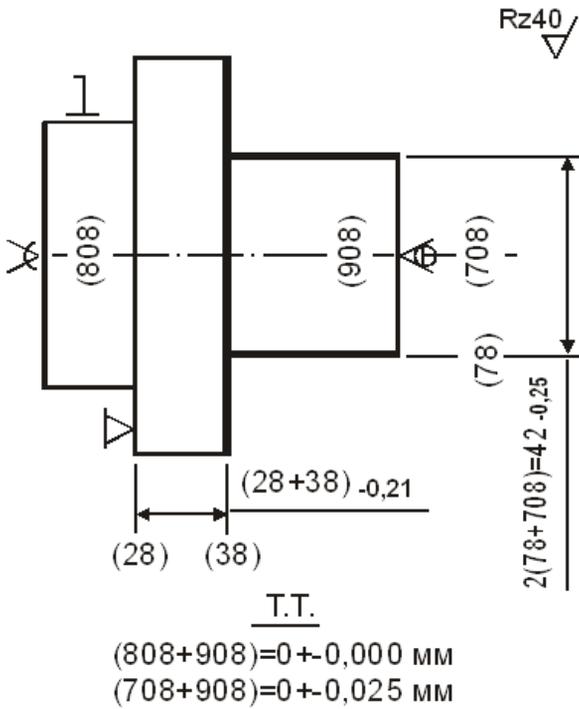


Рис. 6.81. Токарная операция 015

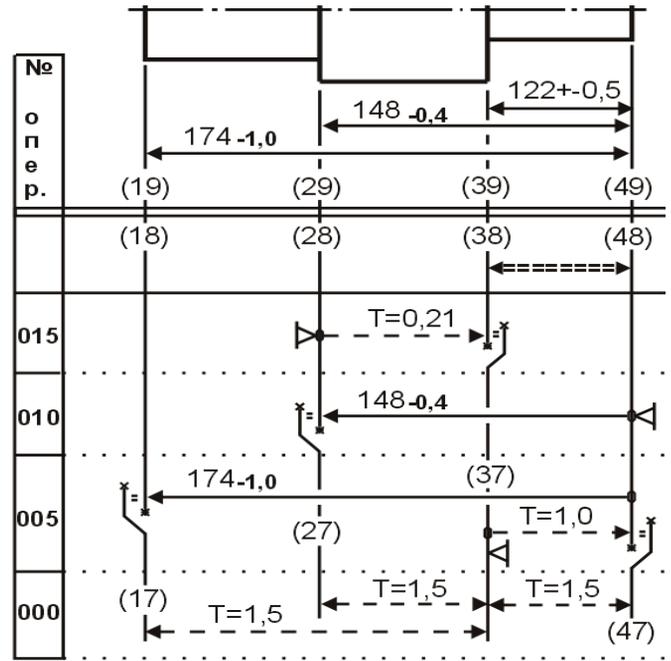


Рис. 6.82. Размерная схема первой проекции (линейные размеры)

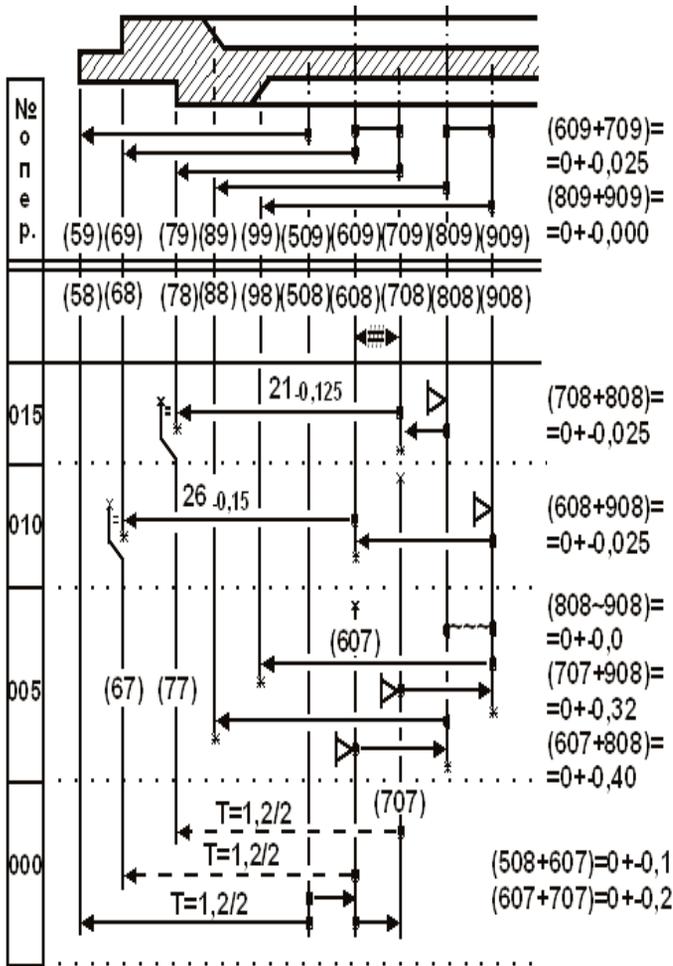


Рис. 6.83. Схема второй проекции процесса

Замыкающее звено [808#908] заменяется звеном (808~908), компенсирующим предшествующие погрешности трех составляющих звеньев схемы. Отличительной особенностью заменяющего замыкающего звена (808~908) является символ "~". На размерной схеме рис. 6.83 этими символами заполнен промежуток между вертикалями (808) и (908). В данном примере заменяющее звено равно (808~908)=0 ± 0,0.

За счет погрешностей установки в поводковом патроне с подвижным центром на токарных операциях появляются отклонения от соосностей, величины которых обеспечиваются всей технологической системой рассматриваемой операции. Эти величины должны периодически контролироваться в процессе обработки и не превышать заданных значений.

Погрешности (608+808) и (708+908) условно связывают оси базовых и обрабатываемых поверхностей.

Из схемы видно, что чертежное требование (609+709)=0 ± 0,025 мм в процессе не выполняется, но может быть определено расчетом из уравнения

$$[608\#708]=-(708+908)+(808\sim 908)+(606+908)=-0 \pm 0,025 + 0 \pm 0,0 + 0 \pm 0,025 = 0 \pm 0,05 \text{ мм.}$$

Расчетное значение превосходит требование чертежа. Предложенный вариант процесса не обеспечивает получение годного изделия и требует коррекции. Чтобы получить годную деталь, необходимо вдвое уменьшить звено [608#708] или непосредственно выполнять это требование в процессе обработки. Уменьшить величины составляющих звеньев (допусков соосностей) можно за счет применения на токарных операциях установки заготовок на жестких переднем и заднем центрах.

6.4.2. Установка заготовок на жестких центрах

По ГОСТу точность получения линейных размеров центровых фасок определяется по IT15. Для отверстия центрового А6.3 коническая поверхность фаски имеет линейный размер: $L1=5,98 \pm 0,24$ мм.

При установке заготовок на центрах колебание глубины конического отверстия в 0,48 мм не позволяет получать точные операционные линейные размеры от удобных для контроля торцовых поверхностей. В этих случаях используют установку на подвижном переднем центре с последующим упором заготовки в одну из ее торцовых поверхностей. Подвижный центр вносит погрешности между осями обрабатываемых и базовых поверхностей, поэтому этот вид установки заготовок чаще всего применяют на операциях предварительной обработки.

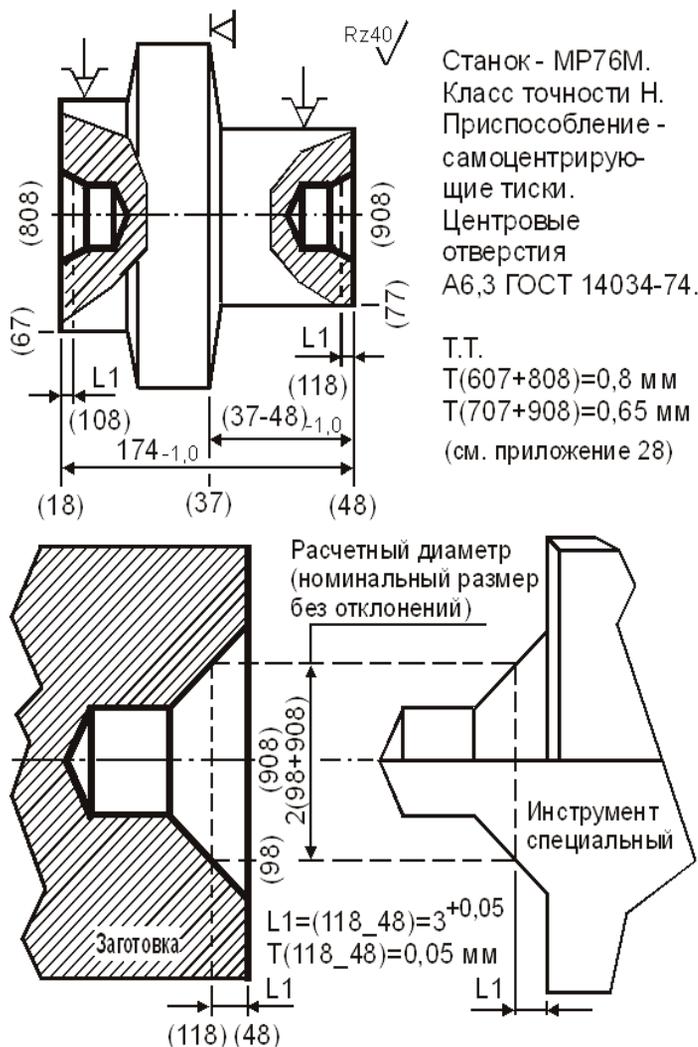


Рис. 6.84. Одновременная обработка фаски и торца (48) на операции 005

Установка на жесткие центры (при работе на настроенных станках) желательна при формообразовании центровых фасок с высокой точностью обработки. Такой вариант можно реализовать последовательно на операциях механической обработки.

Реализацию предложения необходимо начинать с отработки варианта наладки на фрезерно-центровальной операции 005.

Один из путей повышения точности размеров центральной фаски это применение специального (фасонного) инструмента, после обработки которым форма и размеры инструмента переносятся на обрабатываемые поверхности заготовки. На рис. 6.84 предложен к анализу операционный эскиз фрезерно-центровальной операции 005, когда в первом технологическом переходе фрезеруются поверхности (18) и (48), а во втором — формообразование центровых отверстий заканчивается повторной обработкой двух торцовых поверхностей фасонным инструментом. Повторное касание торцов (18) и (48) предусматривается не для уменьшения шероховатости обработанных поверхностей (необходимая шероховатость уже получена фрезерованием на первом технологическом

переходе), а для переноса формы и размеров инструмента на центровую фаску с получением точного размера $L1$.

Точность размера L1 от обработанной торцевой поверхности до вертикали расчетного диаметра на конической поверхности фаски обеспечивается размером специального (фасонного) инструмента, а сам размер L1 контролируется измерением высоты выступающей части калиброванного шарика, опущенного в конус отверстия до касания в сечении расчетного диаметра фаски. Если на токарных операциях 010 и 015 установку заготовок осуществлять на цельные упорные центры, то отклонение от соосности базовой оси фасок и оси обрабатываемой поверхности составит 0,015 мм (см. приложение 29, с. 415).

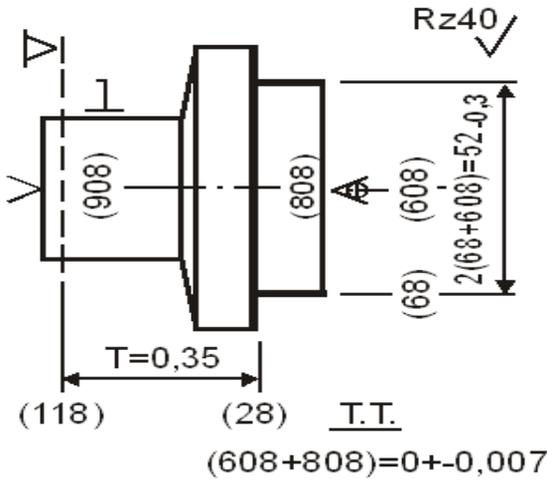


Рис. 6.85. Токарная операция 010

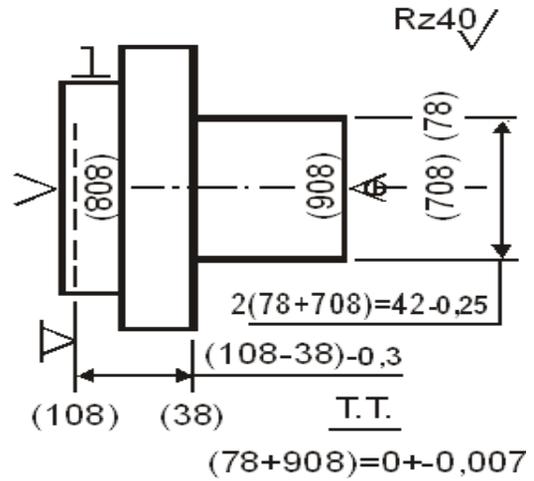


Рис. 6.86. Токарная операция 015

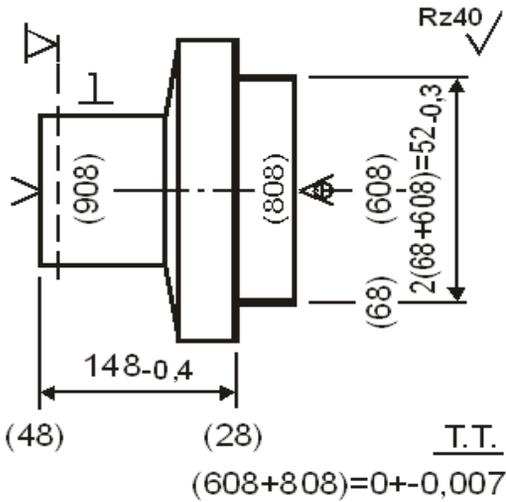


Рис. 6.87. Токарная операция 010

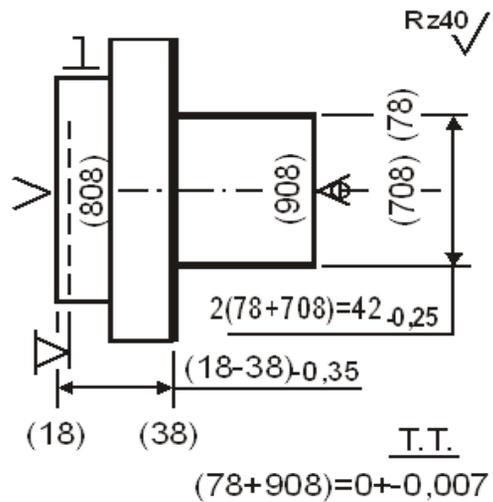


Рис. 6.88. Токарная операция 015

Операционные эскизы в новом варианте технологического процесса показаны на рис. 6.85 и 6.86. Конические поверхности левых центровых фасок на данных операциях отнимают у заготовок по три степени свободы (*тройные опорные* технологические базы). За точку отсчета технологических размеров принимается вертикаль расчетного диаметра, полученного на фрезерно-центровальной 005 операции рис. 6.84 (см. с. 196). Контроль промежуточных размеров $(118-28)$ и $(108-38)$ требует специального приспособления. Для упрощения этого перехода на операциях 010 и 015 технологические размеры проставляются от торцевых поверхностей (48) и (18) (см. рис. 6.87 и 6.88), а в их точность включаются погрешности от несовпадения технологической и измерительной баз в виде допусков на размер L1 по рис. 6.84.

Промежуточные размеры $(118-28)$ и $(108-38)$ при необходимости могут быть рассчитаны из размерной схемы предельных значений размера L1, определяемые из геометрических построений на сторонах угла рабочей поверхности фаски и тригонометрических функций.

На рис. 6.89 построена схема нового варианта технологического процесса первой проекции, а на рис. 6.90 — второй проекции (диаметральных размеров). Первый вариант технологического процесса был отвергнут из-за превышения величины контролируемого технического требования $[608\#708]=0\pm 0,05$ мм (против чертежного $(609+709)=0\pm 0,025$ мм).

Результаты получены при анализе размерной схемы рис. 6.83 (см. с. 195).

В новом варианте (см. рис. 6.90) отклонение от соосности $[608\#708]$ осталось в группе замыкающих звеньев в неизменном контуре и рассчитано из уравнения

$$[608\#708]=-(708+908)+(808+908)+(608+808)=-0\pm 0,007 +0\pm 0,0+0\pm 0,007 =0\pm 0,014 \text{ мм.}$$

Расчетное значение не превосходит требований чертежа. Размерная схема готова к определению всех технологических размеров.

В схеме линейных размеров рис. 6.82 (см. с. 195) чертежный размер $(39+49)$ переходит в группу замыкающих и формируется из двух составляющих звеньев с положительным запасом поля рассеяния по полю допуска. В новом варианте размерной схемы линейных размеров рис. 6.89 необходим повторный анализ выполнимости чертежных размеров в процессе обработки.

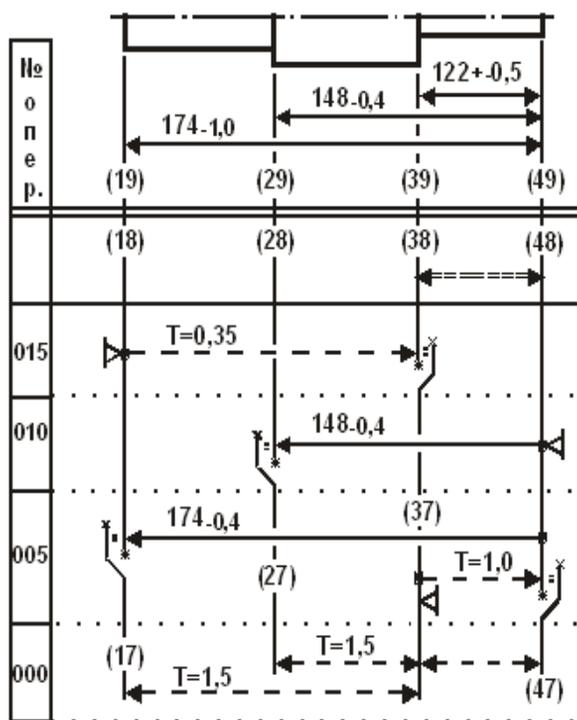


Рис. 6.89. Размерная схема первой проекции (линейных размеров)

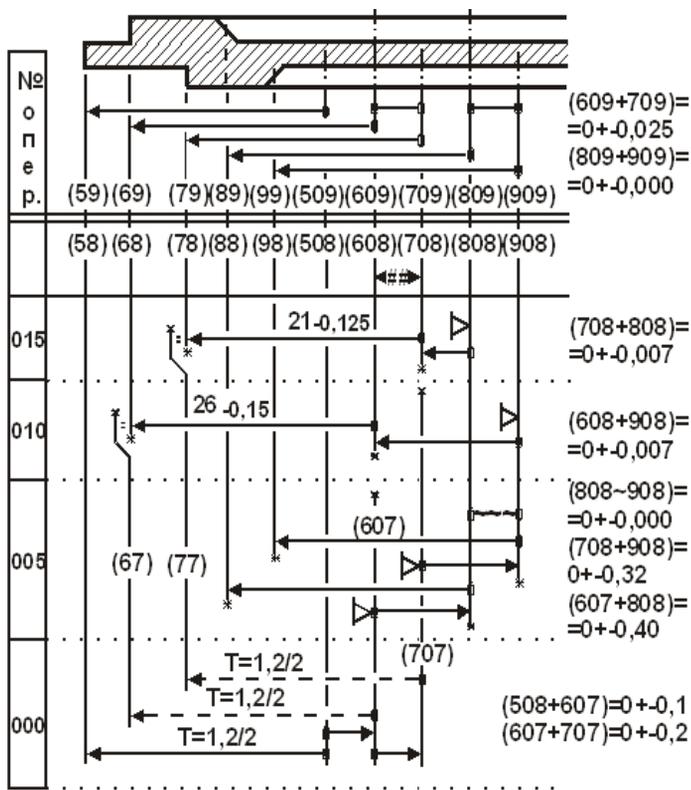


Рис. 6.90. Схема второй проекции процесса

Из схемы рис. 6.89 видно, что чертежный размер $(39+49)$ не выполняется в процессе обработки и формируется составляющими звеньями по уравнению

$$[38=48]=(18+48)-(18-38).$$

Если на фрезерно-центровальной операции 005 выдерживать чертежный размер $(18+48)$ с заданной точностью $T(18_48)=1,0$ мм, а на 015 токарной выдерживать технологический размер с экономической точностью IT12, то уравнение примет вид:

$$[38=48]=(18+48)_{-1,0}-(18-38)_{-0,35}.$$

Поле рассеяния превосходит поле допуска с отрицательным запасом:

$$w[38_48]=T(18_48)+T(18_38)=1,0+0,35=1,35; \quad T(38_48)-w[38_48]=1,0-1,35=-0,35 \text{ мм.}$$

Необходима коррекция и в этом варианте размерной схемы процесса.

Экономическая точность (18–48) на фрезерно-центровальной операции не грубее IT12. Точность выполняемого чертежного размера (18+48) с номинальным значением 174 мм по IT12 составит $T(18_48)=0,4$ мм. В таком варианте поле рассеяния замыкающего звена будет иметь положительный запас:

$$[38=48]=(18+48)_{-0,4}-(18-38)_{-0,35}; w[38_48]=T(18_48)+T(18_38)=0,4+0,3=0,75 \text{ мм};$$

$$T(38_48)-w[38_48]=1,0-0,75=+0,25 \text{ мм}.$$

Схема линейных размеров готова для расчета определяемых размеров процесса. Для замыкающих размеров по рис. 6.89 и 6.90 (см. с. 198) определяем замкнутые контуры и уравнения размерных цепей:

1. $[38=48]=+174_{-0,4}-(18-38)_{-0,35};$
2. $[38=37]=-(37-48)_{-1,0}+174_{-0,4}-(18-38)_{-0,35};$
3. $[27=28]=-148_{-0,4}+(37-48)_{-1,0}+(27-37)_{-0,5}^{+1,0};$
4. $[17=18]=-174_{-0,4}+(37-48)_{-1,0}+(17-37)_{-0,5}^{+1,0};$
5. $[48=47]=+(37-47)_{-0,5}^{+1,0}-(37-48)_{-1,0}.$

Эти уравнения составлены по рис. 6.89. Ниже приведены уравнения из размерной схемы второй проекции (см. рис. 6.90).

6. $[77=78]=-21_{-0,125}-0 \pm 0,007 + 0 \pm 0,32 + (77-707)_{-0,2}^{+0,4};$
7. $[67=68]=-26_{-0,15}-0 \pm 0,007 + 0 \pm 0,4 + (67-607)_{-0,2}^{+0,4}.$

Все поверхности изделия (кроме цилиндрической (59) поверхности с диаметром 2(58+508)) обрабатываются один раз до шероховатости $Rz=40$ мкм. Исходная поверхность заготовки имеет $Rz=200$ мкм и $Df=300$ мкм (см. рис. 6.78, с. 193). При отсутствии дополнительных требований в эскизе исходной заготовки минимально необходимая величина припуска на обработку по каждому технологическому переходу составит

$$[38_37]_{\min}=[27_28]_{\min}=[17_18]_{\min}=[48_47]_{\min}=[77_78]_{\min}=$$

$$=[67_68]_{\min}=Rz+Df=200+300=500 \text{ мкм}.$$

Максимальный припуск на обработку состоит из минимально необходимого припуска и расчетной величины поля рассеяния на данное замыкающее звено.

Поля рассеяния и максимальные припуски по уравнениям 2...7 равны:

2. $w[38_37]=T(37_48)+T(18_48)+T(18_38)=1,0+0,4+0,35=1,75 \text{ мм},$
 $[38_37]_{\max}=[38_37]_{\min}+w[38_37]=0,5+1,75=2,25 \text{ мм};$
3. $w[27_28]=T(28_48)+T(37_48)+T(27_37)=0,4+1,0+1,5=2,9 \text{ мм},$
 $[27_28]_{\max}=[27_28]_{\min}+w[27_28]=0,5+2,9=3,4 \text{ мм};$
4. $w[17_18]=T(18_48)+T(37_48)+T(17_37)=0,4+1,0+1,5= 2,9 \text{ мм},$
 $[17_18]_{\max}=[17_18]_{\min}+w[17_18]=0,5+2,9=3,4 \text{ мм};$
5. $w[48_47]=T(37_47)+T(3738)=1,5+1,0=2,5 \text{ мм},$
 $[48_47]_{\max}=[48_47]_{\min}+w[48_47]=0,5+2,5=3,0 \text{ мм};$

$$6. w[77_78]=T(78708)+T(708_908)+T(707_908)+T(77_707)=$$

$$=0,125+0,014+0,64+0,6=1,379 \text{ мм,}$$

$$[77_8]_{\max}=[77_8]_{\min}+w[77_78]=0,5+1,379=1,879 \text{ мм;}$$

$$7. w[67_68]=T(68_608)+T(608_808)+T(607_808)+(67\ 607)=$$

$$=0,15+0,014+0,8+0,6=1,564 \text{ мм,}$$

$$[67_68]_{\max}=[67_68]_{\min}+w[67_68]=0,5+1,564=2,064 \text{ мм.}$$

Исходные наименьшие и наибольшие предельные значения припусков позволяют рассчитать режимы резания и нормы времени по операциям технологического процесса. Максимальные припуски, превосходящие допустимые величины на данной стадии обработки по жесткости и точности оборудования, производительности обработки на операции или переходе, служат показателями для принятия решений по использованию варианта процесса или его последующей корректировке. Если в данном варианте наибольшие предельные значения припусков в уравнениях 2...7 удовлетворяют перечисленным требованиям, размерные схемы рис. 6.89 и 6.90 (см. с. 198) готовы к расчетам для определения технологических размеров по всем операциям и переходам процесса.

Из уравнения 1 рассчитывается определяемый технологический размер (18–38). Значение (18+38) подставляется в уравнение 2 и рассчитывается размер (37–48). Подобной подстановкой решаются все оставшиеся уравнения. Результаты расчетов без округления размеров приведены в табл. 6.4.2.

Таблица 6.4.2

Результаты расчета размерных схем

Гр у п па	К о д		Размерная информация					З а п а с ы предельных значений	
	левой правой поверхн. звена		номи- нальное значение	миним. знач.или верх.отк	максим. знач.или нижн.отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	38	48		121,625	122,375	122,000	0,375	0,125	0,125
+	18	38	51,975	0,000	-0,350	51,800	0,175		
=	38	37		0,500	2,250	1,375	0,875	0,000	0,000
=	27	28		0,500	3,400	1,950	1,450	0,000	0,000
+	37	48	121,125	0,000	-1,000	120,625	0,500		
=	17	18		0,500	3,400	1,950	1,450	0,000	0,000
=	48	47		0,500	3,000	1,750	1,250	0,000	0,000
+	27	37	28,876	1,000	-0,500	29,126	0,750		
+	17	37	54,876	1,000	-0,500	55,126	0,750		
+	37	47	122,125	1,000	-0,500	122,375	0,750		
=	608	708	0,000	0,140	-0,140	0,000	0,140	0,011	0,011
=	77	78		0,500	1,879	1,190	0,690	0,000	0,000
=	67	68		0,500	2,064	1,282	0,728	0,000	0,000
+	77	707	22,027	0,400	-0,200	22,127	0,300		
+	2(77	707)	44,054	0,800	-0,400	24,254	0,600		
+	67	607	27,107	0,400	-0,200	27,207	0,300		
+	2(67	607)	54,214	0,800	-0,400	54,414	0,600		

Рассмотренный технологический процесс с размерными схемами рис. 6.89 и 6.90 построен по операционным эскизам рис. 6.78, 6.87 и 6.88 (см. с. 193 и 197).

В размерной схеме первой проекции отсутствуют линейный размер L1 с операции 005 и реально выполняемые технологические размеры токарных операций с точкой отсчета от вертикали расчетного диаметра фаски. С учетом реально существующих наладок на операционных эскизах (см. рис. 6.84...6.86, с. 196 и 197) в построении размерной схеме первой проекции (по линейным размерам) произойдут некоторые изменения.

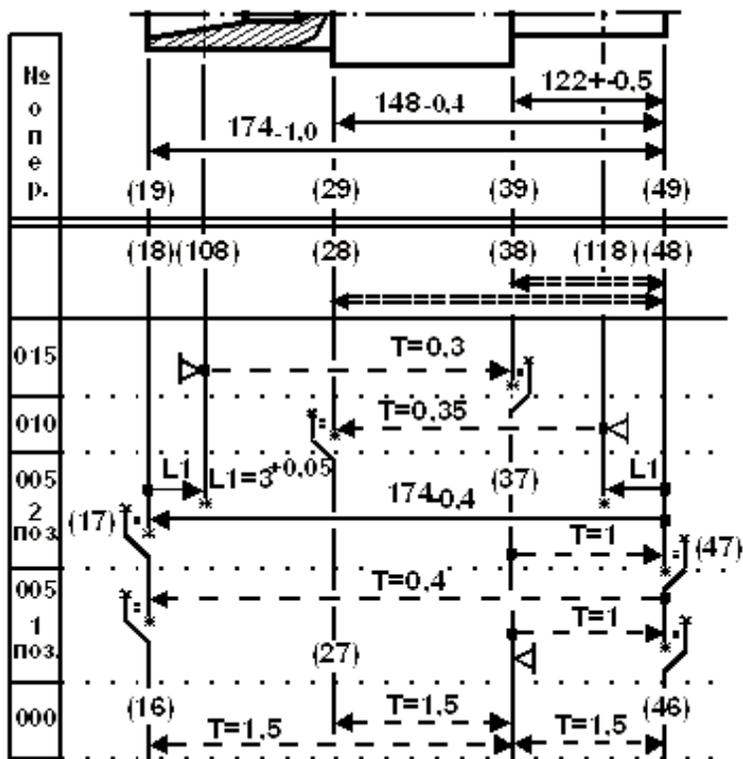


Рис. 6.91. Схема первой проекции (линейных размеров)

Повторное касание поверхностей выполняется не для получения меньшей шероховатости, которая уже достигнута на первой позиции ($R_z=40$ мкм), а для переноса размера $L1$ с инструмента на заготовку. Схема линейных размеров построена на рис. 6.91.

Уравнения по схеме имеют вид:

1. $[38=48]=+174_{-0,4}-3^{+0,05}-(108-38)_{-0,3}$; 2. $[28=48]=+3^{+0,05}+(28-118)_{-0,35}$;
3. $[38=37]=-(37-48)_{-1,0}+174_{-0,4}-3^{+0,05}-(108-38)_{-0,3}$;
4. $[27=28]=-(28-118)_{-0,35}-3^{+0,05}+(37-48)_{-1,0}+(27-37)_{-0,5}^{+1,0}$;
5. $[17=18]=-174_{-0,4}+(37-48)_{-1,0}-(37-47)_{-1,0}+(17-47)_{-0,4}$;
6. $[48=47]=+(37-47)_{-1,0}-(37-48)_{-1,0}$;
7. $[16=17]=-(17-47)_{-0,4}+(37-47)_{-1,0}+(16-37)_{-0,5}^{+1,0}$;
8. $[47=46]=+(37-46)_{-0,5}^{+1,0}-(37-47)_{-1,0}$.

Если на обработанных поверхностях (18) и (48) заготовки после второй позиции фрезерно-центровальной операции 005 допускаются следы шероховатости от предшествующего перехода первой позиции, то минимальные припуски $[17=18]$ и $[48=47]$ равны нулю. Результаты расчета по схеме линейных размеров (см. рис. 6.91) без округления номинальных значений группы определяемых звеньев помещены в табл. 6.4.3 (см. с. 202).

В операционном эскизе исходной заготовки рис. 6.78 (см. с. 193) номера поверхностей (17) и (47) изменились на (16) и (46). Рассчитанные значения ее диаметральных и линейных номинальных размеров содержат по три десятичных знака после запятой (см. табл. 6.4.2 и 6.4.3, с. 200 и 202). Для округления этих значений до первого десятичного знака необходимо обратиться к уравнениям: 4, 6, 7 и 8.

Ранее известный окончательный (28+48) и определяемый (18-38) размеры непосредственно контролировались на операциях 010 и 015.

Использование операционных эскизов рис. 6.85 и 6.86 (см. с. 197) приведет к тому, что размер $[28=48]$ окажется в группе замыкающих, а определяемый (18-38) разделится на известный технологический $L1=(18+108)$ с фрезерно-центровальной операции и определяемый размер (108-38).

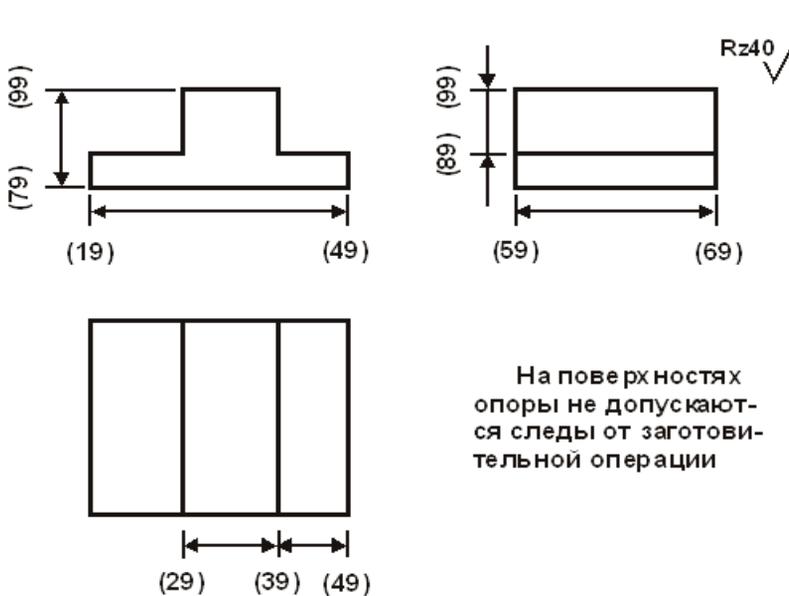
Фрезерно-центровальная операция выполняется за две позиции. На первой из них фрезеруются торцы (16) и (46) исходной заготовки с получением новых поверхностей (17) и (47).

На второй — фасонный инструмент формирует центровые отверстия и торцы (18) и (48).

Повторное касание поверхно-

Результаты расчета размерных схем

Гр у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					З а п а с ы пределных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	38	48		121,625	122,375	122,000	0,375	0,125	0,125
=	28	48		147,600	148,000	147,800	0,200	0,000	0,000
+	108	38	48,925	0,000	-0,300	48,775	0,150		
=	38	37		0,500	2,250	1,375	0,875	0,000	0,000
=	27	28		0,500	3,400	1,950	1,450	0,000	0,000
+	28	118	144,950	0,000	-0,350	144,775	0,175		
+	37	48	121,125	0,000	-1,000	120,625	0,500		
=	17	18		0,000	2,800	1,400	1,400	0,000	0,000
=	48	47		0,000	2,000	1,000	1,000	0,000	0,000
=	16	17		0,500	3,400	1,950	1,450	0,000	0,000
+	17	47	176,400	0,000	-0,400	176,200	0,200		
+	37	47	122,125	0,000	-1,000	121,625	0,500		
=	47	46		0,500	3,000	1,750	1,250	0,000	0,000
+	37	46	123,125	1,000	-0,500	123,375	0,750		
+	27	37	28,876	1,000	-0,500	29,126	0,750		
+	16	37	56,275	1,000	-0,500	56,525	0,750		



На поверхностях опоры не допускаются следы от заготовительной операции

Определяемые размеры: (77-707) и (67-607); (16-37), (27-37) и (37-46) относятся к увеличивающим составляющим звеньям, при округлении их расчетные номинальные размеры увеличивают. В этом случае исходные наименьшие и расчетные наибольшие предельные значения припусков: [77=78] и [67=68]; [27=28], [16=17] и [47=46] возрастут на величину округления, исключая возможность появления брака по выполняемым размерам или по требуемому качеству обработанных поверхностей.

Рис. 6.92. Эскиз опоры

6.5. Построение и расчет технологических размерных схем при обработке корпусных деталей

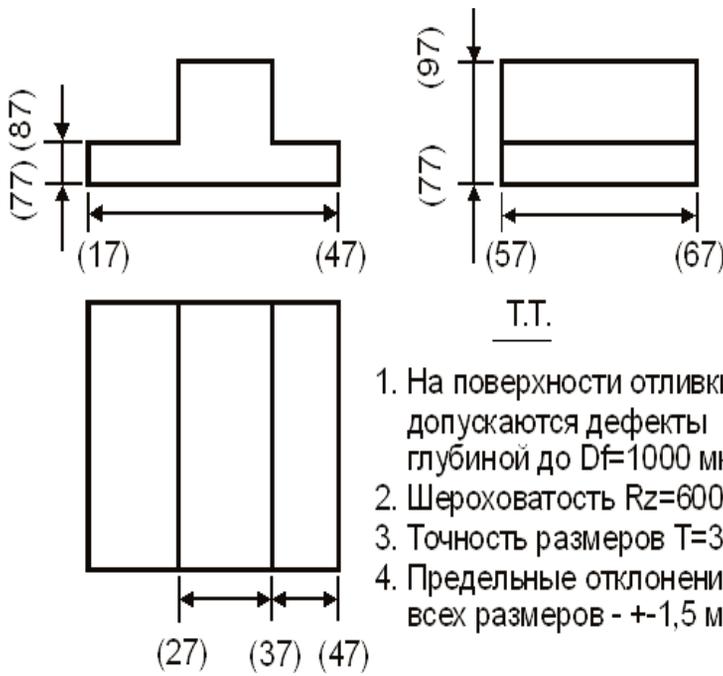
6.5.1. Размерный анализ схем, построенных по отдельным проекциям изделия

6.5.1.1. Пример 1

На рис. 6.92 приведен эскиз опоры. Исходная размерная информация помещена в табл. 6.5.1 (см. с. 204).

На поверхности опоры не допускаются следы от заготовительной операции. Исходная заготовка получается литьем в песчано-глинистую форму по третьему классу точности (T=3 мм).

Номинальные значения размеров имеют симметричные отклонения, эскиз исходной заготовки на рис. 6.93 (см. с. 203).



1. На поверхности отливки допускаются дефекты глубиной до $Df=1000$ мкм.
2. Шероховатость $Rz=600$ мкм.
3. Точность размеров $T=3$ мм.
4. Предельные отклонения всех размеров $- +1,5$ мм.

Рис. 6.93. Отливка опоры (операция 000)

В технологическом процессе механической обработки опоры предусмотрены операции однократного фрезерования всех поверхностей исходной заготовки до шероховатости $Rz=40$ мкм. Обработка поверхностей (79) и (99) выполняется за одну операцию в два установа на карусельно-фрезерном станке при непрерывной круговой подаче стола.

Эскиз 005 фрезерной операции помещен на рис. 6.94. Поверхности (89), (29) и (39), (89) (см. рис. 6.92, с. 202) обрабатываются на операции 010 за один установ на горизонтально-фрезерном станке.

Эскиз на рис. 6.95.

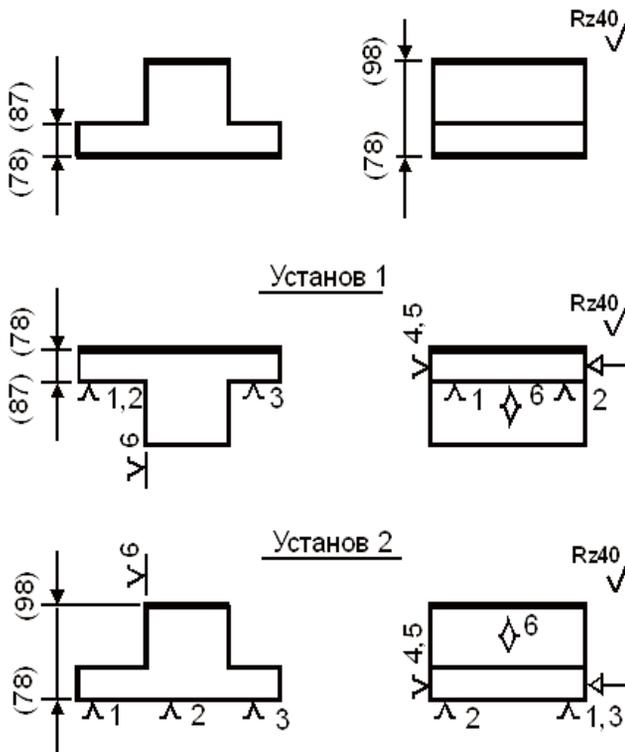


Рис. 6.94. Эскиз фрезерной операции 005

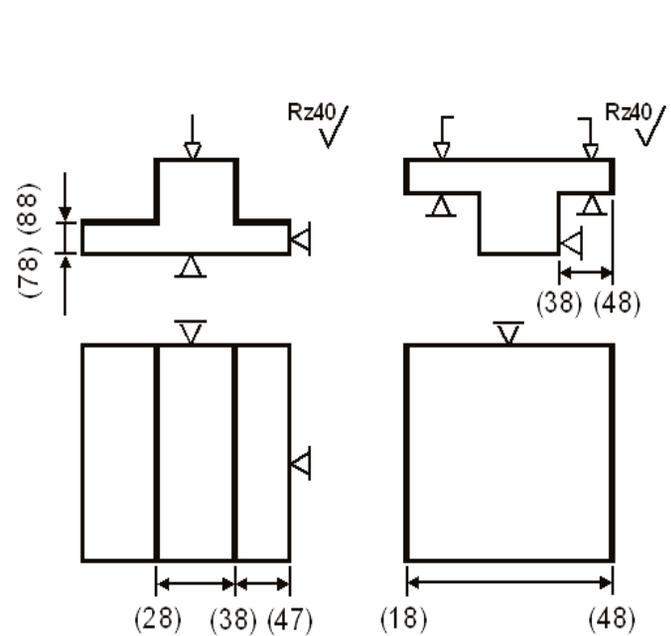


Рис. 6.95.
Операция 010

Рис. 6.96.
Операция 015

Боковые поверхности (19), (49), (59) и (69) опоры окончательно фрезеруются на операциях 015 и 020. Их эскизы на рис. 6.96 и 6.97 (см. с. 204).

Окончательный размер (59+69) формируется на операции 020 двумя фрезами, собранными на одной оправке.

В комплекте баз поверхность (57) исходной заготовки является опорной базой и касается в момент установа откидного упора.

Таблица 6.5.1

Исходная размерная информация по эскизу рис. 6.92 (см. с. 202)

Гр у па	К о д		Размерная информация				
	левой	правой	номинальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или ниж. отк	среднее значение	полуколебание
+	19	49	98,000	0,000	-0,870	111,565	0,435
+	29	39	32,000	0,000	-0,620	31,690	0,310
+	39	49	24,000	0,260	-0,260	24,000	0,260
+	59	69	64,000	0,000	-0,740	63,630	0,370
+	79	99	44,000	0,000	-0,620	43,690	0,310
+	89	99	28,700	0,260	-0,260	28,700	0,260

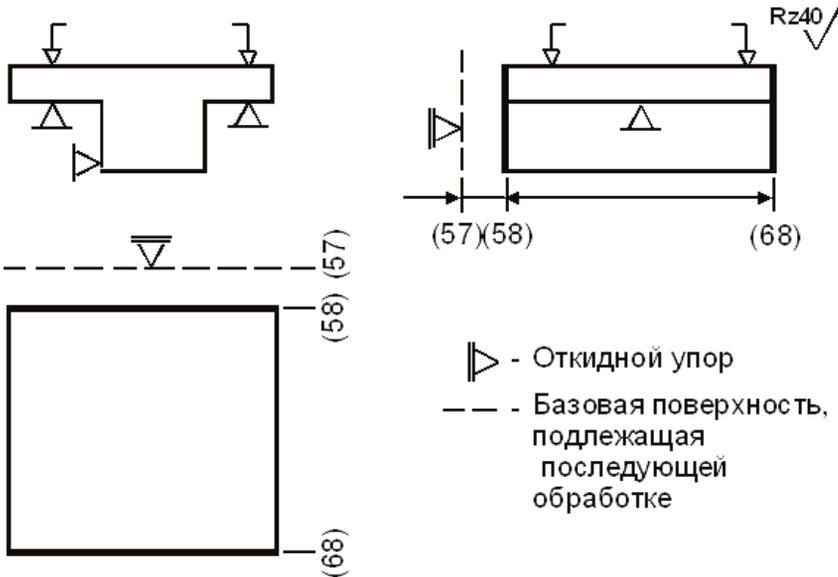


Рис. 6.97. Операция 020

Три проекции эскиза рис. 6.92 диктуют построение:

размерной схемы 1 (рис. 6.98), которая строится вниз по оси Y с учетом исходных размеров (19+49), (29+39) и (39+49) первой и второй проекций чертежа детали;

схемы 2 (см. рис. 6.99), которая строится по оси Y с учетом исходного размера (59+69) третьей проекции;

схемы 3 (см. рис. 6.100), которая строится по оси X с учетом исходных размеров (79+99) и (89+99) первой и третьей проекций чертежа.

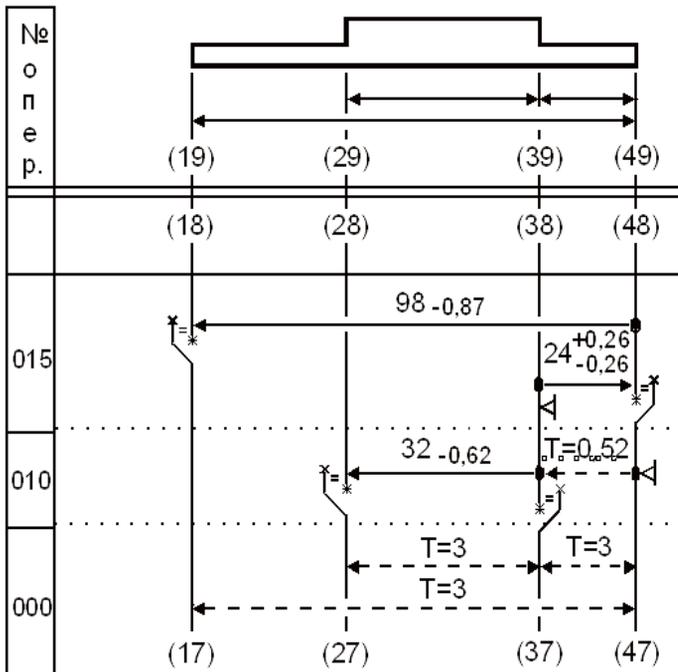


Рис. 6.98. Размерная схема 1

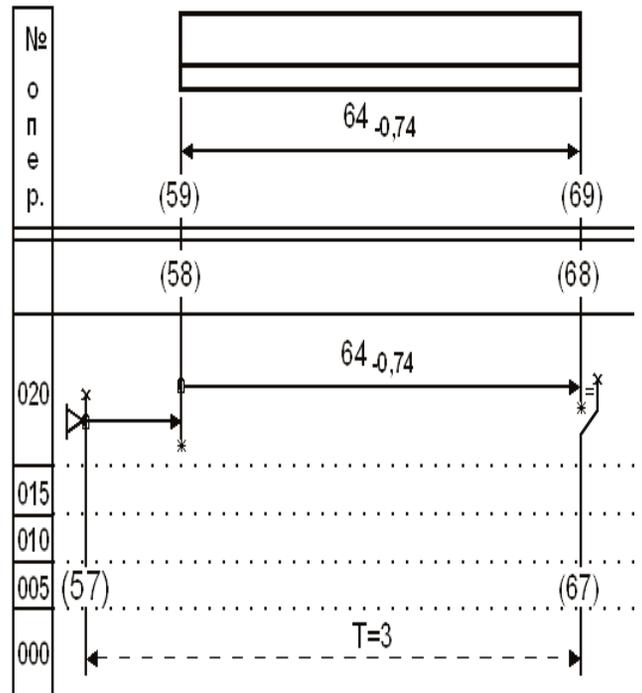


Рис. 6.99. Размерная схема 2

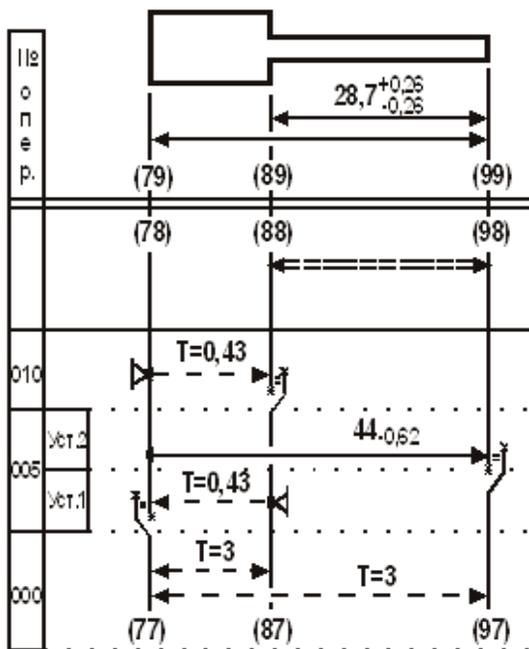


Рис. 6.100. Размерная схема 3

6.5.1.1.1. Размерная схема 1

Из размерной схемы 1 (см. рис. 6.98, с. 204) видно, что окончательные составляющие размеры (18+48), (38+48) и (28+38), выполняемые на операциях 010 и 015, равны исходным размерам: (19+49), (39+49) и (29+39).

Определяемые размеры-звенья: (38-47), (27-37), (37-47) и (17-47).

Замыкающие звенья-припуски: [17=18], [48=47], [27=28] и [38=37].

Задача проектная.

Для решения проектной задачи необходимо определить минимально необходимые величины припусков на обработку поверхностей и назначить точность всех промежуточных определяемых размеров по операциям и переходам. Все поверхности исходной заготовки обрабатываются один раз. При этом с поверхности исходной заготовки удаляются шероховатость Rz=600 мкм и дефектный слой Df=1000 мкм.

Пространственные отклонения находятся в допусках T=3 мм на размеры заготовки, а погрешности установок — в допусках на операционные размеры. В данной задаче все минимально необходимые припуски

$$[17_18]_{\min}=[48_47]_{\min}=[27_28]_{\min}=[38_37]_{\min}=0,6+1,0=1,6 \text{ мм.}$$

Операция 000 — заготовительная (см. рис. 6.93, с. 203).

Точность всех размеров: T=3,0 мм. Отклонения — симметричные.

Операция 010 (см. рис. 6.95, с. 203).

При базировании от "черной" поверхности (47) экономическая точность не превышает 14 качества.

Ориентировочному номинальному значению размера (38-47) 24...26 мм соответствует допуск T=0,52. Если допуск превратить в отклонение определяемого размера и проставить его в тело обрабатываемой поверхности, то верхнее предельное отклонение размера во(38 47)=+0,52 мм.

Уравнения размерной схемы 1 могут быть записаны в виде:

1. $[17=18]=-(18+48)+(38+48)-(38-47)+(17-47)=$
 $=-98_{-0,87}+24 \pm 0,26-(38-47)^{+0,52}+(17-47) \pm 1,5,$
 $w[17_18]=0,87+0,52+0,52+3,0=4,91 \text{ мм;}$
2. $[48=47]=+(38-47)-(38+48)=+(38-47)^{+0,52}-24 \pm 0,26,$
 $w[48_47]=0,52+0,52=1,04 \text{ мм;}$
3. $[27=28]=-(28+38)-(38-47)+(37-47)+(27-37)=$
 $=-32_{-0,62}-(38-47)^{+0,52}+(37-47) \pm 1,5+(27-37) \pm 1,5,$
 $w[27_28]=0,62+0,52+3,0+3,0=7,14 \text{ мм;}$
4. $[38=37]=-(37-47)+(38-47)=-(37-47) \pm 1,5+(38-47)^{+0,52},$
 $w[38_37]=3,0+0,52=3,52 \text{ мм.}$

Максимальные припуски на обработку:

1. $[17_18]_{\max}=[17_18]_{\min}+w[17_18]=1,6+4,91=6,51$ мм;
2. $[48_47]_{\max}=[48_47]_{\min}+w[48_47]=1,6+1,04=2,64$ мм;
3. $[27_28]_{\max}=[27_28]_{\min}+w[27_28]=1,6+7,14=8,74$ мм;
4. $[38_37]_{\max}=[38_37]_{\min}+w[38_37]=1,6+3,52=5,12$ мм.

Уменьшить допуск на припуск можно двумя путями:

- ужесточить операционные размеры до экономической точности;
- уменьшить число составляющих звеньев размерных цепях.

Не изменяется точность размеров заготовки, она регламентирована нормативными документами.

Экономическая точность операций чернового фрезерования 12...14 квалитет.

При базировании от "черной" поверхности экономически выгодно получать размеры 14 квалитета, при базировании от ранее обработанных поверхностей — 12.

Промежуточный определяемый размер (38—47) выполняется от черновой базы (см. рис. 6.98, с. 204). Экономическая точность 14 квалитет.

Окончательный размер (28+38) формируется от обработанной поверхности (38) (измерительной базы) между двух фрез. Точность этого размера можно проставить по 12 квалитету ($T=0,25$), по которому экономически выгоднее обработать заготовку на операции 015, ужесточив размеры (18+48) до $T=0,35$; а (38+48) до $T=0,21$ мм.

Ужесточение точности технологических размеров уменьшает поля рассеяния припусков до следующих величин:

1. $w[17_18]=0,35+0,21+0,52+3,0=4,08$ мм;
2. $w[48_47]=0,52+0,21=0,73$ мм;
3. $w[27_28]=0,25+0,52+3,0+3,0=6,77$ мм;
4. $w[38_37]=3,0+0,52=3,52$ мм.

До ужесточения:

$$w[17_18]=4,91; w[48_47]=1,04; w[27_28]=7,14; w[38_37]=3,52 \text{ мм.}$$

При втором пути уменьшения колебания замыкающих звеньев в расчетном уравнении поля рассеяния $w[27_28]$ определяются допуски двух размеров исходной заготовки. Если по согласованию с литейщиками возможен другой вариант простановки размеров на эскизе исходной заготовки, то число составляющих размеров в уравнении с замыкающим звеном $[27=28]$ можно уменьшить с четырех до трех звеньев.

Второй вариант схемы 1 построен на рис. 6.101, а новый эскиз исходной заготовки помещен на рис. 6.102 (см. с. 207).

Все размеры на эскизе проставлены от поверхностей, которые являются первыми черновыми базами на операциях механической обработки.

После таких преобразований уравнения размерной схемы по рис. 6.101 примут вид:

$$1. [17=18]= -98_{-0,35} + 24 \pm 0,105 - (38-47)^{+0,52} + (17-47) \pm 1,5;$$
$$[17_18]_{\max}=1,6+(0,35+0,21+0,52+3,0)=5,68 \text{ мм,}$$

а в первом варианте $[17_18]_{\max}=6,51$ мм;

$$2. [48=47]= +(38-47)^{+0,52} - 24 \pm 0,105 \text{ мм, } [48_47]_{\max}=1,6+(0,52+0,21)=2,33 \text{ мм,}$$

а в первом варианте $[48_47]_{\max}=2,64$ мм;

$$3. [27=28]= -32_{-0,25} - (38-47)^{+0,52} + (27-47) \pm 1,5, [27_28]_{\max}=1,6+(0,25+0,52+3,0)=5,37,$$

а в первом варианте $[27_28]_{\max}=8,74$ мм;

$$4. [38=37]=-(37-47) \pm 1,5 + (38-47)^{+0,52},$$

$$[38_37]_{\max}=1,6+(3,0+0,52)=5,12 \text{ мм (без изменений).}$$

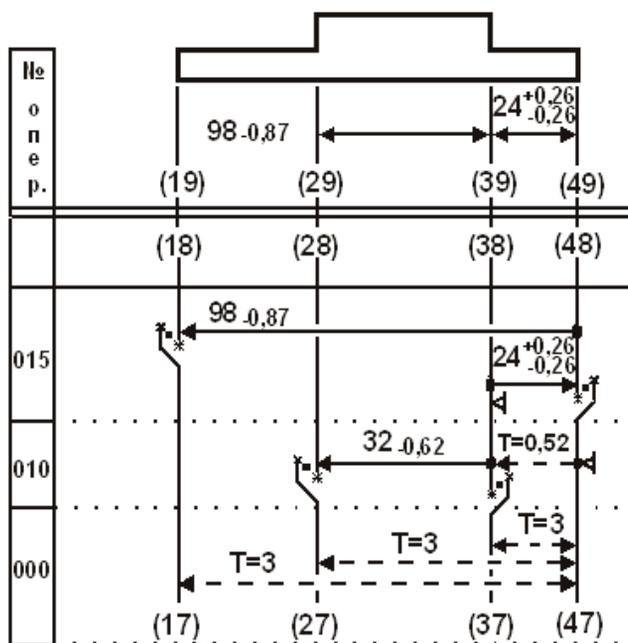
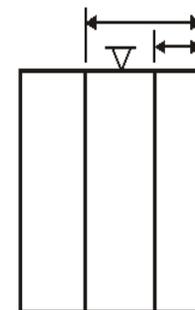
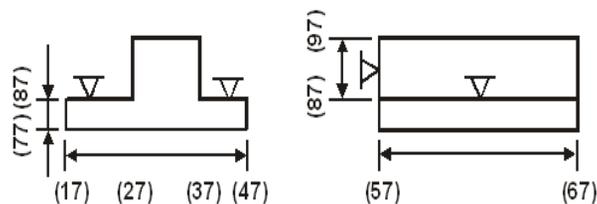


Рис. 6.101. Второй вариант схемы 1



- Т.Т.
1. На поверхности отливки допускаются дефекты.
 2. Шероховатость $Rz=600$ мкм.
 3. Точность размеров $T=3$ мм.
 4. Предельные отклонения всех размеров $\pm 1,5$ мм.
 5. Символом ∇ обозначается черновая технологическая база на первой операции механической обработки.

Рис. 6.102. Вариант эскиза отливки

Второе уравнение содержит одно неизвестное определяемое звено.

Номинальные значения замыкающего и составляющего звеньев:

$$[48_47]_{\text{ном}}=[48_47]_{\text{мин}}+w[4847]/2-\Delta w[48_47]=1,6+0,73/2-(0,26-0)=1,705 \text{ мм};$$

$$1,705=+(38-47)-24, (38+47)=25,705. \text{ Принимаем } (38+47)=25,7^{+0,52} \text{ мм.}$$

Решение первого уравнения:

$$1. [17=18]= -98_{-0,35} + 24 \pm 0,105 - 25,7^{+0,52} + (17-47) \pm 1,5,$$

$$[17_18]_{\text{ном}}=[17_18]_{\text{мин}}+w[17_18]/2-\Delta w[17_18]=1,6+4,08/2-(+0,175+0-0,26+0)=3,725;$$

$$3,725=-98+24-25,7+(17-47), (17+47)=103,425. \text{ Принимаем } (17+47)=103,4 \pm 1,5 \text{ мм.}$$

Решение третьего уравнения: 3. $[27=28]= -32_{-0,25} - 25,7^{+0,52} + (27-47) \pm 1,5,$

$$[27_28]_{\text{ном}}=[27_8]_{\text{мин}}+w[27_8]/2-\Delta w[27_8]=1,6+3,77/2-(+0,125-0,26+0)=3,62 \text{ мм};$$

$$3,62=-32-25,7+(27-47), (27+47)=61,32. \text{ Принимаем } (27+47)=61,3 \pm 1,5 \text{ мм.}$$

Решение четвертого уравнения: 4. $[38=37]= -(37-47) \pm 1,5 + 25,7^{+0,52},$

$$[38_37]_{\text{ном}}=[38_37]_{\text{мин}}+w[38_37]/2-\Delta w[38_37]=1,6+3,52/2-(0+0,26)=3,1 \text{ мм};$$

$$3,1=-(37-47)+25,7; (37+47)=22,6. \text{ Принимаем } (37+47)=22,6 \pm 1,5 \text{ мм.}$$

Результаты расчета по второму варианту размерной схемы 1 (см. рис. 6.101) помещены в табл. 6.5.2 (см. с. 208).

6.5.1.1.2. Размерная схема 2

Из размерной схемы 2 (см. рис. 6.99, с. 204) видно, что единственный окончательно выполняемый технологический размер (58+68) равен исходному размеру. Его допуск 14 квалитета может быть ужесточен до экономической точности 12 квалитета: $T=0,3$ мм. В размерной схеме два припуска: $[68=67]$ — замыкающее звено с минимальным

значением $[68_67]_{\min}=1,6$ мм; (57+58) — составляющее звено. Известный операционный размер, включающий шероховатость поверхности; дефектный слой; удельную изогнутость и коробление, отклонение от перпендикулярности и параллельности с предшествующей заготовительной операции. Наименьшее предельное значение этого звена берется в качестве номинального размера:

$$(57_58)_{\min}=R_z+D_f+P(p_r)=0,6+1,0+3,0=4,6 \text{ мм,}$$

где $P(p_r)$ — удельная изогнутость и коробление поверхностей исходной заготовки (см. приложение 30, с. 416...420).

Таблица 6.5.2

Результаты расчета размерной схемы 1

Г р у п п а	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				З а п а с ы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полу- коле- бание	нижний верхний
=	17	18		1,575	5,755	3,615	2,020	-0,025
=	48	47		1,595	2,325	1,960	0,365	-0,005
+	38	47	25,700	0,520	0,000	25,440	0,260	
+	17	47	103,400	1,500	-1,500	103,400	1,500	
=	27	28		1,580	5,350	3,465	0,885	-0,020
=	38	37		1,600	5,120	3,360	1,760	0,000
+	37	47	22,600	1,500	-1,500	22,600	1,500	
+	27	47	61,300	1,500	-1,550	61,300	1,500	

Точность выполняемого номинального размера 4,6 мм по 14 качеству $T=0,3$ мм принимается за верхнее предельное отклонение: $vo(57_58)=+0,3$ мм.

Уравнение из размерной схемы 2 (см. рис. 6.99, с. 204) с учетом ужесточения допуска на окончательный размер (58+68) до $T=0,3$ мм и параметров известного промежуточного размера-припуска (57+58) имеет вид:

$$[68=67]=(57-67)-(57+58)-(58+68)=(57-67) \pm 1,5 - 4,6^{+0,3} - 64_{-0,3},$$

$$[68_67]_{\text{ном}}=[68_67]_{\min}+w[68_67]/2-\Delta w[68_67]=1,6+3,6/2-(0-0,15+0,15)=3,4;$$

$$3,4=(57-67)-4,6-64; (57+67)=72. \text{ Принимаем } (57+67)=72 \pm 1,5 \text{ мм.}$$

6.5.1.1.3. Размерная схема 3

При анализе размерной схемы 3 (см. рис. 6.100, с. 205) видно, что из двух исходных чертежных размеров в технологическом процессе непосредственно выполняется только один окончательный — (78+98). Оставшийся размер переходит в группу замыкающих вместе с припусками на обработку.

В представленном варианте размерной схемы необходимо провести сравнение величины поля допуска исходного размера (89+99) и поля рассеяния замыкающего звена $[88=98]$, которое должно быть меньше или равно полю допуска $T(89_99)$. Поле допуска равно $T=0,52$ мм. Поле рассеяния определяется из размерной цепи:

$$1. [88=98]=+(78+98)_{-0,62}-(78-88)_{-0,43}; w[88_98]=0,62+0,43=1,05 \text{ мм}$$

и значительно превышает поле допуска исходного размера.

Оба составляющих звена имеют допуск 14 качества и выполняются от обработанной поверхности (78). Экономически выгодно выполнять эти размеры по 12 качеству с допусками: $T(78_98)=0,25$; $T(78_88)=0,18$ мм. В этом случае поле рассеяния

$$1. [88=98]=+(78+98)_{-0,25}-(78-88)_{-0,18}; w[88_98]=0,25+0,18=0,43 \text{ мм}$$

и меньше поля допуска $T(89_99)=0,52$.

Такой вариант ужесточения технологических размеров можно принят для последующего анализа размерной схемы 3.

Оставшиеся уравнения размерной схемы рис. 6.100 (см. с. 205):

$$2. [88=87]=(78-87)_{-0,43}-(78-88)_{-0,18}; \quad 3. [77=78]=-(78-87)_{-0,43}+(77-87)\pm 1,5;$$

$$4. [98=97]=(77-97)\pm 1,5-(77-87)\pm 1,5+(78-87)_{-0,43}-(78+98)_{-0,25}.$$

Четвертое уравнение содержит четыре составляющих звена, два из которых — размеры исходной заготовки. С учетом нового варианта простановки размеров в эскизе отливки (см. рис. 6.102, с. 207) в уравнении останется один размер заготовки. Размерная схема 3 в новом варианте построена на рис. 6.103 (см. с. 210). При этом четвертое уравнение можно записать в виде:

$$4. [98=97]=(87-97)\pm 1,5+(78-87)_{-0,43}-(78+98)_{-0,25}.$$

В первом уравнении одно неизвестное определяемое звено.

$$1. [88=98]=+64_{-0,25}-(78-88)_{-0,18}; \quad w[88_98]=0,25+0,18=0,43 \text{ мм.}$$

Определение номинального значения замыкающего звена можно провести с учетом среднего размера исходного звена (89+99).

Номинальные значения замыкающего и составляющего звеньев:

$$[88_98]_{\text{ном}}=[88_98]_{\text{ср}}-\Delta w[88_98]=28,7-(-0,125+0,09)=28,735 \text{ мм};$$
$$28,735=+44-(78-88), \quad (78+88)=15,265 \text{ мм.}$$

Односторонний запас по допуску положительный

$$T(89_99)-w[88_98]/2=(0,52-0,43)/2=0,09/2=0,045. \text{ Принимаем } (78+88)=15,3_{-0,18} \text{ мм.}$$

Решение второго уравнения: $2. [88=87]=+(78-87)_{-0,43}-15,3_{-0,18},$

$$[88_87]_{\text{ном}}=[88_87]_{\text{min}}+w[88_87]/2-\Delta w[88_87]=1,6+0,61/2-(-0,215+0,09)=2,03 \text{ мм};$$
$$2,03=+(78-87)-15,3; \quad (78+87)=17,33. \text{ Принимаем } (78+87)=17,3_{-0,43} \text{ мм.}$$

Решение третьего уравнения:

$$3. [77=78]= -17,3_{-0,43}+(77-87)\pm 1,5,$$

$$[77_78]_{\text{ном}}=[77_78]_{\text{min}}+w[77_78]/2-\Delta w[77_78]=1,6+3,43/2-(+0,215+0)=3,1 \text{ мм};$$
$$3,1=-17,3+(77-87); \quad (77+87)=20,4. \text{ Принимаем } (77+87)=20,4\pm 1,5 \text{ мм.}$$

Решение четвертого уравнения:

$$4. [98=97]=(87-97)\pm 1,5+17,3_{-0,43}-44_{-0,25}.$$

$$[98_97]_{\text{ном}}=[98_97]_{\text{min}}+w[98_97]/2-\Delta w[98_97]=1,6+3,68/2-(0-0,215+0,125)=3,53 \text{ мм};$$
$$3,53=(87-97)+17,3-44; \quad (87+97)=30,23. \text{ Принимаем } (87+98)=30,2\pm 1,5 \text{ мм.}$$

Результаты расчета по размерным схемам 2 и 3 (см. рис. 6.101 и 6.103, с. 207 и 210) даны в табл. 6.5.3 (см. с. 210). Они позволяют проставить все промежуточные технологические размеры в операционных эскизах процесса механической обработки, окончательно оформить эскиз исходной заготовки.

Величины припусков необходимы для расчета режимов резания, норм времени и энергоемкости процесса обработки.

Предложенный вариант процесса не является оптимальным.

Замена последовательности выполнения операций, технологических переходов или смена базовых поверхностей при установках заготовок позволяют выбрать рациональную схему процесса обработки.

Результаты расчета размерных схем 2 и 3

Гр	Код левой и правой поверхности звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	68	67		1,600	5,200	3,400	1,800	0,000	
+	57	67	72,000	1,500	-1,500	72,000	1,500		
=	88	98	28,665	0,215	-0,215	28,665	0,215	0,010	0,080
+	78	88	15,300	0,000	-0,180	15,210	0,090		
=	88	87		1,570	2,180	1,875	0,305	-0,030	
+	78	87	17,300	0,000	-0,430	17,085	0,215		
=	77	78		1,600	5,030	3,315	1,715	0,000	
=	98	97		1,570	5,250	3,410	1,840	-0,030	
+	17	87	20,400	1,500	-1,500	20,400	1,500		
+	27	48	30,200	1,500	-1,500	30,200	1,500		

6.5.1.2. Пример 2

6.5.1.2.1. Вариант 1

На рис. 6.104 приведен эскиз опоры, размеры которой аналогичны опоре (см. рис. 6.92, с. 202), но техническими требованиями предусмотрены два перехода термической операции 025 с последующим шлифованием поверхностей (79) и (99) на операциях 030 и 035 до шероховатости $Ra=1,25$ мкм.

Технические требования:

1. Заготовка — поковка (сталь ХГН2ТА);
2. Цементировать поверхности (79) и (99) на 0,3 мм не менее;
3. На поверхностях (79) и (99) микротрещины не допускаются.

Заготовка — поковка. В качестве эскиза может быть использован рис. 6.102 (см. с. 207).

Точность размеров $T=1,2$ мм ($vo=+0,8$, $но=-0,4$).

В этом примере используется тот же план обработки с операционными эскизами рис. 6.94...6.97 (см. с. 203 и 204). Эскизы двух дополнительных шлифовальных операций 030 и 035 построены на рис. 6.105 и 6.106 (см. с. 211). Заготовки на операциях шлифования базируются на магнитной плите. Размеры выполняются с экономической точностью операции черного шлифования по 11 качеству.

Операция 030. Ориентировочному значению номинального размера 15...16 мм соответствует допуск $T=0,11$ мм. Величина нижнего предельного отклонения: $но=-0,11$.

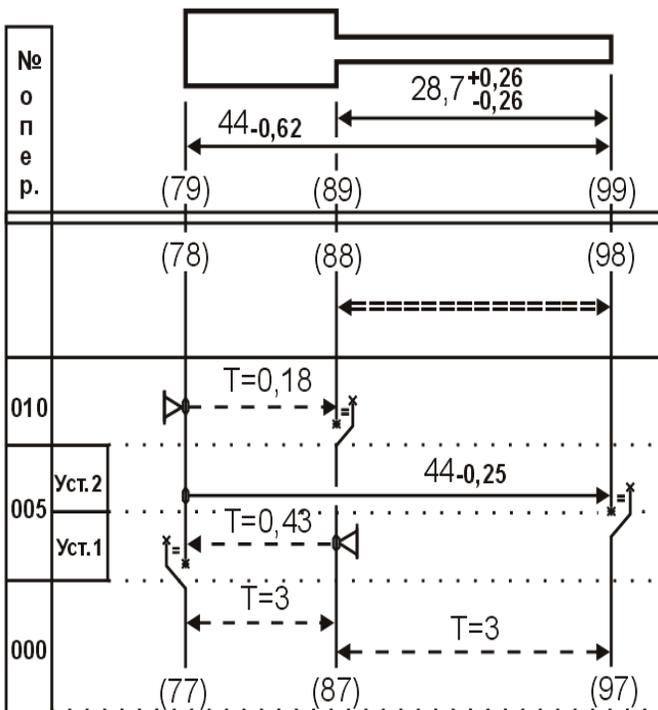


Рис. 6.103. Второй вариант схемы 3

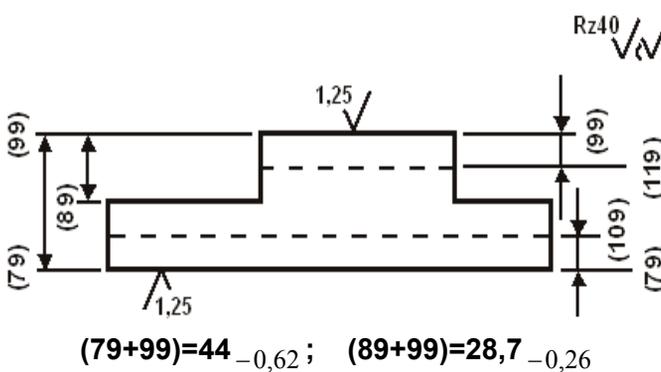


Рис. 6.104. Эскиз опоры

Операция 030. Ориентировочному значению номинального размера 15...16 мм соответствует допуск $T=0,11$ мм. Величина нижнего предельного отклонения: $но=-0,11$.

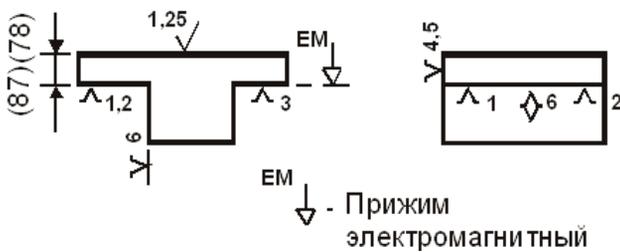


Рис. 6.105. Операция 030

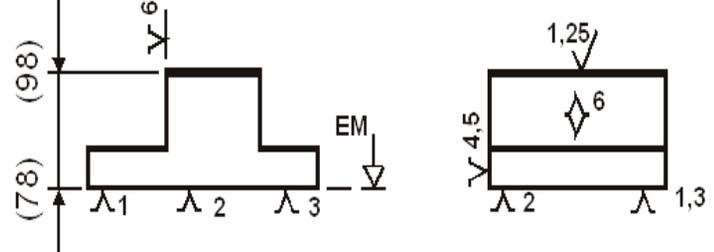


Рис. 6.106. Операция 035

Операция 035. Окончательный технологический размер (78+98) выполняется по 11 качеству. Допуск $T=0,16$ мм. Отклонение $no=-0,16$ мм.

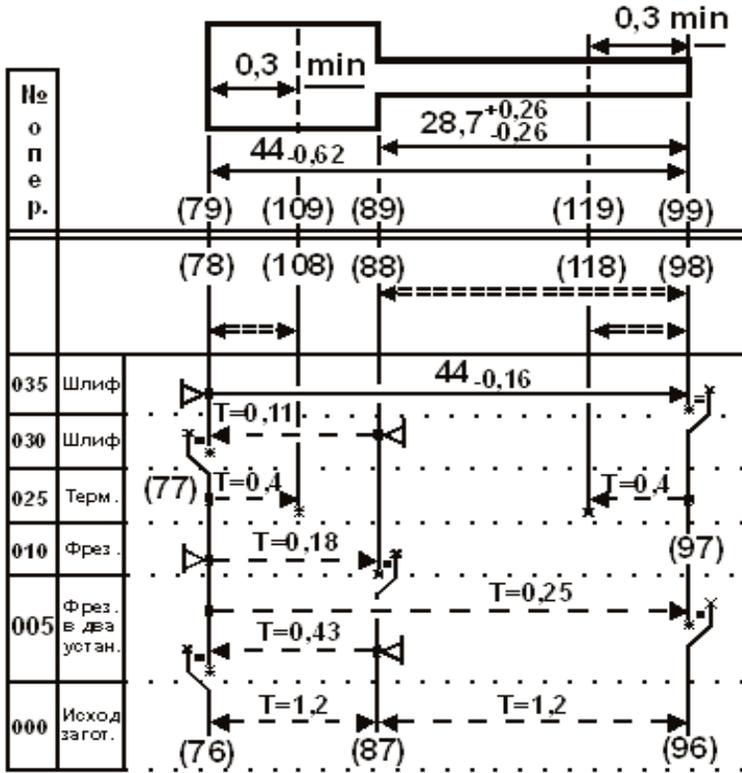


Рис. 6.107. Размерная схема 3

Размерные схемы 2 и 1 для примера 2 не имеют отличий от схем рис. 6.99 и 6.101 (см. с. 204 и 207), построенных и рассчитанных в примере 1. Термическая и шлифовальные операции примера 2 дополняют лишь схему 3, которая построена на рис. 6.107. Номера поверхностей в этой схеме не будут совпадать с номерами поверхностей по операционным эскизам рис. 6.94...6.97 (см. с. 203 и 204).

При анализе рис. 6.107 видно, что в схеме отсутствуют окончательные размеры: глубин насыщения (78+108), (118+98) и размера (88+98). Эти звенья перешли в группу замыкающих: [78=108], [118=98] и [88=98].

Исходный допуск
 $T(89_99)=0,52$ мм.

Поле рассеяния $w[88_98]$ равно:

$$1. [88=98]=44_{-0,16} - (78-88)_{-0,11}; w[88_98]=0,16+0,11=0,27 \text{ мм}$$

и меньше поля допуска $T(89_99)$ исходного размера.

Уравнение 1 может быть использовано для нахождения промежуточного технологического размера — определяемого звена (78–88). Исходная глубина слоя цементации на поверхностях (79) и (99) не ограничена со стороны наибольшего предельного значения. Отсутствие ограничения по полям допуска $T(79_109)$ и $T(119_99)$ исходных звеньев не исключает дальнейшего анализа величин полей рассеяния $w[78_108]$ и $w[118_98]$ замыкающих звеньев. Их уравнения и расчетные величины имеют вид:

$$2. [78=108]=+(77-108)^{+0,4} - (77-88)_{-0,18} + (78-88)_{-0,11},$$

$$w[78_108]=0,4+0,18+0,11=0,69 \text{ мм};$$

$$3. [118=98]=+ 44_{-0,16} - (78-88)_{-0,11} + (77-88)_{-0,18} - (77-97)_{-0,25} + (118-97)^{+0,4},$$

$$w[118_98]=0,16+0,11+0,18+0,25+0,4=1,1 \text{ мм}.$$

Из уравнения 2 и 3 определяются два технологических размера глубин слоев цементации (77+108) и (118+97) на термическую операцию 025.

В технологическую карту проставляется больший из рассчитанных размеров, который получен из уравнения с наибольшим полем рассеяния замыкающего звена. В нашем случае это уравнение 2 с пятью составляющими звеньями. С уменьшением количества звеньев в размерной цепи снижается трудоемкость термической операции. Оставшиеся замыкающие звенья это припуски на механическую обработку.

Особое внимание следует обращать на операции шлифования, где увеличенные колебания припусков (поля рассеяния на замыкающие звенья-припуски) резко повышают трудоемкость операций и могут серьезно влияют на качество изделия.

В размерной схеме рис. 6.107 (см. с. 211) из двух припусков на операциях шлифования наибольшее колебание у замыкающего звена [98=97]:

$$[98=97]=+(77-97)_{-0,25}-(77-88)_{-0,18}+(78-88)_{-0,11}-44_{-0,16},$$

$$w[98_97]=0,25+0,18+0,11+0,16=0,7 \text{ мм.}$$

В этом варианте технологического процесса у всех размеров проставлены экономические точности.

Единственная возможность уменьшить большие колебания полей рассеяния припуска [98=97] и слоя цементации [118=98] на поверхности (98) это изменение порядка выполнения технологических переходов и операций или смена баз.

6.5.1.2.2. Вариант 2

На рис. 6.108 и 6.109 даны эскизы шлифовальных операций, а на рис. 6.110 (см. с. 213) построена размерная схема с учетом этих операций.

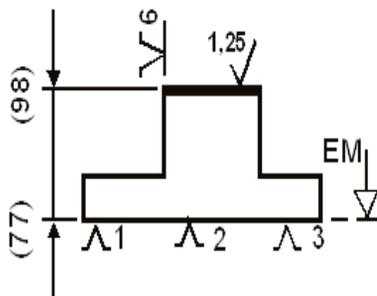


Рис. 6.108.
Операция 030

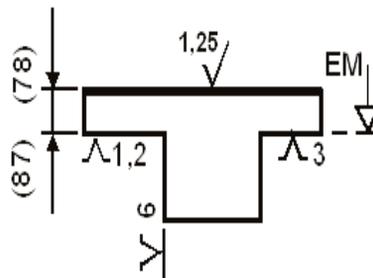


Рис. 6.109.
Операция 035

В этом варианте технологического процесса отсутствуют окончательные размеры. Ни одного исходного чертежного размера нет в размерной схеме рис. 6.110.

Все четыре исходных размера перешли в группу замыкающих.

Уравнения замыкающих размеров-звеньев и звеньев-припусков при шлифовании имеют вид:

$$1. [78=98]=+(77-98)_{-0,16}-(77-88)_{-0,18}+(78-88)_{-0,11},$$

$$T(79_99)=0,62 \text{ больше } w[78_98]=0,16+0,18+0,11=0,45 \text{ мм;}$$

$$2. [88=98]=+(77-98)_{-0,16}-(77-88)_{-0,18},$$

$$T(89_99)=0,52 \text{ больше } w[88_98]=0,16+0,18=0,34 \text{ мм;}$$

$$3. [78=108]=+(77-108)^{+0,4}-(77-88)_{-0,18}+(78-88)_{-0,11},$$

$$w[78_108]=0,4+0,18+0,11=0,69 \text{ мм;}$$

$$4. [118=98]=+(77-98)_{-0,16}-(77-97)_{-0,25}+(118-97)^{+0,4},$$

$$w[118_98]=0,16+0,25+0,4=0,81 \text{ мм;}$$

$$5. [77=78]=-(78-88)_{-0,11}+(77-88)_{-0,18}, \quad w[77_78]=0,11+0,18=0,29;$$

$$6. [98=97]=+(77-97)_{-0,25}-(77-98)_{-0,16}, \quad w[98_97]=0,25+0,16=0,41.$$

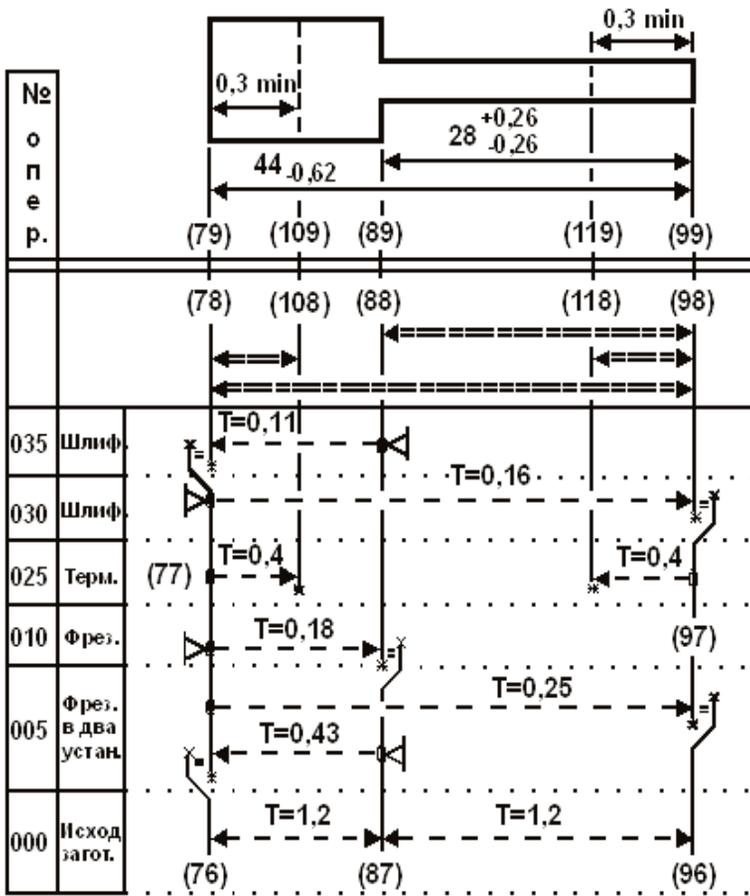


Рис. 6.110. Размерная схема 3. Вариант 2

6.5.1.2.3. Вариант 3

Жесткий допуск параллельности может получить только в том случае, если базирование на шлифовальной операции 035 будет выполняться на прошлифованную поверхность с предшествующей операции 030.

В третьем варианте технологического процесса порядок выполнения операций 030 и 035 шлифования остается прежним (см. вариант 2, рис. 6.108 и 6.109), но на операции 035 за базу принимается прошлифованная поверхность (98). В этом случае отсутствует сочетание базовых поверхностей. Для нового варианта эскизы операций шлифования помещены на рис. 6.111 и 6.112, а размерная схема построена на рис. 6.113.

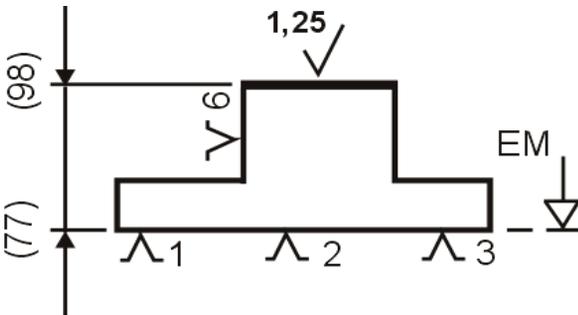


Рис. 6.111. Операция 030

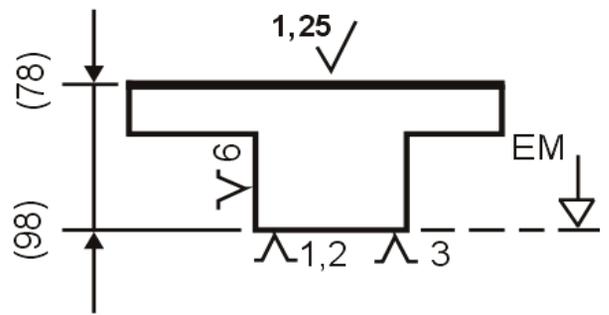


Рис. 6.112. Операция 035

Уравнения размерных цепей:

1. $[78=108]=+(77-108)^{+0,4}-(77-98)_{-0,16}+44_{-0,16}$,
 $w[78_108]=0,4+0,16+0,16=0,72$ мм;
2. $[118=98]=+(77-98)_{-0,16}-(77-97)_{-0,25}+(118-97)^{+0,4}$,
 $w[118_98]=0,16+0,25+0,4=0,81$ мм;

В варианте 2 технологического процесса все исходные размеры должны быть сформированы за счет промежуточных звеньев.

Поле рассеяния на слой цементации $[118=98]$ сократилось с 1,1 до 0,81 мм, замыкающего звена-припуска $[98=97]$ на операции шлифования — с 0,7 мм до 0,41 мм. Размерная схема в варианте 2 не имеет недостатков, но операции шлифования (см. рис. 6.108 и 6.109) выполняются от фрезерованных поверхностей.

Причем на операции 035 заготовка базируется на сочетании разновысоких поверхностей. Поэтому исходные размеры изделия будут получены в пределах заданных допусков, а вот обеспечить жесткий допуск параллельности поверхностей (78) и (98) практически трудно.

Вариант 2 не может быть рекомендован в действующее производство.

$$3. [88=98]=+(77-98)_{-0,16}-(77-88)_{-0,18},$$

$$T(89_{99})=0,52 \text{ больше } w[88_{98}]=0,16+0,18=0,34 \text{ мм};$$

$$4. [77=78]=-44_{-0,16}+(77-98)_{-0,16}; w[77_{78}]=0,32 \text{ мм};$$

$$5. [98=97]=+(77-97)_{-0,25}-(77-98)_{-0,16}; w[98_{79}]=0,41 \text{ мм};$$

$$6. [88=87]=+(77-87)_{-0,43}-(77-88)_{-0,18}; w[88_{87}]=0,61 \text{ мм};$$

$$7. [76=77]=- (77-87)_{-0,43}+(76-87)_{-0,4}^{+0,8}; w[76_{77}]=1,63 \text{ мм};$$

$$8. [97=96]=+(87-96)_{-0,4}^{+0,8}+(77-87)_{-0,43}-(77-97)_{-0,25}; w[97_{96}]=1,88 \text{ мм}.$$

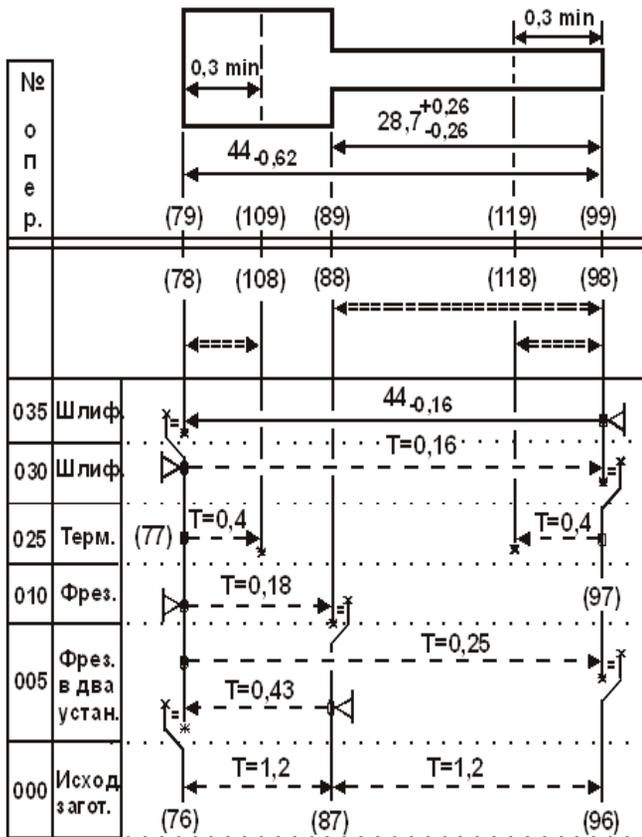


Рис. 6.113. Размерная схема. Вариант 3

жуточных определяемых размеров технологического процесса. Номинальные значения замыкающих звеньев-припусков рассчитываются с учетом координат середин полей рассеяния.

Решение четвертого уравнения:

$$[77_{78}]_{\text{ном}}=[77_{78}]_{\text{мин}}+w[77_{78}]/2-\Delta w[77_{78}]=0,08+0,32/2-(+0,08-0,08)=0,24 \text{ мм};$$

$$0,24=-44+(77-98); (77+98)=44,24. \text{ Принимаем } (77+98)=44,24_{-0,16} \text{ мм}.$$

Решение третьего уравнения:

$$[88_{98}]_{\text{ном}}=[88_{98}]_{\text{ср}}-\Delta w[88_{98}]=28,7-(-0,08+0,09)=28,69 \text{ мм};$$

$$28,69=+44,24-(77-88); (77+88)=15,55. \text{ Принимаем } (77+88)=15,55_{-0,18} \text{ мм}.$$

Решение пятого уравнения:

$$[98_{97}]_{\text{ном}}=[98_{97}]_{\text{мин}}+w[98_{97}]/2-\Delta w[98_{97}]=0,08+0,41/2-(-0,125+0,08)=0,33 \text{ мм};$$

$$0,33=+(77-97)-44,24; (77+97)=44,57. \text{ Принимаем } (77+97)=44,57_{-0,25} \text{ мм}.$$

Для решения уравнений 3 необходимо определить все значения минимально необходимых припусков на операции фрезерования и шлифования. Минимальные припуски для операций фрезерования остаются неизменными и равными 1,6 мм. Для удаления следов от фрезерных операций и переходов, необходимо в операциях шлифования предусмотреть припуск, включающий предшествующую шероховатость фрезерованных поверхностей $Rz=40$ мкм и возможный дефектный слой $Df=40$ мкм (см. приложение 6.1, с. 400). Все минимально необходимые припуски равны:

$$[77_{78}]_{\text{мин}}=[98_{97}]_{\text{мин}}=0,04+0,04=0,08 \text{ мм};$$

$$[88_{87}]_{\text{мин}}=[97_{96}]_{\text{мин}}=[76_{77}]_{\text{мин}}=0,6+1,0=1,6 \text{ мм}.$$

Из восьми уравнений только в четвертом одно определяемое составляющее звено но (77-98). С этого уравнения и следует начинать расчеты всех промежуточных определяемых размеров технологического процесса.

Решение первого уравнения:

$$[78_108]_{\text{ном}} = [78_108]_{\text{мин}} + w[78_108]/2 - \Delta w[78_108] = 0,3 + 0,72/2 - (+0,2 + 0,08 - 0,08) = 0,46;$$

$$0,46 = +(77 - 108) - 44,24 + 44; (77 + 108) = 0,7 \text{ мм. Принимаем } (77 + 108) = 0,7^{+0,4} \text{ мм.}$$

Решение второго уравнения:

$$[118_8]_{\text{ном}} = [118_8]_{\text{мин}} + w[118_8]/2 - \Delta w[11898] = 0,3 + 0,81/2 - (-0,08 + 0,125 + 0,2) = 0,46;$$

$$0,46 = +44,24 - 44,57 + (118 - 97); (118 + 97) = 0,79. \text{ Принимаем } (118 + 97) = 0,8^{+0,4} \text{ мм.}$$

Решение шестого уравнения:

$$[88_87]_{\text{ном}} = [88_87]_{\text{мин}} + w[88_87]/2 - \Delta w[88_87] = 1,6 + 0,61/2 - (-0,215 + 0,09) = 2,03 \text{ мм;}$$

$$2,03 = +(77 - 87) - 15,55; (77 + 87) = 17,58. \text{ Принимаем } (77 + 87) = 17,6_{-0,43} \text{ мм.}$$

Решение седьмого уравнения:

$$[76_77]_{\text{ном}} = [76_77]_{\text{мин}} + w[76_77]/2 - \Delta w[76_77] = 1,6 + 1,63/2 - (+0,215 + 0,2) = 2,0 \text{ мм;}$$

$$2,0 = +17,6 - (76 - 87); (76 + 87) = 19,6. \text{ Принимаем } (76 + 87) = 19,6_{-0,4}^{+0,8}.$$

Решение восьмого уравнения:

$$[97_96]_{\text{ном}} = [97_96]_{\text{мин}} + w[97_96]/2 - \Delta w[97_96] = 1,6 + 1,88/2 - (+0,2 - 0,215 + 0,125) = 2,43;$$

$$2,43 = +(87 - 96) + 17,6 - 44,57; (87 + 96) = 29,4. \text{ Принимаем } (87 + 96) = 29,4_{-0,4}^{+0,8} \text{ мм.}$$

Окончательные результаты расчета сведены в табл. 6.5.4.

Таблица 6.5.4

Результаты расчета размерной схемы. Вариант 3

Гр у п па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	78 108		0,300	1,020	0,660	0,360	0,000	
=	118 98		0,310	1,120	0,765	0,405	0,010	
=	88 98	28,700	0,170	-0,170	28,700	0,170	0,090	0,090
=	77 78		0,080	0,410	0,250	0,160	0,000	
+	77 98	44,240	0,000	-0,160	44,170	0,080		
=	98 97		0,080	0,500	0,295	0,205	0,000	
+	77 108	0,700	0,400	0,000	1,000	0,200		
+	118 97	0,800	0,400	0,000	1,100	0,200		
+	77 88	15,550	0,000	-0,180	15,460	0,090		
=	88 87		1,620	2,230	1,925	0,305	0,020	
+	77 97	44,570	0,000	-0,250	44,445	0,125		
=	97 96		1,600	3,480	2,540	0,940	0,000	
=	76 77		1,600	3,230	2,415	0,815	0,000	
+	77 87	17,600	0,000	-0,430	17,385	0,215		
+	76 87	19,600	0,800	-0,400	19,900	0,600		
=	87 96	29,400	0,800	-0,400	29,700	0,600		

Выбирается глубина термического насыщения: $(118 + 97) = 0,8 \dots 1,2$ мм.

Принятый порядок выполнения технологических операций обеспечит требуемое качество изделия. Нарушение технологической дисциплины может привести к неожиданным результатам.

Например. Две операции шлифования 030 и 035 можно совместить в одну на плоскошлифовальном станке с горизонтальным или вертикальным расположением шпинделя.

6.5.1.2.4. Вариант 4

Две операции шлифования 030 и 035 совмещены в одну с двумя установками. В первом установе на прямоугольном или круглом столе с магнитной плитой загружается партия заготовок, которые базируются по поверхностям (77) для обработки поверхности (97) до (98) в промежуточный размер (77+98). Во втором установе заготовки переворачиваются на окончательно обработанную поверхность (98). Шлифуются поверхности (77) до (78) в окончательный размер (78+98).

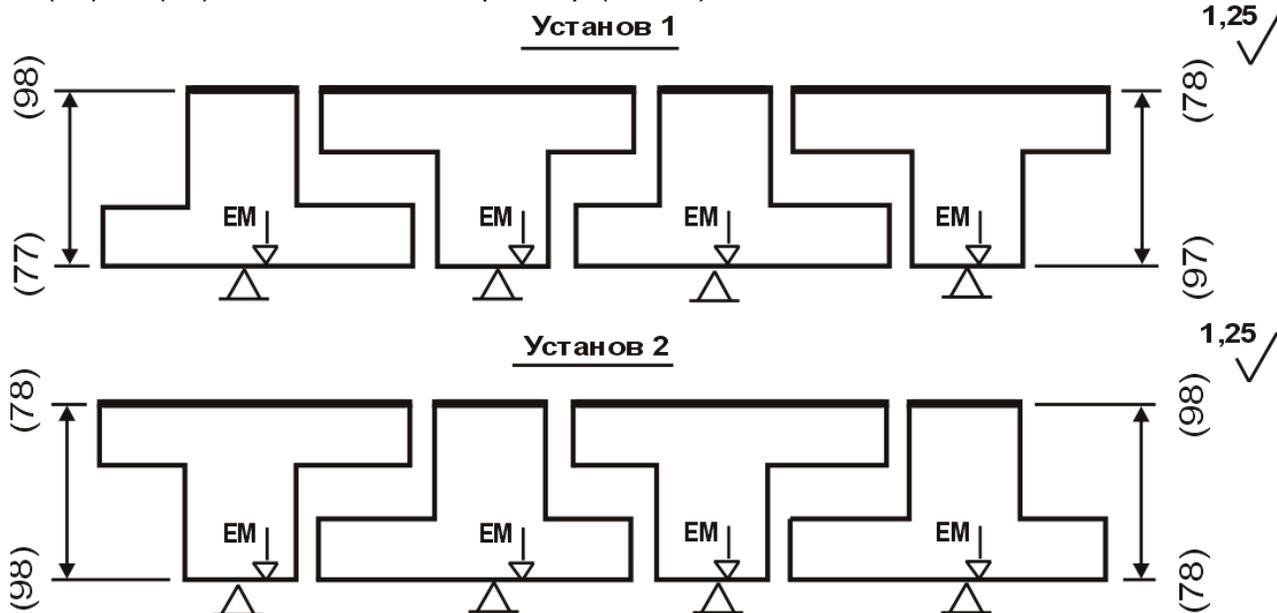


Рис. 6.114. Операция 030

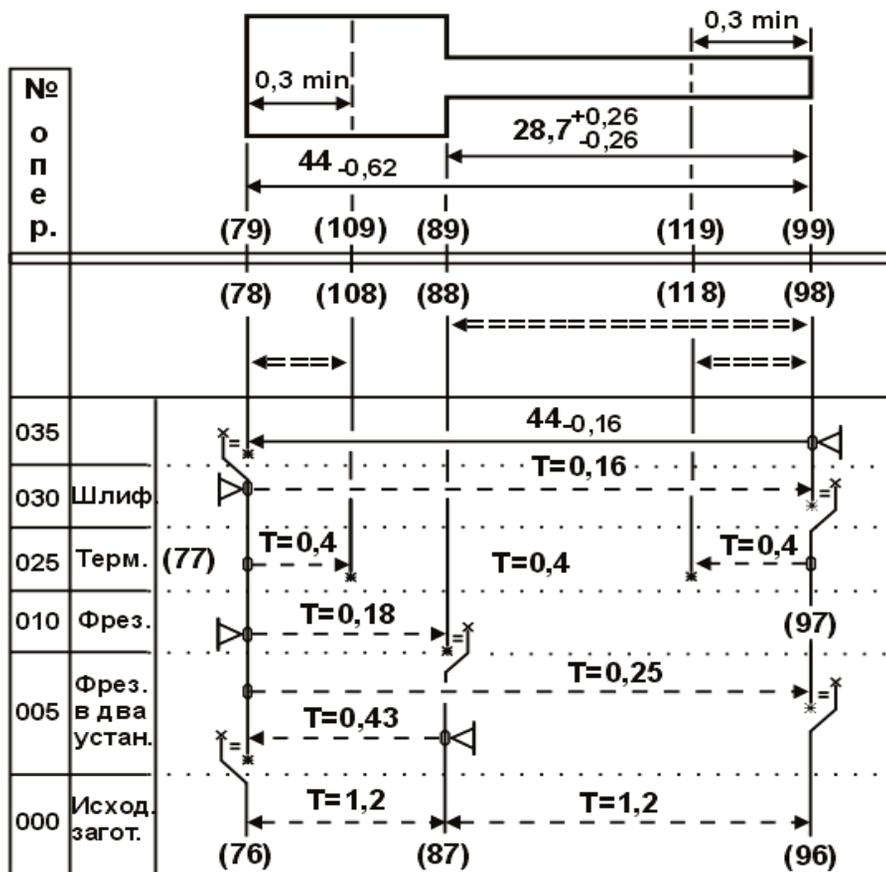


Рис. 6.115. Размерная схема 3. Вариант 4

Если для увеличения количества заготовок на рабочей поверхности стола (магнитной плите) осуществить смешанную схему базирования по рис. 6.114, то технологические размеры начинают формироваться по двум размерным схемам:

вариант 3 (см. рис. 6.113, с. 214);

вариант 4 (см. рис. 6.115).

В смешанной схеме базирования за первый установ в один известный размер выполняются два самостоятельных звена:

$$(77+98)=(78+97)=44,24_{-0,16} \text{ мм,}$$

за второй — один окончательный размер $(78+98)=44_{-0,16}$ мм.

В схеме варианта 4 (см. рис. 6.115, с. 216) с помощью известных составляющих размеров формируются параметры замыкающих звеньев. Многие из них остаются прежними, но невыполняемый размер $[88\#98]$ изменит свои предельные значения.

Расчет значений замыкающих звеньев процесса (при известных составляющих) и оценку значений в сравнении с исходными чертежными размерами называют размерным анализом действующего технологического процесса. Предельные значения исходного звена:

$$(89+99)=28,44\dots 28,96 \text{ мм}; T(89_99)=0,52 \text{ мм.}$$

Расчетные значения звена $[88\#98]$ из размерной схемы 3 варианта 4 по рис. 6.115:

$$[88\#98]=44_{-0,16}-44,24_{-0,16}+44,57_{-0,25}-15,55_{-0,18}=28,78^{+0,34}_{-0,41},$$

$$[88\#98]=28,37\dots 29,12; w[88_98]=0,75 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния $w[88_98]=0,75$ превосходит поле допуска $T(89_99)=0,52$ мм. Запасы по наименьшему и наибольшему предельным значениям отрицательные и равны

$$\text{Зап по min}=[88_98]_{\text{min}}-(89_99)_{\text{min}}=28,37-28,44=-0,07 \text{ мм};$$

$$\text{Зап по max}=(89_99)_{\text{max}}-[88_98]_{\text{max}}=28,96-29,12=-0,16 \text{ мм.}$$

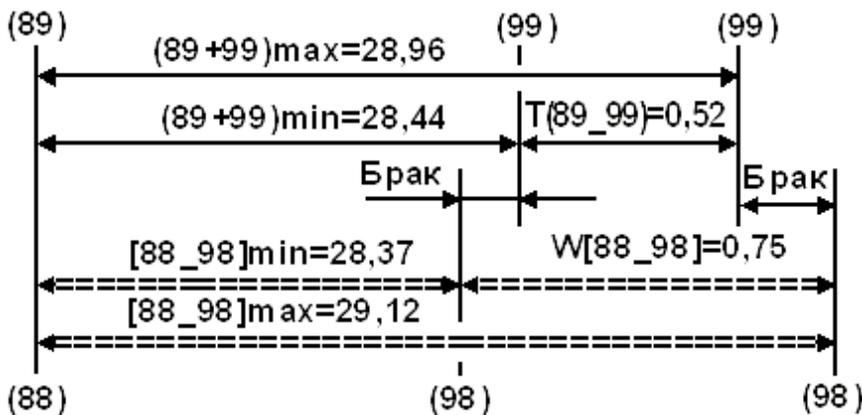


Рис. 6.116. Исходный и замыкающий размеры

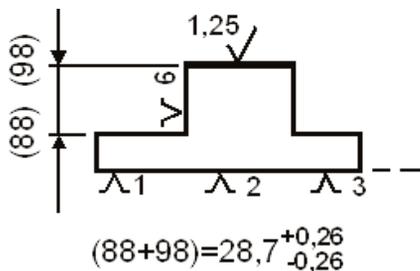


Рис. 6.117. Операция 030

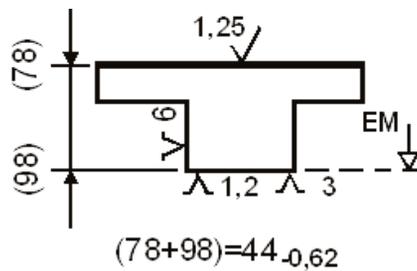


Рис. 6.118. Операция 035

Его можно получить и на настроенном станке при закреплении заготовки снизу вверх до соприкосновения сочетания базовых поверхностей с опорой приспособления. Для подобного варианта технологического процесса исходный размер $(89+99)$ будет получен на операции 030, а размер $(79+99)$ — на операции 035.

Эскизы операций шлифования показаны на рис. 6.117 и 6.118.

Если операции будут выполняться методом пробных проходов, то рабочий прекратит процесс обработки сразу же после достижения наибольших предельных значений выполняемых размеров, что уменьшает штучное время при большом допуске выполняемого размера.

Изображения исходного и замыкающего звеньев построены на рис. 6.116. Отрицательные запасы выделены зонами брака.

6.5.1.2.5. Упражнение

Анализ вариантов данного примера показывает большие возможности выбора последовательности операций и технологических переходов в зависимости от производственной программы, имеющегося оборудования, инструмента и других факторов. В единичном производстве на универсальном оборудовании методом пробных проходов можно непосредственно выполнить линейный размер $(88+98)$.

При работе на настроенном станке выполняемые размеры с большим допуском участвуют в суммировании погрешностей припуска на обработку, это сказывается на снижении производительности финишных операций.

Построить размерную схему варианта 5.

Рассчитать все промежуточные определяемые размеры.

Размерная схема построена на рис. 6.119 (см. с. 382).

Результаты расчета в табл. 6.5.5 (см. с. 383).

Ответ на с. 382 и 383.

6.5.1.3. Пример 3

6.5.1.3.1. Вариант 1

Рассматривается случай ограничения слоя цементации двумя предельными значениями. В эскизе опоры рис. 6.104 (см. с. 210) изменится второй пункт технических требований. Его новая редакция:

2. Цементировать поверхности (79) и (99) на глубину 0,3...0,6 мм.

Твердость 58...62 HRCэ.

Ни один из рассмотренных вариантов примера 2 не может обеспечить суммарное поле рассеяния с замыкающими звеньями [78=108] и [118=98] в интервале исходного допуска $T(79_109)=T(119_99)=0,3$ мм.

Вариант 3 — лучший из рассмотренных вариантов.

Результаты расчета (см. табл. 6.5.4, с. 215) показывают, что

$$w[78_108]=0,72; w[118_98]=0,81 \text{ мм.}$$

Эти величины значительно превосходят исходный допуск слоев насыщения. Непосредственно выполнять на операциях исходную глубину слоя цементации практически невозможно, следовательно, в любом варианте эти слои остаются в группе замыкающих звеньев. Любое уравнение будет содержать составляющие звенья с операций термической обработки. Работа твердым карбюризатором определяет колебание слоев насыщения с допуском $T=0,4$ мм (см. приложение 7, с. 401). Этот способ термообработки не может быть использован в поставленной задаче. Газовый карбюризатор насыщает металл с точностью $T=0,1$ мм, но наибольшая глубина слоя не превышает 0,5 мм. Точность работы с жидким карбюризатором $T=0,15$ мм. Наибольшая глубина 2,0 мм. Эти два способа термической обработки и будут в дальнейшем учитываться в выборе варианта технологического процесса.

Если в размерной схеме рис. 6.113 (см. с. 214) допуски на промежуточные размеры (77–88) и (118–98) назначить $T=0,15$ мм или $T=0,1$ мм, то поля рассеяния $w[78_108]$ и $[118_98]$ составят:

$$w[78_108]=T(77_108)+T(77_98)+T(78_98)= \\ =0,15+0,16+0,16=0,47 \text{ или } w[78_108]=0,1+0,16+0,16=0,42 \text{ мм;}$$

$$w[118_98]=T(118_97)+T(77_97)+T(77_98)= \\ =0,15+0,25+0,16=0,56 \text{ или } w[118_98]=0,1+0,25+0,16=0,51 \text{ мм;}$$

К анализу принимается наибольшая величина поля рассеяния, которая превышает поле допуска с отрицательным запасом, равным

$$\text{Зап по доп}=T(119_99)-w[118_98]=0,3-0,56(0,51)=-0,26(-0,21) \text{ мм.}$$

Дальнейшее ужесточение точности операций шлифования и фрезерования не может быть оправдано никакими рассуждениями.

Для уменьшения количества составляющих звеньев в уравнениях [78=108] и [118=98] необходимо замыкающие звенья-припуски [77=78] и [98=97] превратить в выполняемые размеры, т. е. на финишных операциях снимать строго определенный слой припуска с экономической точностью метода.

Обеспечить параметры составляющего звена-припуска на операциях можно методом пробных проходов либо применением приборов активного контроля.

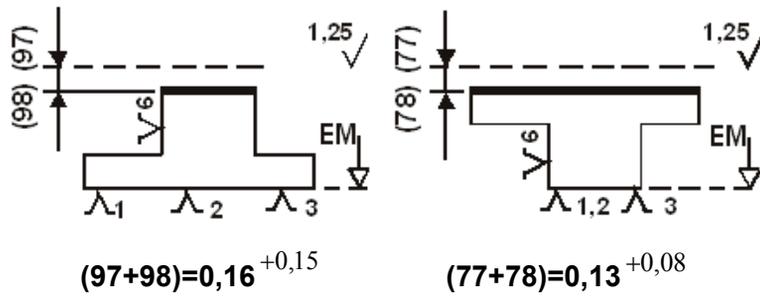


Рис. 6.120. Операция 030 Рис. 6.121. Операция 035

Df=40 мкм — дефектный слой на этой поверхности после операции 005;

P(пр) — пространственные отклонения с предшествующей операции 005.

Величины шероховатостей и глубины дефектного слоя для припусков (97+98) и (77+78) равны: $Rz+Df=40+40=80$ мкм.

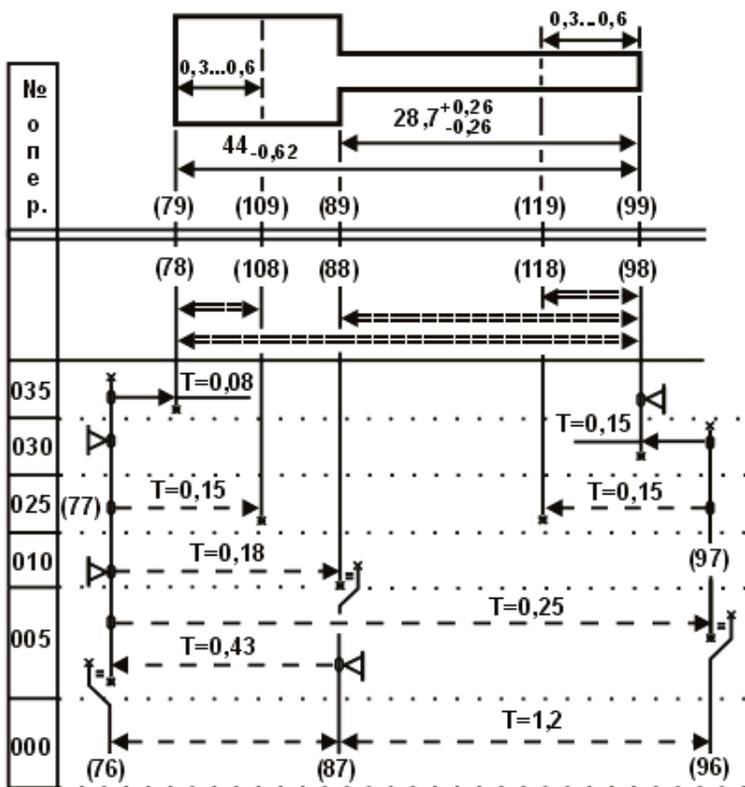


Рис. 6.122. Размерная схема 3. Вариант 1

(97+98). Точность операции предварительного шлифования методом пробных проходов $T(97_98)=0,15$ мм (см. приложение 13, с. 405...406).

При шлифовании поверхности (77) до (78) на операции 035 необходимо снять допуск параллельности, который является частью допуска $T(97_98)$. 30% этого допуска составят величину пространственных отклонений $P(пр)=50$ мкм для расчета минимального припуска (77+78).

Минимально необходимый припуск равен:

$$Rz+Df+P(пр)=0,4+0,4+0,5=0,13 \text{ мм.}$$

Точность операции шлифования при базировании заготовки от прошлифованной поверхности составит $T=0,08$ мм (см. приложение 13).

Операционные эскизы шлифовальных операций со снятием мерного слоя металла помещены на рис. 6.120 и 6.121.

Выполняемым размерам на операциях 030 и 035 необходимо задать следующие конкретные значения:

$Rz=40$ мкм — шероховатость поверхности с предшествующей операции 005;

Df=40 мкм — дефектный слой на этой поверхности после операции 005;

P(пр) — пространственные отклонения с предшествующей операции 005.

Величины шероховатостей и глубины дефектного слоя для припусков (97+98) и (77+78) равны: $Rz+Df=40+40=80$ мкм.

Пространственные отклонения для этих припусков различны.

На первой операции шлифования необходимо удалить погрешности формы в виде отклонений от параллельности между поверхностями (77) и (97), которые возникают после операции 005 и являются частью допуска промежуточного размера (77–97). Обычно техническими требованиями оговаривается допуск параллельности равный 30% допуска на выполняемый размер.

Допуск $T(77_97)=0,25$ мм.

Допуск параллельности можно принять $P(пр)=80$ мкм.

Для операции 030 можно принять минимально необходимую величину припуска

$$Rz+Df+P(пр)=0,04+0,04+0,08=0,16.$$

Эта величина принимается за номинальное значение размера

(97+98). Точность операции предварительного шлифования методом пробных проходов $T(97_98)=0,15$ мм (см. приложение 13, с. 405...406).

При шлифовании поверхности (77) до (78) на операции 035 необходимо снять допуск параллельности, который является частью допуска $T(97_98)$. 30% этого допуска составят величину пространственных отклонений $P(пр)=50$ мкм для расчета минимального припуска (77+78).

Минимально необходимый припуск равен:

$$Rz+Df+P(пр)=0,4+0,4+0,5=0,13 \text{ мм.}$$

Точность операции шлифования при базировании заготовки от прошлифованной поверхности составит $T=0,08$ мм (см. приложение 13).

Значения размеров (97+98) и (77+78) проставлены под эскизами операций на рис. 6.120 и 6.121. Размерная схема варианта 1 построена на рис. 6.122 (см. с. 219).

Точность размеров (77–108) и (118–98) термической операции 025 проставлена из расчета работы с жидким карбюризатором.

В размерной схеме ни один из исходных размеров не выполняется в процессе получения изделия. Подобная ситуация уже рассматривалась в схеме рис. 6.110 (с. 213).

Вариант будет принят к дальнейшему рассмотрению только в том случае, если поля допусков всех исходных размеров будут равны или больше полей рассеяния соответствующих замыкающих звеньев.

Поля рассеяния замыкающих звеньев:

$$1. w[78_108]=T(77_108)+T(77_78)=0,15+0,08=0,23 \text{ мм.}$$

Исходный допуск $T(79_109)=0,3$ мм превосходит величину поля рассеяния;

$$2. w[118_98]=T(98_97)+T(118_97)=0,15+0,15=0,3 \text{ мм.}$$

Исходный допуск $T(119_99)=0,3$ мм равен полю рассеяния замыкающего звена;

$$3. w[78_98]=T(98_97)+T(77_97)+T(77_78)=0,15+0,25+0,08=0,48 \text{ мм.}$$

Исходный допуск $T(79_99)=0,62$ мм больше поля рассеяния замыкающего звена;

$$4. w[88_98]=T(98_87)+T(77_97)+T(77_88)=0,15+0,25+0,18=0,58 \text{ мм.}$$

Исходный допуск $T(89_99)=0,52$ мм меньше величины поля рассеяния.

Запас по полю допуска отрицательный

$$\text{Зап по доп} = T(89_99) - w(88_98) = 0,52 - 0,58 = -0,06 \text{ мм.}$$

Допуск выполняемого размера на операции 030 $T=0,15$ мм.

Допуск выполняемого размера на операции 035 $T=0,08$ мм.

Допуск первого на 0,07 мм превосходит допуск второго и, если шлифовальные операции поменять местами, может возникнуть вариант 2, который способен удовлетворить все требования, предусмотренные в данном примере.

6.5.1.3.2. Упражнение

Построить размерную схему вариант 2.

Рассчитать все промежуточные определяемые размеры.

Эскизы шлифовальных операций см. на рис. 6.123 и 6.124 (см. с. 384).

Размерная схема построена на рис. 6.125 (см. с. 384).

Результаты расчета в табл. 6.5.6 (см. с. 385).

Ответы на с. 384 и 385.

6.5.2. Обработка корпусных деталей с отверстиями

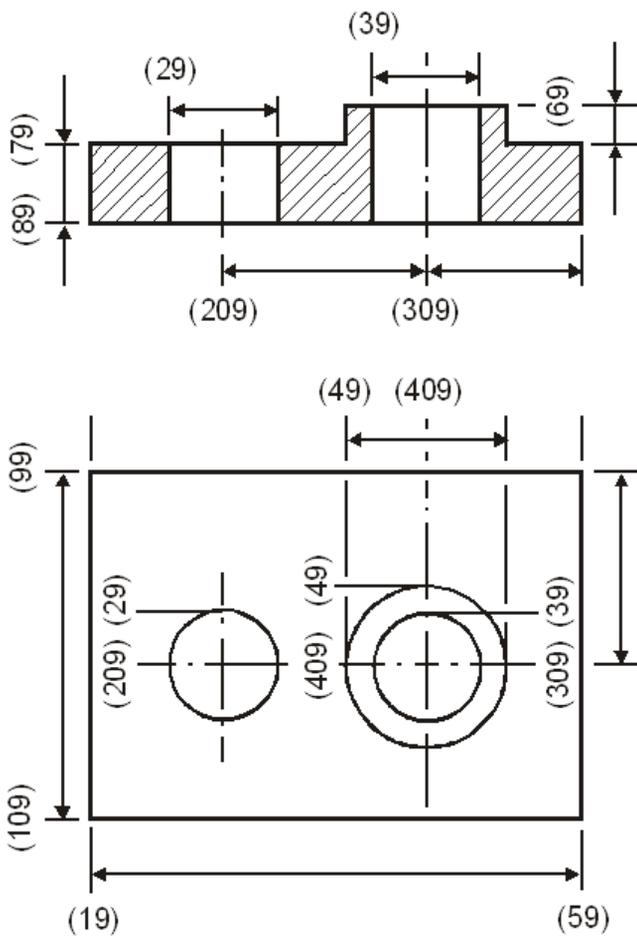
6.5.2.1. Пример 1. Вариант 1

На рис. 6.126 (см. с. 221) приведен эскиз крышки, а в табл. 6.5.7 (см. с. 221) помещена его исходная размерная информация.

Исходная заготовка — отливка (см. рис. 6.127, с. 221).

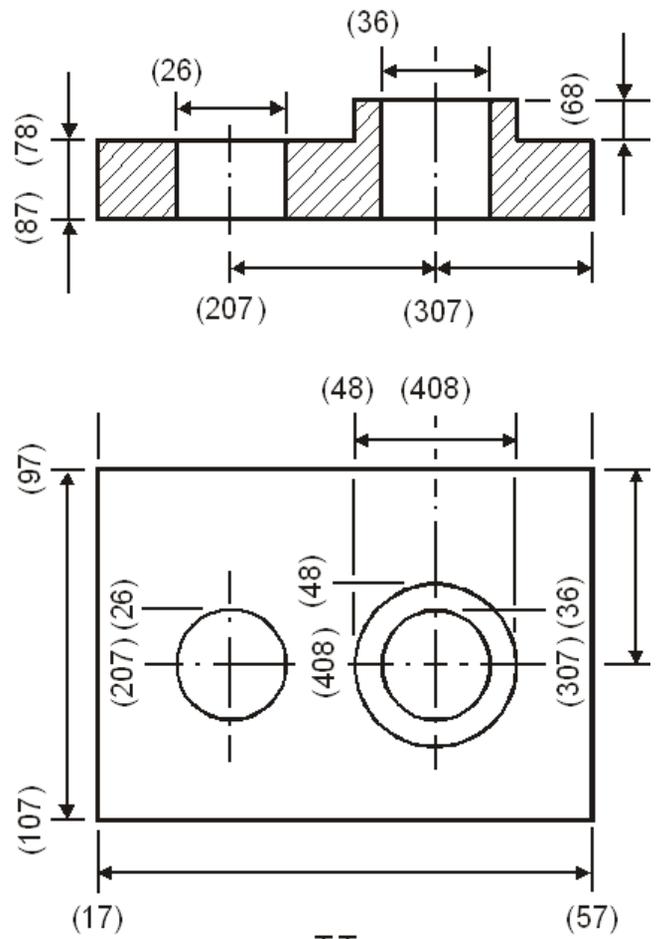
Размеры заготовки и их точность сведены в табл. 6.5.8 (см. с. 222) согласно приложению 31 (см. с. 420...422).

Операционные эскизы помещены на рис. 6.128...6.133 (см. с. 222).



Шероховатость поверхностей (19),(59),(89),(99) и (109) - Rz40.
Шероховатость поверхностей (29) и (39) - Rz20.

Рис. 6.126. Крышка



T.T.

1. На поверхности отливки допускаются дефекты до $Df=1000$ мкм.
2. Шероховатость $Rz=600$ мкм.
3. Допуск $T(17_57)=4$ мм, остальные - 3 мм.

Рис. 6.127. Отливка

Таблица 6.5.7

Исходная размерная информация по эскизу рис. 6.126

Гр у па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание
+	19 59	200,000	0,000	-0,460	199,740	0,230
+	209 309	86,000	0,175	-0,175	86,000	0,175
+	309 59	64,000	0,150	-0,150	64,000	0,150
+	99 109	104,000	0,000	-0,350	103,825	0,175
+	99 309	56,000	0,150	-0,150	56,000	0,150
+	2 (29 209)	52,000	0,300	0,000	52,150	0,150
+	29 209	26,000	0,150	0,000	26,075	0,075
+	2 (39 309)	52,000	0,300	0,000	52,150	0,150
+	39 309	26,000	0,150	0,000	26,075	0,075
+	2 (49 409)	64,000	0,000	-3,000	62,500	1,500
+	49 409	32,000	0,000	-1,500	31,250	0,750

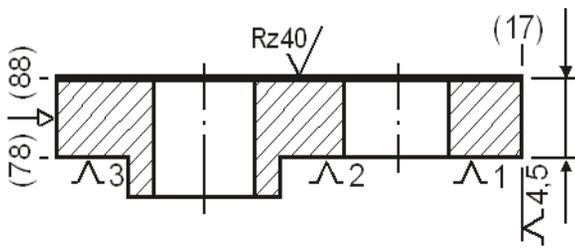


Рис. 6.128. Операция 005

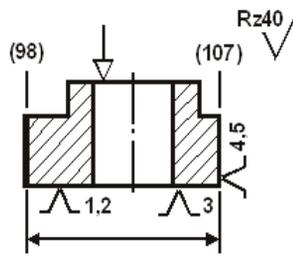


Рис. 6.131. Операция 020

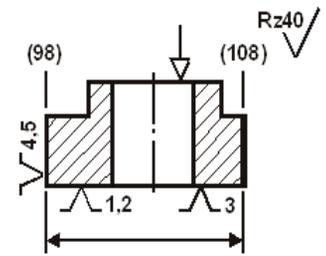


Рис. 6.132. Операция 025

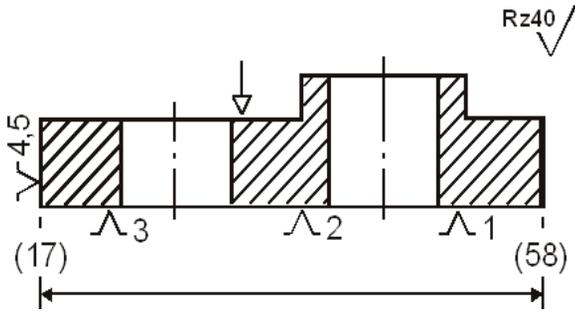


Рис. 6.129. Операция 010

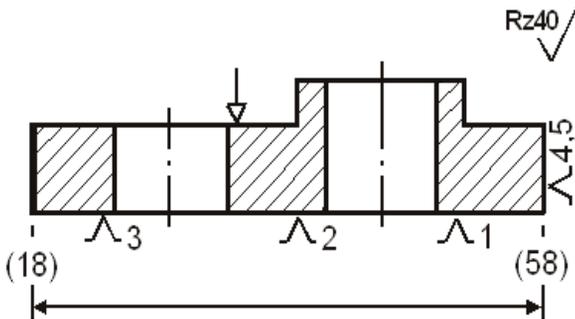
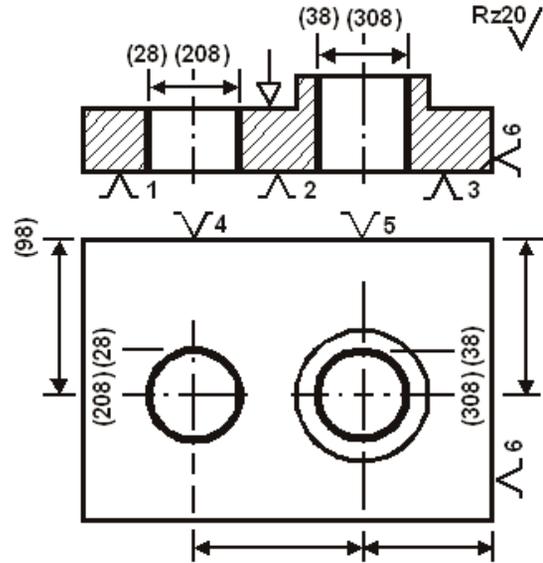


Рис. 6.130. Операция 015



Технологические переходы

1. Расточить два отверстия в размер $2(27-207)=2(37-307)$.
2. Зенкеровать отверстия в размер $2(28+208)=2(38+308)$.

Рис. 6.133. Операция 030

Таблица 6.5.8
Размерная информация по эскизу рис. 6.127 (см. с. 221)

Г р у п па	К о д		Размерная информация				
	левой и правой поверхн. звена		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание
-	17	57		0,000	-4,000		2,000
-	207	408		1,500	-1,500		1,500
-	408	57		1,500	-1,500		1,500
-	97	107		0,000	-3,000		1,500
-	97	408		1,500	-1,500		1,500
-	2(26	207)		3,000	0,000		1,500
-	26	207		1,500	0,000		0,750
-	2(36	307)		3,000	0,000		1,500
-	36	307		1,500	0,000		0,750
+	2(48	408)	64,000	0,000	-3,000	62,500	1,500
+	48	408	32,000	0,000	-1,500	31,250	0,750

На рис. 6.126 (см. с. 221) отсутствует третья проекция детали, но ее можно построить, используя первую и вторую проекции. В данном примере будут подвергнуты анализу только две размерные схемы:

размерная схема 1, которая может быть построена по оси Y с учетом исходных размеров первой и второй проекции;

размерная схема 2, которая может быть построена по оси X с учетом исходных размеров второй проекции.

Операционные эскизы рис. 6.127...6.133 позволяют построить размерную схему проектного варианта технологического процесса механической обработки крышки.

6.5.2.1.1. Размерная схема 1

Размерная схема 1 построена на рис. 6.134.

Каждая из диаметральных поверхностей имеет свою ось. На операции 030 (см. рис. 6.133 и 6.134) первый технологический переход (расточивание) изменяет замыкающие координатные размеры [207–307] и [307–57] осей (307) и (207) исходной заготовки. Появляются новые координатные размеры (208+308) и (308+58) расположения осей (208) и (308), которые не меняют своих значений в процессе второго технологического перехода (зенкерования).

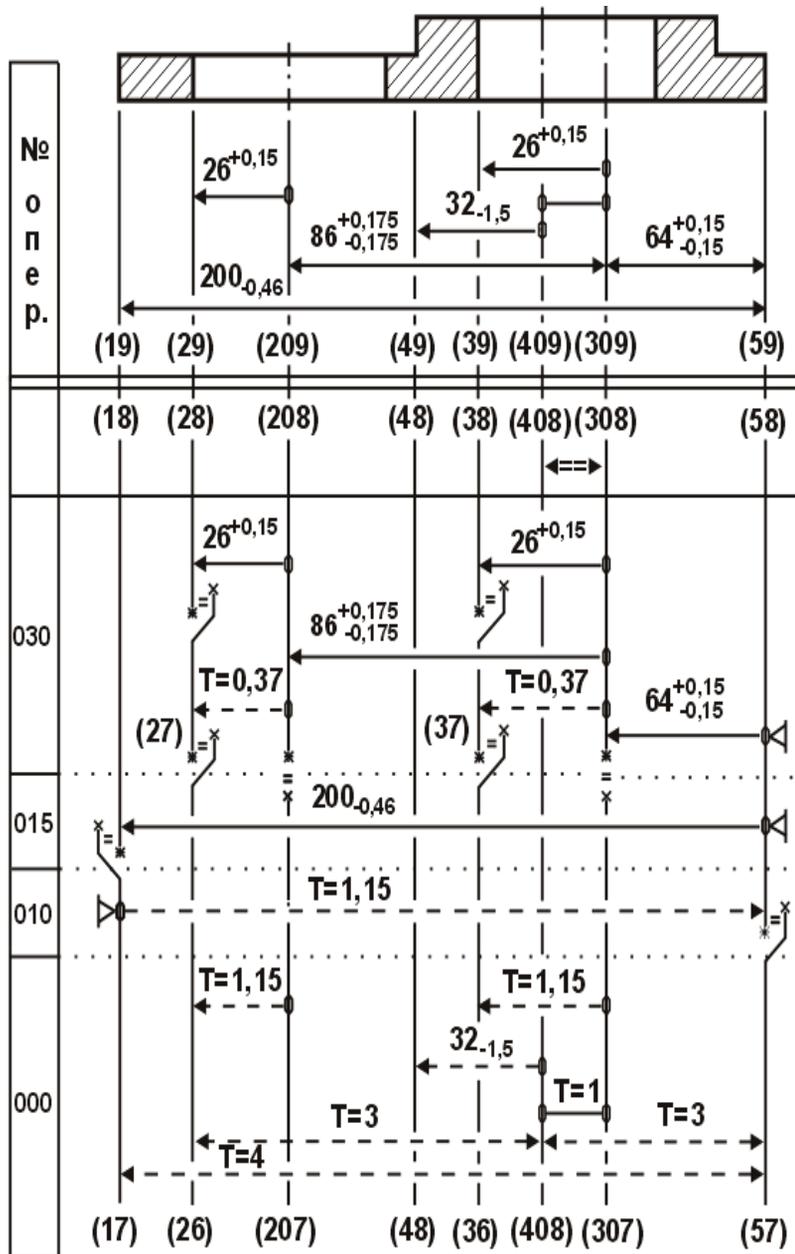


Рис. 6.134. Размерная схема 1. Вариант 1

На операции 030 (см. рис. 6.134) произошел разрыв осей отверстий исходной заготовки. Координатные расположения новых осей построены на вертикалях без условного смещения. Смещение осей в идеале должно колебаться симметрично относительно исходных осей заготовки с номиналом, равным нулю. Величины разрывов осей формируются погрешностями составляющих звеньев в замкнутых контурах, содержащих в качестве замыкающего звена величину разрыва.

Исходные номинальные величины (они же средние значения) разрывов для данного варианта примера равны $[208=207]_{cp}=[308=307]_{cp}=0$.

При построении трансформированного эскиза крышки рис. 6.134 ось (409) наружного диаметра 2(49+409) оказалась расположенной слева от оси (309) отверстия 2(39+309). Положение осей могло быть и противоположным.

В этом варианте примера техническими требованиями на изделие (см. рис. 6.126, с. 221) не оговаривается допуск соосности обработанного отверстия с осью (309) и наружного диаметра с осью (409).

Поэтому в технологическом процессе ни на одной из операций не планировалось непосредственного выполнения и окончательного контроля допусков соосности T(408_308). Эта величина переходит в группу замыкающих звеньев [408=308] с полем рассеяния $w[408_308]$, которое может быть рассчитано из уравнения

$$1. [408=308]=-(308+58) \pm 0,15 + (17-58)_{-1,15} - (17-57)_{-4,0} + (408-57) \pm 1,5, \\ w[408_308]=0,3+1,15+4,0+3,0=8,45 \text{ мм.}$$

Максимально возможная величина отклонения от соосности в этом случае 8,45 мм, а полное радиальное биение — $2[408=308]=16,9$ мм.

Для определения промежуточных операционных размеров необходимо выписать оставшиеся уравнения и определить очередность их расчета.

Уравнения имеют вид:

$$2. [28=27]=-(27-208)^{+0,37} + (28+208)^{+0,15}; \quad 3. [38=37]=-(37-308)^{+0,37} + (38+308)^{+0,15}; \\ 4. [17=18]=-(18+58)_{-0,46} + (17-58)_{-1,15}; \quad 5. [58=57]=+(17-57)_{-4,0} - (17-58)_{-1,15}; \\ 6. [308=307]=+(308+58) \pm 0,15 - (17-58)_{-1,15} + (17-57)_{-4,0} - (408-57) \pm 1,5 + (408+307) \pm 0,5; \\ 7. [208=207]=+(208+308) \pm 0,175 + (308+58) \pm 0,15 - (17-58)_{-1,15} + \\ + (17-57)_{-4,0} - (408-57) \pm 1,5 - (207-408) \pm 1,5.$$

Из уравнений 6 и 7 определяются координатные размеры (408–57) и (207–408) осей (408) и (207) отверстий в исходной заготовке. Если бы техническим требованием на изделие оговаривался допуск соосности T(408_308), то размер (408–57) необходимо определять, используя уравнение 1.

$$8. [37=36]=-(36-307)^{+1,5} + (408+307) \pm 0,5 - (408-57) \pm 1,5 + (17-57)_{-4,0} - \\ - (17-58)_{-1,15} + (308+58) \pm 0,15 - (37-308)^{+0,37}; \\ 9. [27=26]=-(26-207)^{+1,5} - (207-408) \pm 1,5 - (408-57) \pm 1,5 + (17-57)_{-4,0} - \\ - (17-58)_{-1,15} + (308+58) \pm 0,15 + (208+308) \pm 0,175 + (27-208)^{+0,37}.$$

В уравнениях 6...9 по пять и более составляющих звеньев. В зависимости от типа производства эти уравнения могут быть решены методом максимума-минимума или вероятностным методом при соответствующем выборе коэффициентов риска и относительного рассеяния.

6.5.2.1.2. Упражнение

Рассчитать промежуточные операционные (определяемые) размеры по схеме рис. 6.134 (см. с. 223), применяя вероятностный метод расчета для многозвенных цепей.

При вероятностном методе расчета размеров применительно к массовому типу производства используются:

коэффициент риска 3;

коэффициент относительного рассеяния $0,111 = 1/9$.

Расчет определяемых размеров вероятностным методом приведен на с. 386...388, результаты расчета сведены в табл. 6.5.9 (см. с. 226).

Результаты расчета методом максимума-минимума без округления номинальных значений определяемых размеров сведены в табл. 6.5.10 (см. с. 388).

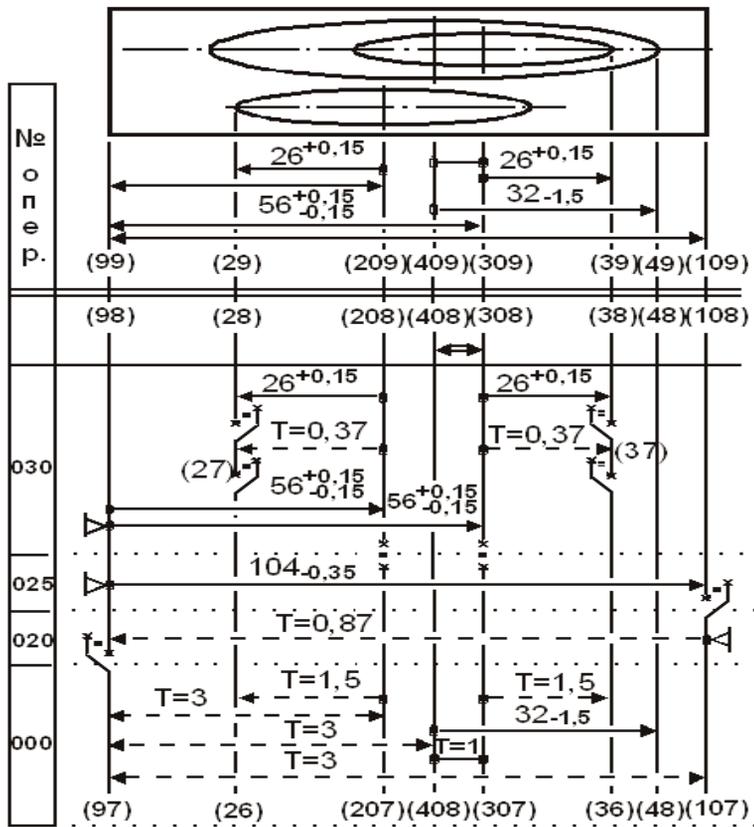


Рис. 6.135. Размерная схема 2. Вариант 1

6.5.2.1.3. Размерная схема 2

Размерная схема 2 варианта 1 (рис. 6.135) построена с использованием второй проекции эскиза крышки (см. рис. 6.126, с. 221) и эскизов технологического процесса (см. рис. 6.131...6.133, с. 222).

Так же как и в размерной схеме 1 (см. рис. 6.134, с. 223) разрывы осей [208=207] и [308=307] оказывают серьезное влияние на колебания припусков [27=26] и [36=37].

Первый вариант размерных схем 1 и 2 не подвергается анализу и синтезу для выявления одного из рациональных решений проектной задачи. Его цель показать порядок построения и расчета технологических размерных цепей при обработке изделий сложной формы с линейными и диаметральными размерами.

Уравнения размерной схемы

2:

$$1. [408=308]=+(98+308) \pm 0,15 - (98-107)_{-0,87} + (97-107)_{-3,0} - (97-408) \pm 1,5,$$

$$w[408_308]=0,3+0,87+3,0+3,0=7,17.$$

Максимально возможная величина отклонения от соосности в этом случае 7,17 мм, а полное радиальное биение — $2[408=308]=14,34$ мм. Для определения промежуточных операционных размеров необходимо выписать оставшиеся уравнения и определить очередность их расчета.

Уравнения имеют вид:

$$2. [28=27]=-(27-208)^{+0,37} + (28+208)^{+0,15}; \quad 3. [37=38]=+(308+37)^{+0,15} - (308-37)^{+0,37};$$

$$4. [108=107]=+(98-107)_{-0,87} - (98+108)_{-0,35}; \quad 5. [97=98]=-(98-107)_{-0,87} + (97-107)_{-3,0};$$

$$6. [208=207]=+(98+208) \pm 0,15 - (98-107)_{-0,87} + (97-107)_{-3,0} - (97-207) \pm 1,5;$$

$$7. [308=307]=+(98+308) \pm 0,15 - (98-107)_{-0,87} + (97-107)_{-3,0} - (97-408) \pm 1,5 - (408+307) \pm 0,5.$$

Из уравнений 6 и 7 определяются координатные размеры (97-408) и (97-207) осей (408) и (207) отверстий в исходной заготовке. Если бы техническим требованием на изделие оговаривался допуск соосности $T(408_308)$, то размер (97-408) необходимо определять, используя уравнение 1.

$$8. [36=37]=+(308-37)^{+0,37} + (98+308) \pm 0,15 - (98-107)_{-0,87} + (97-107)_{-3,0} - (97-408) \pm 1,5 - (408+307) \pm 0,5 - (307-36)^{+1,5};$$

$$9. [27=26]=-(26-207)^{+1,5}+(97-207)\pm 1,5-(97-107)_{-3,0}+(98-107)_{-0,87}-$$

$$-(98+208)\pm 0,15+(27-207)^{+0,37}.$$

Таблица 6.5.9

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 1. Вариант 1

Гр	Код	Размерная информация					Запасы				
		лево	и право	номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	предельных значений		
у	па	звена	значение	верх.	отк.	нижн.	отк.	значение	бание	нижний	верхний
=	28	27		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000			
=	38	37		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000			
+	27	208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185				
+	2(27)	208)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370				
+	37	308	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185				
+	2(37)	308)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370				
=	27	26		1,631	7,789	4,705	3,079	0,031			
=	37	36		1,631	7,089	4,365	2,729	0,031			
=	208	207	0,000	2,956	-3,006	-0,025	2,981				
=	308	307	0,000	2,593	-2,643	-0,025	2,618				
=	17	18		1,650	3,260	2,455	0,805	0,050			
+	17	58	202,800	0,000	-1,150	202,225	0,575				
=	58	57		1,600	6,750	4,175	2,575	0,000			
+	26	207	20,250	1,500	0,000	21,000	0,750				
+	2(26)	207)	40,500	3,000	0,000	42,000	1,500				
+	36	307	20,600	1,500	0,000	21,350	0,750				
+	2(36)	307)	41,200	3,000	0,000	42,700	1,500				
+	207	408	86,000	1,500	-1,500	86,000	1,500				
+	408	57	68,200	1,500	-1,500	68,200	1,500				
+	17	57	208,400	0,000	-4,000	206,400	2,000				

В уравнениях 7...9 по пять и более составляющих звеньев. В зависимости от типа производства эти уравнения могут быть решены методом максимума-минимума или вероятностным методом при соответствующем выборе коэффициентов риска и относительного рассеяния.

6.5.2.1.4. Упражнение

Рассчитать промежуточные операционные (определяемые) размеры, используя схему рис. 6.135 (см. с. 225) вероятностным методом и методом максимума-минимума.

При вероятностном методе расчета размеров применительно к массовому типу производства используются:

коэффициент риска 3;

коэффициент относительного рассеяния $0,111=1/9$.

Расчет определяемых размеров вероятностным методом приведен на с. 388...390, результаты расчета сведены в табл. 6.5.11 (см. с. 228).

Результаты расчета методом максимума-минимума без округления номинальных значений определяемых размеров сведены в табл. 6.5.12 (см. с. 390).

6.5.2.1.5. Упражнение

Анализ результатов расчета двух размерных схем показал самое "узкое" место в предложенном варианте 1 технологического процесса механической обработки крышки. Припуски $[27=26]$ и $[37=36]$ формируются из большого числа составляющих звеньев, достигая среднего значения в размерной схеме 1 (см. табл. 6.5.9, с. 226) до $[27_26]_{cp}=4,705$ мм. С учетом колебания погрешностей максимальное значение этого припуска $[27_26]_{max}=7,789$ мм. Такое же положение с припусками $[27=26]$ и $[36=37]$ в размерной схеме 2 (см. табл. 6.5.11).

Необходимо предложить и проанализировать новые варианты процесса, в которых уравнения с замыкающими звеньями [27=26], [37=36] и [36=37] имели бы возможное наименьшее количество составляющих звеньев с наименьшими полями рассеяния погрешностей.

Ответы и решения на с. 390...396.

6.5.2.2. Пример 2

Допуск соосности наружного 2(49+409) и внутреннего 2(39+309) диаметров крышки (см. рис. 6.126, с. 221) не должен быть более 1 мм. Для этого необходимо после фрезерования плоскости основания (см. операция 005, рис. 6.128, с. 222) на операции 010 выполнять этот допуск при расточке и зенкерованием отверстий. При базировании заготовки используется комплект технологических баз:

обработанная плоскость — установочная база, лишаящая заготовку трех степеней свободы (двух вращений вокруг двух координатных осей и одной степени свободы перемещения вдоль одной из осей);

наружный диаметр бобышки — двойная опорная база. Лишает заготовку двух степеней свободы (двух перемещений вдоль двух координатных осей).

"Черная" поверхность (26) отверстия 2(26–207) — опорная база. Она лишает заготовку одной степени свободы вращения вокруг одной из осей.

В этом примере последовательность обработки поверхностей крышки будет определена из размерных схем 1 и 2.

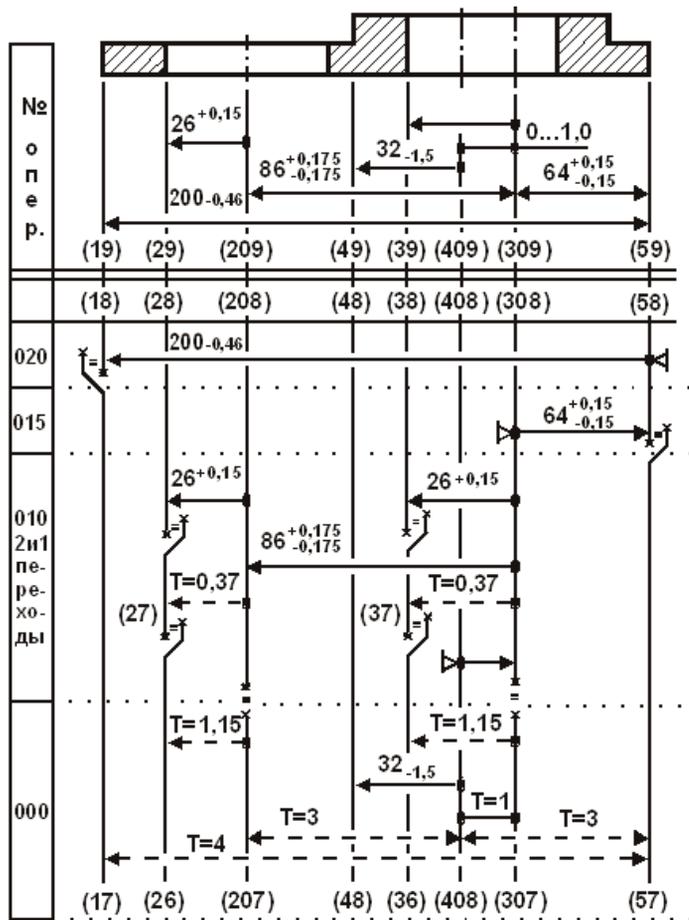


Рис. 6.145. Размерная схема 1

6.5.2.2.1. Размерная схема 1

Размерная схема 1 построена на рис. 6.145. Из размерной схемы 1 можно восстановить последовательность операций и построить их эскизы.

Операция 000

Эскиз исходной заготовки остается без изменений и соответствует эскизу рис. 6.127 (см. с. 221).

Операция 005

Эскиз операции представлен на рис. 6.128 (см. с. 222).

Операция 010

Эскиз на рис. 6.146 (см. с. 228).

Операции 015 и 020

Операционные эскизы выполнены на рис. 6.147 и 6.148 (см. с. 228 и 230).

В размерной схеме рис. 6.145 замыкающими звеньями являются припуски на механическую обработку поверхностей и разрывы осей. Для определения промежуточных технологических размеров необходимо записать и последовательно решить уравнения размерных цепей.

Все это можно представить следующим образом:

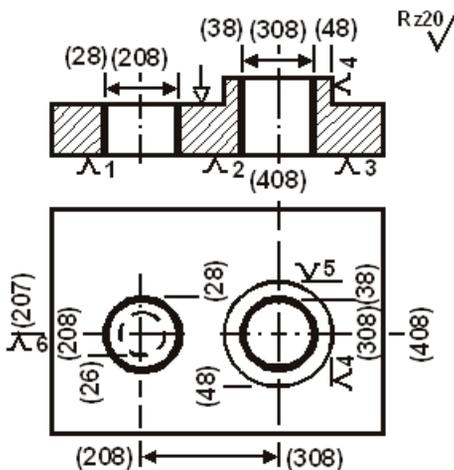
$$2. [28=27] = -(27-208) + (28+208); \quad 3. [38=37] = -(37-308) + (38+308).$$

Минимально необходимые припуски $[28_27]_{\min} = [38_37]_{\min} = 0,08$ мм.

Результаты расчета см. в табл. 6.5.9 (см. с. 226).

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 2

Грппа	Код левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний
=	28	27		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000
=	37	38		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000
+	27	208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185	
+	2(27	208)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370	
+	308	37	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185	
+	2(308	37)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370	
=	108	107		1,630	2,850	2,240	0,610	0,030
=	97	98		1,600	5,479	3,535	1,935	0,000
=	27	26		1,596	6,204	3,900	2,304	-0,004
=	36	37		1,612	6,328	3,970	2,358	0,012
+	98	107	106,500	0,000	-0,870	106,065	0,435	
=	208	207	0,000	3,550	-3,620	-0,035	3,585	
=	308	307	0,000	2,192	-2,262	-0,350	2,227	
+	26	207	21,050	1,500	0,000	21,800	0,750	
+	2(26	207)	42,100	3,000	0,000	43,600	1,500	
+	307	36	21,050	1,500	0,000	21,800	0,750	
+	2(307	36)	42,100	3,000	0,000	43,600	1,500	
+	97	107	111,100	0,000	-3,000	109,600	1,500	
+	97	207	59,500	1,500	-1,500	59,500	1,500	
+	97	408	59,500	1,500	-1,500	59,000	1,500	

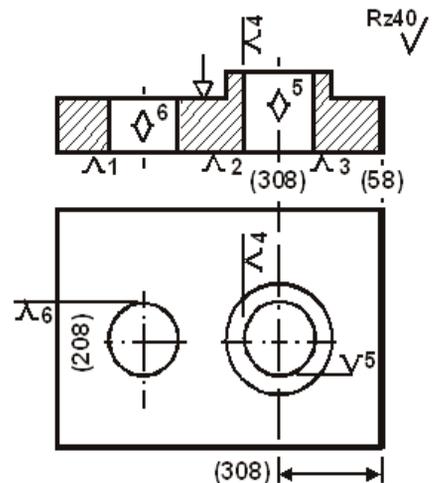


Технологические переходы

1. Расточить два отверстия в размер - 2(27-208)=2(37-308).
2. Зенкеровать отверстия в размер - 2(28+208)=2(38+308).

Допуск соосностей
(208+207)=(408+308)=1 мм.

Рис. 6.146. Операция 010



Комплект баз

1. Установочная. Опорные точки 1,2 и 3.
2. Двойная опорная. Опорные точки 4 и 5.
3. Опорная. Опорная точка 6.

Рис. 6.147. Операция 015

При первоначальной обработке поверхностей исходной заготовки величины минимально необходимых припусков:

$$[27_26]_{\min}=[37_36]_{\min}=[17_18]_{\min}=[58_57]_{\min}=1,6 \text{ мм.}$$

$$5. [58_57]=+(408-57) \pm 1,5 - (408+308) \pm 0,5 - (308+58) \pm 0,15 = \\ =+(408-57) \pm 1,5 - 0 \pm 0,5 - 64 \pm 0,15, [58_57]_{\text{ном}}=1,6+4,3/2 - (+0-0-0)=3,75;$$

3,75=+(408-57)-0-64; (408+57)=67,75. Принимаем (408+57)=67,8±0,15 мм.

$$[58_57]_{\min}=1,6+0,05=1,65; [58_57]_{\max}=1,65+4,3=5,95.$$

$$4. [17=18]=-(18+58)_{-0,46}+(308+58)\pm 0,15+(408+308)\pm 0,5-(408+57)\pm 1,5+(17-57)_{-4,0} =$$

$$=-200_{-0,46}+64\pm 0,15+0\pm 0,5-67,8\pm 1,5+(17-57)_{-4,0},$$

$$w[17_18]=3\sqrt{0,111(0,46^2+0,3^2+1,0^2+3,0^2+4,0^2)}=5,128;$$

$$[17_18]_{\text{ном}}=1,6+2,564-(+0,23+0+0-0-2)=5,934 \text{ мм};$$

5,934=-200+64+0-67,8+(17-57); (17+57)=209,734. Принимаем (17+57)=209,8_{-4,0} мм.

$$[17_18]_{\text{min}}=1,6+0,066=1,666 \text{ мм}; [17_18]_{\text{max}}=1,666+5,128=6,794 \text{ мм}.$$

$$6. [308\#307]=+(408+307)\pm 0,5-(408+308)\pm 0,5=0\pm 0,5-0\pm 0,5=0\pm 1,0.$$

Составляющие звенья уравнения 6 известны. Задача проверочная [#].

$$7. [208=207]=-(207-408)\pm 1,5-(408+308)\pm 0,5+(208+308)\pm 0,175 =$$

$$=-(207-408)\pm 1,5-0\pm 0,5+86\pm 0,175,$$

$$w[208_207]=3,0+1,0+0,35=4,35; \Delta w[208_207]=-0-0+0=0,$$

$$w_0[208_207]=\Delta w[208_207]+w[208_207]/2=0+2,175=+2,175 \text{ мм};$$

$$w_n[208_207]=\Delta w[208_207]-w[208_207]/2=0-2,175=-2,175 \text{ мм};$$

$$[208_207]_{\text{ном}}=[208_207]_{\text{ср}}-\Delta w[208_207]=0-0=0;$$

$$0=-(207-408)-0+86; (207+408)=86. [208=207]=0\pm 2,175, (207+408)=86\pm 1,5 \text{ мм}.$$

Определен координатный размер оси отверстия 2(26-207) в исходной заготовке.

$$8. [37=36]=-(36-307)^{+1,5}+(408+307)\pm 0,5-(408+308)\pm 0,5+(37+308)^{+0,37} =$$

$$=-(36-307)^{+1,5}+0\pm 0,5-0\pm 0,5+25,55^{+0,37},$$

$$[37_36]_{\text{ном}}=1,6+3,87/2-(-0,75+0-0+0,185)=4,1;$$

$$4,1=-(36-307)+0-0+25,55; (36+307)=21,45.$$

Принимаем: (36+307)=21,40^{+1,5}; 2(36+307)=42,8^{+3,0} мм.

$$[37_36]_{\text{min}}=1,6+0,05=1,65, [3736]_{\text{max}}=1,65+3,87=5,52.$$

$$9. [27=26]=-(26-207)^{+1,5}-86\pm 1,5-0\pm 0,5+86\pm 0,175+25,55^{+0,37},$$

$$w[27_26]=3\sqrt{0,111\cdot(1,5^2+3,0^2+1,0^2+0,35^2+0,37^2)}=3,536;$$

$$[27_26]_{\text{ном}}=1,6+1,768-(-0,75-0-0+0+0,185)=3,933;$$

$$3,933=-(26-207)-86-0+86+25,55; (26+207)=21,617.$$

Принимаем: (26+207)=21,6^{+1,5}; 2(26+207)=43,2^{+3,0} мм.

$$[27_26]_{\text{min}}=1,6+0,017=1,617; [37_36]_{\text{max}}=1,617+3,536=5,153 \text{ мм}.$$

Результаты вероятностного расчета в табл. 6.5.16 (см. с. 230).

6.5.2.2.2. Размерная схема 2

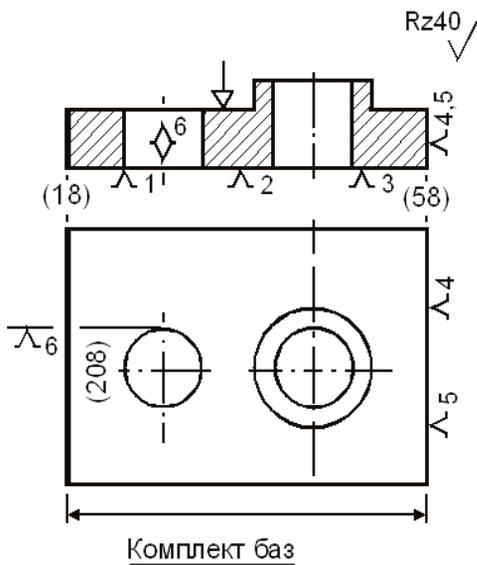
Для построения размерной схемы 2 необходим еще один эскиз технологической операции 025, которая может быть выполнена либо за два технологических перехода, либо за один сложный, либо два перехода могут быть выполнены за две операции.

На рис. 6.149 показан эскиз операции 025, которая состоит из двух технологических переходов.

Таблица 6.5.16

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 1

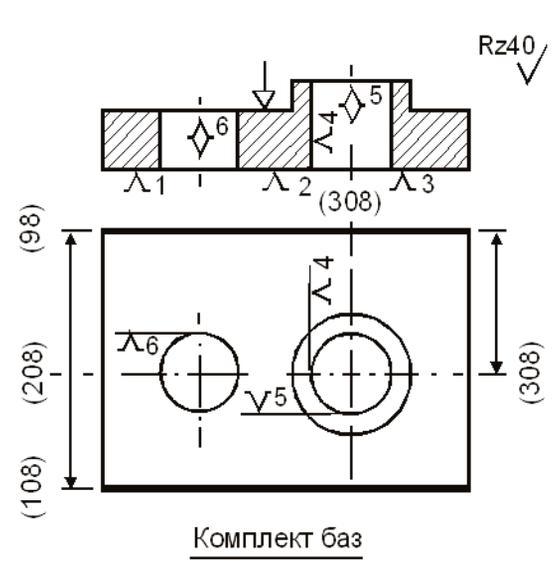
Гр	Код	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		лево-правой по верхн. звена	номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний
=	17 18		1,666	6,794	4,230	2,564	0,066	
=	58 57		1,650	5,950	3,800	2,150	0,050	
=	28 27		0,080	0,600	0,340	0,260	0,000	
=	38 37		0,080	0,600	3,340	0,260	0,000	
+	27 208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
+	2(27 208)	51,100	0,740	0,000	51,470	0,370		
+	37 308	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
+	2(37 308)	51,100	0,740	0,000	51,470	0,370		
=	27 26		1,617	5,153	3,385	1,768	0,017	
=	37 36		1,650	5,520	3,585	1,935	0,050	
=	208 207	0,000	2,175	-2,175	0,000	2,175		
#	308 307	0,000	1,000	-1,000	0,000	1,000		
+	26 207	21,600	1,500	0,000	22,350	0,750		
+	2(26 207)	43,200	3,000	0,000	44,700	1,500		
+	36 307	21,400	1,500	0,000	22,150	0,750		
+	2(36 307)	42,800	3,000	0,000	44,300	1,500		
+	207 408	86,000	1,500	-1,500	86,600	1,500		
+	408 57	67,800	1,500	-1,500	67,800	1,500		
+	17 57	209,800	0,000	-4,000	207,800	2,000		



Комплект баз

1. Установочная. Опорные точки 1,2 и 3.
2. Направляющая. Опорные точки 4 и 5.
3. Опорная. Опорная точка 6.

Рис. 6.148. Операция 020



Комплект баз

1. Установочная. Опорные точки 1,2 и 3.
2. Двойная опорная. Опорные точки 4 и 5.
3. Опорная. Опорная точка 6.

Рис. 6.149. Операция 025

Упрощенная размерная схема 2 построена на рис. 6.150 (см. с. 231).

В реальной операции 025 базирование заготовки на сочетание поверхностей (208) и (308) повлечет за собой выполнение двух размеров (98+208) и (98+308) с двумя различными величинами припусков [97=98].

Такое положение диктует расчет двух различных величин габаритного размера (97-107) исходной заготовки. Все это требует особых приемов построения, кодирования и расчета технологических размерных цепей, которые будут описаны и показаны в одной из следующих глав учебного пособия.

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 2 в табл. 6.5.17 (см. с. 231).

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 2

Грппа	Код левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	28	27		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000	
=	37	38		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000	
+	27	208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
+	2(27	208)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370		
+	308	37	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
+	2(308	37)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370		
=	108	107		1,683	6,067	3,875	2,192	0,083	
=	97	98		1,650	5,950	3,800	2,150	0,050	
=	27	26		1,650	4,520	3,085	1,435	0,050	
=	36	37		1,650	5,520	3,585	1,935	0,050	
#	308	307	0,000	1,002	-1,000	0,000	1,000		
+	26	207	21,900	1,500	0,000	22,650	0,750		
+	2(26	207)	43,800	3,000	0,000	45,300	1,500		
+	307	36	21,400	1,500	0,000	22,150	0,750		
+	2(307	36)	42,800	3,000	0,000	44,300	1,500		
+	97	107	113,000	0,000	-3,000	111,500	1,500		
+	97	207	59,800	1,500	-1,500	59,800	1,500		
+	97	408	59,800	1,500	-1,500	59,800	1,500		

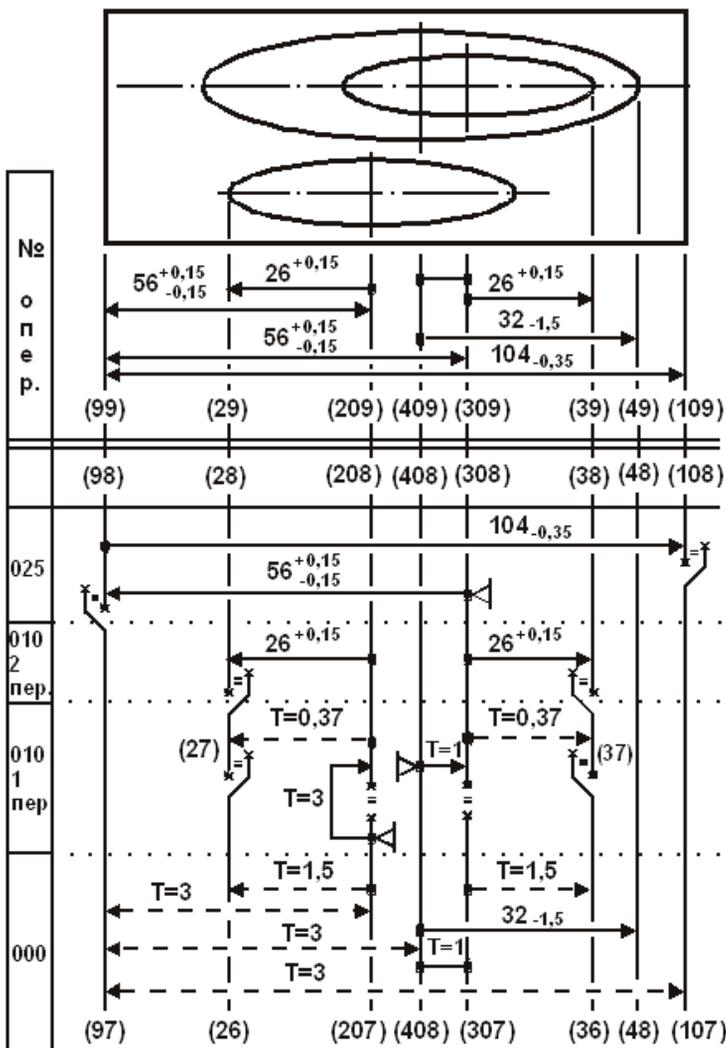


Рис. 6.150. Упрощенная размерная схема 2

Результаты расчета упрощенной схемы 2 приведены в табл. 6.5.17.

Радиусы (диаметры) отверстий исходной заготовки выбираются сравнением из результатов расчета размерных схем двух проекций. Наименьший из них обеспечит получение окончательного отверстия без следов от предшествующих операций.

7. Автоматизированный расчет размерных цепей

К настоящему времени выделились два направления применения средств вычислительной техники в машиностроении: автоматизация производственных процессов и автоматизация инженерного труда.

Первое направление — это оборудование с числовым программным управлением, гибкие производственные комплексы и системы.

Второе — системы автоматизированного проектирования изделий и технологии их изготовления, автоматизированные системы управления технологическими процессами и производством.

Решение задач технологического проектирования с помощью ЭВМ представляет собой моделирование деятельности разработчика. Множество частных технологических задач, к последовательному решению которых сводится деятельность технолога при проектировании технологического процесса, можно разделить на две группы.

В отдельную группу выделяются задачи, называемые расчетными. К ним относятся задачи по определению припусков на механическую обработку, операционных промежуточных размеров, режимов резания и норм времени. Решение таких задач сводится к выполнению расчетов по формулам, т. е. решение их достаточно формализовано. Для них нетрудно составить формальный алгоритм, позволяющий решать эти задачи с использованием ЭВМ.

Формализованные технологические задачи являются первыми, для которых были созданы методы решения на ЭВМ, реализованные на промышленном уровне. Однако доля таких задач при технологическом проектировании мала.

Большую часть составляют задачи, которые условно называют нерасчетными (выбор методов обработки, типа оборудования, вида инструмента, назначение схемы базирования, способа установки заготовки на станке, формирование состава технологических операций, определение последовательности операций и технологических переходов, выбор метода или способа получения исходной заготовки и т. д.). Для этих задач пока нет формальных методов решения, т. е. не установлены функциональные соотношения или алгоритмы, позволяющие формально, без привлечения интуиции и опыта разработчика, решать их для заданного набора исходной информации.

Задачи размерного анализа, рассматриваемые с позиции теории автоматизированного проектирования, относятся к группе расчетных задач. Поэтому методическое обеспечение и разрабатываемое на его базе алгоритмическое и информационное обеспечение систем автоматизации размерного анализа достаточно компактно.

Система размерного анализа представляет собой математическую модель взаимосвязей допусков, полей рассеяния, номиналов назначаемых и выполняемых размеров. Она предназначена для автоматизированного расчета конструкторских и технологических размерных цепей в режиме диалога с ЭВМ при оперативной коррекции списка исходных данных, организации архива пользователя и печати результатов расчета.

При работе с системой предусмотрены следующие возможности. Организация архива пользователя; поиск исходных данных в организованном архиве. Выбор метода расчета размерных цепей. Ввод исходной информации в режиме построчного редактора с одновременной записью параметров каждого вновь вводимого звена в организованный архив. Синтаксический контроль над вводимой информацией. При необходимости предусмотрен вывод исходной информации на экран видеотерминала или на печатающее устройство.

Предусмотрена коррекция: метода расчета; числа составляющих звеньев для вероятностных расчетов; параметров размерной информации звеньев с произвольным доступом к любому из них.

Размерные расчеты сопровождаются. Проверкой количества введенных звеньев и поверхностей, ограничивающих эти звенья с левой и правой стороны звена. Проверкой количества замыкающих и составляющих определяемых звеньев; проверкой замкнутости контуров. Выявлением поверхностей, не входящих в уравнения размерной схемы. Выявлением уравнений размерных цепей, решенных различными методами. Группированием замкнутых контуров, решенных как система уравнений. Выделением из общего списка исходных данных определяемых звеньев, номинальный размер которых не может быть найден при решении данной задачи.

Расчет размерных цепей завершается печатью списка исходных данных и всех уравнений, участвующих в решении задачи, а также результатов расчета с анализом запасов по наименьшим и наибольшим предельным значениям замыкающих звеньев в сравнении с исходными значениями.

7.1. Кодирование исходной информации для расчета на ЭВМ.

Условные обозначения. Группы звеньев

В Южно-Уральском государственном университете под руководством профессора Матвеева В. В. разработан пакет прикладных программ (ППП) для автоматизированного расчета (АР) размерных цепей [8...12]. Используя основные алгоритмы расчета и методику кодирования исходной информации пакета, выпускники университета: Выбойщик А. В., Гладков А. С., Зайончик Л. Л., Медведев Е. Г., Пугач Е. В., Пугач П. Г., Сухин А. Л., Фадюшин О. С., Хасанов А. М. и автор данного пособия разработали несколько вариантов расчета конструкторских и технологических размерных цепей под общим названием ППП «КурсАР» (Курс Автоматизированного Расчета).

Каждый из вариантов имеет определенные преимущества и назначения.

Пакет ориентирован на пользователя-непрограммиста и реализован на ЭВМ с операционной средой MS DOS и Windows. Языки программирования: Fortran, Delphi, Borland C++ Builder. Один из вариантов ППП Visual KursAR показан в приложении 37 (см. с. 425).

Условные обозначения:

- (18_48)** — составляющее звено размерной цепи (РЦ);
- (18)** — код (номер) левой границы звена (число цифр не более пяти);
- (48)** — код (номер) правой границы звена (число цифр не более пяти);
- 2(3_4)** — диаметральный размер звена или полное радиальное биение;
- (3_4)ном** — номинальное значение звена РЦ;
- (3_4)ср** — среднее значение звена РЦ;
- (3+4)** — известное составляющее звено РЦ;
- (1-4)** — определяемое составляющее звено РЦ;
- (5-6)** — заменяющее звено с известными предельными отклонениями;
- [1_2]** — замыкающее звено РЦ;
- [1#2]** — замыкающее звено обратной (проверочной) задачи;
- [1=2]** — замыкающее звено при решении прямой (проектной) задачи;
- {5-6}** — заменяющее-замыкающее звено;
- T(3_4)** — поле допуска исходного или составляющего звена;
- T(3_4)/2** — полуколебание поля допуска составляющего звена;
- w[1_2]** — поле рассеяния замыкающего звена;
- w[1_2]/2** — полуколебание поля рассеяния замыкающего звена;
- T(5-6)** — поле допуска заменяющего звена;
- W{5-6}** — поле рассеяния заменяющего-замыкающего звена;
- во(3_4)** — верхнее предельное отклонение составляющего звена;
- но(3_4)** — нижнее предельное отклонение составляющего звена;
- во[1_2]** — верхнее предельное отклонение замыкающего звена;
- но[1_2]** — нижнее предельное отклонение замыкающего звена;
- во(5-6)** — верхнее предельное отклонение заменяющего звена;
- но(5-6)** — нижнее предельное отклонение заменяющего звена;
- (3_4)min** — наименьший предельный размер составляющего звена;
- (3_4)max** — наибольший предельный размер составляющего звена;
- [1_2]min** — наименьший предельный размер замыкающего звена;
- [1_2]max** — наибольший предельный размер замыкающего звена;
- (5-6)min** — наименьший предельный размер заменяющего звена;
- (5-6)max** — наибольший предельный размер заменяющего звена;
- {5-6}min** — наименьший предельный размер заменяющего-замыкающего звена;
- {5-6}max** — наибольший предельный размер заменяющего-замыкающего звена;
- Δ 0(3_4)** — координата середины поля допуска составляющего звена;
- Δ w[1_2]** — координата середины поля рассеяния замыкающего звена;
- Зап по min** — запас по наименьшему предельному значению замыкающего звена;
- Зап по max** — запас по наибольшему предельному значению замыкающего звена.

При подготовке исходной информации запись размеров осуществляется с помощью цифровых кодов, которые предусматривают возможность ввода в ЭВМ всех разновидностей звеньев цепей, причем каждое замыкающее и составляющее звено относится к одной из десяти групп (см. табл. 7.1 и 7.2).

Размерная цепь фиксируется только тогда, когда в контур из составляющих размеров включено замыкающее звено. Это звено является исходным при постановке задачи или получается последним в результате ее решения.

Таблица 7.1

Группы замыкающих звеньев

0	#	Расч	Звено, исходные параметры которого не заданы, но могут быть установлены в результате расчета его предельные значения
1	#	Пров	Звено с заданными для проверки предельными значениями
2	=	Мин	Звено с заданным наименьшим предельным значением
3	=	Сред	Звено с заданным средним значением
4	=	Макс	Звено с заданным наибольшим предельным значением
5	~	3-3	Звено, с помощью которого заменяются составляющие звенья в цепи с компенсирующимися погрешностями

Таблица 7.2

Группы составляющих звеньев

6	-	Опр	Звено с заданными предельными отклонениями, номинальное значение которого определяется расчетом
7	+	ИзвП	Звено - промежуточный операционный размер с известным номинальным значением и предельными отклонениями
8	+	ИзвО	Звено - окончательный операционный размер с известным номинальным значением и предельными отклонениями
9	+	ИзвЧ	Исходный чертежный размер

7.1.1. Группы замыкающих звеньев

При расчете размерных цепей могут решаться прямая (проектная) и обратная (проверочная) задачи.

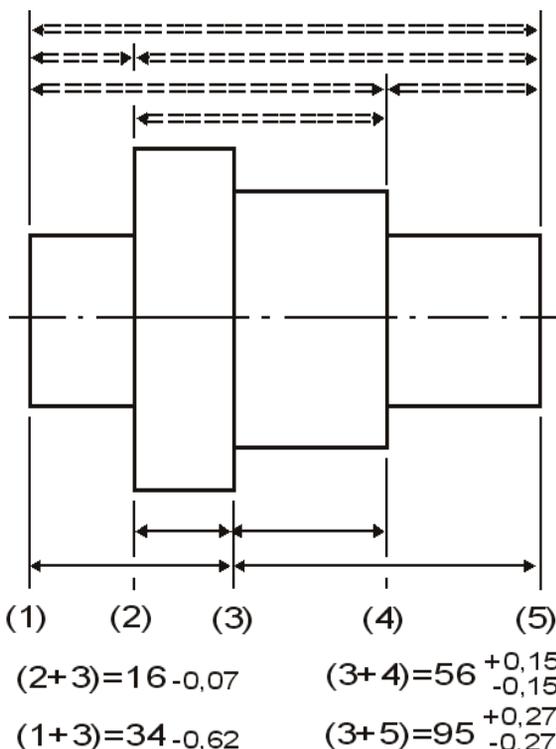


Рис. 7.1. Эскиз вала и схема подетальных размерных цепей

В результате постановки прямой задачи при проектировании, изготовлении или измерении конкретных изделий заранее назначаются параметры замыкающего звена (номинальный размер и допустимые отклонения или предельные значения). В этом случае возникает понятие исходное звено. Параметры составляющих звеньев (номинальные размеры, допуски, координаты середин полей допусков и предельные отклонения) определяются решением поставленной задачи.

Решая обратные задачи, исходят из значений номинальных размеров, допусков, координат их середин, отклонений составляющих звеньев, определяются те же характеристики замыкающего звена, либо при необходимости определения погрешности замыкающего звена, определяются поле рассеяния, координата его середины или границы отклонений на основании аналогичных данных составляющих звеньев.

7.1.1.1. Группы замыкающих звеньев при решении обратных (проверочных) задач

7.1.1.1.1. Группа 0

Простейшие случаи решения проверочных задач возникают в поддетальных цепях, когда выявляются и фиксируются различные размерные связи между элементами (поверхностями) одной и той же детали.

На эскизе вала (см. рис. 7.1, с. 234) между пятью торцовыми поверхностями построены четыре линейных размера, которые являются известными составляющими звеньями для нескольких замыкающих звеньев.

Параметры этих звеньев могут быть определены после нахождения замкнутых контуров и решения уравнений.

Уравнения с проверяемыми замыкающими звеньями по размерной схеме рис. 7.1 имеют вид:

$$[1\#5]=+(3+5)+(1+3)=+95 \pm 0,27 + 34_{-0,62} = 129_{-0,89}^{+0,27};$$

$$[1\#2]=-(2+3)+(1+3)=-16_{-0,07} + 34_{-0,62} = 18_{-0,62}^{+0,07};$$

$$[4\#5]=+(3+5)-(3+4)=+95 \pm 0,27 - 56 \pm 0,15 = 39 \pm 0,42;$$

$$[2\#5]=+(3+5)+(2+3)=+95 \pm 0,27 + 16_{-0,07} = 111_{-0,34}^{+0,27};$$

$$[1\#4]=+(3+4)+(1+3)=+56 \pm 0,15 + 34_{-0,62} = 90_{-0,77}^{+0,15};$$

$$[2\#4]=+(3+4)+(2+3)=+56 \pm 0,15 + 16_{-0,07} = 72_{-0,22}^{+0,15}.$$

При решении обратных (проверочных) задач замыкающие звенья в уравнениях выделяются символом "#".

В этом примере ранее неизвестные замыкающие звенья, параметры которых определены в результате решения уравнений с известными составляющими звеньями во всех размерных цепях, относятся к группе 0.

В сборочных соединениях готового изделия часто необходимо выявить и зафиксировать размерные связи, которые имеют место между составными частями изделия.

Размерная разность между внутренним диаметром втулки и наружным диаметром вала является замыкающим звеном группы 0.

Определяемая разность позволяет оценить надежность соединения с зазором или натягом.

Параметры наиболее важных исходных звеньев непосредственно проставляются на сборочных чертежах изделий и участвуют в решении прямой задачи по определению размеров отдельных элементов деталей.

Эти же параметры оказывают влияние на порядок простановки размеров между поверхностями детали. Однако основная масса замыкающих размеров-звеньев не попадает в число исходных. Их значения могут быть определены после подстановки известных размеров деталей, входящих своими элементарными поверхностями в качестве составляющих звеньев в контур определяемого замыкающего звена нулевой группы.

На рис. 7.2 (см. с. 236) левая и правая торцовые поверхности втулки выступают за пределы корпуса на величины, которые могут быть определены из уравнений:

$$[1\#2]=-(2+3)+(1+3)=-6,6 \pm 0,18 + 8_{-0,36} = 1,4_{-0,54}^{+0,18} \text{ мм};$$

$$[4\#5]=+(1+5)-(1+3)+(2+3)-(2+4)=+60_{-0,74} - 8_{-0,36} + 6,6 \pm 0,18 - 56_{-0,46} = 2,6_{-0,92}^{+1,00} \text{ мм}.$$

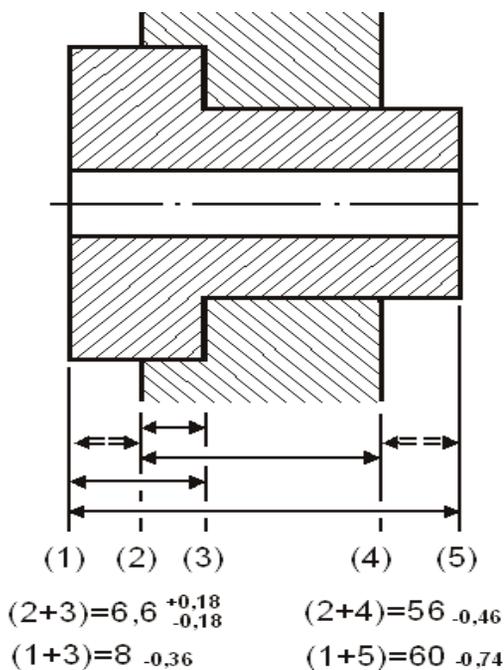


Рис. 7.2. Эскиз и размерная схема сборочного соединения

В проверочной задаче по сборочному соединению замыкающие звенья [1#2] и [4#5] отнесены к группе 0. Их параметры определены без сравнения с исходными величинами, которые могли быть заданы на этапе проектирования. Перевод подобных замыкающих звеньев сборочных соединений в число исходных с последующим решением прямых (проектных) задач приводит к существенному снижению металлоемкости изделий. Замыкающие звенья группы 0 могут определяться как промежуточные размеры на любом этапе разработки технологического процесса. На рис. 7.3 построена размерная схема действующего процесса механической обработки втулки (см. рис. 7.2), состоящая из автоматноточарной операции 005 и токарно-револьверной 010 операции.

В верхней части схемы помещены линейные чертежные размеры втулки.

В действующем процессе все промежуточные и окончательные технологические размеры известны (составляющие звенья).

В роли замыкающих размеров звеньев могут выступать: чертежные размеры изделия, которые не попали в разряд окончательных; припуски; технические требования; расход металла и другие.

Из размерной схемы рис. 7.3 можно выделить замыкающие размеры:

[18#38] — непосредственно невыполняемый чертежный размер;

[17#18] — припуск на подрезание торцевой поверхности;

[16#37] — расход металла на одно изделие.

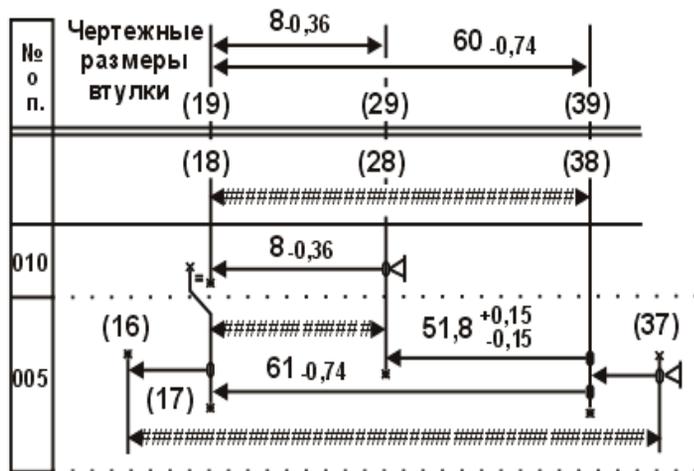


Рис. 7.3. Схема технологического процесса

Если все замыкающие размеры-звенья закодировать группой 0, то в процессе автоматизированного решения проверочной задачи будут определены либо наибольшие и наименьшие предельные значения звеньев, либо номинальный размер и предельные отклонения по уравнениям:

$$1. [18\#38]=+(28+38)+(18+28)=+51,8 \pm 0,15 + 8 \begin{matrix} +0,15 \\ -0,36 \end{matrix} = 59,8 \begin{matrix} +0,15 \\ -0,51 \end{matrix} \text{ мм,}$$

$$w[18_38]=0,66 \text{ мм, } [18_38]_{\min}=59,29 \text{ мм, } [18_38]_{\max}=59,95 \text{ мм;}$$

$$2. [17\#18]=-(18+28)-(28+38)+(17+38)=-8 \begin{matrix} -0,36 \\ -0,36 \end{matrix} - 51,8 \pm 0,15 + 61 \begin{matrix} -0,74 \\ -0,74 \end{matrix} = 1,2 \begin{matrix} +0,51 \\ -0,89 \end{matrix} \text{ мм;}$$

$$w[17_18]=1,4 \text{ мм, } [17_18]_{\min}=0,31 \text{ мм, } [17_18]_{\max}=1,71 \text{ мм;}$$

$$3. [16\#37]=+(38+37)+(17+38)+(16+17)=+0,5 \begin{matrix} +0,5 \\ +0,5 \end{matrix} + 61 \begin{matrix} -0,74 \\ -0,74 \end{matrix} + 4 \pm 0,15 = 65,5 \begin{matrix} +0,65 \\ -0,89 \end{matrix} \text{ мм;}$$

$$w[16_37]=1,54; [16_37]_{\min}=64,61; [16_37]_{\max}=66,15 \text{ мм.}$$

Программа автоматизированного расчета позволяет определить справочные размеры, которые формируются по ходу технологического процесса. В размерной схеме рис. 7.3 (см. с. 236) таким размером является высота фланца [17#28] после автоматноточарной операции. Этот размер в процессе обработки втулки непосредственно не выполняется и не контролируется, но будет участвовать в расчетах под кодом группы 0 из уравнения:

$$4. [17\#28]=-(28+38)+(17+38)=-51,8 \pm 0,15 + 61_{-0,74} = 9,2_{-0,89}^{+0,15} \text{ мм.}$$
$$w[17_28]=1,04; [17_28]_{\min}=8,31; [17_28]_{\max}=9,35 \text{ мм.}$$

Если при решении проверочной задачи с использованием автоматизированного расчета нет необходимости в сравнении полученных результатов с исходными параметрами размеров (или данные исходных параметров отсутствуют), то определяемые замыкающие размеры кодируются группой 0.

7.1.1.1.2. Группа 1

Если при решении проверочной задачи исходные значения размеров сравниваются с расчетными результатами, то такие звенья следует кодировать группой 1. В этом случае кроме основных параметров замыкающего звена будут рассчитаны их запасы по наименьшему и наибольшему предельным значениям. На рис. 7.2 (см. с. 236) выход торцовых поверхностей втулки за пределы корпуса не ограничивается исходными параметрами. Достаточно назначить их значения:

$$(1_2)_{\min}=(4_5)_{\min}=1; (1_2)_{\max}=(4_5)_{\max}=2 \text{ мм; } T(1_2)=T(4_5)=1 \text{ мм,}$$

а замыкающие размеры-звенья [1#2] и [4#5] закодировать группой 1, и автоматизированный расчет даст сравнительные величины запасов. Используя результаты расчета предельных значений замыкающих звеньев и исходные значения размеров, можно показать величины запасов по наименьшим и наибольшим предельным размерам рассчитанных величин.

$$[1\#2]=1,4_{-0,54}^{+0,18} \text{ мм, } [1_2]_{\min}=0,86; [1_2]_{\max}=1,58; w[1_2]=0,72 \text{ мм.}$$

Запасы по наименьшему и наибольшему предельным размерам:

$$[1_2]_{\min}-(1_2)_{\min}=0,86-1=-0,14 \text{ мм; } (1_2)_{\max}-[1_2]_{\max}=2-1,58=+0,42 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния $w[1_2]=0,72$ мм меньше поля допуска $T(1_2)=1,0$ мм, но сдвинуто за пределы наименьшего исходного размера с отрицательным запасом. По этому параметру в сборочном соединении возможен брак. Последующим расчетом проектной задачи можно определить новый размер одного из составляющих звеньев и исключить бракованную продукцию.

Запасы у замыкающего звена [4#5]:

$$[4\#5]=2,6_{-0,92}^{+1,00}; [4_5]_{\min}=1,68; [4_5]_{\max}=3,6; w[4_5]=1,92 \text{ мм;}$$

$$\text{Зап по min: } [4_5]_{\min}-(4_5)_{\min}=1,68-1,0=+0,68 \text{ мм;}$$

$$\text{Зап по max: } (4_5)_{\max}-[4_5]_{\max}=2,0-3,6=-1,6 \text{ мм.}$$

При существующих значениях составляющих звеньев, когда поле рассеяния превосходит поля допуска $T(4_5)=1,0$ мм, избавиться от отрицательного запаса по наибольшему предельному значению замыкающего звена невозможно. Подобный анализ проводится при автоматизированном расчете замыкающих размеров-звеньев, закодированных группой 1 в технологических цепях.

В размерной схеме рис. 7.3 (см. с. 236) все замыкающие звенья были отнесены к нулевой группе.

Звенья [18#38] и [17#18] могут иметь в процессе механической обработки реальные исходные значения, позволяющие при подготовке данных для автоматизированного расчета кодировать их группой 1.

Чертежные исходные параметры размера (19+39) сравниваются с рассчитанными параметрами звена [18#28] и определяются знаки и величины запасов:

$$\text{Зап по min: } [18_38]_{\min} - (19_39)_{\min} = 59,29 - 59,26 = +0,03 \text{ мм};$$

$$\text{Зап по max: } (19_39)_{\max} - [18_38]_{\max} = 60 - 59,95 = +0,05 \text{ мм}.$$

Положительные запасы показывают, что поле рассеяния $w[18_38] = 0,66$ мм меньше чертежного поля допуска $T(19_39) = 0,74$ мм и не выходит за его пределы. Невыполняемый размер получается в процессе обработки. Минимально необходимая величина припуска при подрезании торца на операции 010 состоит из высоты шероховатости и дефектного поверхностного слоя металла, которые образовались после отрезки заготовки на предшествующей операции 005. Если для получения новой поверхности без следов от предшествующей операции достаточно 0,16 мм, то эта минимально необходимая величина припуска может являться исходным наименьшим предельным значением $(17_18)_{\min} = 0,16$ мм. Величина исходного наибольшего предельного значения припуска $(17_18)_{\max}$ могла быть оговорена как наибольшая допустимая глубина резания, ограниченная режимами, конструкцией инструмента, мощностью оборудования и др.

Предположим, что исходное значение $(17_18)_{\max} = 1,2$ мм. Тогда запасы по наименьшему и наибольшему предельным значениям замыкающего звена-припуска составят:

$$\text{Зап по min: } [17_18]_{\min} - (17_18)_{\min} = 0,31 - 0,16 = +0,15 \text{ мм};$$

$$\text{Зап по max: } (17_18)_{\max} - [17_18]_{\max} = 1,2 - 1,71 = -0,51 \text{ мм}.$$

Запас по наименьшему предельному значению — избыточный.

Расход металла завышен по сравнению с минимально необходимым припуском на 0,15 мм.

Отрицательное значение запаса по наибольшему предельному размеру говорит о превышении допустимой глубины резания, в результате чего может наблюдаться снижение стойкости инструмента и качества обработанной поверхности, высокий расход электроэнергии и др.

Таким образом, если при решении проверочных задач замыкающие звенья имеют исходные значения, то такие замыкающие размеры-звенья в процессе подготовки исходной информации для автоматизированного расчета размерных цепей следует кодировать под номером первой группы (группа 1).

7.1.1.2. Группы замыкающих звеньев при решении прямых (проектных) задач

При проектировании изделий или разработке технологических процессов их изготовления чаще всего решаются прямые (проектные) задачи, в которых исходные замыкающие звенья заданы одним или двумя предельными значениями, а составляющие звенья определяются последующими расчетами.

Алгоритм для расчета определяемых составляющих звеньев предусматривает три уравнения, который формируется:

исходя из наименьшего предельного значения исходного замыкающего звена. В этом случае определяемое составляющее звено размерной цепи при заданном допуске и предельных отклонениях принимает такое значение номинального размера, что

суммарное поле рассеяния замыкающего звена в расчетном уравнении сдвигается в сторону его наименьшего предельного размера;

исходя из среднего значения исходного замыкающего звена. Определяемый номинальный размер составляющего звена при таком расчете способствует симметричному расположению поля рассеяния замыкающего звена внутри поля допуска исходного размера. Если поле рассеяния меньше поля допуска, то запасы по наименьшему и наибольшему предельным значениям расчетного замыкающего звена равны и имеют положительный знак;

исходя из наибольшего предельного значения исходного звена. В этом случае искомый номинальный размер определяемого составляющего звена сдвигает суммарное поле рассеяния замыкающего звена в сторону наибольшего предельного значения исходного звена.

7.1.1.2.1. Группа 2

Эта группа замыкающих звеньев используется при расчете уравнений от наименьших предельных значений исходных звеньев в решении проектных задач с нахождением номинальных размеров определяемых звеньев размерных цепей. Исходные звенья (1+2) и (4+5) сборочного соединения (см. рис. 7.2, с. 236) могут ограничивать выход торцовых поверхностей втулки за пределы корпуса только исходной величиной наименьшего предельного значения (без ограничения наибольшей предельной величины исходного звена). В этом случае замыкающие звенья [1=2] и [4=5] при кодировании исходной информации следовало бы отнести ко второй группе (группа 2). При неизменных допусках и отклонениях составляющих звеньев в уравнениях на с. 235 номинальное значение одного из составляющих звеньев в каждом из уравнений должно быть неизвестно и определено при расчете. Для нашего примера это могут быть размеры корпуса в сборочном соединении рис. 7.2.

При решении прямых (проектных) задач замыкающие звенья в уравнениях выделяются символом "=". Тогда определяемые составляющие размеры будут рассчитаны из уравнений:

$$1. [1=2] = -(2-3) \pm 0,18 + (1+3)_{-0,36} = -(2-3) \pm 0,18 + 8_{-0,36};$$

$$2. [4=5] = +(1+5)_{-0,74} - (1+3)_{-0,36} + (2-3) \pm 0,18 - (2-4)_{-0,46} = \\ = +60_{-0,74} - 8_{-0,36} + (2-3) \pm 0,18 - (2-4)_{-0,46}.$$

Из первого уравнения рассчитываются все параметры замыкающего звена [1=2] и номинальный размер определяемого составляющего звена.

Предположим, что по служебному назначению необходимая наименьшая величина выхода торцовых поверхностей втулки за габаритные размеры корпуса составляет $(1_2)_{\min} = (4_5)_{\min} = 0,4$ мм.

Здесь наибольшее предельное значение исходных звеньев — без ограничения. Результаты расчета по первому уравнению:

$$w[1_2] = T(2_3) + T(1_3) = 0,36 + 0,36 = 0,72 \text{ мм};$$

$$[1_2]_{\max} = [1_2]_{\min} + w[1_2] = 0,4 + 0,72 = 1,12 \text{ мм};$$

$$[1_2]_{\text{ном}} = [1_2]_{\min} + w[1_2]/2 - \Delta w[1_2] = 0,4 + 0,72/2 - (-0 - 0,18) = 0,94 \text{ мм};$$

$$0,94 = -(2-3) + 8; (2+3) = 7,06 \text{ мм},$$

где $\Delta w[1_2]$ — координата середины поля рассеяния замыкающего звена.

Параметры определяемого звена $(2+3) = 7,06 \pm 0,18$ позволяют приступить к решению второго уравнения. Результаты решения:

$$w[4_5]=T(1_5)+T(1_3)+T(2_3)+T(2_4)=0,74+0,36+0,36+0,46=1,92 \text{ мм};$$

$$[4_5]_{\max}=[4_5]_{\min}+w[4_5]=0,4+1,92=2,32 \text{ мм};$$

$$[4_5]_{\text{ном}}=[4_5]_{\min}+w[4_5]/2-\Delta w[4_5]=0,4+1,92/2-(-0,37+0,18+0+0,23)=1,32 \text{ мм};$$

$$1,32=+60-8,0+7,06-(2-4); (2+4)=57,74 \text{ мм}.$$

Параметры определяемого звена $(2+4)=57,74_{-0,46}$ мм.

Если исходные составляющие звенья ограничить двумя предельными значениями

$$(1_2)_{\min}=(4_5)_{\min}=0,4 \text{ и } (1_2)_{\max}=(4_5)_{\max}=3,0 \text{ мм},$$

то в процессе автоматизированного расчета будут определены запасы со стороны наибольших предельных значений замыкающих звеньев $[1=2]$ и $[4=5]$, так как расчет выполняется, исходя из наименьших предельных значений исходных звеньев. Эти запасы положительны:

$$\text{Зап по max: } (1_2)_{\max}-[1_2]_{\max}=3,0-1,12=+1,88 \text{ мм};$$

$$(4_5)_{\max}-[1_2]_{\max}=3,0-2,32=+0,68 \text{ мм}.$$

Поля рассеяния $w[1_2]=0,72$ и $w[4_5]=1,92$ мм меньше полей допусков $T(1_2)=T(4_5)=2,6$ мм и находятся в его пределах, сдвинутые к наименьшему предельному исходному значению $(1_2)_{\min}=(4_5)_{\min}=0,4$ мм.

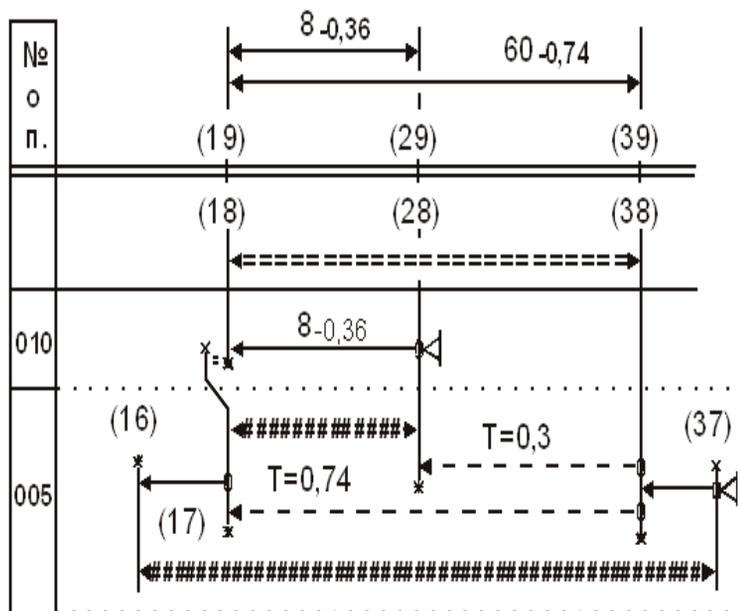


Рис. 7.4. Проектный вариант схемы процесса

Подобные результаты расчета будут представлены в автоматизированном режиме при кодировании замыкающих звеньев $[1=2]$ и $[4=5]$ группой 2.

Чаще всего замыкающие звенья второй группы используются при кодировании припусков в решении проектных размерных цепей технологического процесса.

На рис. 7.3 (см. с. 236) представлена размерная схема действующего процесса механической обработки втулки. Проектный вариант — на рис. 7.4.

Уравнения и результаты решения проектного варианта с расчетом замыкающих звеньев от наименьших предельных значений исходных размеров показаны ниже:

$$1. [18=38]=+(28-38)+(18+28)=+(28-38) \pm 0,15 + 8_{-0,36};$$

$$w[18_38]=0,66; (19_39)_{\min}=[18_38]_{\min}=59,26, [18_38]_{\max}=59,26+0,66=59,92 \text{ мм},$$

$$\text{Зап по max: } (19_39)_{\max}-[18_38]_{\max}=60,0-59,92=0,08 \text{ мм}.$$

Параметры определяемого размера $(28+38)=51,77 \pm 0,15$ мм.

$$2. [17=18]=-(18+28)-(28+38)+(17-38)=-8_{-0,36} - 51,77 \pm 0,15 + (17-38)_{-0,74};$$

$$w[17_18]=1,4; (17_18)_{\min}=[17_18]_{\min}=0,16; [17_18]_{\max}=0,16+1,4=1,56 \text{ мм}.$$

Параметры определяемого размера $(28+38)=60,82_{-0,74}$ мм.

Запас по наибольшему предельному значению припуска в данном варианте не определяется, так как его исходное значение не ограничено.

Все расчеты проделаны от наименьших предельных размеров исходных звеньев. При подготовке информации для автоматизированного расчета звеньев размерной цепи, замыкающие размеры-звенья $[18=38]$ и $[17=18]$ следует кодировать группой 2.

В размерной схеме проектного варианта технологического процесса (см. рис. 7.4, с. 240) имеются еще два замыкающих звена: справочный размер $[17\#28]$ и расход металла $[16\#37]$. Их исходные значения неизвестны, поэтому при кодировании исходной информации для автоматизированного расчета эти звенья должны быть отнесены к группе 0.

Государственным стандартом устанавливаются правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и других технических документах на изделия всех отраслей машиностроения и строительства. Допускается указание только одного предельного размера. После размерного числа указывают соответственно min или max.

Если чертежные размеры, заданные наименьшими предельными значениями, оказываются в процессе изготовления изделия в роли замыкающих звеньев, то их исходная информация кодируется группой 2. Группой 2 следует кодировать все те замыкающие звенья, расчет которых при решении прямых (проектных) задач ведется, исходя из наименьших исходных предельных значений.

7.1.1.2.2. Группа 3

При необходимости расположения поля рассеяния замыкающего звена внутри поля допуска исходного размера с симметричным расположением запасов (если таковые имеются) расчет уравнений размерных цепей ведется, исходя из среднего значения всех звеньев контура.

В сборочном соединении рис. 7.2 (см. с. 236) предельные значения исходных размеров $(1+2)$ и $(4+5)$ ограничены $0,4...3,0$ мм. Решая уравнения с учетом среднего значения замыкающих звеньев, получим:

$$1. [1=2]=-(2-3)\pm 0,18+(1+3)_{-0,36}; w[1_2]=0,72; w[1_2]/2=0,36 \text{ мм};$$

$$[1_2]_{cp}=[(1_2)_{min}+(1_2)_{max}]/2=(0,4+3,0)/2=1,7 \text{ мм};$$

$$[1=2]=1,7\pm 0,36, [1_2]_{min}=1,34; [1_2]_{max}=2,06; (1+3)=8_{-0,36}=7,82\pm 0,18 \text{ мм},$$

$$1,7\pm 0,36=-(2-3)\pm 0,18+7,82\pm 0,18, (2+3)=6,12\pm 0,18 \text{ мм},$$

$$\text{Зап по min: } [1_2]_{min}-(1_2)_{min}=1,34-0,4=+0,94 \text{ мм};$$

$$\text{Зап по max: } (1_2)_{max}-[1_2]_{max}=3,0-2,06=+0,94 \text{ мм}.$$

$$2. [4=5]=+(1+5)_{-0,74}-(1+3)_{-0,36}+(2-3)\pm 0,18-(2-4)_{-0,46}= \\ =+60_{-0,74}-8_{-0,36}+6,12\pm 0,18-(2-4)_{-0,46},$$

$$w[4_5]=1,92; w[4_5]/2=0,96; [4_5]_{cp}=[(4_5)_{min}+(4_5)_{max}]/2=(0,4+3,0)/2=1,7;$$

$$[4_5]=1,7\pm 0,96; [4_5]_{min}=0,74; [4_5]_{max}=2,66; (1+5)=60_{-0,74}=59,63\pm 0,37 \text{ мм},$$

$$1,7\pm 0,96=+59,63\pm 0,37-7,82\pm 0,18+6,12\pm 0,18-(2-4)\pm 0,23,$$

$$(2+4)=56,23\pm 0,23=56,46_{-0,46} \text{ мм},$$

$$\text{Зап по min: } [4_5]_{min}-(4_5)_{min}=0,74-0,4=+0,34 \text{ мм};$$

$$\text{Зап по max: } (1_2)_{max}-[1_2]_{max}=3,0-2,66=+0,34 \text{ мм}.$$

Подобные результаты решения прямой (проектной) задачи будут получены в автоматизированном режиме расчета размерных цепей при кодировании замыкающих звеньев [1=2] и [4=5] группой 3.

В технологической схеме рис. 7.4 (см. с. 240) четыре замыкающих звена: [18=38], [17=18], [17#28] и [16#37]. Расход металла [16#37] и справочный размер [17#28] используются в решении обратной (проверочной) задачи и не имеют исходных предельных размеров. Эти замыкающие звенья при подготовке к автоматизированному расчету кодируются группой 0.

Припуск [17=18] участвует в определении одного из составляющих звеньев в прямой задаче исходя из наименьшего предельного значения замыкающего звена. [17=18] — замыкающее звено группы 2. При решении прямой задачи, когда в качестве замыкающего звена выступает чертежный размер, непосредственно не выполняемый на операциях технологического процесса, расчет одного из определяемых составляющих звеньев ведется от среднего значения исходного звена (чертежного размера), а замыкающее звено кодируется группой 3. В размерной схеме рис. 7.4 таким звеном является габаритный размер втулки [18=38].

Решая первое из уравнений с замыкающим звеном третьей группы, автоматизированная система расчета выдаст следующие результаты:

$$\begin{aligned}
 1. [18=38] &= +(28-38) + (18+28) = +(28-38) \pm 0,15 + 8_{-0,36}, \\
 w[18_38] &= 0,66; \quad w[18_38]/2 = 0,33 \text{ мм}; \\
 (19+39) &= 60_{-0,74} = 59,63 \pm 0,37 \text{ мм}, \quad [18=38] = 59,63 \pm 0,33 \text{ мм}, \\
 [18_38]_{\min} &= 59,30, \quad [18_38]_{\max} = 59,96 \text{ мм}; \\
 59,63 \pm 0,33 &= (28-38) \pm 0,15 + 7,82 \pm 0,18, \quad (28+38) = 51,81 \pm 0,15 \text{ мм}, \\
 \text{Зап по min: } & [18_38]_{\min} - (18_38)_{\min} = 59,30 - 59,26 = +0,04 \text{ мм}; \\
 \text{Зап по max: } & (18_38)_{\max} - [18_38]_{\max} = 60,00 - 59,96 = +0,04 \text{ мм}.
 \end{aligned}$$

Найденный размер составляющего звена (28+38) входит в три оставшихся уравнения размерной схемы рис. 7.4. В результате расчета этих уравнений будут определены:

припуск на обработку (группа 2)	— [17=18] = 0,16...1,56;
составляющее звено	— (17+38) = 60,49 ± 0,37 = 60,86 _{-0,74} ;
справочный размер (группа 0)	— [17#28] = 8,16...9,2;
расход металла (группа 0)	— [16#37] = 64,47...66,01 мм.

При кодировании исходной информации к группе 3 относят замыкающие размеры-звенья, расчет которых ведется, исходя из средних значений исходных размеров. Решаемые задачи — прямые (проектные).

7.1.1.2.3. Группа 4

Четвертая группа используется при кодировании замыкающих размеров-звеньев, когда исходные значения этих размеров ограничены наибольшим предельным размером или из двух предельных значений наибольшее предельное значение предпочтительно.

Рассмотрим сборочную размерную схему рис. 7.2 (см. с. 236) и схему технологического процесса рис. 7.4 (см. с. 240).

В сборочном соединении исходные размеры (1+2)=(4+5)=0,4...3,0. Из расчета наибольших исходных предельных значений замыкающие звенья и другие определяемые размеры составляют:

$$(1+2)_{\max}=(4+5)_{\max}=[1=2]_{\max}=[4=5]_{\max}=3,0 \text{ мм.}$$

$$1. [1=2]=-(2-3) \pm 0,18 + 8_{-0,36}, \quad w[1_2]=0,72; \quad w[1_2]/2=0,36 \text{ мм;}$$

$$[1_2]_{\min}=[1_2]_{\max}-w[1_2]=3,0-0,72=2,28 \text{ мм;}$$

$$[1_2]_{\text{ном}}=[1_2]_{\max}-w[1_2]/2-\Delta w[1_2]=3,0-0,36-(-0-0,18)=2,82 \text{ мм;}$$

$$2,82=-(2-3)+8, \quad (2+3)=5,18 \pm 0,18 \text{ мм,}$$

$$\text{Зап по min: } [1_2]_{\min}-(1_2)_{\min}=2,28-0,4=+1,88 \text{ мм;}$$

$$\text{Зап по max: } (1_2)_{\max}-[1_2]_{\max}=3-3=0.$$

Запас по наибольшему предельному значению отсутствует.

$$2. [4=5]=60_{-0,74}-8_{-0,36}+5,18 \pm 0,18-(2-4)_{-0,46},$$

$$w[4_5]=1,92; \quad w[4_5]/2=0,96 \text{ мм;}$$

$$[4_5]_{\min}=[4_5]_{\max}-w[4_5]=3,0-1,92=1,08 \text{ мм;}$$

$$[4_5]_{\text{ном}}=[4_5]_{\max}-w[4_5]/2-\Delta w[4_5]=3,0-0,96-(-0,37+0,18+0+0,23)=1,0 \text{ мм;}$$

$$1,0=60-8+5,18-(2-4); \quad (2+4)=55,18_{-0,46} \text{ мм,}$$

$$\text{Зап по min: } [4_5]_{\min}-(4_5)_{\min}=1,08-0,4=+0,68;$$

$$\text{Зап по max: } (4_5)_{\max}-[4_5]_{\max}=3-3=0.$$

Так как расчеты велись от наибольшего предельного значения чертежного размера (исходного звена) (4+5), то запас по наибольшему предельному значению замыкающего звена [4=5] отсутствует.

В проектном варианте технологического процесса рис. 7.4 (см. с. 240) к четвертой группе замыкающих звеньев может быть отнесено одно звено — невыполняемый чертежный размер [18=38].

Наибольшее предельное значение исходного размера (19_39)_{max}=60 мм и будет служить основой для расчета определяемого составляющего звена (28-38). Результаты расчета:

$$[18=38]=+(28-38) \pm 0,15 + 8_{-0,36}, \quad w[18_38]=0,66 \text{ мм;}$$

$$[18_38]_{\min}=[18_38]_{\max}-w[18_38]=60-0,66=59,34 \text{ мм;}$$

$$[18=38]_{\text{ном}}=[18_38]_{\max}-w[18_38]/2-\Delta w[18_38]=60-0,33-(0-0,18)=59,85 \text{ мм;}$$

$$59,85=+(28-38)+8; \quad (28+38)=51,85 \pm 0,15 \text{ мм;}$$

$$\text{Запас по min: } [18_38]_{\min}-(19_39)_{\min}=59,34-59,26=0,08 \text{ мм;}$$

$$\text{Запас по max: } (19_39)_{\max}-[18_38]_{\max}=60-60=0 \text{ мм.}$$

Найденный размер составляющего звена (28+38) входит в три оставшихся уравнения размерной схемы рис. 7.4.

В результате расчета этих уравнений будут определены:

припуск на обработку (группа 2) — [17=18]=0,16...1,56;

составляющее звено — (17+38)=60,53 ± 0,37 = 60,9_{-0,74} мм;

справочный размер (группа 0) — [17#28]=8,16...9,2;

расход металла (группа 0) — [16#37]=64,51...66,05 мм.

При кодировании исходной информации к группе 4 относят замыкающие размеры-звенья, расчет которых ведется от наибольших исходных предельных размеров.

Решаемые задачи — прямые (проектные).

Эскиз 1

Эскиз 2

7.1.1.2.4. Группа 5

При изготовлении заготовок методами штамповки,ковки на горизонтально ковочных машинах, литья и др. их размеры могут иметь компенсирующиеся погрешности. Погрешность одного звена компенсируется противоположно направленной погрешностью другого, что особенно проявляется при образовании нескольких поверхностей одновременно в одной операции. На рис. 7.5 представлены два эскиза поковок, отличающиеся порядком простановки линейных размеров.

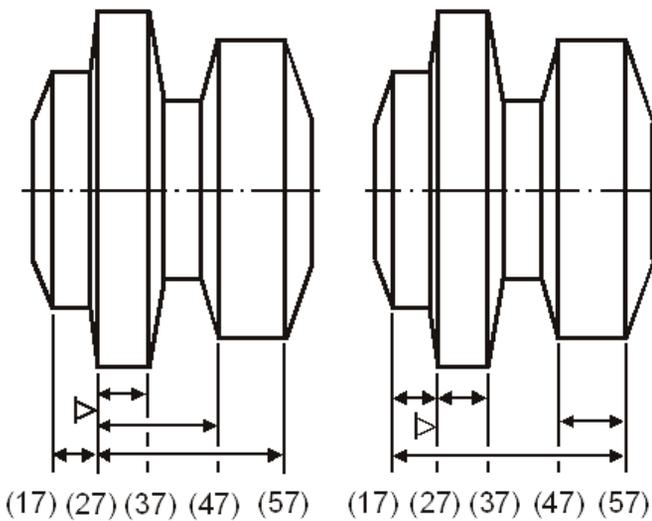


Рис. 7.5. Варианты простановки размерных линий на эскизах исходных заготовок

Во избежание появления заготовок с компенсирующимися погрешностями необходимо соблюдать требования ГОСТа, согласно которого все линейные размеры поковок желательно задавать от поверхности, принимаемой на первой операции за базу. Это требование целесообразно для всех видов заготовок, если выдержать его невозможно, рекомендуется произвести замену двух или нескольких звеньев на одно. Допуск на это звено устанавливается по ГОСТу для данного вида заготовок.

Во избежание появления заготовок с компенсирующимися погрешностями необходимо соблюдать требования ГОСТа, согласно которого все линейные размеры поковок желательно задавать от поверхности, принимаемой на первой операции за базу. Это требование целесообразно для всех видов заготовок, если выдержать его невозможно, рекомендуется произвести замену двух или нескольких звеньев на одно. Допуск на это звено устанавливается по ГОСТу для данного вида заготовок.

На первом эскизе рис. 7.5 все размеры проставлены от поверхности (27), которая является базовой на первой операции механической обработки (см. рис. 7.6). Но при изготовлении штамповой оснастки и самой заготовки удобнее выдерживать размеры, проставленные на втором эскизе (см. рис. 7.5), который принят для последующей обработки. На рис. 7.7 построена упрощенная размерная схема, позволяющая выделить замкнутые контуры. Контуры с замыкающими звеньями-припусками имеют вид:

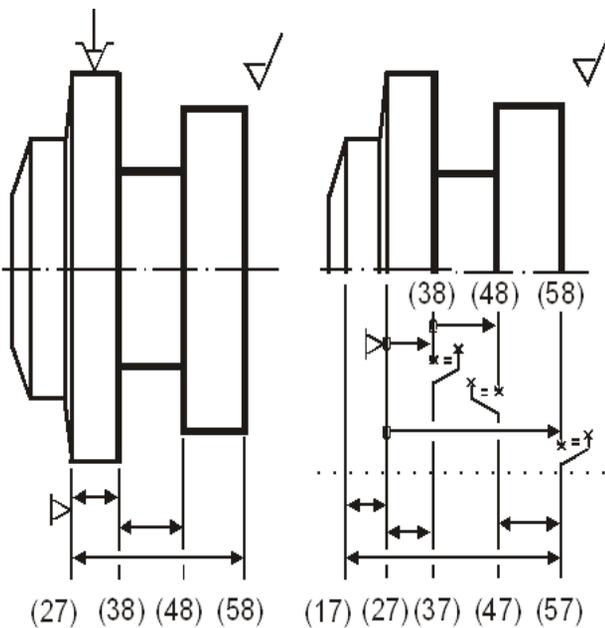


Рис. 7.6.

Рис. 7.7.

Операционный эскиз Упрощенная схема

Колебания каждого из размеров заготовки возникают из-за неточностей изготовления фигуры штампа, тепловых и упругих деформаций штампа, колебания толщины окалины, недоштамповкой, износом штампа и др. Все перечисленные виды погрешностей являются зависимыми и взаимно компенсируются на одну и ту же величину. Поэтому у любой заготовки по рис. 7.5 в партии не может оказаться, что размеры (17–27), (27–37) и (47–57) — минимальные, а размер (17–57) — максимальный. И действительно, чтобы три размера оказались минимальными, значения их погрешностей должны быть на нижнем пределе. В таком случае размер (17–57) не может быть максимальным, так как на него влияют эти же погрешности. Указанные обстоятельства и следует учитывать при расчетах.

$$1. [38=37]=+(27-37)-(27-38);$$

$$2. [58=57]=+(17-57)-(17-27)-(27-58);$$

$$3. [47=48]=+(38+48)+(27-38)+(17-27)- \\ -(17-57)+(47-57).$$

Колебания каждого из размеров заготовки возникают из-за неточностей изготовления фигуры штампа, тепловых и упругих деформаций штампа, колебания толщины окалины, недоштамповкой, износом штампа и др. Все перечисленные виды погрешностей являются зависимыми и взаимно компенсируются на одну и ту же величину. Поэтому у любой заготовки по рис. 7.5 в партии не может оказаться, что размеры (17–27), (27–37) и (47–57) — минимальные, а размер (17–57) — максимальный. И действительно, чтобы три размера оказались минимальными, значения их погрешностей должны быть на нижнем пределе. В таком случае размер (17–57) не может быть максимальным, так как на него влияют эти же погрешности. Указанные обстоятельства и следует учитывать при расчетах.

В контуре [58=57] можно произвести замену двух составляющих звеньев (17-27) и (17-57) одним звеном (27~57). Дополнительно введенное звено является замыкающим в цепи из двух составляющих размеров с компенсирующимися погрешностями. Это звено получило название заменяющее-замыкающее (3-3) или просто заменяющее.

Уравнение с заменяющим звеном $\{27\sim 57\}=+(17-57)-(17-27)$.

В контуре с замыкающим звеном [47=48] подобную замену можно осуществить с тремя составляющими звеньями: (17-27), (17-57) и (47-57), построив на схеме рис. 7.7 (см. с. 244) дополнительное заменяющее звено (27~47). Уравнение с заменяющим звеном имеет вид:

$$\{27\sim 47\}=-(47-57)+(17-57)-(17-27).$$

Упрощенная схема с дополнительными заменяющими-замыкающими размерами представлена на рис. 7.8. Допуски на эти звенья (27~57) и (27~47) устанавливаются по справочным таблицам для данного вида заготовки и их номинальным размерам.

Если в размерной схеме рис. 7.8 проставить соответствующие точности и отклонения на все размеры, то уравнения примут вид:

$$1. [38=37]=+(27-37)_{-0,5}^{+1,0}-(27-38)_{-0,52};$$

$$2. [58=57]=+(17-57)_{-1,0}^{+2,0}-(17-27)_{-0,5}^{+1,0}-(27-58)_{-0,74};$$

$$3. [47=48]=+(38+48)^{+0,3}+(27-38)_{-0,52}+(17-27)_{-0,5}^{+1,0}-(17-57)_{-1,0}^{+2,0}+(47-57)_{-0,6}^{+1,2}.$$

Поля рассеяния составляет:

$$w[38_37]=2,02; w[58_57]=5,24; w[47_48]=7,12.$$

Если в последних двух уравнениях произвести замену составляющих размеров заменяющими звеньями, то уравнения можно записаны в новом виде:

$$2. [58=57]'=+(27\sim 57)_{-1,0}^{+2,0}-(27-58)_{-0,74};$$

$$3. [47=48]'=+(38+48)^{+0,3}+(27-38)_{-0,52}-(27\sim 47)_{-0,6}^{+1,2}.$$

Поля рассеяния замыкающих звеньев [58=57]' и [47=48]' с заменяющими размерами (27~57) и (27~47):

$$w[58_57]'=3,74; w[47_48]'=2,62 \text{ мм.}$$

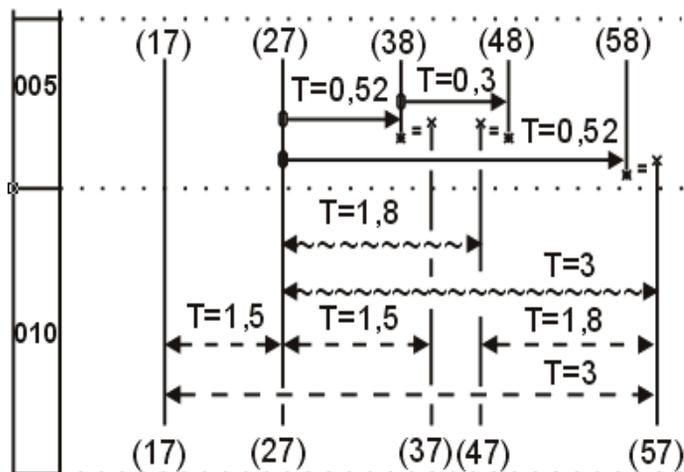


Рис. 7.8. Упрощенная размерная схема

Заменяющие-замыкающие размеры-звенья (27~57), (27~47) выделены в уравнениях символом "~" и кодируются при подготовке исходных данных для автоматизированного расчета группой 5. В процессе ручного и автоматизированного расчета уравнения с заменяющими размерами решаются с использованием величин вновь полученных полей рассеяния. Так как расчет замыкающих звеньев-припусков ведется от их наименьших предельных величин, то номинальные расчетные значения замыкающих звеньев будут определены из следующих уравнений:

$$[58_57]_{\text{ном}}=[58_57]_{\text{мин}}+w[58_57]'/2-\Delta w[58_57]';$$

$$[47_48]_{\text{ном}}=[47_48]_{\text{мин}}+w[47_48]'/2-\Delta w[47_48]';$$

Результаты расчета в этом примере можно получить только после оформления оставшихся операций технологического процесса и при наличии эскиза детали. В упрощенном варианте считаем, что часть звеньев размерной схемы уже определены или являются выполняемыми окончательно. К ним относятся:

$$(27+38)=22,42_{-0,52}; (27+58)=82,16_{-0,52}; (27+37)=24,82_{-0,5}^{+1,0};$$

$$(17+27)=20,5_{-0,5}^{+1,0}; (38+48)=20^{+0,3}.$$

Значения минимально необходимых припусков при первичной обработке поверхностей поковки $(47_48)_{\min}=(58_57)_{\min}=1,9$ мм.

Номинальные размеры заменяющих-замыкающих звеньев группы 5 при решении уравнений с учетом возможной компенсации:

$$2. [58=57]'=+(27\sim 57)-(27+58)=+(27\sim 57)_{-1,0}^{+2,0}-82,16_{-0,74},$$

$$w[58_57]'=3,74; w[58_57]'/2=1,87 \text{ мм};$$

$$[58_57]'_{\text{ном}}=[58_57]'_{\min}+w[58_57]'/2-\Delta w[58_57]'=1,9+1,87-(0,5+0,37)=2,9 \text{ мм};$$

$$2,9=(27\sim 57)-82,16 \text{ мм}; (27\sim 57)=85,06_{-1,0}^{+2,0} \text{ мм};$$

$$3. [47=57]'=+(38+48)+(27+38)-(27\sim 47)=+20^{+0,3}+22,42_{-0,52}-(27\sim 47)_{-0,6}^{+1,2},$$

$$w[47_48]'=2,62; w[47_48]'/2=1,31 \text{ мм};$$

$$[47_48]'_{\text{ном}}=[47_48]'_{\min}+w[47_48]'/2-\Delta w[47_48]'=1,9+1,31-(0,15-0,26-0,3)=3,62 \text{ мм};$$

$$3,62=20+22,42-(27\sim 47); (27\sim 47)=38,8_{-0,6}^{+1,2} \text{ мм}.$$

Найденные размеры группы 5 позволяют оформить эскиз 1 заготовки по рис. 7.5, отвечающий требованиям ГОСТа о порядке задания линейных размеров на поковки.

Оформление равноценного эскиза (для специалистов кузнечного производства) потребуются дополнительные расчеты недостающих размеров в эскизе 2 рис. 7.5 (см. с. 244). С этой целью заменяющие размеры превращаются в заменяющие-замыкающие звенья с исходным допуском, равным допуску заменяющего звена (даже в том случае, если суммарное поле рассеяния допусков составляющих звеньев превосходит исходный допуск заменяющего звена).

В уравнении

$$\{27\sim 57\}=+(17-57)-(17+27), 85,06_{-1,0}^{+2,0}=+(17-57)_{-1,0}^{+2,0}-20,5_{-0,5}^{+1,0}.$$

Исходный допуск $T(27\sim 57)=3$ мм, а суммарное поле рассеяния замыкающего звена

$$w\{27\sim 57\}=T(17_57)+(17_27)=3+1,5=4,5 \text{ мм}.$$

Расчетное значение номинального размера заменяющего-замыкающего звена можно рассчитывать по любому из трех известных уравнений с учетом:

его наименьшего предельного значения $\{27\sim 57\}_{\min}=84,06$ мм;

среднего значения $\{27\sim 57\}=85,56$ мм;

наибольшего предельного значения $\{27\sim 57\}=87,06$ мм.

В автоматизированной программе решение ведется через среднее значение.

Номинальное значение определяемого составляющего звена $(17-57)$ для эскиза 2 (см. рис. 7.5, с. 244) заготовки с учетом возможной компенсации:

$$[27_57]_{\text{ном}}=[27_57]_{\text{ср}}-\Delta w[27_57]=85,56-(0,5-0,25)=85,31 \text{ мм};$$

$$85,31=(17-57)+20,5; (17+57)=105,81_{-1,0}^{+2,0} \text{ мм}.$$

Номинальное значение определяемого составляющего звена $(47-57)$ для эскиза 2 заготовки с учетом возможной компенсации:

$$[27=47]=-(47-57)+(17+57)-(17+27),$$

$$38,8_{-0,6}^{+1,2} = -(47-57)_{-0,6}^{+1,2} + 105,81_{-1,0}^{+2,0} - 20,5_{-0,5}^{+1,0},$$

$$T(27_{-47})=1,8 \text{ мм}; w[27_{-47}]=6,3 \text{ мм};$$

$$[27_{-47}]_{\text{ном}}=[27_{-47}]_{\text{ср}} - \Delta w[27_{-47}]=39,1 - (-0,3+0,5-0,25)=39,15 \text{ мм};$$

$$39,15 = -(47-57) + 105,81 - 20,5; (47+57)=46,16_{-0,6}^{+1,2} \text{ мм}.$$

Для штампованных заготовок суммарная величина компенсирующихся погрешностей достигает 60...70% допуска на размер и пренебрежение ими при расчете размерных цепей приведет к значительному увеличению расхода металла и повышению трудоемкости механической обработки. Большой эффект экономии металла получают при использовании литых заготовок, в которых компенсирующиеся погрешности могут достигать 80% допуска на размер. Если в показанном примере рис. 7.8 (см. с. 245) рассчитать два размера заготовки (17-57) и (47-57) без учета возможной компенсации погрешностей, то их номинальные значения возрастут:

$$2. [58=57]=+(17-57)_{-1,0}^{+2,0} - 20,5_{-0,5}^{+1,0} - 82,16_{-0,74},$$

$$w[58_{-57}]=5,24; w[57_{-57}]/2=2,62 \text{ мм};$$

$$[58_{-57}]_{\text{ном}}=[58_{-57}]_{\text{min}} + w[58_{-57}]/2 - \Delta w[58_{-57}]=1,9+2,62-(0,5-0,25+0,37)=3,9;$$

$$3,9 = +(17-57) - 20,5 - 82,16; (17+57)=106,56_{-1,0}^{+2,0} \text{ мм};$$

$$3. [47=48]=20_{-0,52}^{+0,3} + 22,42_{-0,52} + 20,5_{-0,5}^{+1,0} - 106,56_{-1,0}^{+2,0} + (47-57)_{-0,6}^{+1,2} \text{ мм},$$

$$w[47_{-48}]=7,12; w[47_{-48}]/2=3,56 \text{ мм};$$

$$[47_{-48}]_{\text{ном}}=1,9+3,56-(0,15-0,26+0,25-0,5+0,3)=5,52 \text{ мм};$$

$$5,52 = 20+22,42+20,5-106,56+(47-57); (47+57)=49,16_{-0,6}^{+1,2} \text{ мм}.$$

Компенсирующиеся погрешности могут встречаться и в процессах механической обработки (особенно на автоматах, полуавтоматах и автоматических линиях). Однако в этих случаях зависимость между погрешностями звеньев не очень "строгая", так как может быть легко нарушена неверной наладкой в начале обработки партии деталей. Поэтому ее следует учитывать с осторожностью.

Компенсирующиеся погрешности часто возникают у звеньев — пространственных отклонений в таких операциях, где обработка ведется с одной установки, а также при хонинговании, суперфинишировании, развертывании и других, т. е. когда инструмент сам ориентируется по обрабатываемой поверхности.

7.1.2. Группа составляющих звеньев

7.1.2.1. Группа составляющих определяемых звеньев при решении прямых (проектных) задач

7.1.2.1.1. Группа 6

При конструктивной проработке сборочных соединений параметры исходного звена диктуют суммарную величину поля рассеяния, конкретную точность и предельные отклонения всех составляющих звеньев, участвующих в контурах размерных цепей.

Чаще всего номинальные значения назначаются директивно для всех составляющих звеньев, кроме одного.

Номинальный размер этого звена определяется решением уравнения с известными параметрами исходного звена, участвующего в уравнении в качестве замыкающего. Определяемые составляющие размеры-звенья при решении прямых задач размерного анализа для автоматизированного расчета и в размерных схемах технологических процессов кодируются звеньями группы 6. Проектная конструкторская задача рассматривается на с. 239.

Номинальные значения определяемых размеров-звеньев группы 6 (2–3) и (2–4) найдены из двух уравнений (см. с. 240 и 241).

Составляющие размеры выделяются круглыми скобками с символом "-" между номерами, ограничивающими левую и правую стороны звена. Отрицательный знак символа "-" меняется на положительный знак "+" после того, как будут определены номинальные значения составляющих звеньев.

Размерная схема проектного варианта технологического процесса механической обработки втулки показана на рис. 7.4 (см. с. 240).

Определяемые размеры-звенья (28–38) и (17–38) выделены на схеме пунктирной линией, а в уравнениях на с. 242 символом "-". На этих же страницах показаны результаты расчета.

7.1.2.2. Группы составляющих известных звеньев при решении прямых и обратных задач

Техническая документация на готовое изделие содержит комплект оформленных чертежей на сборочные соединения и отдельные детали, в которых проставлены все необходимые размеры и технические требования. Эта информация является исходной для построения конструкторских размерных схем, а отдельные размеры участвуют в уравнениях в качестве известных составляющих звеньев.

Расчет размерных цепей готового изделия с известными составляющими звеньями относится к решению обратной (проверочной) задачи.

В процессе проектирования этого изделия из сборочных размерных цепей формировались поддетальные размерные цепи, в которых для части составляющих размеров заранее назначались их параметры. Такие размеры-звенья в уравнениях размерных цепей выступали в роли известных составляющих. В этих же уравнениях оставшиеся составляющие звенья с неизвестным номинальным значением подлежат последующему расчету. Такие расчеты при проектировании изделий, относятся к прямым задачам.

При проектировании технологического процесса механической обработки детали точность, форма, размеры исходной заготовки требуют ряда последующих операций и технологических переходов, в процессе выполнения которых последовательно изменяются промежуточные размеры заготовки. Точность окончательного технологического размера может быть равной или выше точности чертежного. Его поле допуска должно находиться внутри поля допуска чертежного размера.

В интервале чертежного допуска окончательные размеры могут иметь любые номинальные и предельные значения, которые в расчетах выступают в роли известных составляющих. Все промежуточные размеры относятся к определяемым составляющим звеньям технологических размерных цепей.

В процессе построения размерной схемы действующего технологического процесса из операционных эскизов выбираются как промежуточные, так и известные окончательные выполняемые технологические размеры. Все они участвуют в решении обратной (проверочной) задачи. Это показывает, что известные составляющие звенья участвуют в решении всех задач размерного анализа. В режиме машинного автоматизированного расчета они могут быть отнесены к двум группам, и при подготовке исходных данных кодироваться группой 7 или группой 8.

7.1.2.2.1. Группа 7

Чаще всего к группе 7 принадлежат известные промежуточные технологические размеры-звенья. К ним можно отнести высоту слоев покрытий на химико-термических операциях, выполняемый размер припуска при подрезании торцовых поверхностей на автоматнo-токарных и фрезерных операциях, ширину реза от инструмента на заготовительных операциях, изменение размеров после упрочняющих пластических деформаций, а также линейные и диаметральные размеры заготовки после операций накатывания или раскатывания и другие.

В схеме действующего технологического процесса по рис. 7.3 (см. с. 236) четыре технологических размера группы 7: $(28+38)$, $(16+17)$, $(17+38)$, $(38+37)$, из которых $(38+37)$ — выполняемый размер-припуск с известными параметрами, а $(16+17)$ — ширина реза после отделения заготовки от прутка при поперечном движении суппорта с отрезным резцом.

При построении размерной схемы проектного варианта технологического процесса рис. 7.4 (см. с. 240) известные промежуточные размеры $(28+38)$ и $(17+38)$ из схемы рис. 7.3 превратились в определяемые составляющие звенья, а ширина реза и выполняемый размер подрезаемого припуска остались известными составляющими звеньями группы 7.

В тех случаях, когда величина покрытий входит в значения чертежных размеров, размеры заготовок на операциях механической обработки должны выполняться с учетом последующих операций покрытия.

Если готовое изделие покрывается слоем меди и никеля, то эти слои-звенья строятся в технологической размерной схеме, и могут кодироваться для автоматизированного расчета группой 7. На рис. 6.61 (см. с. 176) построена размерная схема проектного варианта технологического процесса с известными слоями-размерами меднения и никелирования: $(17+16)$, $(26+27)$, $(37+36)$, $(46+47)$, $(56+57)$ и $(18+17)$, $(27+28)$, $(38+37)$, $(47+48)$, $(57+58)$.

В схемах диаметральных размеров в качестве известных могут выступать промежуточные размеры — отклонения от соосности, величины которых обеспечиваются приспособлениями и наладкой оборудования. Чаще всего они задаются на операционном эскизе величиной полного радиального биения между базовыми и обрабатываемыми диаметральными поверхностями. В размерных схемах эти величины переводятся в размер-отклонение от соосности делением полного радиального биения на два.

На рис. 6.68 (см. с. 186) в схеме диаметральных размеров промежуточные размеры — отклонения от соосности $(608+708)$, $(608+808)$ и $(608+607)$ могут быть закодированы для автоматизированного расчета группой 7.

7.1.2.2.2. Группа 8

При подготовке исходной информации для автоматизированного расчета на ЭВМ конструкторских размерных цепей звенья с известными параметрами кодируются под номером восемь (группа 8).

В проверочной задаче по сборочному соединению рис. 7.2 (см. с. 236) размеры втулки и корпуса известны и окончательны. Они кодируются группой 8.

При решении проектного варианта задачи по этому же сборочному соединению (см. рис. 7.2) окончательно известными размерами группы 8 остаются только размеры втулки: $(1+3)$ и $(1+5)$. Размеры корпуса $(2-3)$ и $(2-4)$ переходят в группу 6 как определяемые составляющие звенья.

В размерных схемах технологических процессов (см. рис. 7.3 и 7.4, с. 236) содержится, кроме известных промежуточных звеньев, один окончательный размер $(18+28)$, который относится к группе 8 и может превосходить по точности исходный конструкторский размер. Известный окончательный технологический размер $(18+38)$ группы 8 (см. рис. 6.28, с. 155) превосходит по точности конструкторский $(19+39)$.

7.2. Кодирование границ размерных связей

В программе Автоматизированного Расчета размерных цепей ППП «КурсАР» используется цифровая форма записи от левой границы размерной связи или выносной линии отсчета размера до правой границы или противоположной стороны размерных линии.

Код размерной связи, состоящий из цифр (групп цифр), разделенный пробелом, представляет звено размерной цепи.

Количество цифр в группе, символизирующее поверхность, не более пяти.

Порядок ввода цифр каждого звена размерной схемы — слева направо, с пробелом между кодами поверхностей звена.

7.3. Порядок записи параметров многоуровневой размерной информации

В некоторых отраслях машиностроения до настоящего времени существует порядок записи промежуточных и окончательных размеров с помощью предельных значений. Государственный стандарт устанавливает порядок записи предельных размеров, начиная с наименьшего предельного значения (min...max).

Такой порядок записи параметров звена размерной цепи достаточно прост и записывается в одну строку при кодировании исходной информации.

Сложнее кодировать параметры, несущие информацию о размере в трех уровнях (номинальное значение размера, верхнее предельное отклонение, нижнее предельное отклонение).

При подготовке исходных данных для автоматизированного расчета размерных цепей порядок записи трехуровневой размерной информации осуществляется в одну строку в следующей последовательности: номинальное значение размера (ном); верхнее предельное отклонение (во); нижнее предельное отклонение (но).

Например.

$$1. 59,63 \pm 0,37 = 59,63_+0,37_-0,37 = 59,63_0,37_-0,37 = 59,26_60.$$

$$2. 22^{+0,52} = 22,0_+0,52_0 = 22_0,52_0 = 22_22,52.$$

$$3. 16,5_{-0,43} = 16,5_0_-0,43 = 16,07_16,5.$$

В конце каждого примера помещена запись размера с предельными значениями.

В такой форме размерные параметры могут быть записаны для звеньев, которые ограничены предельными значениями с двух сторон. К ним относятся звенья группы 1, 2, 3, 4 (замыкающие) и 7, 8 (составляющие).

Замыкающие звенья групп 2 и 4 могут ограничиваться одним предельным значением размера: группа 2 — наименьшим предельным значением, а группа 4 — наибольшим.

При автоматизированном расчете ввод размерного параметра для группы 2 может быть ограничен только наименьшим предельным значением, а для группы 4 — наибольшим.

Заменяющего-замыкающего (группа 5) и определяемые (группа 6) звенья несут информацию только о верхнем и нижнем предельных отклонениях (отсутствует номинальное значение звена).

Последовательность ввода звеньев групп 5 и 6: верхнее предельное отклонение (во); нижнее предельное отклонение (но).

7.4. Порядок записи исходной информации для автоматизированного расчета размерных цепей

На рис. 7.9...7.18 (см. с. 251...253) показаны примеры ввода в ЭВМ всех девяти групп звеньев (размерных связей).

Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена
0	17	128
0	16	37

Рис. 7.9. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 0

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Номинальный размер	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Вариант 1:	1	18	38	135	0	-0,63
Вариант 2:	1	58	68	4	+ - 0,15	
Вариант 3:	1	58	68	3.85	4,15	

Симметричные отклонения
 Мах предельное значение
 Min предельное значение

Рис. 7.10. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 1

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Номинальный размер	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Вариант 1:	2	18	38	1,5	0,15	-0,15
Вариант 2:	2	18	38	1,5	+ - 0,15	
Вариант 3:	2	18	38	1,35	1,65	
Вариант 4:	2	17	18	0,16		

Симметричные отклонения
 Мах предельное значение
 Min предельное значение

Рис. 7.11. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 2

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Номинальный размер	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Вариант 1:	3	38	78	135	0	-0,63
Вариант 2:	3	18	98	12,6	+ - 0,2	
Вариант 3:	3	18	98	124,2	125	
Вариант 4:	3	18	98	124,6		

Симметричные отклонения
 Мах предельное значение
 Min предельное значение
 Среднее значение

Рис. 7.12. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 3

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Номинальный размер	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Вариант 1:	4	32	71	135	0	-0,63
Вариант 2:	4	18	98	494	+ - 6,0	
Вариант 3:	4	18	98	488	500	
Вариант 4:	4	18	98	500		

----- Симметричные отклонения
----- Мах предельное значение
----- Min предельное значение
----- Мах предельное значение

Рис. 7.13. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 4

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение	Спец. код округления
Вариант 1:	5	10	50	1.3	-0,7	1
Вариант 2:	5	20	80	+ - 1,4		2

----- Симметричные отклонения

Рис. 7.14. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 5

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение	Спец. код округления
Вариант 1:	6	27	46	0	-0,5	2
Вариант 2:	6	30	50	+ - 0,15		3

----- Симметричные отклонения

Рис. 7.15. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 6

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Номинальный размер	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Вариант 1:	7	30	70	105	0,7	-0,3
Вариант 2:	7	37	108	40	+ - 0,5	
Вариант 3:	7	37	108	37,5	40,5	

----- Симметричные отклонения
----- Мах предельное значение
----- Min предельное значение

Рис. 7.16. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 7

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Номинальный размер	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Вариант 1:	8	38	78	105	0,7	-0,3
Вариант 2:	8	38	108	40	+ - 0,5	
Вариант 3:	8	38	108	37,5	40,5	

Симметричные отклонения
 Мах предельное значение
 Min предельное значение

Рис. 7.17. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 8

	Код (номер) группы звеньев	Код (номер) левой границы звена	Код (номер) правой границы звена	Номинальный размер	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Вариант 1:	9	39	79	105	0,7	-0,3
Вариант 2:	9	39	109	40	+ - 0,5	
Вариант 3:	9	39	109	37,5	40,5	

Симметричные отклонения
 Мах предельное значение
 Min предельное значение

Рис. 7.18. Примеры ввода в ЭВМ звеньев группы 9

Звенья группы 9 вводятся при наличии дополнительной программы графических построений

7.5. Округление расчетных номинальных значений определяемых размеров-звеньев группы 6

Порядок округления номинальных значений определяемых размеров-звеньев группы 6 заключается в следующем [10]. При решении проектных задач расчетные значения номинала целесообразно округлять, сравнивая число десятичных разрядов после запятой с точностью размера.

Округление номинала приводит к смещению среднего и предельных значений замыкающего звена и может, несмотря на наличие запаса по допуску, привести к появлению дефицита по одному из предельных значений. В том случае, когда при решении проектной задачи запас по допуску равен нулю, округление расчетных номинальных значений вызывает появление дефицита.

При наличии запаса по допуску округление следует производить, соблюдая следующие правила:

если в качестве исходного значения замыкающего звена принято его наименьшее регламентированное значение, то округление номинальных размеров определяемых увеличивающих звеньев следует производить в сторону увеличения, а уменьшающих — в сторону уменьшения на величину, не превышающую запас по допуску;

если в качестве исходного значения замыкающего звена принято его наибольшее регламентированное значение, то округление номиналов определяемых увеличивающих звеньев следует производить в сторону уменьшения, а уменьшающих — в сторону увеличения на величину, не превышающую запас по допуску;

если в качестве исходного значения замыкающего звена принято его среднее регламентированное значение, то округление номиналов определяемых размеров следу-

ет производить в сторону, дающую меньшее абсолютное значение приращению, не превышающее половину запаса по допуску.

Допускается производить округление номиналов, нарушая указанные правила, если возникающий при этом дефицит по регламентированным предельным значениям незначителен и не превышает определенной величины.

Если, например, замыкающее звено является размером, то величина дефицита, составляющая 5...10% величины его допуска, окажется в пределах погрешностей измерений и существенно не отразится на качестве изделия.

Если замыкающее звено — припуск, то появление дефицита (отрицательного запаса) по наименьшему предельному значению (составляющего 10...20% исходной минимально необходимой величины) допустимо, так как минимальные припуски назначаются по статистическим данным и имеют также определенную ошибку.

В пакете прикладных программ (ППП) «КурсАР» номинальные размеры определяемых звеньев рассчитываются до третьего десятичного знака после запятой. Поэтому если ввод звена группы 6 заканчивается параметром нижнего предельного отклонения, в исходные данные программой автоматически заносится код округления "3", символизирующий округление до третьего десятичного знака.

При необходимости округления до целого числа, либо до первого или второго десятичных знаков, после ввода параметров верхнего и нижнего предельных отклонений в группе 6 через пробел проставляется цифровой код округления.

В ППП «КурсАР» используются следующие коды округления:

- 0 — до целого числа;
- 1 — до первого десятичного знака;
- 2 — до второго десятичного знака;
- 3 — до третьего десятичного знака.

7.6. Методы расчета размерных цепей

В пакете прикладных программ (ППП) «КурсАР» размерные цепи решаются методом максимума-минимума (max-min) и вероятностным методом.

Методом max-min пользуются при расчете размерных цепей с числом звеньев "N" не более четырех (до 5), а также при "N" больше четырех для изделий с единичным характером производства или для предварительного решения некоторых практических задач по расчету многозвенных размерных цепей.

При числе составляющих звеньев размерной цепи больше или равном пяти (от 5) погрешности замыкающего звена с достаточной точностью подчиняются закону нормального распределения. 99,73% всех возможных значений будут лежать в пределах поля рассеяния и только 0,27% всех возможных значений выйдет за его пределы. Эта величина называется процентом риска.

Проценту риска 0,27% соответствует коэффициент риска 3,0.

Однако не все размеры составляющих звеньев размерной цепи подчиняются закону нормального распределения. В действительности погрешности размеров этих звеньев могут иметь распределение по закону равной вероятности, закону треугольника, закону Релея и другим.

Чтобы при расчетах погрешностей замыкающего звена можно было учесть любой закон распределения составляющих звеньев, используется коэффициент относительного рассеяния.

Этот коэффициент характеризует степень отличия распределения погрешностей i -го звена от нормального распределения, которому обычно подчиняются погрешности замыкающего звена.

Значения коэффициентов для некоторых законов распределения принимаются:

0,111 — для закона нормального распределения (крупносерийное и массовое производство);

0,167 — для закона распределения треугольника (серийное производство);

0,333 — для закона равной вероятности (единичное производство).

При вводе в ЭВМ исходных данных необходимо ответить на вопрос о количестве составляющих звеньев "N".

Размерные цепи, содержащие "N" и менее составляющих звеньев, рассчитываются методом максимум-минимум, свыше "N" — вероятностным методом.

В ППП «КурсАР» значение коэффициента относительного рассеяния вводится по требованию диалога цифровыми кодами:

1 — единичное производство (0,333);

2 — серийное производство (0,167);

3 — массовое производство (0,111).

7.7. Примеры кодирования исходной информации

7.7.1. Пример 1

На рис. 7.2 (см. с. 236) построена размерная схема сборочного соединения.

Все размеры-звенья известны и окончательны.

Исходные значения замыкающих звеньев (выход торцовых поверхностей втулки за пределы корпуса) отсутствуют. Задача проверочная.

Исходная размерная информация (см. размерную схему рис. 7.2)

1: 0 1 2	2: 0 4 5
3: 8 2 3 6,6 0,18 -0,18	4: 8 2 4 56 0 -0,46
5: 8 1 3 8 0 -0,36	6: 8 1 5 60 0 -0,74

Если замыкающие звенья имеют следующие значения исходных величин:

$$(1_2)_{\min}=(4_5)_{\min}=1; (1_2)_{\max}=(4_5)_{\max}=2; T(1_2)=T(4_5)=1 \text{ мм.}$$

Исходная размерная информация (см. размерную схему рис. 7.2)

1: 1 1 2 1 2	2: 1 4 5 1 2
3: 8 2 3 6,6 0,18 -0,18	4: 8 2 4 56 0 -0,46
5: 8 1 3 8 0 -0,36	6: 8 1 5 60 0 -0,74

7.7.2. Пример 2

На рис. 7.19 (см. с. 256) построена размерная схема проектного варианта сборочно-го соединения.

Задача проектная.

Замыкающее звено ограничено наименьшим предельным значением.

Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.19)

1: 2 1 2 0,4	2: 2 4 5 0,4
3: 6 2 3 0,18 -0,18	4: 6 2 4 0 -0,46
5: 8 1 3 8 0 -0,36	6: 8 1 5 60 0 -0,74

Исходное звено имеет предельные размеры, но расчет ведется от наименьшего предельного значения.

$$(1_2)_{\min}=(4_5)_{\min}=0,4 \text{ мм, } (1_2)_{\max}=(4_5)_{\max}=3,0.$$

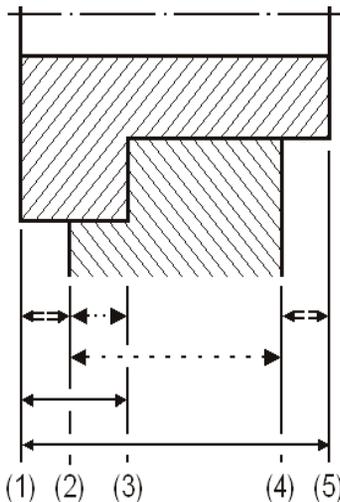
Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.19)

1: 2 1 2 0,4 3,0	2: 2 4 5 0,4 3,0
3: 6 2 3 0,18 -0,18	4: 6 2 4 0 -0,46
5: 8 1 3 8 0 -0,36	6: 8 1 5 60 0 -0,74

Расчет размерной схемы по средним значениям исходного звена.

Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.19)

1: 3 1 2 0,4 3,0	2: 3 4 5 0,4 3,0
3: 6 2 3 0,18 -0,18	4: 6 2 4 0 -0,46
5: 8 1 3 8 0 -0,36	6: 8 1 5 60 0 -0,74



Замыкающие звенья заданы предельными значениями, но ограничены со стороны наибольшего предельного размера.

$$(1_2)_{\min}=(4_5)_{\min}=0,4 \text{ мм}; (1_2)_{\max}=(4_5)_{\max}=3,0 \text{ мм.}$$

Исходная информация (см. схему рис. 7.19)

1: 4 1 2 0,4 3,0	2: 4 4 5 0,4 3,0
3: 6 2 3 0,18 -0,18	4: 6 2 4 0 -0,46
5: 8 1 3 8 0 -0,36	6: 8 1 5 60 0 -0,74

Замыкающие звенья ограничены только наибольшим предельным значением.

Исходная информация (см. схему рис. 7.19)

1: 4 1 2 3,0	2: 4 4 5 3,0
3: 6 2 3 0,18 -0,18	4: 6 2 4 0 -0,46
5: 8 1 3 8 0 -0,36	6: 8 1 5 60 0 -0,74

$$(1+5)=60 0 -0,74; (1+3)=8 0 -0,36;$$

$$(2-3)^{+0,18}_{-0,18}; (2-4)_{-0,36};$$

$$[1_2]_{\min}=[4_5]_{\min}=0,4$$

Рис. 7.19. Эскиз и размерная схема сборочного соединения

7.7.3. Пример 3

Если в схеме рис. 7.3 отсутствуют исходные данные для замыкающих звеньев, кодирование звеньев выполняется в форме, которая представлена в варианте 1.

Во втором варианте кодирования процесса (см. рис. 7.3, с. 236) исходное значение минимально необходимого припуска, окончательный и промежуточные значения составляющих размеров и замыкающее звено — невыполняемый чертежный размер имеют известные исходные параметры.

Задача проверочная.

Вариант 1. Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.3)

1: 0 18 38	2: 0 17 18
3: 8 18 28 8 0 -0,36	4: 0 17 28
5: 7 28 38 51,8 0,15 -0,15	6: 7 16 17 4 0,15 -0,15
7: 7 17 38 61 0 -0,74	8: 7 38 37 0,5 0,5 0
9: 0 16 37	

Вариант 2. Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.3)

1: 1 18 38 60 0 -0,74	2: 1 17 18 0,16 1,2
3: 8 18 28 8 0 -0,36	4: 0 17 28
5: 7 28 38 51,8 0,15 -0,15	6: 7 16 17 4 0,15 -0,15
7: 7 17 38 61 0 -0,74	8: 7 38 37 0,5 0,5 0
9: 0 16 37	

7.7.4. Пример 4

При проектировании технологического процесса известны исходные чертежные размеры. Если один из них (или несколько) окажется невыполняемым на операциях или технологических переходах, то замыкающее звено-размер имеет исходные параметры для расчета запасов. Должны быть известны значения минимально необходимых припусков и точности (верхние и нижние предельные отклонения) всех промежуточных определяемых составляющих размеров-звеньев. Часто в проектных расчетах встречаются известные промежуточные размеры. В схеме технологического процесса рис. 7.4 (см. с. 240) замыкающее звено — чертежный размер рассчитывается от среднего значения исходного звена, а для этого он должен быть закодирован группой 3.

Замыкающее звено-припуск ограничено только наименьшим предельным размером — группа 2. Расход металла и справочный размер не имеют исходных значений — группа 0. Если номинальные значения определяемых размеров после их расчета необходимо округлить до второго десятичного знака, то после ввода нижнего предельного отклонения в группах 6 проставляется код округления. Задача проектная.

Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.4)

1: 3 18 38 60 0 -0,74	2: 2 17 18 0,16
3: 8 18 28 8 0 -0,36	4: 0 17 28
5: 6 28 38 0,15 -0,15 2	6: 7 16 17 4 0,15 -0,15
7: 6 17 38 0 -0,74 2	8: 7 38 37 0,5 0,5 0
9: 0 16 37	

7.7.5. Пример 5

На рис. 7.7 (см. с. 244) построена упрощенная размерная схема процесса механической обработки изделия без учета компенсирующих звеньев в поковке.

Исходные данные для кодирования показаны ниже. Исходные данные для автоматизированного расчета в варианте 1. Расчетная схема с учетом возможной компенсации погрешностей на заготовке рис. 7.8 (см. с. 245) закодирована в варианте 2.

Код округления для определяемых звеньев группы 6 принимается равный 1 (округление до первого десятичного знака).

Вариант 1. Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.7, с. 244)

1: 8 38 48 20 0,3 0	2: 7 27 38 22,42 0 -0,52
3: 2 38 37 1,9	4: 2 47 48 1,9
5: 7 27 58 82,16 0 -0,52	6: 2 58 57 1,9
7: 7 17 27 20,5 1,0 -0,5	8: 6 27 37 1,0 -0,5 1
9: 6 47 57 1,2 -0,6 1	10: 6 17 57 2,0 -1,0 1

Вариант 2. Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.8)

1: 8 38 48 20 0,3 0	2: 7 27 38 22,42 0 -0,52
3: 2 38 37 1,9	4: 2 47 48 1,9
5: 7 27 58 82,16 0 -0,52	6: 2 58 57 1,9
7: 7 17 27 20,5 1,0 -0,5	8: 6 27 37 1,0 -0,5 1
9: 6 47 57 1,2 -0,6 1	10: 6 17 57 2,0 -1,0 1
11: 5 27 57 2,0 -1,0	12: 5 27 47 1,2 -0,5

7.7.6. Пример 6

На рис. 7.20 (см. с. 258) дан конструкторский эскиз вала.

В этом варианте примера упрощены формы конкретного изделия машиностроения, уменьшены точность размеров и технических требований. Соответственно уменьшено и количество операций механической обработки. Действующий технологический процесс представлен на рис. 7.21...7.23 (см. с. 258) со всеми известными окончательными и промежуточными размерами.

Исходная заготовка по рис. 7.21 получена штамповкой в открытом штампе на кри-вошипном горячештамповочном прессе. Перед операцией штамповки проведена под-готовительная высадка на горизонтально-ковочной машине. Операции механической обработки выполняются на токарных многорезцовых полуавтоматах. По действующему технологическому процессу на рис. 7.24 (см. с. 259) построена размерная схема первой проекции (линейных размеров).

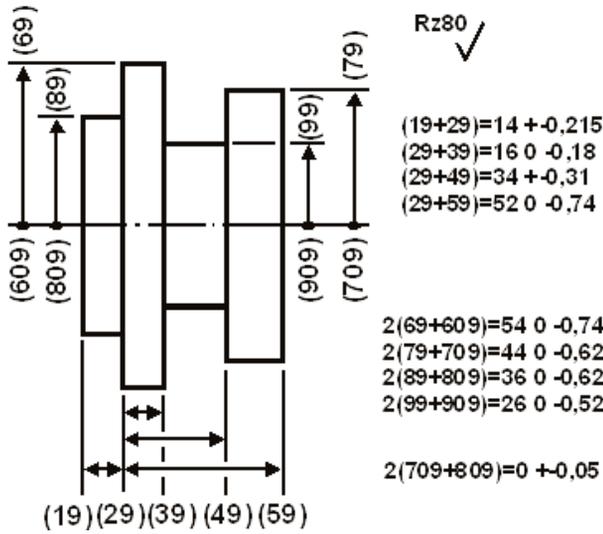


Рис. 7.20. Эскиз вала

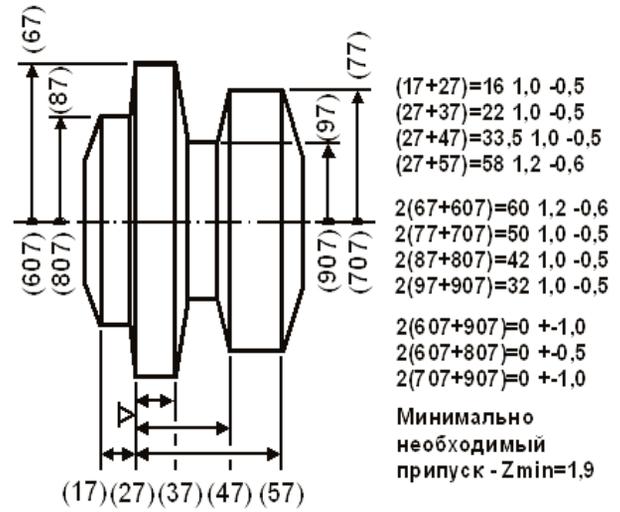


Рис. 7.21. Эскиз операции 000

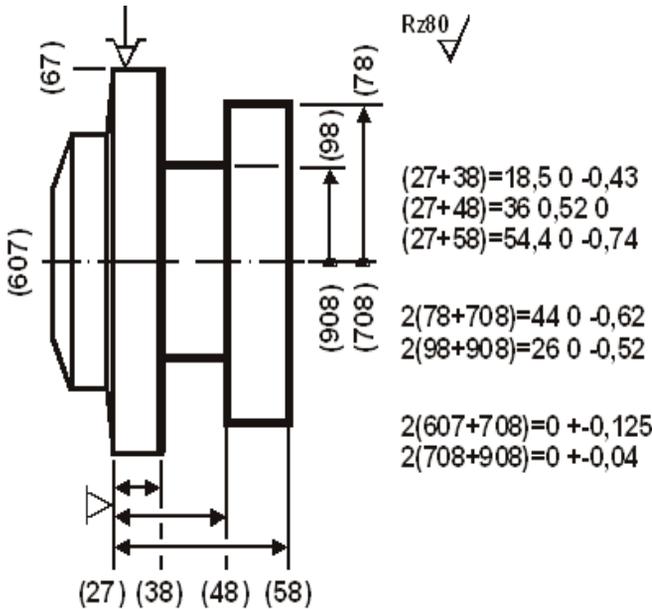


Рис. 7.22. Эскиз токарной операции 005

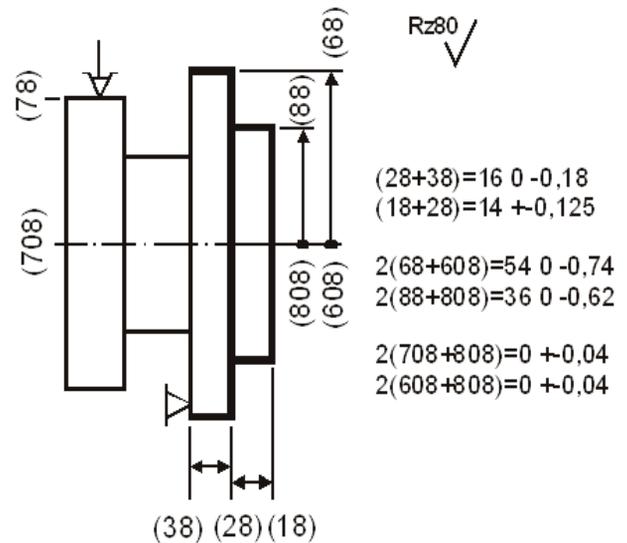


Рис. 7.23. Эскиз токарной операции 010

Ниже закодированы исходные данные размерной схемы для ввода в ЭВМ.

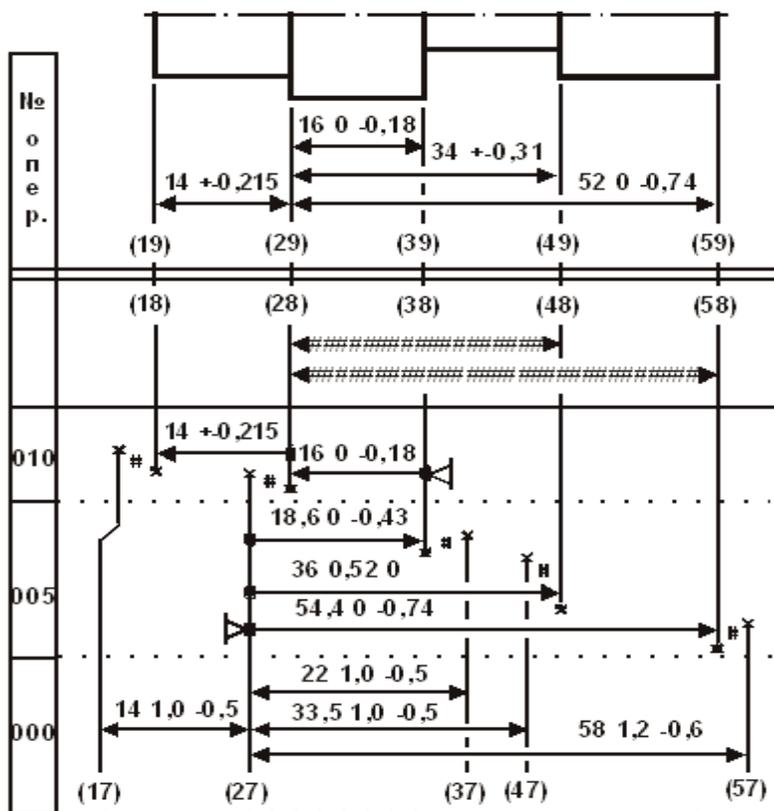
Чертежные размеры (29+49) и (29+59) непосредственно не выполняются в процес-се обработки.

Получающиеся параметры замыкающих размеров-звеньев: [28#48] и [28#58] могут быть определены с последующей оценкой положительного или отрицательного запаса в сравнении с исходными предельными значениями.

Замыкающие размеры-звенья, имеющие предельные значения, кодируются в ис-ходных данных группой 1 (вариант 1).

Замыкающие звенья-припуски имеют только наименьшее предельное значение. Поэтому необходимо ввести дополнительно наибольший предельный размер, который

может быть взят из действующего технологического процесса как глубина резания или назначен директивно любым положительным числом, большим наименьшего предельного значения припуска. В первом варианте исходных данных наибольшие значения припуска приняты равным 10, что позволило закодировать замыкающие звенья-припуски группой 1.



7.24. Схема первой проекции (линейных размеров)

Вариант 1. Исходная информация (см. схему рис. 7.24)

1: 9 29 39 16 0 -0,18	2: 9 29 49 34 -0,31 +0,31
3: 9 29 59 52 0 -0,74	4: 9 19 29 14 +-0,215
5: 1 28 48 34 +-0,31	6: 1 28 58 52 0 -0,74
7: 1 17 18 1,9 10	8: 8 18 28 14 +-0,215
9: 8 28 38 16 0 -0,18	10: 1 27 28 1,9 10
11: 7 27 38 18,5 0 -0,43	12: 1 38 37 1,9 10
13: 7 27 48 36,5 0,52 0,74	14: 1 47 48 1,9 10
15: 7 27 58 54,4 0 -0	16: 1 58 57 1,9 10
17: 7 17 27 16 1,0 -0,5	18: 7 27 37 22 1,0 -0,5
19: 7 27 47 33,5 1,0 -0,5	20: 7 27 57 58 1,2 -0,6

Вариант 2.

1: 3 28 48 34 +-0,31	2: 3 28 58 52 0 -0,74
3: 2 17 18 1,9	4: 8 18 28 14 +-0,215
5: 8 28 38 16 0 -0,43	6: 2 27 28 1,9
7: 7 27 38 18,5 0 -0,43	8: 2 38 37 1,9
9: 7 27 48 36,5 0,52 0	10: 2 47 48 1,9
11: 7 27 58 54,4 0 -0,74	12: 2 58 57 1,9
13: 7 17 27 16 1,0 -0,5	14: 7 27 37 22 1,0 -0,5
15: 7 27 47 33,5 1,0 -0,5	16: 7 27 57 58 1,2 -0,6

Размерная схема второй проекции, построенная на рис. 7.25 (см. с. 260), позволяет подготовить исходные данные для автоматизированного расчета.

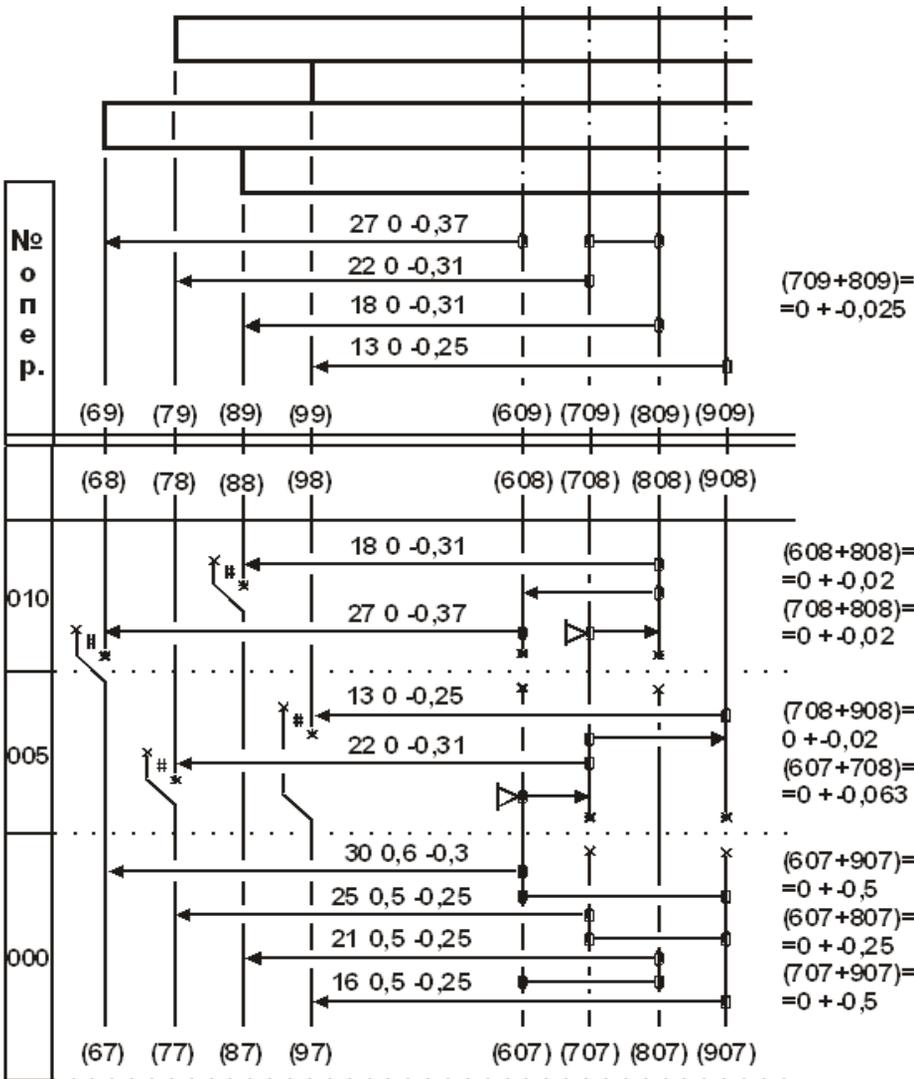
ППП «КурсАР» позволяет использовать в проверочной задаче группы звеньев из прямой задачи, в которой замыкающие звенья с наименьшим предельным значением кодируются односторонним ограничением (группа 2).

Во втором варианте подготовленных исходных данных припуски закодированы с минимально необходимой величиной 1,9 мм под номером группы 2, а замыкающие размеры-звенья группой 3.

В процессе автоматизированного расчета размерной цепи со всеми известными составляющими звеньями проверочной задачи и с замыкающими звеньями проектной группы 2 и 3 будут отнесены к группе 1 с последующим проверочным расчетом и оценкой запасов.

Исходная размерная информация

1: 1 87 88 1,9 10	2: 8 88 808 18 0 -0,31
3: 7 608 808 0 +-0,02	4: 8 708 808 0 +-0,02
5: 1 67 68 1,9 10	6: 8 68 608 27 0 -0,37
7: 1 97 98 1,9 10	8: 8 98 908 13 0 -0,26
9: 7 708 908 0 +-0,02	10: 1 77 78 1,9 10
11: 8 78 708 22 0 -0,31	12: 7 607 708 0 +-0,063
13: 7 607 907 0 +-0,5	14: 7 67 607 30 0,6 -0,3
15: 7 607 807 0 +-0,25	16: 7 77 707 25 0,5 -0,25
17: 7 707 907 0 +-0,5	18: 7 87 807 21 0,5 -0,25
19: 7 97 907 16 0,5 -0,25	



Все диаметрально-ные поверхности изделия непосредственно выполняются на операциях механической обработки с окончательными размерами группы 8. В качестве замыкающих размеров выступают только припуски с односторонним ограничением по наименьшему предельному значению. Для кодирования их под номером группы 1 необходимо дополнить любое наибольшее предельное значение. В исходных данных второй проекции такое значение принято равным 10. Это значение можно исключить, кодируя замыкающие звенья-припуски группой 2.

Исходная размерная информация (см. схему рис. 7.25)

Рис. 7.25. Размерная схема второй проекции процесса

1: 2 87 88 1,9	2: 8 88 808 18 0 -0,31
3: 7 608 808 0 +-0,02	4: 7 708 808 0 +-0,02
5: 2 67 68 1,9	6: 8 68 608 27 0 -0,37
7: 2 97 98 1,9	8: 8 98 908 13 0 -0,26
9: 7 708 908 0 +-0,02	10: 2 77 78 1,9
11: 8 78 708 22 0 -0,31	12: 7 607 708 0 +-0,063
13: 7 607 907 0 +-0,5	14: 7 67 607 30 0,6 -0,3
15: 7 607 807 0 +-0,25	16: 7 77 707 25 0,5 -0,25
17: 7 707 907 0 +-0,5	18: 7 87 807 21 0,5 -0,25
19: 7 97 907 16 0,5 -0,25	

8. Результаты расчета размерных цепей на ЭВМ

Результаты расчета выводятся на экран видеотерминала или печатающее устройство в следующей последовательности:

- основные данные о пользователе и изделии;
- диагностические сообщения;
- исходные данные в том виде, как вводил их пользователь;
- уравнения размерных цепей;
- результаты размерных расчетов.

Основные данные о себе и об изделии пользователь заносит в программу, отвечая на соответствующие вопросы диалога (машина — пользователь).

Диагностические сообщения содержат информацию о количестве замыкающих звеньев группы 2, 3, 4 и определяемых составляющих звеньях группы 6 при решении проектных задач, а также данные по замыкающим и составляющим звеньям, которые не вошли ни в один из контуров.

Результаты по примеру 6 (см. с. 257) приводятся ниже.

8.1. Результаты расчета при решении проверочных задач

8.1.1. Результаты расчета размерной схемы первой проекции (см. рис. 7.24, с. 259)

Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей «КурсАР»

Расчетчик: Медведев Е.Г.

Организация: ЮУрГУ

Изделие: 001 Вал

Дата: 13.12.2001 г.

Исходная размерная информация

1: 9 29 39 16 0 -0,18	2: 9 29 49 34 -0,31 +0,31
3: 9 29 59 52 0 -0,74	4: 9 19 29 14 +-0,215
5: 1 28 48 34 +-0,31	6: 1 28 58 52 0 -0,74
7: 1 17 18 1,9 10	8: 8 18 28 14 +-0,215
9: 8 28 38 16 0 -0,18	10: 1 27 28 1,9 10
11: 7 27 38 18,5 0 -0,43	12: 1 38 37 1,9 10
13: 7 27 48 36,5 0,52 0,74	14: 1 47 48 1,9 10
15: 7 27 58 54,4 0 -0	16: 1 58 57 1,9 10
17: 7 17 27 16 1,0 -0,5	18: 7 27 37 22 1,0 -0,5
19: 7 27 47 33,5 1,0 -0,5	20: 7 27 57 58 1,2 -0,6

Цепи размерные:

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[28\#48]=+(27+48)-(27+38)+(28+38)$$

$$[28\#58]=+(27+58)-(27+38)+(28+38)$$

$$[17\#18]=-(18+28)-(28+38)+(27+38)+(17+27)$$

$$[27\#28]=-(28+38)+(27+38)$$

$$[38\#37]=+(27+37)-(27+38)$$

$$[47\#48]=+(27+48)-(27+47)$$

$$[58\#57]=+(27+57)-(27+58)$$

По результатам расчета (см. табл. N на стр. 262) видно, что замыкающие звенья-размеры [28#48] и [28#58] не соответствуют значениям исходных размеров (29+49) и (29+59) на эскизе детали (см. рис. 7.20 и 7.24, с. 258 и 259).

Результаты расчета

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний
1#	28	48	33,820	34,950	34,385	0,565	0,130	-0,640
1#	28	58	50,980	52,330	51,655	0,675	-0,280	-0,330
1#	17	18	3,355	5,895	4,625	1,270	1,455	4,105
1#	27	28	2,070	2,680	2,375	0,305	0,170	7,320
1#	38	37	3,000	4,930	3,965	0,965	1,100	5,070
1#	47	48	2,000	4,020	3,010	1,010	0,100	5,980
1#	58	57	3,000	5,540	4,270	1,270	1,100	4,460

Поле рассеяния $w[28_48]=1,13$ больше поля допуска $T(29_49)=0,62$ мм и смещено за пределы исходного наибольшего значения с отрицательным запасом.

Положительный запас со стороны наименьшего предельного значения по своей величине не сможет компенсировать отрицательный запас при смещении поля рассеяния влево.

Поле рассеяния замыкающего размера [28#58] также превосходит исходное поле допуска. Расчетные наибольшее и наименьшее его значения выходят за пределы поля допуска с отрицательными запасами.

Все расчетные наименьшие предельные значения припусков имеют положительный запас, что гарантирует получение обработанных торцовых поверхностей без следов от предшествующей заготовительной операции, но и избыточный припуск не может служить хорошим показателем анализируемого технологического процесса.

Положительные запасы со стороны наибольших предельных значений припусков в данном варианте, когда кодирование припусков осуществлялось через группу 1 с директивным вводом любого наибольшего предельного размера, не несут сравнительной информации.

Если припуски закодировать группой 2 с ограничением по их минимально необходимым величинам (вариант 2, с. 259), положительные запасы из таблицы результатов расчета будут удалены, а кодировочная группа звеньев-припусков под номером 2 будет преобразована в группу 1, так как все уравнения с замыкающими звеньями решают проверочную задачу.

Результаты расчета по второму варианту даны в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Результаты расчета при кодировании исходной информации по второму варианту (см. с. 259)

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний
1#	28	48	33,820	34,950	34,385	0,565	0,130	-0,640
1#	28	58	50,980	52,330	51,655	0,675	-0,280	-0,330
1#	17	18	3,355	5,895	4,625	1,270	1,455	
1#	27	28	2,070	2,680	2,375	0,305	0,170	
1#	38	37	3,000	4,930	3,965	0,965	1,100	
1#	47	48	2,000	4,020	3,010	1,010	0,100	
1#	58	57	3,000	5,540	4,270	1,270	1,100	

8.1.2. Результаты расчета размерной схемы второй проекции

В этом разделе и далее не будут повторяться сведения о пользователе и об изделии, которые распечатываются вместе с результатами расчетов, а также исходные данные, закодированные значения которых приводились на предшествующих страницах.

В результатах расчета по второй проекции процесса (см. рис. 7.25, с. 260) показаны исходные данные, уравнения размерных цепей при решении проверочной задачи и таблица (табл. 8.2) с определенными параметрами замыкающих звеньев.

Уравнения размерных цепей, решенных методом максимума-минимума:

$$[87\#88]=-(88+808)+(708+808)+(607+708)-(607+807)+(87+807);$$

$$[67\#68]=-(68+608)-(608+808)+(708+808)+(607+708)+(67+607);$$

$$[97\#98]=-(98+908)+(708+908)+(607+708)-(607+907)+(97+907);$$

$$[77\#78]=-(78+708)+(607+708)-(607+907)+(707+907)+(77+707).$$

Таблица 8.2

Результаты расчета второй проекции размерной схемы рис. 7.25

Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний
1#	87	88	2,417	4,143	3,280	0,863	0,517	
1#	67	68	2,597	4,073	3,335	0,738	0,697	
1#	97	98	2,167	4,343	3,255	1,088	0,267	
1#	77	78	1,687	4,873	3,280	1,593	-0,213	

Расчетные наименьшие предельные значения припусков [87#88], [67#68] и [97#98] превосходят минимально необходимую величину, равную 1,9 мм. Положительные запасы говорят об излишках металла, переводимого в стружку.

Расчетное значение замыкающего звена-припуска [77#78] с величиной отрицательного запаса по наименьшему предельному значению говорит о том, что на обрабатываемой поверхности (78) могут остаться следы от предшествующей заготовительной операции.

8.2. Результаты расчета при решении проектных задач

8.2.1. Проектный вариант технологического процесса на базе проверочной задачи примера 6

На первом этапе размерного анализа действующего технологического процесса было выявлено превышение полей рассеяния замыкающих размеров-звеньев над их исходными величинами.

Возвращаясь к размерной схеме рис. 7.24 (см. с. 259), необходимо проследить возможные пути по уменьшению величин полей рассеяния (уменьшение числа составляющих звеньев и ужесточение их допусков в пределах экономических точностей операций или технологических переходов).

Точность окончательного технологического размера $(28+38)=16_{-0,18}$ (12 квалитет), проставленного на операции 010, соответствует экономической точности выполняемых размеров при первоначальной обработке черновых поверхностей от ранее обработанных базовых поверхностей заготовки. Ужесточение допуска этого размера, входящего в уравнения с замыкающими звеньями [28#48] и [28#58], нетехнологично.

В этих же уравнениях есть еще один общий размер $(27+38)=18,6_{-0,43}$, который выполняется на операции 005 (см. рис. 7.22, с. 258) от необработанной поверхности (27) исходной заготовки рис. 7.21 (см. с. 258).

На токарной 005 операции поверхности (38) и (48) формируются мерным инструментом — прорезным резцом с поперечного суппорта. Каждый из выполняемых размеров: $(27+38)$ и $(27+48)$, проставленных с допуском по 14 квалитету, содержит в себе погрешность базирования (составляющее звено), которая не должна учитываться дважды. На колебание размера $(38-48)$ погрешность базирования не оказывает существенного влияния. По отношению к размерам $(27+38)$ и $(27+48)$ отсутствующий размер $(38-48)$ является заменяющим-замыкающим звеном, а для уравнения с замыкающим звеном $[28\#48]$ — заменяющим. Его точность назначается в пределах 12 квалитета. Ориентировочное значение номинального размера $\{38-48\}=(27+48)-(27+38)=18$ мм.

Допуск на такое значение номинального размера по 12 квалитету ($T=0,21$) необходимо превратить в верхнее предельное отклонение (допуск в тело металла). Аналогичные рассуждения правомерны и для заменяющего-замыкающего звена $\{38-58\}=(27+58)-(27+38)=36$ мм. По 12 квалитету — $T(38-58)=0,25$. Эта величина будет соответствовать нижнему предельному отклонению. Превращение величины допуска в верхнее или нижнее предельное отклонение не влияет на конечные наибольшие и наименьшие предельные значения расчетных величин. Выбор отклонения влияет только на величину номинального размера. Если исходные данные первой проекции (см. с. 259) дополнить заменяющими размерами, то можно проследить формирование замыкающих размеров-звеньев и замыкающих звеньев-припусков в реальных условиях действующего производства. Размерная схема первой проекции процесса с заменяющими звеньями построена на рис. 8.1 на основе рис. 7.24 (см. с. 259).

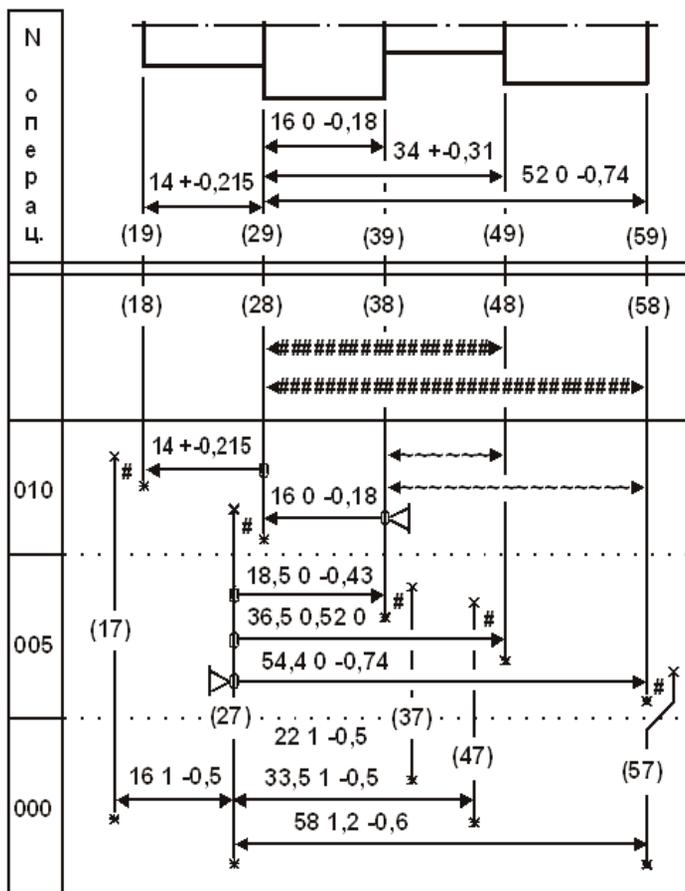


Рис. 8.1. Схема с заменяющими-замыкающими размерами

Уравнения размерных цепей изменятся только для замыкающих размеров-звеньев. Они будут распечатаны в следующем виде:

- Уравнения решены методом максимума-минимума
- $[28\#48]=+(38-48)+(28+38)$
- Заменяющее-замыкающее звено $\{38-48\}=(27+48)-(27+38)$
- $[28\#58]=+(38-58)+(28+38)$
- Заменяющее-замыкающее звено $\{38-58\}=(27+58)-(27+38)$
- $[17\#18]=-(18+28)-(28+38)+(27+38)+(17+27)$
- $[27\#28]=-(28+38)+(27+38)$
- $[38\#37]=+(27+37)-(27+38)$
- $[47\#48]=+(27+48)-(27+47)$
- $[58\#57]=+(27+57)-(27+58)$

Исходная размерная информация

1: 1 28 48 34 +−0,31	2: 1 28 58 52 0 −0,74
3: 2 17 18 1,9	4: 8 18 28 14 +−0,215
5: 8 28 38 16 0 −0,18	6: 2 27 28 1,9
7: 5 38 48 0 0,18	8: 5 38 58 0 −0,25
9: 7 27 38 18,5 0 −0,43	10: 2 38 37 1,9
11: 7 27 48 36,5 0,52 0	12: 2 47 48 1,9
13: 7 27 58 54,4 0 −0,74	14: 2 58 57 1,9
15: 7 17 27 16 1,0 −0,5	16: 7 27 37 22 1,0 −0,5
17: 7 27 47 33,5 1,0 −0,5	18: 7 27 57 58 1,2 −0,6

Результаты расчета представлены в табл. 8.3.

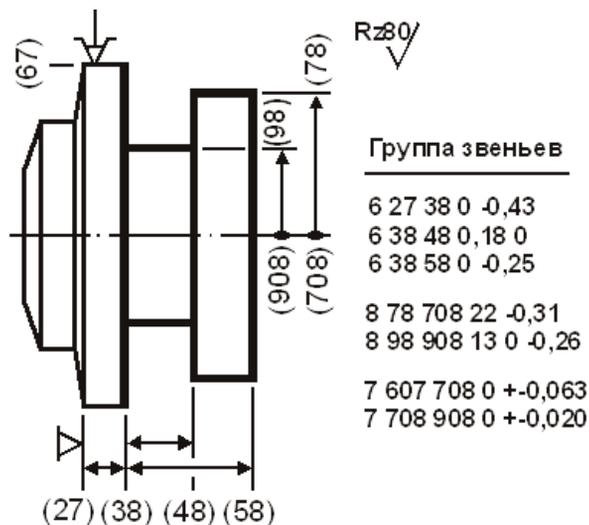
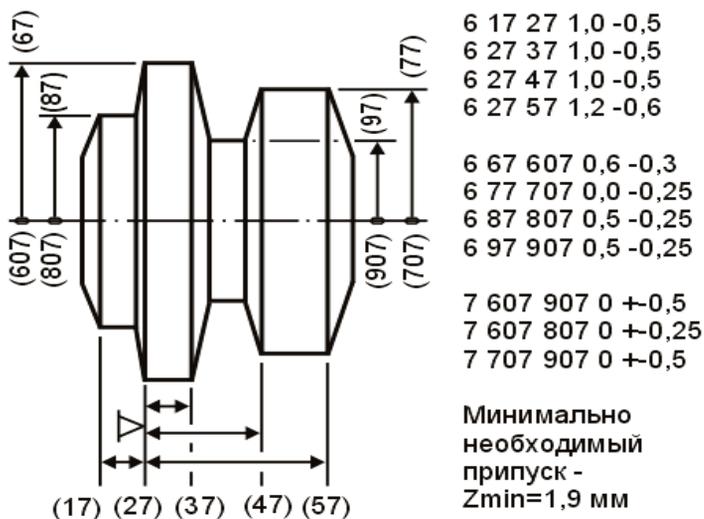


Рис. 8.3. Эскиз заготовительной операции 000

Рис. 8.3. Эскиз операции 005

Реальные поля рассеяния с замыкающими размерами-звеньями меньше полей исходных допусков. Это гарантия возможности исправления брака в действующем процессе при решении проектной задачи. В проектной задаче исчезнет значение отрицательного запаса у замыкающего звена-припуска [17=18].

Таблица 8.3

Результаты расчета

Гр	Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
1#	28 48		34,190	34,580	34,385	0,195	0,500	−0,270
1#	28 58		51,440	51,870	51,655	0,215	0,180	0,130
5~	38 48	18,370	0,210	0,000	18,475	0,105		
5~	38 58	35,870	0,000	−0,250	35,745	0,125		
1#	17 18		1,355	3,895	2,625	1,270	−0,545	
1#	27 28		2,070	2,680	2,375	0,305	0,170	
1#	38 37		3,000	4,930	3,965	0,965	1,100	
1#	47 48		2,000	4,020	3,010	1,010	0,100	
1#	58 57		3,000	5,540	4,270	1,270	1,100	

В проектном варианте предлагается новая редакция операционных эскизов, которые выполнены на рис. 8.2...8.4 (см. с. 265 и 266).

Окончательные и промежуточные операционные размеры на эскизах закодированы группами звеньев.

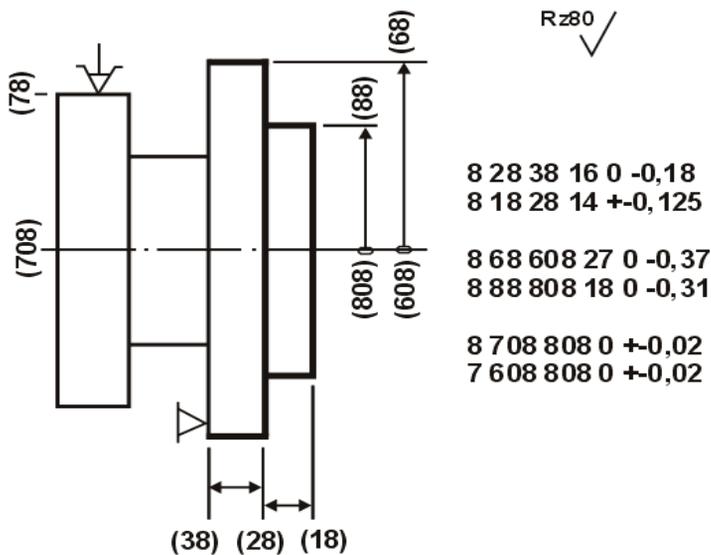


Рис. 8.4. Эскиз операции 010

К известным промежуточным размерам группы 7 можно отнести все остальные величины отклонений от соосности, проставленные на операционных эскизах и подлежащие периодическому контролю.

8.2.1.1. Расчет размеров в первой проекции

В проектном варианте технологического процесса механической обработки изделия "вал" известными звеньями группы 8 могут быть только окончательно выполняемые операционные размеры. К ним можно отнести два линейных размера: (18+28) и (28+38), четыре диаметральных: 2(68+608), 2(78+708), 2(88+808) и 2(98+908) и техническое требование по соосности — 2(708+808).

Все эти размеры-звенья выполняются и контролируются на операциях 005 и 010 (см. рис. 8.3 и 8.4).

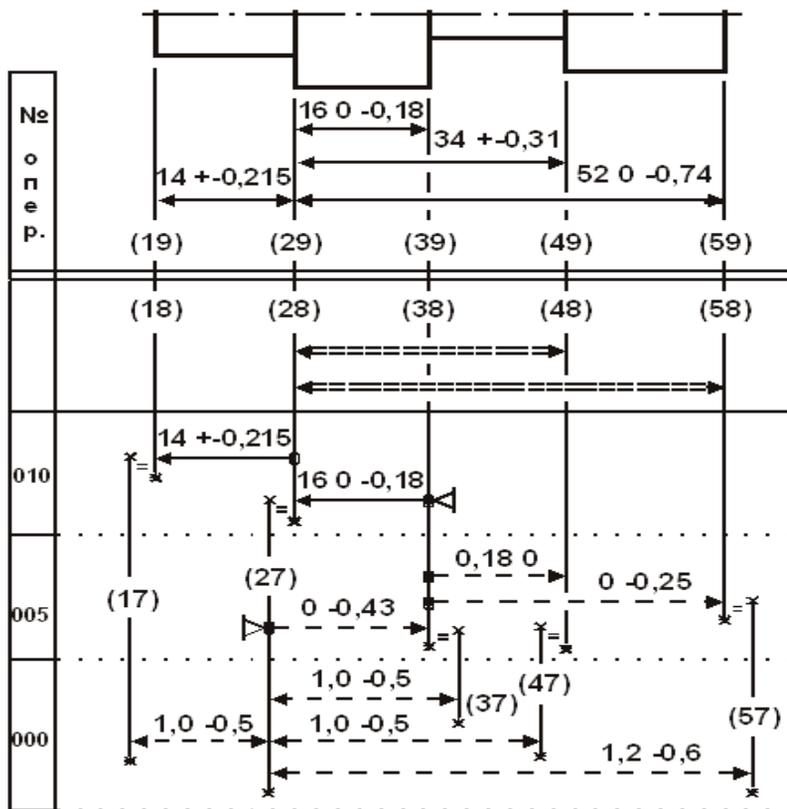


Рис. 8.5. Размерная схема первой проекции

Оставшиеся размеры-звенья, подлежащие выполнению и контролю, еще не имеют величин номинальных значений. Они могут быть отнесены к группе определяемых размеров-звеньев под кодовым номером 6.

При кодировании определяемых размеров в исходные данные заносятся их предельные отклонения, которые выбраны с учетом допуска выполняемого размера.

По операционным эскизам на рис. 8.5 построена размерная схема линейных размеров. Ее анализ позволит определить замыкающие звенья для окончательного кодирования исходных данных.

Исходная размерная информация

1:	3 28 48 34 +-0,31	2:	3 28 58 52 0 -0,74,
3:	2 17 18 1,9	4:	8 18 28 14 +-0,215
5:	8 28 38 16 0 -0,18	6:	2 27 28 1,9
7:	6 27 38 0 -0,43	8:	2 38 37 1,9
9:	6 38 48 0,18 0	10:	2 47 48 1,9
11:	6 38 58 0 -0,25	12:	2 58 57 1,9
13:	6 17 27 1,0 -0,5	14:	6 27 37 1,0 -0,5
15:	6 27 47 1,0 -0,5	16:	6 27 57 1,2 -0,6

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$\begin{aligned}
 [28=48] &= +(38-48) + (28+38) \\
 [28=58] &= +(38-58) - (28+38) \\
 [17=18] &= -(18+28) - (28+38) + (27+38) + (17-27) \\
 [27=28] &= -(28+38) + (27-38) \\
 [38=37] &= +(27-37) - (27+38) \\
 [47=48] &= +(38+48) + (27+38) - (27-47) \\
 [58=57] &= +(27-57) + (27+38) - (38+58)
 \end{aligned}$$

Решение всех размерных цепей в проектной задаче возможно в том случае, если количества замыкающих и определяемых составляющих звеньев будут равны. В исходных данных это равенство соблюдается.

Процесс решения начинается с уравнений, в которых по одному неизвестному. К ним можно отнести уравнения с замыкающими звеньями [28=48], [28=58] и [27=28]. Найденные из этих уравнений номинальные значения определяемых звеньев последовательно подставляются в следующие уравнения для расчета оставшихся определяемых звеньев.

В табл. 8.4 представлены результаты расчета.

При подготовке исходных данных звеньев группы 6 в их параметры не введены коды округления. ППП «КурсАР» автоматически дополнит параметры определяемых звеньев цифрой 3, и проведет расчет номинальных значений до третьего десятичного знака.

Из табл. 8.4 видно, что размеры заготовки имеют номинальные значения до тысячных долей миллиметра. Такие значения необходимо округлить до первого десятичного знака.

Но округление должно производиться последовательно по мере расчета определяемых звеньев с подстановкой их округленных значений в следующие расчетные уравнения. Исходные данные с кодом округления группы 6 до первого десятичного знака и результаты расчета показаны ниже (см. табл. 8.5, с. 268).

Таблица 8.4

Результаты расчета размерных цепей проектного варианта технологического процесса без округления расчетных величин номинальных значений определяемых звеньев группы 6

Гр пу па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
3=	28	48		33,820	34,180	34,000	0,180	0,130	0,130
3=	28	58		51,415	51,845	51,630	0,215	0,155	0,155
2=	17	18		1,900	4,440	3,170	1,270	0,000	
2=	27	28		1,900	2,510	2,205	0,305	0,000	
6+	27	38	18,330	0,000	-0,430	18,115	0,215		
2=	38	37		1,900	3,830	2,865	0,965	0,000	
6+	38	48	18,000	0,180	0,000	18,090	0,090		
2=	47	48		1,900	4,010	2,955	1,055	0,000	
6+	38	58	35,845	0,000	-0,250	35,720	0,125		
2=	58	57		1,900	4,380	3,140	1,240	0,000	
6+	17	27	14,715	1,000	-0,500	14,965	0,750		
6+	27	37	20,730	1,000	-0,500	20,980	0,750		
6+	27	47	33,000	1,000	-0,500	33,250	0,750		
6+	27	57	56,675	1,200	-0,600	56,976	0,900		

При решении уравнений с замыкающими звеньями-припусками без округления номинальных значений определяемых звеньев запасы по наименьшему предельному значению замыкающих звеньев равны нулю.

Исходная размерная информация

1:	3 28 48 34	+0,31	2:	3 28 58 52 0	-0,74
3:	2 17 18 1,9		4:	8 18 28 14	+0,215
5:	8 28 38 16 0	-0,18	6:	2 27 28 1,9	
7:	6 27 38 0	-0,43 1	8:	2 38 37 1,9	
9:	6 38 48 0,18 0 1		10:	2 47 48 1,9	
11:	6 38 58 0	-0,25 1	12:	2 58 57 1,9	
13:	6 17 27 1,0	-0,5 1	14:	6 27 37 1,0	-0,5 1
15:	6 27 47 1,0	-0,5 1	16:	6 27 57 1,2	-0,6 1

Таблица 8.5

Результаты расчета с округлением звеньев группы 6

Группа	Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
3=	28 48		33,820	34,180	34,000	0,180	0,130	0,130
3=	28 58		51,370	51,800	51,585	0,215	0,110	0,200
2=	17 18		1,955	4,495	3,225	1,270	0,055	
2=	27 28		1,970	2,580	2,275	0,305	0,070	
6+	27 38	18,400	0,000	-0,430	18,185	0,215		
2=	38 37		1,900	3,830	2,865	0,965	0,000	
6+	38 48	18,000	0,180	0,000	18,090	0,090		
2=	47 48		1,970	4,080	3,025	1,055	0,070	
6+	38 58	35,800	0,000	-0,250	35,675	0,125		
2=	58 57		1,900	4,380	3,140	1,240	0,000	
6+	17 27	14,700	1,000	-0,500	14,950	0,750		
6+	27 37	20,800	1,000	-0,500	21,050	0,750		
6+	27 47	33,000	1,000	-0,500	33,250	0,750		
6+	27 57	56,700	1,200	-0,600	57,000	0,900		

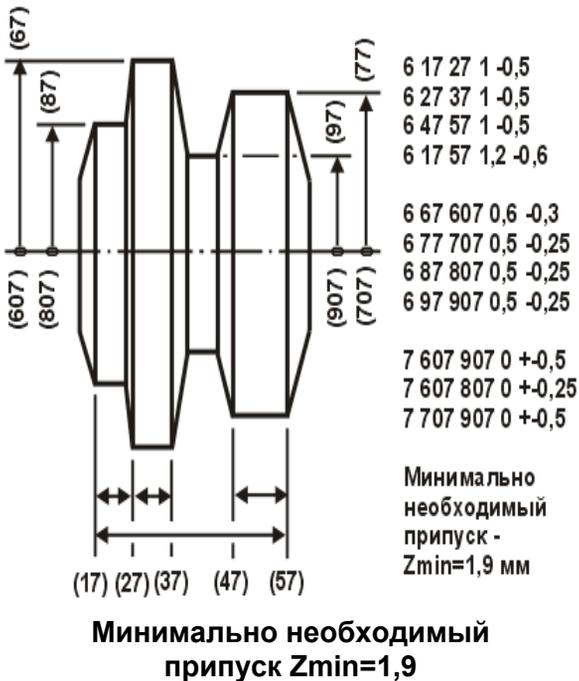


Рис. 8.6. Эскиз исходной заготовки. Операции 000

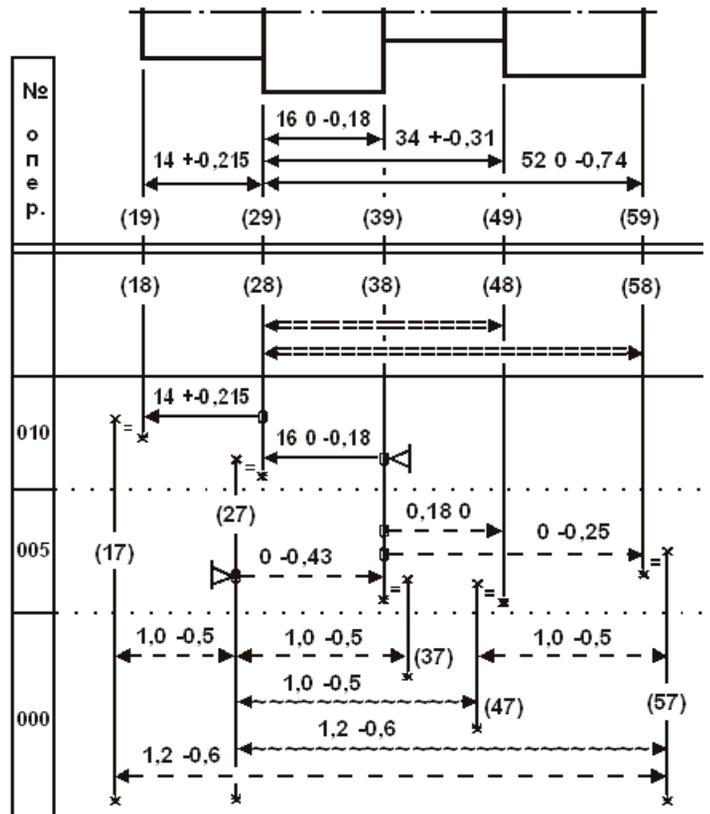


Рис. 8.7. Схема первой проекции

При решении уравнений с замыкающими звеньями-припусками с округлением номинальных значений определяемых звеньев запасы по наименьшим предельным значениям замыкающих звеньев отличаются от нуля на величину округления.

8.2.1.1.1. Расчет определяемых размеров в схеме с заменяющими звеньями

На эскизе исходной заготовки (см. рис. 8.2, с. 265) все размеры проставлены от поверхности (27), которая является технологической базой на первой (005) операции механической обработки. Такая простановка размеров может оказаться недостаточно обоснованной для оформления операционного эскиза заготовительной операции.

Предлагаемый вариант простановки размеров в эскизе исходной заготовки показан на рис. 8.6 (см. с. 268).

Размерная схема технологического процесса с новыми размерами исходной заготовки построена на рис. 8.7 (см. с. 268).

При подготовке исходных данных для автоматизированного расчета по схеме рис. 8.7 вновь появившиеся размеры заготовки (17–57) и (47–57) должны кодироваться группой 6, а определяемые размеры (27–47) и (27–57) переводятся в заменяющие-замыкающие — группа 5.

Исходные данные по размерной схеме рис. 8.7 показаны ниже.

Исходная размерная информация

1:	3	28	48	34	+0,31	2:	3	28	58	52	0	-0,74
..
..
..
15:	5	27	47	1,0	-0,5 1	16:	5	27	57	1,2	-0,6 1	
17:	6	47	57	1,0	-0,5 1	18:	6	17	57	1,2	-0,6 1	

В уравнения будут внесены следующие изменения:

$$[47=48]=(38+48)+(27+38)-(27\sim 47)$$

$$\text{Заменяющее-замыкающее звено: } \{27\sim 47\}=- (47-57)+(17+57)-(17+27)$$

$$[58=57]=(27\sim 57)+(27+38)-(38+58)$$

$$\text{Заменяющее-замыкающее звено: } \{27\sim 57\}=(17-57)-(17+27)$$

Результаты расчета в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Результаты расчета с заменяющими-замыкающими звеньями

Гр	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
3=	28	48		33,820	34,180	34,000	0,180	0,130	0,130
..
..	см. табл. 8.5 на с. 267		
..
5+	27	47	33,000	1,000	-0,500	33,250	0,750		
5+	27	57	56,700	1,200	-0,600	57,000	0,900		
6+	47	57	23,500	1,000	-0,500	23,750	0,750		
6+	27	57	71,700	1,200	-0,600	72,000	0,900		

8.2.1.2. Расчет определяемых диаметральных (радиальных) звеньев в размерной схеме второй проекции

По операционным эскизам рис. 8.3, 8.4 и 8.6 (см. с. 265 и 266) на рис. 8.8 (см. с. 270) построена схема диаметральных (радиальных) размеров.

Исходные данные закодированы в следующем виде:

Исходная размерная информация

1: 2 87 88 1,9	2: 8 88 808 18 0 -0,31
3: 7 608 808 0 +-0,02	4: 7 708 808 0 +-0,02
5: 2 67 68 1,9	6: 8 68 608 27 0 -0,37
7: 2 97 98 1,9	8: 8 98 908 13 0 -0,26
9: 7 708 908 0 +-0,02	10: 2 77 78 1,9
11: 8 78 708 22 0 -0,31	12: 7 607 708 0 +-0,063
13: 7 607 907 0 +-0,5	14: 6 67 607 0,6 -0,3 1
15: 7 607 807 0 +-0,25	16: 6 77 707 0,5 -0,25 1
17: 7 707 907 0 +-0,5	18: 6 87 807 0,5 -0,25 1
19: 6 97 907 0,5 -0,25 1	

Уравнения, решенные методом максимума-минимума:

$$[87=88]=-(88+808)+(708+808)+(607+708)-(607+807)+(87-807)$$

$$[67=68]=-(68+608)-(608+808)+(708+808)+(607+708)+(67-607)$$

$$[97=98]=-(98+908)+(708+908)+(607+708)-(607+907)+(97-907)$$

$$[77=78]=-(78+708)+(607+708)-(607+907)+(707+907)+(77-707)$$

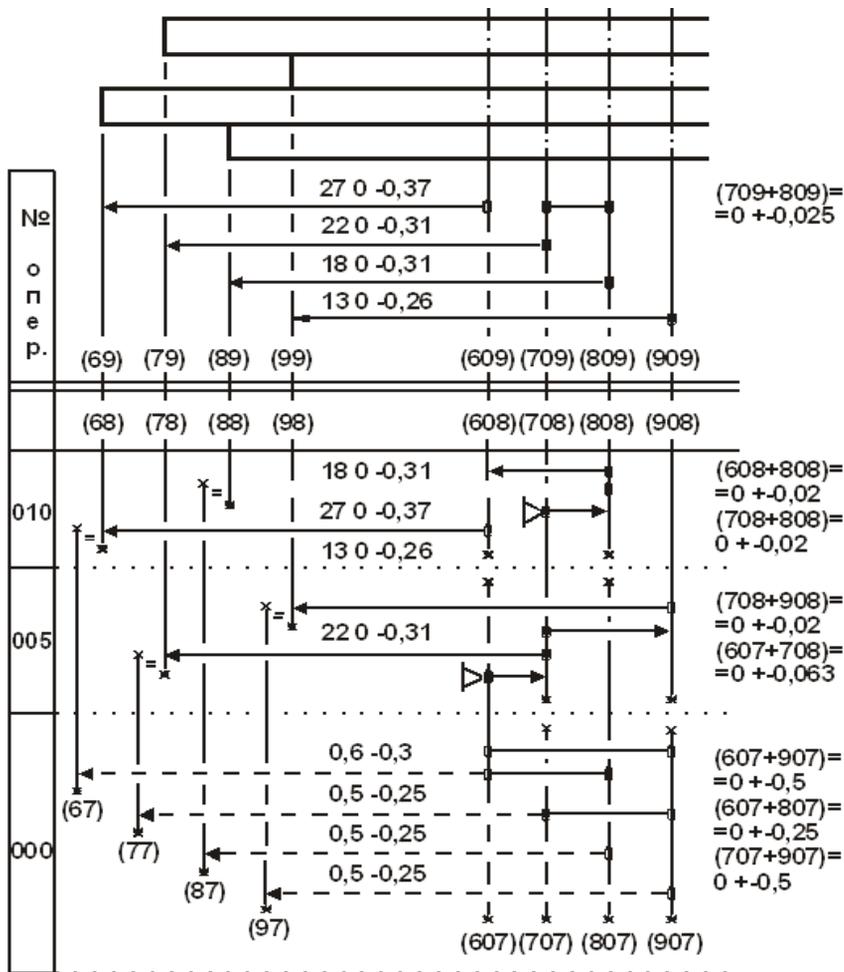


Рис. 8.8. Размерная схема второй проекции

В табл. 8.7 (см. с. 271) представлены результаты расчета радиальных размеров без округления определяемых звеньев группы 6.

Округленные до первого десятичного знака определяемые размеры даны в табл. 8.8 (см. с. 271). Здесь же помещены удвоенные значения радиусов, которые проставляются на операционных эскизах диаметрными размерами.

Окончательные результаты расчета промежуточных технологических размеров по двум проекциям являются основанием для оформления операционных эскизов и схем наладок по установам и позициям, а средние и предельные значения звеньев-припусков (глубины резания) позволяют рассчитать или выбрать режимы резания и составляющие силы резания.

9. Диагностические сообщения

В процессе оформления операционных эскизов, построения размерных схем, подготовки, кодирования и ввода исходной информации в ЭВМ, возможно, появление ошибок, которые существенным образом влияют на конечные результаты расчета размерных цепей.

Таблица 8.7

Результаты расчета второй проекции размерной схемы без округления определяемых звеньев группы 6

Группа	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний
2=	87	88		1,900	3,626	2,763	0,863	0,000
2=	67	68		1,900	3,377	2,639	0,738	0,000
2=	97	98		1,900	4,076	2,988	1,088	0,000
2=	77	78		1,900	5,086	3,493	1,593	0,000
6+	67	607	29,304	0,600	-0,300	29,454	0,450	
6+	77	707	25,213	0,500	-0,250	25,338	0,375	
6+	87	807	20,483	0,500	-0,250	20,608	0,375	
6+	97	907	15,733	0,500	-0,250	15,858	0,375	

Таблица 8.8

Округленные результаты расчета второй проекции

Группа	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний
2=	87	88		1,917	3,643	2,780	0,863	0,017
2=	67	68		1,997	3,473	2,735	0,738	0,097
2=	97	98		1,967	4,143	3,055	1,088	0,067
2=	77	78		1,987	5,173	3,580	1,593	0,087
6+	67	607	29,400	0,600	-0,300	29,550	0,450	
6+	2 (67	607)	58,800	1,200	-0,600	59,100	0,900	
6+	77	707	25,300	0,500	-0,250	25,425	0,375	
6+	2 (77	707)	50,600	1,000	-0,500	50,850	0,750	
6+	87	807	20,500	0,500	-0,250	20,625	0,375	
6+	2 (87	807)	41,000	1,000	-0,500	41,250	0,750	
6+	97	907	15,800	0,500	-0,250	15,925	0,375	
6+	2 (97	907)	51,600	1,000	-0,500	31,850	0,750	

В программе «КурсАР» предусмотрены алгоритмы: для выявления возможных отклонений от методики построения размерных схем; для расчета и сравнения количества замыкающих звеньев групп 2, 3 и 4 с составляющими определяемыми звеньями группы 6; для своевременного предупреждения о синтаксических ошибках, появляющихся при вводе исходных данных, и показа справочной информации по их устранению. На экране видеотерминала или при распечатке результатов расчета выводятся диагностические сообщения, помогающие найти и исправить эти ошибки.

Сообщения предусмотрены как для проверочных, так и для проектных задач.

9.1. Синтаксические ошибки

Общение с ЭВМ происходит в форме диалога. Необходимо внимательно читать предлагаемый текст и выполнять все предписания диалога.

После сбора информации о пользователе, изделии и методе расчета размерных цепей программа предлагает вводить исходные данные по группам звеньев. Если последовательность ввода параметров группы будет нарушена, на экране видеотерминала появляется сообщение о синтаксической ошибке.

Повторная ошибка ввода группы приведет к вызову на экран одного из рис. 7.9...7.17 (см. с. 251 и 253), который позволит пользователю правильно ввести необходимое звено.

9.2. Количество замыкающих и определяемых звеньев

Непременным условием решения всех уравнений размерной схемы должно быть равенство количества замыкающих и составляющих определяемых размеров. Информация о количестве замыкающих и определяемых звеньев появляется в виде следующего сообщения:

Количество замыкающих звеньев групп 2, 3 и 4 = 7

Количество определяемых звеньев группы 6 = 7

Такое сообщение распечатано для размерной схемы рис. 8.5 (см. с. 266). Табл. 8.4 (см. с. 271) подтверждает информационное сообщение.

В учебных целях можно вводить в размерную схему рис. 8.5 различные ошибки и проследить реакцию на них расчетной программы.

9.2.1. Количество определяемых звеньев меньше замыкающих

Ошибочно не построен или не введен в исходные данные определяемый размер (27–57) группы 6. Программа выдает следующее сообщение:

Количество замыкающих звеньев групп 2, 3 и 4 = 7

Количество определяемых звеньев группы 6 = 6

В н и м а н и е, ошибка! Цепь [58=57] не замкнута

В перечне уравнений отсутствует размерная цепь с таким звеном, а в табл. 8.4 в строке замыкающего звена-припуска [58=57] будут отсутствовать его расчетные величины.

В этом случае необходимо проследить по размерной схеме контур с замыкающим звеном [58=57] и проверить соответствие каждого из составляющих звеньев с исходными данными, распечатанными программой. Легко убедиться в отсутствии определяемого звена (27–57).

9.2.2. Количество замыкающих звеньев меньше определяемых

Ошибочно не построено или не введено в исходные данные замыкающее звено — припуск [58=57] группы 2. Программа выдает следующее сообщение:

Количество замыкающих звеньев групп 2, 3 и 4 = 6

Количество определяемых звеньев группы 6 = 7

В н и м а н и е, не определены следующие звенья группы 6:
(27–57)

Анализируя размерную схему технологического процесса, легко проследить, что составляющее звено (27–57) с неизвестным номинальным значением можно определить из уравнения с замыкающим звеном [58=57]. В списке исходных данных такое звено будет отсутствовать.

9.2.3. Отсутствие замыкающего звена в цепи

9.2.3.1. Случайная замена групп 2, 3 или 4 на 7 или 8

Замыкающее звено-размер [28=48] группы 3 введен под номером группы 8.

Программа выдает следующее сообщение:

Количество замыкающих звеньев групп 2, 3 и 4 = 6

Количество определяемых звеньев группы 6 = 7

В н и м а н и е! Отсутствует замыкающее звено в данной цепи:
(28_48) (38_48) (28_38)

Проследив этот контур в размерной схеме рис. 8.5, легко найти ошибку, сделанную во время кодирования или ввода исходной информации. Уравнение может составить только при наличии в размерной цепи замыкающего звена [28=48], которое введено известным окончательным размером группы 8.

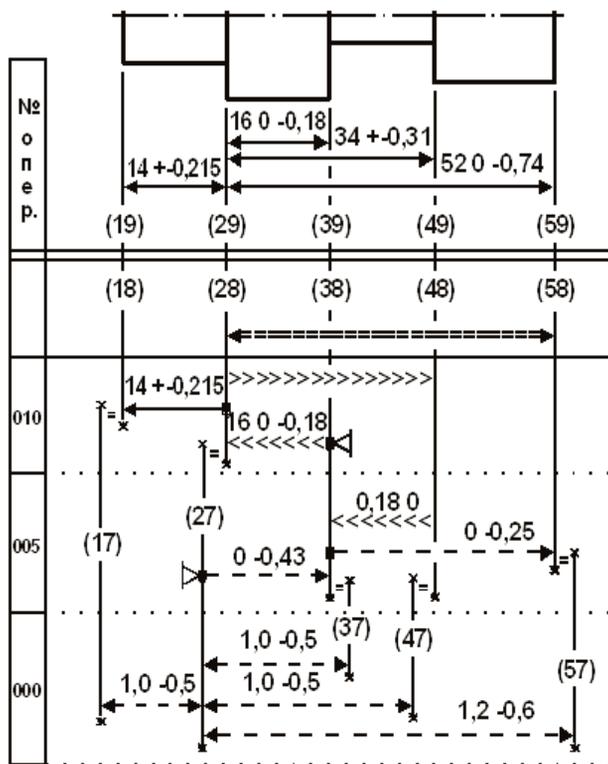


Рис. 9.1. Схема первой проекции

звена. Алгоритм программы выдаст следующее сообщение:

Количество замыкающих звеньев групп 2, 3 и 4 = 7
 Количество определяемых звеньев группы 6 = 7
 В н и м а н и е! Отсутствует замыкающее звено в данной цепи:
 (18_28) (28_38) (27_38) (18_27)
 В н и м а н и е, ошибка!
 Цепь [17=18] не замкнута

Проследив этот контур в размерной схеме рис. 8.5 (см. с. 266), легко найти ошибку, сделанную во время кодирования или ввода исходной информации.

9.2.3.3. Опечатка в кодах групп звеньев 5 и 6

Группы связей 5 и 6 при вводе исходной информации в ЭВМ имеют одинаковые параметры. Ошибка (опечатка) в номере группы не будет замечена, как синтаксическая. Только в процессе выявления размерных цепей будут обнаружены лишние или недостающие контуры. Это можно продемонстрировать на примере размерной схемы рис. 8.7 (см. с. 268), если в исходных данных изменить код заменяющего-замыкающего звена (27~47) с цифры 5 на 6.

Результаты автоматизированного расчета начнутся с сообщения:

Количество замыкающих звеньев групп 2, 3 и 4 = 7
 Количество определяемых звеньев группы 6 = 8
 В н и м а н и е! В контуре отсутствует замыкающее звено.
 (17_27) (27_47) (47_57) (17_57)

Этот контур без замыкающего звена можно проследить на рис. 9.3 (см. с. 274). В реальных условиях контур мысленно строится на схеме рис. 8.7, а его звенья сверяются с распечаткой исходных данных.

Подобная ошибка (опечатка) при смене номера группы с 6 на 5 может быть продемонстрирована на размерной схеме рис. 9.4 (см. с. 274), в которой определяемый размер (47~57) группы 6 введен с номером группы 5.

Размерная схема с заложенной опечаткой построена на рис. 9.1.

На схеме символами ">" и "<" прорисован контур, который содержит только составляющие звенья. Подобные опечатки не являются синтаксическими ошибками для алгоритма, который проверяет последовательность ввода параметров групп звеньев.

Единственным отличием при вводе групп 2, 3, 4, 7 и 8 является номер самой группы звена.

9.2.3.2. Опечатка в кодах (номерах) поверхностей группы 6

При вводе определяемого звена (17~27) группы 6 пользователь ошибочно ввел звено той же группы с кодами (18~27). В этом случае равенство количества замыкающих и определяемых звеньев не будет нарушено. Если по введенным исходным данным построить размерную схему рис. 9.2 (см. с. 274), то в ней появится новый контур из составляющих размеров-звеньев без замыкающего

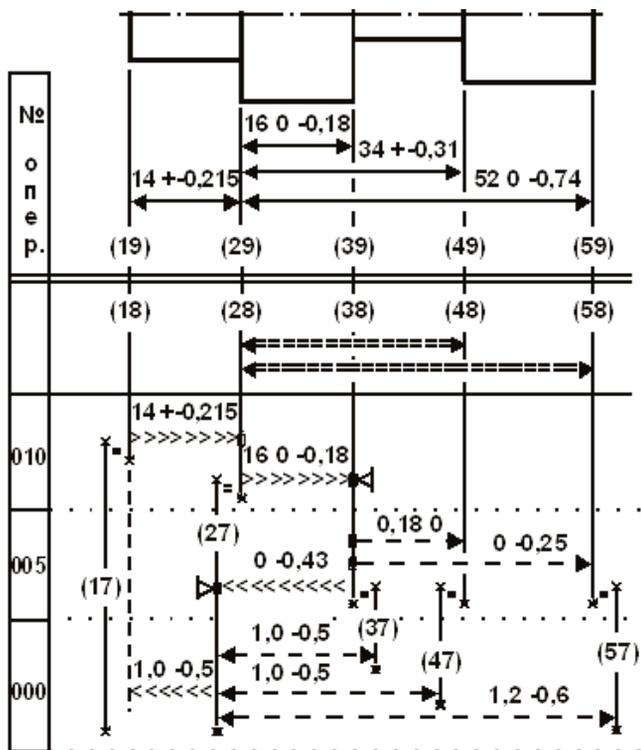


Рис. 9.2. Размерная схема первой проекции

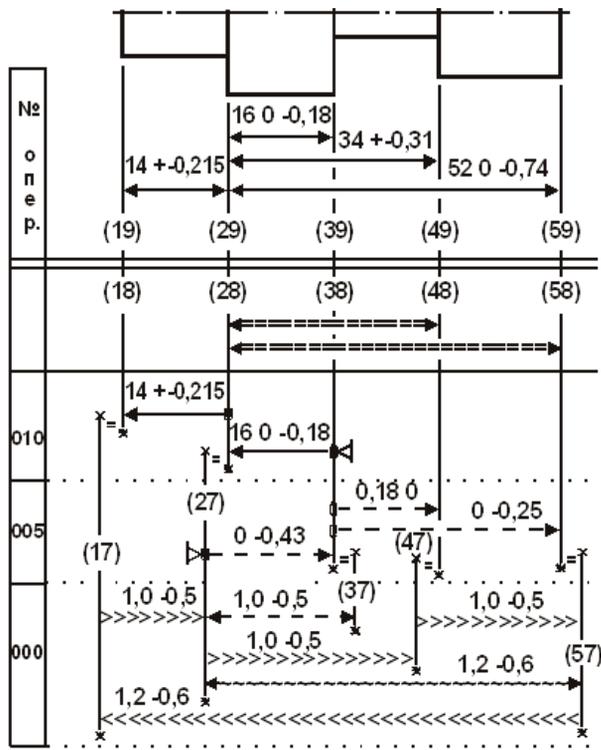


Рис. 9.3. Контур без замыкающего звена

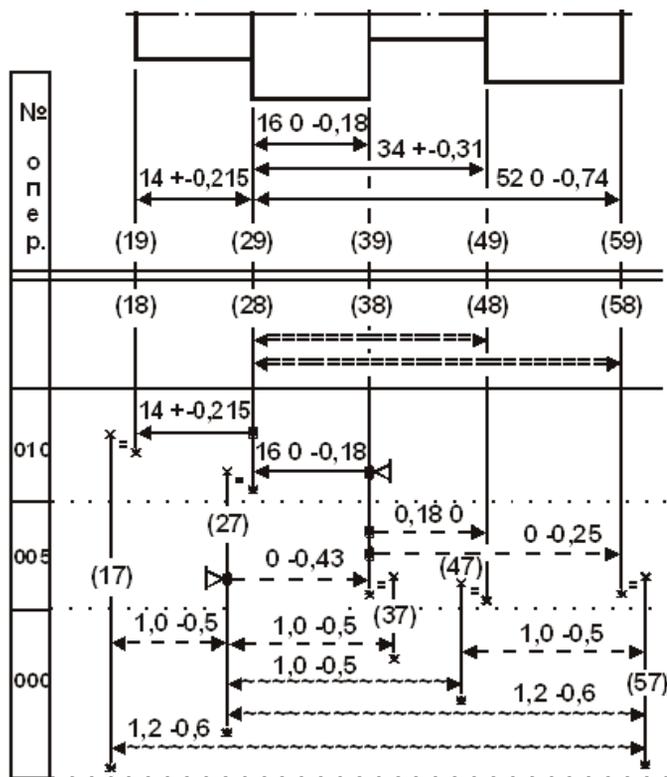


Рис. 9.4. Смена группы звеньев

Уравнения с замыкающими звеньями [47=48] и [58=57] содержат необходимый набор составляющих и заменяющих звеньев, но не могут быть рассчитаны из-за отсутствия контуров у заменяющих-замыкающих звеньев {27~47} и {27~57}.

Уравнения с этими замыкающими и заменяющими-замыкающими звеньями потеряли один общий и необходимый составляющий размер группы 6 — (17-57).

$$[47=48]=(38+48)+(27+38)-(27\sim 47)$$

Результаты расчета начинаются с сообщения:

Количество замыкающих звеньев групп 2, 3 и 4 = 7

Количество определяемых звеньев группы 6 = 6

Внимание, ошибка!

Цепь [47=58] не замкнута

Внимание, ошибка!

Цепь [58=57] не замкнута

Внимание, ошибка!

Цепь {27~47} не замкнута

Внимание, ошибка!

Цепь {27~57} не замкнута

Внимание, ошибка!

Цепь {17~57} не замкнута

Из-за отсутствия только одного определяемого звена оказались не замкнутыми пять размерных цепей.

Заменяющее-замыкающее звено:

$$\{27\sim 47\} = -(47-57) + (17+57) - (17+27)$$

$$[58=57] = (27\sim 57) + (27+38) - (38+58)$$

Заменяющее-замыкающее звено:

$$\{27\sim 57\} = (17-57) - (17+27)$$

Определяемый размер (17–57) перешел в группу заменяющих-замыкающих и остался без составляющих звеньев и замкнутого контура размерной цепи. Сопоставление списка исходных данных и анализ информационного сообщения позволяет отыскать и исправить допущенную опечатку.

9.2.3.4. Ввод звеньев группы 7 и 8 вместо группы 6

Замена определяемых звеньев на известные размеры приводит к решению проверочной задачи. При этом замыкающий размер проектного варианта задачи превращается в проверочное звено, а в таблице распечатываются величины запасов после сравнении с исходным чертежным размером.

10. Особенности кодирования и расчет конструкторских размерных цепей

10.1. Проверочный расчет в подетальной размерной схеме

На рис. 10.1 представлен эскиз вала с четырьмя линейными размерами.

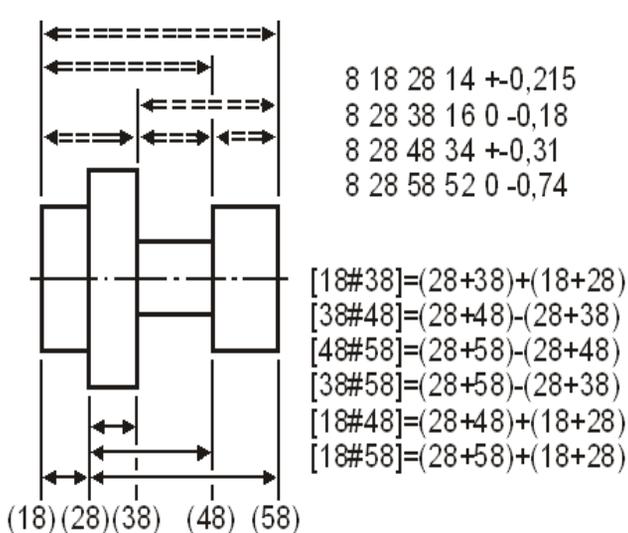


Рис. 10.1. Эскиз детали, подетальная размерная схема изделия и уравнения размерных цепей

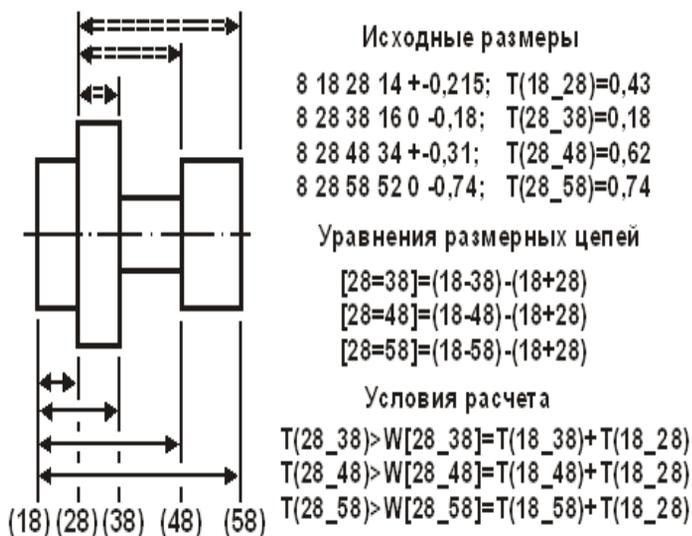


Рис. 10.2. Эскиз детали, подетальная размерная схема изделия и уравнения в проектном варианте расчета

Между пятью торцовыми поверхностями изделия могут быть построены шесть замыкающих размеров-звеньев, предельные значения которых можно рассчитать.

Замыкающие размеры-звенья и известные окончательные чертежные размеры после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. схему на рис. 10.1)

1: 8 18 28 14 +−0,215

2: 8 28 38 16 0 −0,18

3: 8 28 48 34 +−0,31

4: 8 28 58 52 0 −0,74

5: 0 18 38

6: 0 38 48

7: 0 48 58

8: 0 38 58

9: 0 18 48

10: 0 18 58

Результаты расчета представлены в табл. 10.1 (см. с. 276).

Результаты проверочного расчета в поддетальной схеме изделия

Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний верхний
0#	18	38	29,605	30,215	29,910	0,305		
0#	38	48	17,690	18,490	18,090	0,400		
0#	48	58	16,950	18,310	17,630	0,680		
0#	38	58	35,260	36,180	35,720	0,460		
0#	18	48	47,475	48,525	48,000	0,525		
0#	18	58	65,045	66,215	65,630	0,585		

10.2. Проектный вариант расчета в поддетальных размерных цепях

При расчете конструкторских размерных цепей установлен порядок простановки чертежных размеров и определены их параметры на эскизе изделия (см. рис. 10.1). Не подвергая ревизии служебное назначение изделия, необходимо изменить порядок простановки размеров по рис. 10.2, оставив неизменной исходную точность размеров эскиза рис. 10.1.

Из четырех исходных размеров неизменным остался один — (18+28).

Исходные размеры-звенья ((28+38), (28+48) и (28+58)) превратились в замыкающие звенья ([28=38], [28=48] и [28=58]). Их поля рассеяния не должны превышать поля допусков исходных размеров. Уравнения размерных цепей помещены на рис. 10.2 и помогают определиться с точностью составляющих звеньев.

Ориентировочное значение номинального размера (18–38) можно определить из суммы двух исходных (18+28)+(28+38)=14+16=30 мм. Допуск исходного звена T(28_38)=0,18 мм. Если поле рассеяния замыкающего звена w[28=38] составить из допусков 10 квалитета на номинальные значения 14 и 30 мм (см. приложение 1, с. 398), то

$$T(28_38)=0,18 > w[28_38]=T(18_28)+T(18_38)=0,07+0,084=0,154 \text{ мм.}$$

Ориентировочное номинальное значение размера (18–48) можно составить из двух размеров:

$$(28+48)+(18+28)=34+14=48 \text{ мм.}$$

Допуск исходного звена ужесточен с T(18_28)=0,43 до T(18_28)=0,07 мм.

Поле допуска исходного размера T(28_48)=0,62 мм. На вновь проставленный размер (18–48) остается 0,62–0,07=0,55 мм.

Для номинального размера 48 мм (см. приложение 1) T(18_48)=0,39 мм. Это соответствует 13 квалитету. Тогда

$$T(28_48)=0,62 > w[28_48]; w[28_48]=T(18_48)+T(18_28)=0,39+0,07=0,46 \text{ мм.}$$

Ориентировочное номинальное значение размера (18–58) можно составить из двух размеров:

$$(28+58)+(18+28)=52+14=66 \text{ мм.}$$

Поле допуска исходного размера T(28_58)=0,74 мм.

На размер (18–58) остается 0,74–0,07=0,64 мм.

Для номинального размера 66 мм (см. приложение 1) T(18_58)=0,46. Это соответствует 13 квалитету. Тогда

$$T(28_58)=0,74 > w[28_58]=T(18_58)+T(18_28)=0,46+0,07=0,53 \text{ мм.}$$

Найденные допуски на вновь проставленные определяемые размеры необходимо преобразовать в предельные отклонения и составить список исходных данных.

Исходная размерная информация (см. схему на рис. 10.2, с. 275)

1: 8 18 28 14 +−0,035	2: 6 18 38 0 −0,084 2
3: 6 18 48 0.39 0 2	4: 6 18 58 0 −0,46 2
5: 3 28 38 16 0 −0,18	6: 3 28 48 34 +−0,31
7: 3 28 58 52 0 −0,74	

Кодирование замыкающих размеров–звеньев группой 3 определяет их расчет через средние предельные значения.

Определяемые составляющие размеры группы 6 могут быть рассчитаны без округления до третьего десятичного знака или с округлением до необходимого знака. В этом случае в параметры звена группы 6 вводится специальный код округления. В исходных данных он соответствует цифре 2. Результаты занесены в табл. 10.2 и 10.3.

Положительные запасы у замыкающих размеров-звеньев [28=38] и [28=48] позволяют округлить определяемые размеры (18+38) и (18+48) до второго десятичного знака. Результаты расчета после округления даны в табл. 10.3.

Исходный и преобразованный эскиз изделия построены на рис. 10.3 (см. с. 278).

Таблица 10.2

Результаты проектного расчета в поддетальной схеме изделия без округления определяемых размеров группы 6

Гр уп па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
3=	28	38		15,833	15,987	15,910	0,077	0,013	0,013
3=	28	48		33,770	34,230	34,000	0,230	0,080	0,080
3=	28	58		51,365	51,895	51,630	0,265	0,105	0,105
6+	18	38	29,952	0,000	−0,084	29,910	0,042		
6+	18	48	47,805	0,390	0,000	48,000	0,195		
6+	18	58	65,860	0,000	−0,460	65,630	0,230		

Таблица 10.3

Результаты проектного расчета в поддетальной схеме изделия с округлением определяемых размеров группы 6 до второго десятичного знака

Гр уп па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
3=	28	38		15,831	15,985	15,908	0,077	0,011	0,015
3=	28	48		33,765	34,225	33,995	0,230	0,075	0,085
3=	28	58		51,365	51,895	51,630	0,265	0,105	0,105
6+	18	38	29,950	0,000	−0,084	29,908	0,042		
6+	18	48	47,800	0,390	0,000	47,995	0,195		
6+	18	58	65,860	0,000	−0,460	65,630	0,230		

10.3. Сборочные размерные цепи

В первой части курса на примере сборочного соединения рассматривался способ определения допусков одного качества точности двумя методами расчета (максимума-минимума и вероятностным методом). Ориентировочные номинальные значения размеров между торцовыми поверхностями отдельных деталей изделия известны.

Конструктор задает исходные значения замыкающих звеньев, метод расчета размерных цепей и приступает к определению точности, предельных отклонений и окончательных номинальных размеров всех составляющих звеньев, участвующих в размерной схеме изделия и уравнениях размерных цепей.

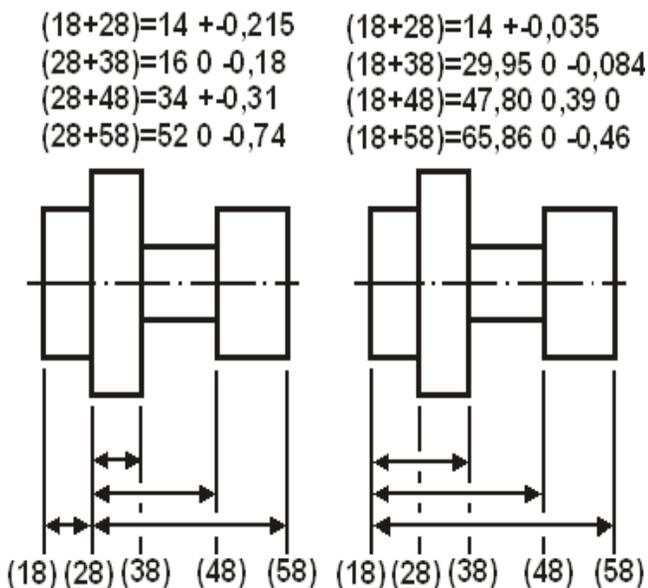


Рис. 10.3. Исходный и преобразованный эскизы изделия

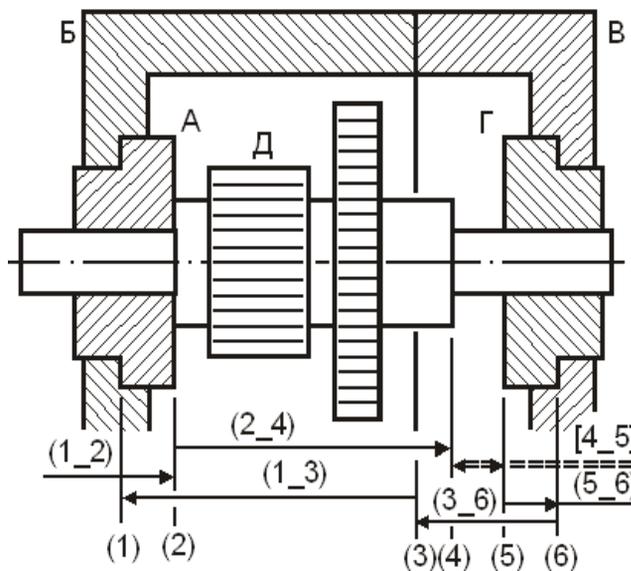


Рис. 10.4. Сборочное соединение: А, Г – подшипники скольжения; Б – корпус; В – крышка; Д – вал. Размерная цепь с замыкающим звеном (зазором) [4_5]

Задавшись исходными предельными значениями зазора [4=5] (см. рис. 10.4):

$$[4_5]_{\min}=1,0; [4_5]_{\max}=1,75; T[4_5]=0,75 \text{ мм};$$

номинальными значениями размеров составляющих звеньев из контура:

$$(1-2)=(5-6)=5, (2-4)=140, (1-3)=100, (3-6)=50 \text{ мм}$$

и вероятностным методом расчета, конструктор определяет точность размеров, и превращает ее в предельные отклонения и окончательно формирует параметры всех составляющих размеров, кроме одного. Этот размер кодируется группой 6 и только при последующих расчетах будет определен его окончательный номинальный размер, а все сформированные составляющие звенья размерной цепи кодируются номером группы 8.

Только для составляющих звеньев контура [4=5] принят единый 12 квалитет точности. Это позволяет закодировать звенья размерной цепи в виде:

Исходная размерная информация по схеме рис. 10.4

1: 3 4 5 1,0 1,75	2: 8 5 6 5 0 -0,12
3: 8 3 6 50 0,15 -0,15	4: 6 1 3 0,175 -0,175
5: 8 1 2 5 0 -0,12	6: 8 2 4 140 0 -0,4

С этой информацией можно приступать к расчетам запасов замыкающего звена относительно исходных предельных значений и определению номинального размера звена группы 6.

В сборочном соединении кроме зазора, образующегося при перемещениях вала вправо и влево, есть еще несколько исходных замыкающих звеньев, учет которых продиктует порядок простановки размеров на отдельных эскизах деталей, а последующие расчеты размерных цепей позволят проставить на размерных линиях параметры составляющих звеньев. Чтобы выделить замыкающие звенья и построить размерную схему изделия, необходимо заново назначить номера торцовых поверхностей деталей с учетом возможных стыков в неподвижных соединениях и их разрывов в подвижных соединениях. Подобная работа проделана на рис. 10.5 (см. с. 279). Размерная цепь рис. 10.4 перестроена на рис. 10.6 (см. с. 279), где все детали входят в схему только одним размером.

Такое построение размерных схем в конструкторских цепях уменьшает число составляющих звеньев и суммарные погрешности замыкающих звеньев. Дополнительно к звену [15=16] можно выделить из рис. 10.5 следующие замыкающие звенья. Правые и левые торцовые поверхности втулок А и Г должны выступать за пределы корпуса Б и крышки В не менее двух миллиметров. Это значит, что в размерной схеме узла могут построиться замыкающие звенья

$$[2=3], [6=7], [16=17] \text{ и } [20=21].$$

$$[2_3]_{\min}=[6_7]_{\min}=[16_17]_{\min}=[20_21]_{\min}=2\text{min}.$$

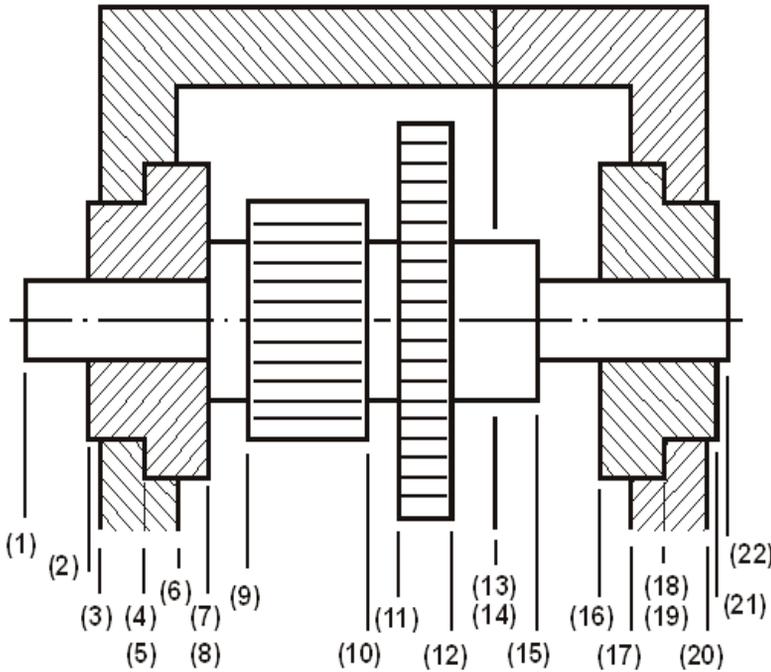


Рис. 10.5. Сборочное соединение (вал в крайнем левом положении)

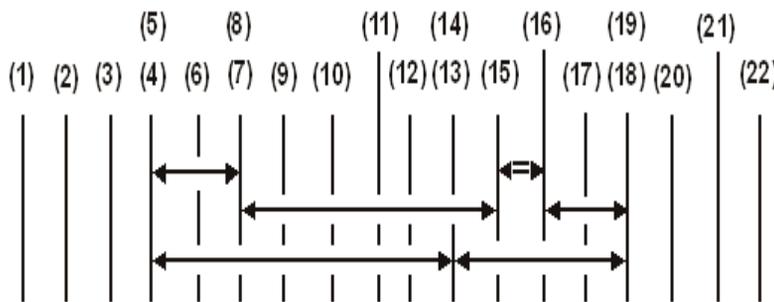


Рис. 10.6. Размерная цепь с замыкающим звеном [15=16]

нем левом положении вала с касанием торцовых поверхностей (7) и (8) (левая втулка — вал). В данном положении зазор между втулкой и валом $(7+8)=0 \pm 0,0$. В крайнем правом положении вала нулевой зазор образуется в стыке (15+16).

При составлении уравнений конструкторских размерных цепей учет подвижных стыков с нулевым значением помогает предусмотреть в исходных данных расчет нескольких вариантов с учетом различных положений вала в корпусе.

Уравнение с замыкающим звеном-зазором с учетом нулевого стыка (7+8) можно записать в виде:

$$[15=16]=-(16+18)+(13+18)+(4-13)-(4+7)-(7+8)-(8+15).$$

Крайние правая и левая торцовые поверхности вала должны выступать за пределы поверхностей втулок не менее одного миллиметра. В этом случае появляются замыкающие звенья [1=2] и [21=22].

$$[1_2]_{\min}=[21_22]_{\min}=1\text{min}.$$

На рис. 10.7 построена конструкторская размерная схема со всеми перечисленными замыкающими звеньями. Вал на схеме находится в крайнем левом положении. Вновь появившиеся составляющие звенья проставлены согласно подетальным схемам с эскизов рис. 10.8 и 10.9 (см. с. 280).

Подшипники скольжения (втулки) запрессованы в корпус и крышку с касанием поверхностей (4) и (5), (18) и (19). Образовавшиеся неподвижные стыки могут быть обозначены одним цифровым кодом. Для втулки А касание с корпусом будет кодироваться поверхностью (4), а неподвижный стык втулка-крышка номером (18). Касание корпуса с крышкой кодируется стыком с поверхностью (13).

Рис. 10.5 и 10.7 (см. с. 279 и 280) выполнены эскизы при край-

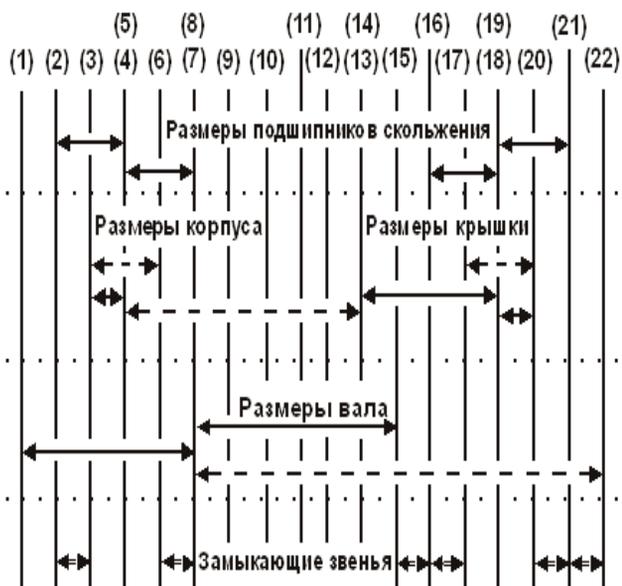


Рис. 10.7. Конструкторская размерная схема (вал в крайнем левом положении)

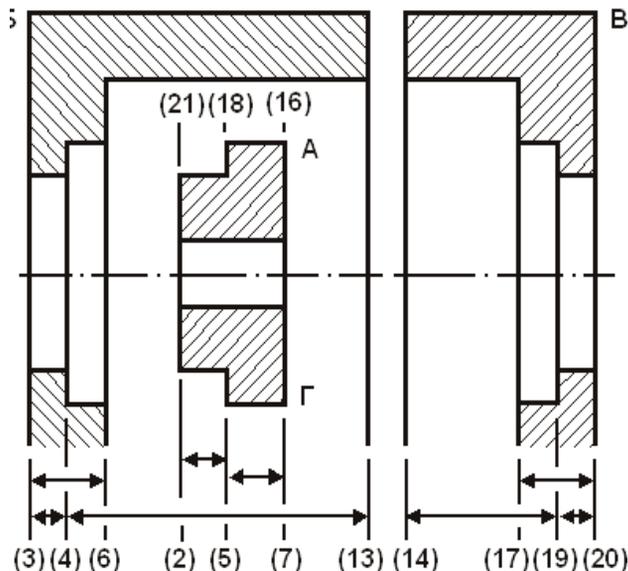


Рис. 10.8. Эскизы корпуса Б, подшипника А (Г) и крышки В

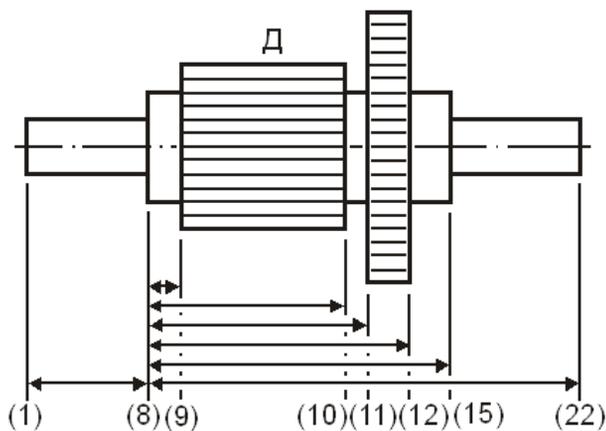
Исходные данные для решения уравнения со звеном [15=16]:

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1: 3 15 16 1,0 1,75 | 2: 8 16 18 5 0 -0,12 |
| 3: 8 13 18 50 0,15 -0,15 | 4: 6 4 13 0,175 -0,175 |
| 5: 8 4 7 5 0 -0,12 | 6: 8 7 8 0 +-0,0 |
| 7: 8 8 15 140 0 -0,4 | |

При крайнем правом положении вала уравнение и исходные данные примут вид:

$$[7=8] = -(8+15) - (15+16) + (16+18) - (13+18) - (4-13) - (4+7) \quad (\text{см. рис. 10.10 и 10.11, с. 282});$$

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1: 8 15 16 0 +-0,0 | 2: 8 16 18 5 0 -0,12 |
| 3: 8 13 18 50 0,15 -0,15 | 4: 6 4 13 0,175 -0,175 |
| 5: 8 4 7 5 0 -0,12 | 6: 3 7 8 1,0 1,75 |
| 7: 8 8 15 140 0 -0,4 | |



10.9. Эскиз вала Д

В размерной цепи с замыкающим звеном-зазором известные составляющие размеры и определяемый размер остаются неизменными. Не изменится и расчетное значение определяемого звена.

Размерные цепи с замыкающими звеньями [2=3], [6=7], (16=17) и (20=21) остаются неизменными при любых положениях вала. Если задать один из размеров втулки: $(2+5) = (19+21) = 20 \pm 0,26$, то можно рассчитать по два оставшихся размера на корпусе (3-4), (3-6) и на крышке (17-20), (19-20).

С учетом кодирования неподвижных стыков размеры можно переписать в виде:

$$(2+5) = (2+4); \quad (19+21) = (18+21); \quad (19-20) = (18-20).$$

Уравнения размерных цепей:

$$[2=3] = -(3-4) + (2+4); \quad [6=7] = +(4+7) + (3+4) - (3-6);$$

$$[20=21] = +(18+21) - (18-20); \quad [16=17] = -(17-20) + (18+20) + (16+18).$$

Ориентировочные размеры (3–4) на корпусе или (18–20) на крышке состоят из размера втулки без замыкающего звена $20-1=19$ мм.

Из приложения 1 (см. с. 398) для интервала номинальных размеров 18...30 допуск 14 квалитета равен $T=0,52$ мм.

Ориентировочные размеры: (3–6) на корпусе или (17–20) на крышке состоят из двух размеров втулки без двух замыкающих звеньев $(5+20)-(1+2)=22$ мм.

Номинальный размер находится в интервале 18...30 с допуском по 14 квалитету $T=0,52$ мм.

К списку данных со с. 280 добавляются следующие звенья:

8:	2 2 3 1,0	9:	6 3 4 0 -0,52
10:	8 2 4 20 +-0,26	11:	6 3 6 0 -0,52
12:	2 6 7 2,0	13:	2 16 17 2,0
14:	6 18 20 0 -0,52	15:	2 20 21 1,0
16:	6 17 20 0 -0,52	17:	8 18 21 20 +-0,26

Выход вала за торцовые поверхности втулок в крайних его положениях резко изменяет состав звеньев в размерных цепях с замыкающими звеньями $[1=2]$ и $[21=22]$.

Так как выход поверхностей вала за пределы втулок ограничен наименьшим предельным значением, то уравнение с замыкающим звеном $[21=22]$ должно быть записано при крайнем левом положении вала, а уравнение со звеном $[1=2]$ – при крайнем правом.

В крайнем левом положении вала уравнение с замыкающим звеном $[21=22]$ имеет вид:

$$[21=22]=+(8-22)+(7+8)+(4+7)-(4+13)-(13+18)-(18+21).$$

Исходные данные для расчета определяемых размеров при крайнем левом положении вала дополняются двумя звеньями:

18:	6 8 22 0 -1,0	19:	2 21 22 1,0
-----	---------------	-----	-------------

Точность определяемого звена $T(8_{-}22)=1,0$ мм соответствует 14 квалитету для ориентировочного номинала $(8-22)=170$ мм.

Можно записать уравнение с замыкающим звеном $[1=2]$, но в этом случае крайняя левая торцовая поверхность (1) на валу будет отсчитываться от наибольшего предельного значения замыкающего звена.

Исходное условие диктует расчет от наименьшего предельного значения.

На рис. 10.10 показано сборочное соединение при крайнем правом положении вала, а на рис. 10.11 (см. с. 282) построена его размерная схема соединения.

Ориентировочное номинальное значение размера (1–8) на валу находится в интервале 18...30 мм.

Допуск размеров этого интервала по 14 квалитету соответствует $T(1_{-}8)=0,52$ мм. В крайнем правом положении вала уравнение с замыкающим звеном $[1=2]$ имеет вид:

$$[1=2]=-(2+4)-(4+13)-(13+18)+(16+18)+(15+16)+(8+15)+(1-8).$$

К исходным данным, записанным на с. 280 для крайнего правого положения вала, добавятся следующие два звена:

8:	2 1 2 1,0	9:	6 1 8 +-0,26
----	-----------	----	--------------

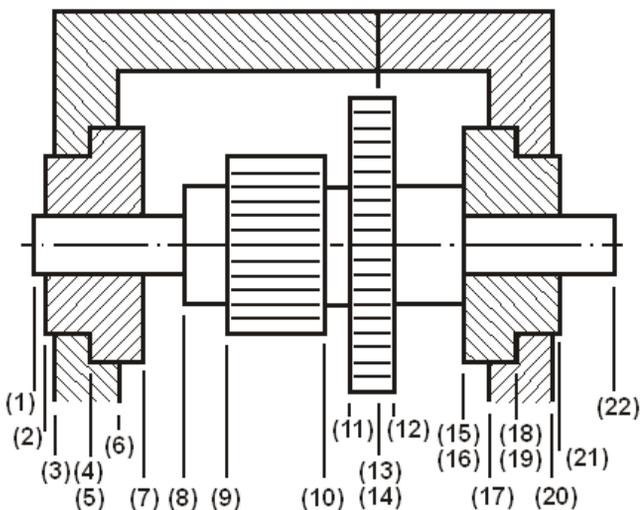


Рис. 10.10. Сборочное соединение (вал в крайнем правом положении)

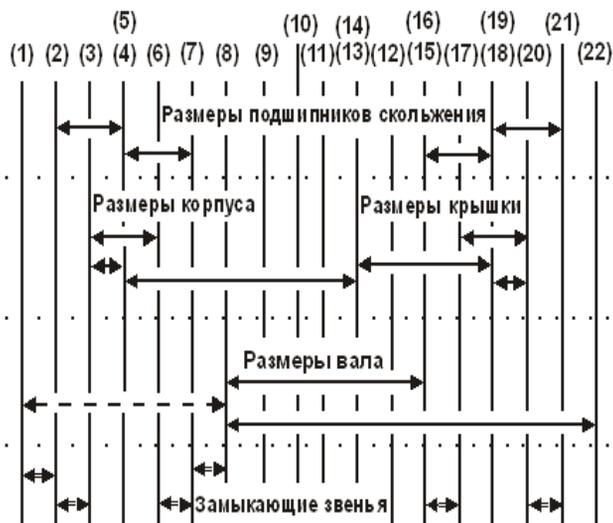


Рис. 10.11. Конструкторская схема (вал в крайнем правом положении)

Для автоматизированного расчета определяемых конструкторских размеров при крайнем левом положении вала все исходные данные можно подготовить одним списком в виде:

1. Список исходной размерной информации

1: 3 15 16 1,00 1,75	2: 8 16 18 5 0 -0,12
3: 8 13 18 50 0,15 -0,15	4: 6 4 13 0,175 -0,175 2
5: 8 4 7 5 0 -0,12	6: 8 7 8 0 +-0,0
7: 8 8 15 140 0 -0,4	8: 2 2 3 1,0
9: 6 3 4 0 -0,52 2	10: 8 2 4 20 +-0,26
11: 6 3 6 0 -0,52 2	12: 2 6 7 2,0
13: 2 16 17 2,0	14: 6 18 20 0 -0,52 2
15: 2 20 21 1,0	16: 6 17 20 0 -0,52 2
17: 8 18 21 20 +-0,26	18: 6 8 22 0 -1,0 2
19: 2 21 22 1,0	

Для расчета определяемого размера (1–8) на валу при его крайнем правом положении необходимо в приведенных исходных данных заменить звенья:

1: 3 15 16 1,0 1,75	на звено	1: 8 15 16 0 +-0,0
6: 8 7 8 0 +-0,0	на звено	6: 3 7 8 1,0 1,75
18: 6 8 22 0 -1,0	на звено	18: 6 1 8 +-0,26
19: 2 21 22 1,0	на звено	19: 2 1 2 1,0

Получим список под номером 2.

Результаты расчета с округлением звеньев группы 6 до второго десятичного знака при крайнем левом положении вала помещены в табл. 10.4 (см. с. 283). Уравнения с пятью и более составляющими звеньями решены вероятностно.

При крайнем левом положении вала уравнения с замыкающими звеньями [15=16] и [21=22] содержат по пять составляющих звеньев (без учета нулевого стыка (7+8)). Эти уравнения решены вероятностным методом с расчетом номинальных значений определяемых звеньев (4+13) и (8+22).

В размерной схеме изделия при крайнем правом положении вала в уравнении с замыкающим звеном [7=8] пять составляющих звеньев, в уравнении с замыкающим звеном [1=2] — шесть. Количество составляющих звеньев подсчитано без нулевого стыка (15+16). Оба уравнения решены вероятностным методом с определением звеньев группы 6: (1–8) и (4–13).

Таблица 10.4

Результаты расчета при крайнем левом положении вала

Группа	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
3=	15	16		1,053	1,687	1,370	0,317	0,053	0,063
6+	4	13	101,050	0,175	-0,175	101,050	0,175		
2=	2	3		1,000	2,040	1,520	0,520	0,000	
6+	3	4	18,740	0,000	-0,520	18,480	0,260		
6+	3	6	21,100	0,000	-0,520	20,840	0,260		
2=	6	7		2,000	3,160	2,580	0,580	0,000	
2=	16	17		2,000	3,160	2,580	0,580	0,000	
6+	18	20	18,740	0,000	-0,520	18,480	0,260		
2=	20	21		1,000	2,040	1,520	0,520	0,000	
6+	17	20	21,100	0,000	-0,520	20,840	0,260		
6+	8	22	168,230	0,000	-1,000	167,730	0,500		
2=	21	22		1,008	2,232	1,620	0,612	0,008	

Результаты расчета с округлением определяемых звеньев группы 6 до второго десятичного знака при крайнем правом положении вала в корпусе помещены в табл. 10.5, и табличные данные позволяют проставить окончательные линейные размеры на эскизах корпуса, крышки и подшипников скольжения (втулках).

Таблица 10.5

Результаты расчета при крайнем правом положении вала

Группа	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
3=	7	8		1,063	1,697	1,380	0,317	0,063	0,053
6+	4	13	101,050	0,175	-0,175	101,050	0,175		
2=	2	3		1,000	2,040	1,520	0,520	0,000	
6+	3	4	18,740	0,000	-0,520	18,480	0,260		
6+	3	6	21,100	0,000	-0,520	20,840	0,260		
2=	6	7		2,000	3,160	2,580	0,580	0,000	
2=	16	17		2,000	3,160	2,580	0,580	0,000	
6+	18	20	18,740	0,000	-0,520	18,480	0,260		
2=	20	21		1,000	2,040	1,520	0,520	0,000	
6+	17	20	21,100	0,000	-0,520	20,840	0,260		
6+	1	8	27,810	0,260	-0,260	27,810	0,260		
2=	1	2		1,009	1,971	1,490	0,481	0,009	

На эскизе вала выбраны или рассчитаны три (из семи линейных) размера.

Оставшиеся размеры в зависимости от служебного назначения вала и всего изделия в целом могут быть либо назначены, либо рассчитаны при условии назначения исходных звеньев в сборочном соединении и в его размерной схеме.

А для этого придется решать несколько частных задач.

Решение частных задач требует многократного обращения к пакетом прикладных программ Учебно-методического комплекса (УМК) «КурсАР».

Для внесения списков исходных данных в различных положениях вала потребуется организовать в архиве УМК несколько задач, которые, накапливая списки исходных данных, позволят рационально использовать возможности вычислительной техники и поднять производительность расчетных работ.

11. Некоторые приемы рациональной работы с ППП

11.1. Работа с архивом исходных данных

После ввода исходных данных (см. с. 282) для расчета определяемых размеров группы 6 при крайнем левом положении вала, решения размерных цепей проектной задачи и распечатки результатов расчета пользователь должен ввести второй список исходных данных для определения размеров, которые формируются в позиции крайнего правого положения вала.

Лучше всего этот этап работы проделать следующим образом:

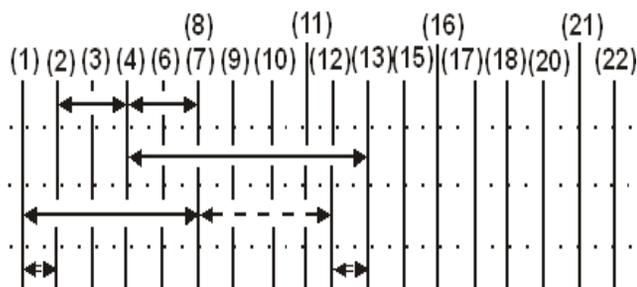
- а) ввести первый список исходных данных (вал влево);
- б) решить задачу;
- в) распечатать результаты расчета;
- г) записать исходные данные первого списка на магнитный диск;
- д) не выходя из первой задачи, проделать все необходимые исправления по рекомендациям со с. 282 и получить второй список исходных данных проектной задачи в правой позиции вала;
- е) решить задачу со вторым списком исходных данных;
- ж) распечатать задачу;
- з) записать исходные данные второго списка на магнитный диск.

Для дальнейшего решения частных задач необходимо привести второй список исходных данных, который имеет вид:

2. Список исходной информации (крайняя правая позиция вала)

1: 8 15 16 0 +-0,0	2: 8 16 18 5 0 -0,12
3: 8 13 18 50 0,15 -0,15	4: 6 4 13 0,175 -0,175 2
5: 8 4 7 5 0 -0,12	6: 8 7 8 1,0 1,75
7: 8 8 15 140 0 -0,4	8: 2 2 3 1,0
9: 6 3 4 0 -0,52 2	10: 8 2 4 20 +-0,26
11: 6 3 6 0 -0,52 2	12: 2 6 7 2,0
13: 2 16 17 2,0	14: 6 18 20 0 -0,52 2
15: 2 20 21 1,0	16: 6 17 20 0 -0,52 2
17: 8 18 21 20 +-0,26	18: 6 1 8 +-0,26
19: 2 1 2 1,0	

11.1.1. Решение частных задач



**Рис. 11.1. Размерная схема.
Левая позиция вала**

11.1.1.1. Задача 1

Необходимо определить размер (8–12) на валу Д (см. рис. 10.9, с. 280).

Условие расчета.

В крайней левой позиции вала рис. 10.5 (см. с. 279) и 11.1 его торцовая поверхность (12) не должна выступать за пределы торцовой поверхности (13) на корпусе Б.

Уравнение размерной цепи

$$[12=13]=+(4+13)-(4+7)-(7+8)-(8-12).$$

Ориентировочное номинальное значение размера (8–12) на валу составляет 96 мм.

Этому значению соответствует допуск 14 качества Т(8 12)=0,87 мм.

Дополнить список 1 исходных данных (см. с. 282) определяемым размером (8–12) и замыкающим звеном [12=13].

Работа с ППП:

а) вызвать из архива список 1 исходных данных;

б) дополнить список исходных данных:

20: 6 8 12 0 -0.87

21: 2 12 13 0

в) решить задачу;

г) распечатать результаты расчета;

д) записать исходные данные дополненного списка в архив.

В табл. 10.4 (см. с. 283) появятся дополнительные результаты.

Продолжение табл. 10.4

6+	8	12	100,000	0,000	-0,870	99,565	0,435	
2=	12	13		0,005	1,345	0,675	0,670	0,005

11.1.1.2. Задача 2

Провести проверочные расчеты по определению наибольшего выхода торцевой поверхности (1) вала в крайней левой позиции (см. рис. 10.7 и 11.1, с. 280 и 284). Для этого необходимо дополнить первый список размером (1+8), который определен при решении задачи по второму списку. Его параметры указаны в табл. 10.5 (см. с. 283).

В первый список необходимо внести замыкающее звено (1#2). В проверочной задаче это группы 1 или 0.

Так как заранее не известны исходные параметры замыкающего звена в крайней левой позиции, то его следует отнести к группе 0.

Уравнение размерной цепи $[1\#2]=-(2+4)-(4+7)+(7+8)+(1+8)$.

Дополнение к списку 1 исходных данных:

22: 8 1 8 27,81 0,26 -0,26

23: 0 1 2

Результаты расчета

Продолжение табл. 10.4

0#	1	2		2,290	3,450	2,870	0,580	
----	---	---	--	-------	-------	-------	-------	--

11.1.1.3. Задача 3

Проверочной задачей определить предельные значения выхода правой торцевой поверхности (22) на валу за пределы торцевой поверхности (21) втулки Г при крайнем правом положении вала (см. рис. 10.10 и 11.2, с. 282). В том же положении вала определить выход торцевой поверхности (12) на валу за пределы торцевой поверхности (13) корпуса.

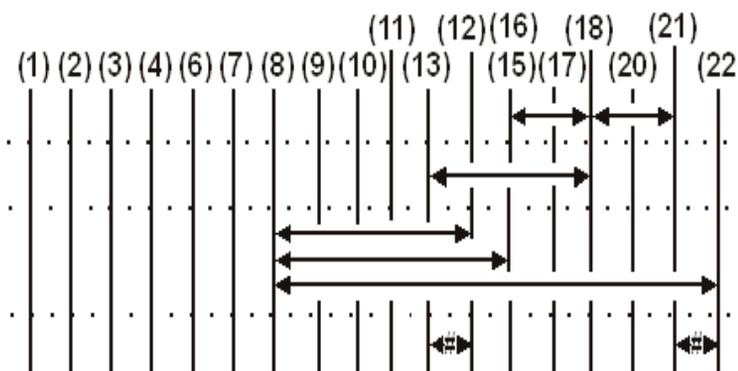


Рис. 11.2. Конструкторская размерная схема (вал в крайнем правом положении)

Уравнения размерных цепей:

$$[13\#12]=+(8+12)-(8+15)-(15+16)-(16+18)+(13+18);$$

$$[21\#22]=+(8+22)-(8+15)-(15+16)-(16+18)+(18+21).$$

В уравнениях по пять составляющих звеньев, но звено (15+16) — нулевой стык.

Уравнения решаются методом max-min.

Список 2 исходных данных (см. с. 284) необходимо дополнить звеньями:

20: 8 8 12 100 0 -0,87

21: 0 21 22

22: 0 13 12

Результаты расчета

Продолжение табл. 10.5 (см. с. 283)

0#	21	22	1,970	4,040	2,990	1,020
0#	13	12	3,980	5,670	4,825	0,845

В крайнем правом положении торцовая поверхность (22) на валу может выступать за пределы подшипника скольжения до 4,04 мм, а торцовая поверхность (12) за пределы корпуса — до 5,67 мм.

11.1.1.4. Задача 4

На рис. 11.3 и 11.4 часть корпуса редуктора, в котором вал-шестерня Д находится в зацеплении с зубчатым колесом З, закрепленном на валу Ж, который смонтирован в подшипниках скольжения аналогично валу Д.

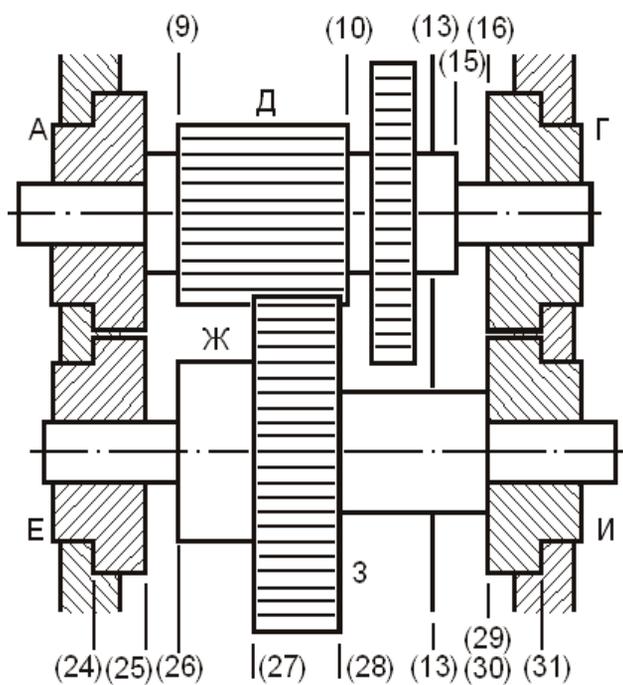


Рис. 11.3. Сборочное соединение.
Позиция 1

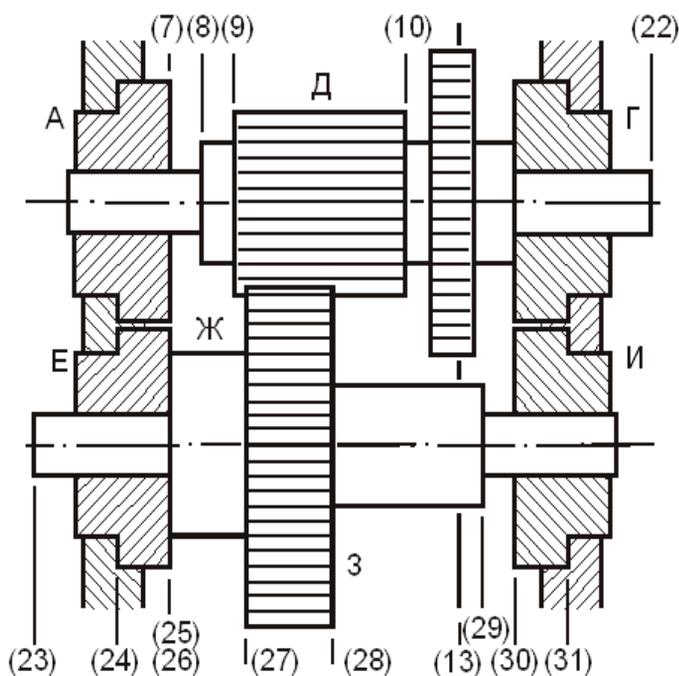


Рис. 11.4. Сборочное соединение.
Позиция 2

Размеры подшипников скольжения, корпуса и крышки, назначенные директивно или рассчитанные по спискам исходных данных, остаются неизменными и будут использованы при решении настоящей задачи.

На рисунках валы находятся в крайних и противоположных положениях, отчего нулевые стыки при касаниях валов с втулками меняются местами. Колесо З выполнено из цветного металла. Оно находится в постоянном зацеплении со стальным валом-шестерней Д.

Наименьшее предельное значение исходного звена между поверхностью (9) на валу Д и поверхностью (27) на колесе З должно быть равно нулю. Это же требование необходимо выполнить для поверхностей: на зубчатом колесе З — (28), на валу Д — (10).

Для дальнейшего построения размерных схем рис. 11.5 и 11.6 (см. с. 287) необходимо условное название положения валов по рис. 11.3 и 11.4.

Рис. 11.3 — первая позиция.

Рис. 11.4 — вторая позиция.

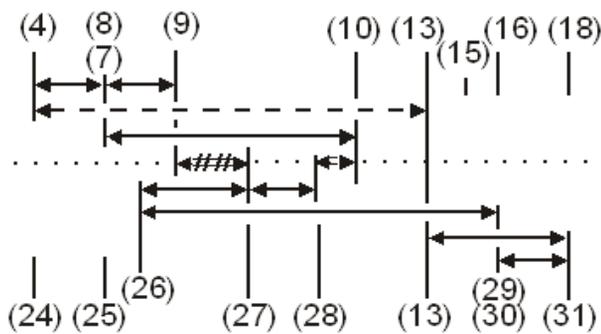


Рис. 11.5. Схема. Позиция 1.

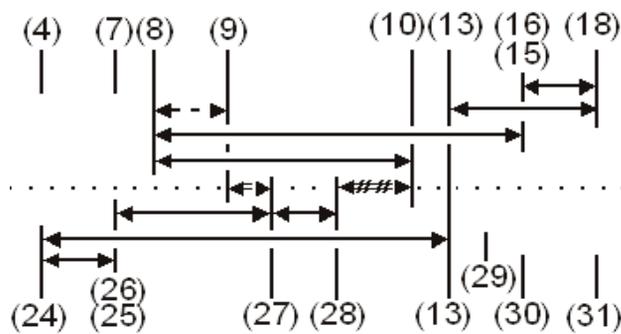


Рис. 11.6. Схема. Позиция 2.

Уравнения размерных цепей [28=10] по рис. 11.5 и [9=27] по рис. 11.6 имеют вид:

$$[28=10]=+(8-10)+(7+8)+(4+7)-(4+13)-(13+31)+(30+31)+ \\ +(29+30)+(26+29)-(26+27)-(27+28);$$

$$[9=27]=+(26+27)+(25+26)+(24+25)-(24+13)-(13+18)+16+18)+(15+16)+(8+15)-(8-9).$$

На рис. 11.7 изображен эскиз вала Ж с зубчатым колесом 3. Его линейные размеры (23+26), (26+29) и (26+32) равны аналогичным размерам на валу Д (см. рис. 10.9, с. 280) — (1+8), (8+15) и (8+22). Параметры этих размеров известны и могут быть выбраны из первого и второго списков исходных данных.

Из служебного назначения выбраны параметры высоты (27+28) зубчатого колеса и его координата на валу Ж относительно торцевой поверхности (26) — (26+27).

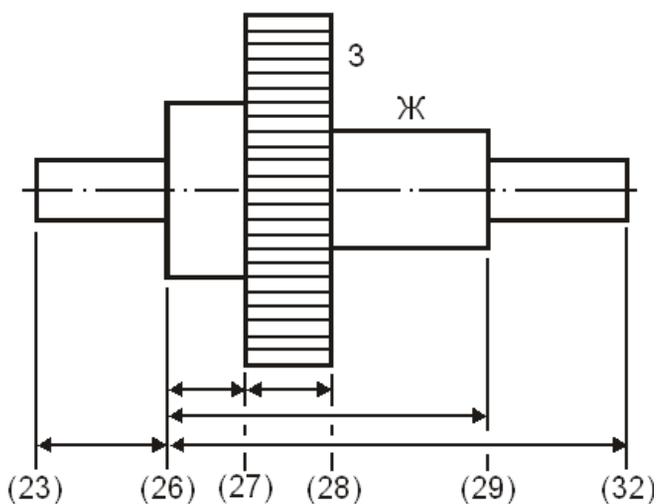


Рис. 11.7. Эскиз вала Ж с зубчатым колесом 3

Это значит, что составляющие звенья (26+27) и (27+28) в размерной цепи с замыкающим звеном [28=10] — окончательно известные размеры.

Размеры втулок (24+25) и (30+31) равны размерам (5+7) и (16+19). Параметры этих размеров также занесены в списки исходных данных.

Звенья (25+26) и (29+30) — нулевые стыки.

Размеры (4+13) в корпусе и (13+18) в крышке равны соответствующим размерам (24+13) — в корпусе и (13+31) — в крышке.

Основной конструкторской базой в расчетах является неподвижный стык (13+14) между корпусом и крышкой.

На рисунках и размерных схемах стык символизирует одна поверхность (13).

Дополняя первый и второй список исходных данных необходимыми группами звеньев, можно определить размеры (8-9) и (8-10) на валу Д.

Для расчета определяемого размера (8-10) на валу Д (см. рис. 10.9, с. 280) необходимо дополнить первый список исходных данных следующими звеньями размерной схемы (см. рис. 11.5):

Продолжение списка 1.

24:	8 30 31 5 0 -0,12	25:	8 29 30 0 +-0,0
26:	8 26 29 140 0 -0,4	27:	8 26 27 32 0 -0,62
28:	8 27 28 40 0 -0,62	29:	8 13 31 50 +-0,15
30:	6 8 10 0 -0,74 2	31:	2 28 10 0

Результаты расчета (продолжение табл. 10.4).

Продолжение табл. 10.4 (см. с. 283)

2=	28	10		0,005	1,315	0,660	0,655	0,005
6+	8	10	77,910	0,000	-0,740	77,540	0,370	

Размер (8+10) вала Д определен с округлением до второго десятичного знака. Для расчета определяемого размера (8–9) на валу Д (см. рис. 10.9) необходимо дополнить первый список исходных данных следующими звеньями размерной схемы рис. 11.6:

Продолжение списка 2.

23:	8	26	27	32	0	-0,62	24:	8	25	26	0	+–0,0
25:	8	24	25	5	0	-0,12	26:	8	24	13	101,05	+–0,175
27:	6	8	9	0	-0,62	2	28:	2	9	27	0	10

Результаты расчета (продолжение табл. 10.5).

Продолжение табл. 10.5 (см. с. 283)

6+	8	9	30,080	0,000	-0,620	29,770	0,310	
2=	9	27		0,009	1,091	0,550	0,541	0,009

Найден еще один размер вала Д с округлением до второго десятичного знака.

11.1.1.5. Задача 5

Провести проверочный расчет по определению наибольших предельных значений в замыкающих звеньях: [9#27] по схеме рис. 11.5 и [28#10] по схеме рис. 11.6 (см. с. 287).

Уравнения размерных цепей:

$$[9\#27]=+(26+27)-(26+29)-(29+30)-(30+31)+(13+31)+(4+13)-(4+7)-(7+8)-(8+9);$$

$$[28\#10]=+(8+10)-(8+15)-(15+16)-(16+18)+(13+18)+(24+13)-(24+25)-(25+26)-$$

$$-(26+27)-(27+28).$$

К первому списку исходных данных добавятся звенья:

Окончание списка 1.

32:	8	8	9	30,08	0	-0,62	33:	0	9	27
-----	---	---	---	-------	---	-------	-----	---	---	----

Ко второму списку исходных данных добавятся звенья:

Продолжение списка 2.

29:	8	8	10	77,91	0	-0,62	30:	0	28	10
-----	---	---	----	-------	---	-------	-----	---	----	----

Результаты расчета по первому списку (окончание табл. 10.4).

Окончание табл. 10.4 (см. с. 283)

0#	9	27		6,879	7,961	7,420	0,541	
----	---	----	--	-------	-------	-------	-------	--

Результаты расчета по второму списку (продолжение табл. 10.5).

Продолжение табл. 10.5 (см. с. 283)

0#	28	10		6,875	8,185	7,530	0,655	
----	----	----	--	-------	-------	-------	-------	--

11.1.1.6. Задача 6

Определить габаритные размеры валов и габаритный наибольший размер изделия при крайних противоположных положениях валов на схеме рис. 11.8 (см. с. 289).

Ко второму списку исходных данных необходимо добавить следующие звенья:

Окончание списка 2.

31: 8 23 26 27,81 +−0,26 32: 0 23 22
 33: 0 1 22

Результаты расчета по второму списку (окончание табл. 10.5).

Окончание табл. 10.5 (см. с. 283)

0#	23	22	196,264	197,556	196,910	0,646
0#	1	22	194,780	196,556	195,300	0,760

Все уравнения, содержащие пять и более составляющих звеньев, были решены вероятностным методом с использованием коэффициента относительного рассеяния для условий массового и крупносерийного производства.

Нулевые стыки не входят в число составляющих звеньев для определения метода расчета размерных цепей. Это значит, что если в уравнении из пяти составляющих звеньев одно звено — нулевой стык, уравнение решается методом максимума-минимума.

Нарастивая список исходных данных, пользователь может последовательно на различных этапах расчета решать проверочные задачи в поддетальных размерных цепях по определению габаритных размеров отдельных деталей или любых других справочных размеров.

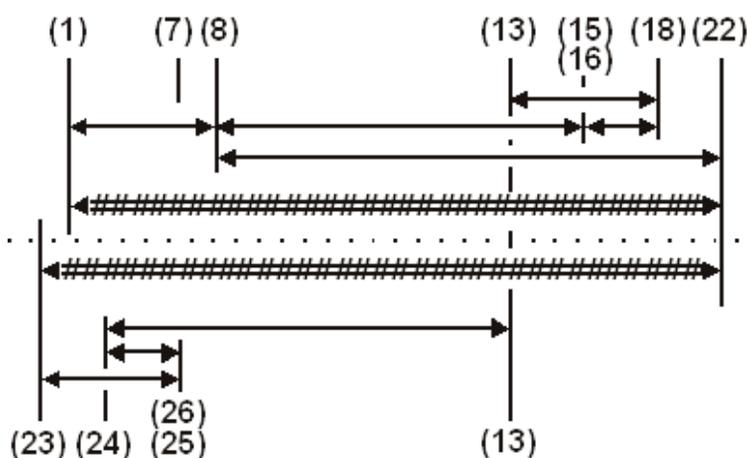


Рис. 11.8. Схема и уравнения [23#22] и [1#22]

Имея в архиве список исходных данных, можно возвращаться к результатам расчета для отработки деталей и изделия в целом на технологичность. При этом, изменяя порядок простановки размеров по просьбе технологов, конструктор проигрывает несколько вариантов до выбора наиболее рационального как для процессов изготовления, так для последующей эксплуатации изделия.

Уравнения размерных цепей с замыкающими звеньями [23#22] и [1#22] имеют вид:

$$[23\#22]=+(8+22)-(8+15)-(15+16)-(16+18)+(13+18)+(24+13)-(24+25)-(25+26)+(23+26);$$

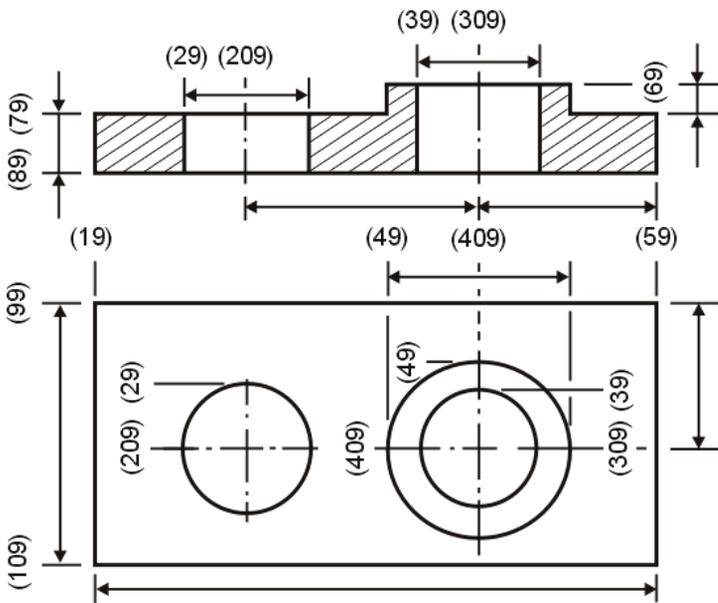
$$[1\#22]=+(8+22)+(1+8).$$

Высокая эффективность подобных работ возможна только при свободном доступе к вычислительной технике и наличии видеотерминалов.

12. Размерный анализ действующих технологических процессов

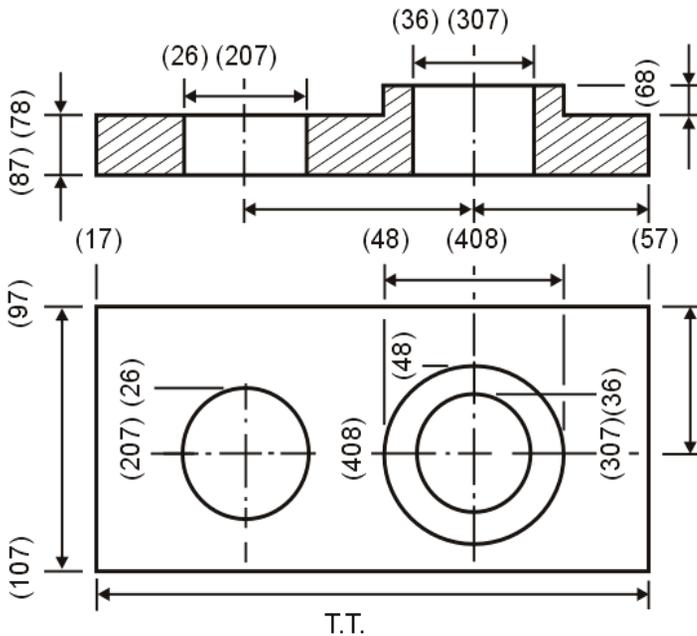
12.1. Пример 1

Для построения размерных схем действующего технологического процесса необходимы эскизы изделия и исходной заготовки, операционные эскизы, схемы наладок по переходам или позициям.



Шероховатость поверхностей (19), (59), (89), (99) и (109) - Rz40.
 Шероховатость поверхностей (29) и (39) - Rz20.
 Остальные - без обработки.

Рис. 12.1. Крышка



1. На поверхности отливки допускаются дефекты глубиной до $Df=1000$ мкм.
2. Шероховатость $Rz=600$ мкм.
3. Допуск $T(17_57)=4$ мм, остальное - $T=3$ мм.
4. Допуск соосности $T(408_307)=1$ мм.

Рис. 12.2. Отливка

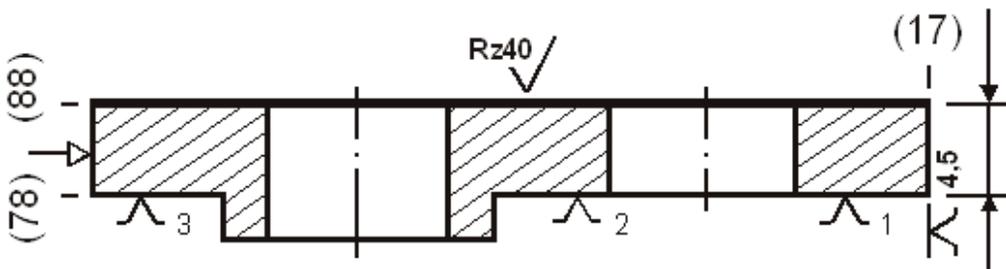


Рис. 12.3. Операция 005

Эскиз изделия представлен на рис. 12.1.

В табл. 12.1 (см. с. 291) помещена исходная размерная информация для этого эскиза.

Эскиз исходной заготовки на рис. 12.2.

Размеры заготовки и их точность сведены в табл. 12.2 (см. с. 291).

На рис. 12.3...12.7 (см. с. 290 и 292) даны операционные эскизы действующего технологического

процесса механической обработки крышки.

Окончательные и промежуточные размеры по отдельным операциям сведены в табл. 12.3 (см. с. 291).

Представленный материал позволяет приступить к построению трех размерных схем по отдельным направлениям (проекциям) эскиза изделия.

Тип производства — массовый. Способ расчета размерных цепей с пятью и более составляющими звеньями — вероятностный.

Таблица 12.1

Исходная информация по эскизу рис. 12.1 (см. с. 290)

Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					
	номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	
19 59	200,000	0,000	-0,460	199,770	0,230	
69 79	10,000	1,000	-1,000	10,000	1,000	
79 89	20,000	0,000	-0,520	19,740	0,260	
209 309	86,000	0,175	-0,175	86,000	0,175	
309 59	64,000	0,150	-0,150	64,000	0,150	
99 109	104,000	0,000	-0,350	103,825	0,175	
99 309	56,000	0,150	-0,150	56,000	0,150	
2 (29 209)	52,000	0,300	0,000	52,150	0,150	
29 209	26,000	0,150	0,000	26,075	0,075	
2 (39 309)	52,000	0,300	0,000	52,150	0,150	
39 309	26,000	0,150	0,000	26,075	0,075	
409 309	0,000	0,500	-0,500	0,000	0,500	
2 (49 409)	64,000	0,000	-3,000	62,500	1,500	
49 409	32,000	0,000	-1,500	31,250	0,750	

Таблица 12.2

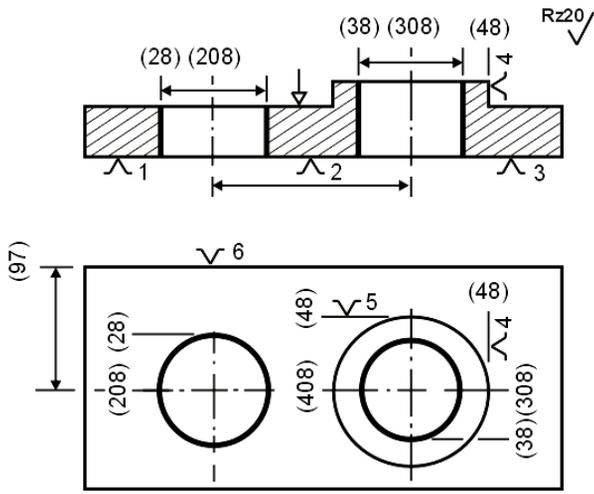
Размерная информация по эскизу рис. 12.2 (см. с. 290)

Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
		номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание
7+	17 57	210,000	0,000	-4,000	208,000	2,000
8+	68 78	10,000	1,000	-1,000	20,000	1,000
7+	78 87	23,600	0,000	-2,000	22,600	1,000
7+	207 408	86,000	1,500	-1,500	86,000	1,500
7+	408 57	68,000	1,500	-1,500	68,000	1,500
7+	97 107	113,000	0,000	-3,000	111,500	1,500
7+	97 408	59,800	1,500	-1,500	59,800	1,500
7+	2 (26 207)	42,100	3,000	0,000	43,600	1,500
7+	26 207	21,000	1,500	0,000	21,800	0,750
7+	2 (36 307)	42,100	3,000	0,000	43,600	1,500
7+	36 307	21,000	1,500	0,000	21,800	0,750
7+	408 307	0,000	0,500	-0,500	0,000	0,500
8+	2 (48 408)	64,000	0,000	-3,000	62,500	1,500
8+	48 408	32,000	0,000	-1,500	31,250	0,750

Таблица 12.3

Операционные размеры действующего технологического процесса

Номер опера- ции, пе- рехода, позиции	Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание
005	8+	78 88	20,000	0,000	-0,520	19,740	0,260
010	8+	408 308	0,000	0,500	-0,500	0,000	0,500
010	8+	208 308	86,000	0,175	-0,175	86,000	0,175
010,1	7+	27 208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185
010,1	7+	37 308	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185
010,2	8+	28 208	26,000	0,150	0,000	26,075	0,075
010,2	8+	38 308	26,000	0,150	0,000	26,075	0,075
015	8+	308 58	64,000	0,150	-0,150	64,000	0,150
020	8+	18 58	200,000	0,000	-0,460	199,770	0,230
025	8+	98 308	56,000	0,150	-0,150	56,000	0,155
025	8+	98 108	104,000	0,000	-0,350	103,825	0,175

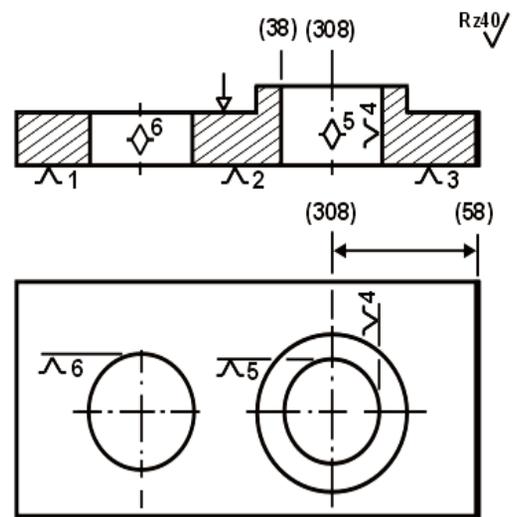


Технологические переходы

1. Расточить два отверстия в размер $2(27+208)=2(37+308)$.
2. Зенкеровать отверстия в размер $2(28+208)=2(38+308)$.

Допуск соосности $(408+308)=1$ мм.

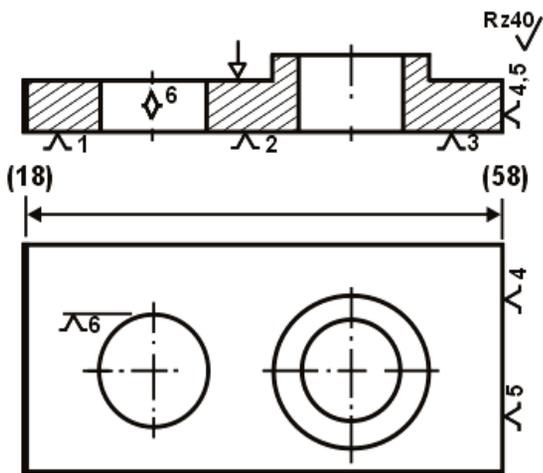
Рис. 12.4. Операция 010



Комплект баз

1. Установочная (плоскость). Опорные точки 1, 2 и 3.
2. Двойная опорная (круглый палец). Опорные точки 4 и 5.
3. Опорная (срезанный палец). Опорная точка 6.

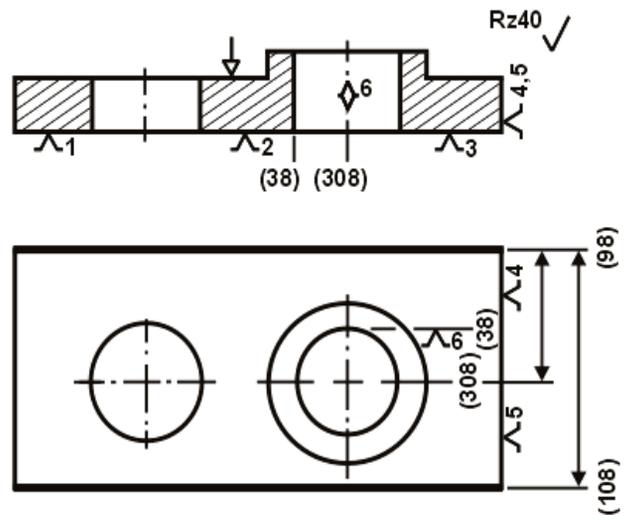
Рис. 12.5. Операция 015



Комплект баз

1. Установочная (плоскость). Опорные точки 1, 2 и 3.
2. Направляющая. Опорные точки 4 и 5.
3. Опорная (срезанный палец). Опорная точка 6.

Рис. 12.6. Операция 020



Комплект баз

1. Установочная (плоскость). Опорные точки 1, 2 и 3.
2. Направляющая. Опорные точки 4 и 5.
3. Опорная (срезанный палец). Опорная точка 6.

Рис. 12.7. Операция 025

12.1.1. Размерная схема 1

Размерная схема 1 построена на рис. 12.8 (см. с. 293).

Операция 010 выполняется за два технологических перехода.

В процессе окончательного зенкерования в отверстиях снимаются припуски, в состав которых входит шероховатость поверхности с предшествующего перехода (предварительного растачивания), равная $Rz=40$ мкм, и величина дефектного слоя $Df=40$ мкм.

Минимально необходимые припуски:

$$[28_{-27}]_{\min}=[38_{-37}]_{\min}=0,04+0,04=0,08.$$

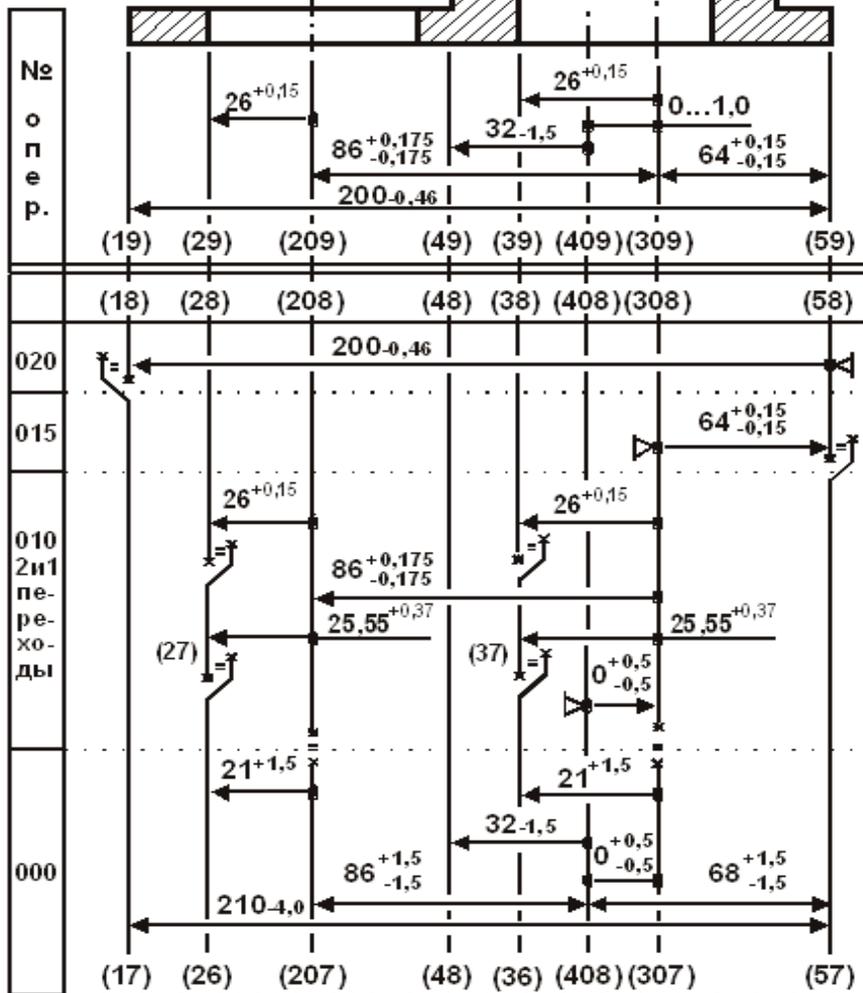


Рис. 12.8. Размерная схема 1

При первоначальной обработке поверхностей исходной заготовки (см. рис. 12.2, с. 290) величины минимально необходимых припусков равны:

$$\begin{aligned}
 [27_26]_{\min} &= [37_36]_{\min} = \\
 &= [17_18]_{\min} = [58_57]_{\min} = \\
 &= 0,6 + 1,0 = 1,6 \text{ мм.}
 \end{aligned}$$

При вероятностном методе расчета размерных цепей применительно к массовому типу производства используются:

коэффициент риска 3;

коэффициент относительного рассеяния 0,111.

Звенья размерной схемы после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. схему 1, рис. 12.8)

1: 2 17 18 1,6	2: 8 18 58 200 0 -0,46
3: 8 308 58 64 0,15 -0,15	4: 2 58 57 1,6
5: 8 28 208 26 0,15 0	6: 8 38 308 26 0,15 0
7: 2 28 27 0,08	8: 2 38 37 0,08
9: 7 27 208 25,55 0,37 0	10: 7 37 308 25,55 0,37 0
11: 2 27 26 1,6	12: 2 37 36 1,6
13: 3 208 207 0	14: 3 308 307 0
15: 8 208 308 86 0,175 -0,175	16: 8 408 308 0 0,5 -0,5
17: 7 26 207 21 1,5 0	18: 7 36 307 21 1,5 0
19: 8 48 408 32 0 -1,5	20: 7 408 307 0 0,5 -0,5
21: 7 207 408 86 1,5 -1,5	22: 7 408 57 68 1,5 -1,5
23: 7 17 57 210 0 -4,0	

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[58\#57] = +(408+57) - (408+308) - (308+58)$$

$$[28\#27] = -(27+208) + (28+208)$$

$$[38\#37] = -(37+308) + (38+308)$$

$$[37\#36] = -(36+307) + (408+307) - (408+308) + (37+308)$$

$$[208\#207] = -(207+408) - (408+308) + (208+308)$$

$$[308\#307] = +(408+307) - (408+308)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[17\#18]=-(18+58)+(308+58)+(408+308)-(408+57)+(17+57)$$

$$[27\#26]=-(26+207)-(207+408)-(408+308)+(208+308)+(27+208)$$

Результаты расчета замыкающих звеньев размерных цепей и сравнение их значений с исходными (необходимыми) размерами приведены в табл. 12.4.

Отрицательных запасов нет. Анализ положительных запасов будет сделан после построения и расчета размерной схемы 2 и 3.

Таблица 12.4

Результаты проверочного расчета размерной схемы 1

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
1#	17	18		1,666	6,794	4,230	2,564	0,066	
1#	58	57		1,850	6,150	4,000	2,150	0,250	
1#	28	27		0,080	0,600	0,340	0,260	0,000	
1#	38	37		0,080	0,600	0,340	0,260	0,000	
1#	27	26		2,217	5,753	3,985	1,768	0,617	
1#	37	36		2,050	5,920	3,985	1,935	0,450	
1#	208	207	0,000	2,175	-2,175	0,000	2,175		
1#	308	307	0,000	1,000	-1,000	0,000	1,000		

12.1.2. Размерная схема 2

Размерная схема 2 представлена на рис. 12.9 (см. с. 296).

При ее построении использованы некоторые методические приемы, позволяющие наиболее полно проанализировать возможные отклонения от заданных размеров и технических требований эскиза изделия рис. 12.1 (см. с. 290).

На эскизе изделия проставлен размер (99+309) и точно такой же по величине размер (99+209) подразумевается от поверхности (99) до центра отверстия 2(29+209). Правила оформления чертежной документации допускают такой порядок простановки размерной информации, но окончательный контроль изделия после операций механической обработки должен зафиксировать выполнение или получение этих размеров. Поэтому на трансформированном эскизе рис. 12.9 проставлены два размера от поверхности (99) до центров окружностей 2(29+209) и 2(309+309).

Операция 025 (см. рис. 12.7, с. 292).

Опорная точка <>6 позволяет выполнить окончательные размеры (98+308) и (98+108).

Исходный размер (99+209) на операциях непосредственно не выполняется.

В эскизе исходной заготовки на рис. 12.2 (см. с. 290) подразумевается размер (97+207), который проставлен в размерной схеме вместе с размером (97+408).

В таком виде размерная схема готова для кодирования размерной информации.

Результаты расчета замыкающих звеньев размерных цепей и сравнение их значений с исходными (необходимыми) размерами приведены в табл. 12.5 (см. с. 295).

Звенья размерной схемы после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. схему 2, рис. 12.9)

1: 3 98 208 56 +-0,15	2: 8 98 108 104 0 -0,35
3: 2 108 107 1,6	4: 8 98 308 56 +-0,15
5: 2 97 98 1,6	6: 8 28 208 26 0,15 0
7: 8 308 38 26 0,15 0	8: 2 28 27 0,08
9: 2 37 38 0,08	10: 7 27 208 25,55 0,37 0
11: 7 308 37 25,55 0,37 0	12: 7 97 208 60 0 +-0,37
13: 8 408 308 0 +-0,5	14: 2 27 26 1,6
15: 2 36 37 1,6	16: 3 208 207 0
17: 3 308 307 0	18: 7 26 207 21 1,5 0

19: 7 307 36 21 1,5 0
 21: 7 97 207 60 +-1,5
 23: 7 97 107 111 0 -3

20: 7 408 307 0 +-0,5
 22: 7 97 408 60 +-1,5
 24: 8 408 48 32 0 -1,5

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[98\#208]=+(97+208)-(97+408)-(408+308)+(98+308)$$

$$[97\#98]=-(98+308)+(408+308)+(97+408)$$

$$[28\#27]=-(27+208)+(28+208)$$

$$[37\#38]=+(308+38)-(308+37)$$

$$[27\#26]=-(26+207)+(97+207)-(97+208)+(27+208)$$

$$[36\#37]=+(308+37)+(408+308)-(408+307)-(307+36)$$

$$[208\#207]=+(97+207)-(97+208)$$

$$[308\#307] = +(408+307) - (408+308)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[108\#107]=+(97+107)-(97+408)-(408+308)+(98+308)-(98+108)$$

Таблица 12.5

Результаты проверочного расчета размерной схемы 2

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
1#	98	208		53,480	58,520	56,000	2,520	-2,370	-2,370
1#	97	98		1,850	6,150	4,000	2,150	0,250	
1#	28	27		0,080	0,600	0,340	0,260	0,000	
1#	37	38		0,080	0,600	0,340	0,260	0,000	
1#	27	26		1,180	6,790	3,985	2,805	-0,420	
1#	36	37		2,050	5,920	3,985	1,935	0,450	
1#	208	207	0,000	1,870	-1,870	0,000	1,870		
1#	308	307	0,000	1,000	-1,000	0,000	1,000		
1#	108	107		-0,517	3,867	1,675	2,192	-2,117	

12.1.3. Размерная схема 3

Размерная схема 3 включает в себя трансформированный эскиз изделия, под которым строится размер (78+88) с операции 005 рис. 12.3, припуск [77#78] и размеры (68+78), (77+78) с эскиза исходной заготовки рис. 12.2 (см. с. 290).

Построение простейшей размерной схемы 3 и ее расчет пользователь может выполнить самостоятельно.

12.1.4. Анализ результатов расчета размерных схем 1 и 2

В размерной схеме 1 (см. рис. 12.8, с. 293) и табл. 12.4 (см. с. 294) наименьшие значения припусков [17#18] и [58#57] превосходят минимально необходимые. Положительный запас избыточных припусков легко устранить при повторном решении проектной задачи.

Значения припусков [27#26] и [37#36] из размерной схемы 1 сравниваются с аналогичными припусками [27#26] и [36#37] размерной схемы 2 (см. рис. 12.9 и табл. 12.5, с. 296). В первой схеме оба припуска имеют положительные запасы, а во второй — после предварительного растачивания отверстия 2(27+208) на обработанной поверхности могут остаться следы от дефектного поверхностного слоя исходной заготовки. Об этом говорит отрицательный запас недостаточного припуска [27#26]. Недостаточным оказался и припуск [108#107].

Эти недостатки легко были бы устранены при повторном пересчете, если бы поле рассеяния замыкающего звена [98#208] не превосходило поле допуска чертежного размера (99+209).

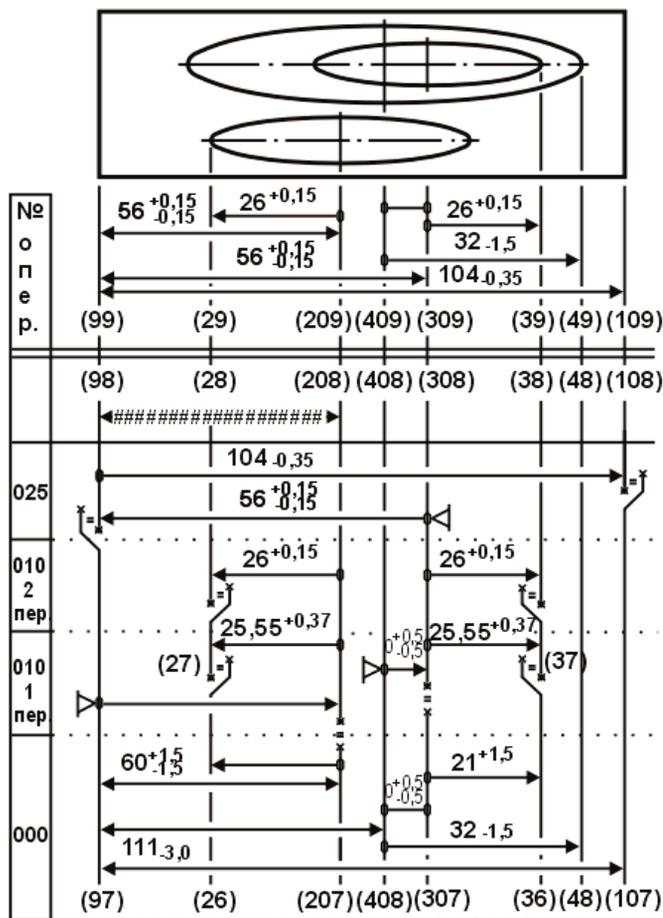


Рис. 12.9. Размерная схема 2

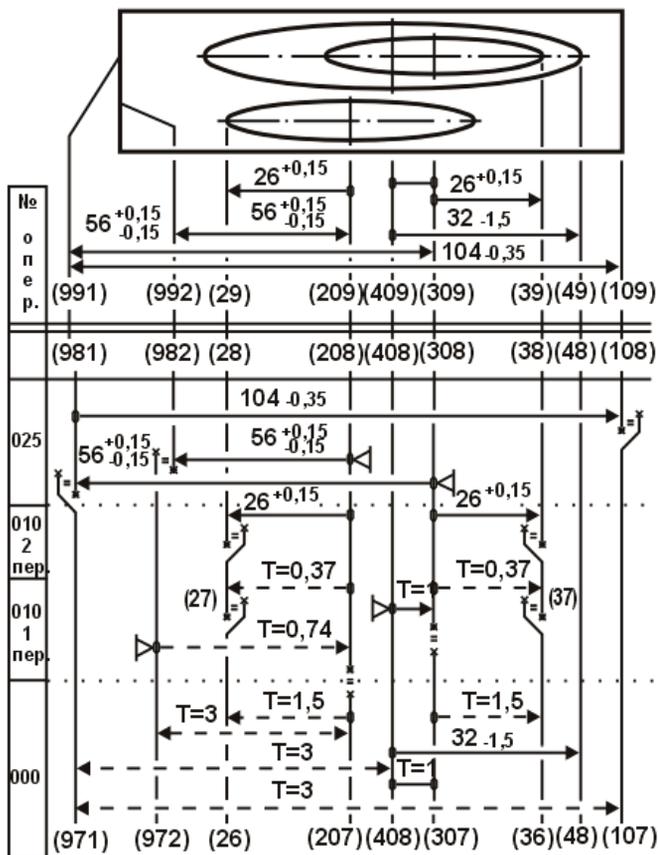
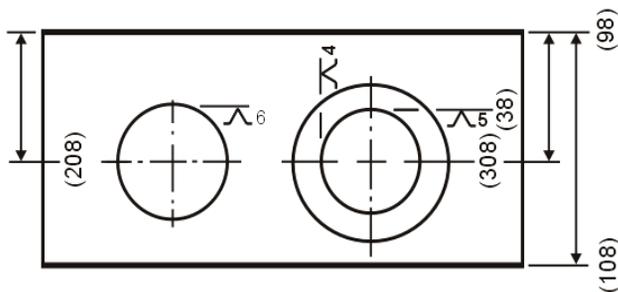
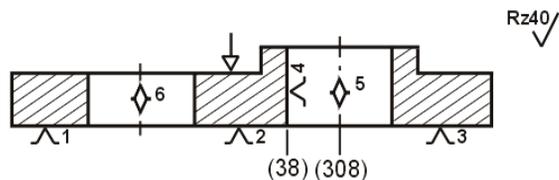


Рис. 12.11. Проектный вариант 1 схемы 2



Комплект баз

1. Установочная (плоскость). Опорные точки 1, 2 и 3.
2. Двойная опорная (круглый палец). Опорные точки 4 и 5
3. Опорная (срезанный палец). Опорная точка 6.

Рис. 12.10. Операция 025

Поле допуска $T(99_{209})=0,3$ мм.

Поле рассеяния $w[98_{208}]=4,74$ мм.

Сократить такую разницу ужесточением допусков составляющих звеньев в размерной цепи с замыкающим звеном $[98\#208]$ практически невозможно.

Сокращение числа составляющих звеньев даже до двух также не уменьшит поле рассеяния до требуемого значения.

Единственно возможный вариант в этом случае — непосредственно выполнять чертежный размер $(99+209)$ на одной из операций или технологическом переходе (см. рис. 12.10), что легко осуществить, изменив теоретическую схему базирования на операции 025.

Для этого достаточно установить заготовку окончательно обработанными отверстиями на два пальца.

Круглый палец в отверстии $2(38+308)$ отнимет у заготовки две степени свободы (двойная опорная технологическая база).

Это позволяет непосредственно выполнять окончательный размер $(98+308)$.

Срезанный палец в отверстии $2(28+208)$ отнимет одну степень свободы (опорная технологическая база).

Он и даст возможность непосредственно выдерживать на настроенном станке окончательный размер $(98+208)$, который в действующем процессе оказался замыкающим звеном.

В размерной схеме 2 только одно уравнение, содержащее пять составляющих звеньев, решается вероятностным методом. Число составляющих звеньев в уравнении с замыкающим звеном [108#107] из размерной схемы 2 можно сократить до четырех, изменив простановку размеров в исходной заготовке или введя дополнительно звено группы 5 (компенсирующее).

Так как данное предложение не зависит от изменения теоретической схемы базирования на операции 025, в проектной задаче должны быть проверены различные варианты размерной схемы 2.

12.1.5. Проектный вариант 1. Размерная схема 2

Проектный вариант 1 размерной схемы 2 представлен на рис. 12.11 (см. с. 296). При базировании на сочетание поверхностей (опорные точки <>5 и <>6 (см. рис. 12.10, с. 296)), когда выполняются два самостоятельных размера (98+208) и (98+308), в размерной схеме необходимо построить дополнительную поверхность и присвоить новые кодировочные номера.

В трансформированном эскизе поверхность (99) раздваивается на (991) и (992), а сами размеры записываются в кодах (991+309) и (992+209).

В этом случае на операции 025 выполняются окончательные размеры (981+308) и (982+208) со снятием припусков [971=981] и [972=982], которые рассчитываются из самостоятельных размерных цепей.

Звенья размерной схемы после кодирования имеют вид:

Исходная информация (см. схему 2, вариант 1 рис. 12.9, с. 296)

1: 8 981 108 104 0 -0,35	2: 2 108 107 1,6
3: 2 972 982 1,6	4: 8 982 208 56 +-0,15
5: 2 971 981 1,6	6: 8 981 308 56 +-0,15
7: 8 28 208 26 0,15 0	8: 8 308 38 26 0,15 0
9: 2 28 27 0,08	10: 2 37 38 0,08
11: 6 27 208 0,37 0 2	12: 6 308 37 0,37 0 2
13: 6 972 208 +-0,37 2	14: 8 408 308 0 +-0,5
15: 2 27 26 1,6	16: 2 36 37 1,6
17: 3 208 207 0	18: 3 308 307 0
19: 6 26 207 1,5 0 1	20: 6 307 36 1,5 0 1
21: 6 972 207 +-1,5 1	22: 8 408 48 32 0 -1,5
23: 6 971 408 +-1,5 1	24: 7 408 307 0 +-0,5
25: 6 971 107 0 -3 1	

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[972=982]=-(982+208)+(972-208)$$

$$[971=981]=-(981+308)+(408+308)+(971-408)$$

$$[28=27]=-(27-208)+(28+208)$$

$$[37=38]=+(308+38)-(308-37)$$

$$[27=26]=-(26-207)+(972+207)-(972+208)+(27+208)$$

$$[36=37]=+(308+37)+(408+308)-(408+307)-(307-36)$$

$$[208=207]=+(972-207)-(972+208)$$

$$[308#307]=+(408+307)-(408+308)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[108=107]=+(971-107)-(971+408)-(408+308)+(981+308)-(981+108)$$

Из табл. 12.6 (см. с. 298) результатов расчета размерной схемы 2, видно, что наибольшее колебание припуска приходится на замыкающее звено [27=26].

Уравнение с этим замыкающим звеном состоит из четырех составляющих размеров с экономической точностью. Ужесточение допусков не имеет смысла.

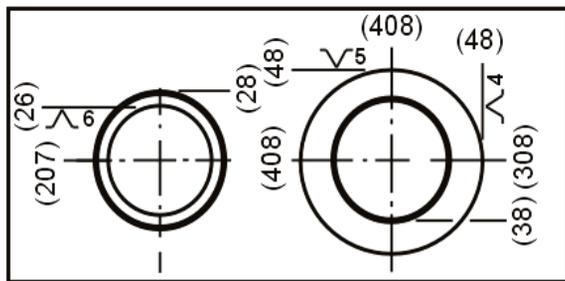
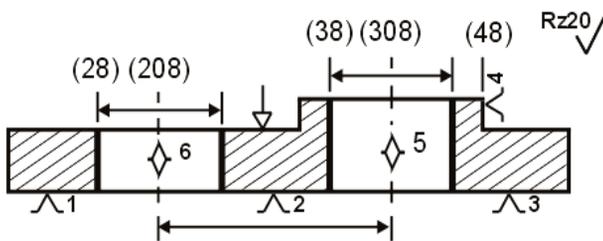
Таблица 12.6

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 2. Вариант 1

Гр уп па	Код левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач.или верх.отк	максим. знач.или нижн.отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний
2=	108	107		1,683	6,067	3,875	2,192	0,083
2=	972	982		1,600	2,650	2,130	0,520	0,000
2=	971	981		1,650	5,950	3,800	2,150	0,050
2=	28	27		0,080	0,600	0,345	0,260	0,000
2=	37	38		0,080	0,600	0,345	0,260	0,000
6+	27	208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185	
6+	2(27	208)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370	
6+	308	37	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185	
6+	2(308	37)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370	
6+	972	208	58,120	0,373	-0,370	58,120	0,370	
2=	27	26		1,650	7,270	4,465	2,805	0,050
2=	36	37		1,650	5,520	3,585	1,935	0,050
3=	208	207	0,000	1,840	-1,900	-0,030	1,870	
3=	308	307	0,000	1,002	-1,000	0,000	1,000	
6+	26	207	20,500	1,500	0,000	21,250	0,750	
6+	2(26	207)	41,000	3,000	0,000	42,500	1,500	
6+	307	36	21,400	1,500	0,000	22,150	0,750	
6+	2(307	36)	42,800	3,000	0,000	44,300	1,500	
6+	972	207	58,100	1,500	-1,500	58,100	1,500	
6+	971	107	113,800	0,000	-3,000	111,500	1,500	

12.1.6. Проектный вариант 2. Размерная схема 2

Если на операции 010 рис. 12.4 (см. с. 292) изменить теоретическую схему базирования, как показано на рис. 12.12, то одностороннее колебание припуска при предварительном растачивании отверстия 2(27-208) должно резко уменьшиться.



Технологические переходы

1. Расточить два отверстия в размер 2(27+208)=2(37+308).
2. Зенкеровать отверстия в размер 2(28+208)=2(38+308).

Допуск соосности (208+207)=(408+308)=1 мм.

Рис. 12.12. Операция 010

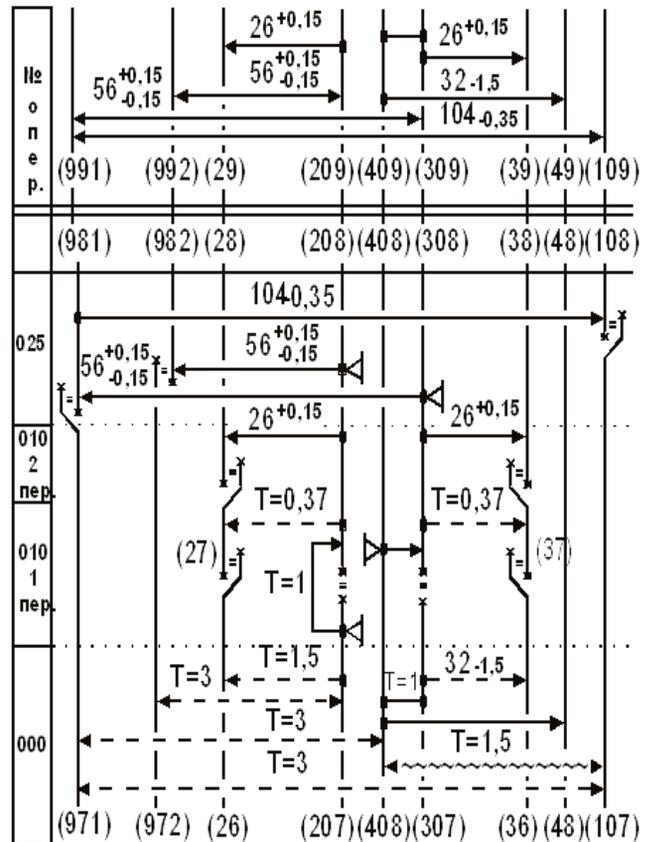


Рис. 12.13. Размерная схема 2. Вариант 2

На рис. 12.13 (см. с. 298) построена размерная схема 2 варианта 2 без трансформированного эскиза изделия. В эту же схему введено компенсирующее звено (408~107) группы 5, которое отражает реальное колебание координатных размеров и габаритного размера в исходной заготовке: (971~408), (408~108) и (971~107). В исходной размерной информации исчезнет размер группы 6 (972~207), а вместо замыкающего звена [208=207] появится известный промежуточный размер группы 7 (208+207) — техническое требование по соосности.

Уравнения размерной схема 2 варианта 2, отличающиеся от варианта 1, представлены ниже.

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[972=982]=-(982+208)-(208+207)+(972-207)$$

$$[27=26]=-(26-207)+(208+207)+(27+208)$$

$$[108=107]=+(408\sim 107)-(408+308)+(981+308)-(981+108)$$

$$\{408\sim 107\}=+(971-107)-(971+408)$$

В табл. 12.7 сведены результаты расчета, имеющие отличия от табл. 12.6 (с. 298).

Преимуществами данного варианта технологического процесса являются снижение величин припусков при предварительном растачивании отверстий и уменьшение габаритного размера (971+107) исходной заготовки.

Окончательные размеры отверстий в исходной заготовке выбираются из наименьшего значения расчетных радиусов (диаметров) по результатам расчета размерной схемы 2 варианта 2 и размерной схемы 1, которую необходимо построить и рассчитать.

Таблица 12.7

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 2. Вариант 2

Гр уп па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				З а п а с ы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний верхний
2=	108	107		1,650	6,300	3,975	2,325	0,050
2=	972	982		1,650	5,950	3,800	2,150	0,050
2=	27	26		1,650	4,520	3,085	1,435	0,050
6+	26	207	21,900	1,500	0,000	22,650	0,750	
6+	2(26	207)	43,800	3,000	0,000	45,300	1,500	
6+	972	207	59,800	1,500	-1,500	59,800	1,500	
6+	971	107	112,600	0,000	-3,000	111,100	1,500	
5~	408	107	51,800	1,500	-1,500	51,100	1,500	

12.1.7. Проектный вариант. Размерная схема 1

Для построения проектного варианта размерной схемы 1 должны использоваться операционные эскизы:

- операция 000 (см. рис. 12.2, с. 290);
- операция 010 (см. рис. 12.12, с. 298);
- операция 015 (см. рис. 12.5, с. 292);
- операция 020 (см. рис. 12.6, с. 292).

Рисунок размерной схемы 1 не имеет отличий от рис. 12.8 (см. с. 293) и все-таки в проектном варианте он повторно построен на рис. 12.14 (см. с. 300).

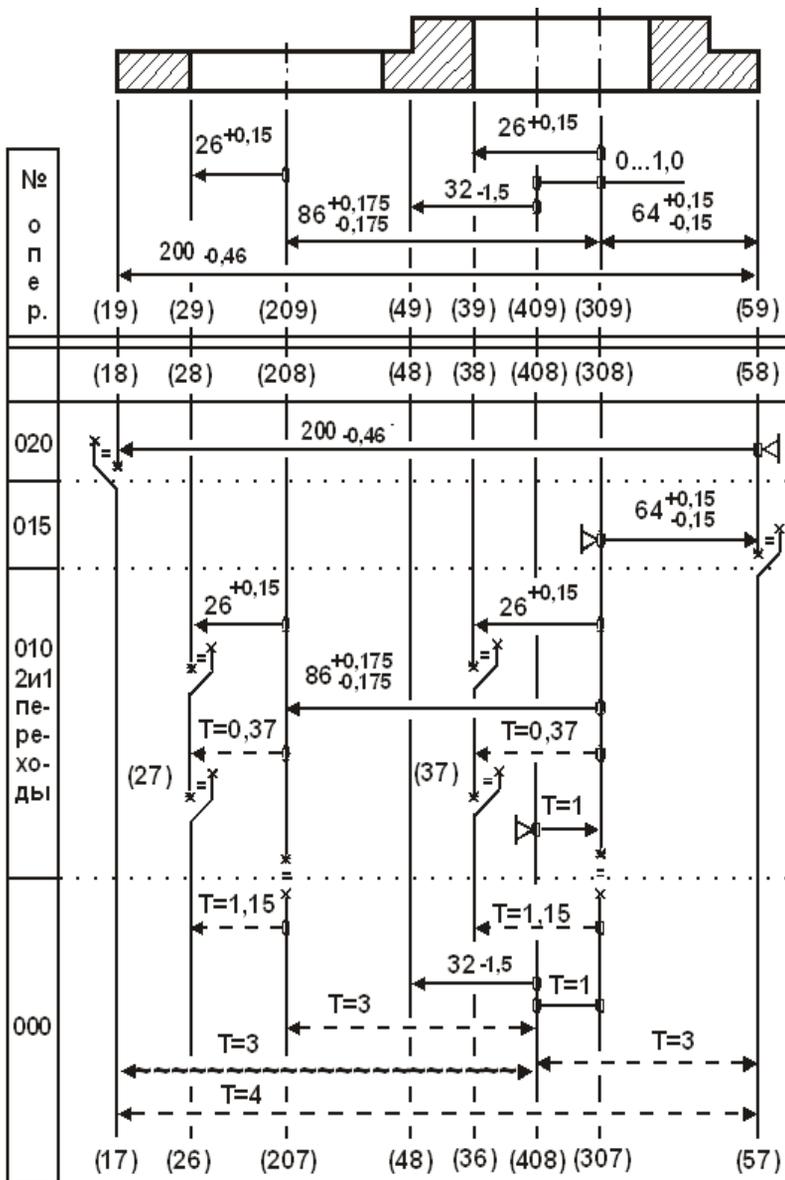
Исходная размерная информация рис. 12.14 и уравнения размерных цепей помещены ниже.

Результаты расчета сведены в табл. 12.8 (см. с. 301).

Звенья размерной схемы после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. схему 1, рис. 12.14)

1: 2 17 18 1,6	2: 8 18 58 200 0 -0,46
3: 8 308 58 64 0,15 -0,15	4: 2 58 57 1,6
5: 8 28 208 26 0,15 0	6: 8 38 308 26 0,15 0
7: 2 28 27 0,08	8: 2 38 37 0,08
9: 6 27 208 0,37 0 2	10: 6 37 307 0,37 0 2
11: 2 27 26 1,6	12: 2 37 36 1,6
13: 3 208 207 0	14: 3 308 307 0
15: 8 208 308 86 0,175 -0,175	16: 8 408 308 0 0,5 -0,5
17: 6 26 207 1,5 0 1	18: 6 36 307 1,5 0 1
19: 8 48 408 32 0 -1,5	20: 7 408 307 0 0,5 -0,5
21: 6 207 408 1,5 -1,5 1	22: 6 408 57 1,5 -1,5 1
23: 6 17 57 0 -4,0 1	24: 5 17 408 1,5 -1,5



Уравнения решены методом максимума-минимума:

$$[58=57]=+(408-57)-(408+308)-(308+58)$$

$$[28=27]=-(27-208)+(28+208)$$

$$[38=37]=-(37-308)+(38+308)$$

$$[37=36]=-(36-307)+(408+307)-(408+308)+(37+308)$$

$$[208=207]=-(207-408)-(408+308)+(208+308)$$

$$[308\#307]=+(408+307)-(408+308)$$

$$[17=18]=-(18+58)+(308+58)+(408+308)+(17\sim408)$$

$$\{17\sim408\}=-(408+57)+(17-57)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству:

$$[27=26]=-(26-207)-(207+408)-(408+308)+(208+308)+(27+208).$$

Результаты расчета замыкающих звеньев размерных цепей и сравнение их с исходными (необходимыми) чертежными размерами приведены в табл. 12.8 (см. с. 301).

Рис. 12.14. Проектный вариант схемы 1

Наименьший диаметр отверстий в исходной заготовке из двух расчетных схем:

$$(26+207)=21,4^{+1,5}; 2(26+207)=42,8^{+3,0} \text{ мм.}$$

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 1

Гр у па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
2=	17 18		1,650	6,410	4,030	2,380	0,050	
2=	58 57		1,650	5,950	3,800	2,150	0,050	
2=	28 27		0,080	0,600	0,340	0,260	0,000	
2=	38 37		0,080	0,600	3,340	0,260	0,000	
6+	27 208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
6+	2(27 208)	51,100	0,740	0,000	51,470	0,370		
6+	37 308	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
6+	2(37 308)	51,100	0,740	0,000	51,470	0,370		
2=	27 26		1,617	5,153	3,385	1,768	0,017	
2=	37 36		1,650	5,520	3,585	1,935	0,050	
2=	208 207	0,000	2,175	-2,175	0,000	2,175		
1#	308 307	0,000	1,000	-1,000	0,000	1,000		
6+	26 207	21,600	1,500	0,000	22,350	0,750		
6+	2(26 207)	43,200	3,000	0,000	44,700	1,500		
6+	36 307	21,400	1,500	0,000	22,150	0,750		
6+	2(36 307)	42,800	3,000	0,000	44,300	1,500		
6+	207 408	86,000	1,500	-1,500	86,600	1,500		
6+	408 57	67,800	1,500	-1,500	67,800	1,500		
6+	17 57	207,800	0,000	-4,000	207,800	2,000		
5~	17 408	139,800	1,500	-1,500	139,800	1,500		

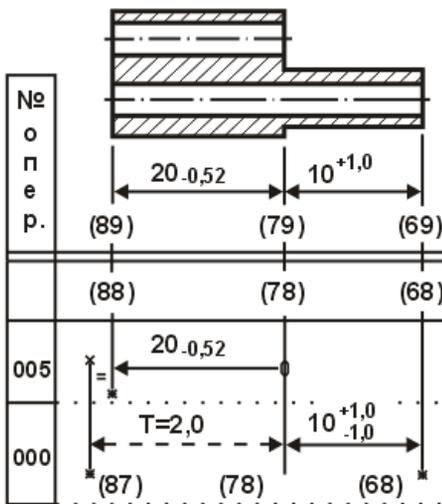


Рис. 12.15. Проектный вариант

12.1.8. Проектный вариант. Размерная схема 3

На рис. 12.15 построена проектная размерная схема 3.

Звенья размерной схемы после кодирования имеют вид:

- 1: 2 87 88 1,6 2: 8 88 78 20 0 - 0,52
- 3: 6 87 78 0 -2 1 4: 8 78 68 10 1 -1

Уравнение размерной цепи:

$$[87=87]=-(88+78)+(87-78).$$

Результаты расчета в табл. 12.9

Таблица 12.9

Результаты расчета размерной схемы 3

Гр у па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
2=	87 88		1,600	4,120	2,860	1,260	0,000	
6+	87 78	23,600	0,000	-2,000	22,600	1,000		

12.1.9. Заключение

Размерный анализ действующего технологического процесса выявил недостаточную проработку операционных схем базирования, которые являются основой формирования промежуточных и окончательных технологических размеров. Недостаточные и избыточные припуски с большими полями рассеяния позволяют предположить отсут-

ствии предварительного построения и расчета операционных размерных цепей. Проектный вариант 2 обеспечивает:

высокую надежность выполнения конструкторских размеров и технических требований на изделие;

уменьшение величин припусков и размеров исходной заготовки.

Предложенные мероприятия должны уменьшить энергетические затраты на операциях механической обработки, их трудоемкость и расход металла на одно изделие.

12.2. Пример 2

Эскиз изделия представлен на рис. 12.16. В табл. 12.10 (см. с. 304) помещена исходная размерная информация для этого эскиза.

На рис. 12.17...12.20 (см. с. 303) эскизы действующего технологического процесса.

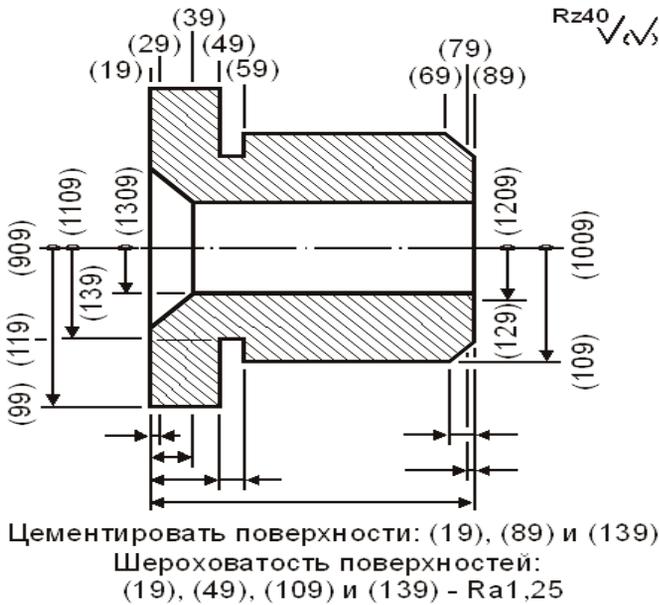


Рис. 12.16. Втулка

Окончательные и промежуточные размеры по отдельным операциям сведены в табл. 12.11 (см. с. 304).

Исходная заготовка — сталь горячекатаная круглая (см. приложение 32, с. 422).

Технологический процесс изготовления втулки опорной (см. рис. 12.16) содержит две токарно-револьверные операции (см. рис. 12.17 и 12.18):

005 автоматная токарная операция. Станок — токарно-револьверный автомат;

010 токарно-револьверная операция. Станок — токарно-револьверный полуавтомат.

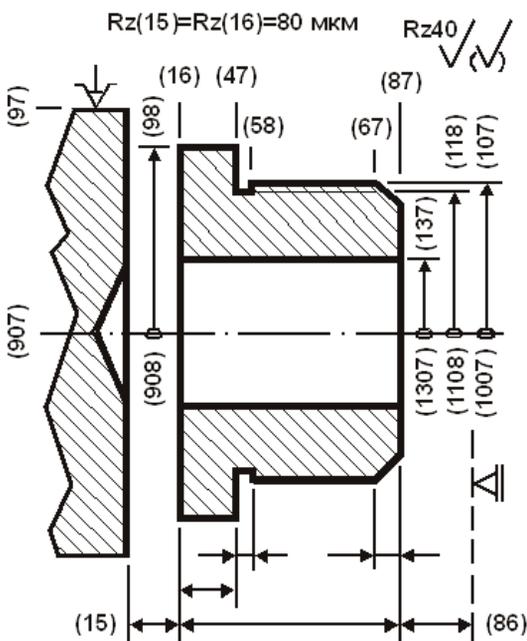


Рис. 12.17. Операция 005 токарная

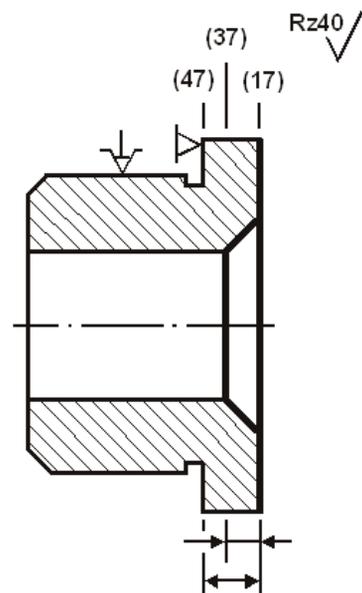


Рис. 12.18. Операция 010 токарная

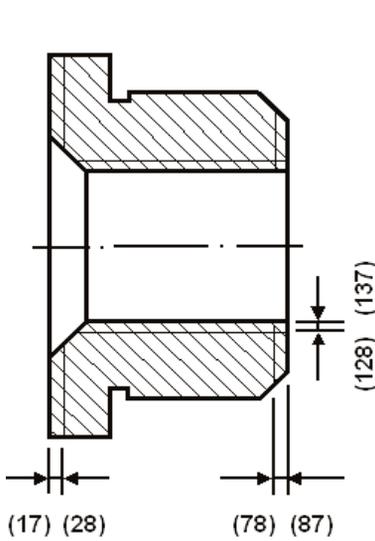


Рис. 12.19. Операция 015
термическая (цементация)

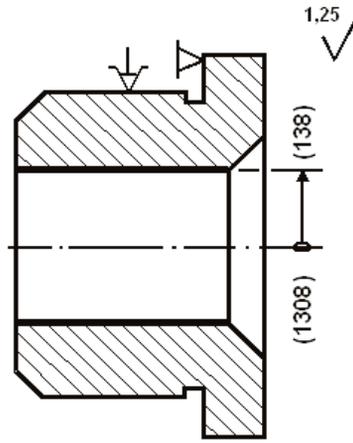


Рис. 12.20. Операция 020
внутришлифовальная

На термической операции 015 (см. рис. 12.19) осуществляется процесс цементирования твердым карбюризатором (см. приложение 7, с. 401) с последующим закаливанием поверхностей.

Внутришлифовальная 020 операция (см. рис. 12.20) выполняется на внутришлифовальном универсальном станке высокой точности.

Круглошлифовальная 025 операция (см. рис. 12.21) выполняется на круглошлифовальном полуавтомате.

Плоскошлифовальные операции 030 и 035 (рис. 12.22 и 12.23) выполняются на плоскошлифовальном станке с круглым электромагнитным вращающимся столом и вертикальным шпинделем. На операции 030 заготовка базируется торцевой поверхностью фланца втулки. Подобная установка партии заготовок требует применения специальной кассеты.

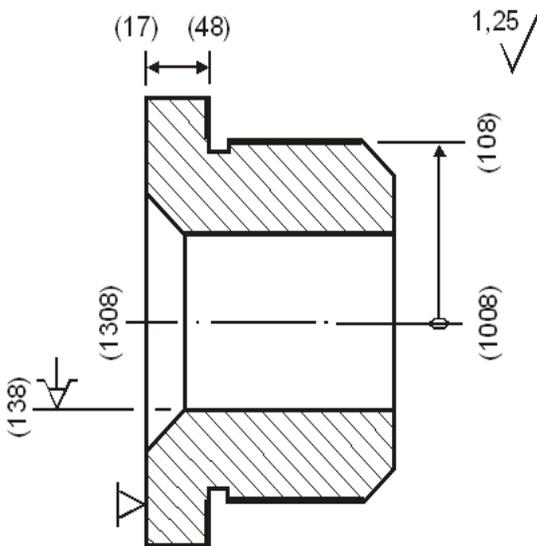


Рис. 12.21. Операция 025
круглошлифовальная

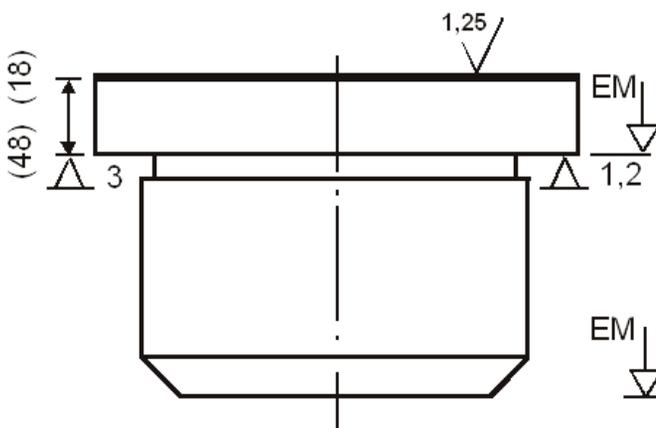


Рис. 12.22. Операция 030
плоскошлифовальная

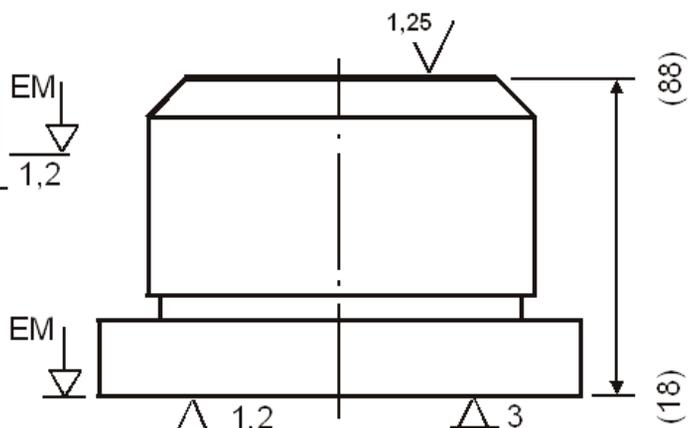


Рис. 12.23. Операция 035
плоскошлифовальная

Таблица 12.10

Исходная информация по эскизу рис. 12.16 (см. с. 302)

Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
	номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание
19 29		0,300			
79 89		0,300			
129 139		0,300			
19 39	4,000	0,500	-0,500	4,000	0,500
69 89	4,000	0,500	-0,500	4,000	0,500
19 49	8,000	0,000	-0,036	7,720	0,180
49 59	3,500	0,600	0,000	3,800	0,300
19 89	60,000	0,000	-0,190	59,905	0,095
2(99 909)	56,000	0,000	-0,300	55,850	0,150
99 909	28,000	0,000	-0,150	27,925	0,075
2(109 1009)	40,000	0,000	-0,100	39,950	0,050
109 1009	20,000	0,000	-0,050	19,975	0,025
2(119 1109)	38,000	0,000	-0,520	37,740	0,260
119 1109	19,000	0,000	-0,260	18,870	0,130
2(139 1309)	30,000	0,100	0,000	30,050	0,050
139 1309	15,000	0,050	0,000	15,025	0,025
1009 1309	0,000	0,025	-0,025	0,000	0,025

Таблица 12.11

Операционные размеры действующего технологического процесса

Номер опера- ции, пе- рехода, позиции	Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание
000	7+	2(97 907)	58,000	0,400	-1,000	57,700	0,700
	7+	97 907	29,000	0,200	-0,500	28,850	0,350
005	7+	15 16	4,000	0,200	-0,200	4,000	0,200
	7+	47 58	3,300	0,300	0,000	3,450	0,150
	7+	67 87	4,500	0,125	-0,125	4,500	0,125
	7+	16 47	9,400	0,000	-0,360	9,120	0,180
	7+	87 86	0,500	0,500	0,000	0,750	0,250
	7+	16 86	61,600	0,000	-0,740	61,230	0,370
	8+	2(98 908)	56,000	0,000	-0,300	55,850	0,150
	8+	98 908	28,000	0,000	-0,150	27,925	0,075
	1#	97 98		0,200			
	7+	2(107 1007)	40,500	0,000	-0,250	40,375	0,125
	7+	107 1007	20,250	0,000	-0,125	20,187	0,062
	8+	2(118 1108)	38,000	0,000	-0,520	37,740	0,260
	8+	118 1108	19,000	0,000	-0,260	18,870	0,130
	7+	2(137 1307)	29,500	0,210	0,000	29,605	0,105
7+	137 1307	14,750	0,105	0,000	14,802	0,052	
010	7+	907 1007	0,000	0,050	-0,050	0,000	0,050
	7+	908 1007	0,000	0,005	-0,005	0,000	0,005
	7+	1007 1107	0,000	0,005	-0,005	0,000	0,005
	7+	1007 1307	0,000	0,005	-0,005	0,000	0,005
	7+	17 47	8,600	0,000	-0,150	8,525	0,075
	7+	17 37	4,200	0,125	-0,125	4,200	0,125
	1#	16 17		0,160			
015	7+	17 28		0,800	1,200	1,000	0,200
	7+	78 87		0,800	1,200	1,000	0,200
	7+	128 137		0,800	1,200	1,000	0,200
020	8+	2(138 1308)	30,000	0,100	0,000	30,050	0,050
	8+	138 1308	15,000	0,050	0,000	15,025	0,025
	1#	138 137		0,080			

Номер операции, перехода, позиции	Група	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация				
				номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание
025	7+	1007	1308	0,000	0,020	0,020	0,000	0,020
	8+	2(108)	1008	40,000	0,000	-0,100	39,950	0,050
	8+	108	1008	20,000	0,000	-0,050	19,975	0,025
	1#	107	108			0,080		
	8+	1008	1308	0,000	0,010	-0,010	0,000	0,010
	7+	17	48	8,300	0,000	-0,100	8,250	0,050
	1#	48	47			0,080		
030	8+	18	48	8,000	0,000	-0,360	7,720	0,180
	7+	17	18			0,080		
035	7+	18	88	60,000	0,000	-0,190	59,905	0,095
	1#	88	87			0,080		

12.2.1. Размерная схема 1

На рис. 12.24 построена размерная схема линейных размеров по действующему технологическому процессу, в которой учтены смещения фасок за счет изменения обрабатываемых диаметров на операциях 020 и 025.

На операции 020 (см. рис. 12.20 и 12.24, с. 303) при окончательной обработке внутреннего диаметра 2(138+1308) увеличивается линейный размер фаски, которая была выполнена под углом 45 градусов на операции 010. Величина снятого припуска является разностью между выполняемым радиусом (138+1308) и предшествующим радиусом (137+1307), который был получен на операции 005. Величина припуска в радиальном направлении при угле фаски 45 градусов равна величине смещения фаски в линейном направлении.

В зоне операции 020 размерной схемы 1 смещение фаски [38#37] построено на двух радиусах, которые условно повернуты на угол 90 градусов.

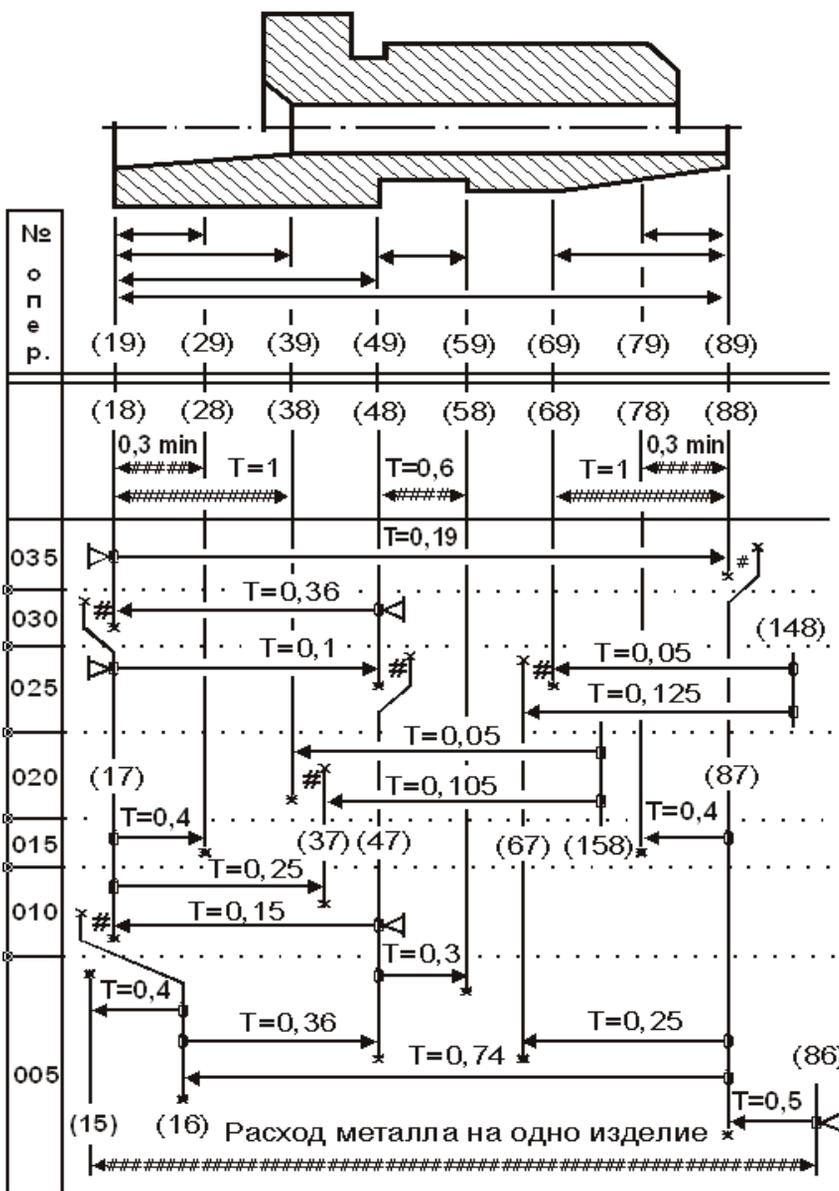


Рис. 12.24. Размерная схема 1

но на двух радиусах, которые условно повернуты на угол 90 градусов.

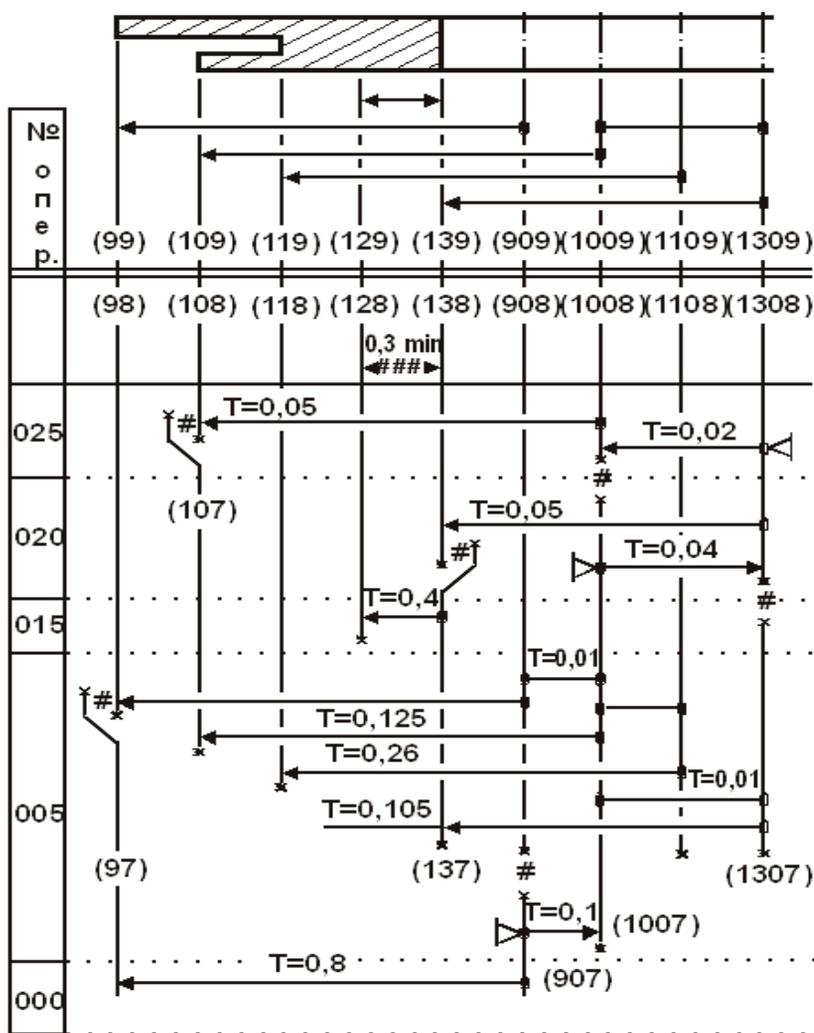


Рис. 12.25. Размерная схема 2

Так как шлифование отверстия увеличивает окончательный размер, для визуального наблюдения выполняемый радиус $(38+158)=(138+1308)$ построен справа от поверхности (38) смещения фаски до условно выбранной поверхности (158). Здесь же построен предварительный (меньший) радиус $(37+158)=(137+1307)$.

Аналогичный методический прием использован для построения смещения [67#68] фаски, которая уменьшается при шлифовании наружного диаметра $2(108+1008)$ на операции 025.

Радиусы, построенные в линейной размерной схеме 1, имеют вид:

$$(68+148)=(108+1008);$$

$$(67+148)=(107+1007).$$

В размерной схеме 1 из семи исходных чертежных размеров непосредственно выполняются только два. Фаски, слои насыщения поверхностей, и канавка перешли в группу замыкающих звеньев, и подлежат проверочному расчету с последующим сравнением расчетных величин с исходными параметрами.

Исходные величины минимально необходимых припусков назначены из табл. 12.11 (см. с. 304 и 305) в соответствии с шероховатостью и дефектным слоем поверхностей, полученных на предшествующих операциях, позициях и переходах.

Звенья размерной схемы 1 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.24, с. 305)

1: 2 18 28 0,3	2: 2 78 88 0,3
3: 3 18 38 4 +−0,5	4: 3 68 88 4 +−0,5
5: 3 48 58 3,5 0,6 0	6: 8 18 88 60 0 −0,19
7: 2 88 87 0,08	8: 2 17 18 0,08
9: 8 18 48 8 0 −0,36	10: 7 17 48 8,3 0 −0,1
11: 2 48 47 0,08	12: 8 68 148 20 0 −0,05
13: 7 67 148 20,25 0 −0,125	14: 0 67 68
15: 0 38 37	16: 8 38 158 15 0,05 0
17: 7 37 158 14,75 0,105 0	18: 7 17 28 0,8 1,2
19: 7 78 87 0,8 1,2	20: 7 17 37 4,2 +−0,125
21: 2 16 17 0,16	22: 7 17 47 8,6 0 −0,15
23: 7 15 16 4 +−0,2	24: 7 47 58 3,3 0,3 0
25: 7 16 47 9,4 0 −0,36	26: 7 67 87 4,5 +−0,125
27: 7 16 87 61,6 0 −0,74	28: 7 87 86 0,5 0,5 0
29: 0 15 86	

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[18\#28]=+(17+28)-(17+48)+(18+48)$$

$$[48\#58]=+(47+58)+(17+47)-(17+48)$$

$$[17\#18]=-(18+48)+(17+48)$$

$$[48\#47]=+(17+47)-(17+48)$$

$$[67\#68]=-(68+148)+(67+148)$$

$$[38\#37]=-(37+158)+(38+158)$$

$$[16\#17]=-(17+47)+(16+47)$$

$$[15\#86]=+(87+86)+(16+87)+(15+16)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[18\#38]=-(38+158)+(37+158)+(17+37)-(17+48)+(18+48)$$

$$[88\#87]=+(16+87)-(16+47)+(17+47)-(17+48)+(18+48)-(18+88)$$

$$[78\#88]=+(18+88)-(18+48)+(17+48)-(17+47)+(16+47)-(16+87)+(78+87)$$

$$[68\#88]=+(18+88)-(18+48)+(17+48)-(17+47)+(16+47)-(16+87)+(67+87)-$$

$$-(67+148)+(68+148)$$

Результаты проверочного расчета размерной схемы 1 помещены в табл.12.12

Таблица 12.12

Результаты проверочного расчета размерной схемы 1

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
1#	18	28		0,140	1,000	0,570	0,430	-0,160	
1#	78	88		0,292	1,309	0,800	0,509	-0,008	
1#	18	38	4,000	-0,220	-0,684	3,548	0,232	-0,184	0,721
1#	68	88	4,000	0,576	-0,401	4,088	0,489	0,099	-0,076
1#	48	58	3,500	0,500	-0,050	3,725	0,275	-0,050	0,100
1#	17	18		0,200	0,660	0,430	0,230	0,120	
1#	88	87		-0,268	0,668	0,200	0,468	-0,347	
0#	67	68		0,125	0,300	0,213	0,870		
0#	38	37		0,145	0,300	0,223	0,077		
1#	16	17		0,440	0,950	0,695	0,255	0,280	
0#	15	86		65,160	66,800	65,980	0,820		

12.2.2. Размерная схема 2

Размерная схема радиальных (диаметральных) размеров технологического процесса построена на рис. 12.25 (см. с. 306). В упрощенном варианте схемы отсутствуют фаски, которые при необходимости можно достроить и рассчитать из соответствующих уравнений размерной цепи.

Размеры-радиусы и техническое требование по соосности выполняются в данном процессе. Непосредственно не выполняется глубина цементационного слоя (129+139), которая переходит в группу замыкающих звеньев [128#138].

Уравнение с замыкающим звеном [128#138] содержит пять составляющих звеньев, но расчет ведется методом максимума-минимума, так как погрешность T(128_137) размера глубины насыщения значительно превосходит погрешности отклонений от соосности. Звенья размерной схемы 2 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация

1:	2 128 138 0,3	2:	2 107 108 0,08
3:	8 108 1008 20 0 -0,05	4:	8 1008 1308 0 +-0,01
5:	8 138 1308 15 0,05 0	6:	7 1007 1308 0 +-0,02
7:	2 138 137 0,08	8:	7 128 137 0,8 1,2
9:	7 908 1007 0 +-0,005	10:	2 97 98 0,2
11:	8 98 908 28 0 -0,15	12:	7 107 1007 20,25 0 -0,125
13:	8 118 1108 19 0 -0,26	14:	7 137 1307 14,75 0,105 0

15: 7 1007 1108 0 +-0,005 16: 7 1007 1307 0 +-0,005
 17: 7 907 1007 0 +-0,05 18: 7 97 907 29 0,2 -0,5

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[128\#138]=-(138+1308)+(1007+1308)-(1007+1307)+(137+1307)+(128+137)$$

$$[107\#108]=-(108+1008)-(1008+1308)+(1007+1308)+(107+1007)$$

$$[138\#137]=-(137+1307)+(1007+1307)-(1007+1308)+(138+1308)$$

$$[97\#98]=-(98+908)-(908+1007)+(907+1007)+(97+907)$$

Результаты расчета замыкающих звеньев в табл. 12.13.

Таблица 12.13

Результаты проверочного расчета размерной схемы 2

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний
1#	128	138		0,475	1,080	0,778	0,320	0,175
1#	107	108		0,095	0,330	0,213	0,117	0,015
1#	138	137		0,120	0,325	0,223	0,102	0,040
1#	97	98		0,445	1,405	0,925	0,480	0,245

13.2.3. Анализ результатов расчета размерных схем 1 и 2

Результаты расчета замыкающих звеньев в размерной схеме 2 (см. табл. 12.13) показывают положительные небольшие запасы, которые могут быть исключены или значительно уменьшены в одном из проектных вариантов расчета.

Большая часть замыкающих звеньев в размерной схеме 1 табл. 12.12 (см. с. 307) имеет отрицательные запасы. Рассмотрим последовательно эти звенья.

Поле рассеяния припуска $T[88\ 87] = 0,936$ (полуколебание равно 0,468).

Если в проектном варианте правильно рассчитать составляющие размеры, то наибольший припуск составит:

$$[88\ 87]_{\max}=[88\ 87]_{\min}+T[88\ 87]=0,08+0,936=1,016 \text{ мм.}$$

Это значит, что при шлифовании партии заготовок на вращающемся магнитном столе станка (операции 035) необходимо учитывать наибольшую заготовку с припуском 1,016 мм. Для снижения трудоемкости станочник, нарушая технологическую дисциплину, будет выполнять операцию на завышенных подачах. Перегрев обрабатываемой поверхности приведет к обезуглероживанию и без того недостаточного слоя цементационного насыщения. Исходная величина слоев насыщения ограничена только со стороны наименьшего предельного значения. При проектном пересчете составляющих звеньев можно избавиться от отрицательных запасов замыкающих звеньев $[18=38]$ и $[78=88]$, но при этом увеличится глубина насыщения на термической операции процесса, увеличив ее нормативное время. Поля рассеяния размеров фасок и канавки не превосходят соответствующие исходные поля допусков. Отрицательные запасы могут быть ликвидированы при проектном расчете составляющих звеньев.

12.2.4. Проектный вариант 1

В первом варианте проектной задачи делается попытка без изменения схем базирования и принятого порядка проставленных промежуточных размеров спасти от многочисленного брака действующий технологический процесс. Так как построенная графика размерных схем 1 и 2 остается неизменной, исходная размерная информация будет кодироваться с использованием рис. 12.24 и 12.25 (см. с. 305 и 306). В размерную схему 1 входят составляющие размеры-радиусы, предварительно рассчитывающиеся из уравнений схемы 2.

12.2.4.1. Размерная схема 2

В исходной размерной информации проектной задачи произошли следующие изменения (по сравнению с данными с. 307 и 308):

- 8: 6 128 137 0,4 0 1
- 12: 6 107 1007 0 -0,125 2
- 14: 6 137 1307 0,105 0 2
- 18: 6 97 907 0,2 -0,5 1

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[128=138]=-(138+1308)+(1007+1308)-(1007+1307)+(137+1307)+(128-137)$$

$$[107=108]=-(108+1008)-(1008+1308)+(1007+1308)+(107-1007)$$

$$[138=137]=-(137-1307)+(1007+1307)-(1007+1308)+(138+1308)$$

$$[97=98]=-(98+908)-(908+1007)+(907+1007)+(97-907)$$

Результаты расчета замыкающих звеньев в табл. 12.14.

Таблица 12.14

Результаты проектного расчета размерной схемы 2. Вариант 1

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний
2=	128	138		0,315	0,920	0,617	0,303	0,015
2=	107	108		0,085	0,320	0,202	0,117	0,005
2=	138	137		0,080	0,285	0,183	0,103	0,005
6+	128	137	0,600	0,400	0,000	0,800	0,200	
2=	97	98		0,245	1,205	0,725	0,480	0,045
6+	107	1007	20,240	0,000	-0,125	20,177	0,062	
6+	137	1307	14,790	0,105	0,000	14,842	0,058	
6+	97	907	28,800	0,200	-0,500	28,650	0,350	

Результаты расчета проектной задачи размерной схемы 2 практически не отличаются от результатов действующего процесса.

12.2.4.2. Размерная схема 1

Звенья проектного варианта размерной схемы 1 по рис. 12.24 после кодирования имеют вид:

- 1: 2 18 28 0,3
- 2: 2 78 88 0,3
- 3: 3 18 38 4 +-0,5
- 4: 3 68 88 4 +-0,5
- 5: 3 48 58 3,5 0,6 0
- 6: 8 18 88 60 0 -0,19
- 7: 2 88 87 0,08
- 8: 2 17 18 0,08
- 9: 8 18 48 8 0 -0,36
- 10: 6 17 48 0 -0,1 2
- 11: 2 48 47 0,08
- 12: 8 68 148 20 0 -0,05
- 13: 7 67 148 20,24 0 -0,125
- 14: 0 67 68
- 15: 0 38 37
- 16: 8 38 158 15 0,05 0
- 17: 7 37 158 14,79 0,105 0
- 18: 6 17 28 0,4 0 1
- 19: 6 78 87 0,4 0 1
- 20: 6 17 37 +-0,125 1
- 21: 2 16 17 0,16
- 22: 6 17 47 0 -0,15 1
- 23: 7 15 16 4 +-0,2
- 24: 6 47 58 0,3 0 2
- 25: 6 16 47 0 -0,36 1
- 26: 6 67 87 +-0,125 1
- 27: 6 16 87 0 -0,74 2
- 28: 7 87 86 0,5 0,5 0
- 29: 0 15 86

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[18=28]=+(17-28)-(17+48)+(18+48)$$

$$[48=58]=+(47-58)+(17+47)-(17+48)$$

$$[17=18]=-(18+48)+(17-48)$$

$$[48=47]=+(17-47)-(17+48)$$

$$[67\#68]=-(68+148)+(67+148)$$

$$[38\#37]=-(37+158)+(38+158)$$

$$[16=17]=-(17+47)+(16-47)$$

$$[15\#86]=+(87+86)+(16+87)+(15+16)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[18=38]=-(38+158)+(37+158)+(17-37)-(17+48)+(18+48)$$

$$[88=87]=+(16-87)-(16+47)+(17+47)-(17+48)+(18+48)-(18+88)$$

$$[78=88]=+(18+88)-(18+48)+(17+48)-(17+47)+(16+47)-(16+87)+(78-87)$$

$$[68=88]=+(18+88)-(18+48)+(17+48)-(17+47)+(16+47)-(16+87)+(67-87)-$$

$$-(67+148)+(68+148)$$

Результаты расчета схемы 1 варианта 1 помещены в табл. 12.15.

Таблица 12.15

Результаты проектного расчета размерной схемы 1. Вариант 1

Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
2=	18	28		0,350	1,210	0,780	0,430	0,050	
2=	78	88		0,361	1,379	0,870	0,509	0,061	
3=	18	38	4,000	0,230	-0,235	3,997	0,232	0,265	0,270
3=	68	88	4,000	0,456	-0,521	3,967	0,489	-0,021	0,040
3=	48	58	3,500	0,570	0,020	3,795	0,275	0,020	0,030
2=	17	18		0,090	0,550	0,320	0,230	0,010	
2=	88	87		0,162	1,098	0,630	0,468	0,082	
6+	17	48	8,190	0,000	-0,100	8,140	0,050		
2=	48	47		0,080	0,330	0,205	0,125	0,000	
0#	67	68		0,115	0,290	0,202	0,087		
0#	38	37		0,105	0,260	0,183	0,077		
6+	17	28	0,900	0,400	0,000	1,100	0,200		
6+	78	87	1,300	0,400	0,000	1,500	0,200		
6+	17	37	4,500	0,125	-0,125	4,500	0,125		
2=	16	17		0,220	0,730	0,475	0,255	0,060	
6+	17	47	8,420	0,000	-0,150	8,345	0,075		
6+	47	58	3,440	0,300	0,000	3,590	0,150		
6+	16	47	9,000	0,000	-0,360	8,820	0,180		
6+	67	87	4,800	0,125	-0,125	4,800	0,125		
6+	16	87	61,700	0,000	-0,740	61,330	0,370		
0#	15	86		65,260	66,900	66,080	0,820		

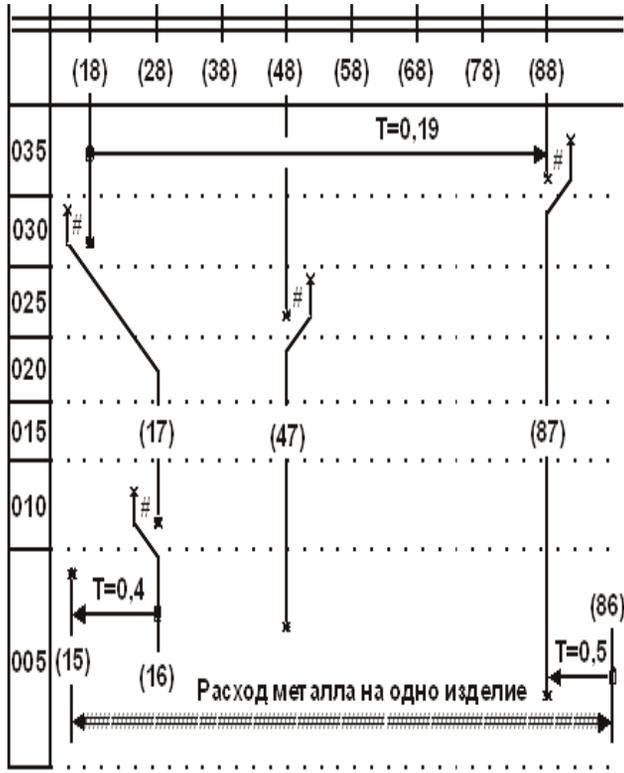
12.2.4.3. Выводы и предложения

Проектный вариант 1 обеспечит высокую надежность выполнения и возможность получения промежуточных и окончательных технологических размеров только в том случае, если слой насыщения углеродом на термической операции 015 довести до 1,3...1,7 мм. Увеличение глубины насыщения на 0,5 мм по сравнению с величиной 0,8...1,2 действующего процесса повлечет за собой увеличение трудоемкости термической операции. Операция шлифования 035. Наибольшее предельное значение припуска [88=87] достигает [88_87]max=1,098 мм. Технологический процесс, в котором припуск на операциях шлифования достигает таких величин, не может быть рекомендован для внедрения в действующее производство.

Уменьшение среднего и наибольшего значений припуска происходит за счет ужесточения допусков технологических размеров в пределах экономических точностей данных операций или уменьшения числа составляющих звеньев в уравнениях размерных цепей с замыкающими звеньями-припусками.

В уравнении с замыкающим звеном [88=87] шесть составляющих звеньев и только допуск одного из них не соответствует экономической точности.

Допуск $T(18_{-48})=0,36$ мм окончательного технологического размера (18+48) равен допуску исходного $T(19_{-49})$ размера (19+49). Экономическая точность операции даже предварительного шлифования соответствует 10...11 качеству. Допуск 11 качества для номинального размера (18_48)ном=8 мм составляет $T(18_{-48})=0,09$ мм. Уменьшение допуска на 0,25 мм ($0,36-0,09=0,25$) при расчете уравнения вероятностным методом не даст желаемого уменьшения допуска на припуск и не решит поставленной задачи по резкому увеличению производительности на шлифовальной операции 035.



12.26. Заготовка размерной схемы

Единственно правильный путь — уменьшить число составляющих звеньев за счет изменения теоретических схем базирования на операциях процесса обработки. Все составляющие звенья уравнения [88=87] участвуют в определении глубины насыщения на термической операции. Уменьшение колебания припуска приведет к снижению трудоемкости операции 015. На рис. 12.26 построен вариант заготовки размерной схемы, в которой сохранен порядок снятия припусков по операциям действующего процесса.

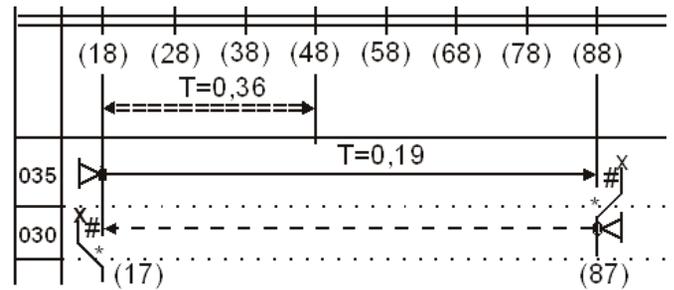


Рис. 12.27. Операционная зона схемы

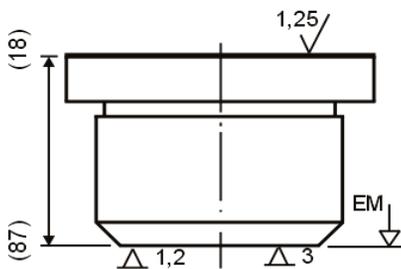


Рис. 12.28. Операция 030 плоскошлифовальная

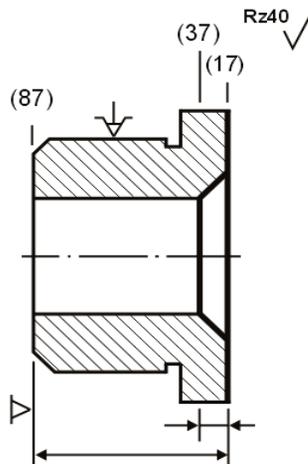


Рис. 12.29. Операция 010 токарная

На операции 035 окончательно выполняется один из самых точных размеров изделия (совмещение конструкторской и технологической баз). Поэтому размерная линия (18+48) построена в зоне этой операции.

Наименьшее количество составляющих звеньев в размерной цепи замыкающего звена [88=87] можно получить при выполнении промежуточного технологического размера (18–87) по рис. 12.27.

В этом случае на операции 030 необходимо осуществить новую схему базирования согласно рис. 12.28 (см. с. 311). Уравнение стало значительно короче, но окончательный размер (18+48) перешел в группу замыкающих [18=48].

Для сохранения двухзвенной цепи в уравнении с замыкающим звеном [17=18] необходимо на операции 010 вместо размера (17+47) выдерживать промежуточный размер (17–87), изменив схему базирования согласно рис. 12.29 (см. с. 311) и рис. 12.30.

В действующем технологическом процессе на операции 005 выполняется размер (16+87). Перенос его в заготовку размерной схемы рис. 12.30 обеспечит замыкание короткого контура со звеном [16=17].

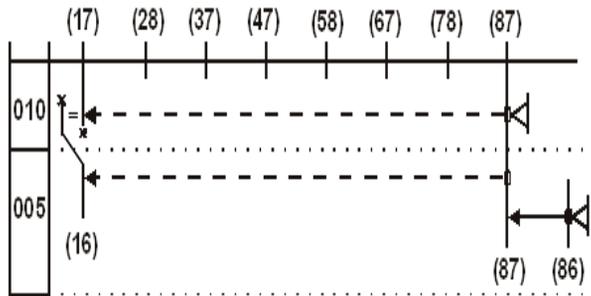


Рис. 12.30. Отдельная зона размерной схемы

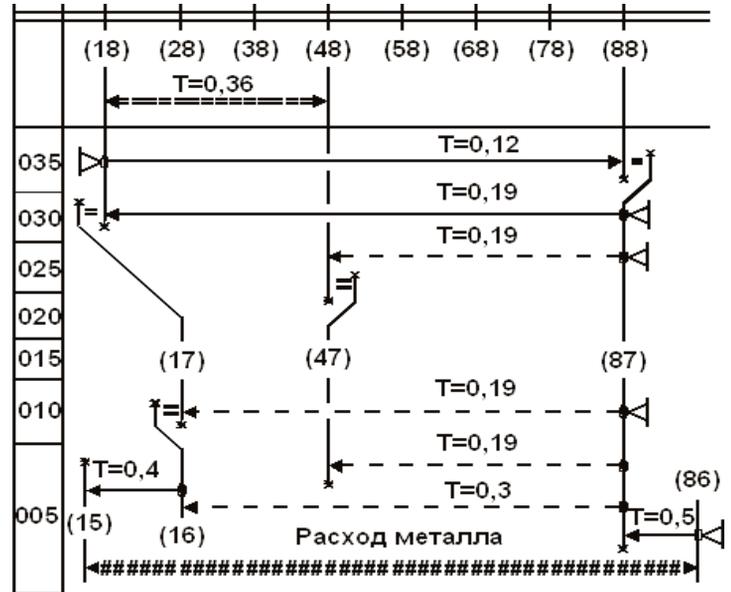


Рис. 12.31. Заготовка размерной схемы 1

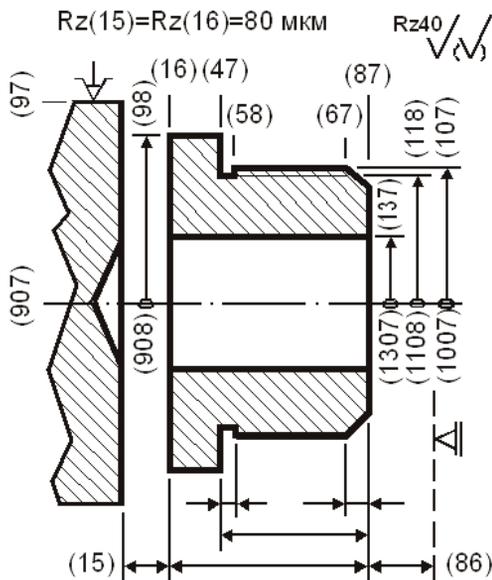


Рис. 12.32. Операция 005

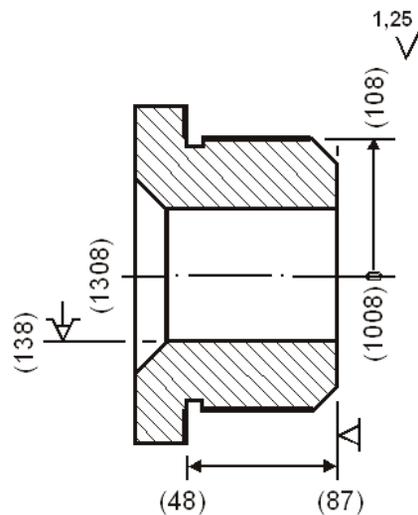


Рис. 12.33. Операция 025

Из отдельных размерных зон рис. 12.27 (см. с. 311) и рис. 12.30 просматривается единство баз промежуточных размеров от поверхности (87), которая может быть использована и для замыкания контура со звеном [48=47]. На рис. 12.31 построен один из вариантов размерной схемы с использованием предложенных рекомендаций.

Для ее осуществления на операции 005 необходимо изменить порядок простановки размеров, а на операции 025 — схему базирования согласно рис. 12.32 и 12.33. На размерных линиях в схеме рис. 12.31 проставлены допуски экономической точности выполнения размеров по каждой операции или переходу.

Исходный размер (19+49) с допуском $T=0,36$ мм, перейдя в группу замыкающих, может получиться только в том случае, если поле рассеяния $w[18_48]$ окажется меньше поля допуска $T(19_49)$.

$$w[18=48]=T(18_87)+T(48_87)=0,19+0,19=0,38 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния превышает поле допуска. Возможен брак.

Поле рассеяния $w[18_48]=0,38$ превышает поле допуска $T(19_49)=0,36$ мм.

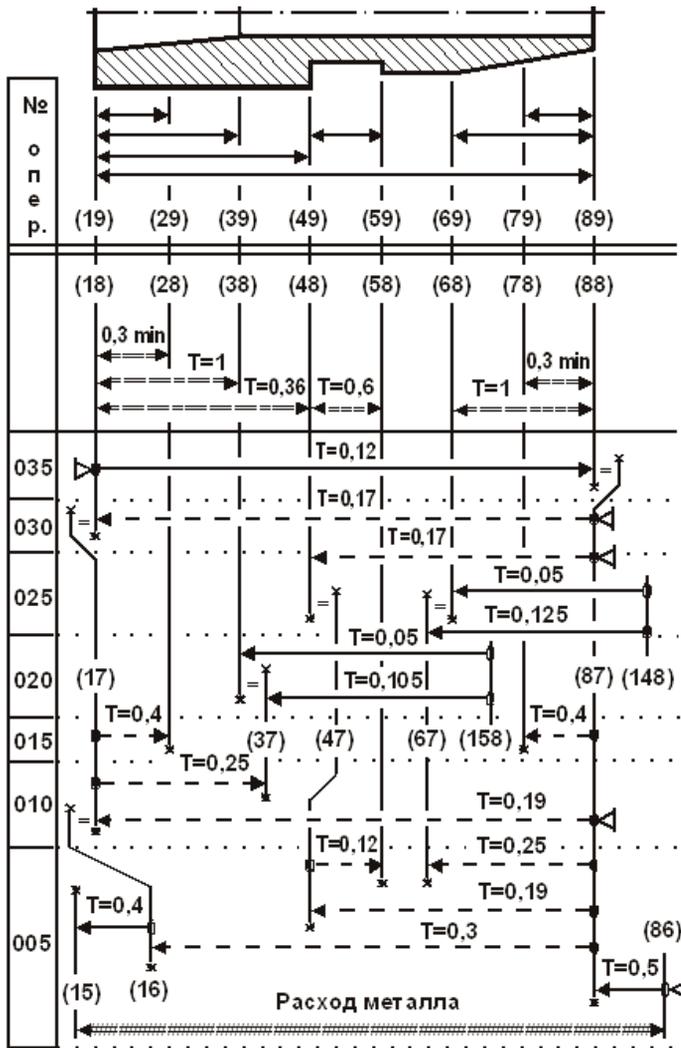


Рис. 12.34. Проектный вариант 2 размерной схемы 1

Он аналогичен рис. 12.24 (см. с. 305).

Звенья проектного варианта 2 размерной схемы 1 по рис. 12.34 имеют вид:

1: 2 18 28 0,3	2: 2 78 88 0,3
3: 3 18 38 4 +-0,5	4: 3 68 88 4 +-0,5
5: 3 48 58 3,5 0,6 0	6: 8 18 88 60 0 -0,12
7: 2 88 87 0,08	8: 2 17 18 0,08
9: 3 18 48 8 0 -0,36	10: 6 48 87 0,17 0 2
11: 2 48 47 0,08	12: 8 68 148 20 0 -0,05
13: 7 67 148 20,24 0 -0,125	14: 0 67 68
15: 0 38 37	16: 8 38 158 15 0,05 0
17: 7 37 158 14,79 0,105 0	18: 6 17 28 0,4 0 2
19: 6 78 87 0,4 0 2	20: 6 17 37 +-0,125 1
21: 2 16 17 0,16	22: 6 17 87 0 -0,19 2
23: 7 15 16 4 +-0,2	24: 6 47 58 0,12 0 2
25: 6 47 87 0,19 0 2	26: 6 67 87 +-0,125 1
27: 6 16 87 0 -0,3 2	28: 7 87 86 0,5 0,5 0
29: 0 15 86	30: 6 18 87 0 -0,17 2

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$[18=28]=+(17-28)-(17+87)+(18+87)$

В формировании погрешностей поля рассеяния принимают участие размеры (18–87) и (48–87). Они выполняются на операциях шлифования. Экономическая точность операции шлифования в пределах 8...11 качества во многом определяется качеством базовых поверхностей. Единая базовая поверхность (87) для операций шлифования получена при токарной обработке с шероховатостью $Rz40$ мкм. Такое качество позволяет получать шлифованием размеры с допуском 10...11 качества. Если точность 11 качества размеров (18–87) и (48–87) ужесточить на 0,02...0,03 мм (допуск 10 качества $T=0,12$ мм), то

$$w[18=48]=T(18_87)+T(48_87)=0,17+0,17=0,34 \text{ мм.}$$

Шлифование поверхности (88) от чистой базы (18) на операции 035 экономически выгодно с допуском 9...10 качества. С уменьшением допуска $T(18_88)=0,19$ мм до $T=0,12$ мм уменьшится колебание операционного припуска.

12.2.5. Проектный вариант 2.

Размерная схема 1

На рис. 12.34 построен проектный вариант 2 размерной схемы 1 без трансформированного эскиза изделия.

$$[78=88]=+(18+88)-(18+87)+(78-87)$$

$$[18=48]=-(48-87)+(18+87)$$

$$[48=58]=+(47-58)-(47+87)+(48+87)$$

$$[17=18]=-(18+87)+(17-87)$$

$$[48=47]=-(47-87)+(48+87)$$

$$[67\#68]=-(68+148)+(67+148)$$

$$[38\#37]=-(37+158)+(38+158)$$

$$[16=17]=-(17+87)+(16-87)$$

$$[88=87]=+(18-87)-(18+88)$$

$$[15\#86]=+(87+86)+(16+87)+(15+16)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[18=38]=-(38+158)+(37+158)+(17-37)-(17+87)+(18+87)$$

$$[68=88]=+(18+88)-(18+87)+(67-87)-(67+148)+(68+148)$$

Результаты расчета в табл. 12.16.

Таблица 12.16

Результаты проектного расчета размерной схемы 1. Вариант 2

Гр у па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
2=	18	28		0,310	1,070	0,690	0,380	0,010	
2=	78	88		0,300	0,990	0,645	0,345	0,000	
3=	18	38	4,000	0,235	-0,140	4,047	0,188	0,360	0,265
3=	68	88	4,000	0,139	-0,214	3,963	0,176	0,286	0,361
3=	18	48	8,000	-0,010	-0,350	7,820	0,170	0,010	0,010
3=	48	58	3,500	0,540	0,060	3,800	0,240	0,060	0,060
2=	17	18		0,090	0,450	0,270	0,180	0,010	
2=	88	87		0,090	0,380	0,235	0,145	0,010	
6+	18	87	60,260	0,000	-0,170	60,175	0,085		
6+	48	87	52,270	0,170	0,000	52,355	0,085		
2=	48	47		0,080	0,440	0,260	0,180	0,000	
6+	17	28	0,760	0,400	0,000	0,960	0,200		
6+	78	87	0,680	0,400	0,000	0,880	0,200		
6+	17	37	4,500	0,125	-0,125	4,500	0,125		
2=	16	17		0,170	0,660	0,415	0,245	0,010	
6+	47	87	52,000	0,190	0,000	52,095	0,095		
6+	47	58	3,480	0,120	0,000	3,540	0,060		
6+	17	87	60,540	0,000	-0,190	60,445	0,095		
6+	67	87	4,400	0,125	-0,125	4,400	0,125		
6+	16	87	61,010	0,000	-0,300	60,860	0,150		
0#	15	86		65,010	66,210	65,610	0,600		

Если сравнить промежуточные технологические размеры действующего процесса и проектного варианта 1 с результатами расчета варианта 2, то можно отметить следующее:

наибольший из припусков ($[17_18]_{\max}=0,45$) на операциях шлифования (см. табл. 12.16) значительно меньше наибольшего $[88_87]_{\max}=1,098$ (см. табл. 12.15, с. 310);

наибольший слой цементации ($(17+28)=0,76...1,16$) на термической операции (см. табл. 12.16) меньше слоя $(78+87)=1,3...1,7$ мм (см. табл. 12.15), но не больше запланированного по действующему технологическому процессу $(17+28)=(78+87)=0,8...1,2$ мм;

расход металла на одно изделие по действующему процессу $[15\#86]_{\text{ср}}=65,98$ мм (см. табл. 12.12, с. 307), а в проектом варианте 2 — $[15\#86]_{\text{ср}}=65,61$ мм (см. табл. 12.16).

12.2.5.1. Выводы и предложения

Имея ряд достоинств, вариант 2 технологического процесса изготовления втулки не может обеспечить жесткие допуски параллельности поверхностей (18) и (88) с торцом

(48). Маловероятна возможность обеспечения жестких допусков перпендикулярности осей (1008) и (1308) с поверхностями (18) и (88). Такое положение вызвано тем, что формирование поверхностей (48) и (18) происходило при различных схемах базирования на операциях 025 и 030. На операции 025 обеспечивался допуск перпендикулярности окончательно обработанного торца (48) относительно базового отверстия 2(138+1308) и обрабатываемого наружного диаметра 2(108+1008), а на операции 030 — допуск параллельности предварительно обработанного базового торца (87) относительно обрабатываемой поверхности (18). Подобный недостаток исправляется последовательным шлифованием двух из трех перечисленных поверхностей с базированием от одного из окончательно обработанных торцов. Количество одновременно обрабатываемых заготовок на плоскошлифовальных станках с круглым электромагнитным столом можно увеличить за счет рационального их размещения на поверхности стола (см. рис. 12.35), совместив схемы базирования операций 030 и 035.

Партия заготовок обрабатывается за два установка в одной операции 030.

В первом установке заготовки обрабатываются в размер (18+87)=(17+88), во втором — в окончательный размер (18+88).

При обработке заготовок в совмещенной схеме базирования для половины из них нарушен порядок выполнения технологических операций, а это приведет к перераспределению составляющих звеньев размерных цепей между замкнутыми контурами отработанной размерной схемы варианта 2.

В этом легко убедиться при анализе размерной схемы 2.1 на рис. 12.36, на котором отражены возможные изменения контура с замыкающим звеном [18#48]. Размерная схема построена в упрощенном виде.

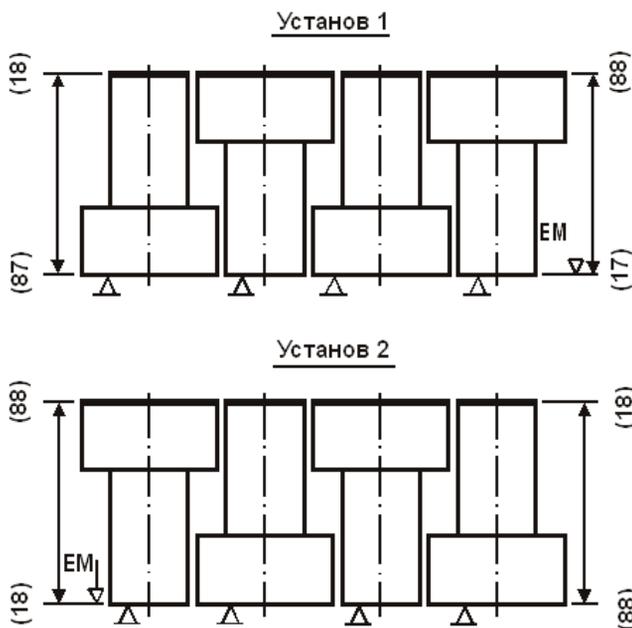


Рис. 12.35. Совмещенная схема базирования операций 030 и 035

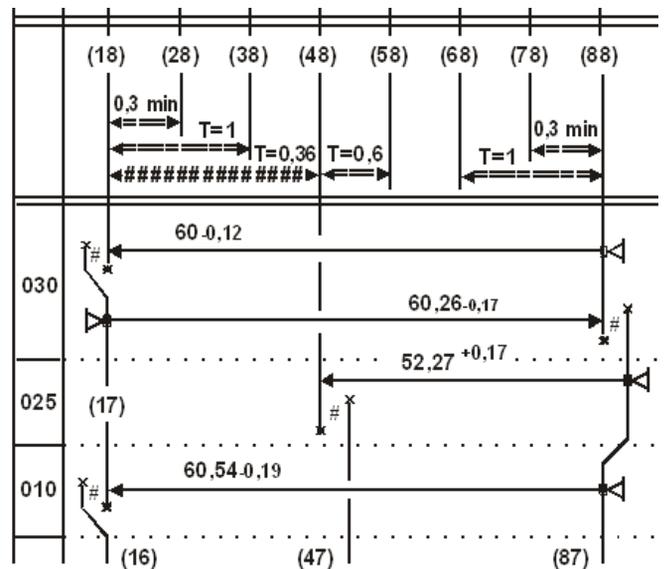


Рис. 12.36. Проектный вариант 2.1 размерной схемы 1

Используя известные промежуточные и окончательные размеры варианта 2, можно рассчитать значение замыкающего звена

$$[18\#48] = -52,27^{+0,17} + 60,54_{-0,19} - 60,26_{-0,17} + 60_{-0,12} = 8,01_{-0,48}^{+0,17}$$

Предельные значения размера [18#48]=7,53...8,17 мм.

Предельные значения исходного звена (19+49)=7,64...8,00 мм.

Запасы предельных значений отрицательные -0,11 и -0,18 мм.

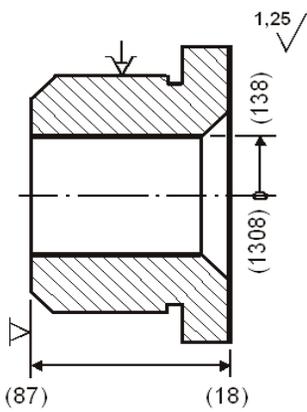


Рис. 12.37. Операция 020 внутришлифовальная

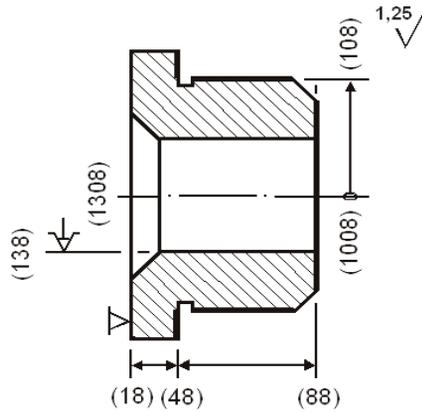


Рис. 12.38. Операция 025 торцеукруглошлифовальная

Проектный вариант 2 обеспечивает выполнение и получение размеров изделия только при соблюдении технологической дисциплины производственного процесса, но этот вариант не позволяет получить необходимого качества изделия по допускам параллельности и перпендикулярности.

Предлагаемый материал пособия не может вместить огромного количества вариантов технологических процессов, способных удовлетворить все требования чертежа изделия.

Основная его задача — рассмотреть различные методические приемы построения и расчета размерных схем. Поэтому ниже будут предложены два варианта, в которых за счет увеличения количества технологических переходов на предшествующих операциях исключены две последние операции 030 и 035.

Отработку проектного варианта 3 размерной схемы 1 можно провести на заготовках размерных схем, подобных рис. 12.31 (см. с. 312).

12.2.6. Проектный вариант 3. Размерная схема 1

Операция 020 (эскиз действующего процесса на с. 302 и 303) выполняется за два технологических перехода (рис. 12.37):

шлифуются внутреннее отверстие в окончательный размер 2(138+1308) и окончательно торцовая поверхность (17) до (18).

Операция 025 (см. рис. 12.38).

Шлифуются на торцеукруглошлифовальном станке одновременно диаметр 2(108+1008) и торцовые поверхности (47), (87) до (48), (88). На этом станке абразивный инструмент копирует свою форму и размер (48+88) на обрабатываемую поверхность заготовки. Поэтому в операционном эскизе рис. 12.38 должен быть проставлен только один из двух (18+48) или (18+88) окончательных размеров и промежуточный (48–88).

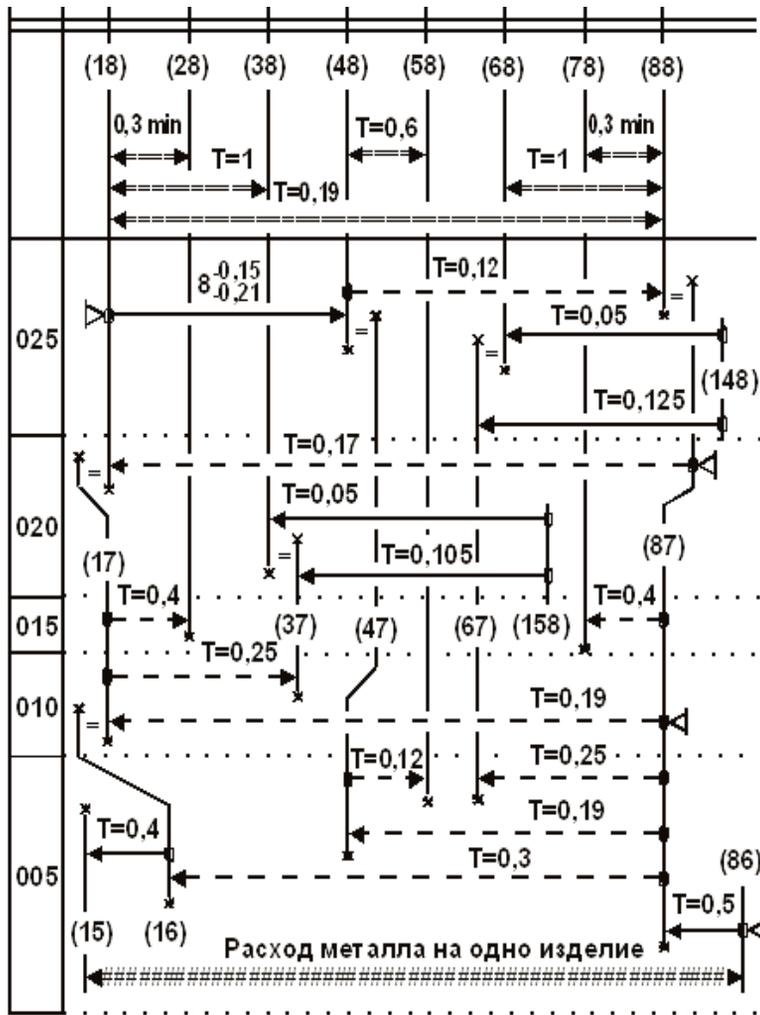


Рис. 12.39. Проектный вариант 3 схемы 1

Операция 020 (эскиз действующего процесса на с. 302 и 303) выполняется за два технологических перехода (рис. 12.37): шлифуются внутреннее отверстие в окончательный размер 2(138+1308) и окончательно торцовая поверхность (17) до (18).

Теоретические схемы базирования и порядок простановки размеров по всем операциям и переходам наносятся на операционные эскизы после проработки размерной схемы.

Концентрация технологических переходов на операции 020 и 025 не меняет схему диаметральных размеров (см. рис. 12.25, с. 306).

Выбор нового проектного варианта технологического процесса отрабатывается на отдельных частных заготовках размерной схемы 1.

На рис. 12.39 (см. с 316) предлагается вариант 3 размерной схемы 1.

Окончательный размер (18+48) выдерживается от "чистой" базы поверхности (18) с экономической точностью 10 квалитета.

С точностью 10 квалитета проставлен допуск промежуточного размера (48–88).

По данной схеме исходное звено (19+89) переходит в группу замыкающих с полем рассеяния

$$w[18_88]=T(18_48)+T(48_88)=0,06+0,12=0,18 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния меньше поля допуска исходного размера ($T(19_89)=0,19$ мм).

Размерная схема готова к кодированию и расчету.

Если в архиве ЭВМ сохранились исходные данные решения варианта 2 размерной схемы 1, в них достаточно исправить

6: 8 18 88 60 0 -0,12 на 6: 3 18 88 60 0 -0,19;
 8: 3 18 48 8 0 -0,36 на 8: 8 18 48 8 -0,15 -0,21;
 9: 6 48 87 0,12 0 2 на 9: 6 48 88 0,12 0 2.

Результаты расчета проектного варианта 3 по размерной схеме в табл. 12.17

Таблица 12.17

Результаты проектного расчета размерной схемы 1. Вариант 3

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
2=	18	28		0,300	1,060	0,680	0,380	0,000	
2=	78	88		0,310	1,060	0,685	0,375	0,010	
3=	18	38	4,000	0,235	-0,140	4,048	0,188	0,360	0,265
3=	68	88	4,000	0,221	-0,136	4,042	0,179	0,364	0,279
3=	18	88	60,000	0,000	-0,180	59,910	0,090	0,010	0,000
3=	48	58	3,500	0,570	0,030	3,800	0,270	0,030	0,030
2=	17	18		0,090	0,450	0,270	0,180	0,010	
2=	88	87		0,080	0,430	0,225	0,175	0,000	
6+	18	87	60,250	0,000	-0,170	60,165	0,085		
6+	48	88	52,030	0,120	0,000	52,090	0,060		
2=	48	47		0,080	0,500	0,290	0,210	0,000	
6+	17	28	0,750	0,400	0,000	0,950	0,200		
6+	78	87	0,740	0,400	0,000	0,940	0,200		
6+	17	37	4,500	0,125	-0,125	4,500	0,125		
2=	16	17		0,170	0,660	0,415	0,245	0,010	
6+	47	87	51,960	0,190	0,000	52,055	0,095		
6+	47	58	3,450	0,120	0,000	3,510	0,060		
6+	17	87	60,530	0,000	-0,190	60,435	0,095		
6+	67	87	4,500	0,125	-0,125	4,500	0,125		
6+	16	87	61,000	0,000	-0,300	60,850	0,150		
0#	15	86		65,000	66,200	65,600	0,600		

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[18=28]=+(17-28)-(17+87)+(18+87)$$

$$[78=88]=+(48+88)+(18+48)-(18-87)+(78-87)$$

$$[18=88]=+(48-88)+(18+48)$$

$$[48=58]=+(47-58)-(47+87)+(18+87)-(18+48)$$

$$[17=18]=-(18+87)+(17-87)$$

$$[48=47]=-(47-87)+(18+87)-(18+48)$$

$$[67\#68]=-(68+148)+(67+148)$$

$$[38\#37]=-(37+158)+(38+158)$$

$$[16=17]=-(17+87)+(16-87)$$

$$[88=87]=+(18-87)-(18+48)-(48+88)$$

$$[15\#86]=+(87+86)+(16+87)+(15+16)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[18=38]=-(38+158)+(37+158)+(17-37)-(17+87)+(18+87)$$

$$[68=88]=+(48+88)+(18+48)-(18+87)+(67-87)-(67+148)+(68+148)$$

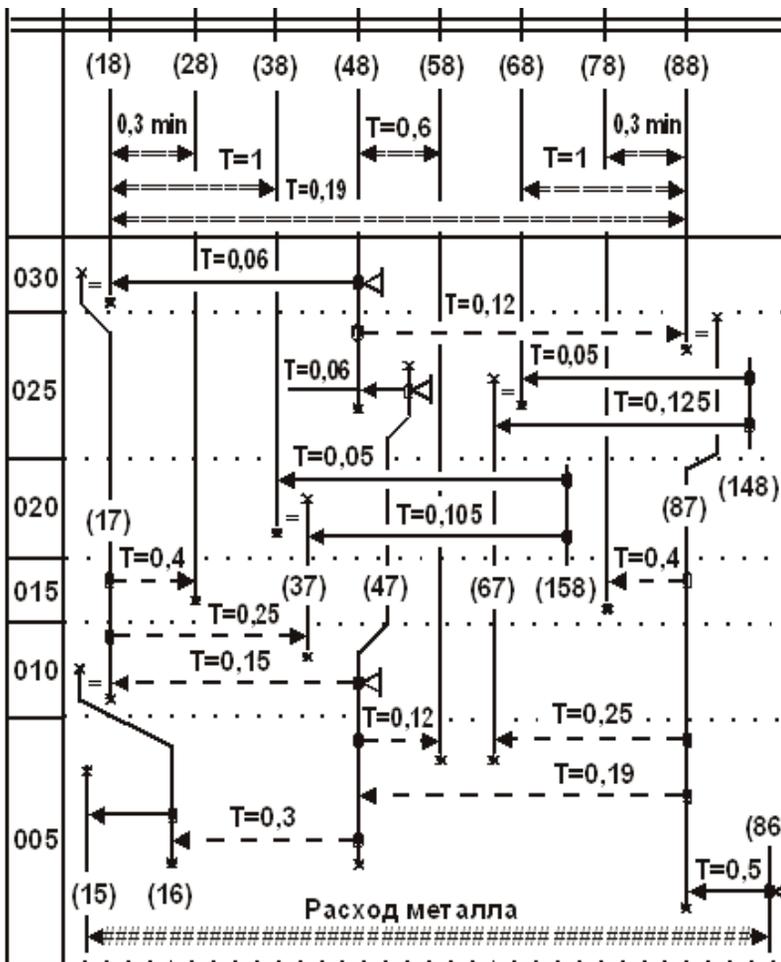


Рис. 12.40. Проектный вариант 4 схемы 1

схемы 1 (см. рис. 12.40).

В этом варианте показаны все операционные эскизы и порядок их выполнения в процессе обработки.

Операция 005 автоматная выполняется по эскизу рис. 12.41 (см. с. 319).

Операция 010 токарно-револьверная (см. рис. 12.18, с. 302).

Операция 020 внутришлифовальная (см. рис. 12.20, с. 303).

Операция 025 торцевекруглошлифовальная (см. рис. 12.42, с. 319).

Операция 030 плоскошлифовальная (см. рис. 12.22, с. 303).

12.2.7. Проектный вариант 4.

Размерная схема 1

Для совмещения технологических переходов на операции 020 внутреннего шлифования может потребоваться специальное оборудование.

Если операцию внутреннего шлифования оставить в старом варианте без шлифования торцевой поверхности (18), а операцию 025 по эскизу рис. 12.38, то потребуется еще одна операция 030 для окончательного шлифования поверхности (17) до (18). Аналогичные операции уже есть в эскизах действующего процесса (см. с. 302) и проектного варианта 2 (см. с. 311). Какой из них подойдет для размерной схемы 1 варианта 4 покажет отработка размерной схемы заготовки.

Тщательная отработка простановки размеров по операциям и переходам и выбор теоретических схем базирования позволили создать вариант 4 размерной

На торце круглошлифовальной операции 025 заготовка устанавливается на окончательно обработанный диаметр внутреннего отверстия. Для отсчета и выполнения линейных размеров используется "черная" поверхность (47).

Методом пробных проходов или с помощью прибора активного контроля припуск (48+47) снимается как выполняемый размер (известное составляющее звено размерной цепи).

Составляющие минимально необходимого припуска в этом случае должны содержать не только величину шероховатости и дефектного слоя с предшествующей операции 005, но и пространственные отклонения в виде допуска перпендикулярности торца (47) относительно оси одной из диаметральных поверхностей.

Контроль допуска осуществляется на той же предшествующей операции.

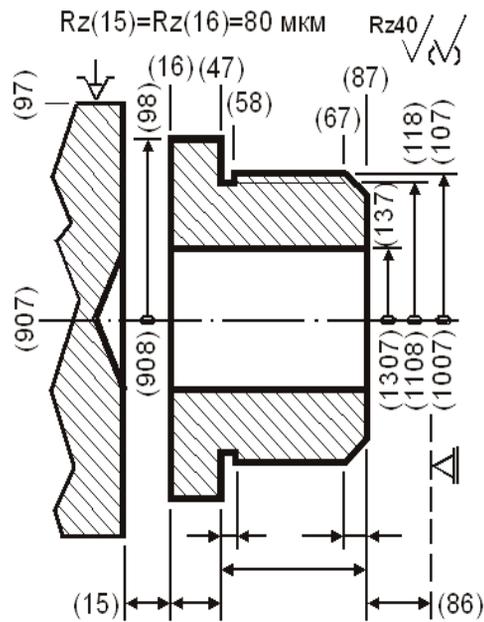


Рис. 12.41. Операция 005 токарная

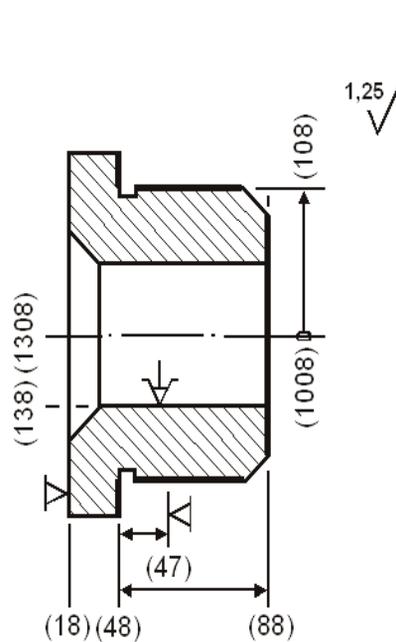


Рис. 12.42. Операция 025 торце круглошлифовальная

Перепад радиусов (98+908) и (107-1007) не более 8 мм. На таком отрезке отклонение от перпендикулярности торца (47) относительно внутреннего диаметра отверстия может составить не более 0,02 мм, а суммарное значение минимально необходимого припуска (48+47)=0,08+0,02=0,1 мм. Точность выполняемого размера до 3 мм по 11 качеству равна T=0,06 мм. Эта величина допуска и проставлена на размере (48+47) в варианте

4. Для кодирования исходной размерной информации можно воспользоваться архивом проектного варианта 3, который сделан на базе данных варианта 2 и внесенных в него изменений варианта 3.

Эти исходные данные дополняются следующими изменениями:

исправить	10:	2 48 47 0,08	на	10:	7 48 47 0,1 0,06 0;
исправить	21:	6 17 87 0 -0,19 2	на	21:	6 17 47 0 -0,15 2;
исправить	26:	6 16 87 0 -0,3 2	на	26:	6 16 47 0 -0,3 2;
удалить	30:	6 18 87 0 -0,17 2.			

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

- [18=28]=+(17-28)-(17+47)+(48+47)+(18+48)
- [78=88]=+(48+88)+(48+47)-(47+87)+(78-87)
- [18=88]=+(48-88)+(18+48)
- [48=58]=+(47-58)+(48+47)
- [17=18]=-(18+48)-(48+47)+(17-47)
- [67#68]=-(68+148)+(67+148)
- [38#37]=-(37+158)+(38+158)
- [16=17]=-(17+47)+(16-47)
- [88=87]=+(47-87)+(48+47)-(48+88)
- [15#86]=+(87+86)+(47+87)+(16+47)+(15+16)

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[18=38]=-(38+158)+(37+158)+(17-37)-(17+47)+(48+47)+(18+48)$$

$$[68=88]=+(48+88)-(48+47)-(47+87)+(67-87)-(67+148)+(68+148)$$

Результаты расчета занесены в табл. 12.18.

В этих вариантах технологического процесса обработки втулки основной задачей ставилось сокращение припусков на операциях шлифования. Ни один из предложенных процессов не может иметь преимуществ по сравнению с другими.

В каждом конкретном случае в зависимости от производственной программы, имеющегося оборудования, оснастки, квалификации технолога, рабочего и множества других факторов существует свое рациональное решение задачи, как при исправлении действующего процесса, так и проектировании нового варианта.

Таблица 12.18

Результаты проектного расчета размерной схемы 1. Вариант 4

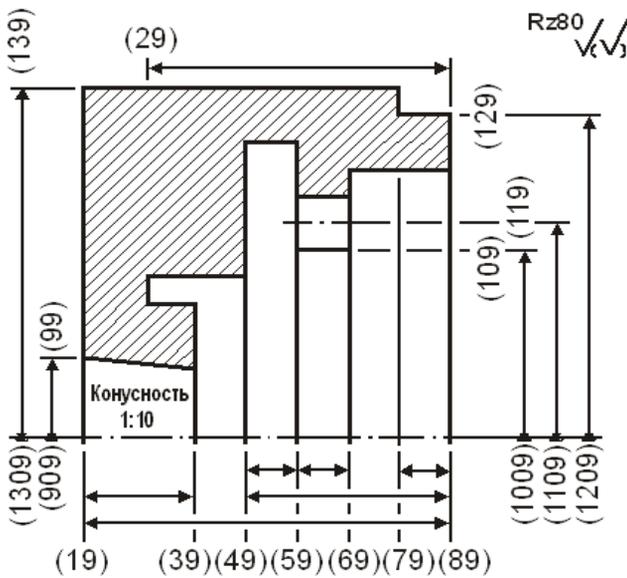
Група	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл.	наибольш. знач. или нижн. откл.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
2=	18	28		0,350	1,020	0,685	0,335	0,050	
2=	78	88		0,370	1,140	0,755	0,385	0,070	
3=	18	38	4,000	0,166	-0,160	4,003	0,163	0,340	0,335
3=	68	88	4,000	0,137	-0,231	3,853	0,184	0,269	0,364
3=	18	88	60,000	0,010	-0,190	59,900	0,090	0,000	0,010
3=	48	58	3,500	0,380	0,200	3,790	0,200	0,200	0,220
2=	17	18		0,080	0,350	0,215	0,135	0,000	
2=	88	87		0,160	0,530	0,345	0,185	0,080	
6+	48	88	52,020	0,120	0,000	52,080	0,060		
6+	17	28	0,700	0,400	0,000	0,900	0,200		
6+	78	87	0,900	0,400	0,000	1,100	0,200		
6+	17	37	4,400	0,125	-0,125	4,400	0,125		
2=	16	17		0,160	0,610	0,385	0,225	0,000	
6+	47	87	52,200	0,190	0,000	52,295	0,095		
6+	47	58	3,600	0,120	0,000	3,660	0,060		
6+	17	47	8,240	0,000	-0,150	8,165	0,075		
6+	67	87	4,500	0,125	-0,125	4,500	0,125		
6+	16	47	8,700	0,000	-0,300	8,550	0,150		
0#	15	86		64,900	66,290	65,593	0,696		

12.3. Пример 3

В технологическом процессе изготовления втулки опорной автоматная токарная операция 005 представлена операционным эскизом рис. 12.17 (см. с. 302), на котором проставлены размеры, полученные на последних переходах по отдельным позициям. При построении размерной схемы технологического процесса необходимо использовать не только конечные операционные размеры, но и размеры по каждой позиции или инструментальной наладке.

Особое внимание следует уделять автоматным операциям, где обработка заготовок может осуществляться за два установка с поворотом заготовки и при каждом установке отдельные позиции могут совмещать сложные технологические переходы с многоинструментальными наладками.

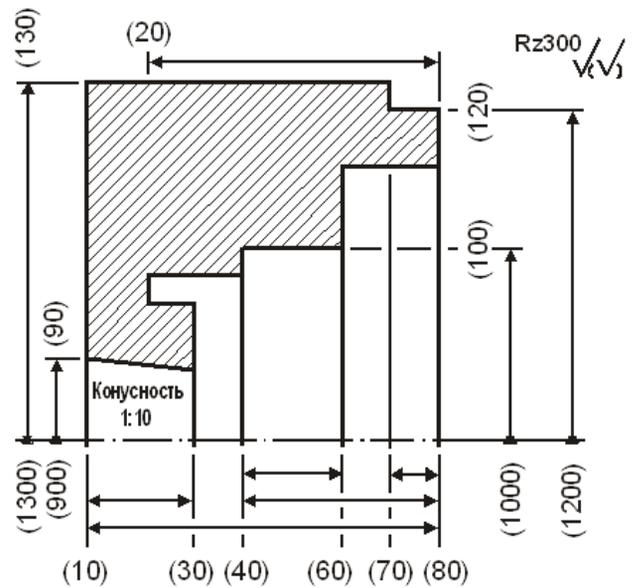
В примере 3 использован действующий технологический процесс механической обработки маховика пускового двигателя трактора. Ограниченные возможности видеотерминала не позволяют показать на эскизе рис. 12.43 (см. с. 321) все конструктивные особенности изделия, его размеры и технические требования. Поэтому на эскизе и в табл. 12.19.1 представлена лишь часть размерной информации, которая определяет служебное назначение изделия в машине.



Шероховатость поверхностей:
 (39)=Rz40; (99) и (119)=Rz20; (129)=Ra2,5.

Длина общей нормали - 2(149+1409)

Рис. 12.43. Маховик



Дефектный слой Df=300 мкм

Рис. 12.44. Отливка

Таблица 12.19.1
 Исходная информация по эскизу рис. 12.43

Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
	номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание
19 89	108,000	0,000	-0,870	107,565	0,435
19 39	44,000	0,000	-0,620	43,690	0,310
29 89	78,000	2,000	0,000	79,000	1,000
49 89	48,000	0,500	-0,500	48,000	0,500
49 59	10,000	0,900	0,000	10,450	0,450
59 69	16,000	0,550	-0,550	16,000	0,550
79 89	15,000	0,215	-0,215	15,000	0,215
2 (99 909)	53,800	0,074	0,000	53,837	0,037
99 909	26,900	0,037	0,000	26,918	0,018
2 (109 1009)	148,500	0,530	0,000	148,765	0,265
109 1009	74,250	0,265	0,000	74,382	0,132
2 (119 1109)	153,000	0,000	0,000	153,000	0,000
119 1109	76,500	0,000	0,000	76,500	0,000
2 (149 1409)	51,960	0,055	0,030	52,002	0,012
149 1409	25,980	0,027	0,015	26,001	0,006
2 (129 1209)	205,000	0,230	0,140	205,185	0,045
129 1209	102,500	0,115	0,070	102,592	0,022
2 (139 1309)	237,000	0,000	-1,150	236,425	0,575
139 1309	118,500	0,000	-0,575	118,212	0,287
2 (909 1109)	0,000	0,100	-0,100	0,000	0,100
909 1109	0,000	0,050	-0,050	0,000	0,050
2 (909 1209)	0,000	0,040	-0,040	0,000	0,040
909 1209	0,000	0,020	-0,020	0,000	0,020

На рис. 12.44 показан эскиз отливки маховика, а в табл. 12.19.2 (см. с. 322) его размерная информация.

Порядок выполнения технологических операций следующий.

Таблица 12.19.2

Исходная информация по эскизу рис. 12.44 (см. с. 321)

Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
	номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание
10 80	114,000	0,000	-3,000	112,500	1,500
10 30	51,000	0,000	-3,000	49,500	1,500
20 80	78,000	1,500	-1,500	78,000	1,500
40 80	46,000	1,000	-1,000	46,000	1,000
40 60	26,000	1,000	-1,000	26,000	1,000
70 80	14,000	1,000	-1,000	14,000	1,000
2 (90 900)	45,000	2,000	0,000	46,000	1,000
90 900	22,500	1,000	0,000	23,000	0,500
2 (100 1000)	143,500	4,000	0,000	145,500	2,000
100 1000	71,750	2,000	0,000	72,750	1,000
2 (120 1200)	210,000	0,000	-4,000	208,000	2,000
120 1200	105,000	0,000	-2,000	104,000	1,000
2 (130 1300)	242,000	0,000	-4,000	240,000	2,000
130 1300	121,000	0,000	-2,000	120,000	1,000
1300 900	0,000	1,000	-1,000	0,000	1,000
1300 1000	0,000	0,200	-0,200	0,000	0,200
1300 1200	0,000	0,200	-0,200	0,000	0,200

В операционном эскизе рис. 12.45 проставлен размер (51+61), а это значит, что положение обработанной поверхности (61) на позиции 2 необходимо настраивать от поверхности (51) после наладки координатного положения канавки (42+51) на позиции 7 рис. 12.51 (см. с. 324).

Контроль же положения поверхности (61), настроенной на размер (51+61), можно проводить только после позиции 7.

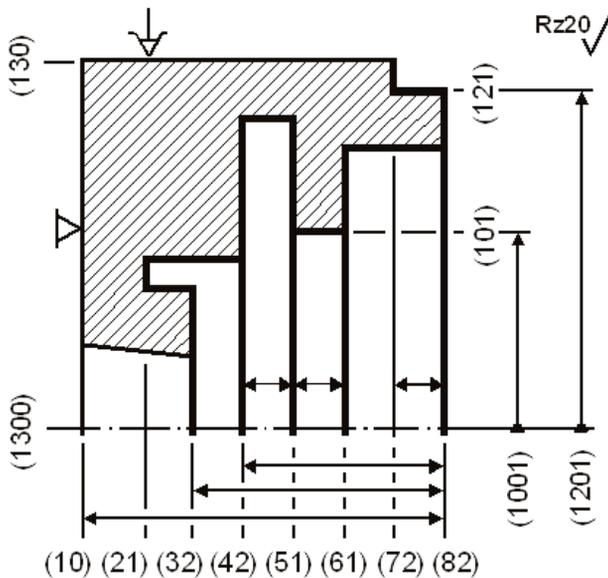


Рис. 12.45. Операция 005 автоматная

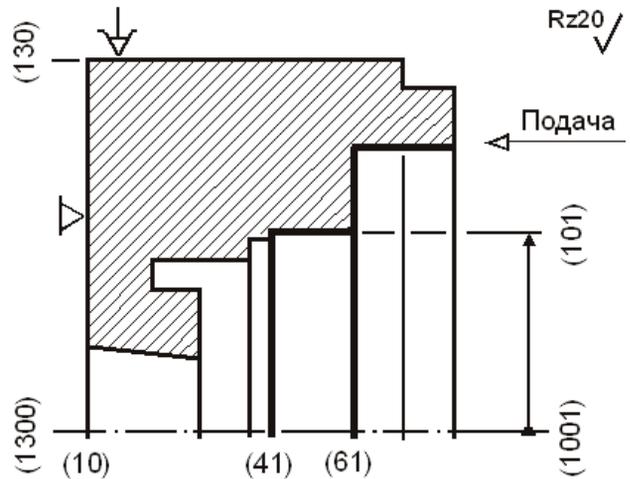


Рис. 12.46. Операция 005. Позиция 2

Операция 005. Обработка ведется на вертикальном токарном 8 шпиндельном полуавтомате мод. 1283. Эскиз операции на рис. 12.45.

Для удобства построения заготовки на эскизах операции повернута на 90 градусов.

Позиция 1 — загрузочная.

Позиция 2 (см. рис. 12.46):

1. Расточить два диаметра блоком из двух резцов с формированием торцовых поверхностей (41) и (61).

В принятом варианте выбранных для анализа размеров изделия обрабатывается поверхность (100) до (101) в размер $2(101+1001)$.

В операционном эскизе позиции 2 рис. 12.46 (см. с. 322) отсутствуют размеры до обработанных торцов (41) и (61). Торцовая поверхность (41) будет срезана на позиции 7 при формировании канавки (42–51) и для ее координации в процессе наладки станка рабочий сам выставит резец на промежуточный размер, который не обязательно фиксировать в технологической документации.

Поверхность (61) получена впервые и окончательно (по плану обработки).

Ее координата должна быть зафиксирована в операционном эскизе или эскизе позиции 2.

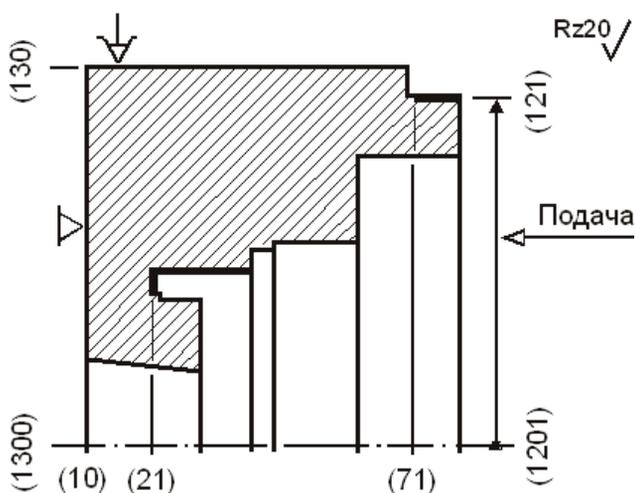
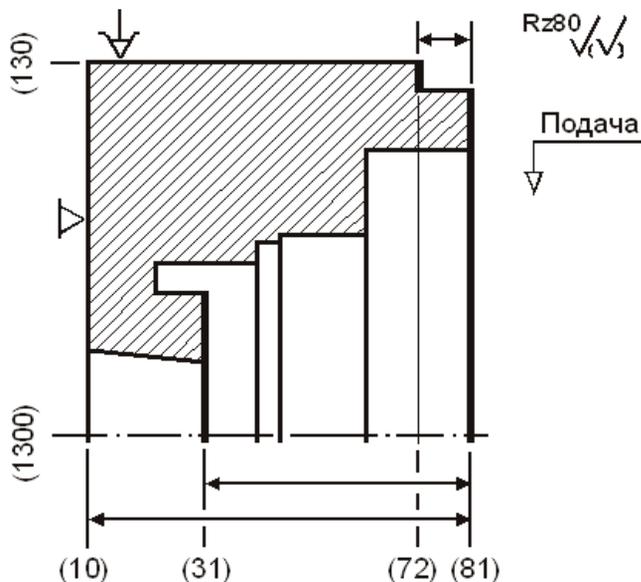


Рис. 12.47. Операция 005. Позиция 3



Шероховатость поверхности (72)=Rz20

Рис. 12.48. Операция 005. Позиция 4

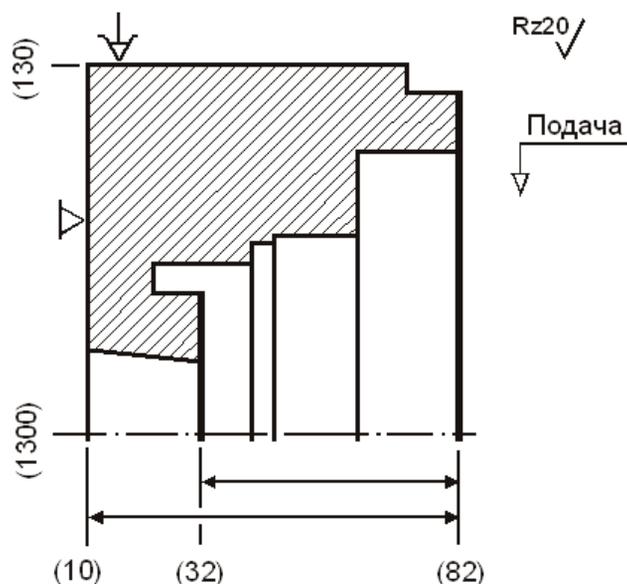


Рис. 12.49. Операция 005. Позиция 5

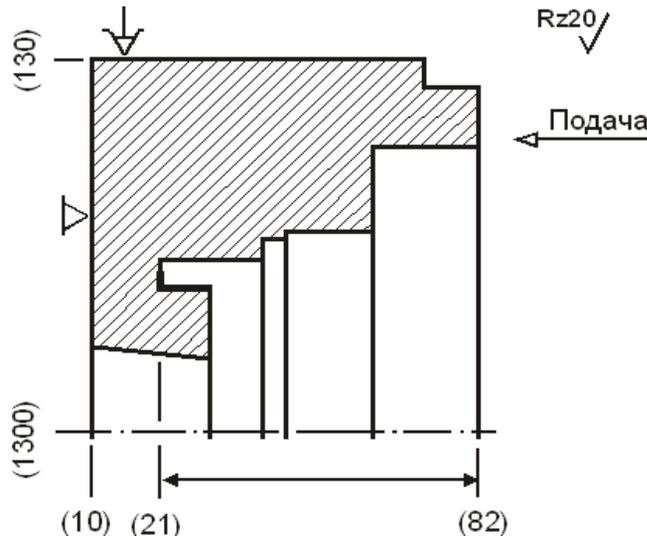
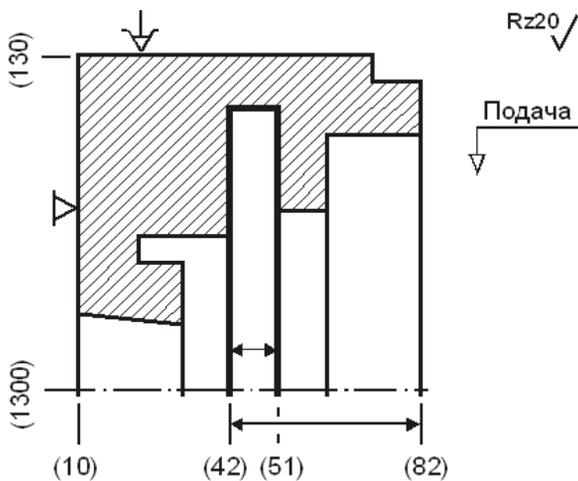


Рис. 12.50. Операция 005. Позиция 6

Позиция 3 (см. рис. 12.47):

1. Обточить поверхность (120) до (121) в размер $2(121+1201)$;
2. Расточить больший диаметр кольцевой канавки с подрезкой части торца дна (20) до поверхности (21).



**Рис. 12.51. Операция 005.
Позиция 7**

Торцовая поверхность (21) является частью дна кольцевой канавки, вся ширина которой формируется на двух позициях 3 и 6.

Наладка и подналадка положения инструмента на позиции 3 осуществляется либо по следу, оставленному резцом после подрезки торца дна кольцевой канавки со стороны ее меньшего диаметра после позиции 6, либо в размер (21+82) от окончательно подрезанного на позиции 5 торца (82).

Контроль размера (21+82) можно проводить только после 5 или 6 позиций.

В пределах точности размера (21+82) допускается смещение двух половин дна кольцевой канавки.

Позиция 4 (см. рис. 12.48, с. 323).

1. Подрезать торцы (31), (72) и (81).

На эскизе позиции отсутствует координирующий размер до поверхности (72).

Торцы (31) и (81) подрезаются предварительно с настройкой инструмента на промежуточные размеры (10+81) и (31+81).

Торцовая поверхность (72) на позиции 4 подрезается окончательно, но ее положение по операционному эскизу может быть определено только от окончательно обработанной поверхности (82) на позиции 5, после которой можно осуществлять контроль размера (72+82).

Его наладка и подналадка выполняется после позиции 5.

Позиция 5 (см. рис. 12.49, с. 323).

1. Подрезать торцы (31) и (81) до (32) и (82) в размеры (10+82) и (32+82).

Позиция 6 (см. рис. 12.50, с. 323).

1. Обточить меньший диаметр кольцевой канавки с подрезкой торца (21) в окончательный размер (21+82).

Позиция 7 (см. рис. 12.51).

1. Расточить канавку, выдерживая размеры (42+82) и (42+51).

Позиция 8 (без эскиза).

1. Обточить и расточить фаски.

Операция 010

Обработка ведется на вертикальном токарном 8 шпиндельном полуавтомате мод. 1282.

Эскиз операции показан на рис. 12.52 (см. с. 325).

Для удобства построения заготовки на эскизах операции повернута на 90 градусов.

Позиция 1 загрузочная.

Позиция 2 (см. рис. 12.53, с. 325):

1. Обточить поверхность (130) до (131) предварительно.

Позиция 3 (см. рис. 12.54, с. 325):

1. Подрезать торец (10) до (11) предварительно.

Позиция 4 (см. рис. 12.55, с. 325):

1. Подрезать торец (11) до (12) окончательно.

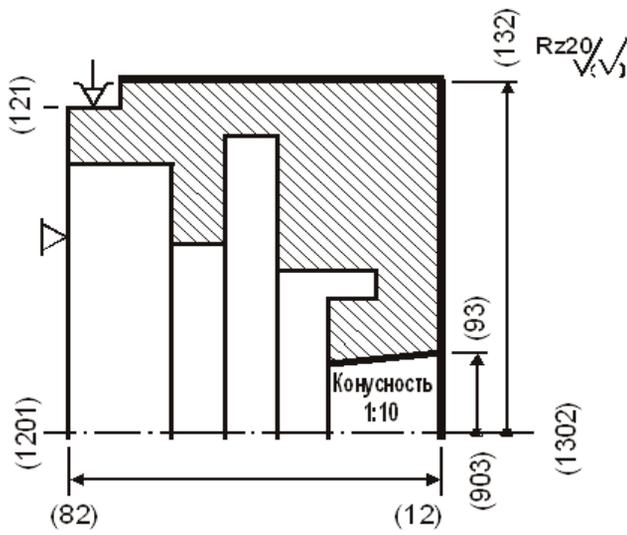


Рис. 12.52. Операция 010 автоматная

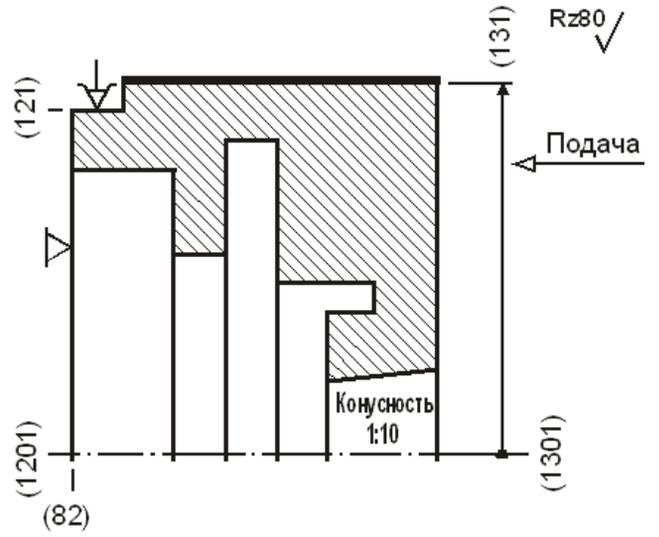


Рис. 12.53. Операция 010. Позиция 2

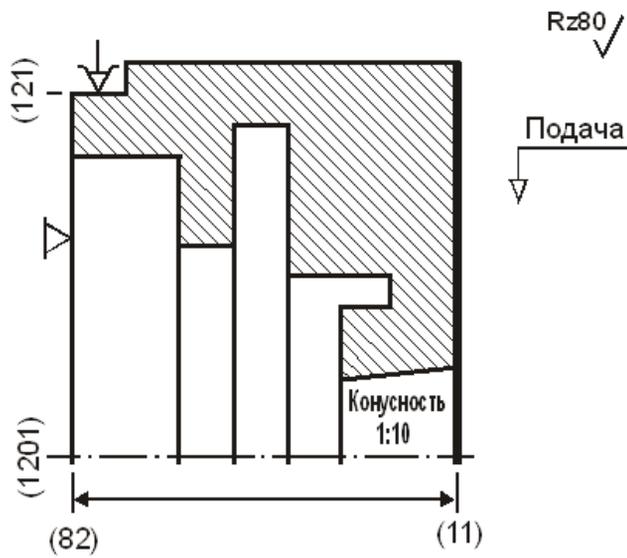


Рис. 12.54. Операция 010. Позиция 3

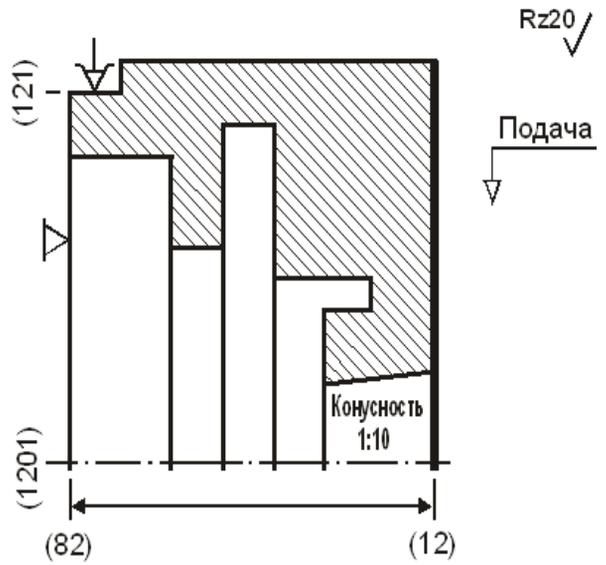


Рис. 12.55. Операция 010. Позиция 4

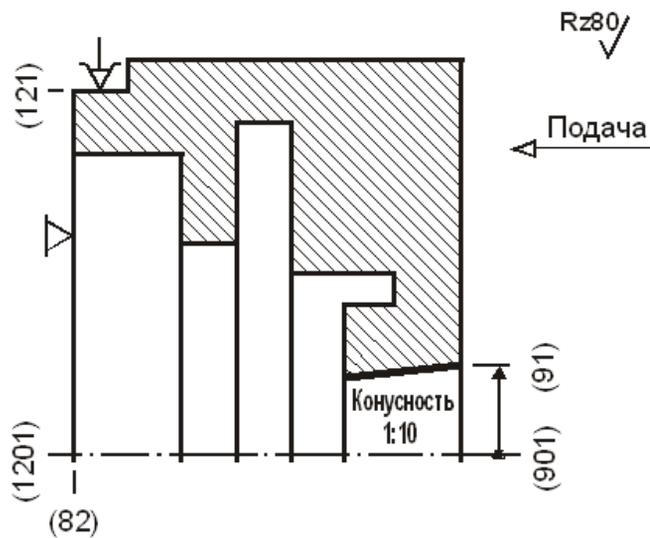


Рис. 12.56. Операция 010. Позиция 5

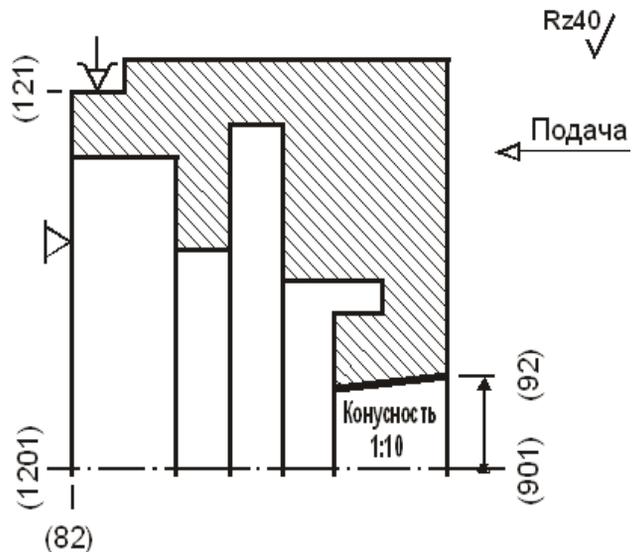


Рис. 12.57. Операция 010. Позиция 6

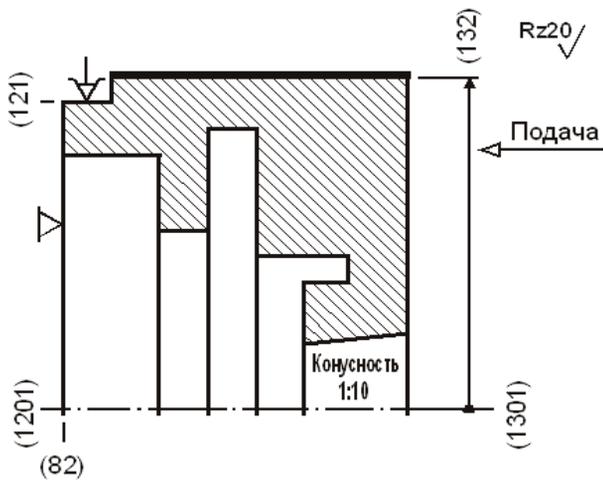


Рис. 12.58. Операция 010. Позиция 7

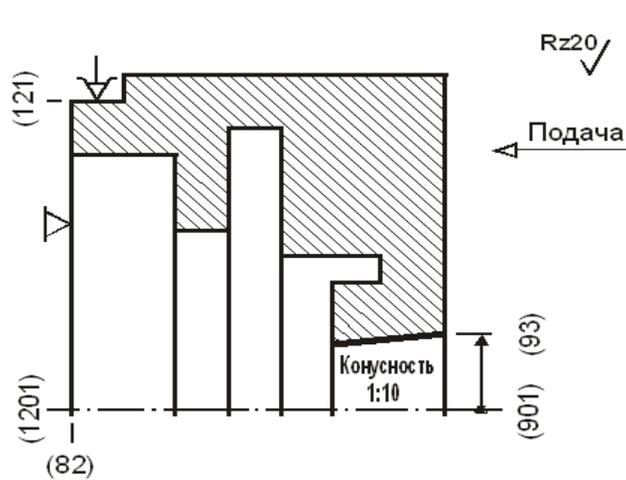


Рис. 12.59. Операция 010. Позиция 8

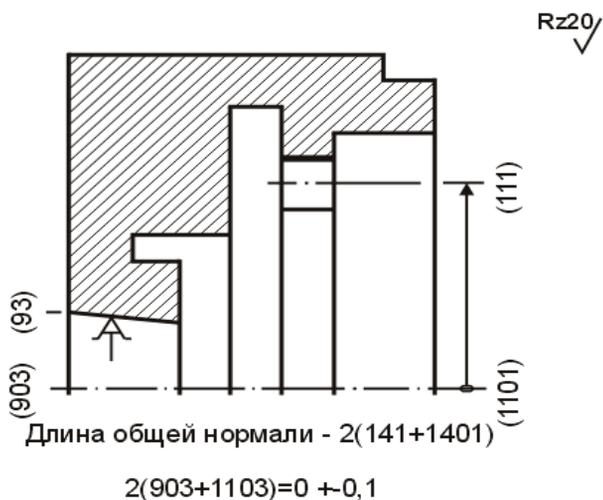


Рис. 12.60. Операция 015 зубодолбежная

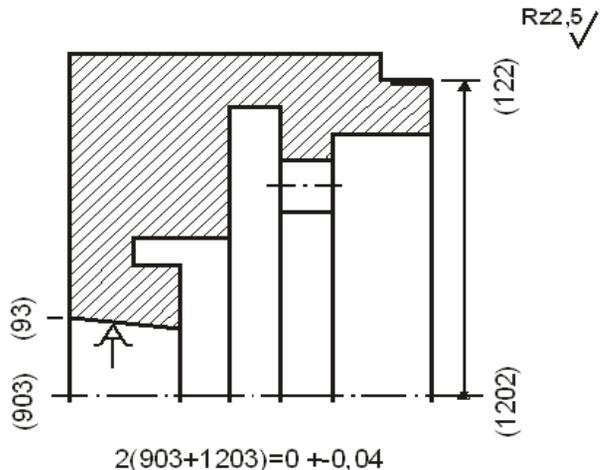


Рис. 12.61. Операция 020 обточная

Позиция 5 (см. рис. 12.56, с. 325):

1. Расточить поверхность (90) до (91) предварительно в размер $2(91+901)$.

Позиция 6 (см. рис. 12.57, с. 325):

1. Расточить поверхность (91) до (92) в размер $2(92+901)$.

Позиция 7 (см. рис. 12.58):

1. Обточить поверхность (131) до (132) окончательно.

Позиция 8 (см. рис. 12.59):

1. Развернуть отверстие в окончательный размер $2(93+901)$.

Суппорты на позициях 7 и 8 снабжены дополнительными резцами для обработки конических поверхностей фаски.

На операциях 005 и 010 используются резцы и развертка, режущие элементы, которых выполнены из твердосплавного материала.

Операция 015

Для удобства построения заготовки на эскизах операции повернута на 90 градусов.

Операционный эскиз на рис. 12.60.

Станок — зубодолбежный 5М14.

1. Долбить поверхность (111), выдержав размер $2(111+1101)$, длину общей нормали $2(141+1401)$ и допуск биения начальной окружности относительно базового конического отверстия $2(93+903)$.

Операция 020

Операционный эскиз на рис. 12.61 (см. с. 326).

Станок — горизонтально-расточный 2А710.

1. Обточить поверхность (121) до (122), выдержав диаметральный размер 2(122+1202) и допуск радиального биения обработанной поверхности (122) относительно базового конического отверстия 2(93+903).

Из общего перечня действующего технологического процесса опущены операции:

протяжная. Формируется шпоночный паз в коническом отверстии;

сверлильные;

слесарные;

балансировочная;

прессовая. Устанавливается зубчатый венец на поверхность (122);

контрольные операции.

Промежуточные и окончательные размеры по отдельным операциям и позициям сведены в табл. 12.20.

Таблица 12.20

Операционные размеры действующего технологического процесса

Номер Опера- ции	Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	
005	8+	2(101 1001)	148,500	0,530	0,000	148,765	0,265	
		101 1001	74,250	0,265	0,000	74,382	0,132	
	1#	101 100		0,600				
		1300 1001	0,000	0,100	-0,100	0,000	0,100	
	2	1#	41 40		0,600			
		7+	41	Р а з м е р о т с у т с т в у е т				
		8+	51 61	16,000	0,500	-0,500	16,000	0,500
	1#	61 60		0,600				
005	3	7+ 2(121 1201)	207,000	0,000	-1,150	206,425	0,575	
		121 1201	103,500	0,000	-0,575	103,212	0,287	
	7+	1201 1001	0,000	0,020	-0,020	0,000	0,020	
		1# 120 121		0,600				
	3	7+	71	Р а з м е р о т с у т с т в у е т				
		8+	21 82	78,000	1,900	0,000	78,950	0,950
		1#	21 20		0,600			
005	8+	72 82	15,000	0,215	-0,215	15,000	0,215	
		1# 72 70		0,600				
	7+	10 81	113,000	0,000	-0,870	112,565	0,435	
		4 1# 81 80		0,600				
	7+	31 81	65,000	0,000	-0,500	64,750	0,250	
1#	31 30		0,600					
005	7+	10 82	112,000	0,000	-1,400	111,300	0,700	
		1# 82 81		0,160				
	5 7+	32 82	64,000	0,200	0,000	64,100	0,100	
1#	32 31		0,160					
005	6	8+	21 78	78,000	1,900	0,000	78,950	0,950
		1# 21 20		0,600				
005	8+	42 51	10,000	0,900	0,000	10,450	0,450	
		8+ 42 82	48,000	0,500	-0,500	48,000	0,500	
	1# 42 41		0,160					
010	7+	2(131 1301)	238,500	0,000	-1,150	237,925	0,575	
		131 1301	119,250	0,000	-0,575	118,962	0,287	
	2	7+ 1301 1201	0,000	0,025	-0,025	0,000	0,025	
		1# 130 131		0,600				

Номер Опе- ра- ции	Г р О п з па	Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация						
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание		
010	3	7+ 1#	11 10	82 11	109,000 0,600	0,000 0,600	-0,870	108,565	0,435
	4	8+ 1#	12 11	82 12	108,000 0,160	0,000 0,160	-0,870	107,565	0,435
	5	7+	2 (91	901)	51,000	0,740	0,000	51,370	0,370
		7+	91	901	25,500	0,370	0,000	25,685	0,185
		1#	1201	901	0,000	0,025	-0,025	0,000	0,025
	6	7+	2 (92	901)	53,400	0,200	0,000	53,500	0,100
		7+	92	901	26,700	0,100	0,000	26,750	0,050
		1#	92	91	0,160				
	7	8+	2 (132	1301)	237,000	0,000	-1,150	236,425	0,575
		8+	132	1301	118,500	0,000	-0,575	118,212	0,287
1#		131	132	0,160					
8	8+	2 (93	901)	53,800	0,074	0,000	53,837	0,037	
	8+	93	901	26,900	0,037	0,000	26,918	0,018	
	1#	93	92	0,040					
015	8+2	(1101	901)	0,000	0,100	-0,100	0,000	0,100	
		1101	901	0,000	0,050	-0,050	0,000	0,050	
	8+	2 (111	1101)	153,000	0,000	0,000	153,000	0,000	
		111	1101	76,000	0,000	0,000	76,000	0,000	
	8+	2 (141	1401)	51,960	0,055	0,030	52,002	0,012	
		141	1401	25,980	0,027	0,015	26,001	0,006	
020	8+	2 (122	1202)	205,000	0,230	0,140	205,185	0,045	
		122	1202	102,500	0,115	0,070	102,592	0,022	
	1#	121	122	0,040					
	8+2	(1202	901)	0,000	0,040	-0,040	0,000	0,040	
		1202	901	0,000	0,020	-0,020	0,000	0,020	

12.3.1. Размерные схемы действующего процесса

Во всех предшествующих примерах цифровые коды левой и правой поверхности звеньев назначались следующим образом:

поверхностям на эскизе изделия присваивались порядковые номера с добавлением цифры 9;

цифровые коды поверхностей на операционных эскизах проставлялись только после построения размерных схем технологического процесса.

В схемах, прямо под трансформированным эскизом изделия начинались порядковые номера поверхностей с добавлением цифры 8;

смещение поверхности на величину припуска отмечалось уменьшением общего кода поверхности на единицу (19, 18, 17, 16 и т. д.);

При такой методике кодирования все исходные размерные линии на эскизе изделия имели конечную кодовую цифру 9, а все окончательные технологические размеры — цифру 8 (даже если они попадали в группу замыкающих звеньев).

Условиями для выбора цифрового кода поверхностей звена в программе автоматизированного расчета являются ограничения по количеству цифр, которых не должно быть более пяти, и дублирование этих цифр.

Это значит, что коды поверхностей могут содержать любое сочетание цифр.

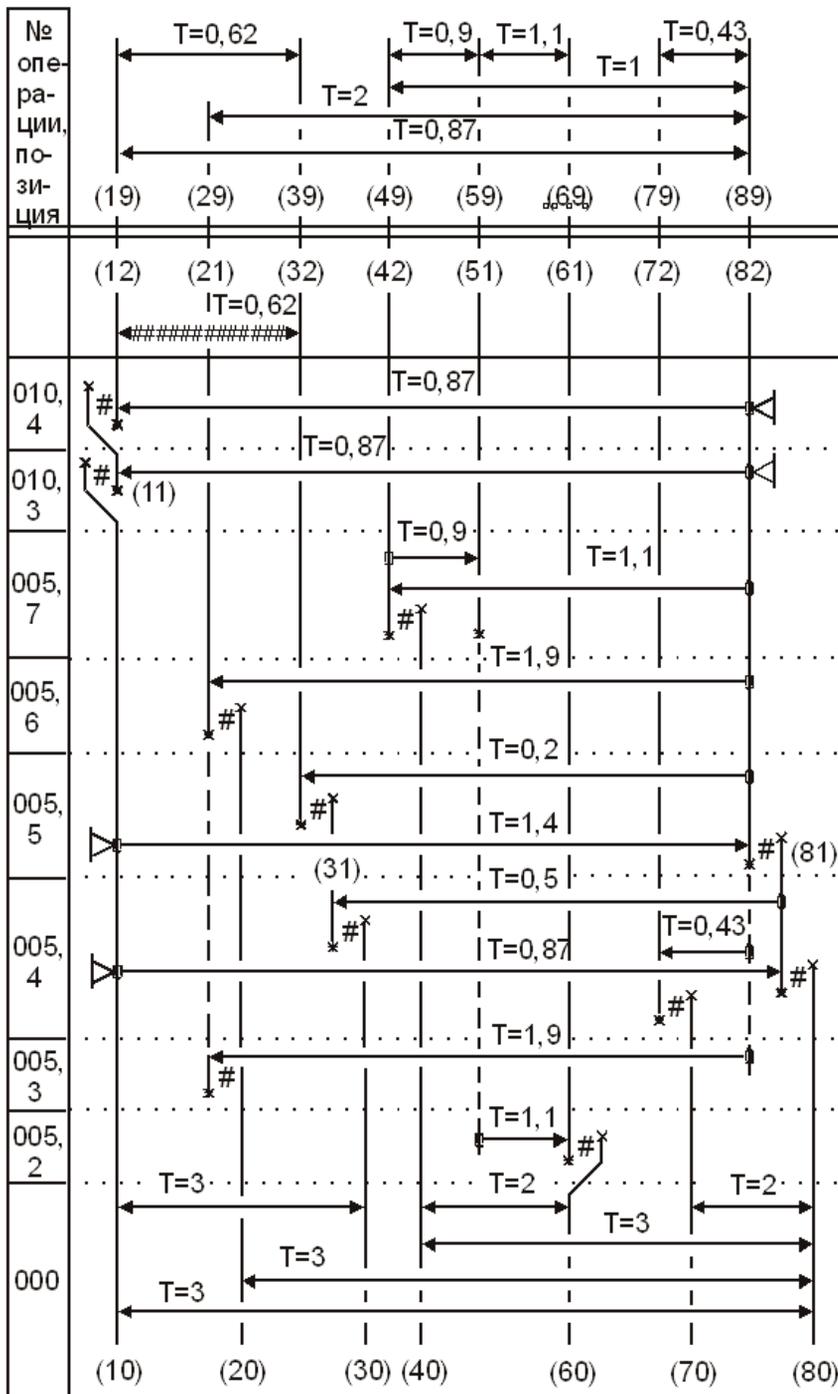


Рис. 12.62. Размерная схема 1

наладок, учитывающих все технологические переходы.

Во всех предшествующих случаях размерная схема начинается с построения трансформированного эскиза изделия. Этот этап работы можно упростить до построения только сетки линий поверхностей детали, с чертежными размерами между ними, которые взяты с исходного эскиза изделия.

12.3.1.1. Размерная схема 1

Размерная схема 1 построена на рис. 12.62.

Уравнения размерных цепей записаны ниже.

Результаты расчета сведены в табл. 12.21 (см. с. 331).

В исходную информацию включены дополнительные замыкающие звенья-припуски [10#12] и [82#80], которые позволяют определить общий припуск на сторону.

В рассматриваемом примере 3 первым рисунком является эскиз изделия (см. рис. 12.43, с. 321). Его поверхности кодируются порядковыми номерами с добавлением цифры 9. Второй эскиз — исходная заготовка (см. рис. 12.44, с. 321). Ее поверхности закодированы порядковыми номерами с добавлением цифры 0.

Построение операционных эскизов начинается с первой операции механической обработки, на которой со снятием припусков меняется на единицу дополнительная цифра кода поверхности исходной заготовки (20, 21 или 80, 81, 82). Окончательно обработанная поверхность может оказаться теперь с цифровым кодом, конечная цифра которого — 1, 2, 3...8. Все сказанное целиком относится к кодированию поверхностей на операционных эскизах и отдельных эскизах наладок по позициям в рассматриваемом примере 3.

При построении размерных схем действующего технологического процесса будут использованы уже готовые кодовые наборы цифр, взятые с эскизов изделия, исходной заготовки, операционных эскизов и эскизов

Один из исходных размеров (19+39) непосредственно не выполняется в действующем процессе.

Возможность его получения определяется уравнением с замыкающим звеном [12#32].

Результаты расчета показывают, что возможен брак по размеру [12#32].

Поле рассеяния $w[12_32]=1,07$ мм превосходит поле допуска $T(19_39)=0,62$ с отрицательным запасом $-0,45$ мм в сторону наименьшего предельного значения.

Практически на всех поверхностях возможны следы от предшествующих операций, позиций и переходов.

Даже там, где отрицательный запас припусков при первичной обработке поверхностей отливки меньше 0,6 мм, на обработанных поверхностях остаются следы дефектного слоя от литейной операции.

Звенья размерной схемы 1 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.62, с. 329)

1: 3 12 32 44 0 -0,62	2: 8 12 82 108 0 -0,87
3: 2 11 12 0,16	4: 2 10 11 0,6
5: 7 11 82 109 0 -0,87	6: 8 42 51 10 0,9 0
7: 8 42 82 48 +-0,5	8: 2 42 40 0,6
9: 2 21 20 0,6	10: 8 21 82 78 1,9 0
11: 7 32 82 64 0,2 0	12: 2 32 31 0,16
13: 7 10 82 112 0 -1,4	14: 2 82 81 0,16
15: 7 31 81 65 0 -0,5	16: 2 31 30 0,6
17: 7 10 81 113 0 -0,87	18: 2 81 80 0,6
19: 8 72 82 15 +-0,215	20: 2 72 70 0,6
21: 8 51 61 16 +-0,5	22: 2 61 60 0,6
23: 7 70 80 14 +-1	24: 7 40 60 26 +-1
25: 7 10 30 51 0 -3	26: 7 40 80 46 +-1
27: 7 20 80 78 +-1,5	28: 7 10 80 114 0 -3
29: 0 10 12	30: 0 82 80

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[12\#32]=-(32+82)+(12+82)$$

$$[11\#12]=-(12+82)+(11+82)$$

$$[10\#11]=-(11+82)+(10+82)$$

$$[10\#12]=-(12+82)+(10+82)$$

$$[42\#40]=-(40+80)+(10+80)-(10+82)+(42+82)$$

$$[21\#20]=-(20+80)+(10+80)-(10+82)+(21+82)$$

$$[32\#31]=-(31+81)+(10+81)-(10+82)+(32+82)$$

$$[82\#81]=+(10+81)-(10+82)$$

$$[31\#30]=+(10+30)-(10+81)+(31+81)$$

$$[72\#70]=-(70+80)+(10+80)-(10+82)+(72+82)$$

$$[81\#80]=+(10+80)-(10+81)$$

$$[82\#80]=+(10+80)-(10+82)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[61\#60]=+(40+60)-(40+80)+(10+80)-(10+82)+(42+82)-(42+51)-(51+61)$$

Если следы от предшествующих операций не допускаются процессом обработки, то практически все детали могут оказаться окончательным браком.

Если скрытые поверхностные дефекты не выявляются и не волнуют контролера и конструктора, то только часть деталей может быть забракована по размеру [12#32].

Результаты вероятностного расчета размерной схемы 1 действующего технологического процесса

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
1#	12	32	44,000	0,000	-1,070	43,465	0,535	-0,450	0,000
1#	11	12		0,130	1,870	1,000	0,870	-0,030	
1#	10	11		1,600	3,870	2,735	1,135	1,000	
0#	10	12		2,600	4,870	3,735	1,135		
1#	42	40		-0,500	6,900	3,200	3,700	-1,100	
1#	21	20		-2,500	6,800	2,150	4,650	-3,100	
1#	32	31		-0,870	2,100	0,615	1,485	-1,030	
1#	82	81		0,130	2,400	1,265	1,135	-0,030	
1#	81	80		-2,000	1,870	-0,065	1,935	-2,600	
0#	82	80		-1,000	3,400	1,200	2,200		
1#	31	30		-0,500	3,870	1,685	2,185	-1,100	
1#	72	70		-0,215	6,615	2,200	3,415	-1,815	
1#	61	60		0,417	5,083	2,750	2,333	-0,183	

12.3.1.2. Размерная схема 2

Схема радиальных размеров построена на рис. 12.63 (см. с. 333).

Недостаток места на экране видеотерминала диктует нахождение новых методических приемов построения отдельных элементов размерной схемы.

Диаметр начальной окружности 2(119+1109) не имеет предельных значений. Следовательно, в зоне зубофрезерной операции 015 достаточно обозначить только положение оси (1101).

На этой же операции выполняется размер длины общей нормали 2(141+1401). Его половину можно построить от оси общей нормали.

На трансформированном эскизе оси начальной окружности (1109) и половины длины общей нормали (1409) совпадают. В зоне операции 015 половина длины общей нормали (141+1101) построена от оси (1101).

Кодирование исходной информации по размерной схеме и уравнения размерных цепей выполнены ниже.

Результаты расчета сведены в табл. 12.22 (см. с. 332).

Звенья размерной схемы 2 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.63)

1: 2 121 122 0,04	2: 8 122 1202 102,5 0,115 0,07
3: 8 1202 901 0 +-0,02	4: 8 1101 901 0 +-0,05
5: 8 141 1101 25,98 0,027 0,015	6: 8 93 901 26,9 0,037 0
7: 2 93 92 0,04	8: 2 131 132 0,16
9: 8 132 1301 118,5 0 -0,575	10: 7 92 901 26,7 0,1 0
11: 2 92 91 0,16	12: 7 91 901 25,5 0,37 0
13: 2 91 90 0,6	14: 7 1201 901 0 +-0,025
15: 2 130 131 0,6	16: 7 131 1301 119,25 0 -0,575
17: 7 1301 1201 0 +-0,025	18: 2 120 121 0,6
19: 7 121 1201 103,5 0 -0,575	20: 7 1201 1001 0 +-0,02
21: 2 101 100 0,6	22: 8 101 1001 74,25 0,265 0
23: 7 1300 1001 0 +-0,1	24: 7 130 1300 121 0 -2
25: 7 120 1200 105 0 -2	26: 7 100 1000 71,5 2 0
27: 7 90 900 22,5 1 0	28: 7 1300 1200 0 +-0,2
29: 7 1300 1000 0 +0,2	30: 7 1300 900 0 +-1
31: 0 130 132	32: 0 92 90

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[121\#122]=-(122+1202)-(1202+901)+(1201+901)+(121+1201)$$

$$[93\#92]=-(92+901)+(93+901)$$

$$[131\#132]=-(132+1301)+(131+1301)$$

$$[92\#91]=-(91+901)+(92+901)$$

$$[91\#90]=-(90+900)+(1300+900)-(1300+1001)+(1201+1001)-(1201+901)+(91+901)$$

$$[130\#131]=-(131+1301)-(1301+1201)-(1201+1001)+(1300+1001)+(130+1300)$$

$$[120\#121]=-(121+1201)-(1201+1001)+(1300+1001)-(1300+1200)+(120+1200)$$

$$[101\#100]=-(100+1000)+(1300+1000)-(1300+1001)+(101+1001)$$

$$[130\#132]=-(132+1301)-(1301+1201)-(1201+1001)+(1300+1001)+(130+1300)$$

$$[92\#90]=-(90+900)+(1300+900)-(1300+1001)+(1201+1001)-(1201+901)+(92+901)$$

Таблица 12.22

Результаты расчета методом максимума-минимума схемы 2 действующего технологического процесса

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи-нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу-коле-бание	нижний
1#	121	122	0,265	1,975	0,620	0,355	0,225	
1#	93	92	0,100	0,237	0,168	0,069	0,060	
1#	131	132	0,175	1,325	0,750	0,575	0,015	
0#	92	91	0,830	1,300	0,065	0,235	0,670	
1#	91	90	0,855	4,515	2,685	1,830	0,255	
1#	130	131	-0,395	2,470	1,037	1,432	-0,995	
1#	120	121	-0,820	2,395	0,787	1,607	-1,420	
1#	101	100	0,450	3,315	1,882	1,432	-0,150	
0#	130	132	0,355	3,220	1,787	1,432		
0#	92	90	2,055	5,445	3,750	1,695		

12.3.1.3. Анализ и синтез результатов расчета

В результатах расчета размерной схемы 1 все минимально необходимые припуски при первичной обработке поверхностей отливки имеют отрицательные запасы.

Длительные наблюдения за качеством заготовок по операциям и позициям на поточной линии действующего производства показывают лишь отдельные случаи появления поверхностных дефектов, учитывая, что процесс механической обработки маховика обрабатывался технологической службой цеха многие десятилетия. За то же время окончательно оформились размеры исходной заготовки. В чем же причина расхождения методики построения и расчета размерной схемы процесса, построенной по технологической документации, и реальных процессов формирования размеров в литейных и механических цехах?

Прежде всего, следует отметить редкие случаи отклонения технологического размера [12#32] от исходного размера (19+39).

Эта задача оказалась легко разрешимой после статистического промера в партии заготовок окончательного технологического размера (12+82).

Его точность стабильно выдерживалась с допуском не ниже T(12_32)=0,35 мм (12 квалитет).

Экономическая точность перехода 4 в операции 010 составляет 11...12 квалитет.

Уравнение с замыкающим звеном [12#32] в этом случае работало с размерами:

$$[12\#32]= -64^{+0,2} + 108_{-0,35} = 44_{-0,55}.$$

Расчетное значение в пределах исходного размера (19+39)=44_{-0,62} мм.

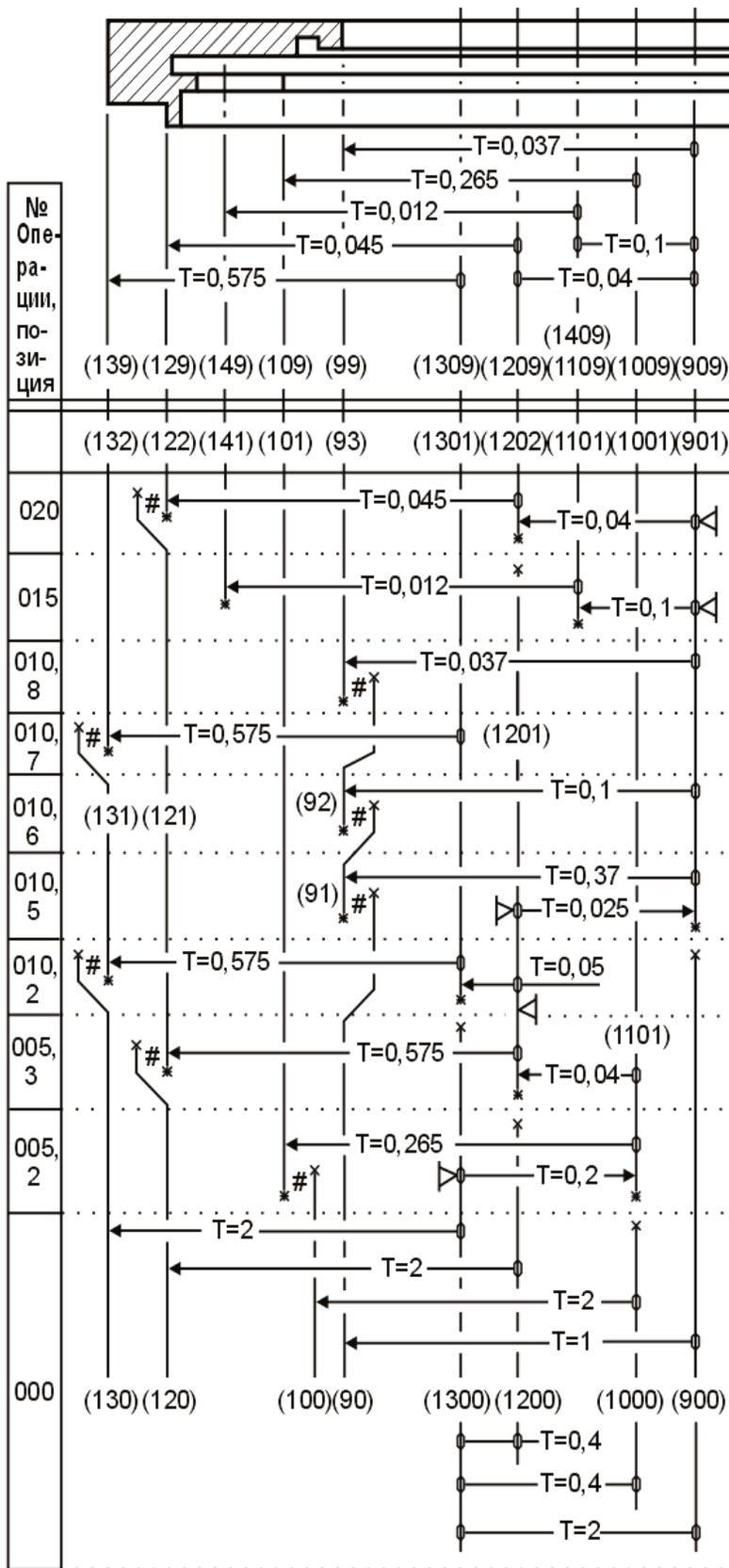


Рис. 12.63. Размерная схема 2

Следовательно, данный случай ужесточения допуска в пределах экономической точности операции просто не нашел своего отражения в технологической документации. Сложнее понять отсутствие поверхностных дефектов на заготовках.

На рис. 12.64 (см. с. 334) повторно построен эскиз заготовки, на котором отливка повернута на 90 градусов по отношению к заводскому эскизу и представлена в проекции, соответствующей состоянию заливки металла в форму.

Размеры (20+80), (40+80), (60+80) и (70+80) отражают простановку размеров на металлической модели. Размеры (10+30) и (10+80) отражают возможные погрешности, которые возникают после соединения двух полуформ.

Уравнения с замыкающими звеньями-припусками [21#20], [42#40], [61#60] и [72#70] содержат по два размера исходной заготовки. Размер (10+80) вошел в каждое из уравнений, увеличивая число составляющих звеньев, суммарные колебания полей рассеяния и расчетное значение отрицательных запасов при сравнении с минимально необходимыми величинами припусков.

Но вместо размера (10+80) в эскизе исходной заготовки мог быть проставлен любой из размеров: (10~20), (10~40), (10~60) или (10~70). Все они равноправны в момент утверждения эскиза. Это положение позволяет ввести их параметры точности в размерную схему и использовать в расчетах.

На с. 334, рис. 12.65 построена часть размерной схемы с зоной исходной заготовки.

31: 5 10 20 0 -3
33: 5 10 60 0 -3

32: 5 10 40 0 -3
34: 5 10 70 0 -3

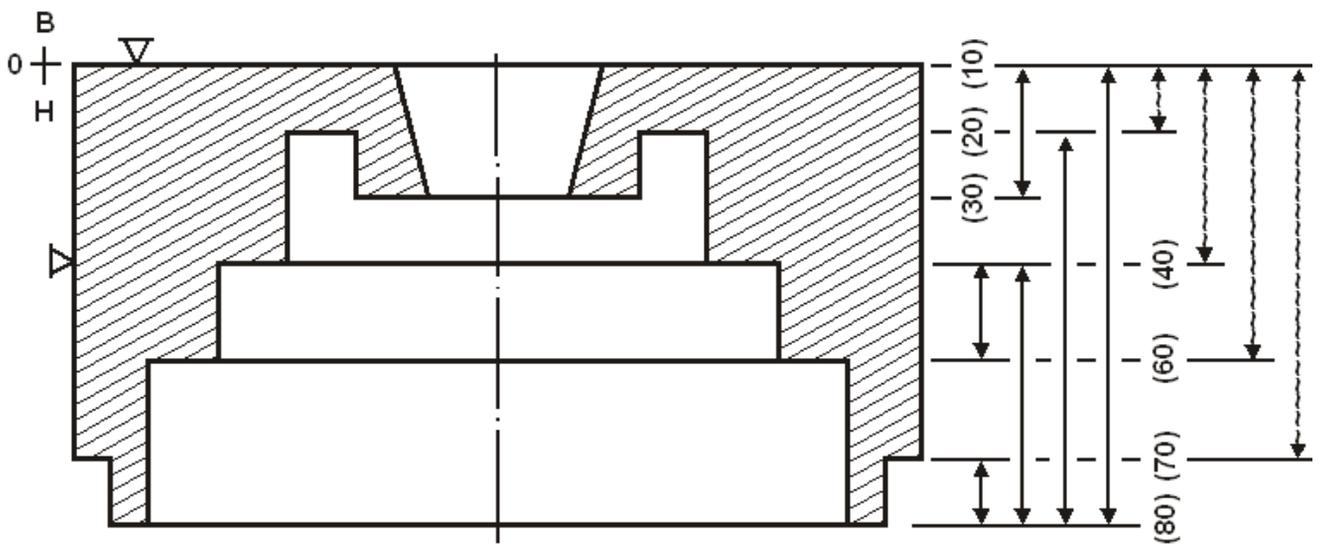


Рис. 12.64. Отливка

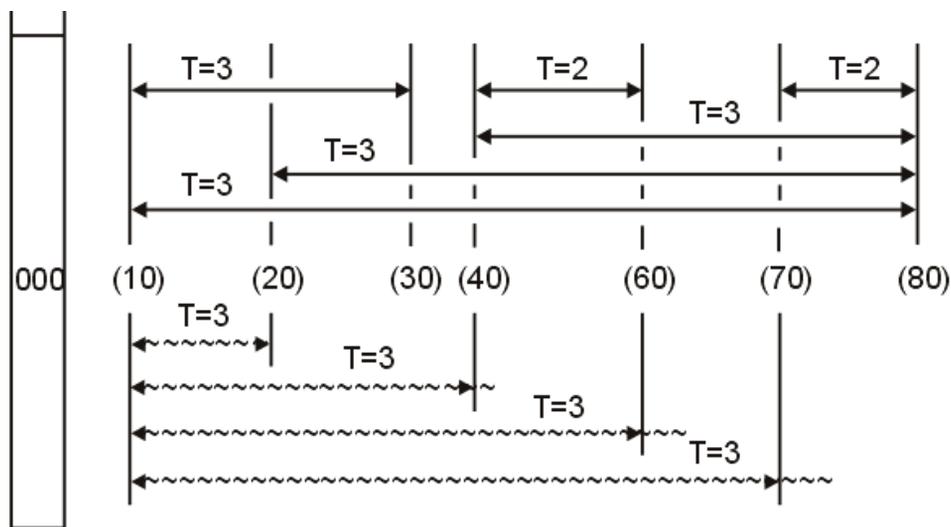


Рис. 12.65. Новый вариант зоны исходной заготовки размерной схемы 1

В схему рис. 12.62 (см. с. 329) можно ввести дополнительные звенья (заменяющие), которые постоянно работают в условиях цеховой наладки.

Стремление технолога-проектировщика выдерживать на операциях как можно больше чертежных размеров продиктовало ему простановку окончательного технологического размера (51+61), который формируется на операции 005 между поверхностью (61), полученной на позиции 2, и поверхностью (51), полученной на позиции 7.

В реальных условиях цеховой наладки позиции 2 вместо окончательного размера (51+61) работает заменяющий технологический размер (61~82) с экономической точностью 11...12 квалитета.

Такой заменяющий размер, компенсирующий погрешности, необходимо ввести в размерную схему 1 и в исходную размерную информацию. Часть схемы с зоной позиции 2 построена на рис. 12.66 (см. с. 335), а дополнительный замыкающий-заменяющий размер имеет вид:

35: 5 61 82 0,21 (допуск 12 квалитета размера 22 мм).

Эти дополнения вводятся в исходные данные схемы 1.

В уравнениях размерных цепей появятся изменения.

Во всех проверочных уравнениях участвует составляющее звено (10+82).

Этот размер с допуском $T=1,4$ мм проставлен на позиции 4 операции 005.

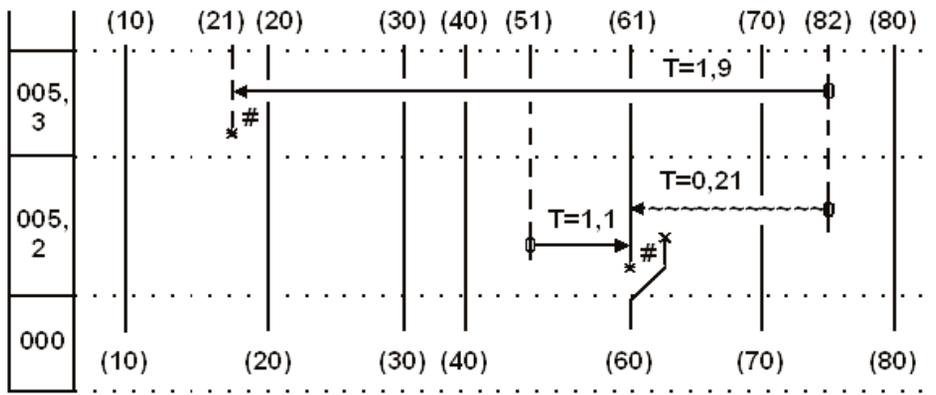


Рис. 12.66. Новый вариант зоны позиции 2 размерной схемы 1

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[42\#40]=+(10\sim40)-(10+82)+(42+82)$$

$$\{10\sim40\}=- (40+80)+(10+80)$$

$$[21\#20]=+(10\sim20)-(10+82)+(21+82)$$

$$\{10\sim20\}=- (20+80)+(10+80)$$

$$[82\#81]=+(10+81)-(10+82)$$

$$[31\#30]=+(10+30)-(10+81)+(31+81)$$

$$[72\#70]=+(10\sim70)-(10+82)+(72+82)$$

$$\{10\sim70\}=- (70+80)+(10+80)$$

$$[61\#60]=+(10\sim60)-(10+82)+(61\sim82)$$

$$\{10\sim60\}=+(40+60)-(40+80)+(10+80)$$

$$\{61\sim82\}=+(42+82)-(42+51)-(51+61)$$

Результаты расчета размерной схемы в табл. 12.23.

Таблица 12.23

Результаты расчета размерной схемы действующего процесса с учетом заменяющих-замыкающих размеров (см. стр. 336)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний
1#	10	11		1,600	3,340	2,470	0,870	1,000
0#	10	12		2,600	4,340	3,470	0,870	
1#	42	40		1,030	5,900	3,465	2,435	0,430
1#	21	20		-0,470	5,300	2,415	2,885	-1,070
1#	32	31		-0,340	2,100	0,880	1,220	-0,500
1#	82	81		0,660	2,400	1,530	0,870	0,500
1#	72	70		0,315	4,615	2,465	2,150	-0,285
1#	61	60		0,975	5,055	3,015	2,040	0,375
0#	82	80		-0,470	3,400	1,465		
5#	10	20	36,000	0,000	-3,000	34,500		
5#	10	40	68,000	0,000	-3,000	66,500		
5#	10	60	94,000	0,000	-3,000	92,500		
5#	10	70	100,000	0,000	-3,000	98,500		
5#	61	82	21,445	0,210	0,000	21,550		

На операции 005 поверхность (80) исходной заготовки обрабатывается дважды.

Предварительная подрезка выполняется на позиции 4 в размер (10+81) с точностью 14 квалитета (T=0,87), а повторное подрезание торца в размер (10+82) происходит на позиции 5 с точностью 15 квалитета (T=1,4).

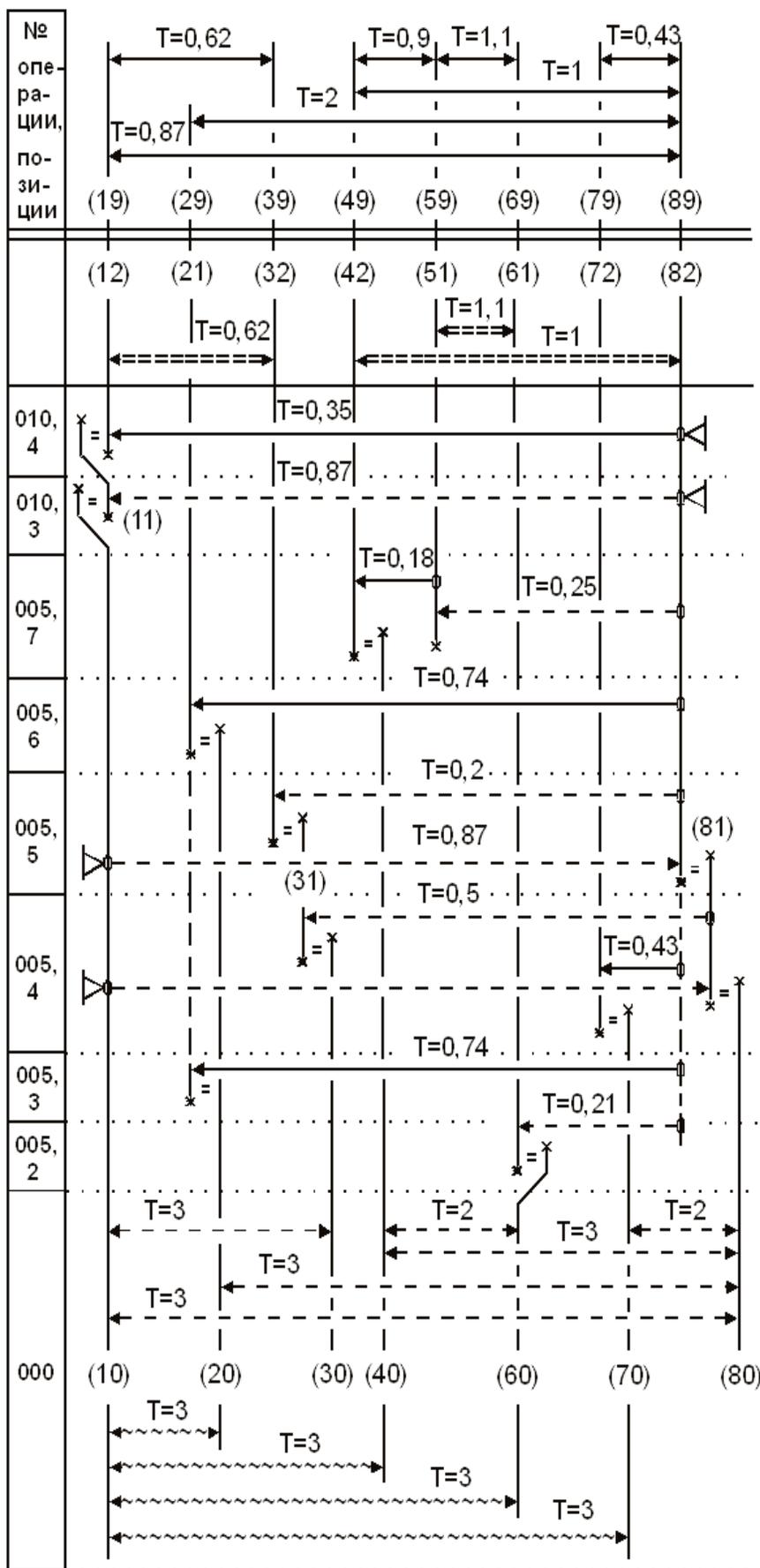


Рис. 12.67. Проектный вариант размерной схемы 1

звеньях-припусках, если все чертежные размеры выполняются или должны получаться в предложенном варианте технологического процесса.

Допуск на размер окончатальной обработки больше предварительного.

Весьма вероятно, что здесь закралась ошибка, которая не повторяется рабочим при наладке станка. И если это так, то в исходной информации необходимо заменить звено

13:

7 10 82 112 0 -1,4

на звено

13:

7 10 82 111,47 0 -0,87.

В табл. 12.23 (см. с. 335) внесены только те результаты расчета, которые отличаются от данных табл. 12.21 (см. с. 331).

Если сравнить результаты расчета табл. 12.21 и 12.23, то видны значительные уменьшения отрицательных запасов у замыкающих звеньев [21#20] и [72#70]. У замыкающих звеньев [42#40] и [61#60] отрицательные запасы отсутствуют.

Предельные значения припусков, приведенные в табл. 12.23, подтверждаются статистическими наблюдениями за процессом обработки непосредственно на рабочих местах цехового участка.

12.3.2. Проектный вариант технологического процесса

12.3.2.1. Размерная схема 1

Легко избавиться от отрицательных запасов в

Действующая технология удовлетворяет этим двум требованиям. Размерную информацию варианта можно быть закодировать для решения проектной задачи.

Чтобы окончательно узаконить новый вариант в технологической документации, необходимо тщательно отработать размерную схему и только после этого предложить изменения в операционных и позиционных эскизах процесса обработки.

На рис. 12.67 (см. с. 336) предложен проектный вариант размерной схемы 1, в котором в отличие от схемы действующего процесса рис. 12.62 (см. с. 329) непосредственно не выполняются три чертежных размера из семи.

Эти размеры из группы окончательно выполняемых переходят в группу замыкающих.

Кодирование исходной размерной информации по размерной схеме рис. 12.67 выполнено ниже.

Невыполняемые чертежные размеры [12=32], [42=82] и [51=61] закодированы через средние значения исходных размеров (19+39), (49+89) и (59+69). Их поля допусков и рассеяния составляют:

$$T(19_39)=0,62; T(49_89)=1,0; T(59_69)=1,1 \text{ мм.}$$

$$w[12_32]=T(12_82)+T(32_82)=0,35+0,20=0,55 \text{ мм;}$$

$$w[42_82]=T(42_51)+T(51_82)=0,18+0,25=0,43 \text{ мм;}$$

$$w[51_61]=T(51_82)+T(61_82)=0,25+0,21=0,46 \text{ мм.}$$

Поля рассеяния меньше полей допусков исходных размеров.

Исходную размерную информацию можно вводить в ЭВМ для расчета всех промежуточных технологических размеров проектного варианта размерной схемы 1.

Звенья проектного варианта размерной схемы 1 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.67)

1:	3 12 32 44 0 -0,62	2:	3 42 82 48 +-0,5
3:	3 51 61 16 +-0,55	4:	8 12 82 108 0 -0,35
5:	2 11 12 0,16	6:	2 10 11 0,6
7:	6 11 82 0 -0,87 2	8:	8 42 51 10 0,18 0
9:	6 51 82 0,25 2	10:	2 42 40 0,6
11:	2 21 20 0,6	12:	8 21 82 78 0,74 0
13:	6 32 82 0,2 0 2	14:	2 32 31 0,16
15:	6 10 82 0 -0,87 2	16:	2 82 81 0,16
17:	6 31 81 0 -0,5 2	18:	2 31 30 0,6
17:	6 10 81 0 -0,87 2	20:	2 81 80 0,6
21:	8 72 82 15 +-0,215	22:	2 72 70 0,6
23:	6 61 82 0,21 0 2	24:	2 61 60 0,6
25:	6 70 80 +-1 1	26:	6 40 60 +-1 1
27:	6 10 30 0 -3 1	28:	6 40 80 +-1 1
29:	6 20 80 +-1,5 1	30:	6 10 80 0 -3 2
33:	0 10 12	34:	0 82 80
35:	5 10 20 0 -3 1	36:	5 10 40 0 -3 1
37:	5 10 60 0 -3 1	38:	5 10 70 0 -3 1

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[12=32]=-(32-82)+(12+82)$$

$$[42=82]=+(51-82)+(42+51)$$

$$[51=61]=-(61-82)+(51+82)$$

$[11=12]=-(12+82)+(11-82)$
 $[10=11]=-(11+82)+(10-82)$
 $[82=81]=+(10-81)-(10+82)$
 $[32=31]=-(31-81)+(10+81)-(10+82)+(32+82)$
 $[31=30]=+(10-30)-(10+81)+(31+81)$
 $[81=80]=+(10-80)-(10+81)$
 $[42=40]=+(10\sim 40)-(10+82)+(51+82)+(42+51)$
 $\{10\sim 40\}=- (40-80)+(10+80)$
 $[21=20]=+(10\sim 20)-(10+82)+(21+82)$
 $\{10\sim 20\}=- (20-80)+(10+80)$
 $[72=70]=+(10\sim 70)-(10+82)+(72+82)$
 $\{10\sim 70\}=- (70-80)+(10+80)$
 $[61=60]=+(10\sim 60)-(10+82)+(61+82)$
 $\{10\sim 60\}=+(40-60)-(40+80)+(10+80)$
 $[10\#12]=-(12+82)+(10+82)$
 $[82\#80]=+(10+80)-(10+82)$
 $[42=40]=+(10\sim 40)-(10+82)+(51+82)+(42+51)$
 $\{10\sim 40\}=- (40-80)+(10+80)$

Результаты расчета, занесенные в табл. 12.24, позволяют приступить к оформлению операционных эскизов для проектного варианта процесса обработки маховика.

Таблица 12.24

Результаты расчета проектного варианта размерной схемы 1

Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
3=	12	32		43,450	44,000	43,725	0,275	0,070	0,000
3=	42	82		47,800	48,230	48,015	0,215	0,300	0,270
3=	51	61		15,790	16,250	16,020	0,230	0,340	0,300
2=	11	12		0,230	1,450	0,840	0,610	0,070	
2=	10	11		0,630	2,370	1,500	0,870	0,030	
6+	11	82	109,100	0,000	-0,870	108,665	0,435		
6+	51	82	37,800	0,250	0,000	37,925	0,125		
2=	42	40		0,600	4,900	2,750	2,150	0,000	
2=	21	20		0,600	5,210	2,905	2,305	0,000	
6+	32	82	64,000	0,200	0,000	64,100	0,100		
2=	32	31		0,230	2,670	1,450	1,220	0,070	
6+	10	82	110,600	0,000	-0,870	110,165	0,435		
2=	82	81		0,230	1,970	1,100	0,870	0,070	
6+	31	81	64,000	0,000	-0,500	63,750	0,250		
2=	31	30		0,600	4,970	2,785	2,185	0,000	
6+	10	81	111,700	0,000	-0,870	111,265	0,435		
2=	81	80		0,600	4,470	2,535	1,935	0,000	
2=	72	70		0,685	4,985	2,835	2,150	0,085	
6+	61	82	21,800	0,210	0,000	21,905	0,105		
2=	61	60		0,600	4,680	2,640	2,040	0,000	
6+	70	80	15,800	1,000	-1,000	15,800	1,000		
6+	40	60	26,000	1,000	-1,000	26,000	1,000		
6+	10	30	51,800	0,000	-3,000	50,300	1,500		
6+	40	80	48,900	1,000	-1,000	48,900	1,000		
6+	20	80	79,100	1,500	-1,500	79,100	1,500		
6+	10	80	115,300	0,000	-3,000	113,800	1,500		
0#	10	12		1,730	2,950	2,340	0,610		
0#	82	80		1,700	5,570	3,635	1,935		
5~	10	20	36,200	0,000	-3,000	34,700	1,500		
5~	10	40	66,400	0,000	-3,000	64,930	1,500		
5~	10	60	92,400	0,000	-3,000	90,900	1,500		
5~	10	70	99,500	0,000	-3,000	98,000	1,500		

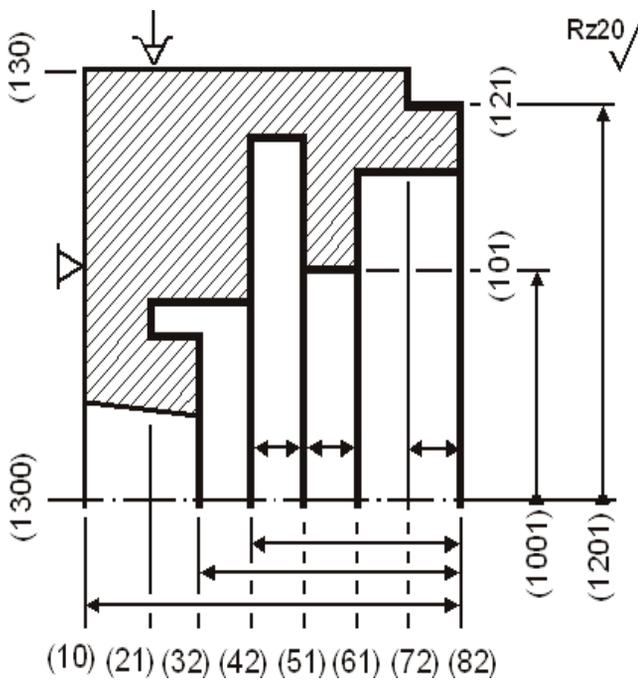


Рис. 12.68. Проектный вариант операции 005

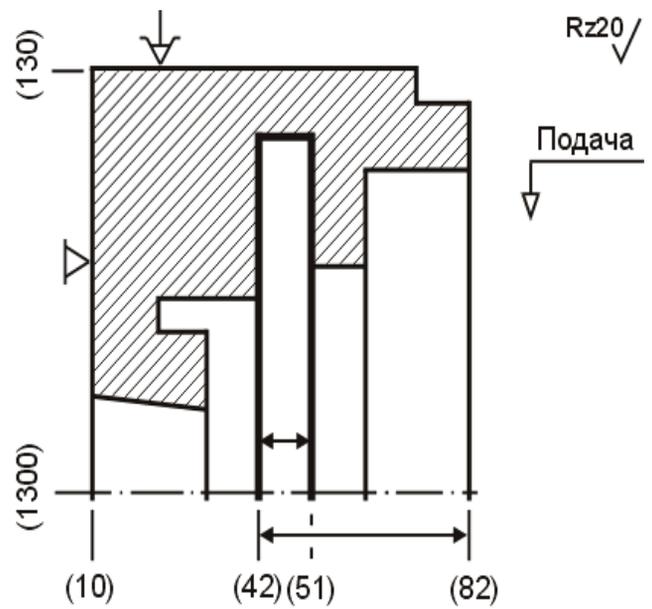


Рис. 12.69. Проектный вариант позиции 7 операции 005

Порядок простановки размеров на эскизе исходной заготовки проектного варианта соответствует эскизу рис. 12.44 (см. с. 321).

Эскиз операции 005 рис. 12.45 действующего процесса получит изменения порядка простановки размеров в соответствии с рис. 12.68.

Произойдут изменения в эскизе рис. 12.51 позиции 7 (см. с. 324).

В новом варианте его исполнение показано на рис. 12.69.

В проектном варианте внешний рисунок позиции 2 операции 005 остался без изменения (см. рис. 12.46, с. 322), но в действующем процессе координата положения режущего инструмента, формирующего торец (61), настраивалась от поверхности (51) канавки, а в проектном варианте торец (61) настраивается в размер (61+82) от окончательно обработанной поверхности (82).

Чем чаще по операциям, позициям и переходам технологического процесса соблюдается принцип единства баз, тем меньше колебание припусков и, как следствие, меньшее количество металла будет переведено в стружку.

Окончательно обработанная поверхность (82) является технологической или измерительной базой для семи размеров.

12.3.2.2. Размерная схема 2

Графическая часть проектного варианта размерной схемы 2 аналогична рис. 12.63 (см. с. 333), но ее стоит повторить на рис. 12.70 (см. с. 340) для удобства кодирования исходной размерной информации.

Уравнения размерных цепей записаны на с. 341.

Результаты расчета проектного варианта размерной схемы 2 помещены в табл. 12.25 (см. с. 341).

Определяемые звенья-радиусы группы 6 после нахождения их предельных значений удваиваются.

Из двух табл. 12.24 (см. с. 338) и 12.25 результатов расчета схем 1 и 2 можно выбрать размерную информацию для окончательного оформления эскиза исходной заготовки.

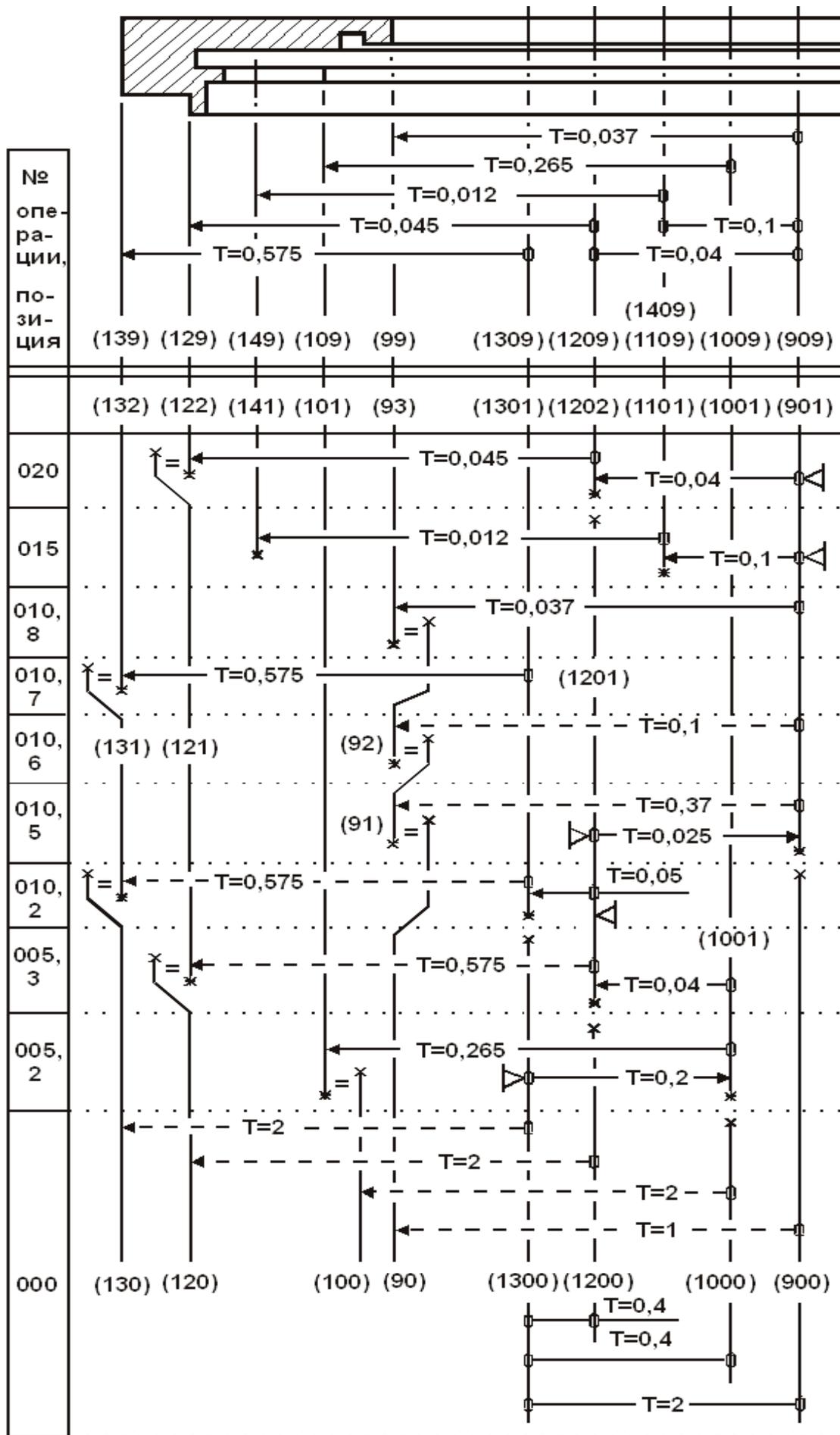


Рис. 12.70. Проектный вариант размерной схемы 2

Звенья размерной схемы 2 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.70, с. 340)

1: 2 121 122 0,04	2: 8 122 1202 102,5 0,115 0,07
3: 8 1202 901 0 +-0,02	4: 8 1101 901 0 +-0,05
5: 8 141 1101 25,98 0,027 0,015	6: 8 93 901 26,9 0,037 0
7: 2 93 92 0,04	8: 2 131 132 0,16
9: 8 132 1301 118,5 0 -0,575	10: 6 92 901 0,1 0 2
11: 2 92 91 0,16	12: 6 91 901 0,37 0 1
13: 2 91 90 0,6	14: 7 1201 901 0 +-0,025
15: 2 130 131 0,6	16: 6 131 1301 0 -0,575 1
17: 7 1301 1201 0 0 +-0,025	18: 2 120 121 0,6
19: 6 121 1201 0 -0,575 1	20: 7 1201 1001 0 +-0,02
21: 2 101 100 0,6	22: 8 101 1001 74,25 0,265 0
23: 7 1300 1001 0 +-0,1	24: 6 130 1300 0 -2 1
25: 6 120 1200 0 -2 1	26: 6 100 1000 2 0 1
27: 6 90 900 1 0 1	28: 7 1300 1200 0 +-0,2
29: 7 1300 1000 0 +0,2	30: 7 1300 900 0 +-1
31: 0 130 132	32: 0 92 90

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[121=122]=-(122+1202)-(1202+901)+(1201+901)+(121-1201)$$

$$[93=92]=-(92-901)+(93+901)$$

$$[131=132]=-(132+1301)+(131-1301)$$

$$[92=91]=-(91-901)+(92+901)$$

$$[91=90]=-(90-900)+(1300+900)-(1300+1001)+(1201+1001)-(1201+901)+(91+901)$$

$$[130=131]=-(131+1301)-(1301+1201)-(1201+1001)+(1300+1001)+(130-1300)$$

$$[120=121]=-(121+1201)-(1201+1001)+(1300+1001)-(1300+1200)+(120-1200)$$

$$[101\#100]=-(100-1000)+(1300+1000)-(1300+1001)+(101+1001)$$

$$[130\#132]=-(132+1301)-(1301+1201)-(1201+1001)+(1300+1001)+(130+1300)$$

$$[92\#90]=-(90+900)+(1300+900)-(1300+1001)+(1201+1001)-(1201+901)+(92+901)$$

Таблица 12.25

Результаты расчета проектного варианта размерной схемы 1

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
2=	121	122		0,065	0,775	0,420	0,355	0,025	
2=	93	92		0,040	0,177	0,108	0,069	0,000	
3=	131	132		0,225	1,375	0,800	0,575	0,065	
6+	92	901	26,760	0,100	0,000	26,810	0,050		
6+	2(92	901)	53,520	0,200	0,000	53,620	0,100		
2=	92	91		0,190	0,660	0,425	0,235	0,030	
6+	91	901	26,200	0,370	0,000	26,385	0,185		
6+	2(91	901)	52,400	0,740	0,230	52,770	0,370		
2=	91	90		0,655	4,315	2,485	1,830	0,055	
2=	130	131		0,655	3,520	2,087	1,433	0,055	
6+	131	1301	119,300	0,000	-0,575	119,013	0,287		
6+	2(131	1301)	238,600	0,000	-1,150	238,026	0,575		
3=	120	121		0,680	3,895	2,287	1,608	0,080	
6+	121	1201	103,300	0,000	-0,575	103,013	0,287		
6+	2(92	901)	206,600	0,400	0,000	206,026	0,575		
2=	101	100		0,665	3,515	2,082	1,432	0,050	
6+	130	1300	122,100	0,000	-2,000	121,100	1,000		
6+	2(130	1300)	244,200	0,000	-4,000	242,200	2,000		
6+	120	1200	106,300	0,000	-2,000	105,300	1,000		
6+	2(120	1200)	212,600	0,000	-4,000	210,600	2,000		

Группа	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
6+	90	900	23,400	1,000	0,000	23,900	0,500		
6+	2 (90)	900)	46,800	2,000	0,000	47,800	1,000		
6+	100	1000	71,300	2,000	0,000	72,300	1,000		
6+	2 (100)	1000)	142,300	4,000	0,000	144,600	2,000		
0#	130	132		1,455	4,320	2,887	1,432		
0#	92	90		1,215	4,605	2,910	1,695		

12.4. Пример 4

В этом примере будет рассмотрен технологический процесс обработки шестерни промежуточной (см. рис. 12.71) трактора. Размерная информация эскиза помещена в табл. 12.26 (см. с. 343).

Чистый вес детали 1,35 кг.

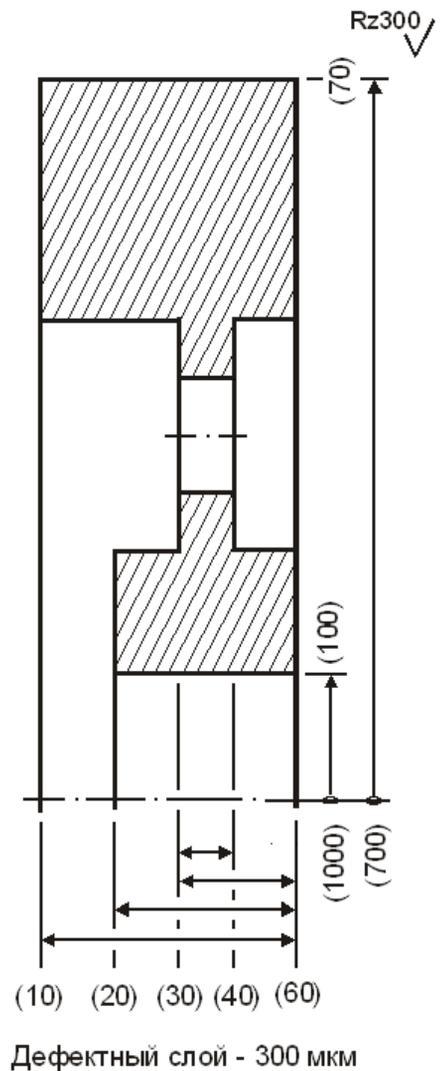
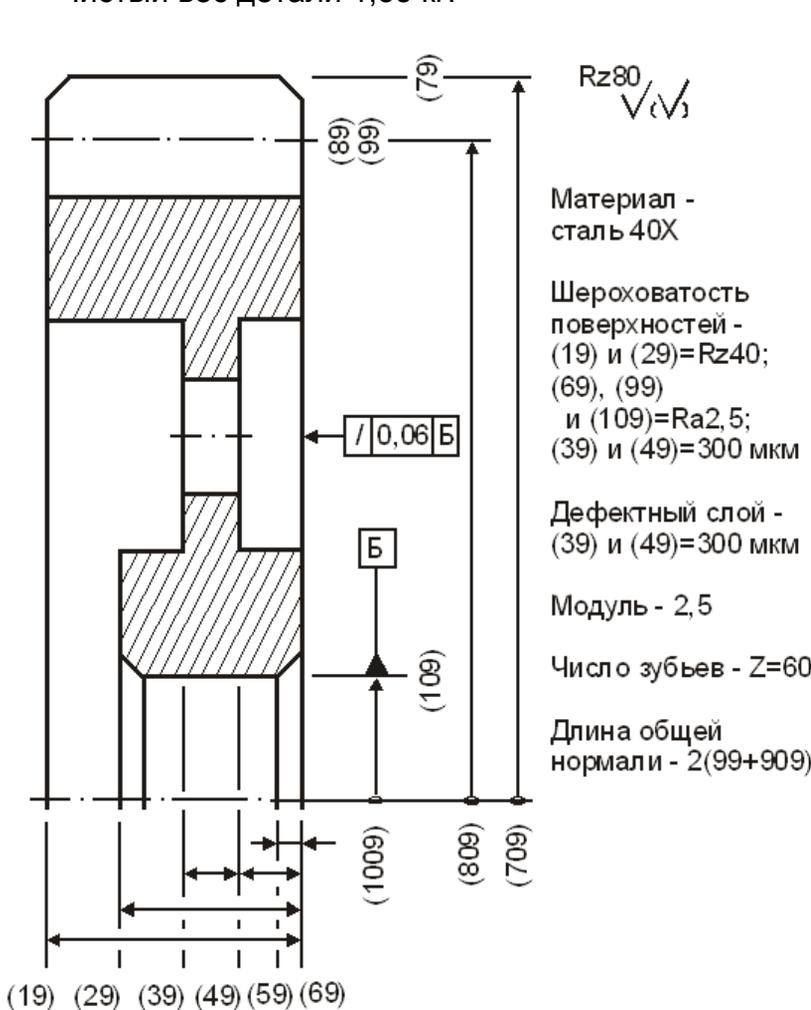


Рис. 12.71. Шестерня промежуточная

Рис. 12.72. Поковка шестерни промежуточной

Исходную заготовку-поковку (см. рис. 12.72) формируют из отрезанной заготовки диаметром 65 мм и длиной 137 мм в открытых штампах. Размерная информация о поковке помещена в табл. 12.27 (см. с. 343).

Эксцентricность отверстия относительно наружного диаметра 1,2 мм. Вес поковки 3,2 кг.

Первая операция 005 в действующем процессе выполняется на токарном вертикальном восьмишпиндельном полуавтомате за два установа. На такую операцию должен быть оформлен общий эскиз обработанной заготовки и два эскиза каждого установа. К эскизам установов отдельно оформляются эскизы по позициям. В технологической операции данного процесса общий эскиз и эскизы установов отсутствуют.

Исходная заготовка устанавливается в позицию 2 и обрабатывается на позициях 2, 4, 6 и 8 рис. 12.73...12.76 (см. с. 343 и 344).

Второй установ осуществляется в позицию 1 с последующей обработкой на позициях 3, 5 и 7 рис. 12.77...12.80 (см. с. 344 и 345).

Таблица 12.26

Исходная информация по эскизу рис. 12.71 (см. с. 342)

Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
	номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание
39 49	6,500	1,300	-0,500	6,900	0,900
49 69	2,000	0,125	-0,125	2,000	0,125
29 69	10,000	0,000	-0,240	9,880	0,120
59 69	1,000	0,125	-0,125	1,000	0,125
19 69	20,000	0,000	-0,280	19,860	0,140
2 (79 709)	177,940	0,000	-0,260	177,810	0,130
79 709	88,970	0,000	-0,130	88,905	0,065
2 (99 909)	80,562	-0,137	-0,212	80,387	0,037
99 909	40,281	-0,068	-0,106	40,193	0,018
2 (109 1009)	48,000	0,027	0,000	48,013	0,013
109 1009	24,000	0,013	0,000	24,006	0,006

Таблица 12.27

Исходная информация по эскизу рис. 12.72 (см. с. 342)

Номера левой и правой поверхн. звена	Размерная информация				
	номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание
30 40	6,500	1,300	-0,500	6,900	0,900
30 60	10,000	1,700	-0,500	10,600	1,100
20 60	13,500	1,700	-0,500	14,100	1,100
10 60	23,000	1,700	-0,500	23,600	1,100
2 (70 700)	181,000	2,100	-1,200	181,450	1,650
70 700	90,500	1,050	-0,600	90,725	0,825
2 (100 1000)	44,000	0,900	-1,800	43,550	1,350
100 1000	22,000	0,450	-0,900	21,775	0,675

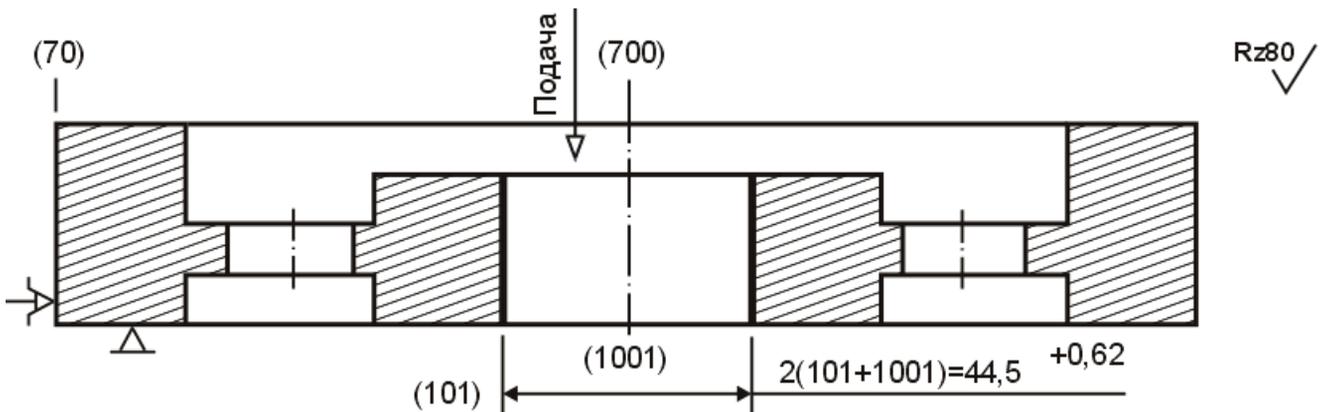


Рис. 12.73. Операция 005. Позиция 2

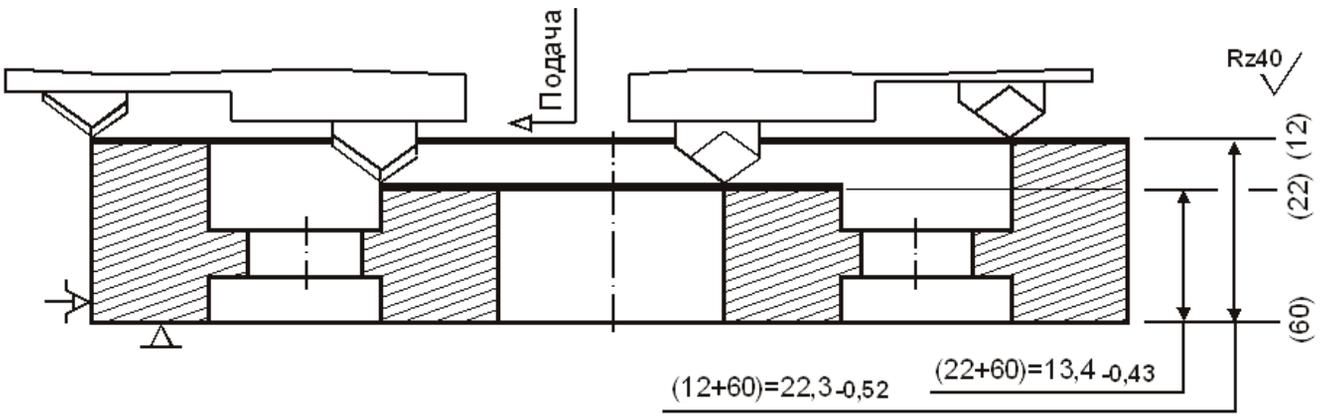


Рис. 12.74. Операция 005. Позиция 4

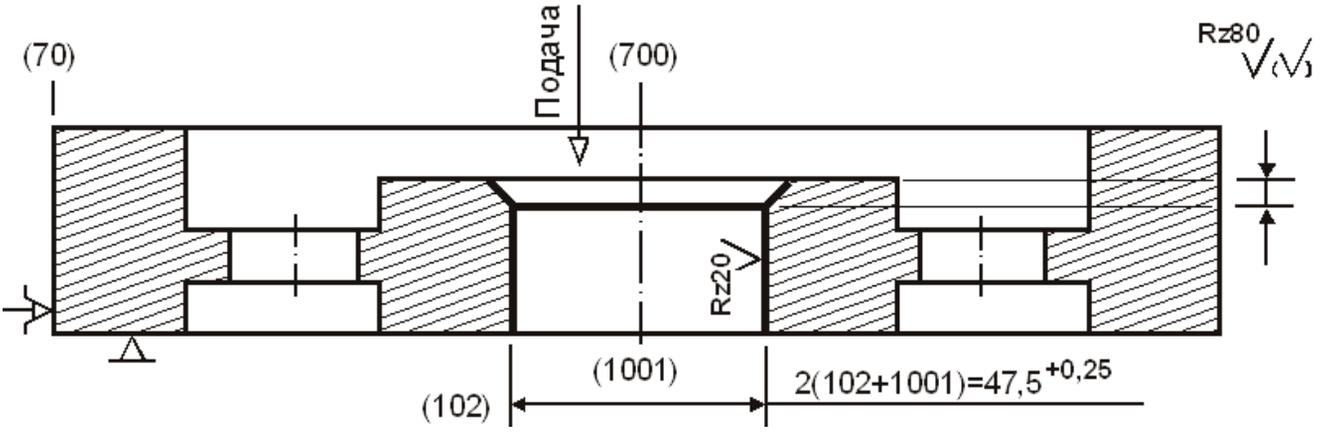


Рис. 12.75. Операция 005. Позиция 6

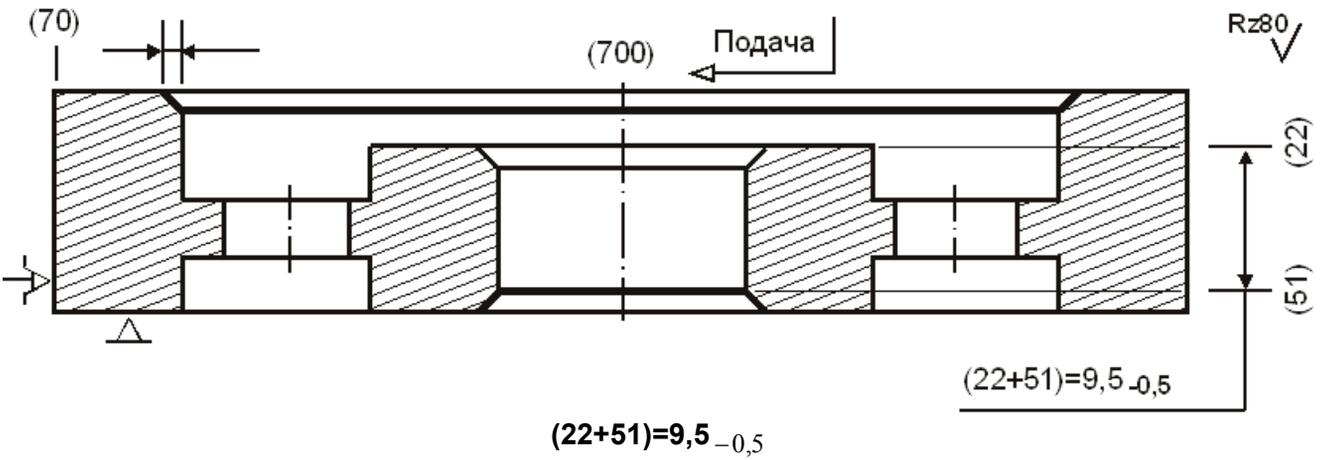


Рис. 12.76. Операция 005. Позиция 8

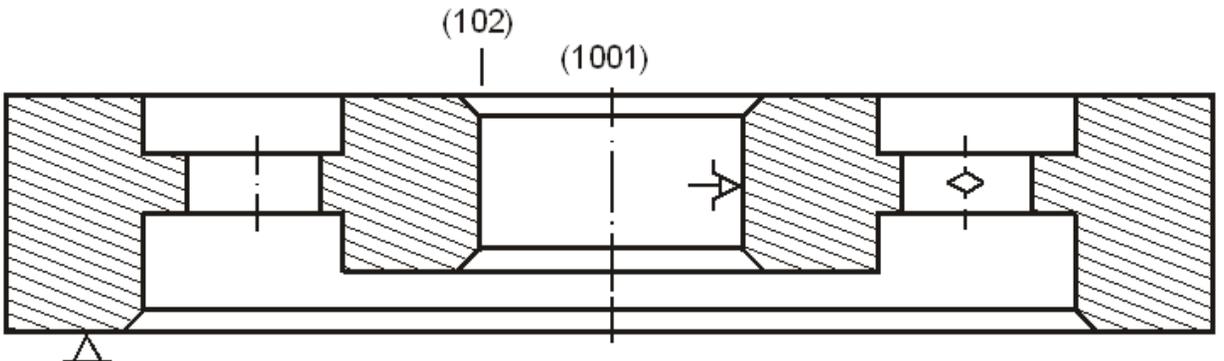


Рис. 12.77. Операция 005. Позиция 1

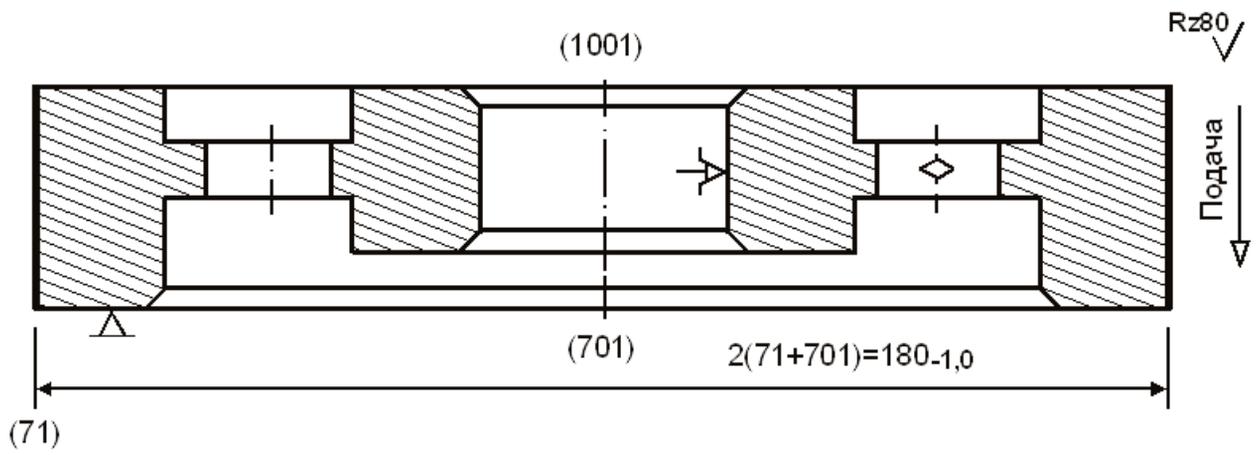


Рис. 12.78. Операция 005. Позиция 3

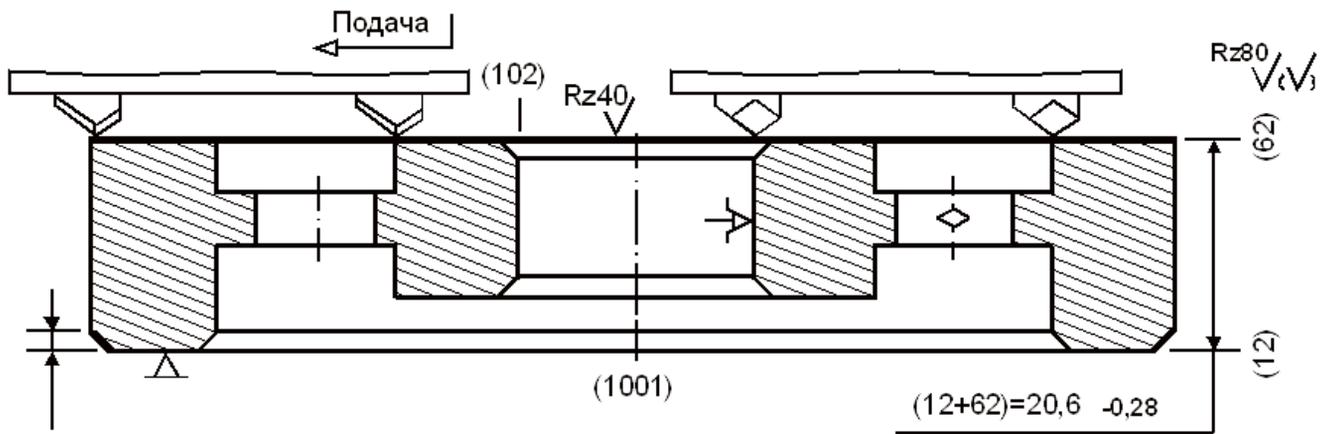


Рис. 12.79. Операция 005. Позиция 5

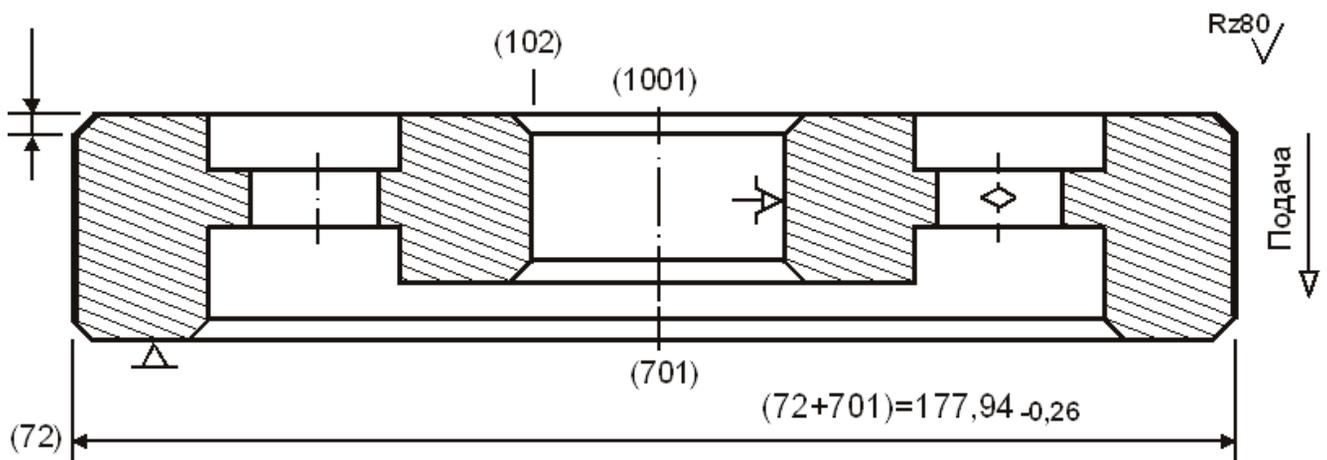


Рис. 12.80. Операция 005. Позиция 7

Операция 010 (см. рис. 12.81, с. 346).

Станок: токарно-винторезный или алмазно-расточный.

Подрезать торец и расточить отверстие.

Операция 015 (см. рис. 12.82, с. 346).

Станок: токарно-винторезный.

Подрезать торец.

Операция 035 (см. рис. 12.83, с. 346).

Станок: зубофрезерный.

Фрезеровать зубья шестерни.

Операция 040.

Станок: зубошевинговальный.

Шевинговать зубья шестерни окончательно. $2(92+902)=80,562_{-0,212}^{-0,137}$ мм.

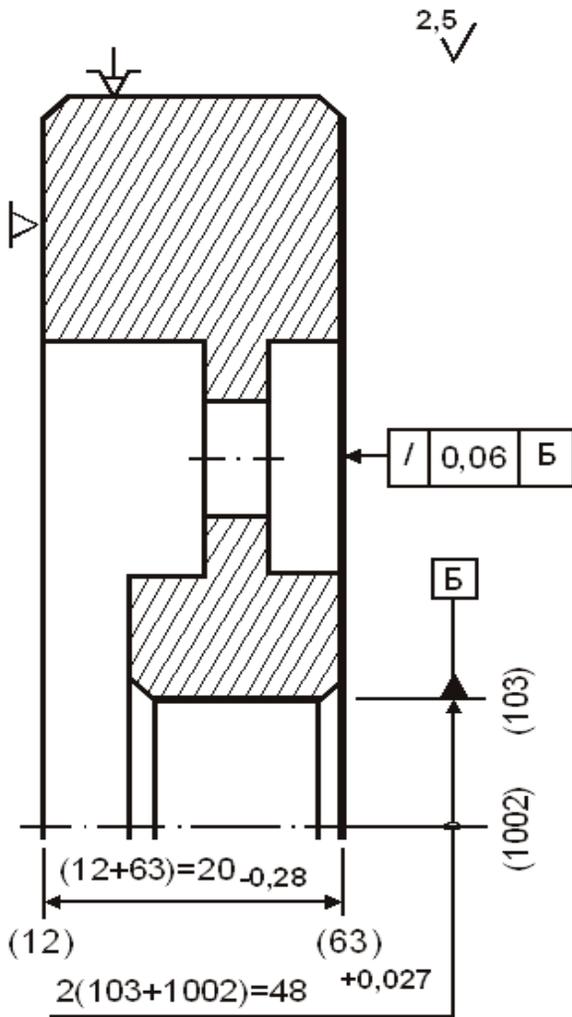


Рис. 12.81. Операция 010

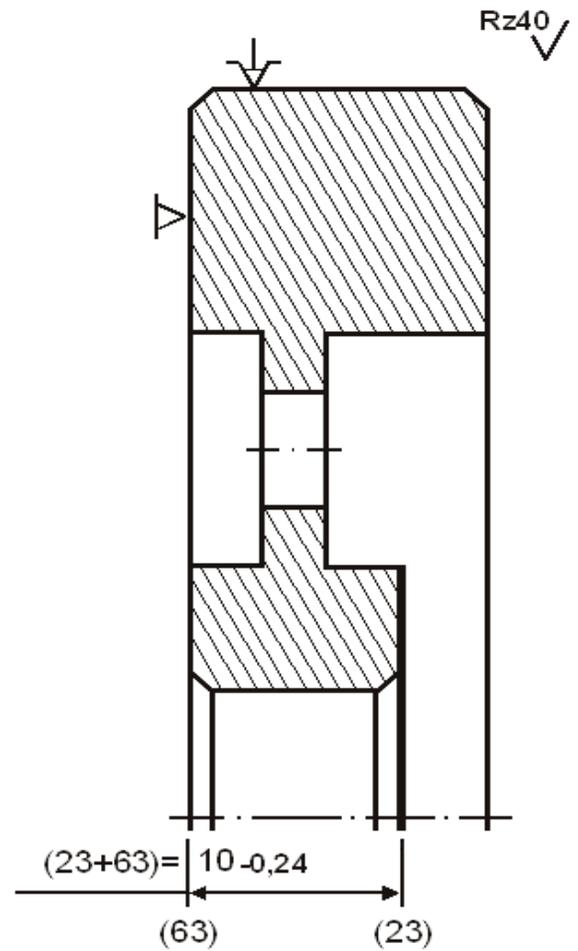
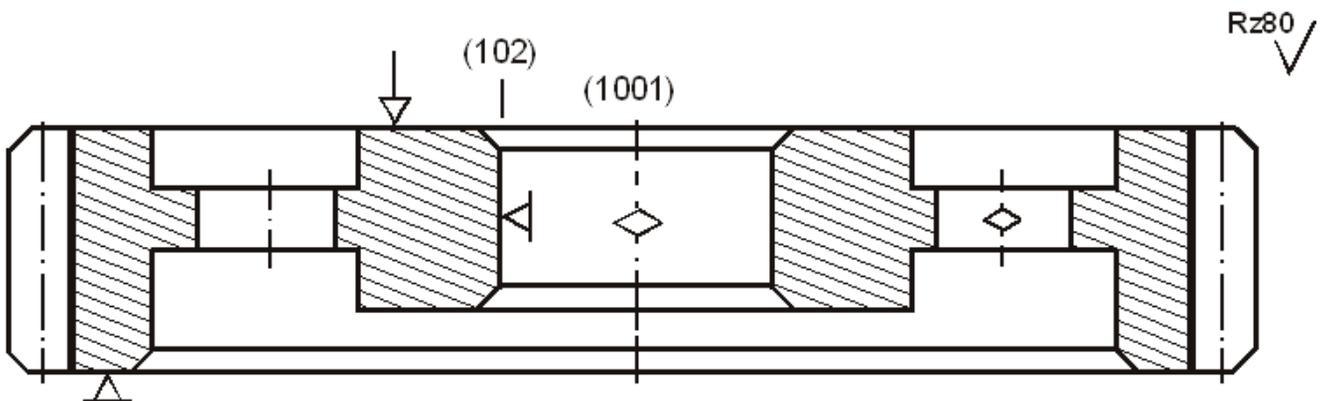


Рис. 12.82. Операция 015



Длина общей нормали $W=2(91+901)=80,688_{-0,1}$

Рис. 12.83. Операция 035

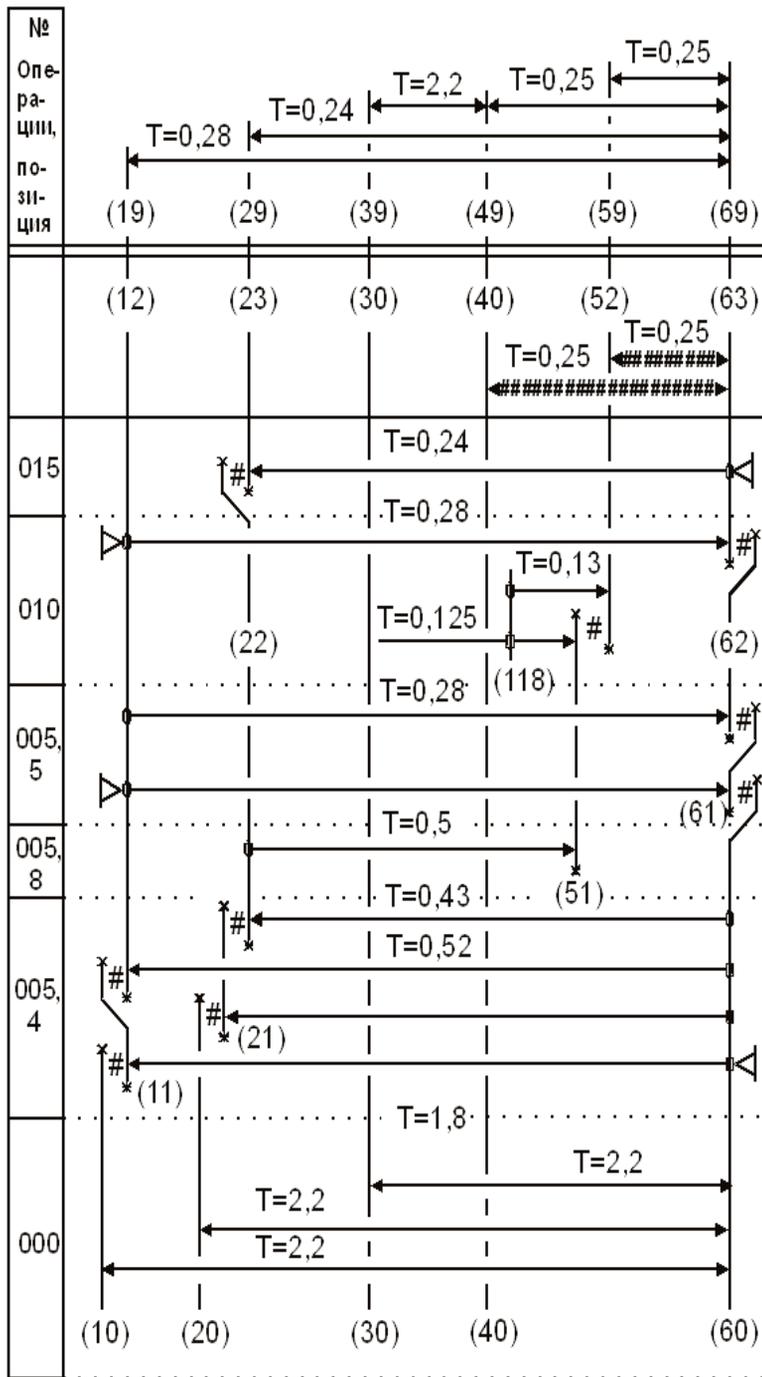


Рис. 12.84. Размерная схема 1 действующего процесса

Из плана обработки действующего технологического процесса пропущены слесарные операции, сверлильные, моечные, химическая операция (оксидирование) и контрольные. Эти операции не влияют на графику размерных схем.

12.4.1. Размерные схемы действующего процесса

12.4.1.1. Размерная схема 1

В данном примере наибольший интерес представляет размерная схема 1 рис. 12.84, построенная по ходу формирования линейных размеров.

На операции 005 в позициях 4 и 5 происходит деление припусков в одном сложном технологическом переходе. Это отражено в размерной схеме рис. 12.84.

При окончательном растачивании отверстия на операции 010 происходит смещение линии фаски. Если угол фаски составляет 45 градусов, то величина смещения определяется разностью выполняемого радиуса на операции 010 и предшествующего радиуса с операции 005 (позиция 6).

Исходная размерная информация для расчета схемы 1 помещена ниже.

Звенья размерной схемы 1 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.84)

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1: 1 40 63 2 +-0,125 | 2: 1 52 63 1 +-0,125 |
| 3: 2 22 23 0,08 | 4: 8 23 63 10 0 -0,24 |
| 5: 8 12 63 20 0 -0,28 | 6: 2 63 62 0,08 |
| 7: 7 118 52 24 0,013 0 | 8: 7 118 51 23,75 0,125 0 |
| 9: 7 12 62 20,6 0 -0,28 | 10: 2 62 60 0,6 |
| 11: 7 22 51 9,5 0 -0,5 | 12: 2 20 22 0,6 |
| 13: 7 22 60 13,4 0 -0,43 | 14: 2 10 12 0,6 |
| 15: 7 12 60 22,3 0 -0,52 | 16: 7 30 40 6,5 1,3 -0,5 |
| 17: 7 30 60 10 1,7 -0,5 | 18: 7 20 60 13,5 1,7 -0,5 |
| 19: 7 10 60 23 1,7 -0,5 | 20: 0 12 22 |
| 21: 0 22 62 | |

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[40\#63]=+(12+63)-(12+60)+(30+60)-(30+40)$$

$$[22\#23]=-(23+63)+(12+63)-(12+60)-(22+60)$$

$$[63\#62]=+(12+62)-(12+63)$$

$$[62\#60]=+(12+60)-(12+62)$$

$$[20\#22]=-(22+60)-(20+60)$$

$$[10\#12]=-(12+60)+(10+60)$$

$$[12\#22]=-(22+60)+(12+60)$$

$$[22\#62]=+(12+62)-(12+60)+(22+60)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[52\#63]=+(12+63)-(12+60)+(22+60)-(22+51)+(118+51)-(118+52)$$

Результаты расчета размерной схемы 1 сведены в табл. 12.28.

Таблица 12.28

Результаты расчета размерной схемы 1 действующего процесса
(вероятностной метод решения задачи)

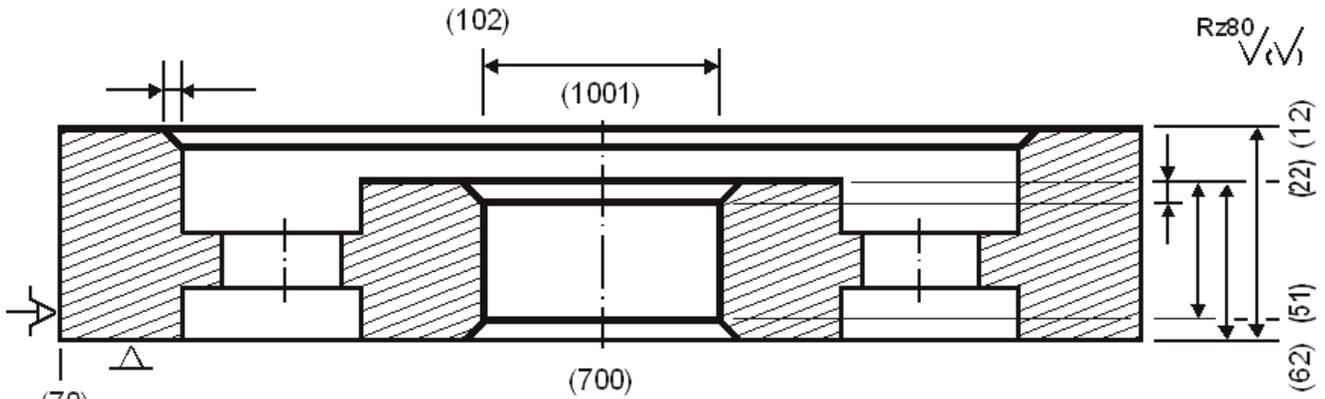
Группа	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
1#	40	63	2,000	1,920	-2,880	1,520	2,400	-2,755	-1,795
1#	52	63	1,000	1,008	0,114	1,561	0,447	0,239	-0,883
1#	22	23		0,390	1,860	1,125	0,735	0,310	
1#	63	62		0,320	0,880	0,600	0,280	0,240	
1#	62	60		1,180	1,980	1,580	0,400	0,580	
1#	20	22		-0,400	2,230	0,915	1,315	-1,000	
1#	10	12		0,200	2,920	1,560	1,360	-0,400	
0#	12	22		8,380	9,330	8,555	0,475		
0#	22	62		10,990	12,220	11,605	0,615		

12.4.1.1.1. Анализ процесса по схеме 1

По отдельным позициям операции 005 можно построить эскизы установов.

Операционный эскиз установа 1 (см. рис. 12.85) построен по позициям 2, 4, 6 и 8.

Операционный эскиз второго установа (рис. 12.86, с. 349) построен по позициям 1, 3, 5 и 7.



Шероховатость поверхностей (12)=(22)=(102)=Rz40

Рис. 12.85. Операция 005. Установ 1

Общий эскиз операции 005 (см. рис. 12.87, с. 349), построенный по рисункам двух установов, не несет полной размерной информации, для качественного контроля полученной заготовки.

После подрезания торцевой поверхности (60) исходной заготовки до (61) и поверхности (62) изменился известный координатный размер (22+60), который превратился в определяемое звено (22–62). Его значение можно определить, введя дополнительный код в исходную размерную информацию. Но расчетная величина звена не может быть введена в эскиз рис. 12.87, так как на операционном эскизе проставляются только те размеры, которые непосредственно выполняются на данной операции.

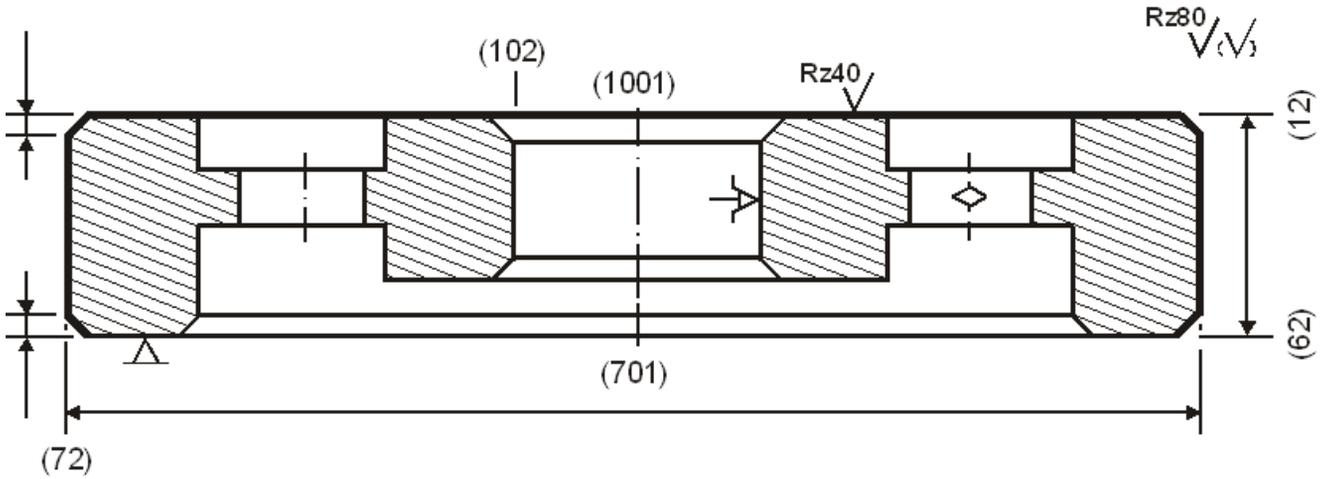
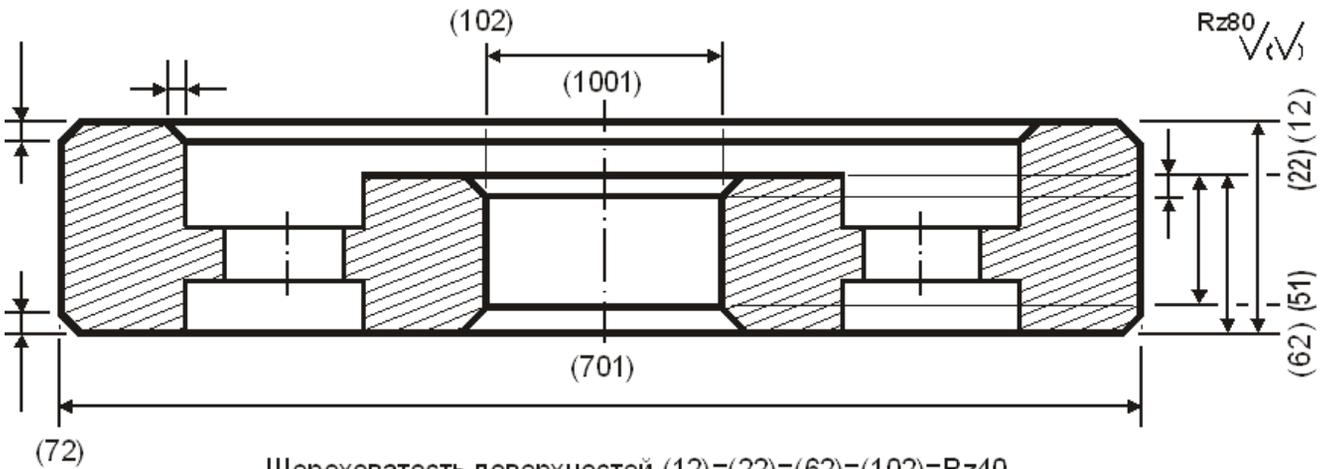


Рис. 12.86. Операция 005. Установ 2



Шероховатость поверхностей (12)=(22)=(62)=(102)=Rz40

Рис. 12.87. Операция 005

На позиции 4 операции 005 поверхности (10) и (20) исходной заготовки подрезаются блоком из двух резцов до поверхностей (12) и (22). На эскизе проставлены размеры до каждого из резцов. В реальных же условиях действующего производства резцы в блоке удобнее настраивать и контролировать между собой. Это значит, что на позиции 4 технологичнее выдерживать размер (12–22), точность которого не зависит от погрешностей установки.

В рассматриваемом технологическом процессе этот размер можно рассчитать, но полученная величина не соответствует действительности.

Ориентировочное номинальное значение размера (12–22) до 10 мм. Точность не грубее 14 качества составит $T=0,36$ мм. Если такой размер ввести в эскиз позиции и размерную схему, то уменьшится число составляющих звеньев в уравнении с замыкающим звеном-фаской [52=63].

Результаты расчета замыкающего звена определили поле рассеяния $w[52_63]=0,894$ мм.

Исходный допуск $T(59_69)=0,25$ мм.

Уменьшить поле рассеяния до величины исходного поля допуска по условиям и схеме действующего процесса практически невозможно.

Вариант 1.

Обратиться к конструктору для расширения поля допуска или ограничения размера фаски односторонним наименьшим предельным значением.

Вариант 2

Непосредственно выполнять размер фаски на одной из операций процесса.

Это предложение можно реализовать на операции 010.

Аналогичные рассуждения можно предложить для анализа результата по звену [40#63]. Расчетное значение поля рассеяния $w[40_63]=4,8$ мм. Эта величина несоизмерима с исходным полем допуска $T(49_69)=0,25$ мм. Нет смысла непосредственно выполнять размер (48+68) в процессе обработки, так как по служебному назначению его роль в готовом изделии незначительна.

Лучший из вариантов — задать исходный размер $(49+69) = 2\text{min}$.

12.4.1.2. Размерная схема 2

Построение и расчет размерной схемы 2 данного примера аналогичны размерной схеме 2 примера 3.

Схема радиальных размеров построена на рис. 12.88 (см. с. 351).

При зубонарезании по методу обката на профиле зуба формируется огранка.

В процессе шевингования для устранения отклонений от профиля и следов от предшествующей операции припуск по толщине зуба назначается в пределах 0,3...0,4 от модуля колеса. Модуль колеса 2,5. Исходное минимально необходимое значение одностороннего припуска принимается $(91+92)=0,5$ мм.

Звенья размерной схемы 2 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.88)

1:	2 91 92 0,5	2:	8 92 902 40,281 -0,068 -0,106
3:	8 902 1002 0 +-0,008	4:	7 91 901 40,344 0 -0,05
5:	7 901 1002 0 +-0,008	6:	8 103 1002 24 0,013 0
7:	2 103 102 0,08	8:	8 701 1002 0 +-0,02
9:	2 70 72 0,6	10:	8 72 701 88,97 0 -0,13
11:	7 701 1001 0 +-0,01	12:	2 102 100 0,6
13:	7 102 1001 23,75 0,125 0	14:	7 700 1001 0 +-0,08
15:	7 70 700 90,5 1,05 -0,6	16:	7 100 1000 22 0,45 -0,9
17:	7 700 1000 0 +-0,3		

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[91\#92]=-(92+902)-(902+1002)+(901+1002)+(91+901)$$

$$[103\#102]=-(102+1001)+(701+1001)-(701+1002)+(103+1002)$$

$$[70\#72]=-(72+701)-(701+1001)+(700+1001)+(70+700)$$

$$[102\#100]=-(100+1000)+(700+1000)-(700+1001)+(102+1001)$$

Результаты расчета размерной схемы 2 сведены в табл. 12.29.

Таблица 12.29

Результаты расчета размерной схемы 2 действующего процесса

Гр у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний верхний
1#	91	92	0,065	0,185	0,125	0,060	-0,435	
1#	103	102	0,095	0,294	0,194	0,099	0,015	
1#	70	72	0,840	2,800	1,820	0,980	0,240	
1#	102	100	0,920	3,155	2,037	1,118	0,320	

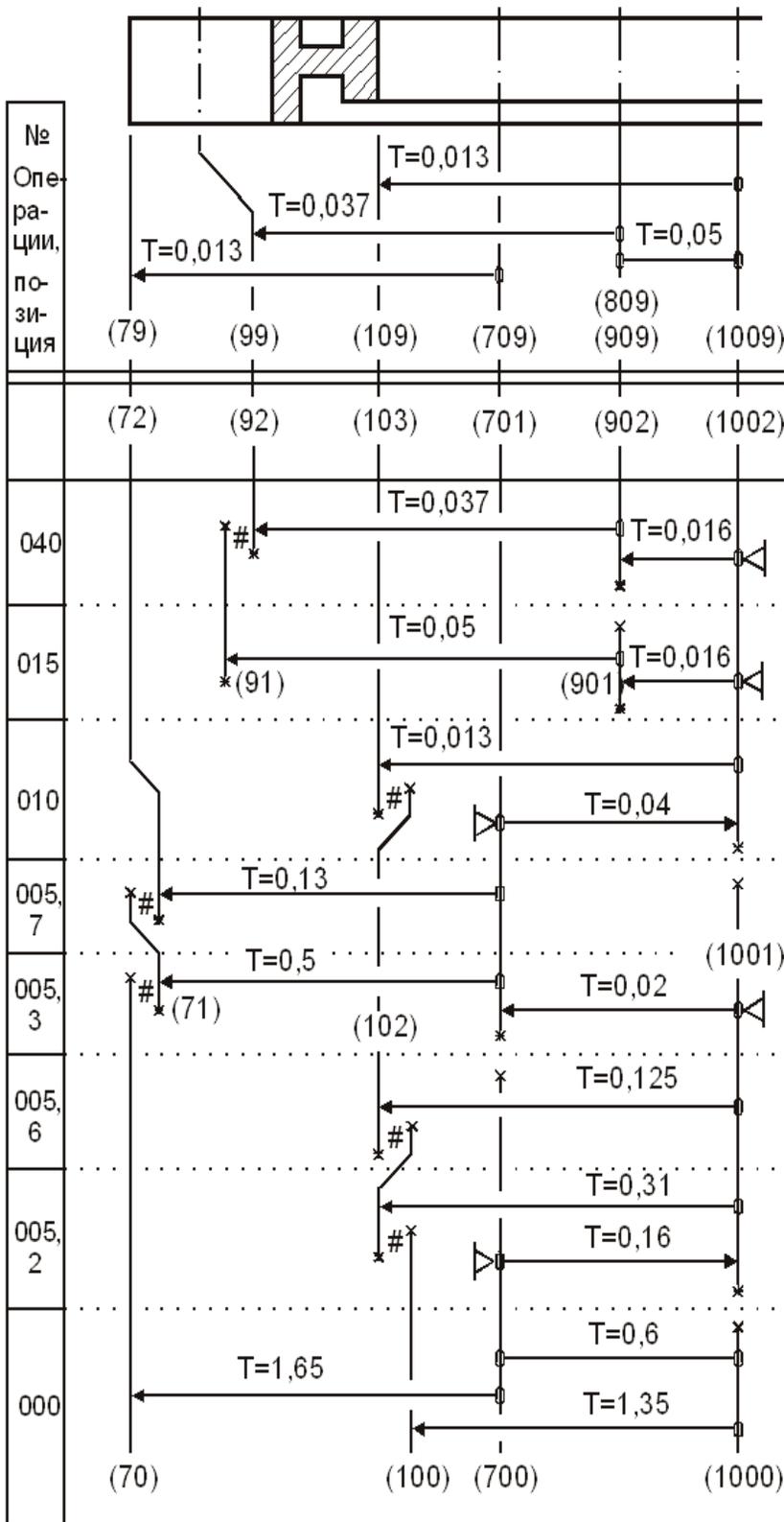


Рис. 12.88. Схема 2 действующего процесса

(размер фаски в эскизе изделия проставлен номинальным значением 1 мм без предельных отклонений).

В проектной задаче можно рассмотреть следующие варианты решения:

Вариант 1

Конструктор отказался увеличить допуск на размер фаски.

12.4.1.2.1. Анализ процесса по схеме 2

В схеме 2 все исходные размеры и технические требования непосредственно выполняются в процессе обработки.

Отрицательный запас [91#92] легко устранить при решении проектной задачи.

12.4.2. Решение проектной задачи

В размерной схеме 1 действующего процесса два исходных размера (49+69) и (59+69) оказались в группе замыкающих звеньев.

Исходный размер (49+69) проставлен от необработанной поверхности исходной заготовки (49) до трижды обработанной поверхности (69). На эскизе изделия конструктором проставлено только номинальное значение этого размера равное 2 мм. Техническими требованиями предусмотрено выполнение размеров без отклонений по 14 качеству точности ($T=0,25$ мм).

Служба конструктора должна дать разрешение на получение размера (49+69) с односторонним ограничением по наименьшему предельному значению (2min мм).

Второй исходный размер (59+69), который оказался замыкающим звеном, определяет величину фаски.

По действующему процессу поле рассеяния $w[52_62]=0,894$ мм значительно превосходит поле допуска $T(59_69)=0,25$ мм

Вариант 2

Конструктор увеличил допуск до $T(59_69)=0,6$ мм.

Вариант 3

Конструктор задал фаску размером 1min мм.

12.4.2.1. Проектный вариант 1. Размерная схема 1

На рис. 12.89 построен проектный вариант размерной схемы 1 варианта 1.

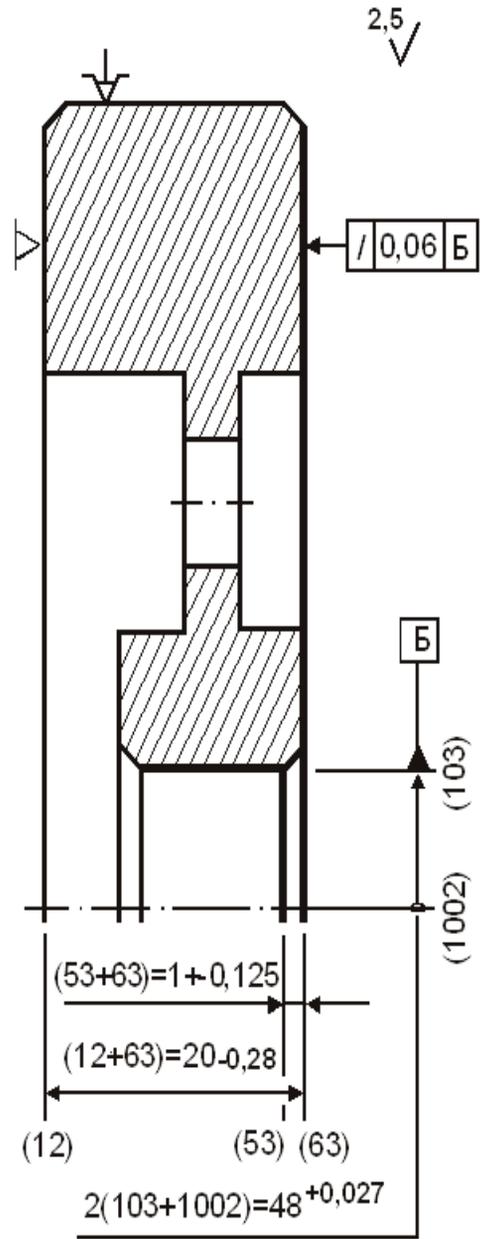
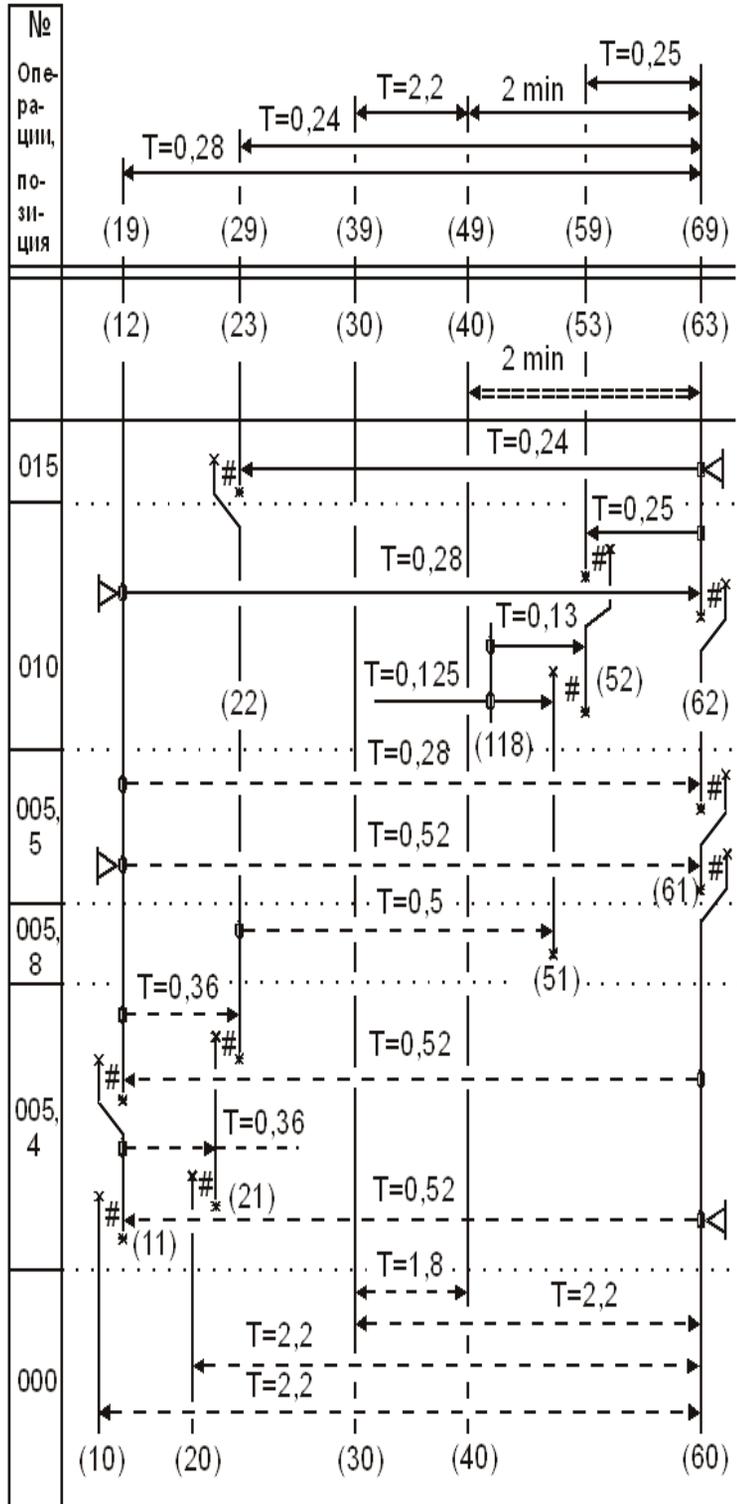


Рис. 12.90. Операция 010

Сравнивая размерные схемы 1 действующего и проектного варианта технологического процесса, можно заметить графические изменения лишь в зоне операции 010. В момент растачивания отверстия происходит сдвиг внутренней линии фаски вправо.

Рис. 12.89. Проектный вариант 1 размерной схемы 1

При формировании фаски резцом внутренняя линия сдвигается влево. В этот момент достаточно простого касания резца поверхности (52) и минимально необходимое значение припуска не превысит нулевой величины $[53_{52}]_{\min}=0$.

Для кодирования исходной размерной информации необходимо знать размеры предшествующего и выполняемого диаметров отверстия, полученных при решении проектной задачи.

Это значит нужно построить и рассчитать размерную схему 2.

В этом варианте расчета использованы размеры из действующей технологии.

На рис. 12.90 (см. с. 352) эскиз расточной операции 010 в технологии проектного варианта 1, а измененный эскиз операции 005 позиции 4 на рис. 12.91.

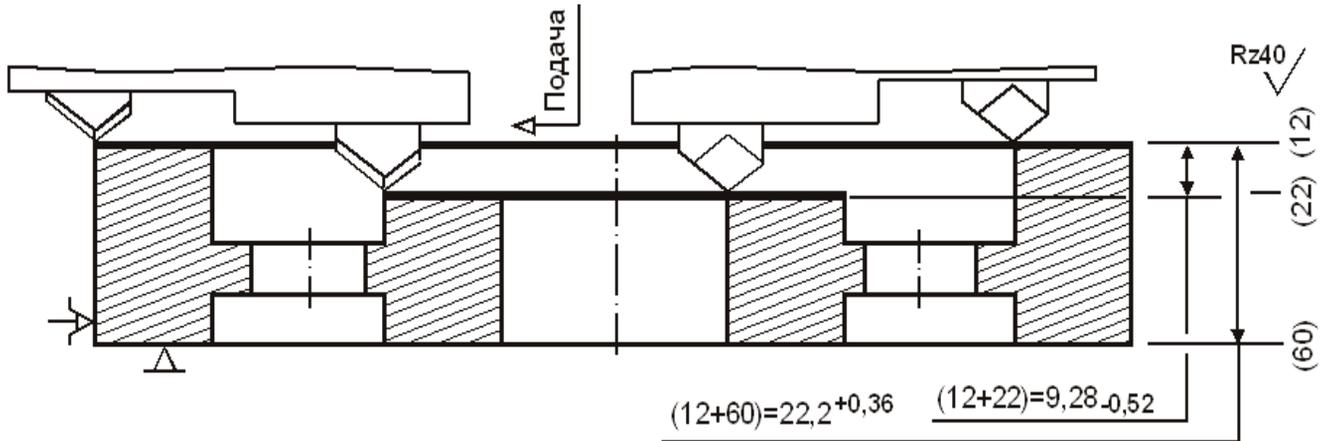


Рис. 12.91. Операция 005. Позиция 4

Исходная размерная информация и уравнения размерных цепей показаны ниже.

Результаты расчета размерной схемы 1 в табл. 12.30 (см. с. 354).

Звенья размерной схемы 1 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.89, с. 352)

1: 2 40 63 2	2: 2 22 23 0,08
3: 8 23 63 10 0 -0,24	4: 8 53 63 1 +-0,125
5: 2 53 52 0	6: 7 118 52 24 0,013 0
7: 7 118 51 23,75 0,125 0	8: 0 51 52
9: 8 12 63 20 0 -0,28	10: 2 63 62 0,08
11: 6 12 62 0 -0,28 1	12: 2 62 61 0,6
13: 6 12 61 0 -0,52 1	14: 2 61 60 0
15: 6 22 51 0 -0,5 1	16: 2 21 22 0,6
17: 6 12 22 0,36 0 2	18: 2 11 12 0,6
19: 6 12 60 0 -0,52 1	20: 2 20 21 0
21: 6 11 21 0,36 0 1	22: 2 10 11 0
23: 6 11 60 0 -0,52 1	24: 8 30 40 6,5 1,3 -0,5
25: 6 30 60 1,7 -0,5 1	26: 6 20 60 1,7 -0,5 1
27: 6 10 60 1,7 -0,5 1	

Уравнения размерных цепей записаны ниже.

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[40=63]=+(12+63)-(12+60)+(30-60)-(30+40)$$

$$[22=23]=-(23+63)+(12+63)-(12-22)$$

$$[51\#52]=+(118+52)-(118+51)$$

$$[63=62]=+(12-62)-(12+63)$$

$$[62=61]=+(12-61)-(12+62)$$

$$[61=60]=+(12-60)-(12+61)$$

$$[21=22]=+(12+22)-(12+60)+(11+60)-(11-21)$$

$$[20=21]=-(11+21)-(11+60)+(20-60)$$

$$[11=12]=-(12+60)+(11-60)$$

$$[10=11]=-(11+60)+(10-60)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[53=52]=+(118+52)-(118+51)+(22-51)+(12+22)-(12+63)+(53+63)$$

Таблица 12.30

Результаты расчета размерной схемы 1 проектного варианта 1

Г р у п па	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номи- нальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
2=	40	63		2,020	6,820	4,420	2,400	0,020	
2=	22	23		0,080	0,960	0,520	0,440	0,000	
2=	53	52		0,078	0,810	0,444	0,366	0,078	
0#	51	52		0,125	0,263	0,194	0,069		
2=	63	62		0,120	0,680	0,400	0,280	0,040	
6+	12	62	20,400	0,000	-0,280	20,260	0,140		
2=	62	61		0,680	1,480	1,080	0,400	0,080	
6+	12	61	21,600	0,000	-0,520	21,340	0,260		
2=	61	60		0,080	1,120	0,600	0,520	0,080	
6+	22	51	9,900	0,000	-0,500	9,650	0,250		
2=	21	22		0,700	2,460	1,580	0,880	0,100	
6+	12	22	9,280	0,360	0,000	9,460	0,180		
2=	11	12		0,680	1,720	1,200	0,520	0,080	
6+	12	60	22,200	0,000	-0,520	21,940	0,260		
2=	20	21		0,100	3,180	1,640	1,540	0,100	
6+	11	21	8,900	0,360	0,000	9,080	0,180		
2=	10	11		0,100	2,820	1,460	1,360	0,100	
6+	11	60	23,400	0,000	-0,520	23,140	0,260		
6+	30	60	12,800	1,700	-0,500	13,400	1,100		
6+	20	60	15,100	1,700	-0,500	15,700	1,100		
6+	10	60	24,000	1,700	-0,500	24,600	1,100		

12.4.2.2. Проектный вариант 2. Размерная схема 1

В размерной схеме действующего процесса поле рассеяния замыкающего звена-фаски $w[52_63]=0,894$ мм.

Конструктор разрешает исходный допуск $T(59_69)=0,6$ мм.

Придерживаясь позиций и наладок действующего процесса, необходимо от измерительных баз подобрать такую простановку размеров, которая бы позволила сократить количество составляющих звеньев в уравнении с замыкающим звеном $[52=63]$, а для этого достаточно на операции 005 в позиции 8 расточить фаску с размером $(12-51)$ от чисто обработанной поверхности (12).

Уравнение с замыкающим звеном $[52=63]$ уменьшится на одно составляющее звено, и будет иметь вид:

$$[52=63]=(12+63)-(12-51)+(118+51)-(118+52).$$

На рис. 12.92 построена схема 1, а на рис. 12.93 — эскиз операции 005 позиции 8 для процесса обработки проектного варианта 2 (см. с. 355 и 356).

Следующий этап работы со схемой предполагает уменьшение поля рассеяния до величины исходного поля допуска.

Из размерной схемы поле рассеяния для $[52=63]$ равно:

$$w[52_63]=T(12_63)+T(12_51)+T(118_51)+T(118_52)=0,21+0,21+0,125+0,013=0,558$$
 мм.

Допуски выполняемых размеров (12+63) и (12-51) доведены до экономической точности.

Поле рассеяния $w[52\ 63]$ меньше поля допуска $T(59_69)=0,6$ мм.

Для кодирования информации можно воспользоваться исходными данными, в которых достаточно сделать следующие изменения:

удалить	8 53 63 1 $\pm 0,125$;				
исправить	8 12 63 20 0 $-0,28$	на	8 12 63 20 0 $-0,21$;		
исправить	2 53 52 0	на	3 52 63 1 $\pm 0,3$;		
исправить	6 22 51 0 $-0,5$ 1	на	6 12 51 0 $-0,21$ 1.		

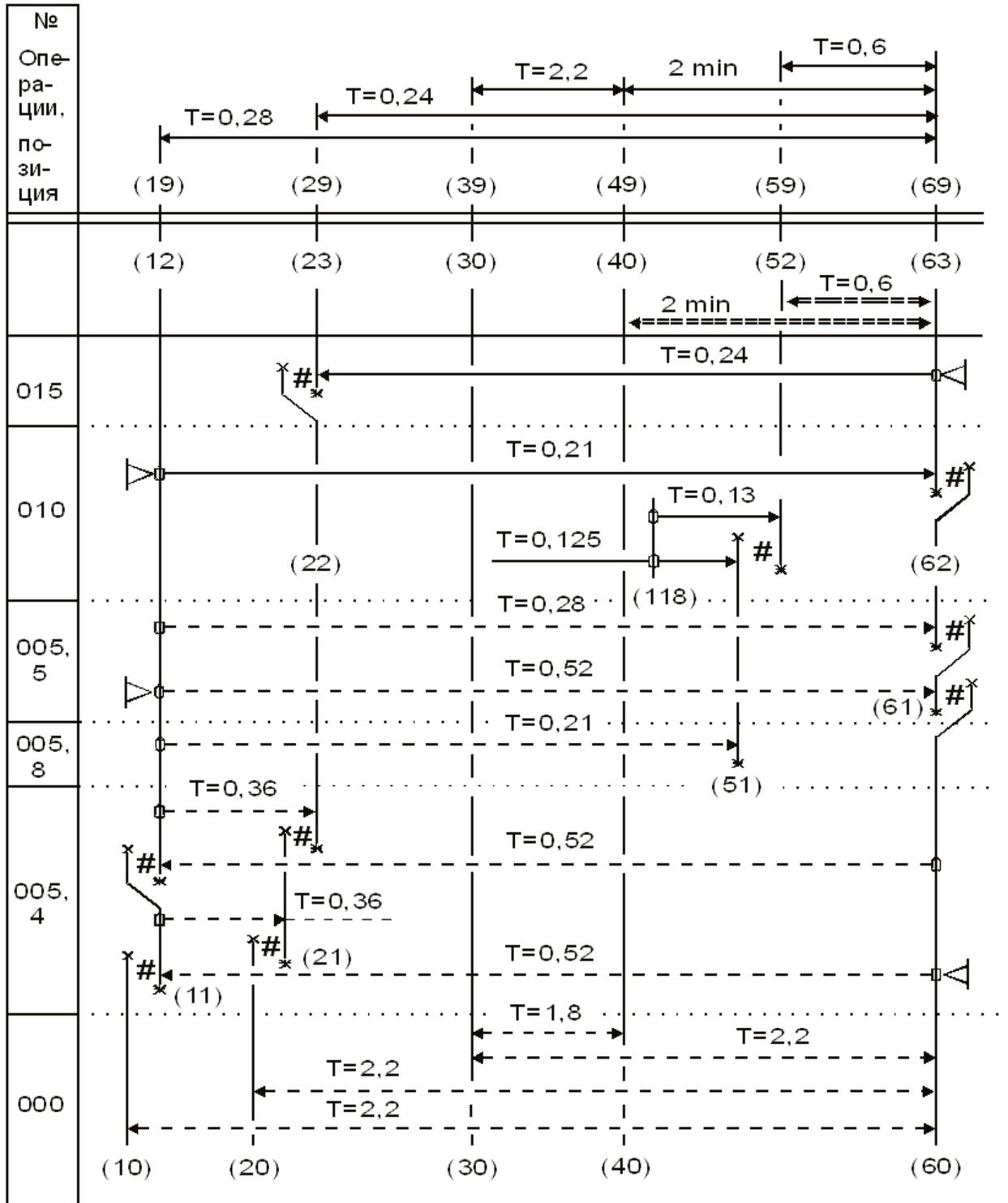


Рис. 12.92. Проектный вариант 2 размерной схемы 1

Результаты расчета размерной схемы в табл. 12.31.

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[40=63]=+(12+63)-(12+60)+(30-60)-(30+40)$$

$$[22=23]=-(23+63)+(12+63)-(12-22)$$

$$[52=63]=+(12+63)-(12-51)+(118+51)-(118+52)$$

$$[63=62]=+(12-62)-(12+63)$$

$$[62=61]=+(12-61)-(12+62)$$

$$[61=60]=+(12-60)-(12+61)$$

$$[21=22]=+(12+22)-(12+60)+(11+60)-(11-21)$$

$$[20=21]=-(11+21)-(11+60)+(20-60)$$

$$[11=12]=-(12+60)+(11-60)$$

$$[10=11]=-(11+60)+(10-60)$$

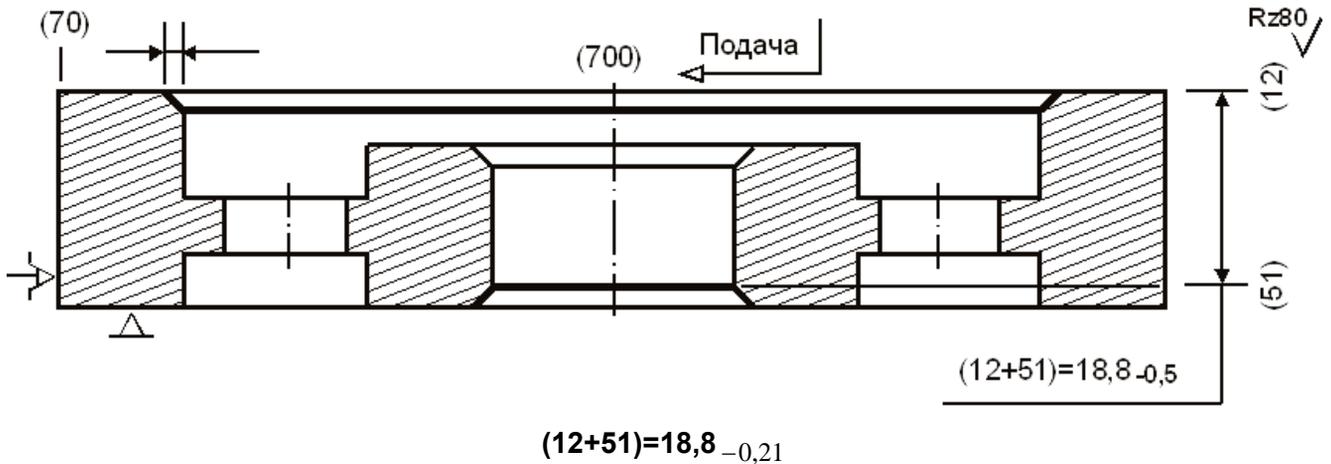


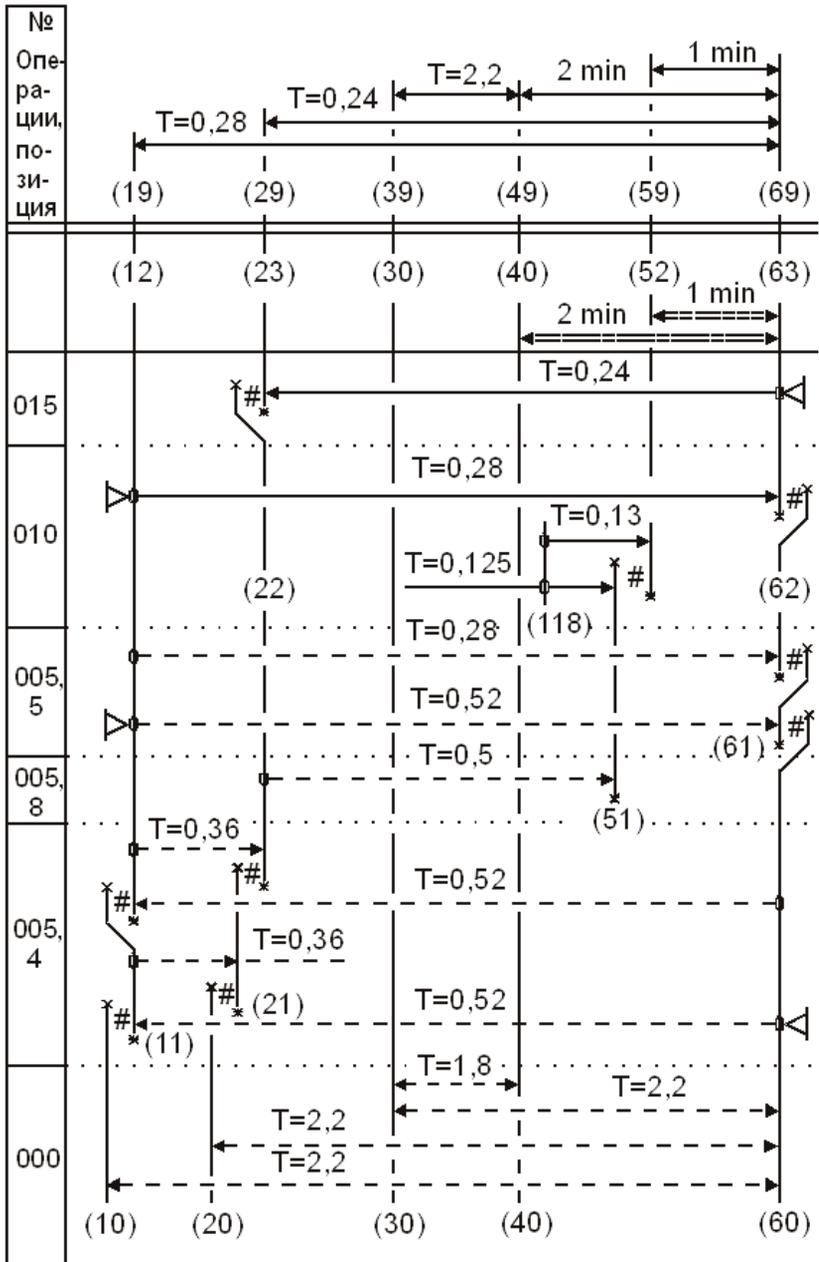
Рис. 12.93. Операция 005. Позиция 8

Таблица 12.31

Результаты расчета размерной схемы 1 варианта 2

Группа	Номера левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
2=	40	63		2,090	6,820	4,455	2,365	0,090	
2=	22	23		0,080	0,890	0,485	0,405	0,000	
3=	52	63	1,000	0,285	-0,273	1,006	0,279	0,027	0,015
2=	63	62		0,120	0,610	0,365	0,245	0,040	
6+	12	62	20,400	0,000	-0,280	20,260	0,140		
2=	62	61		0,680	1,480	1,080	0,400	0,080	
6+	12	61	21,600	0,000	-0,520	21,340	0,260		
2=	61	60		0,080	1,120	0,600	0,520	0,080	
6+	12	51	18,800	0,000	-0,210	18,695	0,105		
2=	21	22		0,670	2,430	1,550	0,880	0,070	
6+	12	22	9,350	0,360	0,000	9,530	0,180		
2=	11	12		0,680	1,720	1,200	0,520	0,080	
6+	12	60	22,200	0,000	-0,520	21,940	0,260		
2=	20	21		0,100	3,180	1,640	1,540	0,100	
6+	11	21	9,000	0,360	0,000	9,180	0,180		
2=	10	11		0,100	2,820	1,460	1,360	0,100	
6+	11	60	23,400	0,000	-0,520	23,140	0,260		
6+	30	60	12,800	1,700	-0,500	13,400	1,100		
6+	20	60	15,000	1,700	-0,500	15,600	1,100		
6+	10	60	24,000	1,700	-0,500	24,600	1,100		

12.4.2.3. Проектный вариант 3. Размерная схема 1



По третьему варианту от конструктора получено разрешение, проставить новые исходные размеры (49+69) и (59+69) с односторонним предельным значением:

размер (49+69)= $2 \pm 0,125$
изменить на (49+69)=2min;

размер (59+69)= $1 \pm 0,125$
изменить на (59+69)=1min.

При таких условиях можно воспользоваться размерной схемой действующего процесса с измененным эскизом операции 005 позиции 4.

Последний вариант 3 размерной схемы 1 построен на рис. 12.94.

Уравнения размерных цепей показаны ниже.

Результаты расчета даны в табл. 12.32 (см. с. 358).

Звенья размерной схемы 1 после кодирования имеют вид:

Рис. 12.94. Проектный вариант 3 размерной схемы 1

Исходная размерная информация (см. рис. 12.94)

1: 2 40 63 2	2: 2 22 23 0,08
3: 8 23 63 10 0 -0,24	4: 2 52 63 1
5: 7 118 52 24 0,013 0	6: 7 118 51 23,75 0,125 0
7: 8 12 63 20 0 -0,28	8: 2 63 62 0,08
9: 6 12 62 0 -0,28 1	10: 2 62 61 0,6
11: 6 12 61 0 -0,52 1	12: 2 61 60 0
13: 6 22 51 0 -0,5 1	14: 2 21 22 0,6
15: 6 12 22 0,36 0 2	16: 2 11 12 0,6
17: 6 12 60 0 -0,52 1	18: 2 20 21 0
19: 6 11 21 0,36 0 1	20: 2 10 11 0
21: 6 11 60 0 -0,52 1	22: 8 30 40 6,5 1,3 -0,5
23: 6 30 60 1,7 -0,5 1	24: 6 20 60 1,7 -0,5 1
25: 6 10 60 1,7 -0,5 1	

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[40=63]=+(12+63)-(12+60)+(30-60)-(30+40)$$

$$[22=23]=-(23+63)+(12+63)-(12-22)$$

$$[63=62]=+(12-62)-(12+63)$$

$$[62=61]=+(12-61)-(12+62)$$

$$[61=60]=+(12-60)-(12+61)$$

$$[21=22]=+(12+22)-(12+60)+(11+60)-(11-21)$$

$$[20=21]=+(11+21)-(11+60)+(20-60)$$

$$[11=12]=-(12+60)+(11-60)$$

$$[10=11]=-(11+60)+(10-60)$$

Вероятностный метод применительно к массовому производству

$$[52=63]=+(12+63)-(12+22)-(22-51)+(118+51)-(118+52)$$

Таблица 12.32

Результаты расчета размерной схемы 1 варианта 3

Группа	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл	наибольш. знач. или нижн. откл	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
2=	40	63		2,020	6,820	4,420	2,400	0,020	
2=	22	23		0,080	0,960	0,520	0,440	0,000	
3=	52	63	1,000	0,700	0,120	1,356	0,344	0,012	
2=	63	62		0,120	0,680	0,400	0,280	0,040	
6+	12	62	20,400	0,000	-0,280	20,260	0,140		
2=	62	61		0,680	1,480	1,080	0,400	0,080	
6+	12	61	21,600	0,000	-0,520	21,340	0,260		
2=	61	60		0,080	1,120	0,600	0,520	0,080	
6+	22	51	9,100	0,000	-0,500	8,850	0,250		
2=	21	22		0,700	2,460	1,580	0,880	0,100	
6+	12	22	9,280	0,360	0,000	9,460	0,180		
2=	11	12		0,680	1,720	1,200	0,520	0,080	
6+	12	60	22,200	0,000	-0,520	21,940	0,260		
2=	20	21		0,100	3,180	1,640	1,540	0,100	
6+	11	21	8,900	0,360	0,000	9,080	0,180		
2=	10	11		0,100	2,820	1,460	1,360	0,100	
6+	11	60	23,400	0,000	-0,520	23,140	0,260		
6+	30	60	12,800	1,700	-0,500	13,400	1,100		
6+	20	60	15,100	1,700	-0,500	15,700	1,100		
6+	10	60	24,000	1,700	-0,500	24,600	1,100		

12.4.2.4. Проектный вариант. Размерная схема 2

Схема проектного варианта радиальных (диаметральных) размеров показана на рис. 12.95 (см. с. 359). Ни один из проектных вариантов размерной схемы 1 не отразился на характере размерной схемы 2.

Звенья размерной схемы 2 после кодирования имеют вид:

Исходная размерная информация (см. рис. 12.95)

1:	2 91 92 0,5	2:	8 92 902 40,281 -0,068 -0,106
3:	8 902 1002 0 +-0,008	4:	6 91 901 0 -0,05
5:	7 901 1002 0 +-0,008	6:	8 103 1002 24 0,013 0
7:	2 103 102 0,08	8:	8 701 1002 0 +-0,02
9:	2 71 72 0,16	10:	8 72 701 88,97 0 -0,13
11:	2 70 71 0,6	12:	6 71 701 0 -0,5 2
13:	7 701 1001 0 +-0,01	14:	2 102 101 0,16
15:	6 102 1001 0,125 0 2	16:	2 101 100 0,6
17:	6 101 1001 0,31 0 2	18:	7 700 1001 0 +-0,08
19:	6 70 700 1,05 -0,6 2	20:	6 100 1000 0,45 -0,9 2
21:	7 700 1000 0 +-0,3		

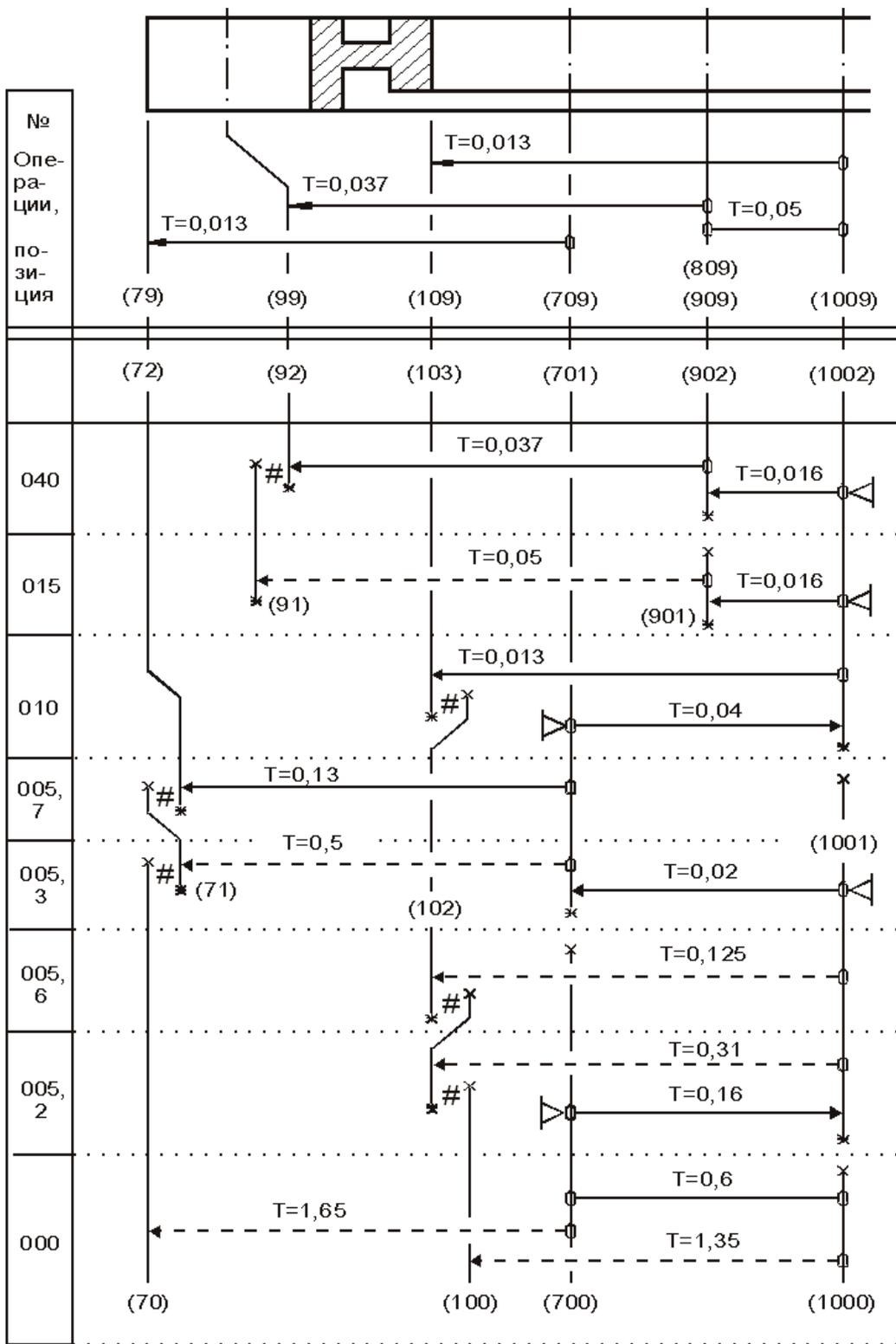


Рис. 12.95. Проектный вариант размерной схемы 2

Цепи размерные

Уравнения решены методом максимума-минимума

$$[91=92]=-(92+902)-(902+1002)+(901+1002)+(91-901)$$

$$[103=102]=-(102-1001)+(701+1001)-(701+1002)+(103+1002)$$

$$[71=72]=-(72+701)-(71-701)$$

$$[70=71]=-(71+701)-(701+1001)+(700+1001)+(70-700)$$

$$[102=101]=-(101-1001)+(102+1001)$$

$$[101=100]=-(100-1000)+(700+1000)-(700+1001)+(101+1001)$$

Результаты расчета даны в табл. 12.33.

Таблица 12.33

Результаты расчета проектного варианта размерной схемы 2

Группа	Номера левой и правой поверхностей звена		Размерная информация					Запасы предельных значений	
			номинальное значение	наименьш. знач. или верх. откл.	наибольш. знач. или нижн. откл.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
2=	91	92		0,500	0,620	0,560	0,060	0,000	
6+	91	901	40,779	0,000	-0,050	40,754	0,025		
6+	2(91)	901)	81 558	0,000	-0,100	81,508	0,050		
2=	103	102		0,085	0,283	0,184	0,099	0,005	
2=	71	72		0,170	0,800	0,485	0,315	0,010	
2=	70	71		0,670	3,000	1,835	1,165	0,070	
6+	71	701	89,640	0,000	-0,500	89,390	0,250		
6+	2(71)	701)	179 280	0,000	-1,000	178,780	0,500		
2=	102	101		0,160	0,595	0,378	0,218	0,000	
6+	102	1001	23,760	0,125	0,000	23,823	0,062		
6+	2(102)	1001)	47,520	0,250	0,000	47,646	0,125		
2=	101	100		0,660	3,080	1,870	1,210	0,060	
6+	101	1001	23,290	0,310	0,000	23,445	0,155		
6+	2(101)	1001)	46,580	0,620	0,000	46,890	0,310		
6+	70	700	91,000	1,050	-0,600	91,225	0,825		
6+	2(70)	700)	182 000	2,100	-1,200	182,450	1,650		
6+	100	1000	21,800	0,450	-0,900	21,575	0,675		
6+	2(100)	1000)	43,600	0,900	-1,800	43,150	1,350		

Ответы и решения

1.5.1

Уравнения с цепями: $G_{3\Delta}$; $D_{3\Delta}$; $E_{5\Delta}$; $E_{6\Delta}$; $E_{7\Delta}$; I_{Δ} ; K_{Δ} и L_{Δ} .

$$G_{3\Delta} = +G_2 + G_1; \quad D_{3\Delta} = +D_2 + D_1; \quad (1.1.1) \text{ и } (1.2.1)$$

$$E_{5\Delta} = -E_2 - E_1 + E_4; \quad E_{6\Delta} = -E_2 - E_1 + E_3; \quad (1.3.1) \text{ и } (1.4.1)$$

$$E_{7\Delta} = -E_3 + E_4; \quad I_{\Delta} = -A - B - E_3 + E_4; \quad (1.5.1) \text{ и } (1.6.1)$$

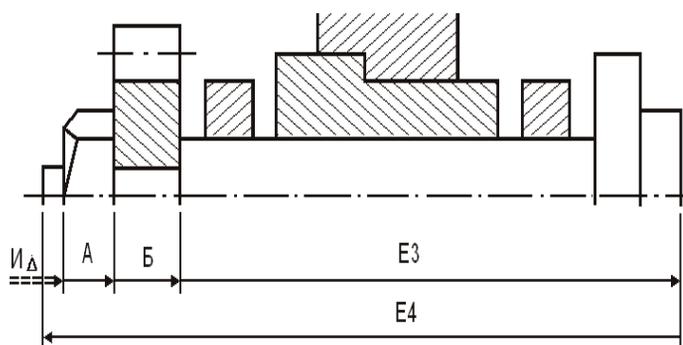
$$K_{\Delta} = -D_1 + G_1; \quad L_{\Delta} = +G_2 - D_2. \quad (1.7.1) \text{ и } (1.8.1)$$

1.5.2

Размерные схемы и контуры на рис. 1.22...1.27 (см. с. 360 и 361).

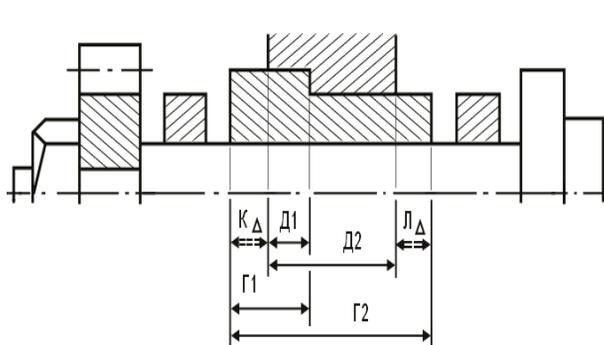
Размерная схема с контуром I_{Δ} и уравнение сборочной цепи на рис. 1.22.

Размерная схема с контурами K_{Δ} , L_{Δ} и уравнения цепей на рис. 1.23.



$$I_{\Delta} = -A - B - E_3 + E_4$$

Рис. 1.22. Размерная схема с замкнутым контуром I_{Δ}



$$K_{\Delta} = -D_1 + G_1, \quad L_{\Delta} = +G_2 - D_2.$$

Рис. 1.23. Размерная схема с замкнутыми контурами K_{Δ} и L_{Δ}

Размерная схема с контуром H_{Δ} и уравнение размерной цепи (крайнее правое положение вала) на рис. 1.24.

Размерная схема сборочных цепей (правое положение вала) на рис. 1.25.

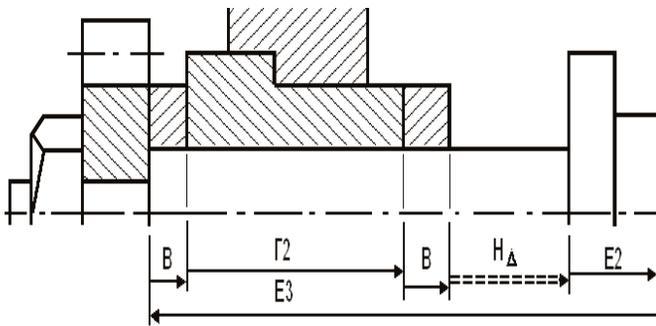


Рис. 1.24. Размерная схема с замкнутым контуром H_{Δ}

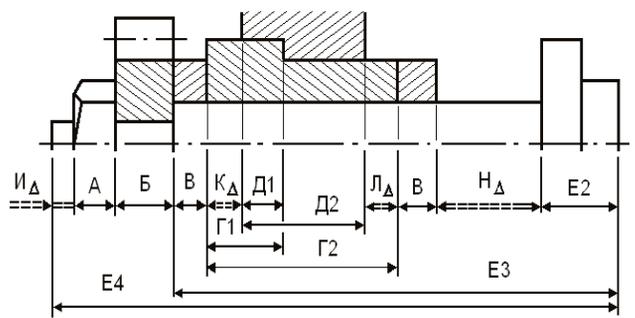


Рис. 1.25. Размерная схема с замкнутыми контурами I_{Δ} , K_{Δ} , L_{Δ} и H_{Δ}

Размерная схема с контуром M_{Δ} (крайнее левое положение вала) на рис. 1.26.

Размерная схема сборочных цепей (левое положение вала) на рис. 1.27.

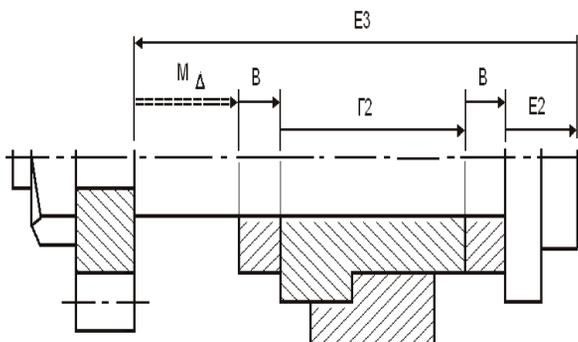


Рис. 1.26. Размерная схема с замкнутым контуром M_{Δ}

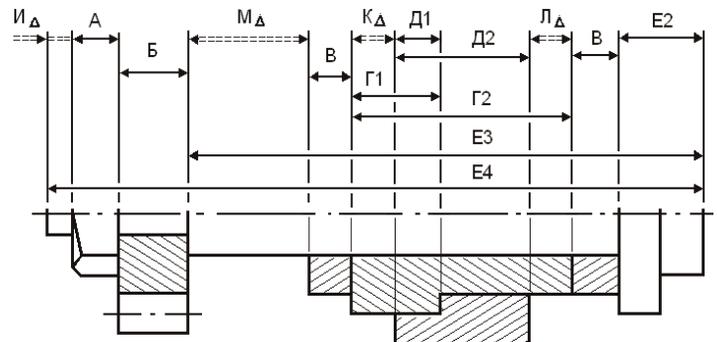


Рис. 1.27. Размерная схема с замкнутыми контурами I_{Δ} , K_{Δ} , L_{Δ} и M_{Δ}

Уравнение размерной цепи по рис. 1.26:

$$M_{\Delta} = -B - \Gamma_2 - B - E_2 + E_4$$

Уравнения размерных цепей по рис. 1.27:

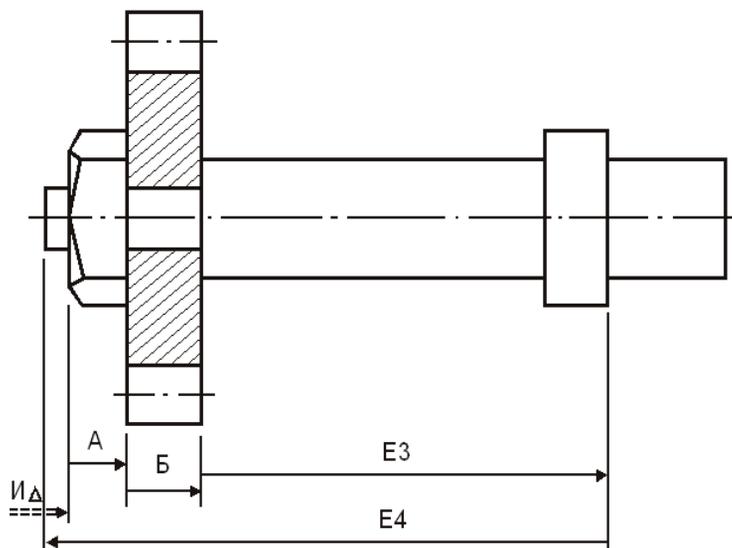
$$I_{\Delta} = -A - B - E_3 - E_4; \quad K_{\Delta} = -D_1 + \Gamma_1; \quad L_{\Delta} = +\Gamma_2 - \Gamma_1 + D_1 - D_2;$$

$$H_{\Delta} = -E_2 + E_3 - B - \Gamma_2 - B \text{ (вал — вправо); } \quad M_{\Delta} = -B - \Gamma_2 - B - E_2 + E_3 \text{ (вал — влево).}$$

В данном упражнении уравнения с H_{Δ} и M_{Δ} равноценны.

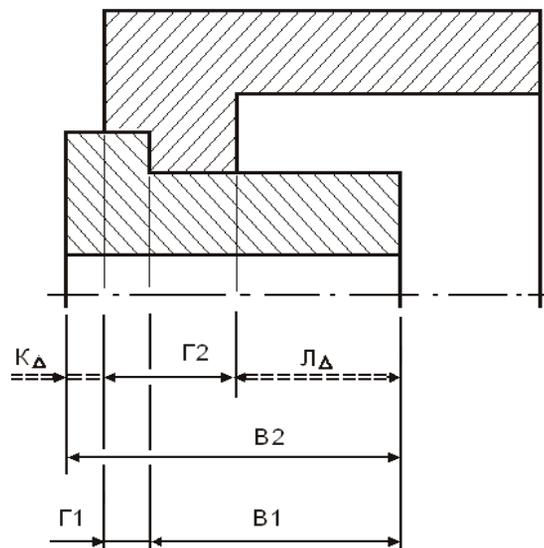
1.5.3.1

Размерные схемы и контуры на рис. 1.39...1.51 (см. с. 362 и 364).



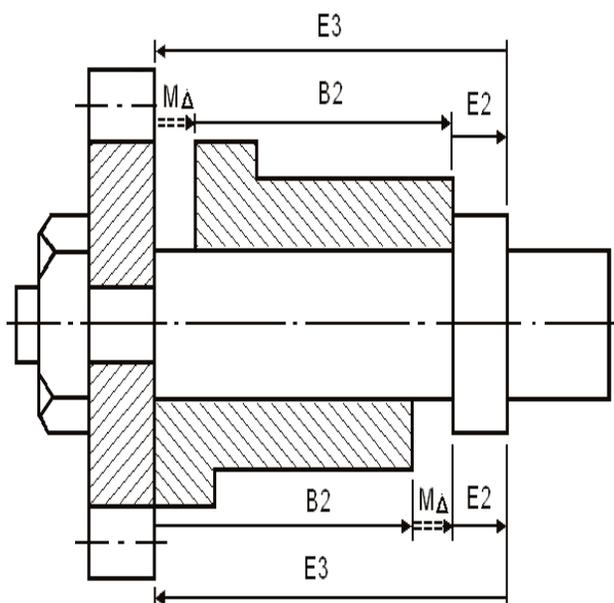
$$I_{\Delta} = -A - B - E3 + E4$$

Рис. 1.39. Схема с замкнутым контуром I_{Δ} и уравнение сборочной размерной цепи



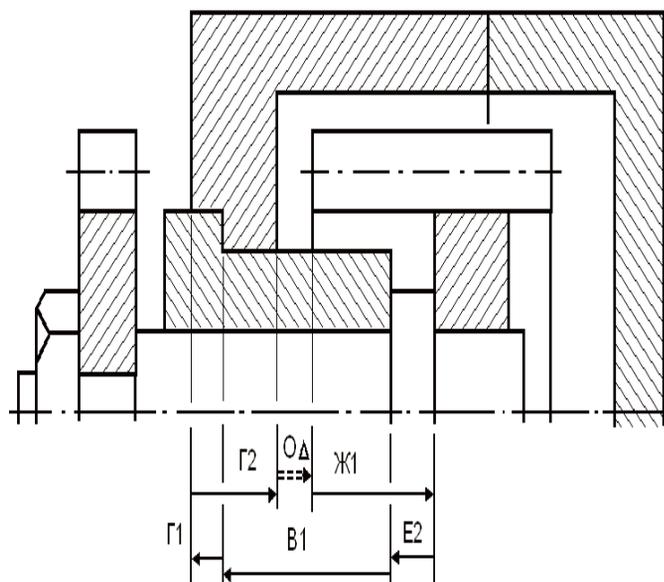
$$K_{\Delta} = -\Gamma1 - B1 + B2; L_{\Delta} = +B1 + \Gamma1 - \Gamma2$$

Рис. 1.40. Схема с контурами K_{Δ} , L_{Δ} и уравнения сборочных цепей



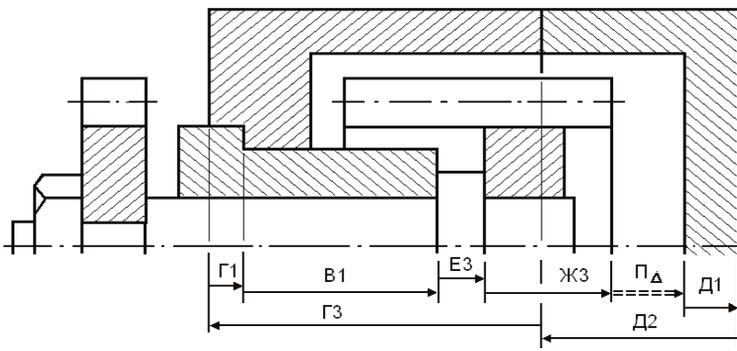
$$M_{\Delta} = -B2 - E2 + E3 = -E2 + E3 - B2$$

Рис. 1.41. Размерная схема с замкнутым контуром M_{Δ}



$$O_{\Delta} = -\text{Ж}1 + E2 + B1 + \Gamma1 - \Gamma2$$

Рис. 1.42. Размерная схема с замкнутым контуром O_{Δ}



$$P_{\Delta} = -D_1 + D_2 + \Gamma_3 - \Gamma_1 - B_1 - E_2 - Ж_3$$

Рис. 1.43. Размерная схема с контуром P_{Δ}

На рис. 1.45 представлена размерная схема при крайнем правом положении вала. Уравнения со звеньями I_{Δ} , K_{Δ} , L_{Δ} и M_{Δ} останутся без изменения. Существенно изменятся контуры с замыкающими звеньями O_{Δ} и P_{Δ} .

На рис. 1.46 представлена размерная схема с контуром O_{Δ} и уравнение сборочной размерной цепи (крайнее правое положение вала):

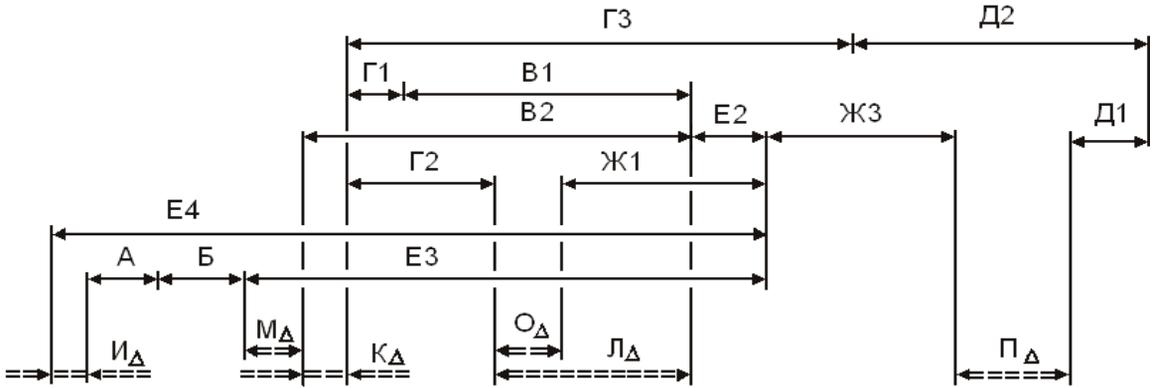


Рис. 1.44. Полная размерная схема сборочных цепей

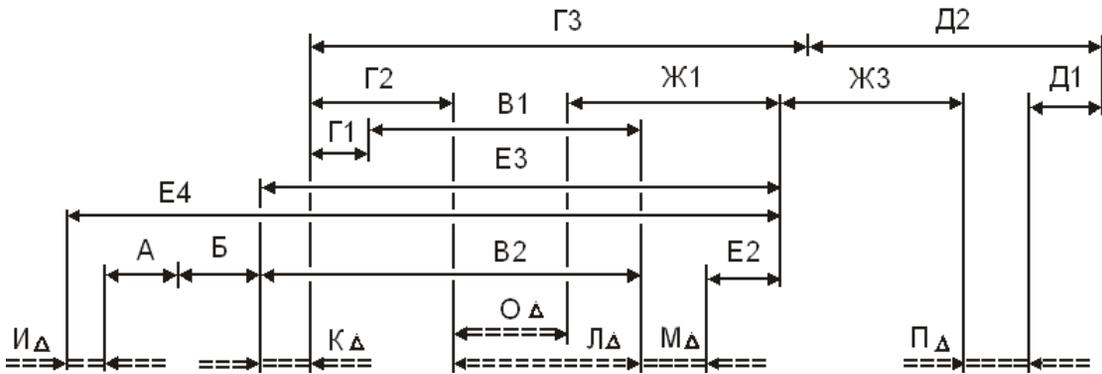
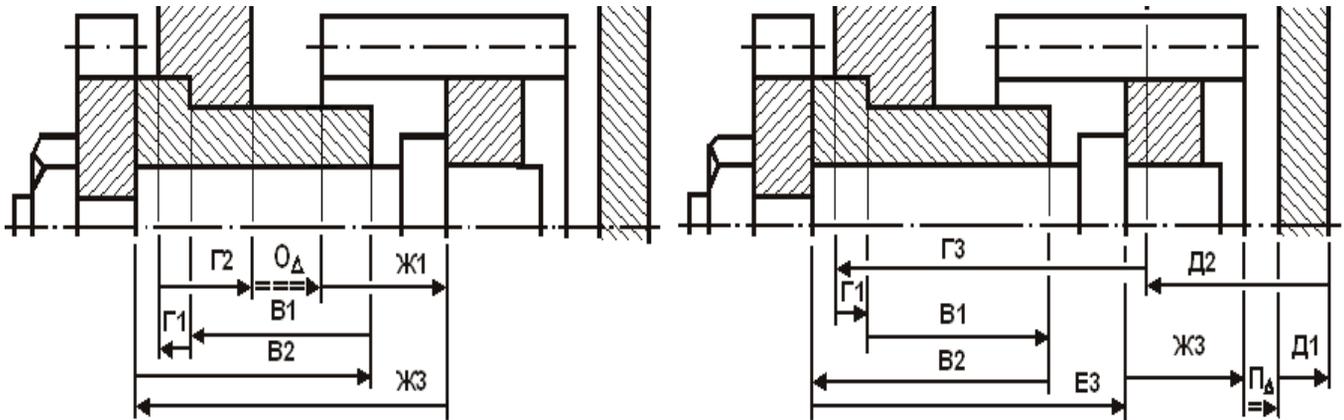


Рис. 1.45. Размерная схема сборочных цепей (крайнее правое положение вала)



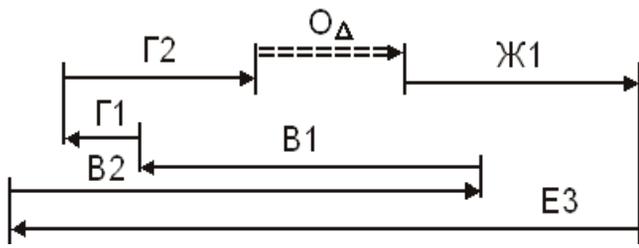
$$O_{\Delta} = -Ж_1 + E_3 - B_2 + B_1 + \Gamma_1 - \Gamma_2$$

Рис. 1.46. Размерная схема с замкнутым контуром O_{Δ}

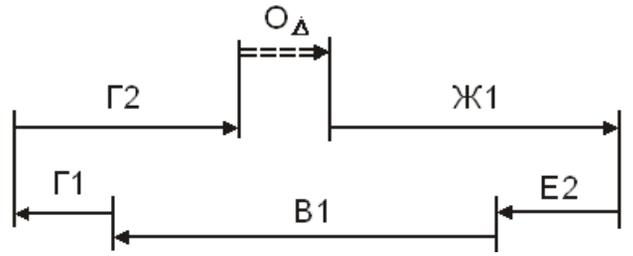
$$P_{\Delta} = -D_1 + D_2 + \Gamma_3 - \Gamma_1 - B_1 + B_2 - E_3 - Ж_3$$

Рис. 1.47. Размерная схема с замкнутым контуром P_{Δ}

Контуры O_{Δ} при крайних положениях вала на рис. 1.48 и 1.49.



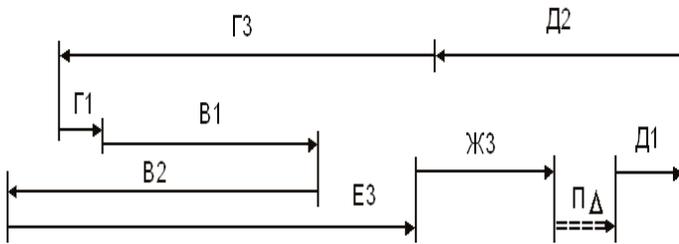
$$O_{\Delta} = -Ж1 + E3 - B2 + B1 + Г1 - Г2$$



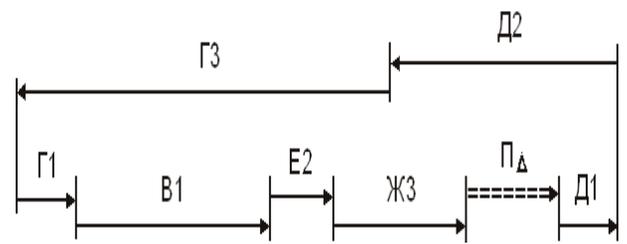
$$O_{\Delta} = -Ж1 + E2 + B1 + Г1 - Г2$$

Рис. 1.48. Крайнее правое положение вала Рис. 1.49. Крайнее левое положение вала

Контуры Π_{Δ} при крайних положениях вала на рис. 1.50 и 1.51.



$$\Pi_{\Delta} = -Д1 + Д2 + Г3 - Г1 - В1 + В2 - E3 - Ж3$$



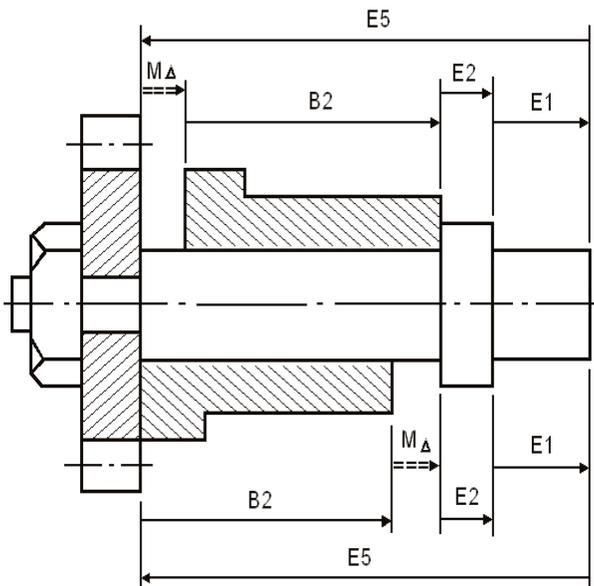
$$\Pi_{\Delta} = -Д1 + Д2 + Г3 - Г1 - В1 - E2 - Ж3$$

Рис. 1.50. Крайнее правое положение вала

Рис. 1.51. Крайнее левое положение вала

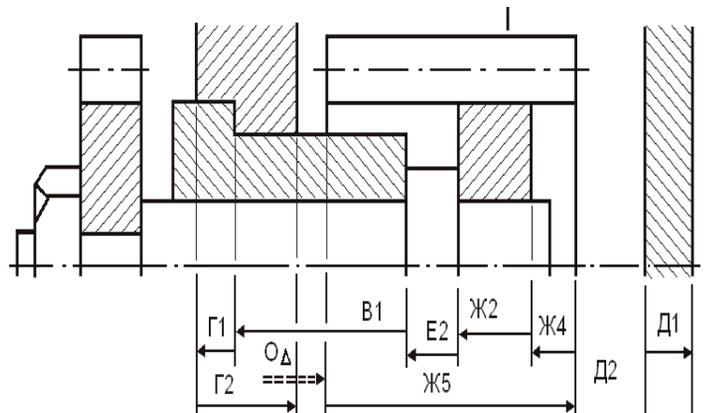
1.5.3.2

Размерные схемы и контуры на рис. 1.53...1.63 (см. с. 364 и 366).



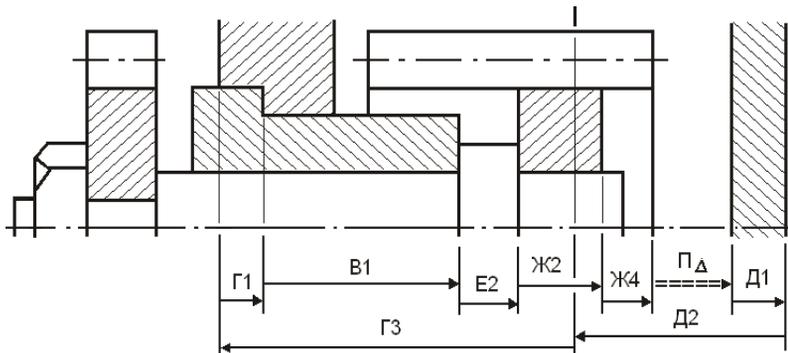
$$M_{\Delta} = -B2 - E2 - E1 + E5 = -E2 - E1 + E5 - B2$$

Рис. 1.53. Размерная схема с замкнутым контуром M_{Δ}



$$O_{\Delta} = -Ж5 + Ж4 + Ж2 + E2 + B1 + Г1 - Г2$$

Рис. 1.54. Размерная схема с замкнутым контуром O_{Δ}



$$P_{\Delta} = -D_1 + D_2 + G_3 - G_1 - B_1 - E_2 - Ж_2 - Ж_4$$

Рис. 1.55. Размерная схема с замкнутым контуром P_{Δ}

На рис. 1.57 представлена размерная схема при крайнем правом положении вала. Уравнения со звеньями I_{Δ} , K_{Δ} , L_{Δ} и M_{Δ} останутся без изменения. Существенно изменятся контуры со звеньями O_{Δ} и P_{Δ} .

На рис. 1.58 размерная схема с замкнутым контуром O_{Δ} и уравнение сборочной размерной цепи (крайнее правое положение вала).

Крайнее левое положение вала

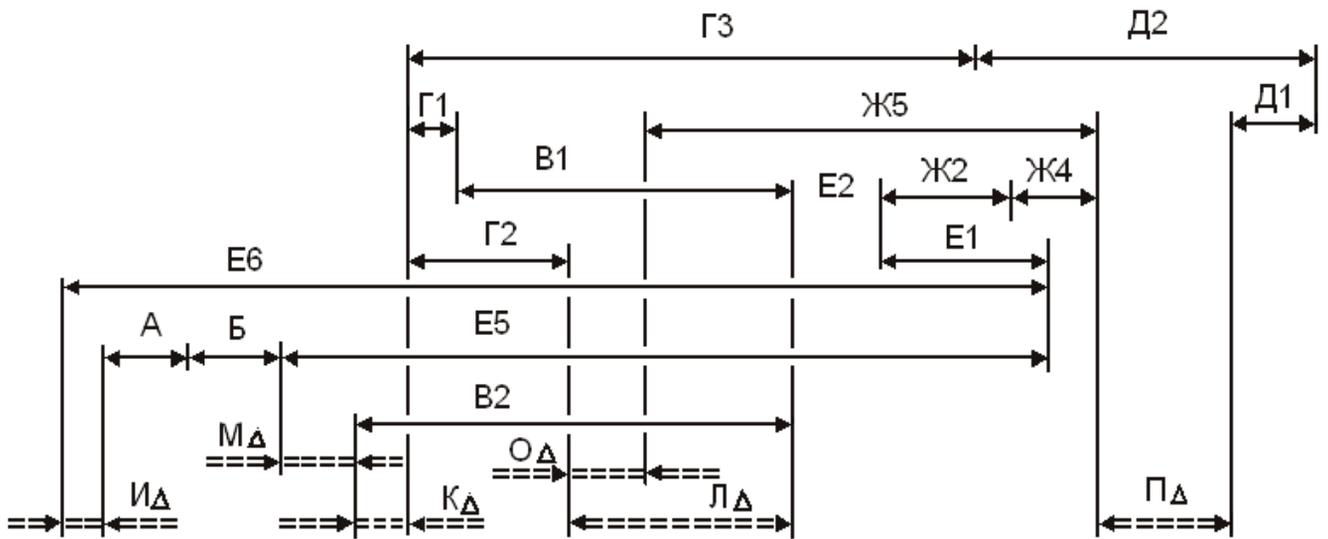


Рис. 1.56. Полная размерная схема сборочных цепей (крайнее левое положение вала)

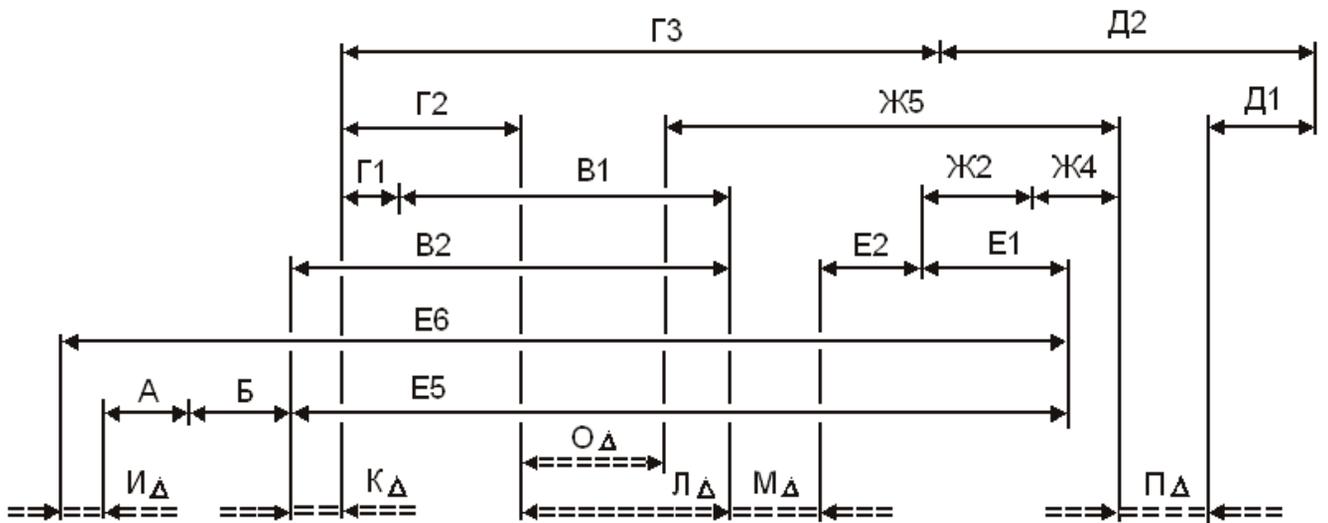
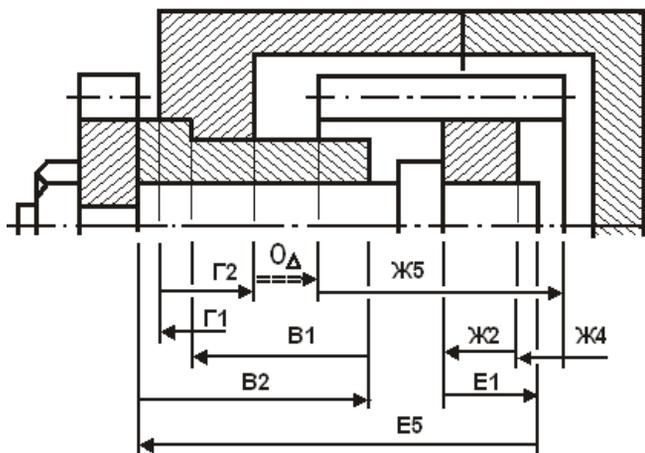
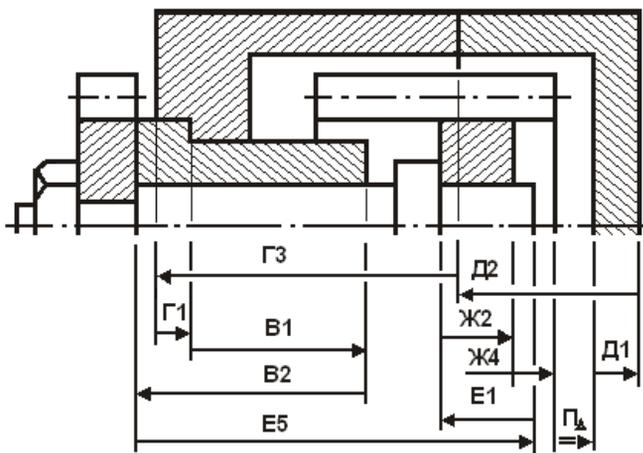


Рис. 1.57. Размерная схема сборочных цепей (крайнее правое положение вала)



$$O_{\Delta} = -Ж5 + Ж4 + Ж2 - Е1 + Е5 - В2 + В1 + Г1 - Г2$$

Рис. 1.58. Крайнее правое положение вала

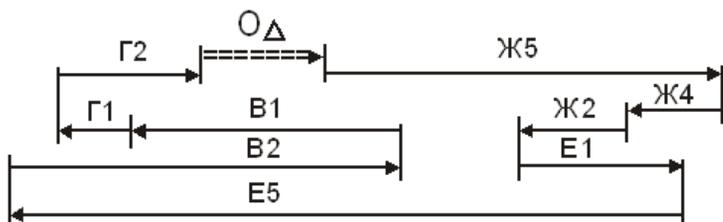


$$П_{\Delta} = -Д1 + Д2 + Г3 - Г1 - В1 + В2 - Е5 + Е1 - Ж2 - Ж4$$

Рис. 1.59. Крайнее правое положение вала

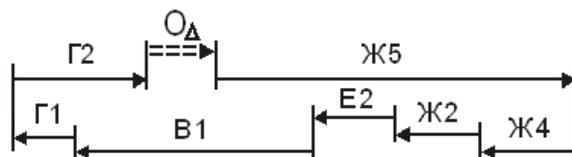
На рис. 1.59 размерная схема с замкнутым контуром $П_{\Delta}$ и уравнение сборочной размерной цепи (крайнее правое положение вала):

На рис. 1.60 и 1.61 показаны контуры O_{Δ} при крайних положениях вала.



$$O_{\Delta} = -Ж5 + Ж4 + Ж2 - Е1 + Е5 - В2 + В1 + Г1 - Г2$$

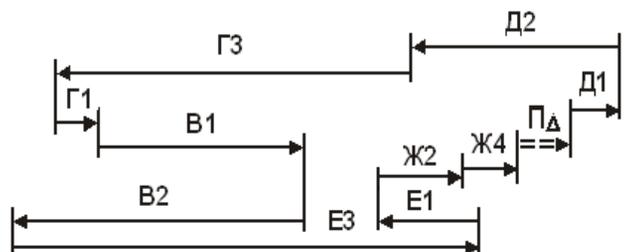
Рис. 1.60. Схема с замкнутым контуром O_{Δ} и уравнение сборочной размерной цепи (крайнее правое положение вала)



$$O_{\Delta} = -Ж5 + Ж4 + Ж2 + Е2 + В1 + Г1 - Г2$$

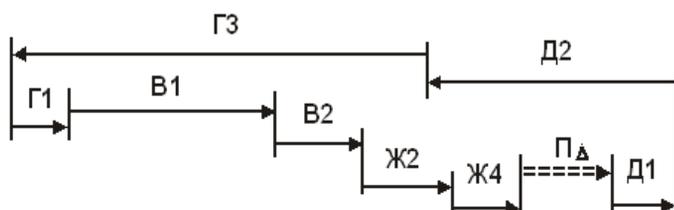
Рис. 1.61. Размерная схема с контуром O_{Δ} и уравнение сборочной размерной цепи (крайнее левое положение вала)

На рис. 1.62 и 1.63 показаны схемы контура $П_{\Delta}$ при крайних положениях вала.



$$П_{\Delta} = -Д1 + Д2 + Г3 - Г1 - В1 + В2 - Е5 + Е1 - Ж2 - Ж4$$

Рис. 1.62. Схема с контуром $П_{\Delta}$ и уравнение цепи при крайнем правом положении вала

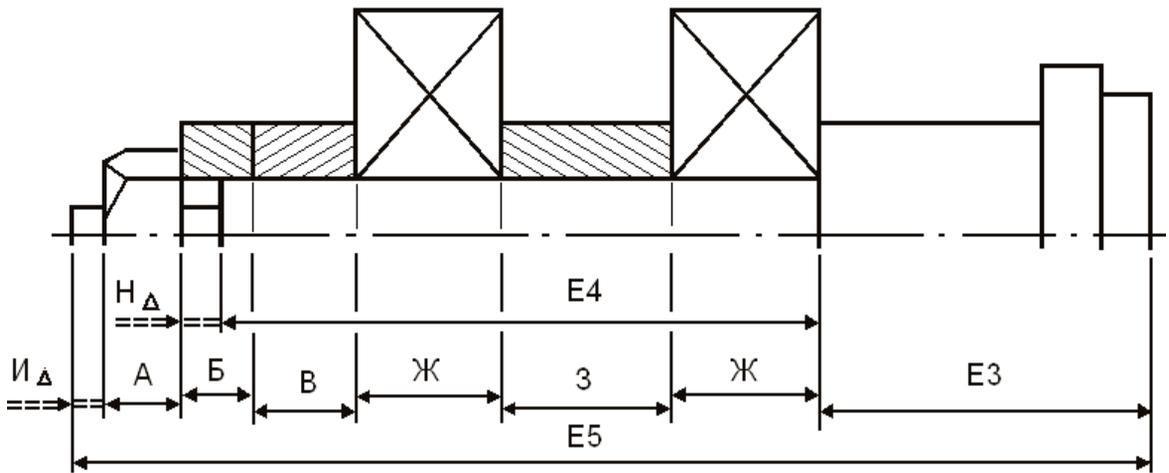


$$П_{\Delta} = -Д1 + Д2 + Г3 - Г1 - В1 - Е2 - Ж2 - Ж4$$

Рис. 1.63. Схема с контуром $П_{\Delta}$ и уравнение цепи при крайнем левом положении вала

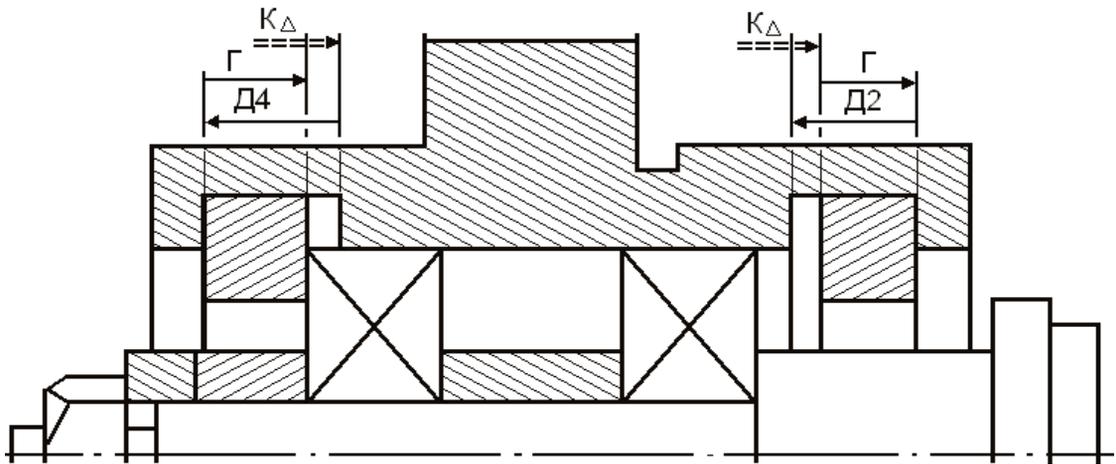
1.5.4

Размерные схемы и контуры на рис. 1.70...1.76 (см. с. 367 и 369).



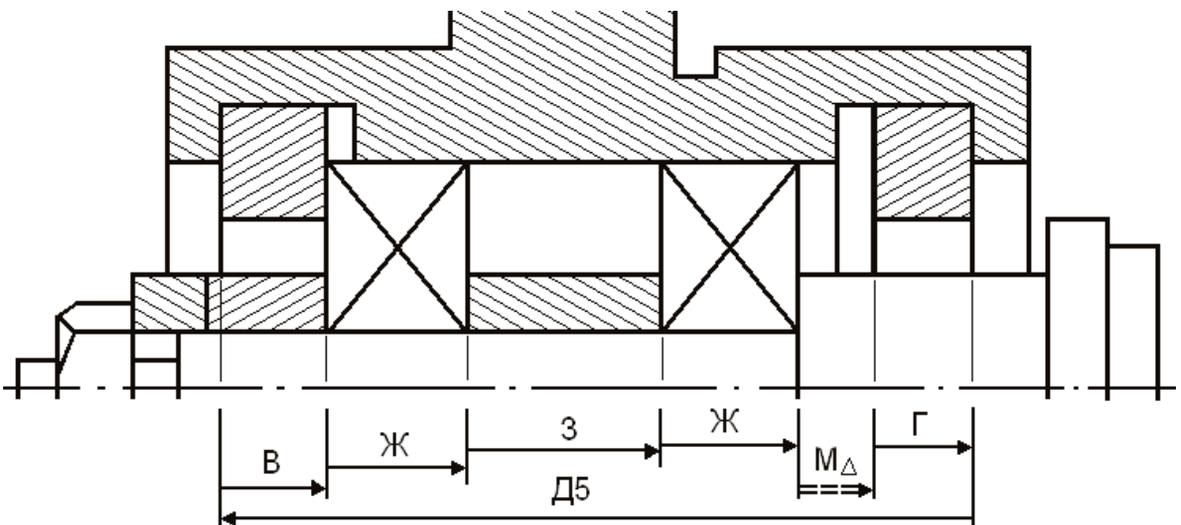
$$I_{\Delta} = -A - B - B - Ж - 3 - Ж - E3 + E5; \quad H_{\Delta} = -E4 + Ж + 3 + Ж + B + B$$

Рис. 1.70. Размерные схемы с контурами I_{Δ} , H_{Δ} и уравнения размерных цепей



$$K_{\Delta} = +Г - Д4 = -Д2 + Г$$

Рис. 1.71. Размерные схемы с замкнутым контуром K_{Δ}



$$M_{\Delta} = -Г + Д5 - B - Ж - 3 - Ж$$

Рис. 1.72. Размерная схема с замкнутым контуром M_{Δ} и уравнение размерной цепи

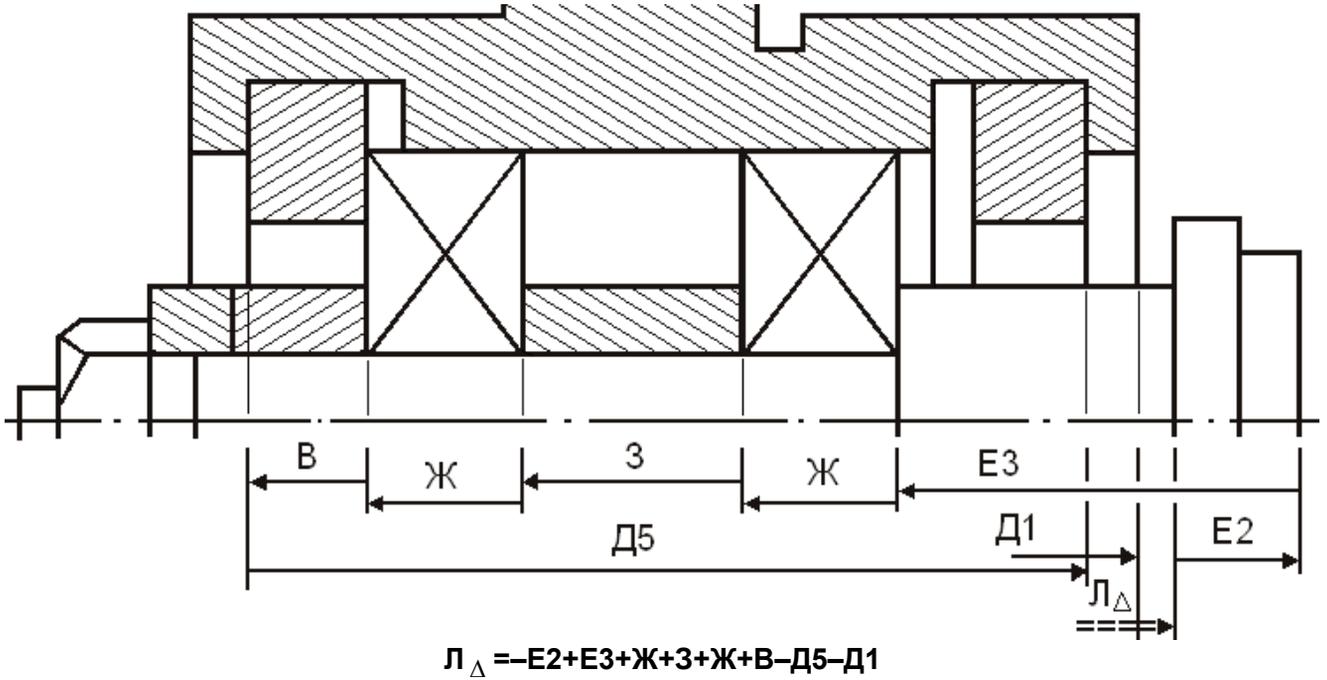


Рис. 1.73. Размерная схема с замкнутым контуром L_{Δ}
(крайнее левое положение вала)

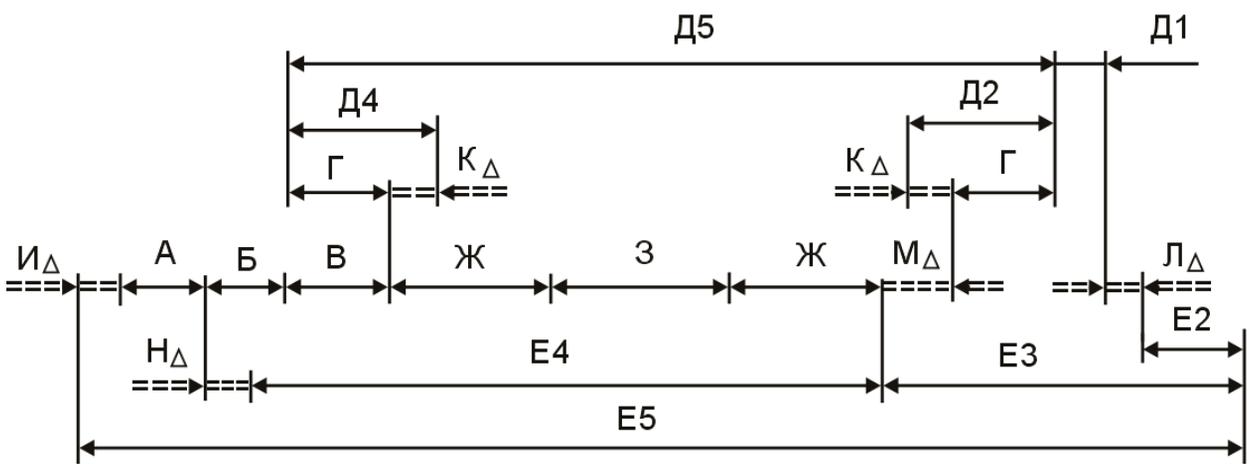


Рис. 1.74. Полная схема сборочных цепей при крайнем левом положении вала

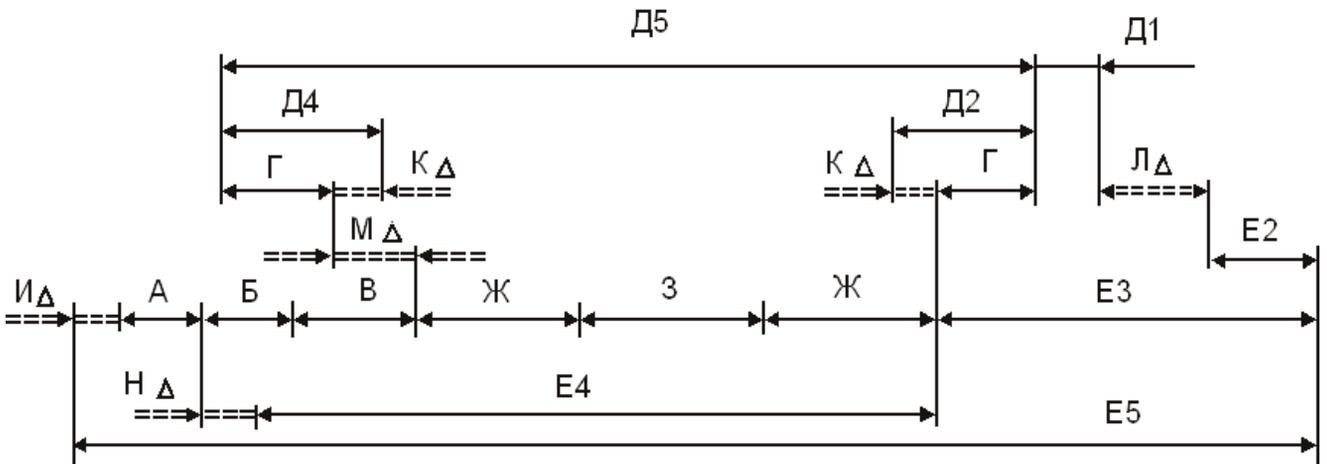
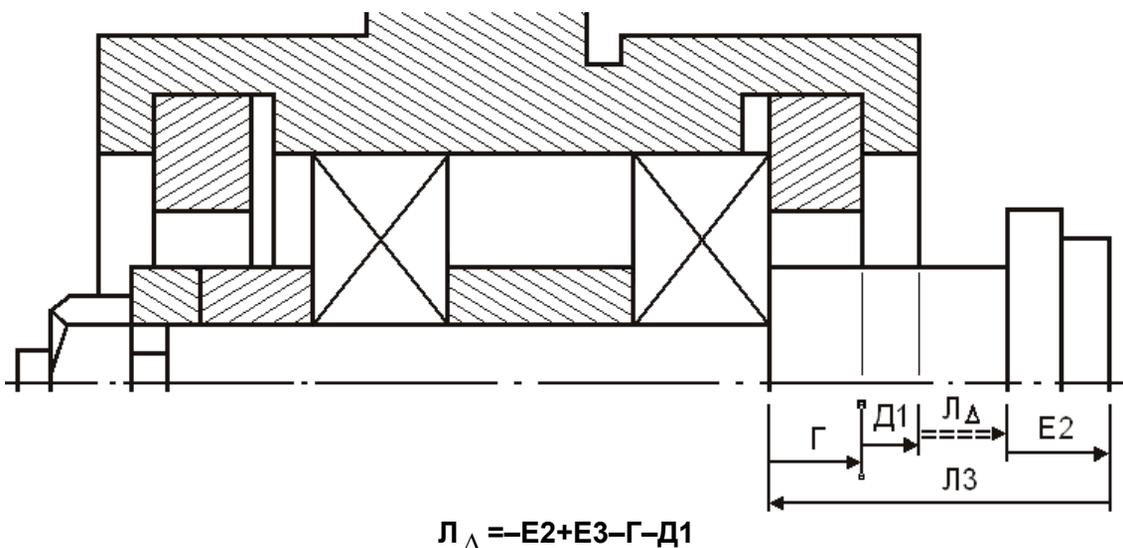


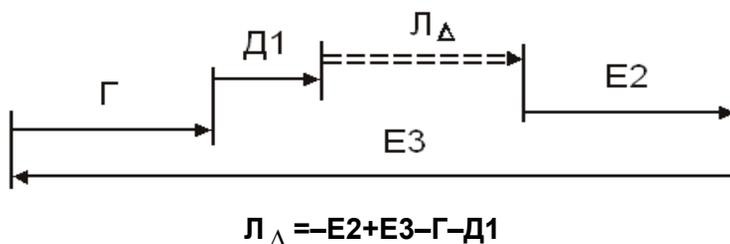
Рис. 1.75. Полная схема сборочных цепей при крайнем левом положении вала



$$L_{\Delta} = -E2 + E3 - \Gamma - D1$$

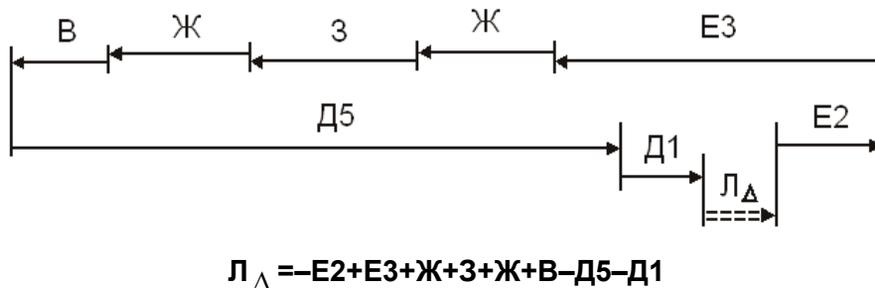
Рис. 1.76. Схема с замкнутым контуром L_{Δ} при крайнем правом положении вала

Контурные схемы L_{Δ} при крайних положениях вала на рис. 1.77 и 1.78.



$$L_{\Delta} = -E2 + E3 - \Gamma - D1$$

Рис. 1.77. Размерная схема с контуром L_{Δ} при крайнем правом положении вала



$$L_{\Delta} = -E2 + E3 + Ж + 3 + Ж + В - Д5 - Д1$$

Рис. 1.78. Размерная схема с контуром L_{Δ} при крайнем левом положении вала

2.9.1

Исходные размеры вала (см. рис. 2.15, с. 54):

$$(1_2) = 52 \pm 0,15 \text{ мм}; (2_3) = 38_{-0,062} \text{ мм}; (1_4) = 160_{-0,4} \text{ мм}.$$

Точность чертежных размеров:

$$\begin{aligned} T(1_2) &= 0,3 \text{ мм} \text{ — квалитет 12;} \\ T(1_4) &= 0,4 \text{ мм} \text{ — квалитет 12;} \\ T(2_3) &= 0,062 \text{ мм} \text{ — квалитет 9.} \end{aligned}$$

Замыкающий размер $[3_4]$ в исходной схеме (см. рис. 2.17, с. 370) изменяется на составляющий (3_4) в расчетном варианте (см. рис. 2.18, с. 370), а составляющее звено (1_4) превращается в замыкающий размер $[1_4]$, поле рассеяния которого $w(1_4)$ не должно превышать допуск $T(1_4)$.

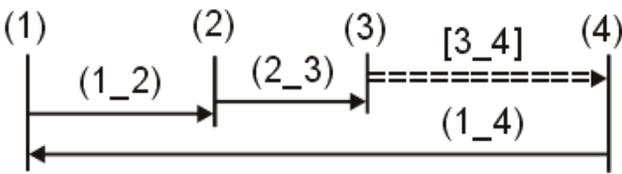


Рис. 2.17. Размерная схема исходного варианта

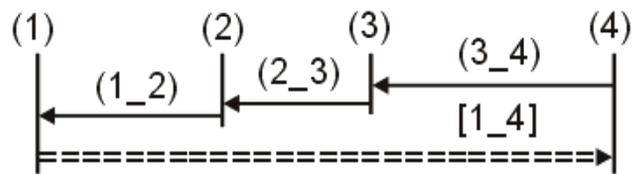


Рис. 2.18. Размерная схема расчетного варианта

Рассчитаем замыкающее звено [3_4] по уравнению

$$\begin{aligned} \text{во}A_{\Delta} &= \text{во}A_1(\text{ув}) - \text{во}A_2(\text{ум}) \\ A_{\Delta} &= \sum A_1(\text{ув}) - \sum A_2(\text{ум}) \\ \text{но}A_{\Delta} &= \text{но}A_1(\text{ув}) - \text{но}A_2(\text{ум}) \end{aligned}$$

Уравнение исходного замыкающего звена и его расчетная величина:

$$[3_4] = 160_{-0,4} - 52 \pm 0,15 - 38_{-0,062} = 70_{-0,650}^{+0,212} \text{ мм.}$$

Допуск (поле допуска) находится в соответствии с таблицами точности (см. с. 398, приложение 1) между 14 и 15 квалитетами.

В расчетном варианте составляющее звено (3_4) учитывается в сумме допусков (полей рассеяния) с замыкающим звеном [1_4], поле рассеяния которого не должно превышать поле допуска составляющего звена $T(1_4)=0,4$.

Поле рассеяния размера [1_4] рассчитывается по уравнению

$$T(1_4)=0,4=w[1_4]=w(1_2)+w(2_3)+w(3_4).$$

Если не ужесточать чертежный размер (2_3) [$T(2_3)=0,062$ мм (квалитет 9)], то на долю размеров (1_2) и (3_4) остается

$$0,4=w(1_2)+0,062+w(3_4); w(1_2)+w(3_4)=0,4-0,062=0,338 \text{ мм.}$$

Номинальное значение чертежного размера (1_2)=52 мм. Предварительный номинал размера (3_4) можно использовать из расчета $[3_4]=70$ мм. Оба номинала в одном табличном интервале (50...80) мм. Для этого интервала размеры допуски составляют: квалитет 11 — 0,12 мм; квалитет 12 — 0,19 мм.

Суммарный допуск $0,12+0,19=0,31$ меньше максимально допустимой величины 0,338 мм. Большему из номинальных размеров (3_4)=70 мм отведем допуск 12 квалитета, а размеру (1_2)=52 мм — допуск 11. Используя рекомендации ГОСТа, поля рассеяния $w(1_2)=0,12$ и $w(3_4)=0,19$ мм можно разделить на симметричные отклонения для каждого из размеров.

Расчетные размеры: $(1_2) \pm 0,06$ мм; $(3_4) \pm 0,095$ мм.

Запас по полю допуска чертежного размера (1_2)

$$\text{Зап по доп} = T(1_2) - w(1_2) = 0,3 - 0,12 = +0,18 \text{ мм.}$$

Все последующие расчеты можно провести по трем уравнениям, из которых найдем номинальное значение замыкающего звена:

$$[1_4] = [1_4]_{\min} + w[1_4]/2 - \Delta w[1_4]; [1_4] = [1_4]_{\max} - w[1_4]/2 - \Delta w[1_4];$$

$$[1_4] = [1_4]_{\text{cp}} - \Delta w[1_4].$$

Используем последовательно все три варианта расчета. Для этого определим средние и предельные отклонения следующих чертежных размеров:

$$(1_2) = 52 \pm 0,15 \text{ мм}; (1_4) = 160_{-0,4} \text{ мм};$$

минимальный предельный размер	— (1_2) _{min} =51,85 мм,
среднее значение	— (1_2) _{cp} =52,00 мм,
максимальный предельный размер	— (1_2) _{max} =52,15 мм;
минимальный предельный размер	— (1_4) _{min} =159,6 мм,
среднее значение	— (1_4) _{cp} =160,0 мм,
максимальный предельный размер	— (1_4) _{max} =160,0 мм.

2.9.1.1. Вариант 1

Расчет от минимальных предельных размеров

Поле рассеяния размера (1_2) в расчетной схеме $w(1_2)=0,12$ мм. Если минимальные предельные размеры совместить, сдвинув поле рассеяния до конца поля допуска влево, то для расчетов можно использовать размер

$$(1_2)=52_{-0,15}^{-0,03} =51,91 \pm 0,06 \text{ мм.}$$

$$\text{Тогда } [160_{-0,4}] =51,91 \pm 0,06 +38_{-0,062} + (3_4) \pm 0,095 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния замыкающего звена

$$w[1_4]=w(1_2)+T(2_3)+w(3_4)=0,12+0,062+0,19=0,372 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния

$$\begin{aligned} \Delta w[1_4] &= \Delta w(1_2) + \Delta w(2_3) + \Delta w(3_4) = \\ &= \frac{0,06 + (-0,06)}{2} + \frac{0 + (-0,062)}{2} + \frac{0,095 + (-0,095)}{2} = -0,031 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Если поле рассеяния замыкающего звена сдвинуть до конца влево, расчетное номинальное значение

$$[1_4] = [1_4]_{\min} + w[1_4]/2 - \Delta w[1_4] = 159,6 + 0,372/2 - (-0,031) = 159,817 \text{ мм.}$$

Уравнение номиналов примет вид:

$$159,817 = 51,91 + 38 + (3_4); \quad (3_4) = 159,817 - 51,91 - 38 = 69,907 \text{ мм.}$$

Округлим полученный результат. Размер (3_4) — увеличивающее составляющее звено. При решении уравнений от минимального значения замыкающего звена увеличивающий размер увеличивают. В противном случае поле рассеяния выйдет за поле допуска с отрицательным запасом по минимальному предельному значению.

Запас по полю допуска $T(1_4) - w[1_4] = 0,4 - 0,372 = +0,028$ мм позволяет увеличить номинальное расчетное значение 69,907 мм на 0,003 мм до второго десятичного знака. Окончательный расчетный размер $(3_4) = 69,91 \pm 0,095$ мм.

Проверим результаты расчета решением обратной (проверочной) задачи:

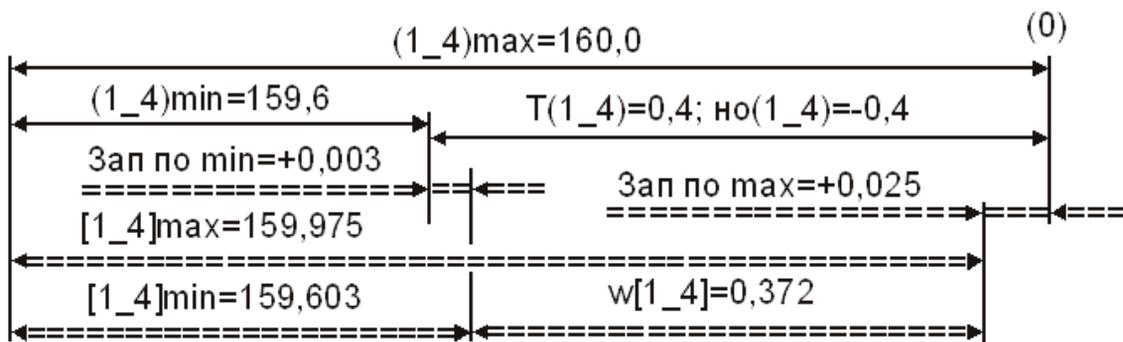
$$[1_4] = (1_2) + (2_3) + (3_4) = 51,91 \pm 0,06 + 38_{-0,062} + 69,91 \pm 0,095 = 159,82_{-0,217}^{+0,155} \text{ мм.}$$

Запасы по минимальному и максимальному предельным значениям:

$$\text{Зап по min} = [1_4]_{\min} - (1_4)_{\min} = 159,603 - 159,6 = +0,003 \text{ мм;}$$

$$\text{Зап по max} = (1_4)_{\max} - [1_4]_{\min} = 160,0 - 159,975 = +0,025 \text{ мм.}$$

Звенья (1_4) и [1_4] показаны на рис. 2.19 (см. с. 372).

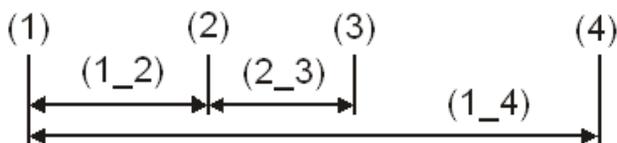


Исходный размер $(1_4)=160_{-0,4}$ мм.

Расчетное замыкающее звено $[1_4]=159,82^{+0,155}_{-0,217}$ мм

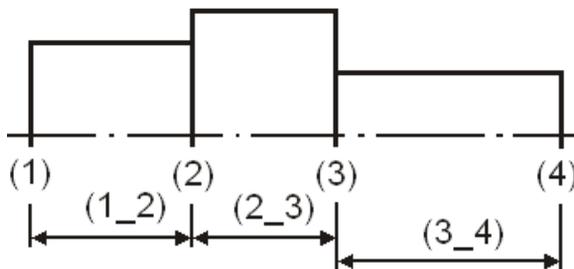
Рис. 2.19. Размерная схема исходного и расчетного замыкающего звеньев

Исходная схема простановки чертежных размеров и их величины показаны на рис. 2.20. Расчетная схема и окончательно принятые размеры по варианту 1 на рис. 2.21.



$(2_3)=38_{-0,62}$ мм; $(1_4)=160_{-0,4}$ мм; $(1_2)=52 \pm 0,15$ мм

Рис. 2.20. Исходная схема простановки чертежных размеров



$(1_2)=51,91 \pm 0,06 = 52^{+0,03}_{-0,15}$ мм; $(2_3)=38_{-0,062}$ мм; $(3_4)=69,91 \pm 0,095$ мм

Рис. 2.21. Расчетная схема простановки размеров

2.9.1.2. Вариант 2

Расчет от средних значений.

Уравнения номиналов:

$$[1_4] = (1_2) \pm 0,06 + (2_3)_{-0,062} + (3_4) \pm 0,095;$$

$$[160_{-0,4}] = 52 \pm 0,06 + 38_{-0,062} + (3_4) \pm 0,095; [1_4] = [1_4]_{\text{ср}} - \Delta w[1_4].$$

Ранее найдена координата середины поля рассеяния (см. с. 371).

$$\Delta w[1_4] = -0,031 \text{ мм.}$$

Расчетные номиналы замыкающего и составляющего звеньев:

$$[1_4] = 159,8 - (-0,031) = 159,831 \text{ мм;}$$

$$159,831 = 52 + 38 + (3_4); (3_4) = 159,831 - 52 - 38 = 69,831 \text{ мм.}$$

При расчете от среднего значения замыкающего звена поле рассеяния $w[1_4]$ находится на равном расстоянии от предельных значений исходного звена (1_4).

Запас по полю допуска $T(1_4) - w[1_4] = 0,4 - 0,372 = +0,028$ мм позволяет увеличивать или уменьшать расчетное значение составляющего звена (3_4) в любую сторону от номинального (3_4) = 69,831 мм на величину $0,028/2 = 0,014$ и провести округление до второго десятичного знака. Если от номинала отнять 0,001 мм, то его значение можно принять (3_4) = 69,83 мм.

Окончательный размер (3_4) = $69,83 \pm 0,095$ мм.

Результаты расчета при решении проверочной задачи:

$$[1_4] = (1_2) + (2_3) + (3_4) = 52 \pm 0,06 + 38_{-0,062} + 69,83 \pm 0,095 = 159,83_{-0,217}^{+0,155} \text{ мм.}$$

Запасы по предельным значениям:

$$\text{Зап по min} = [1_4]_{\text{min}} - (1_4)_{\text{min}} = 159,613 - 159,6 = +0,013 \text{ мм;}$$

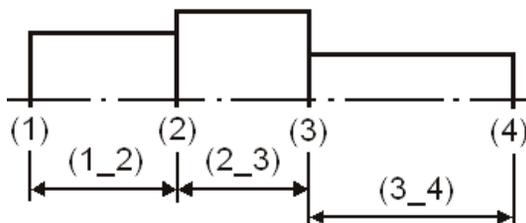
$$\text{Зап по max} = (1_4)_{\text{max}} - [1_4]_{\text{min}} = 160,0 - 159,985 = +0,015 \text{ мм.}$$

Звенья (1_4) и [1_4] показаны на рис. 2.22.



Рис. 2.22. Размерная схема исходного и расчетного замыкающих звеньев

Расчетная схема и окончательные размеры по варианту 2 приведены на рис. 2.23.



$$(1_2) = 52 \pm 0,06 \text{ мм; } (2_3) = 38_{-0,062} \text{ мм; } (3_4) = 69,83 \pm 0,095 \text{ мм}$$

Рис. 2.23. Расчетная схема простановки размеров

2.9.1.3. Вариант 3

Расчет от максимальных предельных размеров

Исходные размеры: (1_2) = $52 \pm 0,15$ мм; (1_4) = $160_{-0,4}$ мм.

Максимальные предельные размеры: $(1_2)=52,15$; $(1_4)=160$ мм.

Поле рассеяния звена (1_2) в расчетной схеме $w(1_2)=0,12$ мм.

Если максимальные предельные размеры совместить, сдвинув поле рассеяния до конца поля допуска вправо, то для расчетов можно использовать размер

$$(1_2)=52,15_{-0,12} = 52^{+0,15}_{+0,03} = 52,09 \pm 0,06 \text{ мм.}$$

Уравнения номиналов:

$$[1_4] = (1_2) \pm 0,06 + (2_3)_{-0,062} + (3_4) \pm 0,095 \text{ мм;}$$

$$[160_{-0,4}] = 52,09 \pm 0,06 + 38_{-0,062} + (3_4) \pm 0,095 \text{ мм.}$$

Если поле рассеяния замыкающего звена сдвинуть до конца вправо, расчетное номинальное значение

$$[1_4] = [1_4]_{\max} - w[1_4]/2 - \Delta w[1_4] = 160 - 0,372/2 - (-0,031) = 159,845 \text{ мм.}$$

Номинальное значение расчетного составляющего звена (3_4)

$$159,845 = 52,09 + 38 + (3_4); \quad (3_4) = 159,845 - 52,09 - 38 = 69,755 \text{ мм.}$$

Округлим полученный результат. Размер (3_4) — увеличивающее составляющее звено. При решении уравнений от максимального значения замыкающего звена увеличивающий размер уменьшают.

В противном случае поле рассеяния выйдет с отрицательным запасом по максимальному предельному значению за поле допуска.

Запас по допуску $(T(1_4) - w[1_4]) = 0,4 - 0,372 = +0,028$ мм) позволяет уменьшить номинальное расчетное значение $69,755$ мм на $0,005$ мм до второго десятичного знака.

Принимаем окончательный расчетный размер $(3_4) = 69,75 \pm 0,095$ мм.

Проверим результаты расчета решением обратной (проверочной) задачи:

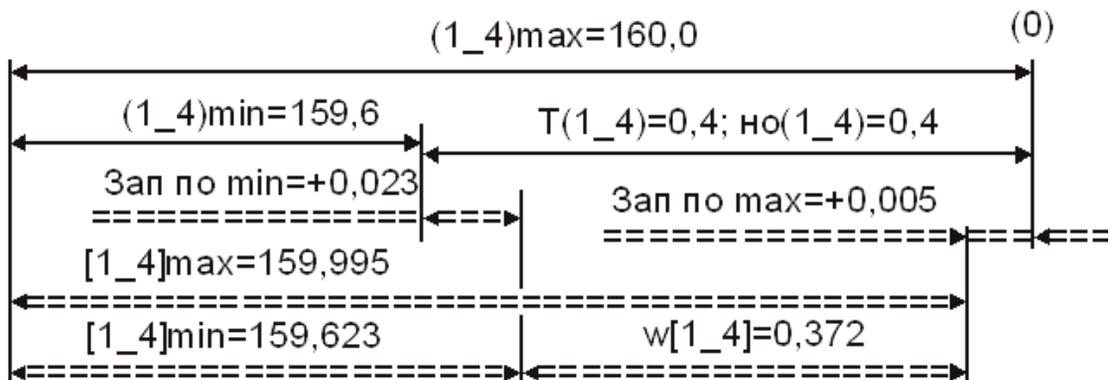
$$[1_4] = (1_2) + (2_3) + (3_4) = 52,09 \pm 0,06 + 38_{-0,062} + 69,75 \pm 0,095 = 159,84^{+0,155}_{-0,217} \text{ мм.}$$

Запасы по минимальному и максимальному предельным значениям равны:

$$\text{Зап по min} = [1_4]_{\min} - (1_4)_{\min} = 159,623 - 159,6 = +0,023 \text{ мм;}$$

$$\text{Зап по max} = (1_4)_{\max} - [1_4]_{\min} = 160,0 - 159,955 = +0,005 \text{ мм.}$$

Звенья (1_4) и $[1_4]$ показаны на рис. 2.24.



Исходный размер $(1_4) = 160_{-0,4}$ мм.

Расчетное замыкающее звено $[1_4] = 158,84^{+0,155}_{-0,217}$

Рис. 2.24. Размерная схема исходного и расчетного замыкающего звена

Окончательные размеры по варианту 3:

$$(1_2)=52,09 \pm 0,06; (2_3)=38_{-0,062}; (3_4)=69,75 \pm 0,095 \text{ мм.}$$

Окончательно принятые размеры по вариантам.

Вариант 1.

$$(1_2)=52_{-0,15}^{-0,03}; (2_3)=38_{-0,062}; (3_4)=69,91 \pm 0,095; [1_4]=160_{-0,397}^{-0,025} \text{ мм.}$$

Вариант 2.

$$(1_2)=52 \pm 0,06; (2_3)=38_{-0,062}; (3_4)=69,83 \pm 0,095; [1_4]=160_{-0,387}^{-0,015} \text{ мм.}$$

Вариант 3.

$$(1_2)=52_{+0,03}^{+0,15}; (2_3)=38_{-0,062}; (3_4)=69,75 \pm 0,095; [1_4]=160_{-0,377}^{-0,005} \text{ мм.}$$

2.9.2

По данному технологическому процессу выполняются окончательные операционные размеры (1_2), (2_3) и (2_5) с полями рассеяния, находящимися внутри полей допусков чертежных размеров. Чертежный размер фаски (4_5) в процессе непосредственно не выполняется (замыкающее звено). Его исходное минимальное предельное значение $[4_5]_{\min}=4$ мм (см. рис. 2.27).

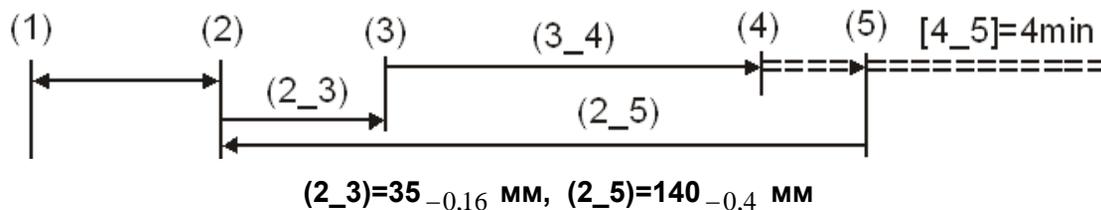


Рис. 2.27. Размерная схема с замыкающим звеном [4_5]

Из уравнения с контуром [4_5] можно определить табличный интервал размеров, в котором находится номинал операционного размера (3_4):

$$[4_5]=(2_5)-(2_3)-(3_4);$$

$$(3_4)=(2_5)-(2_3)-(4_5)=140-35-4=101 \text{ мм.}$$

Предварительное расчетное значение номинала $(3_4)=101$ мм находится в табличном интервале 80...120 мм. Точность искомого операционного размера (см. рис. 2.26, с. 55) — качество 11. Допуск на размер 101 мм по качеству 11 составляет 0,22 мм. Это же значение принимается для поля рассеяния $w(3_4)$. С учетом рекомендаций ГОСТа для ступени вала (3_4) принимаем симметричное расположение предельных отклонений. Тогда уравнение примет вид:

$$[4_5]=140_{-0,4} - 35_{-0,16} - (3_4) \pm 0,11.$$

Колебание замыкающего звена, ограниченное полем допуска, всегда требует ужесточения допусков на составляющие звенья в решениях подетальных размерных цепей.

В нашем случае размер фаски (4_5) ограничен только одним минимальным предельным значением, и это упрощает дальнейшие расчеты.

Номинальное значение замыкающего звена

$$[4_5]=[4_5]_{\min}+w[4_5]/2-\Delta w[4_5]=$$

$$=4+(0,4+0,16+0,22)/2-[-(-0,4/2)-(-0,16/2)-0]=4+0,39+0,12=4,51 \text{ мм.}$$

Номинальное значение операционного размера (3_4) равно:

$$4,51=140-35-(3_4); (3_4)=140-35-4,51=100,49 \text{ мм.}$$

Округление расчетного номинала составляющего звена при решении задачи от минимального предельного размера замыкающего звена выполняется по следующему правилу: уменьшающее звено уменьшают, а увеличивающее — увеличивают.

Номинал уменьшающего звена принимается равным (3_4)=100,4 мм.

Проверим полученный результат расчета решением обратной задачи.

$$[4_5]=140_{-0,4}-35_{-0,16}-100,4 \pm 0,11=4,6_{-0,51}^{+0,27} \text{ мм.}$$

Запас по минимальному предельному размеру положительный:

$$\text{Зап по min}=[4_5]_{\text{min}}-(4_5)_{\text{min}}=4,09-4,0=+0,09 \text{ мм.}$$

3.3.1

Крайнее правое положение вала. Исходный зазор минимальный

Номинальное значение замыкающего звена

$$\begin{aligned} [17_30]&=[17_30]_{\text{min}}+w[17_30]/2-\Delta w[17_30]= \\ &=1,5+\frac{0,394}{2}-\left[\frac{0+(-0,13)}{2}+\frac{0+(-0,11)}{2}-\frac{0+(-0,07)}{2}-\frac{0+(-0,084)}{2}\right]=1,74 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Номинальное значение составляющего звена

$$1,74=(29_30)+12-14-25, (29_30)=28,74 \text{ мм.}$$

Принимаем окончательный размер Л1=(29_30)=28,74_{-0,13} мм.

В крайнем левом положении вала (см. рис. 3.34, с. 82) наибольший предельный размер зазора [17_30] не должен превышать 2,2 мм.

Подставим размер крышки в уравнение и решим проверочную задачу. Расчетное уравнение имеет вид:

$$[17_30]=28,74_{-0,13}+12_{-0,11}+18,35^{+0,13}-3,2_{-0,1}-15_{-0,12}-14_{-0,07}-25_{-0,084}.$$

Поле рассеяния контура [17_30] в крайнем левом положении вала

$$w[17_30]=3\sqrt{0,111 \cdot (0,13^2+0,11^2+0,13^2+0,1^2+0,12^2+0,07^2+0,084^2)}=0,286 \text{ мм.}$$

Координата середины поля рассеяния

$$\Delta w[17_30]=+(-0,065)+(-0,055)+(0,065)-(-0,05)-(-0,06)-(-0,035)-(-0,042)=+0,132.$$

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена:

$$\text{во}[17_30]=\Delta w[17_30]+w[17_30]/2=+0,132+0,286/2=+0,275 \text{ мм;}$$

$$\text{но}[17_30]=\Delta w[17_30]-w[17_30]/2=+0,132-0,143=-0,011 \text{ мм.}$$

Номинальный размер замыкающего звена в проверочной задаче

$$[17_30]=+28,74+12+18,35-3,2-15-14-25=1,89 \text{ мм.}$$

Окончательный размер замыкающего звена [17_30]=1,89_{-0,011}^{+0,275} мм.

Наибольшее предельное значение [17_30]max=2,165 мм.

Запас по наибольшему предельному значению положительный:

$$\text{Зап по max}=2,2-2,165=+0,035 \text{ мм.}$$

3.3.2

Поле допуска исходного зазора T[1_2]=0,76-0,14=0,62 мм.

Его среднее значение [1_2]cp=(0,76+0,14)/2=0,45 мм.

Уравнение размерной цепи

$$[1_2] = -(2_3) - (3_4) - (4_5) + (1_5); \quad [1_2] = -2,5_{-0,06} - 140_{-0,4} - 2,5_{-0,06} + (1_5).$$

Ориентировочное номинальное значение определяемого составляющего звена

$$0,45 = -2,5 - 140 - 2,5 + (1_5); \quad (1_5) = 145,45 \text{ мм.}$$

Запас по допуску для определяемого звена

$$0,62 = 0,06 + 0,4 + 0,06 + T(1_5); \quad T(1_5) = 0,1 \text{ мм.}$$

В табличном интервале 120...180 мм допуск $T=0,1$ мм соответствует 9 качеству.

Принимаем для ступени вала (1_5) симметричные отклонения.

Уравнение звена [1_2] готово для решения прямой задачи.

Зная предельные отклонения составляющих звеньев в уравнении, можно определить значение координаты середины поля рассеяния замыкающего звена:

$$\begin{aligned} \Delta w[1_2] &= -\frac{0 + (-0,06)}{2} - \frac{0 + (-0,4)}{2} - \frac{0 + (-0,06)}{2} + \frac{0,05 + (-0,05)}{2} = \\ &= -(-0,03) - (-0,2) - (-0,03) + 0 = +0,26 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Поля рассеяния и допуска равны:

$$T[1_2] = w[1_2] = 0,06 + 0,4 + 0,06 + 0,1 = 0,62 \text{ мм.}$$

Номинальный размер замыкающего звена при выбранных предельных отклонениях через среднее значение и номинальный размер составляющего звена:

$$[1_2] = [1_2]_{\text{ср}} - \Delta w[1_2] = 0,45 - (+0,26) = 0,19 \text{ мм;}$$

$$0,19 = -2,5 - 140 - 2,5 + (1_5), \quad (1_5) = 145,19 \text{ мм.}$$

Так как поле допуска и поле рассеяния равны, запас на округление размера определяемого звена отсутствует.

Проверим результат решением обратной задачи:

$$[1_2] = -2,5_{-0,06} - 140_{-0,4} - 2,5_{-0,06} + 145,19 \pm 0,05 = 0,19_{-0,05}^{+0,57} \text{ мм.}$$

Предельные значения замыкающего звена равны исходным значениям.

Конструктивно выбранный и рассчитанный определяемый размеры в чертежных эскизах могут быть представлены в окончательном виде:

$$\text{ступень вала} \quad (1_5) = 145,19 \pm 0,05 \text{ мм;}$$

$$\text{ступень корпуса} \quad (3_4) = 140_{-0,4} \text{ мм;}$$

$$\text{высота шайб} \quad (2_3) = (4_5) = 2,5_{-0,06} \text{ мм.}$$

3.7.1

Исходное звено в сборочном соединении (см. рис. 3.39, с. 94):

$$[4_5]_{\text{min}} = 1,0; \quad [4_5]_{\text{max}} = 1,75; \quad T[4_5] = 0,75 \text{ мм;}$$

$$[4_5]_{\text{ср}} = (1,0 + 1,75) / 2 = 1,375 \text{ мм.}$$

Уравнение из размерной схемы (см. рис. 3.39) имеет вид:

$$[4_5] = -5_{-0,075} + 50 \pm 0,095 + (1_3) \pm 0,11 - 5_{-0,075} - 140_{-0,16}.$$

Номинальный размер замыкающего звена

$$[4_5] = [4_5]_{\text{ср}} - \Delta w[4_5] = 1,375 - (0,0375 + 0 + 0 + 0,0375 + 0,08) = 1,22 \text{ мм.}$$

Номинальный размер определяемого составляющего звена

$$1,22 = -5 + 50 + (1_3) - 5 - 140, \quad (1_3) = 101,22 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния $w[4_5]=0,075+0,19+0,22+0,075+0,16=0,72$ мм.

Запас положительный: Зап по доп= $0,75-0,72=+0,03$ мм.

Односторонний запас по допуску $0,03/2=0,015$ мм не позволяет округлить рассчитанное значение номинального размера определяемого звена до первого десятичного знака после запятой, который равен $(1_3)=101,22$ мм.

3.7.2

Исходного звена в сборочном соединении (см. рис. 3.39, с. 94):

$$[4_5]_{\min}=1,0 \text{ мм}; [4_5]_{\max}=1,75 \text{ мм}; T[4_5]=0,75 \text{ мм};$$

$$[4_5]_{\text{ср}}=(1,0+1,75)/2=1,375 \text{ мм.}$$

Уравнение из размерной схемы (см. рис. 3.39) имеет вид:

$$[4_5]=-5_{-0,12}+50\pm 0,125+(1_3)\pm 0,27-5_{-0,12}-140_{-0,4}.$$

Номинальный размер замыкающего звена

$$[4_5]=[4_5]_{\text{ср}}-\Delta w[4_5]=1,375-(0,06+0+0+0,06+0,2)=1,055 \text{ мм.}$$

Номинальный размер определяемого составляющего звена

$$1,055=-5+50+(1_3)-5-140; (1_3)=101,055 \text{ мм.}$$

Односторонний запас по полю допуска исходного звена (см. с. 97), равный $(0,75-0,7368)/2=0,0132/2=0,066$ мм, позволяет округлить определяемый размер составляющего звена до второго десятичного знака после запятой.

Принимаем окончательный номинальный размер $(1_3)=101,05\pm 0,27$ мм.

6.1.3.3

Размерная схема рис. 6.23 отличается от рис. 6.18 (см. с. 146) только точностью окончательно получаемых размеров $(18+38)$ и $(18+58)$, которые выполняются по IT11 со смещением поля допуска к наименьшим предельным значениям исходных чертежных размеров $(19+39)$ и $(19+59)$.

Исходные данные для расчета определяемых звеньев размерной схемы процесса с использованием отрицательного припуска $[38=37]$ показаны в табл. 6.1.5, а результаты расчета проставлены в табл. 6.1.6 (см. с. 379).

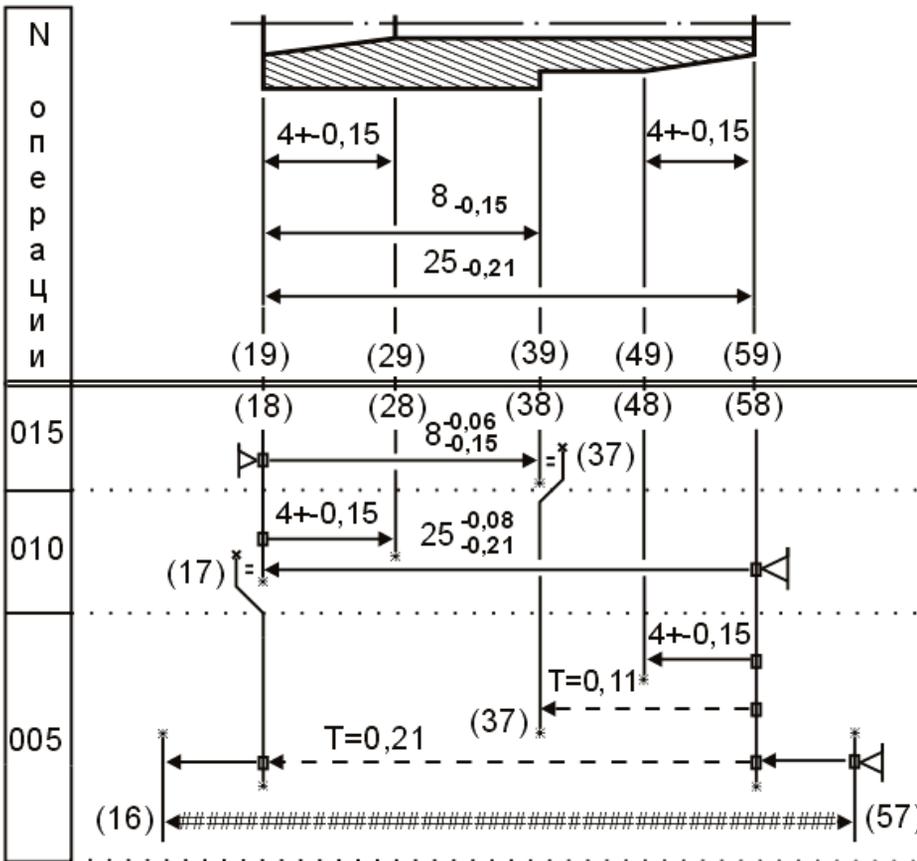


Рис. 6.23. Схема из трех операций (в разрывах размерных линий проставлены допуски выполняемых размеров)

Расчетные уравнения имеют вид:

$$1. [17=18] = -25_{-0,21}^{-0,08} + (17-58)_{-0,21};$$

$$2. [38=37] = -(37-58)^{+0,11} + 25_{-0,21}^{-0,08} - 8_{-0,15}^{-0,06}.$$

Дополнительные данные при расчете с использованием положительного припуска $[38_37]=0,04$ мм приведены в табл. 6.1.7 и 6.1.8 (см. с. 379).

Таблица 6.1.5

Исходные данные при расчете с отрицательным припуском

Г р у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Услов. расчета	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
+	18	38	8,000	-0,060	-0,150	7,895	0,045		
=	38	37		-0,150				3	
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
=	17	18		0,180				2	
+	18	58	25,000	-0,080	-0,210	24,855	0,065		
+	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
-	37	58		0,110	0,000		0,055	1	
+	16	17	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
-	17	58		0,000	-0,210		0,105	1	
+	58	57	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	16	57						3	

Таблица 6.1.6

Результаты расчета с отрицательным припуском

Г р у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					З а п а с ы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
+	18	38	8,000	-0,060	-0,150	7,895	0,045		
=	38	37		-0,060	0,270	0,105	0,165	0,090	
+	18	28	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
=	17	18		0,270	0,610	0,440	0,170	0,090	
+	18	58	25,000	-0,080	-0,210	24,855	0,065		
+	48	58	4,000	0,150	-0,150	4,000	0,150		
+	37	58	16,600	0,110	0,000	16,855	0,055		
+	16	17	4,000	0,120	0,000	4,060	0,060		
+	17	58	25,400	0,000	-0,210	25,295	0,105		
+	58	57	0,300	0,180	0,000	0,390	0,090		
#	16	57		29,490	30,000	29,745	0,255		

Таблица 6.1.7

Исходные данные при расчете с положительным припуском

Г р у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					Услов. расчета	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	N или код округ	коэфф. относит. рассеян.
=	38	37		0,040				3	

Результаты расчета с положительным припуском

Г р у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					З а п а с ы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	38	37		0,140	0,470	0,305	0,165	0,100	
+	37	58	16,600	0,110	0,000	16,655	0,055		

6.1.3.8

Уравнения размерной схемы по рис. 6.48 (см. с. 168) имеют вид:

1. $[18=28]=+(17-28)-(17-47)+(18+47);$
2. $[38=48]=+(18+48)-(18-47)+(38-47);$
3. $[48=47]=+(18-47)-(18+48);$ 4. $[17=18]=-(18-47)+(17-47).$

Начинать расчеты необходимо с уравнения, в котором одно неизвестное определяемое звено. Номинальные значения припуска и определяемого звена в уравнении 3 составляет:

$$4. [48=47]=(18-47)_{-0,07}-40_{-0,1};$$

$$[48_47]_{\text{ном}}=[48_47]_{\text{мин}}+w[48_47]/2-\Delta w[48_47]=$$

$$=0,04+(0,07+0,1)/2-\left[\frac{0+(-0,07)}{2}-\frac{0+(-0,1)}{2}\right]=0,11 \text{ мм};$$

$$0,11=(18-47)-40; (18+47)=40,11 \text{ мм}.$$

Значение звена без округления $(18+47)=40,11_{-0,07}$ мм.

Подставив найденное значение рассчитанного звена $(18+47)$ в уравнение 4, можно рассчитать еще один определяемый размер $[17-47]$. Его номинал:

$$3. [17=18]=-40,11_{-0,07}+(17-47)_{-0,13};$$

$$[17_18]_{\text{ном}}=[17_18]_{\text{мин}}+w[17_18]/2-\Delta w[17_18]=$$

$$=0,04+(0,07+0,13)/2-\left[-\frac{0+(-0,07)}{2}+\frac{0+(-0,13)}{2}\right]=0,17 \text{ мм};$$

$$0,17=-40,11+(17-47); (17+47)=40,28 \text{ мм}.$$

Значение звена с округлением $(17+47)=40,3_{-0,13}$ мм.

Аналогично решаются два оставшихся уравнения. Номинальные значения замыкающего и определяемого звеньев в уравнении 1:

$$1. [18=28]=(17-28)^{+0,2}-40,3_{-0,13}+40,11_{-0,07};$$

$$[18_28]_{\text{ном}}=0,8+0,4/2-(+0,1+0,065-0,035)=0,87 \text{ мм};$$

$$0,87=(17-28)-40,3+40,11; (17+28)=1,06 \text{ мм}.$$

Поля допуска и рассеяния равны. Запас на округление отсутствует.

Принимаем глубину цементационного слоя со стороны торцевой поверхности (17) равной:

$$(17+28)=1,06^{+0,2} \text{ мм}.$$

Окончательное значение глубины цементации на операции 035 определится после расчета оставшегося определяемого размера (38–47).

Номинальные значения замыкающего и определяемого звеньев в уравнении 2 равны:

$$2. [38=48]=40_{-0,1}-40,11_{-0,07}+(38+47)^{+0,2};$$

$$w[38_48]=0,1+0,07+0,2=0,37 \text{ мм}; [38_48]_{\text{ном}}=[38_48]_{\text{ср}}-\Delta w[38_48],$$

$$[38_48]_{\text{ном}}=\frac{0,8+1,2}{2}-(-0,05+0,035+0,1)=0,915 \text{ мм};$$

$$0,915=40-40,11+(38-47); (38+47)=1,025 \text{ мм}.$$

Принимаем глубину цементационного слоя со стороны торцевой поверхности (47) равной $(38+47)=1,02^{+0,2}$ мм.

Глубина цементации со стороны торцевой поверхности (17) больше размера (38+47). Значение $(17+28)=1,06\dots 1,26$ мм принимается за окончательный размер и может быть проставлено в эскизе на 035 операции.

Результаты расчета в табл. 6.1.21.

Таблица 6.1.21

Результаты расчета

Гр	Код	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	18 28		0,800	1,200	1,000	0,200	0,000	0,000
=	38 48		0,810	1,180	0,995	0,185	0,010	0,020
+	18 48	40,000	0,000	-0,100	39,950	0,050		
=	48 47		0,040	0,210	0,125	0,085	0,000	
=	17 18		0,060	0,260	0,160	0,100	0,020	
+	18 47	40,110	0,000	-0,070	40,075	0,035		
+	17 28	1,060	0,200	0,000	1,160	0,100		
+	38 47	1,020	0,200	0,000	1,120	0,100		
+	17 47	40,300	0,000	-0,130	40,235	0,065		

6.1.3.10

Результаты расчета в табл. 6.1.25.

Таблица 6.1.25

Результаты расчета методом максимума-минимума

Гр	Код	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	18 28		0,776	0,799	0,787	0,011	0,001	0,001
=	18 48		2,761	2,784	2,773	0,011	0,021	0,016
=	18 58		3,361	3,384	3,372	0,011	0,009	0,016
=	28 38		1,216	1,244	1,230	0,014	0,016	0,016
+	16 56	3,360	0,000	-0,015	3,352	0,007		
+	26 36	1,240	0,020	0,000	1,250	0,010		
+	16 46	2,760	0,000	-0,015	2,753	0,007		
+	16 26	0,775	0,000	-0,015	0,767	0,007		

Для сравнения в табл. 6.1.26 (см. с. 382) показаны результаты вероятностного расчета уравнений третьего варианта технологического процесса.

Результаты вероятностного расчета

Гр у па	Код левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				Запасы предельных значений		
			номи- нальное значение	миним. знач.или верх.отк	максим. знач.или нижн.отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	18	28		0,780	0,795	0,787	0,007	0,005	0,005
=	18	48		2,765	2,780	2,773	0,007	0,025	0,020
=	18	58		3,365	3,380	3,372	0,007	0,013	0,020
=	28	38		1,220	1,240	1,230	0,010	0,020	0,020
+	16	56	3,360	0,000	-0,015	3,352	0,007		
+	26	36	1,240	0,020	0,000	1,250	0,010		
+	16	46	2,760	0,000	-0,015	2,753	0,007		
+	16	26	0,775	0,000	-0,015	0,767	0,007		

6.5.1.2.5

Размерная схема варианта 5 строится с использованием следующих эскизов:

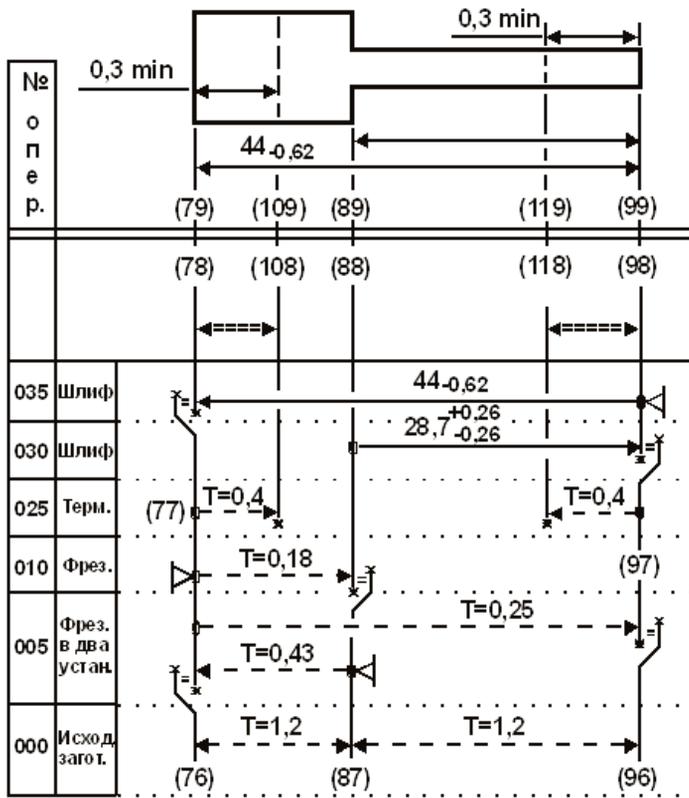


Рис. 6.119. Размерная схема 3. Вариант 5

операция 000 — заготовительная (см. рис. 6.102, с. 207). На рисунке помещен эскиз исходной заготовки — отливки. В варианте 5 используется поковка с аналогичной простановкой размеров, точность которых 1,2 мм. Шероховатость поверхности и ее дефектный слой оставлены без изменения;

операция 005 — фрезерная (см. рис. 6.94, с. 203). Операция выполняется за два установка. При базировании исходной заготовки в установке 1 точность выполняемого размера не превышает 14 качества (T=0,43 мм). Фрезерование во втором установке выполняется по 12 качеству (T=0,25 мм);

операция 010 — фрезерная (см. рис. 6.95, с. 203). Точность выполняемого размера — 12 качество (T=0,18 мм);

операция 025 — термическая. Цементация поверхностей выполняется с использованием твердого карбюризатора (см. приложение 30, с. 416...420).

Колебание глубин слоев насыщения T=0,4 мм;

операции 030 и 035 — шлифовальные (см. рис. 6.117 и 6.118, с. 217).

Размерная схема варианта 5 построена на рис. 6.119.

Расчет промежуточных определяемых размеров начинается с уравнения, в котором одно неизвестное составляющее звено.

$$1. [77=78] = -44_{-0,62} + 28,7 \pm 0,26 + (77-88)_{-0,18},$$

$$[77_78]_{ном} = 0,08 + (0,62 + 0,52 + 0,18) / 2 - (+0,31 + 0 - 0,09) = 0,52 \text{ мм};$$

$$0,52 = -44 + 28,7 + (77-88); (77+88) = 15,82. \text{ Принимаем } (77+88) = 15,82_{-0,18} \text{ мм.}$$

2. $[98=97]=+(77-97)_{-0,25} -15,82_{-0,18} -28,7 \pm 0,26,$

$[98_97]_{\text{ном}}=0,08+(0,25+0,18+0,52)/2-(-0,125+0,09-0)=0,59 \text{ мм};$

$0,59=+(77-97)-15,82-28,7; (77+97)=45,11. \text{ Принимаем } (77+97)=45,11_{-0,25} \text{ мм.}$

3. $[78=108]=+(77-108)^{+0,4} -15,82_{-0,18} -28,7 \pm 0,26 +44_{-0,62},$

$[77108]_{\text{ном}}=0,3+1,72/2-(+0,2+0,09-0-0,31)=1,18 \text{ мм};$

$1,18=+(77-108)-15,82-28,7+44; (77+108)=1,7. \text{ Принимаем } (77+108)=1,7^{+0,4} \text{ мм.}$

4. $[118=98]=+(118-97)^{+0,4} -45,11_{-0,25} +15,82_{-0,18} +28,7 \pm 0,26,$

$[118_98]_{\text{ном}}=0,3+1,35/2-(+0,2+0,125-0,09+0)=0,74 \text{ мм};$

$0,74=+(118-97)-45,11+15,82+28,7; (118+97)=1,33 \text{ мм.}$

$\text{Принимаем } (118+97)=1,4^{+0,4} \text{ мм.}$

5. $[88=87]=(77-87)_{-0,43} -15,82_{-0,18},$

$[88_87]_{\text{ном}}=1,6+0,61/2-(-0,215+0,09)=2,03 \text{ мм};$

$2,03=+(77-87)-15,82; (77+87)=17,85. \text{ Принимаем } (77+87)=17,9_{-0,43} \text{ мм.}$

6. $[76=77]=-17,9_{-0,43} +(76-87)^{+0,8}_{-0,4},$

$[76_77]_{\text{ном}}=1,6+1,63/2-(+0,215+0,2)=2,0 \text{ мм};$

$2,0=-17,9+(76-87); (76+87)=19,9. \text{ Принимаем } (76+87)=19,9^{+0,8}_{-0,4} \text{ мм.}$

7. $[97=96]=(87-96)^{+0,8}_{-0,4} +17,9_{-0,43} -45,11_{-0,25},$

$[97_96]_{\text{ном}}=1,6+1,88/2-(+0,2-0,215+0,125)=2,43 \text{ мм};$

$2,43=+(87-96)+17,9-45,11; (87+96)=29,64. \text{ Принимаем } (87+96)=29,7^{+0,8}_{-0,4} \text{ мм.}$

Результаты расчета в табл. 6.5.5.

Таблица 6.5.5

Результаты расчета размерной схемы. Вариант 5

Г р у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация				З а п а с ы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний верхний
=	78	108		0,300	2,020	1,160	0,860	0,000
=	118	98		0,370	1,720	1,045	0,675	0,070
=	77	78		0,080	1,400	0,740	0,660	0,000
=	98	97		0,080	1,030	0,560	0,475	0,000
+	77	108	1,700	0,400	0,000	1,900	0,200	
+	118	97	1,400	0,400	0,000	1,600	0,200	
+	77	88	15,820	0,000	-0,180	15,710	0,090	
=	88	87		1,650	2,260	1,955	0,305	0,050
+	77	97	45,110	0,000	-0,250	44,985	0,125	
=	97	96		1,660	3,540	2,600	0,940	0,060
=	76	77		1,600	3,230	2,415	0,815	0,000
+	77	87	17,900	0,000	-0,430	17,685	0,215	
+	76	87	19,900	0,800	-0,400	20,100	0,600	
=	87	96	29,700	0,800	-0,400	29,900	0,600	

6.5.1.3.2

Операционные эскизы шлифовальных операций со снятием мерного слоя металла помещены на рис. 6.123 и 6.124. Схема на рис. 6.125.

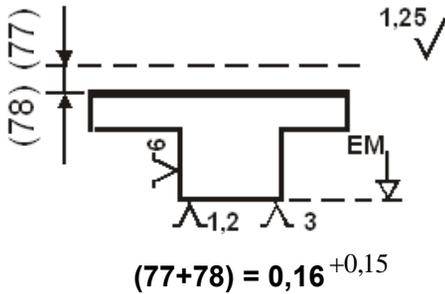


Рис. 6.123. Операция 030

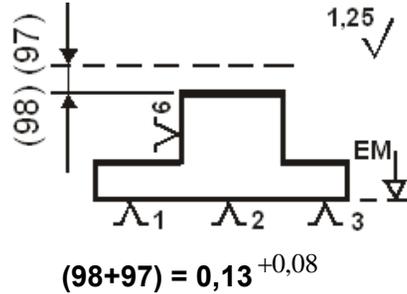


Рис. 6.124. Операция 035

Расчет операционных размеров по схеме рис. 6.125.

$$1. [78=108]=+(77-108)^{+0,15} - (77+78)^{+0,15},$$

$$w[78_{108}]_{ном} = w[78_{108}]_{ср} - \Delta w[78_{108}] = (0,3+0,6)/2 - (0,075-0,075) = 0,45 \text{ мм};$$

$$0,45 = +(77-108) - 0,16; (77+108) = 0,61. \text{ Принимаем } (77+108) = 0,61^{+0,15} \text{ мм.}$$

Значение номинального размера (77+108) оставлено без округления.

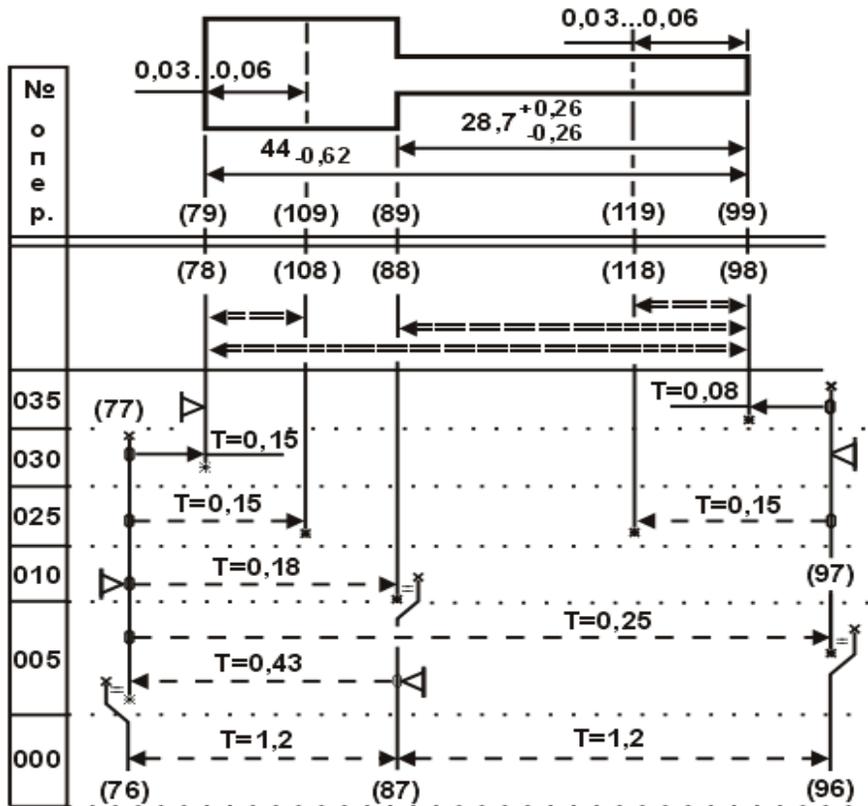


Рис. 6.125. Размерная схема 3. Вариант 2

$$2. [118=98]=-(98+97)^{+0,08} + (118-97)^{+0,15},$$

$$w[118_{98}]_{ном} = w[118_{98}]_{ср} - \Delta w[118_{98}] = (0,3+0,6)/2 - (-0,04+0,075) = 0,415;$$

$$0,415 = -(98+97) + (118-97); (118+97) = 0,545 \text{ мм.}$$

$$\text{Принимаем } (118+97) = (77+108) = 0,61^{+0,15}.$$

В технологическую карту на операцию 025 термической обработки будет проставлена величина цементационного слоя (77+108), рассчитанного в уравнении 1 с замыкающим звеном [78=108].

$$3. [78=98]= -0,13^{+0,08} + (77-97)_{-0,25} - 0,16^{+0,15},$$

$$w[78_98]=0,08+0,25+0,15=0,48 \text{ мм.}$$

Запас по допуску: $T(79_99)-w[78_98]=0,62-0,48=0,14 \text{ мм,}$

$$w[78_98]_{\text{ном}}=[78_98]_{\text{ср}} - \Delta w[78_98]=43,69 - (-0,04 - 0,125 - 0,075)=43,93 \text{ мм;}$$

$43,93 = -0,13 + (77-97)_{-0,16}; (77+97)=44,22. \text{ Принимаем } (77+97)=44,22_{-0,25} \text{ мм.}$

$$4. [88=98]= -0,13^{+0,08} + 44,22_{-0,25} - (77-88)_{-0,18},$$

$$w[88_98]=0,08+0,25+0,18=0,51 \text{ мм.}$$

Запас по допуску: $T(89_99)-w[88_98]=0,52-0,51=0,1 \text{ мм,}$

$$w[88_98]_{\text{ном}}=[88_98]_{\text{ср}} - \Delta w[88_98]=28,7 - (-0,04 - 0,125 + 0,09)=28,775 \text{ мм;}$$

$28,775 = -0,13 + 44,22 - (77-88); (77+88)=15,315. \text{ Принимаем } (77+88)=15,32_{-0,18} \text{ мм.}$

$$5. [88=87]=(77-87)_{-0,43} - 15,32_{-0,18},$$

$$[88_87]_{\text{ном}}=1,6+0,61/2 - (-0,215+0,09)=2,03 \text{ мм,}$$

$2,03 = +(77-87) - 15,32; (77+87)=17,35. \text{ Принимаем } (77+87)=17,4_{-0,43} \text{ мм.}$

$$6. [76=77]= -17,4_{-0,43} + (76-87)_{-0,4}^{+0,8},$$

$$[76_77]_{\text{ном}}=1,6+1,63/2 - (+0,215+0,2)=2,0 \text{ мм;}$$

$2,0 = -17,4 + (76-87); (76+87)=19,4. \text{ Принимаем } (76+87)=19,4_{-0,4}^{+0,8} \text{ мм.}$

$$7. [97=96]=(87-96)_{-0,4}^{+0,8} + 17,4_{-0,43} - 44,22_{-0,25},$$

$$[97_96]_{\text{ном}}=1,6+1,88/2 - (+0,2 - 0,215 + 0,125)=2,43 \text{ мм;}$$

$2,43 = +(87-96) + 17,4 - 44,22; (87+96)=29,25. \text{ Принимаем } (87+96)=29,3_{-0,4}^{+0,8} \text{ мм.}$

Результаты расчета в табл. 6.5.6.

Таблица 6.5.6

Результаты расчета размерной схемы. Вариант 2

Гр	Код	Размерная информация					Запасы	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	78 108		0,300	0,600	0,450	0,150	0,000	0,000
=	118 98		0,300	0,530	0,415	0,115	0,035	0,035
=	88 98	28,700	0,250	-0,260	28,695	0,255	0,000	0,010
=	78 98	44,000	-0,070	-0,550	43,690	0,240	0,070	0,070
+	77 108	0,610	0,150	0,000	0,685	0,075		
+	118 97	0,550	0,150	0,000	0,625	0,075		
+	77 88	15,320	0,000	-0,180	15,230	0,090		
=	88 87		1,650	2,260	1,955	0,305	0,050	
+	77 97	44,220	0,000	-0,250	44,095	0,125		
=	97 96		1,650	3,530	2,590	0,940	0,050	
=	76 77		1,600	3,230	2,415	0,815	0,000	
+	77 87	17,400	0,000	-0,430	17,185	0,215		
+	76 87	19,400	0,800	-0,400	29,700	0,600		
=	87 96	29,300	0,800	-0,400	29,500	0,600		

6.5.2.1.2

Операция 030 выполняется за два технологических перехода. В процессе окончательного зенкерования в отверстиях снимаются припуски, в состав которых входит шероховатость поверхности с предшествующего перехода (предварительного растачивания), равная Rz40, и величина дефектного слоя Df=40 мкм. Минимально необходимые припуски $[28_27]_{\min}=[38_37]_{\min}=0,08$ мм.

При первоначальной обработке поверхностей исходной заготовки (см. рис. 6.134, с. 223) величины минимально необходимых припусков

$$[27_26]_{\min}=[37_36]_{\min}=[17_18]_{\min}=[58_57]_{\min}=1,6 \text{ мм.}$$

$$2. [28=27]=-(27-208)^{+0,37} + 26^{+0,15},$$

$$w[28_27]=0,37+0,15=0,52, \quad w[28_27]/2=0,26 \text{ мм;}$$

$$[28_27]_{\text{ном}}=[28_27]_{\min}+w[28_27]/2-\Delta w[28_27]=0,08+0,26-(-0,185+0,075)=0,45 \text{ мм;}$$

$$0,45=-(27-208)+26; \quad (27+208)=25,55 \text{ мм.}$$

$$\text{Радиус } (27+208)=25,55^{+0,37}, \quad \text{диаметр } 2(27+208)=51,1^{+0,74} \text{ мм.}$$

Результаты расчета по третьему уравнению аналогичны.

$$\text{Радиус } (37+308)=25,55^{+0,37}, \quad \text{диаметр } 2(37+308)=51,1^{+0,74} \text{ мм.}$$

$$4. [17=18]= -200_{-0,46} + (17-58)_{-1,15},$$

$$w[17_18]=0,46+1,15=1,61; \quad w[17_18]/2=0,805 \text{ мм;}$$

$$[17_18]_{\text{ном}}=[17_18]_{\min}+w[17_18]/2-\Delta w[17_18]=1,6+0,805-(+0,23-0,575)=2,75 \text{ мм;}$$

$$2,75=-200+(17-58); \quad (17+58)=202,75. \text{ Принимаем } (17+58)=202,8_{-1,15} \text{ мм.}$$

Увеличивающее определяемое звено (17+58) при округлении увеличено на 0,05 мм. На эту же величину возрос минимально необходимый припуск.

$$5. [58=57]=+(17-57)_{-4,0} - 202,8_{-1,15},$$

$$w[58_57]=4,0+1,15=5,15; \quad w[58_57]/2=2,575 \text{ мм;}$$

$$[58_57]_{\text{ном}}=[58_57]_{\min}+w[58_57]/2-\Delta w[58_57]=1,6+2,575-(-2,0+0,575)=5,6 \text{ мм;}$$

$$5,6=+(17-57)-202,8; \quad (17+57)=208,4. \text{ Принимаем } (17+57)=208,4_{-4,0} \text{ мм.}$$

Расчет последующих уравнений ведется вероятностным методом применительно к массовому производству.

$$6. [308=307]=+64 \pm 0,15 - 202,8_{-1,15} + 208,4_{-4,0} - (408-57) \pm 1,5 + 0 \pm 0,5,$$

$$w[308_307]=3 \sqrt{0,111 \cdot (0,3^2 + 1,15^2 + 4,0^2 + 3,0^2 + 1,0^2)} = 5,236 \text{ мм;}$$

$$\Delta w[308_307]=0+0,575-2,0-0+0=-1,425;$$

$$w_0[308_307]=\Delta w[308_307]+w[308_307]/2=-1,425+2,618=+1,193 \text{ мм;}$$

$$w_n[308_307]=\Delta w[308_307]-w[308_307]/2=-1,425-2,618=-4,043 \text{ мм;}$$

$$[308_307]_{\text{ном}}=[308_307]_{\text{ср}}-\Delta w[308_307]=0,0-(-1,425)=1,425 \text{ мм;}$$

$$1,425=+64-202,8+208,4-(408-57)+0, \quad (408+57)=68,175 \text{ мм.}$$

$$[308=307]=1,425_{-4,043}^{+1,193} = 0 \pm 2,618, \quad (408+57)=68,175 \pm 1,5 \text{ мм.}$$

$$\text{Принимаем } (408+57)=68,2 \pm 1,5. \text{ Тогда } [308=307]=1,4_{-4,043}^{+1,193} = -0,025 \pm 2,618 \text{ мм.}$$

$$7. [208=207]=+86 \pm 0,175 + 64 \pm 0,15 - 202,8_{-1,15} + 208,4_{-4,0} - 68,2 \pm 1,5 - (207-408) \pm 1,5,$$

$$w[208_207]=3\sqrt{0,111 \cdot (0,35^2 + 0,3^2 + 1,15^2 + 4,0^2 + 3,0^2 + 3,0^2)} = 5,962 \text{ мм};$$

$$\Delta w[208_207]=0+0+0,575-2,0-0-0=-1,425 \text{ мм};$$

$$во[208_207]=\Delta w[208_207]+w[208_207]/2=-1,425+2,981=+1,556 \text{ мм};$$

$$но[208_207]=\Delta w[208_207]-w[208_207]/2=-1,425-2,618=-4,406 \text{ мм};$$

$$[208_207]_{\text{ном}}=[208_207]_{\text{ср}}-\Delta w[208_207]=0,0-(-1,425)=1,425 \text{ мм};$$

$$1,425=+86+64-202,8+208,4-68,2-(207-408), (207+408)=85,975 \text{ мм}.$$

$$[208=207]=1,425_{-4,406}^{+1,556} = 0 \pm 2,981, (207+408)=85,975 \pm 1,5 \text{ мм}.$$

Принимаем $(207+408)=86 \pm 1,5$. Тогда $[208=207]=1,4_{-4,406}^{+1,556} = -0,025 \pm 2,981 \text{ мм}.$

$$8. [37=36]=-(36-307)^{+1,5} + 0 \pm 0,5 - 68,2 \pm 1,5 + 208,4_{-4,0} - 202,8_{-1,15} + 64 \pm 0,15 + 25,55^{+0,37},$$

$$w[37_36]=3\sqrt{0,111 \cdot (1,5^2 + 1,0^2 + 3,0^2 + 4,0^2 + 1,15^2 + 0,3^2 + 0,37^2)} = 5,458 \text{ мм};$$

$$\Delta w[37_36]=-0,75+0-0-2,0+0,575+0+0,185=-1,99 \text{ мм};$$

$$во[37_36]=\Delta w[37_36]+w[37_36]/2=-1,99+2,729=+0,739 \text{ мм};$$

$$но[37_36]=\Delta w[37_36]-w[37_36]/2=-1,99-2,729=-4,719 \text{ мм};$$

$$[37_36]_{\text{ном}}=[37_36]_{\text{min}}+w[37_36]/2-\Delta w[37_36]=1,6+2,729-(-1,99)=6,319 \text{ мм};$$

$$6,319=-(36-307)+0-68,2+208,4-202,8+64+25,55; (36+307)=20,631 \text{ мм}.$$

Принимаем: $(36+307)=20,6^{+1,5}$; $2(36+307)=41,2^{+3,0} \text{ мм}.$

$$[37_36]_{\text{min}}=1,6+0,031=1,631; [37_36]_{\text{max}}=1,631+5,458=7,089 \text{ мм}.$$

$$9. [27=26]=-(26-207)^{+1,5} - 86 \pm 1,5 - 68,2 \pm 1,5 + 208,4_{-4,0} - 202,8_{-1,15} + 64 \pm 0,15 + 86 \pm 0,175 + 25,55^{+0,37},$$

$$w[27_26]=3\sqrt{0,111 \cdot (1,5^2 + 3^3 + 3^2 + 4^2 + 1,15^2 + 0,3^2 + 0,35^2 + 0,37^2)} = 6,158 \text{ мм};$$

$$\Delta w[27_26]=-0,75-0-0-2,0+0,575+0+0+0,185=-1,99 \text{ мм};$$

$$во[27_26]=\Delta w[27_26]+w[27_26]/2=-1,99+3,079=+1,089 \text{ мм};$$

$$но[27_26]=\Delta w[27_26]-w[27_26]/2=-1,99-3,079=-5,069 \text{ мм};$$

$$[27_26]_{\text{ном}}=[27_26]_{\text{min}}+w[27_26]/2-\Delta w[27_26]=1,6+3,079-(-1,99)=6,669 \text{ мм};$$

$$6,669=-(26-207)-86-68,2+208,4-202,8+64+86+25,55; (26+207)=20,281 \text{ мм}.$$

Принимаем: $(26+207)=20,25^{+1,5}$; $2(26+207)=40,5^{+3,0} \text{ мм}.$

$$[27_26]_{\text{min}}=1,6+0,031=1,631; [37_36]_{\text{max}}=1,631+6,158=7,789 \text{ мм}.$$

Результаты расчета вероятностным методом сведены в табл. 6.5.9 (см. с. 226).

Анализ результатов показывает, что колебания припусков $[27=26]$ и $[37=36]$ (даже при вероятностном методе расчета) на операции 030 при предварительном растачивании отверстий (см. рис. 134, с. 223) составляют:

$$w[27_26]=6,158; w[37_36]=5,458 \text{ мм},$$

а их наибольшие величины при $[27_26]_{\min}=[37_36]_{\min}=1,631$ равны:

$$w[27_26]_{\max}=7,789; w[37_36]_{\max}=7,089 \text{ мм.}$$

Столь большие диаметрально противоположные колебания припуска серповидной формы вынуждают либо вводить дополнительные технологические переходы (рабочие ходы), либо резко снижать режимы резания. Полученная информация позволяет корректировать намеченный маршрут или принимать другие решения.

В табл. 6.5.10 помещены результаты расчета размерной схемы при использовании метода максимума-минимума.

Таблица 6.5.10

Результаты расчета размерной схемы 1 методом максимума-минимума без округления номинальных значений определяемых размеров. Вариант 1

Г р у п па	К о д левой и правой поверхн. звена		Размерная информация					З а п а с ы предельных значений	
			номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	28	27		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000	
=	38	37		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000	
+	27	208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
+	2(27	208)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370		
+	37	308	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
+	2(37	308)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370		
=	27	26		1,600	15,270	8,435	6,835	0,000	
=	37	36		1,600	12,920	7,265	5,660	0,000	
=	208	207	0,000	5,900	-5,900	0,000	5,900		
=	308	307	0,000	4,725	-4,725	0,000	4,725		
=	17	18		1,600	3,210	2,405	0,805	0,000	
+	17	58	202,750	0,000	-1,150	202,175	0,575		
=	58	57		1,600	6,750	4,175	2,575	0,000	
+	26	207	16,550	1,500	0,000	17,300	0,750		
+	2(26	207)	33,100	3,000	0,000	34,600	1,500		
+	36	307	17,725	1,500	0,000	18,475	0,750		
+	2(36	307)	35,450	3,000	0,000	36,950	1,500		
+	207	408	86,000	1,500	-1,500	86,000	1,500		
+	408	57	68,175	1,500	-1,500	68,175	1,500		
+	17	57	208,350	0,000	-4,000	206,350	2,000		

6.5.2.1.4

Минимально необходимые припуски на переходе окончательного растачивания отверстий $[28_27]_{\min}=[37_38]_{\min}=0,08$ мм. Расчет уравнений с замыкающими звеньями $[28=27]$ и $[37=38]$ аналогичен расчету, приведенному на с. 386. Результаты расчета на с. 386.

При первоначальной обработке поверхностей исходной заготовки (см. рис. 6.135, с. 225) величины минимально необходимых припусков составляют:

$$[27_26]_{\min}=[36_37]_{\min}=[97_98]_{\min}=[108_107]_{\min}=1,6 \text{ мм.}$$

$$4. [108=107]=+(98-107)_{-0,87}-104_{-0,35},$$

$$w[108_107]=0,87+0,35=1,22, w[28_27]/2=0,61 \text{ мм;}$$

$$[108_107]_{\text{ном}}=[108_107]_{\min}+w[108_107]/2-\Delta w[108_107]=$$

$$=1,6+0,61-(-0,435+0,175)=2,47 \text{ мм;}$$

$$2,47=+(98-107)-104; (98+107)=106,47. \text{ Принимаем } (98+107)=106,5_{-0,87} \text{ мм.}$$

Увеличивающее определяемое звено $(98+107)$ при округлении возросло на 0,03 мм. На эту же величину стало больше минимально необходимый припуск.

$$5. [97=98]= -106,5_{-0,87} + (97-107)_{-3,0},$$

$$w[97_98]=0,87+3,0=3,87; w[28_27]/2=1,935 \text{ мм};$$

$$[97_98]_{\text{ном}}=[97_98]_{\text{мин}}+w[97_98]/2-\Delta w[97_98]=1,6+1,935-(+0,435-1,5)=4,6 \text{ мм};$$

$$4,6=+106,5-(97-107); (97+107)=111,1. \text{ Принимаем } (97+107)=111,1_{-3,0}.$$

$$6. [208=207]=+56 \pm 0,15 - 106,5_{-0,87} + 111,1_{-3,0} - (97-207) \pm 1,5,$$

$$w[208_207]=0,3+0,87+3,0+3,0=7,17; w[208_207]/2=3,585 \text{ мм};$$

$$\Delta w[208_207]=0+0,435-1,5-0=-1,065 \text{ мм};$$

$$w_0[208_207]=\Delta w[208_207]+w[208_207]/2=-1,065+3,585=+2,520 \text{ мм};$$

$$w_0[208_207]=\Delta w[208_207]-w[208_207]/2=-1,065-3,585=-4,650 \text{ мм};$$

$$[208_207]_{\text{ном}}=[208_207]_{\text{ср}}-\Delta w[208_207]=0,0-(-1,065)=1,065 \text{ мм};$$

$$1,065=+56-106,5+111,1-(97-207); (97+207)=59,535 \text{ мм}.$$

$$[208=207]=1,065_{-4,65}^{+2,52} = 0 \pm 3,585, (97+207)=59,535 \pm 1,5 \text{ мм}.$$

$$\text{Принимаем } (97+207)=59,5 \pm 1,5. \text{ Тогда } [208=207]=1,03_{-4,65}^{+2,52} = -0,035 \pm 3,585 \text{ мм}.$$

$$7. [308=307]=+56 \pm 0,15 - 106,5_{-0,87} + 111,1_{-3,0} - (97-408) \pm 1,5 - 0 \pm 0,5,$$

$$w[308_307]=3\sqrt{0,111 \cdot (0,3^2 + 3,0^2 + 3,0^2 + 1,0^2)} = 4,454 \text{ мм};$$

$$\Delta w[308_307]=0+0,435-1,5-0+0=-1,065 \text{ мм};$$

$$w_0[308_307]=\Delta w[308_307]+w[308_307]/2=-1,065+2,227=+1,162 \text{ мм};$$

$$w_0[308_307]=\Delta w[308_307]-w[308_307]/2=-1,065-2,227=-3,292 \text{ мм};$$

$$[308_307]_{\text{ном}}=[308_307]_{\text{ср}}-\Delta w[308_307]=0,0-(-1,065)=1,065 \text{ мм};$$

$$1,065=+56-106,5+111,1-(97-408)+0; (97+408)=59,535 \text{ мм}.$$

$$[308=307]=1,065_{-3,292}^{+1,162} = 0 \pm 2,227, (97+408)=59,535 \pm 1,5 \text{ мм}.$$

$$\text{Принимаем } (97+408)=59,5 \pm 1,5. \text{ Тогда } [308=307]=1,03_{-3,292}^{+1,162} = -0,035 \pm 2,227 \text{ мм}.$$

$$8. [36=37]=+25,55_{+0,37} + 56 \pm 0,15 - 106,5_{-0,87} + 111,1_{-3,0} - 95,5 \pm 1,5 - 0 \pm 0,5 - (307-36)^{+1,5},$$

$$w[36_37]=3\sqrt{0,111 \cdot (0,37^2 + 0,3^2 + 0,87^2 + 3,0^2 + 3,0^3 + 1,0^2 + 1,5^2)} = 4,716 \text{ мм};$$

$$\Delta w[36_37]=+0,185+0+0,435-1,5-0-0-0,75=-1,63 \text{ мм};$$

$$[36_37]_{\text{ном}}=[36_37]_{\text{мин}}+w[36_37]/2-\Delta w[36_37]=1,6+2,358-(-1,63)=5,588 \text{ мм};$$

$$5,588=+25,55+56-106,5+111,1-59,5-0-(307-36); (307+36)=21,062 \text{ мм}.$$

$$\text{Принимаем: } (36+307)=20,05_{+1,5}; 2(36+307)=40,1_{+3,0} \text{ мм}.$$

$$9. [27=26]=-(26-207)^{+1,5} + 59,5 \pm 1,5 - 111,1_{-3,0} + 106,5_{-0,87} - 56 \pm 0,15 + 25,55_{+0,37},$$

$$w[27_26]=3\sqrt{0,111 \cdot (1,5^2 + 3,0^2 + 3,0^2 + 0,87^2 + 0,3^2 + 0,37^2)} = 4,608 \text{ мм};$$

$$\Delta w[27_26]=-0,75+0+1,5-0,435-0+0,185=+0,5 \text{ мм};$$

$$[27_26]_{\text{ном}}=[27_26]_{\text{мин}}+w[27_26]/2-\Delta w[27_26]=1,6+2,304-(+0,5)=3,404 \text{ мм};$$

$$3,404 = -(26-207) + 59,5 - 111,1 + 106,5 - 56 + 25,55; (26+207) = 21,046 \text{ мм.}$$

Принимаем: $(26+207) = 21,05^{+1,5}$; $2(26+207) = 42,1^{+3,0}$ мм.

Результаты расчета вероятностным методом сведены в табл. 6.5.11 (см. с. 228). В табл. 6.5.12 помещены результаты расчета размерной схемы при использовании метода максимума-минимума.

Таблица 6.5.12

Результаты расчета размерной схемы 2 методом максимума-минимума без округления номинальных значений определяемых размеров. Вариант 1

Гр у па	Код левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	28 27		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000	
=	37 38		0,800	0,600	0,340	0,260	0,000	
+	27 208	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
+	2(27 208)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370		
+	308 37	25,550	0,370	0,000	25,735	0,185		
+	2(308 37)	51,100	0,740	0,000	51,475	0,370		
=	108 107		1,630	2,850	2,240	0,610	0,030	
=	97 98		1,600	5,479	3,535	1,935	0,000	
=	27 26		1,600	10,640	6,120	4,520	0,000	
=	36 37		1,600	11,640	6,620	5,020	0,000	
+	98 107	106,470	0,000	-0,870	106,035	0,435		
=	208 207	0,000	3,585	-3,585	0,000	3,585		
=	308 307	0,000	4,085	-4,085	0,000	4,085		
+	26 207	18,865	1,500	0,000	19,115	0,750		
+	2(26 207)	37,720	3,000	0,000	38,230	1,500		
+	307 36	18,865	1,500	0,000	19,115	0,750		
+	2(307 36)	37,720	3,000	0,000	38,230	1,500		
+	97 107	111,070	0,000	-3,000	109,570	1,500		
+	97 207	59,535	1,500	-1,500	59,535	1,500		
+	97 408	59,535	1,500	-1,500	59,537	1,500		

6.5.2.1.5

6.5.2.1.5.1. Размерная схема 1. Вариант 2

В размерной схеме рис. 6.134 (см. с. 223) разрыв [308=307] содержит пять составляющих звеньев, которые входят и в уравнения припусков [37=36] и [27=26].

Из пяти составляющих звеньев разрыва два звена (17-57) и (408-57) являются размерами исходной заготовки с допусками 4 и 3 мм. Заменяв в уравнении разрыва один разрыв на операционный размер, можно ожидать уменьшения поля рассеяния $w[308_307]$ с последующим уменьшением колебаний припусков. Это легко осуществить, поменяв местами операции фрезерования 010 и 015. Первоначальный порядок операций для размерной схемы 1 рис. 6.134 показан на рис. 6.129 и 6.130 (см. с. 222), а на рис. 6.136 и 6.137 даны операционные эскизы варианта 2 технологического процесса. Размерную схему 1 варианта 2 построим на рис. 6.138, используя эскиз заготовки рис. 6.127 (см. с. 221) и эскиз операции 030 рис. 6.133.

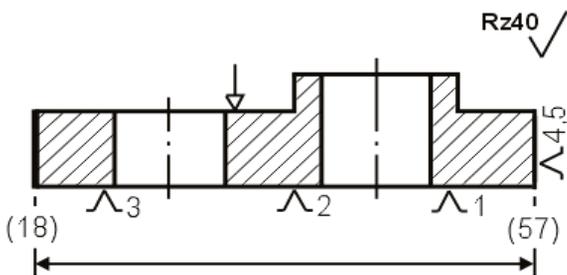


Рис. 6.136. Операция 010

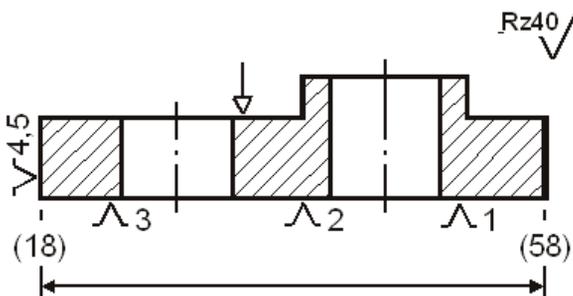


Рис. 6.137. Операция 015

В размерной схеме рис. 6.138 уравнения 2...5 аналогичны уравнениям рис. 6.134.

Результаты расчета определяемых размеров (27+208), (37+308), (18+57)=(17+58) и (17+57) можно найти в табл. 6.5.9 (см. с. 226).

Уравнения с 6 по 9 требуют повторного решения.

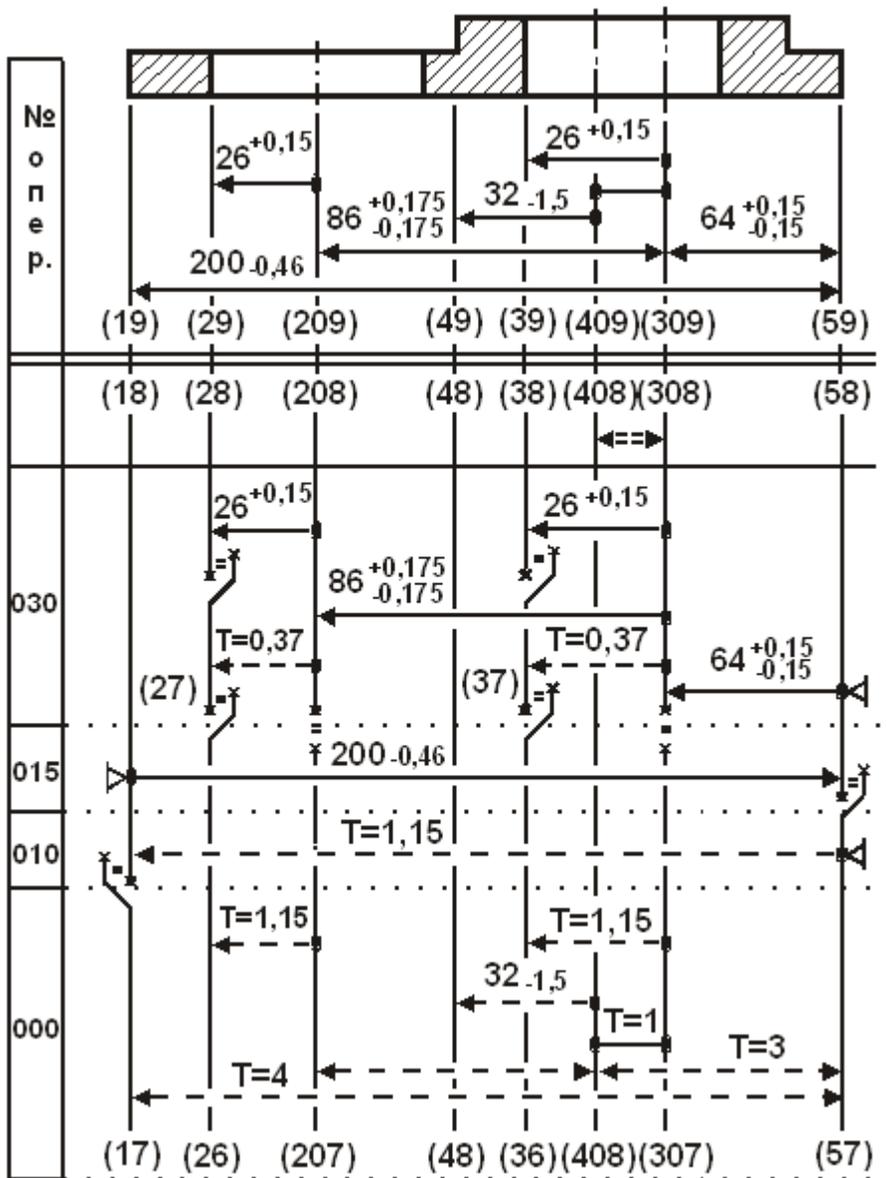


Рис. 6.138. Размерная схема 1. Вариант 2

Уравнения разрывов:

$$\begin{aligned}
 6. [308=307] &= +(308+58) \pm 0,15 - (18+58)_{-0,46} + (18+57)_{-1,15} - \\
 &\quad - (408-57) \pm 1,5 + (408+307) \pm 0,5 = \\
 &= +64 \pm 0,15 - 200_{-0,46} + 202,8_{-1,15} - (408-57) \pm 1,5 + 0 \pm 0,5,
 \end{aligned}$$

$$w[308_{-307}] = 3 \sqrt{0,111 \cdot (0,3^2 + 0,46^2 + 1,15^2 + 3,0^2 + 1,0^2)} = 3,41 \text{ мм};$$

$$\Delta w[308_{-307}] = 0 + 0,23 - 0,575 - 0 + 0 = -0,345 \text{ мм};$$

$$w_0[308_{-307}] = \Delta w[308_{-307}] + w[308_{-307}] / 2 = -0,345 + 1,705 = +1,36 \text{ мм};$$

$$w_n[308_{-307}] = \Delta w[308_{-307}] - w[308_{-307}] / 2 = -0,345 - 1,705 = -2,05 \text{ мм};$$

$$[308_307]_{\text{ном}}=[308_307]_{\text{ср}}-\Delta w[308_307]=0,0-(-0,345)=0,345 \text{ мм};$$

$$0,345=+64-200+202,8-(408-57)+0; (408+57)=66,455 \text{ мм.}$$

$$[308=307]=0,345 \begin{matrix} +1,36 \\ -2,05 \end{matrix} =0 \pm 1,705, (408+57)=66,455 \pm 1,5 \text{ мм.}$$

Принимаем $(408+57)=66,5 \pm 1,5$. Тогда $[308=307]=0,3 \begin{matrix} +1,36 \\ -2,05 \end{matrix} =-0,045 \pm 1,705 \text{ мм.}$

$$7. [208=207]=+86 \pm 0,175 +64 \pm 0,15 -200_{-0,46} +202,8_{-1,15} -66,5 \pm 1,5 -(207-408) \pm 1,5,$$

$$w[208_207]=3\sqrt{0,111 \cdot (0,35^2 + 0,3^2 + 0,46^2 + 1,15^2 + 3,0^2 + 3,0^2)} =4,444 \text{ мм};$$

$$\Delta w[208_207]=0+0+0,23-0,575-0-0=-0,345 \text{ мм};$$

$$во[208_207]=\Delta w[208_207]+w[208_207]/2=-0,345+2,222=+1,877 \text{ мм};$$

$$но[208_207]=\Delta w[208_207]-w[208_207]/2=-0,345-2,222=-2,567 \text{ мм};$$

$$[208_207]_{\text{ном}}=[208_207]_{\text{ср}}-\Delta w[208_207]=0,0-(-0,345)=0,345 \text{ мм};$$

$$0,345=+86+64-200+202,8-66,5-(207-408); (207+408)=85,955 \text{ мм.}$$

$$[208=207]=0,345 \begin{matrix} +1,877 \\ -2,567 \end{matrix} =0 \pm 2,222, (207+408)=85,955 \pm 1,5 \text{ мм.}$$

Принимаем $(207+408)=86 \pm 1,5$. Тогда $[208=207]=0,3 \begin{matrix} -1,877 \\ -2,567 \end{matrix} =-0,045 \pm 2,222 \text{ мм.}$

Определены координаты осей отверстий в исходной заготовке.

$$8. [37=36]=-(36-307)^{+1,5} +0 \pm 0,5 -66,5 \pm 1,5 +202,8_{-1,15} -200_{-0,46} +64 \pm 0,15 +25,55^{+0,37},$$

$$w[37_36]=3\sqrt{0,111 \cdot (1,5^2 + 1,0^2 + 3,0^2 + 1,15^2 + 0,46^2 + 0,3^2 + 0,37^2)} =3,744 \text{ мм};$$

$$\Delta w[37_36]=-0,75+0-0-0,575+0,23+0+0,185=-0,91 \text{ мм};$$

$$во[37_36]=\Delta w[37_36]+w[37_36]/2=-0,91+1,872=+0,962 \text{ мм};$$

$$но[37_36]=\Delta w[37_36]-w[37_36]/2=-0,91-1,872=-2,782 \text{ мм};$$

$$[37_36]_{\text{ном}}=[37_36]_{\text{мин}}+w[37_36]/2-\Delta w[37_36]=1,6+1,872-(-0,91)=4,382 \text{ мм};$$

$$4,382=-(36-307)+0-66,5+202,8-200+64+25,55; (36+307)=21,468 \text{ мм.}$$

$$\text{Принимаем: } (36+307)=21,45^{+1,5}; 2(36+307)=42,9^{+3,0} \text{ мм.}$$

$$[37_36]_{\text{мин}}=1,6+0,018=1,618; [37_36]_{\text{макс}}=1,618+3,744=5,362 \text{ мм};$$

$$[37_36]_{\text{ср}}=(1,618+5,362)/2=3,49 \text{ мм.}$$

$$9. [27=26]=-(26-207)^{+1,5} -86 \pm 1,5 -66,5 \pm 1,5 +202,8_{-1,15} -200_{-0,46} +64 \pm 1,5 +86 \pm 0,175 +25,55^{+0,37},$$

$$w[27_26]=3\sqrt{0,111 \cdot (1,5^2 + 3^2 + 3^2 + 1,15^2 + 0,46^2 + 0,3^2 + 0,35^2 + 0,37^2)} =4,704 \text{ мм};$$

$$\Delta w[27_26]=-0,75-0-0-0,575+0,23+0+0+0,185=-0,91 \text{ мм};$$

$$во[27_26]=\Delta w[27_26]+w[27_26]/2=-0,91+2,352=+1,442 \text{ мм};$$

$$\text{но}[27_26]=\Delta w[27_26]-w[27_26]/2=-0,91-2,352=-3,262 \text{ мм};$$

$$[27_26]_{\text{ном}}=[27_26]_{\text{min}}+w[27_26]/2-\Delta w[27_26]=1,6+2,352-(-0,91)=4,862 \text{ мм};$$

$$4,862=-(26-207)-86-66,5+202,8-200+64+86+25,55; \quad (26+207)=20,988 \text{ мм}.$$

$$\text{Принимаем: } (26+207)=21^{+1,5}; \quad 2(26+207)=42^{+3,0} \text{ мм}.$$

$$[27_26]_{\text{min}}=1,6-0,012=1,588; \quad [27_26]_{\text{max}}=1,588+4,704=6,292 \text{ мм}.$$

Результаты расчета схемы 1 варианта 2 сведены в табл. 6.5.13.

Таблица 6.5.13

Результаты расчета размерной схемы 1. Вариант 2

Г р у п па	К о д левой и правой поверхн. звена	Размерная информация					З а п а с ы предельных значений	
		номи- нальное значение	миним. знач. или верх. отк	максим. знач. или нижн. отк	среднее значение	полу- коле- бание	нижний	верхний
=	27 26		1,588	6,292	3,820	2,352	-0,012	
=	37 36		1,618	5,362	3,490	1,872	0,018	
=	208 207	0,000	2,177	-2,267	-0,045	2,222		
=	308 307	0,000	1,660	-1,750	-0,045	1,705		
+	26 207	21,000	1,500	0,000	21,750	0,750		
+	2(26 207)	42,000	3,000	0,000	43,500	1,500		
+	36 307	21,450	1,500	0,000	22,200	0,750		
+	2(36 307)	43,900	3,000	0,000	44,400	1,500		
+	207 408	86,000	1,500	-1,500	86,000	1,500		
+	408 57	66,500	1,500	-1,500	66,500	1,500		

6.5.2.1.5.2. Размерная схема 1. Вариант 3

В размерных схемах рис. 6.134 и 6.138 (см. с 223 и 391) разрыв осей [308=307] содержит пять составляющих звеньев.

Изменив порядок простановки размеров в эскизе исходной заготовки рис. 6.127 (см. с. 221) так, как показано на рис. 6.139 (см. с. 394), можно сократить число составляющих звеньев в разрыве осей [308=307] до четырех.

Вариант 3 размерной схемы 1 с новой простановкой размеров в исходной заготовке по эскизу рис. 6.139 построен на рис. 6.140 (см. с. 394).

Отклонение от соосности (409+309) и в этом варианте непосредственно не выполняется, но размерная цепь с замыкающим звеном [408=308] содержит лишь три составляющих звено и имеет вид:

$$[408=308]=+(308+58)\pm 0,15-(17-58)_{-1,15}+(17-408)\pm 1,15;$$

$$w[408_308]=0,3+1,15+3=4,45 \text{ мм}.$$

В размерной схеме рис. 6.140 уравнения 2...5 аналогичны уравнениям рис. 6.134.

Результаты расчета определяемых размеров (27+208), (37+308), (17+58) и (17+57) можно найти в табл. 6.5.9 (см. с. 226).

Уравнения с 6 по 9 требуют повторного решения.

Уравнения разрывов:

$$6. [308=307]=+(308+58)\pm 1,5-(17+58)_{-1,15}+(17-408)\pm 1,5+(408+307)\pm 0,5 =$$

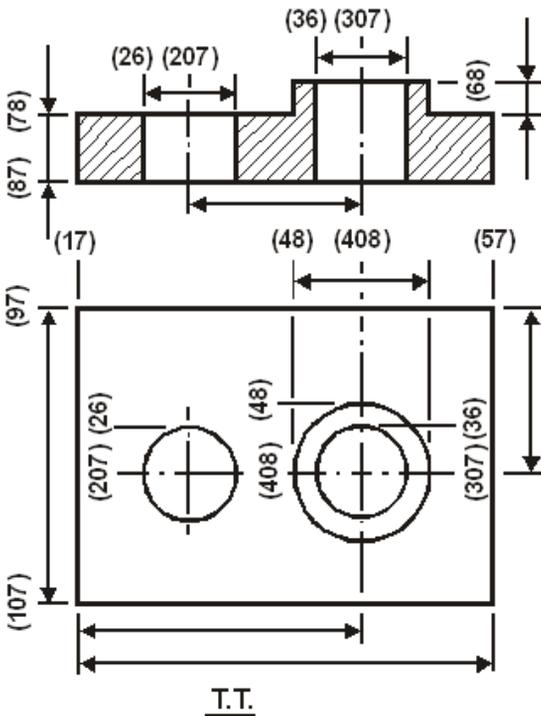
$$=+64\pm 0,15-202,8_{-1,15}+(17-408)\pm 1,5+0\pm 0,5;$$

$$7. [208=207]=86 \pm 0,175 + 64 \pm 0,15 - 202,8_{-1,15} + (17-408) \pm 1,5 - (207-408) \pm 1,5;$$

$$8. [37=36]=-(36-307)^{+1,5} + 0 \pm 0,5 + (17-408) \pm 1,5 - 202,8_{-1,15} + 64 \pm 0,15 + 25,55^{+0,37};$$

$$9. [27=26]=-(26-207)^{+1,5} - (207-408) \pm 1,5 + (17-408) \pm 1,5 - 202,8_{-1,15} + 64 \pm 0,15 + 86 \pm 0,175 + 25,55^{+0,37}.$$

Результаты расчетов сведены в табл. 6.5.14.



1. На поверхности отливки допускаются дефекты глубиной до $Df=1000$ мкм.
2. Шероховатость - $Rz=600$ мкм.
3. Допуск $T(17_57)=4$ мм, остальное - 3 мм.

Рис. 6.139. Отливка

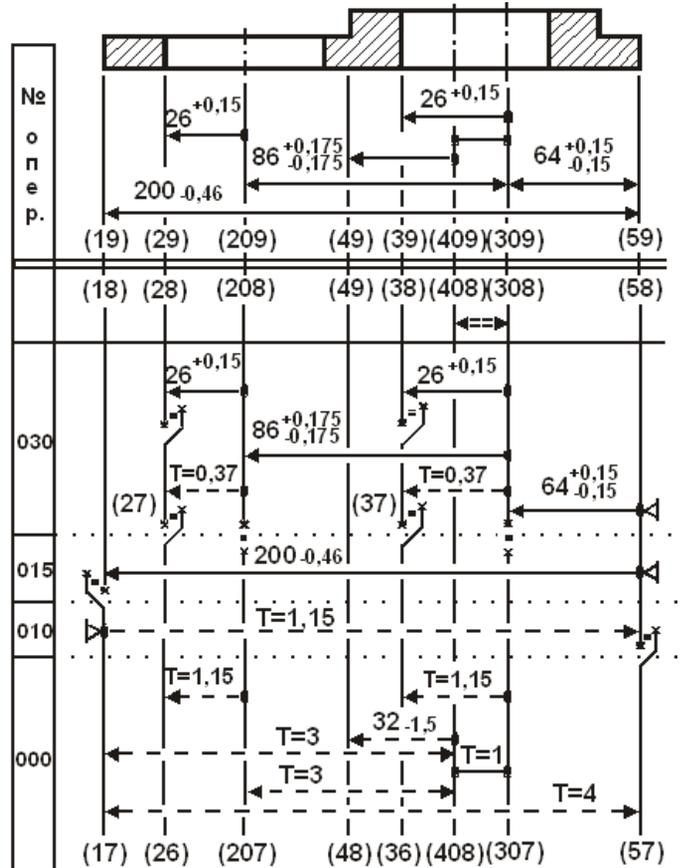


Рис. 6.140. Размерная схема 1. Вариант 3

Таблица 6.5.14

Результаты расчета размерной схемы 1.

Вариант 3 (вероятностный метод расчета без округления)

Гр	Код	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	27 26		1,600	6,282	3,941	2,341	0,000	
=	37 36		1,600	5,315	3,457	1,857	0,000	
=	208 207	0,000	2,210	-2,210	0,000	2,210		
=	308 307	0,000	2,725	-2,725	0,000	2,725		
+	26 207	21,044	1,500	0,000	21,794	0,750		
+	2(26 207)	42,088	3,000	0,000	43,588	1,500		
+	36 307	21,528	1,500	0,000	22,278	0,750		
+	2(36 307)	43,056	3,000	0,000	44,556	1,500		
+	207 408	86,000	1,500	-1,500	86,000	1,500		
+	17 408	138,175	1,500	-1,500	138,175	1,500		

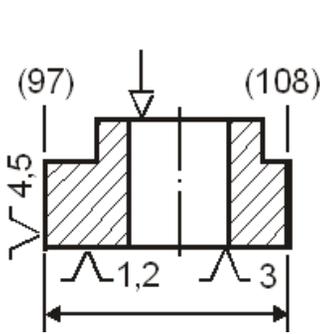


Рис. 6.141.
Операция 020

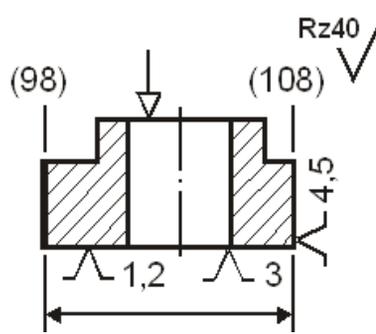


Рис. 6.142.
Операция 025

6.5.2.1.5.3. Размерная схема 2.
Вариант 2

Аналогично размерной схеме 1 с вариантом 2 (см. рис. 6.138, с. 391), в которой произошла смена порядка выполнения операций 010 и 015, в предлагаемом варианте меняются местами операции 020 и 025 (см. рис. 6.131 и 6.132, с. 222).

Предлагаемые операционные эскизы нового варианта процесса помещены на рис. 6.141 и 6.142, а размерная схема на рис. 6.143 (см. с. 396).

Результаты вероятностного расчета в табл. 6.5.15.

Таблица 6.5.15

Результаты вероятностного расчета схемы 2 без округления номинальных значений определяемых размеров. Вариант 2

Грппа	Код	Размерная информация					Запасы предельных значений	
		номинальное значение	миним. знач. или верх. отк.	максим. знач. или нижн. отк.	среднее значение	полуколебание	нижний	верхний
=	27 26		1,600	5,115	3,358	1,758	0,000	
=	36 37		1,600	5,255	3,427	1,827	0,000	
=	208 207	0,000	2,260	-2,260	0,000	2,260		
=	308 307	0,000	1,656	-1,656	0,000	1,656		
+	26 207	21,627	1,500	0,000	22,377	0,750		
+	2(26 207)	43,254	3,000	0,000	44,754	1,500		
+	307 36	21,558	1,500	0,000	22,308	0,750		
+	2(307 36)	43,116	3,000	0,000	44,616	1,500		
+	97 207	58,210	1,500	-1,500	58,210	1,500		
+	97 408	58,210	1,500	-1,500	59,210	1,500		

6.5.2.1.5.4. Анализ схем, вариантов и результатов

По аналогии с размерной схемой 1 вариант 3, в котором изменен порядок простановки размеров в эскизе исходной заготовки (см. рис. 6.139, с. 394), можно построить размерную схему 2 варианта 3.

При его построении используется рис. 6.135 (см. с. 225), в окончании которого вместо двух определяемых размеров (97–207) и (97–408) исходной заготовки проставляются размеры (207–107) и (408–107) с рис. 6.139.

Размерная схема 2 вариант 3 построено на рис. 6.144 (см. с. 396).

Не приступая к решению, можно заранее предсказать уменьшение полей рассеяния замыкающих звеньев-припусков [27=26] и [36=37].

И все-таки рассмотренные схемы и варианты не обеспечивают достаточно жесткого допуска концентричности окружностей 2(49+409) и 2(39=309).

Если этот допуск T(409_309)=1 мм, то необходимо разработать новый маршрут технологического процесса механической обработки крышки.

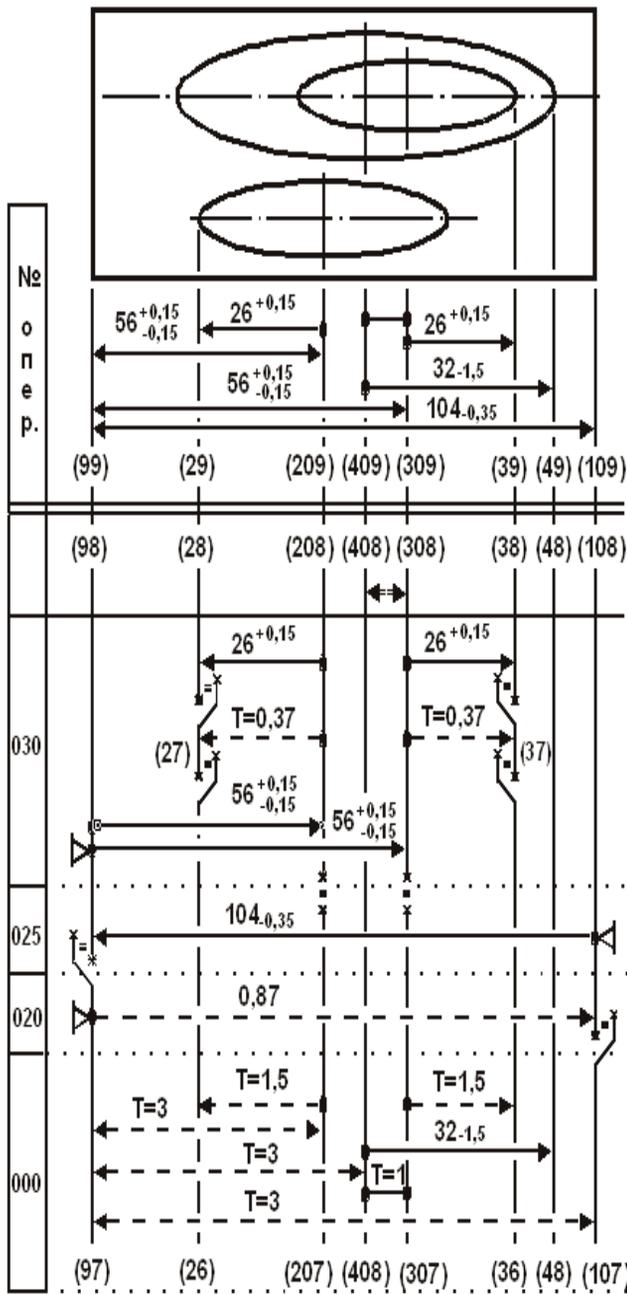


Рис. 6.143. Размерная схема 2. Вариант 2

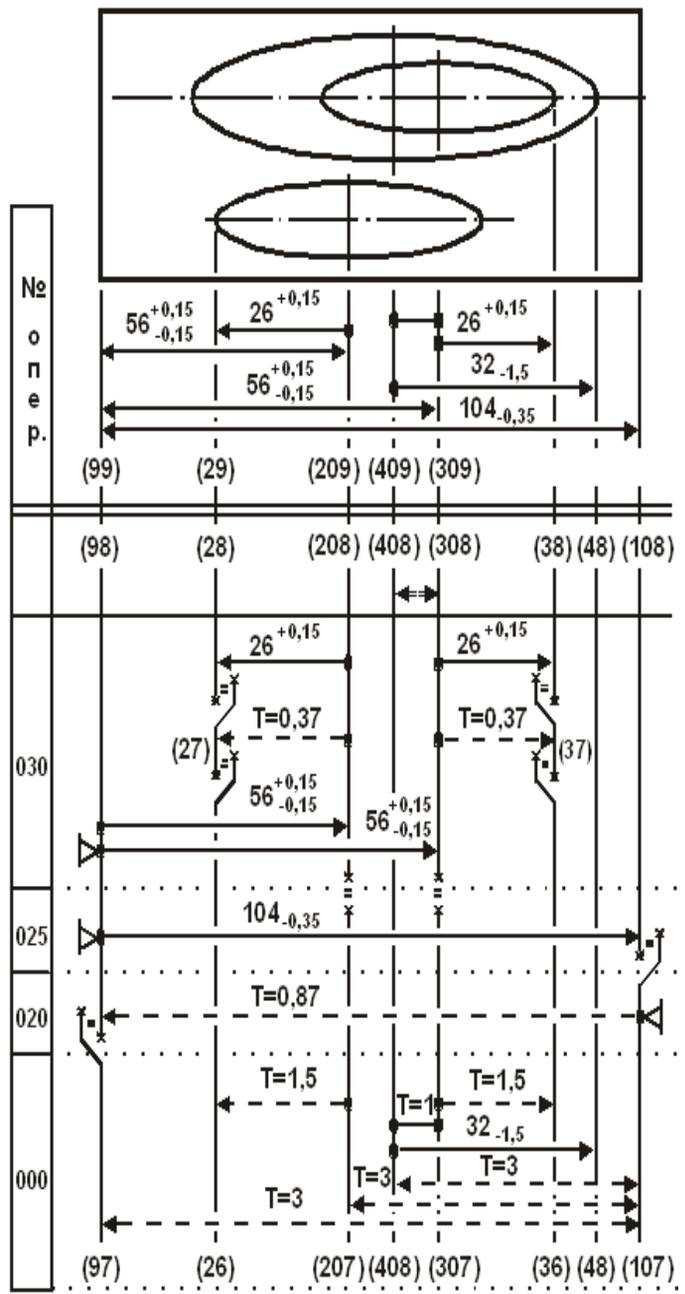


Рис. 6.144. Размерная схема 2. Вариант 3

Литература

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. — М.: Машиностроение, 1969. — 560 с.
2. Болдин Л. А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1984. — 272 с., ил.
3. Бородачев Н. А. Основные вопросы теории и точности производства. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. — 560 с.
4. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Расчет допусков размеров. — М.: Машиностроение, 1981. — 192 с.
5. Иващенко И. А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. — М.: Машиностроение, 1975. — 221 с.
6. Кован В. М. Расчет припусков на обработку в машиностроении. — М.: Машгиз, 1953. — 207 с.
7. Колесов И. М. Служебное назначение и основы создания машин. — М.: Станкин, 1973. Ч. 1. — 114 с. Ч. 2. — 121 с.
8. Матвеев В. В. и др. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении / В. В. Матвеев, Ф. И. Бойков, Ю. Н. Свиридов. — Челябинск: Южноуральское книжное изд-во, 1979. — 111 с.
9. Матвеев В. В. и др. Автоматизация расчетов конструкторских размерных цепей / В. В. Матвеев, Ю. Н. Свиридов, Д. Л. Блюменкранц, Л. Л. Зайончик. Вестник машиностроения. — 1984. — №5. — С. 44—47.
10. Пузанова В. П. Размерный анализ и простановка размеров в рабочих чертежах. — М.: Машгиз, 1958. — 196 с.
11. Размерный анализ технологических процессов / В. В. Матвеев, М. М. Тверской, Ф. И. Бойков и др. — М.: Машиностроение, 1982. — 264 с.
12. Свиридов Ю. Н. Подготовка и кодирование информации при размерном анализе технологических процессов на ЭВМ: Учебное пособие. — Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1981. — 80 с.
13. Свиридов Ю. Н., Зайончик Л. Л. Размерный анализ технологических процессов на ЭВМ СМ—4: Учебное пособие / Под ред. В. В. Матвеева. — Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1984. — 52 с.
14. Система автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов. Учебник для вузов по спец. "Технология машиностроения", "Металлорежущие станки и инструменты" / С. Н. Корчак, А. А. Кошин, А. Г. Ракович, Б. И. Синицин; Под общ. ред. С. Н. Корчака. — М.: Машиностроение, 1988. — 352 с.: ил.
15. Солонин И. С., Солонин С. И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. — М.: Машиностроение, 1980. — 110 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1985. — Т.1. — 656 с.
17. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. — М.: Машиностроение, 1979. — 344 с.
18. Thomas J. Drosda. "Pre-prove" your process? Test it with a tolerance chart. Production on January 1978, p. 70...74.

Приложения

Приложение 1

Допуски "валов" и "отверстий"

1.1. Размеры до 250 мм

Класс	Отв.	09	1	2	2a	-	3a	4	5	5	7	8	9	10
	Вал	1	2	2a	3	3	3a	4	5	5	7	8	9	10
Квалитет		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ном., мм	Допуски, мкм				Допуски, мм									
До 3	4	6	10	14	0,025	0,040	0,06	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,0	
3... 6	5	8	12	18	0,030	0,048	0,07	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,2	
6... 10	6	9	15	22	0,036	0,058	0,09	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,5	
10... 18	8	11	18	27	0,043	0,070	0,11	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,8	
18... 30	9	13	21	33	0,052	0,084	0,13	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,1	
30... 50	11	16	25	39	0,062	0,100	0,16	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,5	
50... 80	13	19	30	46	0,074	0,120	0,19	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,0	
80...120	15	22	35	54	0,087	0,140	0,22	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,5	
120...180	18	25	40	63	0,100	0,160	0,25	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,0	
180...250	20	29	46	72	0,115	0,185	0,29	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,6	

1.2. Размеры до 2000 мм

Класс	Отв.	09	1	2	2a	-	3a	4	5	5	7	8	9	10
	Вал	1	2	2a	3	3	3a	4	5	5	7	8	9	10
Квалитет		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Номинал, мм	Допуски, мкм				Допуски, мм									
250... 315	23	32	52	81	0,130	0,21	0,32	0,52	0,80	1,30	2,1	3,2	5,2	
315... 400	25	36	57	89	0,140	0,23	0,36	0,57	0,90	1,40	2,3	3,6	5,7	
400... 500	27	40	63	97	0,155	0,25	0,40	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	
500... 630	30	44	70	110	0,175	0,28	0,44	0,70	1,10	1,75	2,8	4,4	7,0	
630... 800	35	50	80	125	0,200	0,32	0,50	0,80	1,25	2,00	3,2	5,0	8,0	
800...1000	40	56	90	140	0,230	0,36	0,56	0,90	1,40	2,30	3,6	5,6	9,0	
1000...1250	46	66	105	165	0,260	0,42	0,66	1,05	1,65	2,60	4,2	6,6	10,5	
1250...1600	54	78	125	195	0,310	0,50	0,78	1,25	1,95	3,10	5,0	7,8	12,5	
1600...2000	65	92	150	230	0,370	0,60	0,92	1,50	3,30	3,70	6,0	9,2	15,0	

1.3. Размеры до 10000 мм

Класс	Отв.	09	1	2	2a	-	3a	4	5	5	7	8	9	10
	Вал	1	2	2a	3	3	3a	4	5	5	7	8	9	10
Квалитет		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Номинал, мм	Допуски, мкм				Допуски, мм									
2000... 2500	77	110	175	280	0,44	0,70	1,10	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0	17,5	
2500... 3150	93	135	210	330	0,54	0,86	1,35	2,10	3,3	5,4	8,6	13,5	21,0	
3150... 4000	115	165	260	410	0,66	1,05	1,65	2,60	4,1	6,6	10,5	16,5	26,0	
4000... 5000	140	200	320	500	0,80	1,30	2,00	3,20	5,0	8,0	13,0	20,0	32,0	
5000... 6300	170	250	400	620	0,98	1,55	2,50	4,00	6,2	9,8	15,5	25,0	40,0	
6300... 8000	215	310	490	760	1,20	1,95	3,10	4,00	7,6	12,0	19,5	31,0	49,0	
8000...10000	270	380	600	940	1,50	2,40	3,80	6,00	9,4	15,0	24,0	38,0	60,0	

Приложение 2

ГОСТ 6636-69 (СТ СЭВ 514-77). Нормальные линейные размеры, мм

RA5	RA10	RA20	RA40	RA80	RA5	RA10	RA20	RA40	RA80	RA5	RA10	RA20	RA40	RA80
1,0	1,0	1,0	1,00					2,2					4,8	4,9
			1,05					2,4			5,0	5,0	5,0	5,2
		1,1	1,10		2,5	2,5	2,5	2,5					5,3	5,5
			1,15	1,25				2,6	2,7			5,6	5,6	5,8
	1,2	1,2	1,20	1,35				2,6	2,7				6,0	6,2
			1,30	1,45			2,8	2,8	2,9	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5
		1,4	1,40	1,55				3,0	3,1				6,7	6,7
			1,50	1,62		3,2	3,2	3,2	3,3			7,1	7,1	7,3
1,6	1,6	1,6	1,60	1,75				3,4	3,5				7,5	7,8
			1,70	1,85			3,6	3,6	3,7		8,0	8,0	8,0	8,2
		1,8	1,80	1,95				3,8	3,9				8,5	8,8
			1,90	2,05	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1			9,0	9,0	9,0
	2,0	2,0	2,00	2,15				4,2	4,4				9,5	9,8
			2,10	2,30			4,5	4,5	4,6	10	10,0	10,0	10,0	10,2

RA5 — основной ряд; RA80 — ряд для технически обоснованных случаев.

Цифры в других интервалах получают умножением или делением на 10, 100 и т. д.

Приложение 3

ГОСТ 8908-81. Нормальные углы

Ряд 1		Ряд 2		Ряд 3		Ряд 1		Ряд 2		Ряд 3	
град	мин										
0	00	0	00	0	15	30	00	30	00	35	00
		0	30	0	45			40	00	50	00
		1	00	1	30	45	00	45	00	55	00
		2	00	2	30					65	00
		3	00			60	00	60	00	70	00
		4	00					75	00	80	00
		2	00							85	00
5	00	5	00			90	00	90	00	100	00
		6	00							110	00
		7	00			120	00	120	00	135	00
		8	00	9	00					150	00
		10	00	12	00					165	00
15	00	15	00	18	00					180	00
20	00	20	00	22	00					270	00
				25	00					360	00

град — градусы; мин — минуты. Ряд 1 следует предпочитать ряду 2, а ряд 2 — ряду 3.

Приложение 4

ГОСТ 8908-81. Нормальные уклоны

Уклон	У г л ы у к л о н а			
	град	мин	сек	рад
1 : 500	0	06	52,5	0,0020000
1 : 200	0	17	11,3	0,0050000
1 : 100	0	34	22,6	0,0100000
1 : 55	1	08	44,7	0,0199971
1 : 20	2	51	44,7	0,0499585
1 : 10	2	42	38,1	0,0996685

град — градусы; мин — минуты; сек — секунды; рад — радианы

ГОСТ 2789-73 — Числовые параметры шероховатости поверхности

Кл. , разр	Ra , мкм	Rz , мкм	Кл. , разр	Ra , мкм	Rz , мкм	Кл. , разр	Ra , мкм	Rz , мкм		
1	80,0	320,0	5	3,2 *	12,5 *	10б	0,125	0,5		
	63,0	250,0		6а	2,5		10,0	в	0,100*	0,4 *
	50,0*	200 *		б	2,0		8,0	11а	0,080	0,32
2	40,0	160,0	7а	1,6 *	6,3 *	б	0,063	0,25		
	32,0	125,0		в	0,050*		0,20 *	12а	0,040	0,16
	25,0*	100 *		б	1,00		4,0	б	0,032	0,125
3	20,0	80,0	8а	0,80*	3,2 *	в	0,025*	0,100*		
	16,0	63,0		б	0,50		2,0	13а	0,020	0,080
	12,5*	50 *		в	0,40*		1,6 *	б	0,016	0,063
4	10,0	40,0	9а	0,32	1,25	в	0,012*	0,050*		
	8,0	32,0		б	0,25		1,00	14а	0,010	0,040
	6,3*	25 *		в	0,20*		0,80*	б	0,008	0,032
5	5,0	20,0	10а	0,16	0,63	в		0,025*		
	4,0	16,0								

* — предпочтительная шероховатость. Кл., разр — классы и разряды

Приложение 6

Шероховатость Rz и величина дефектного слоя Df поверхностей
6.1. Заготовительные операции

Загот. операция	Rz , мкм	Df , мкм	Загот. операция	Rz , мкм	Df , мкм
Л и т ь е:			К о в к а	300...500	400...600
Центробежное по выплавляемым моделям	40...100	100...200	Штамповка:		
В ф о р м ы:	10...40	80...150	обычн. точности	100...250	200...400
	20...80	150...250	повыш. точности	80...200	150...300
оболочковые			П р о к а т:		
металлические	100...200	100...300	горячекатаный:		
под давлением	10...40	80...150	обычн. точности	80...150	100...150
Песчаноглинистые при формовке			повыш. точности	50...100	80...150
			Холоднотянутый	40...80	50...100
ручной	100...500	200...600	Рубка на прессах и ножницах	100...300	100...150
машинной	80...300	150...400	Резка мех. пилами	80...160	100...150

6.2. Заготовки получены различными методами механической обработки

Метод обработки	Rz , мкм	Df , мкм	Метод обработки	Rz , мкм	Df , мкм	
Точение:	черновое	80...160	50...100	Развер.: предвар.	10...20	15...25
	получист	30...50	40...60		чистовое	6...10
	чистовое	15...25	20...30	Растач. алмазное	3,2...6,3	4...10
	тонкое	6...10	10...20		Протяг.: чистовое	20...50
Строг.:	предвар.	80...150	100...150	тонкое	3,2...6,3	10...30
	окончат.	15...25	20...30	Шлифов.:	черновое	20...40
Фрезер.:	обдироч.	80...150	80...100		чистовое	5...10
	чистовое	20...50	40...60	тонкое	1,3...3,5	5...10
	тонкое	3,2...6,3	10...30	Хонингование	1...3	3...6
Сверл.:	черновое	80...150	50...100	Суперфиниширован.	0,2...0,8	3...5
	глубокое	15...30	25...50	Притирка предв.	0,8...3,2	3...5
Зенкер.:	черновое	30...50	40...50	Притирка оконч.	0,05...0,4	3...5
	чистовое	20...30	35...40	Полирование	0,05...0,4	2...3

Приложение 7

Рекомендуемые значения глубины слоев насыщения и покрытия стальных поверхностей и их колебания, мм

Вид обработки	Глубина слоя, мм		Колебание глубины, мм
	минимал.	максим.	
Цементация твердым карбюризатором	0,20	2,50	0,400
Цементация жидким карбюризатором	0,10	0,50	0,100
Цементация газовая	0,20	2,00	0,150
Цианирование	0,20	1,50	0,100
Азотирование	0,10	0,50	0,050
Хромирование молочное	0,01	0,07	0,020
Хромирование пористое	0,04	0,20	0,050
Никелирование	0,03	0,15	0,020
Алитирование	0,10	0,60	0,030
Меднение	0,03	0,06	0,010
Лужение	0,02	0,06	0,015
Цинкование	0,02	0,07	0,005
Кадмирование	0,02	0,05	0,005

Приложение 8

Средняя статистическая точность токарных операций при совмещениях технологических и измерительных баз и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	П	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	продольных, мм			
					До 80	80..260	260..500	Св. 500	
Токарно-винторезные станки	По предварительно настроенному лимбу с применением поворотного резцедержателя	1	80	20	12...13	0,30	0,40	0,50	0,70
		2	10	2,5	10	0,12	0,20	0,25	0,30
Прецизионные токарные станки	По предварительно настроенному лимбу с применением поворотного резцедержателя	1	40	10	8...9	0,08	0,10	0,12	0,15
		2	5	1,25	6...7	0,04	0,06	0,08	0,10
Малые карусельные станки	По предварительно настроенному лимбу или по упорам	1	80	20	12...13	0,25	0,30	0,35	0,45
		2	10	2,5	8...9	0,07	0,10	0,12	0,18
Токарно-револьверные станки	Между поверхностями, обработанными на разных позициях	1	80	20	12...13	0,30	0,35	0,40	0,45
		2	10	2,5	11	0,20	0,25	0,30	0,35
Много-резцовые токарные полуавтоматы	Между поверхностями, обработанными резцами в многорезц. державке	1	80	20	12...13	0,12	0,17	0,20	0,25
		2	10	2,5	10	0,08	0,10	0,12	0,15
Много-резцовые токарные полуавтоматы	По упорам от технологических баз	1	80	20	12...13	0,25	0,30	0,35	0,40
		2	10	2,5	11	0,12	0,17	0,20	0,25
Много-резцовые токарные полуавтоматы	Между поверхностями, обработанными в многорезцовой державке	1	80	20	12...13	0,15	0,20	0,25	0,30
		2	10	2,5	10	0,08	0,10	0,12	0,15

Продолжение приложения 8

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	П р е ж е	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	До 80	80..260	260..500	Св. 500
	Между поверхностями, ми с разных суппортов	1 2	80 10	20 2,5	12...13 11	0,20 0,12	0,25 0,17	0,30 0,20	0,35 0,25
	По копиру от техно- логических баз	1 2	80 10	20 2,5	12...13 10	0,25 0,15	0,30 0,17	0,35 0,25	0,40 0,25
Копиро- вальные токарные полу- автоматы	Между поверхностями, обработанными резца- ми в многорезцовой державке	1 2	80 10	20 2,5	11 8...9	0,17 0,12	0,20 0,17	0,25 0,20	0,30 0,25
	Между поверхностями, обработанными с разных суппортов	1 2	80 10	20 2,5	12...13 10	0,20 0,17	0,25 0,20	0,30 0,25	0,35 0,30
	По копирам и упорам от технологич. баз	1 2	80 10	20 2,5	12...13 10	0,20 0,12	0,25 0,15	0,30 0,20	- -
Верти- кальные много- шпин- дельные токарные полу- автоматы	Между поверхностями, обработанными резцами в многорезц. державк.	1 2	80 10	20 2,5	11 8...9	0,17 0,08	0,20 0,10	0,25 0,12	- -
	Между поверхностями, обработанными на разных позициях	1 2	80 10	20 2,5	12...13 10	0,20 0,15	0,25 0,20	0,30 0,25	- -
	По программе	1 2	80 10	20 2,5	11 10	0,20 0,12	0,25 0,17	0,30 0,20	0,40 0,25
Операцион- ные станки	По упорам	1 2	80 10	20 2,5	11 8...9	0,15 0,06	0,20 0,08	0,25 0,10	0,30 0,12
Автоматы фасонно- продольно- го точения	По копиру	1 2	40 10	20 2,5	10 7...8	0,12 0,08	0,17 0,10	- -	- -
	Между поверхностями, обработанными на разных позициях	1 2	40 10	10 2,5	11 8...9	0,12 0,08	0,17 0,10	- -	- -
	От упора с попе- речного суппорта	1	40	10	11	0,20	0,30	-	-
	Между поверхностями, обработанными резца- ми в многорезц. держ.	1	20	5	10	0,06	0,08	-	-
Токарно- револь- верные автоматы	Между поверхностями, обработанными фасонным резцом	1	20	5	10	0,02	0,04	-	-
	По копиру от техно- логической базы с продольного суппорта	1 2	40 10	10 2,5	11 8...9	0,12 0,08	0,17 0,10	- -	- -
	Между поверхностями, обработанными резцами с разных суппортов	1 2	40 10	10 2,5	11 8...9	0,15 0,10	0,20 0,12	- -	- -
Горизон- тальные многошпин- дельные токарные автоматы и полу- автоматы	Между поверхностями, обработанными резцами с разных суппортов	1 2	40 10	10 2,5	11 8...9	0,15 0,10	0,20 0,12	- -	- -

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	П р е х	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	продольных, мм			
						До 80	80..260	260..500	Св. 500
Горизонтальные многошпиндельные токарные автоматы и полуавтоматы	От упора с поперечного суппорта	1	40	10	11	0,20	0,30	-	-
	Между поверхностями, обработанными резцами в многорезцовой державке	1	40	10	11	0,10	0,12	-	-
		2	10	2,5	8...9	0,06	0,08	-	-
	Между поверхностями, обработанными фасонным резцом	1	20	5	10	0,02	0,04	-	-

Приложение 9

Средняя статистическая точность операций сверления при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	П р е х	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	продольных, мм			
						До 80	80..260	260..500	Св. 500
Обработка глухих отверстий на вертикально-сверлильных и агрегатных станках спиральными сверлами	По лимбу	-	80	20	12...13	0,15	0,20	0,30	-
	По упорам	-	80	20	12...13	0,10	0,15	0,20	-
Обработка глухих отверстий на вертикально-сверлильных и агрегатных станках ружейными сверлами	По лимбу	-	40	10	8...10	0,15	0,20	0,30	-
	По упорам	-	40	10	8...10	0,10	0,15	0,20	-
То же, зенкерование черных отверстий	-	-	80	20	12...13	-	-	-	-
То же, зенкерование после сверления	-	-	40	20	10...11	-	-	-	-
То же, развертывание	-	-	10	2,5	6...7	-	-	-	-
Обработка глухих отверстий на вертикально-сверлильных и агрегатных станках зенкерованием	По упорам	-	40	10	12...13	0,15	0,20	0,30	-
То же, цекование сверлами	По упорам	-	40	10	12...13	0,15	0,20	0,30	-
То же, обработка стий комбинированным инструментом									

Средняя статистическая точность операций растачивания при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	П	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	До 80	80..260	260..500	Св. 500
Растачивание ступенчатых отверстий на горизонтально-расточных станках	По лимбу	1	80	20	11	0,15	0,20	0,25	-
		2	10	2,5	8...9	0,10	0,15	0,20	-
	По программе (станок с ЧПУ)	1	80	20	11	0,10	0,20	0,15	-
		2	10	2,5	8...9	0,05	0,08	0,10	-
	Между поверхностями, обработанными резцами в одной борштанге	1	20	5	8...9	0,05	0,06	0,08	-
		2	5	1,25	6...7	0,02	0,04	0,06	-
	Между поверхностями, обработанными на разных позициях	1	20	5	8...9	0,10	0,12	0,15	-
		2	5	1,25	6...7	0,07	0,10	0,12	-

Средняя статистическая точность операций фрезерования при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	П	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	До 80	80..260	260..500	Св. 500
Цилиндрическими фрезами на горизонтальных и универсальных станках	По установам и упорам	1	80	20	12...13	0,20	0,25	0,30	0,40
		2	10	2,5	11	0,12	0,17	0,20	0,25
		3	5	1,25	8...9	0,06	0,08	0,12	0,15
Торцовыми фрезами на вертикальных и универсальных станках	По установам и упорам	1	80	20	12...13	0,20	0,25	0,30	0,40
		2	10	2,5	10	0,12	0,17	0,20	0,25
		3	5	1,25	7...8	0,04	0,06	0,10	0,12
Двусторонние фрезерные станки	От базы по установам	1	80	20	12...13	0,20	0,25	0,30	0,40
		2	10	2,5	11	0,12	0,17	0,20	0,25
	Между фрезами	1	80	20	12...13	0,10	0,15	0,17	0,20
		2	10	2,5	10	0,08	0,10	0,12	0,15

Приложение 12

Средняя статистическая точность операций строгания и протягивания при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	П е р е ж е	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	До 80	80..260	260..500	Св. 500
Долбежные станки	По лимбу	1	80	20	-	0,40	0,45	0,50	0,60
		2	20	5	-	0,20	0,25	0,30	0,40
Поперечно-строгальные станки	По лимбу и установам	1	80	20	-	0,40	0,45	0,50	0,60
		2	20	2,5	-	0,12	0,17	0,20	0,25
Продольно-строгальные станки	По лимбу и установам	1	80	20	-	0,20	0,25	0,30	0,40
		2	10	2,5	-	0,12	0,17	0,20	0,25
Протягивание внутреннее	-	1	10	2,5	6...7	-	-	-	-
Протягивание наружное	-	1	10	2,5	-	0,12	0,17	0,20	0,25

Приложение 13

Средняя статистическая точность шлифовальных операций при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	В и д шлифования	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	До 80	80..260	260..500	Св. 500
Кругло-шлифовальные станки	По лимбу, упорам и пробным рабочим ходам	Предварительное	10	2,5	10	-	-	-	-
		Чистовое	0,63	0,16	6...7	-	-	-	-
		Тонкое	0,16	0,04	5...6	-	-	-	-
Торце-кругло-шлифовальные станки	По упорам	Предварительное	10	2,5	10	0,15	0,17	0,20	0,25
		Чистовое	2,5	0,63	6...7	0,08	0,10	0,12	0,15
	С позиционером	Предварительное	10	2,5	10	0,10	0,12	0,15	0,17
		Чистовое	2,5	0,63	6...7	0,06	0,08	0,10	0,12
Внутри-шлифовальные станки	По лимбу, упорам и пробным рабочим ходам	Предварительное	10	2,5	10	0,20	0,25	0,30	-
		Чистовое	2,5	0,63	6...7	0,12	0,17	0,20	-
		Тонкое	0,63	0,16	5...6	0,06	0,08	0,12	-

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	В и д шлифования	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	продольных, мм			
						До 80	80..260	260..500	Св. 500
Плоскошлифовальные станки	По лимбу, упорам и пробным рабочим ходам	Предварительное	10	2,5	-	0,15	0,20	0,25	-
		Чистовое	2,5	0,63	-	0,08	0,10	0,12	-
		Тонкое	0,63	0,16	-	0,05	0,08	0,10	-
Бесцентровошлифовальные станки	По упорам	Предварительное	10	2,5	8...9	-	-	-	-
		Чистовое	5	1,25	6...7	0,12	0,17	0,20	-

Приложение 14

Средняя статистическая точность финишных операций

Оборудование и методы обработки	Способы обеспечения точности	В и д шлифования	Шероховатость, мкм		Точность размеров				
			Rz	Ra	диаметральных (квалитеты)	продольных, мм			
						До 80	80..260	260..500	Св. 500
Хонингование	-	Предварительное	1,25	0,32	-	Точность обработки примерно соответствует точности предварительно выполненных размеров			
		Чистовое	1,25	0,32	5...6	-	-	-	-
Суперфиниширование	-	Предварительное	1,25	0,32	1,1 от исходн.	-	-	-	-
		Чистой	0,32	0,08	-	-	-	-	-
Притирка не размерная	-	Предварительная	1,25	0,32	-	Сохраняется			
		Чистовая	0,32	0,08	-	-	-	-	-
Притирка размерная	-	-	0,32	0,08	Точнее 3	0,001	-	-	-

Приложение 15

Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на токарных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм

Оборудование и методы обработки	Переход	Отклонение от	Номинальные размеры, мм		
			До 10	10... ...50	50... ...160
Револьверные, многошпиндельные и прочие токарные станки	1	Плоскости	6...16	10...30	25...50
		Перпендик.	25...60	40...120	100...200
		Цилиндрич.	10...24	20...40	30...60
		Соосности	40...80	50...100	80...120
	2	Плоскости	2,5...6,0	4...16	10...25
		Перпендик.	6...16	10...40	16...50
		Цилиндрич.	2...10	6...16	8...20
		Соосности	20...30	30...60	40...80
	3	Плоскости	0,6...1,0	1,0...2,5	1,6...6,0
		Перпендик.	1,6...4,0	4...10	6...16
		Цилиндрич.	1,2...3,0	2,5...4,0	3...8
		Соосности	5...16	8...20	10...25
			Номинальные размеры, мм		
			160... ...300	300... ...600	Св. 500
Револьверные, многошпиндельные и прочие токарные станки	1	Плоскости	40...80	60...120	100...250
		Перпендик.	150...300	300...450	400...1000
		Цилиндрич.	50...100	80...150	150...300
		Соосности	100...200	150...250	200...400
	2	Плоскости	16...35	25...50	40...100
		Перпендик.	25...80	40...100	80...300
		Цилиндрич.	10...25	12...30	16...50
		Соосности	60...100	80...160	100...500
3	Плоскости	4...10	8...16	10...40	
	Перпендик.	8...20	10...30	16...100	
	Цилиндрич.	5...10	7...12	10...25	
	Соосности	12...30	16...40	20...80	

Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях сверления, относительно "чистых" технологических баз, мкм

Оборудование и методы обработки	П е р е ж е	Откло- нение от	Номинальные размеры, мм			
			До 10	10... ...50	50... ...160	160... ...300
Сверление спиральными сверлами	1	Соосности	25...60	40...120	80...250	160...400
		Цилиндричн.	12...25	16...40	20...50	-
Сверление ружейными сверлами	1	Соосности	2,5...6,0	4...16	10...25	20...50
		Цилиндричн.	2...5	4...10	8...16	12...20

Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях зенкерования и развертывания, относительно "чистых" технологических баз, мкм

Оборудование и методы обработки	П е р е ж е	Откло- нение от	Номинальные размеры, мм					
			До 10	10... ...50	50... ...160	160... ...300	300... ...600	Св. 500
Зенкерование	1	Соосности	4...10	8...16	10...25	16...40	-	-
		Цилиндричн.	2...8	6...12	8...20	-	-	-
Развертывание	1	Соосности	Исходная погрешность + (4-6)					
		Цилиндричн.	1,5...2,0	2,5...8,0	5...10	8...16	-	-

Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях растачивания, относительно "чистых" технологических баз, мкм

Оборудование и методы обработки	Пе- ре- ход	Откло- нение от	Номинальные размеры, мм		
			До 10	10...50	50...160
	1	Плоскости	0,4...1,0	0,8...2,0	1,2...4,0
		Перпендик.	0,6...1,6	1,2...4,0	2,5...6,0
		Цилиндричн.	0,5...1,2	1,0...2,8	2...5
		Соосности	2,5...6,0	3...8	5...10
Алмазное растачивание			Номинальные размеры, мм		
			160...300	300...600	Св. 500
		Плоскости	2,5...8,0	6...10	-

Окончание приложения 18

Оборудова- ние и мето- ды обработ.	Пе- ре- ход	Откло- нение от	Номинальные размеры, мм		
			До 10	10...50	50...160
	1	Перпендик.	4...8	6...10	8...16
		Цилиндрич.	4...10	6...16	10...20
		Соосности	6...12	8...16	10...20

Приложение 19

Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на фрезерных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм

Оборудо- вание и методы обработки	Пе- ре- ход	Откло- нение от	Номинальные размеры, мм			
			До 10	10... ...50	50... ...160	
Верти- кальные, горизон- тальные и продольно- фрезерные станки	1	Плоскости	6...16	10...20	16...40	
		Перпендик.	25...60	40...120	108...250	
	2	Плоскости	1...4	2,5...10	6...16	
		Перпендик.	4...10	6...30	20...60	
			Номинальные размеры, мм			
			160...300	300...600	Св. 500	
	1	Плоскости	28...80	50...120	100...600	
		Перпендик.	200...360	250...450	400...1200	
		2	Плоскости	10...20	16...30	20...100
			Перпендик.	40...80	60...120	100...400

Приложение 20

Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях протягивания, относительно "чистых" технологических баз, мкм

Оборудова- ние и мето- ды обработ.	Пе- ре- ход	Откло- нение от	Номинальные размеры, мм			
			До 10	10...50	50...160	160...300
Протяги- вание и прошивание	1	Прямолинейн.	1,6...4,0	2,5...8,0	6...16	8...20
		Перпендикул.	Оси отверстия относительно базы 0.15:100			
		Цилиндричн.	2...5	4...8	5...12	8...16
		Соосности	Исходное смещение + (2...6)			

Приложение 21

Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на шлифовальных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм

Оборудование и методы обработки	Период	Отклонение от	Номинальные размеры, мм		
			До 10	10...50	50...160
Круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные станки	1	Плоскости	2,5...6,0	4...10	6...16
		Перпендик.	4...10	8...20	16...30
		Цилиндрич.	1,6...4,0	2,5...8,0	5...12
		Соосности	20...30	25...30	40...60
	2	Плоскости	1...4	2,5...8,0	6...12
		Перпендик.	1,6...4,0	2,5...6,0	4...10
		Цилиндрич.	0,8...2,5	1,6...4,0	2,5...5,0
		Соосности	8...12	6...16	12...20
Бесцентрово-шлифовальные станки	1	Цилиндрич.	2,5...6,0	4...10	6...12
		Соосности	Исходное смещение + (2...4)		
			Номинальные размеры, мм		
			160...300	300...600	Св. 500
Круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные станки	1	Плоскости	10...25	20...40	20...100
		Перпендик.	20...50	30...60	50...160
		Цилиндрич.	8...16	10...20	16...40
		Соосности	50...80	60...100	80...200
Круглошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные станки	2	Плоскости	10...20	16...25	20...60
		Перпендик.	8...16	10...25	20...100
		Цилиндрич.	4...6	5...8	6...16
		Соосности	16...30	20...40	30...120
Бесцентрово-шлифовальные станки	1	Цилиндрич.	10...20	16...40	30...50
		Соосности	Исходное смещение + (2...4)		

Приложение 22

Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на финишных операциях, мкм

Оборудование и методы обработки	Период	Отклонение от	Номинальные размеры, мм		
			До 10	10...50	50...160
Хонингование	1	Прямолинейн.	0,6...1,6	1,2...4,0	2,6...6,0
		Круглости	0,5...1,2	1,0...2,5	1,6...3,0
		Соосности	С о х р а н я е т с я		

Оборудова- ние и мето- ды обработ.	Пе- ре- ход	Откло- нение от	Номинальные размеры, мм		
			160...300	300...600	Св. 500
Супер- финиширо- вание	-		Все виды погрешностей		
Притирка (доводка)	-	Плоскост- ности, пря- молинейности	0,2...0,6	0,4...1,2	1,0...2,5
		Цилиндричн.	0,3...0,8	0,5...1,6	0,8...2,0
		Соосности	С о х р а н я е т с я		
Хонин- гование	1	Прямолинейн.	4...8	6...10	8...30
		Круглости	2,5...5,0	3...6	-
		Соосности	С о х р а н я е т с я		
Супер- финиширо- вание	-		Все виды погрешностей		
Притирка (доводка)	-	Плоскост- ности, пря- молинейности	1,6...4,0	2,5...6,0	4...16
		Цилиндричн.	1,6...2,5	2...3	-
		Соосности	С о х р а н я е т с я		
Притирка (доводка)	-	Плоскост- ности, пря- молинейности	1,6...4,0	2,5...6,0	4...16
		Цилиндричн.	1,6...2,5	2...3	-
		Соосности	С о х р а н я е т с я		

Приложение 23

Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий в отливках, мм

В и д л и т ь я	Расстояние от торца или между отверстиями, мм				Удельн. Перпендикуляр- ность или параллель- ность от базы, мкм/мм			
	Диаметр отверстия							
	До 50	50... 120	120... 260	260... 500	До 10	10... 30	30... 50	Св. 50
Песчаноглинистые формы	+1,00	+1,50	+2,00	+2,50	-	20... 10	15... 5,0	10... 3
Металлические формы	+0,30	+0,50	+0,75	+1,00	-	-	-	-
Под давлением, в обо- лочковые формы, по выплаваемым моделям	+0,15	+0,20	+0,25	+0,35	4... 2	3... 1,5	2... 1	1,5... 0,7

**Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий
в поковках и штампованных заготовках, мм**

Вид обработки	Расстояние от торца или между отверст.			
	До 50	50...120	120...260	260...500
Ковка	+1,50	+2,00	+2,50	+3,00
Штамповка обычной точности	+0,50	+0,70	+1,00	+1,50
Штамповка повышенной точности	+0,30	+0,50	+0,75	+1,00

**Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий,
полученных на операциях сверления, мм**

Метод обработки и координации инструмента на сверлильных и радиально-сверлильных станках	Расстояние от базы или между отверстиями, мм				Удельн. Перпендикулярность или параллельность от базы, мкм/мм			
					Диаметр отверстия			
	До 50	50...120	120...260	260...500	До 10	10...30	30...50	Св. 50
По разметке	+0,50	+0,70	+0,80	+1,00	4...2	3...1,5	2...1	1,5...0,8
По кондуктору со сменными втулками нормальной точности	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	2...1,5	1,8...1,6	1,5...0,7	1...0,5
По кондуктору с вращающимися втулками повышенной точности	+0,035	+0,04	+0,05	+0,06	1...0,7	0,8...0,5	0,6...0,4	0,5...0,3
Ружейными сверлами	+0,035	+0,04	+0,05	+0,06	0,8...0,5	0,6...0,3	0,4...0,2	0,3...0,1

Примечание. Приведенные в таблице величины погрешностей расположения действительны для интервала диаметров отверстий 18...30 мм. При обработке других размеров табличные величины необходимо умножить на коэффициент К:

Диаметр, мм	10...18	18...30	30...50	Св. 50
К	0,8	1,0	1,2	1,6

**Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий,
полученных на операциях растачивания, мм**

Оборудование и методы обработки	Метод координации инструмента	Расстояние от базы или между отверстиями, мм				Удельн. перпендикулярность или параллельность от базы, мкм/мм			
						Диаметр отверстия			
		До 50	50...120	120...260	260...500	До 10	10...30	30...50	Св. 50
	По разметке	+0,40	+0,60	+0,70	+0,80	3...2	2...1	1...0,8	0,5...0,3

Оборудование и методы обработки	Метод координации инструмента	Расстояние от базы или между отверстиями, мм				Удельн. перпендикулярность или параллельность от базы, мкм/мм			
						Диаметр отверстия			
		До 50	50...120	120...260	260...500	До 10	10...30	30...50	Св. 50
Растачивание отверстий на горизонтально-расточных станках	с нониусом	+0,15	+0,20	+0,30	+0,40	-	-	-	-
	По штихмасу	+0,05	+0,07	+0,10	+0,12	-	-	-	-
	По концевым мерам	+0,03	+0,04	+0,05	+0,06	-	-	-	-
Растачивание отверстий на алмазно-расточных станках	По нониусу	+0,02	+0,025	+0,03	+0,04	-	-	-	-
	По шкале	+0,02	+0,03	+0,04	+0,05	-	-	-	-
Растачивание отверстий на координатно-расточных станках	с нониусом	+0,02	+0,03	+0,04	+0,05	-	-	-	-
	По оптическим приборам	+0,005	+0,01	+0,015	+0,02	-	-	-	-

Примечание. Приведенные в таблице величины погрешностей расположения действительны для интервала диаметров отверстий 18...30 мм. При обработке других размеров табличные величины необходимо умножить на коэффициент К:

Диаметр, мм	10...18	18...30	30...50	Св. 50
К	0,8	1,0	1,2	1,6

Приложение 27

Средняя статистическая точность расположения обработанных цилиндрических поверхностей относительно первичных баз на токарных операциях, мкм

27.1. Установка в патроне с винтовым зажимом (погрешности, мкм)

Методы получения базовых поверхностей	Радиальное направление				Осевое направление				
	Интервалы диаметров, мм								
	До 50	50...120	120...260	260...500	До 50	50...120	120...260	260...500	
Литье в формы: песч. гл. металлические	300	400	500	600	100	120	150	200	
	200	300	400	500	80	100	120	150	
	100	150	200	250	50	80	100	120	
Гор. штамп. на молот.	300	400	500	600	100	120	150	200	
Штамповка на прессах	200	300	440	500	80	100	120	150	
Обработка:	черновая	100	150	200	250	50	90	100	120
	чистовая	50	80	100	120	30	50	80	100

27.2. Установка в патроне с пневматическим зажимом (погрешности, мкм)

Методы получения базовых поверхностей	Радиальное направление				Осевое направление			
	Интервалы диаметров, мм							
	До 50	50... 120	120... 260	260... 500	До 50	50... 120	120... 260	260... 500
Литье в формы:песч.гл. металлические оболочковые	250	320	400	500	80	90	120	150
	160	250	320	400	65	75	100	120
	80	120	160	200	40	65	80	100
Гор. штамп. на молот.	250	320	400	500	80	90	120	150
Штамповка на прессах	160	250	320	400	65	75	100	120
Обработка: черновая чистовая	80	120	160	200	40	65	80	100
	40	65	80	100	25	40	65	80

27.3. Установка в цанге по упорам (погрешности в мкм)

Методы получения базовых поверхностей	Радиальное направление				Осевое направление			
	Интервалы диаметров, мм							
	10... ...18	18... ...30	30... ...50	50... ...80	10... ...18	18... ...30	30... ...50	50... ...80
Холоднотянутая калиброванная	50	60	70	80	50	60	70	80
Предварительно обработанная	50	60	70	80	50	60	70	80
Чисто обработанная	25	30	35	40	25	30	35	40

Приложение 28

Средняя статистическая точность зацентровки (отклонение от соосности центровых фасок относительно поверхностей заготовки, используемых при зацентровке в качестве технологических баз), мм

Оборудо- вание и методы обработки	Вид за- жимного приспо- собления	Метод полу- чения базо- вых поверх- ностей	Диаметр базовой поверхности, мм				
			До 30	30... ...50	50... ...80	80... ...120	Св. 120
Фрезерно- центровальные двусторонние, центровальные двусторонние станки	Непод- вижные призмы	Литье и штамповка	0,70	0,85	1,00	1,25	1,45
		Прокат	0,52	0,62	0,75	1,10	1,40
		Обточка	0,34	0,40	0,42	0,45	0,50
Фрезерно- центро- вальные дву- сторонние, центро- вальные дву- сторонние станки	Само- центри- рующие призмы	Литье и штамповка	0,52	0,65	0,80	0,95	1,00
		Прокат	0,40	0,45	0,55	0,85	0,90
		Обточка	0,26	0,30	0,35	0,40	0,45
	Обратные центра (чашки)	Литье и штамповка	0,45	0,50	0,62	0,75	0,90
		Прокат	0,32	0,36	0,45	0,66	0,85

Оборудование и методы обработки	Вид зажимного приспособления	Метод получения базовых поверхностей	Диаметр базовой поверхности, мм				
			До 30	30...50	50...80	80...120	Св. 120
		Обточка	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30
Токарные станки	Кулачковые патроны	Литье и штамповка	0,35	0,42	0,52	0,62	0,73
		Прокат	0,26	0,31	0,38	0,56	0,69
		Обточка	0,17	0,19	0,21	0,22	0,25

Примечание. Отклонение от параллельности общей оси центровых отверстий относительно базы принимать в пределах 0,35...0,5 отклонения от соосности.

Приложение 29

Средняя статистическая точность расположения (отклонение от соосности) обработанных цилиндрических поверхностей относительно центровых фасок, мм

Диаметр	Интервал длины, мм			
	До 120	120...260	260...500	500...1200
Нормальная точность установки Н				
До 18	0,030	0,035	-	-
18...50	0,045	0,050	0,060	0,080
50...80	0,060	0,065	0,080	0,110
80...120	0,070	0,075	0,090	0,130
120...180	0,085	0,090	0,105	0,145
180...260	0,100	0,110	0,120	0,160
Повышенная точность установки П				
До 18	0,010	0,010	-	-
18...50	0,012	0,015	0,020	0,025
50...80	0,020	0,020	0,025	0,035
80...120	0,020	0,025	0,025	0,040
120...180	0,025	0,030	0,030	0,030
180...260	0,030	0,035	0,035	0,050
Высокая точность установки В				
До 18	0,005	0,006	-	-
18...50	0,007	0,008	0,010	0,015
50...80	0,009	0,010	0,012	0,017
80...120	0,011	0,012	0,014	0,019
120...180	0,013	0,014	0,016	0,021
180...260	0,015	0,016	0,018	0,023

Примечание. Нормальную точность установки используют при обдирке и черновой обработке, повышенную — при чистовой обработке, высокую — при шлифовании и тонком точении.

ГОСТ 7505-89. Классы точности поковок
30.1. Определение исходного индекса поковки

Исходный индекс = G + M + C + T									
Масса, кг			G	Группа стали	M	Степень сложности	C	Класс точности	T
Св.	До	0,5	1	M1	0	C1	0	T1	0
	до	1,0	2						
Св.	1,0	до 1,8	3	M2	1	C2	1	T2	2
Св.	1,8	до 3,2	4						
Св.	3,2	до 5,6	5						
Св.	5,6	до 10,0	6						
Св.	10,0	до 20,0	7	M3	3	C3	2	T3	4
Св.	20,0	до 50,0	8						
Св.	50,0	до 125,0	9						
Св.	125,0	до 250,0	10						
						C4	3	T4	6
								T5	8

Группа стали	Массовая доля углерода, %	Массовая доля легирующих элементов, %
M1	До 0,35	До 2,0
M2	От 0,35 до 0,65	От 2,0 до 5,0
M3	Св. 0,65	Св. 5,0

Степень сложности	Отношение Gп/Gф	Или	Число переходов при изготовлении на ГКМ
C1	Св. 0,32	До	2
C2	От 0,32 до 0,63		3
C3	От 0,16 до 0,32		4
C4	До 0,16	Св. 4	или на двух ГКМ

Примечание: Gп — масса поковки; Gф — масса простой фигуры, в которую вписывается поковка; степень C4 устанавливают для поковок с тонкими элементами

Основное деформирующее оборудование	Классы точности поковок				
	T1	T2	T3	T4	T5
Технологические прессы					
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Кривошипные горячештамповочные прессы:					
открытая облойная штамповка;				+	+
выдавливание;				+	
закрытая штамповка		+	+		
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Калибровка объемная (горячая, холодная)	+	+			
Калибровка плоскостная (горячая, холодная)	+				
Прецизионная штамповка	+				

Примечание. При пламенном нагреве точность T2...T4 снижается на один класс

30.2. Допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм

Ис-ход-ный ин-декс	Наибольшая толщина поковки									
	До 40	40...63	63...100	100...160	160...250	Св. 250				
	длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки									
	До 40	40...100	100...160	160...250	250...400	400...630	630...1000	1000...1600	1600...2500	
1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5	-	-	-	-	-
	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	-	-	-
2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	-	-	-	-
	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-	-	-	-
3	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	-	-	-
	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,5	-	-	-
4	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	-	-	-
	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-	-	-
5	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	-	-
	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-	-
6	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	
	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	
7	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	
	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	
8	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,2	
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	
9	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	
	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	
10	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	
	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	
11	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	
	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	
12	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	
	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	
13	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	
	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	
14	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	
	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	
15	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	
	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	
16	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	
	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	
17	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	
	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	
18	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	
	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	
19	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	
	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	
20	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	
	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	
21	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	
	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,4	
22	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	+9,2	
	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,4	-4,8	
23	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	+9,2	+10,0	
	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,4	-4,8	-6,0	

Примечание. Допускаемые отклонения внутренних размеров поковок устанавливаются с обратными знаками; допускаемые отклонения размеров, отражающие одно сторонний износ штампов, равны 0,5 табличных; допускаемые отклонения размеров толщины, учитывающие недоштамповку, устанавливаются по наибольшей толщине поковки и распространяются на все размеры ее толщины; допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

30.3. Допуски на толщину поковок, подвергаемых холодной и горячей калибровке, мм

Площадь, подвергаемая калибровке, кв. см	Поле допуска при "К"	
	До 0,5	Св. 0,5
Св. 2,5 до 2,5	0,32	0,26
Св. 2,5 до 6,3	0,36	0,32
Св. 6,3 до 10,0	0,40	0,36
Св. 10,0 до 16,0	0,44	0,40
Св. 16,0 до 25,0	0,50	0,44
Св. 25,0 до 40,0	0,60	0,50
Св. 40,0 до 80,0	0,80	0,60

Примечания: 1. Коэффициент "К" определяют отношением расстояния между калиброванными плоскостями к ширине калибруемой поковки или ее элементами. 2. При горячей калибровке допуски могут увеличиваться до 1,5 раз. 3. Ширина, длина и диаметр поковки или ее элементов, изменяющихся при калибровке, устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем. При этом величина одно стороннего увеличения размеров не должна превышать удвоенного положительного отклонения, а уменьшения — удвоенного отрицательного отклонения размера до калибровки. 4. Отклонения от параллельности, плоскостности и прямолинейности калиброванных плоскостей устанавливаются в пределах допуска раз мера после калибровки.

30.4. Допускаемые отклонения от концентричности пробитого отверстия, мм

Наибольший размер поковки, мм	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Св. До 100	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св. 100 до 160	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
Св. 160 до 250	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
Св. 250 до 400	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
Св. 400 до 630	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Св. 630 до 1000	1,2	2,0	2,5	3,0	4,0

Примечание: Приведенные отклонения соответствуют началу пробивки (со стороны входа пуансона в поковку). В конце пробивки (со стороны выхода пуансона) эти отклонения могут быть увеличены на 25%

30.5. Допускаемые отклонения от плоскостности и прямолинейности поковок, мм

Наибольший размер поковки, мм	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Св. До 100	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Св. 100 до 160	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св. 160 до 250	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Св. 250 до 400	0,6	0,8	1,0	1,6	1,6
Св. 400 до 630	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
Св. 630 до 1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
Св. 1000 до 1600	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
Св. 1600 до 2500	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Примечания: 1. В приведенных величинах не учитываются перепады по высоте, толщине или ширине поковки; 2. Длинномерные поковки с размерами свыше 1000 мм подвергают правке перед механической обработкой; 3. Допуск радиального биения цилиндрических поверхностей не должен превышать удвоенной величины, указанной в данной таблице

30.6. Допускаемые отклонения межосевого расстояния, мм

Межосевое расстояние				Класс точности				
				T1	T2	T3	T4	T5
	До	60	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	
Св.	60	до 100	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	+0,50	
Св.	100	до 160	+0,20	+0,25	+0,30	+0,50	+0,80	
Св.	160	до 250	+0,25	+0,30	+0,50	+0,80	+1,20	
Св.	250	до 400	+0,30	+0,50	+0,80	+1,20	+1,60	
Св.	400	до 630	+0,50	+0,80	+1,20	+1,60	+2,00	
Св.	630	до 1000	+0,80	+1,20	+1,60	+2,00	+3,00	
Св.	1000	до 1600	+1,20	+1,60	+2,00	+3,00	+4,50	
Св.	1600	до 2500	+1,60	+2,00	+3,00	+4,50	+7,00	

30.7. Допускаемые отклонения угловых элементов поковки

Длина элемента, мм			Класс точности				
			T1	T2	T3	T4	T5
	До	25	+0г10м	+0г15м	+0г20м	+0г25м	+0г30м
Св.	25	до 60	+0г15м	+0г20м	+0г25м	+0г30м	+0г50м
Св.	60	до 100	+0г20м	+0г25м	+0г30м	+0г50м	+0г80м
Св.	100	до 160	+0г25м	+0г30м	+0г50м	+0г80м	+1г20м
Св.	160		+0г30м	+0г50м	+0г80м	+1г20м	+1г60м

Примечания: 1. г — градусы, м — минуты; 2. Допускаемые отклонения угловых размеров поковок, скручивание или гибка элементов которой производится на отдельном оборудовании, увеличивается на 50%.

30.8. Допуск радиусов закругления внутренних и наружных углов поковки, мм

Длина элемента, мм				Класс точности				
				T1	T2	T3	T4	T5
	До	4	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0	
Св.	4	до 6	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0	
Св.	6	до 10	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0	
Св.	10	до 16	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0	
Св.	16	до 25	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0	
Св.	25	до 40	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0	
Св.	40	до 60	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0	
Св.	60	до 100	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0	

30.9. Штамповочные уклоны, градусы

Оборудование	На наружной поверхности	На внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, ГКМ	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

30.10. Отклонение от перпендикулярности торцов относительно оси и боковых поверхностей относительно основания поковок и штампованных заготовок

Вид обработки	Диаметр или толщина детали, мм				
	До 20	20...50	50...100	100...200	300...500
Ковка	2,00	2,50	4,00	6,00	8,50
Штамповка горячая объемная	0,65	1,15	1,50	3,75	6,50

Приложение 31

ГОСТ 26645-85 (ИСО 8062-84) взамен ГОСТ 1855-55, 2009-55.

Классы точности для отливок из черных и цветных металлов и сплавов

Интервалы номинальных размеров, мм	Допуски линейных размеров отливок, мм							
	Не более, для классов точности размеров отливок							
	1	2	3Т	3	4	5Т	5	
	Примерное соответствие классов точности квалитетам ГОСТ 25346-89							
	10		11		12		13	
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	
4... 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	
6... 10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	
10... 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	
16... 25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	
25... 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	
40... 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	
63... 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	
100... 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	
160... 250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	
250... 400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	
400... 630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	
630...1000	-	-	-	-	-	0,80	1,00	

Продолжение приложения 31

Интервалы номинальных размеров, мм	Допуски линейных размеров отливок, мм							
	Не более, для классов точности размеров отливок							
	6	7Т	7	8	9Т	9	10	
	Примерное соответствие классов точности квалитетам ГОСТ 25346-89							
		14		15		16		
До 4	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	
4... 6	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	
6... 10	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	
10... 16	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	
16... 25	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	
25... 40	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	
63... 100	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	
100... 160	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	
160... 250	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	
250... 400	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	
400... 630	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,40	
630...1000	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	

Продолжение приложения 31

Интервалы номинальных размеров, мм	Допуски линейных размеров отливок, мм							
	Не более, для классов точности размеров отливок							
	6	7Т	7	8	9Т	9	10	
	Примерное соответствие классов точности квалитетам ГОСТ 25346-89							
		14		15		16		
1000...1600	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,40	5,60	
1600...2500	-	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	
2500...4000	-	-	3,20	3,60	4,40	5,60	7,00	
4000...6300	-	-	-	-	5,00	6,40	8,00	
6300..10000	-	-	-	-	-	8,00	10,40	

Окончание приложения 31

Интервалы номинальных размеров, мм	Допуски линейных размеров отливок, мм								
	Не более, для классов точности размеров отливок								
	11Т	11	12	13Т	13	14	15	16	
	Примерное соответствие классов точности квалитетам ГОСТ 25346-89								
	17								
До 4	1,60	2,00	-	-	-	-	-	-	-
4... 6	1,80	2,20	2,80	-	-	-	-	-	-
6... 10	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	-	-	-	-
10... 16	2,20	2,80	3,60	4,40	5,60	7	-	-	-
25... 40	2,80	3,60	4,40	5,60	7,00	9	11	14	
40... 63	3,20	4,00	5,00	6,40	8	10	12	16	
63... 100	3,60	4,40	5,60	7,00	9	11	14	18	
100... 160	4,00	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20	
160... 250	4,40	5,60	7,00	9,00	11	14	18	22	
250... 400	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20	24	
400... 630	5,60	7,00	9,00	11	14	18	22	28	
1600...2500	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32	40	
2500...4000	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36	44	
4000...6300	10,0	12,0	16,0	20,0	24	32	40	50	
6300..10000	12,0	16,0	20,0	24,0	32	40	50	64	

Примечания: 1. Допуски не учитывают смещение и коробление отливок. 2. Допуски размеров элементов, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливаются на 1...2 класса точнее; 3. Допуски размеров элементов, образованных тремя и более частями формы, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев устанавливают на 1...2 класса грубее; 4. Допускается устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения размеров. При этом предпочтительно следующее расположение полей допусков: а) несимметричное одностороннее "в тело" — для размеров элементов отливки (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке. При этом для охватываемых элементов (отверстия) поле допусков располагают "в плюс", а для охватываемых (валы) — "в минус"; б) симметричные для размеров всех остальных элементов отливок, не подвергаемых механической обработке.

31.1. Выбор класса точности в зависимости от способа литья

Способ литья	Тип металла или сплава					
	наиболь- ший га- баритный размер отливки, мм	цветные с темпе- ратурой плавле- ния ниже 700 С	цветные с температу- рой плав- ления вы- ше 700 С, сер. чугу.	ковкий, высоко- прочный легиров. чугун, сталь	Классы точности размеров	
					До	Св.
Литье под давлением в металлические формы	До 100	3Т-5	3-6	4-7Т	12-14	
	Св. 100	3-6	4-7Т	5Т-7	13-15	
Литье в керамические формы и по выплавляемым моделям	До 100	3-6	4-7Т	5Т-7	13-15	
	Св. 100	4-7	5Т-7	5-8	13-15	
Литье в кокиль и под низким давлением в металлические фор- мы без и с песчаными стержня- ми, литье в песч. формы, отвер- ждаемые в контакте с оснасткой	До 100	4-9	5Т-10	5-11Т	13-17	
	До 630	5Т-10	5-11Т	6-11	14-17	
	Св. 630	5-11Т	6-11	7Т-12	14...	
Литье в песчаные формы, от- верждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сырые и сухие песчано-гли- нистые формы	До 630	6-11	7Т-12	7-13Т	15...	
	До 4000	7-12	8-13Т	9Т-13	16...	
	Св. 4000	8-13Т	9Т-13	9-14	16...	

Приложение 32

Сталь горячекатаная круглая (ГОСТ 2590-71)

Диаметры, мм	Предельные отклонения (мм) по диаметру при точности прокатки					
	высокой		повышенной		обычной	
	+	-	+	-	+	-
5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7...9	+0,1	-0,2	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
10...19	+0,1	-0,3	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
20...25	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5	+0,4	-0,5
26...48	+0,2	-0,5	+0,2	-0,7	+0,4	-0,7
50; 52...58	+0,2	-0,8	+0,2	-1,0	+0,4	-1,0
60; 62...63; 65; 67...68; 70; 72	+0,3	-0,9	+0,3	-1,1	+0,5	-1,1
75; 78; 80; 82; 85; 90; 95	+0,3	-1,1	+0,3	-1,3	+0,5	-1,3
100; 105; 110; 115	-	-	+0,4	-1,7	+0,6	-1,7
120; 125; 130; 135; 140; 150	-	-	+0,6	-0,2	+0,8	-2,0
160; 170; 180; 190; 200	-	-	-	-	+0,9	-2,5
210; 220; 230; 240; 250	-	-	-	-	+1,2	-3,0

Примечания: 1. Сталь диаметром до 9 мм поставляется в мотках, свыше 9 мм в прутках. 2. Кривизна прутка не должна превышать 0,5% длины; по требованию потребителя должны поставляться прутки с кривизной, не превышающей 0,2% длины. 3. Допустимая кривизна реза прутка не должна превышать 0,1 диаметра — для прутков диаметром до 30 мм; 5 мм — для прутков диаметром 30 мм.

Сталь горячекатаная квадратная (ГОСТ 2591-71)

Размер квадрата, мм	Предельные отклонения (мм) стороны квадрата при точности прокатки					
	высокой		повышенной		обычной	
5...9	+0,1	-0,2	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
10...19	+0,1	-0,3	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
20...25	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5	+0,4	-0,5
26...48 (нет 43; 44; 47)	+0,2	-0,5	+0,2	-0,7	+0,4	-0,7
50; 52; 55; 58	+0,2	-0,8	+0,2	-1,0	+0,4	-1,0
80; 85; 90; 93; 95	+0,3	-1,1	+0,3	-1,3	+0,5	-1,3
100; 105; 110; 115	-	-	+0,4	-1,7	+0,6	-1,7
120; 125; 130; 135	-	-	+0,6	-2,0	+0,8	-2,0
140; 145; 150	-	-	+0,6	-2,0	+0,8	-2,0
160; 170; 180; 190; 200	-	-	-	-	+0,9	-2,5

Примечания: 1. Кривизна прутка не должна превышать 0,5% длины. По требованию потребителя должны поставляться прутки, кривизна которых не превышает 0,2% длины. Взаимное скручивание прутка вокруг продольной оси не допускается. 2. Допустимая косина реза не должна превышать: 0,1 стороны квадрата — при стороне квадрата до 30 мм; 5 мм — при стороне квадрата свыше 30 мм.

Сталь горячекатаная шестигранная (ГОСТ 2879-69)

Размер вписанного круга, мм	Предельные отклонения (мм) при точности прокатки					
	высокой		повышенной		обычной	
8; 9	-	-	+0,1	-0,3	+0,3	-0,5
10...19 (через 1 мм)	-	-	+0,2	-0,3	+0,3	-0,5
20; 21; 22; 24; 25	-	-	+0,2	-0,4	+0,4	-0,5
26; 28; 30; 32; 34; 36	-	-	+0,2	-0,6	+0,4	-0,7
38; 40; 45; 48	-	-	+0,2	-0,6	+0,4	-0,7
50; 52; 55	-	-	+0,2	-0,9	+0,4	-1,0
60; 63; 65; 70; 75	-	-	+0,3	-1,0	+0,5	-1,1
80; 85; 90; 95	-	-	+0,4	-1,2	+0,5	-1,3
100	-	-	+0,5	-1,5	+0,6	-1,7

Примечания: 1. Местная кривизна прутка из шестигранной стали не должна превышать 5 мм на 1 м длины; общая кривизна не должна превышать произведения предельной местной кривизны 1 м длины на длину прутка в метрах. По соглашению сторон могут поставляться прутки, кривизна которых не превышает 2 мм на 1 м длины. 2. Скручивание прутка вокруг продольной оси не допускается.

Полоса стальная горячекатаная (ГОСТ 103-76)

Ширина полосы, мм	Предельные отклонения (мм) при точности			
	повышенной		обычной	
63; 65	+0,3	-1,1	+0,5	-1,3
70; 75	+0,3	-1,3	+0,5	-1,4
80; 85	+0,5	-1,4	+0,7	-1,6
90; 95	+0,6	-1,8	+0,9	-1,8
110	+0,8	-2,2	+1,0	-2,2
120; 125	+0,9	-2,4	+1,1	-2,4
От 130 до 150	+1,0	-2,5	+1,2	-2,8
Св. 150 до 180	+1,2	-2,8	+1,4	-3,2
Св. 180 до 200	+1,4	-3,2	+1,7	-4,0

Толщина полосы, мм	Предельные отклонения (мм) по толщине полосы, при точности			
	повышенной		нормальной	
От 4 до 6	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5
6...16	+0,2	-0,4	+0,2	-0,5
16...25	+0,2	-0,6	+0,2	-0,8
25...32	+0,2	-0,7	+0,2	-1,2
36; 40	+0,2	-1,0	+0,2	-1,6
45; 50	+0,2	-1,5	+0,3	-2,0
60...60	+0,2	-1,8	+0,3	-2,4

Примечания: 1. Притупление углов полос не должно превышать 0,2% толщины, но не более 3 мм; 2. В зависимости от серповидности полосы изготавливают двух классов: класс 1 — серповидность полосы 0,2% длины; класс 2 — 0,5% длины.

Допуски на длину заготовок, получаемых из проката

Диаметр или сторона квадрата, мм	Допуски при длине заготовки, мм (отклонения симметричные (+--))			
	До 300	300...600	600...1000	Св. 1000
При разрезке на пресс-ножницах				
До 25	До 0,8	0,8...1,0	1,0...1,5	1,5...2,0
25...40	0,8...1,0	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5
40...70	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0
70...100	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5
100...150	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5	3,5...4,0
150...200	2,5...3,0	3,0...3,5	3,5...4,0	4,0...4,5
При разрезке в штампах на прессах				
До 10	0,5...0,6	0,6...0,7	0,7...0,8	0,8...0,9
10...20	0,6...0,7	0,7...0,8	0,8...0,9	0,9...1,0
20...30	0,7...0,8	0,8...0,9	0,9...1,0	1,0...1,2
30...40	0,8...0,9	0,9...1,0	1,0...1,1	1,2...1,5
При разрезке на дисковых, ленточных и ножовочных механических пилах				
До 50	До 0,8	0,8...1,0	1,0...1,3	1,3...1,5
50...70	0,8...1,0	1,0...1,3	1,4...1,5	1,5...1,8
70...100	1,0...1,3	1,3...1,5	1,5...1,8	1,8...2,0
100...130	1,2...1,4	1,4...1,6	1,6...1,8	1,9...2,1
130...160	1,3...1,5	1,5...1,8	1,8...2,0	2,0...2,5

Содержание приложений 37...39

Приложение 37. Интерфейс ППП «Visual KursAR»	427
37.1. Вариант 1. Действующий технологический процесс	427
37.2. Вариант 2. Исправимый брак	451
37.3. Вариант 3. Округление определяемых размеров звеньев	454
37.4. Вариант 4. Дополнительная операция или технологический переход	456
37.5. Вариант 5. Отрицательный припуск	460
37.6. Вариант 6. Экономическая или статистическая точность размеров	460
37.7. Проектный вариант 7	463
37.8. Проектный вариант 8	469
37.9. Вероятностные расчеты	472
37.10. Диагностическая информация по схеме	487
37.10.1. Недостаток конструкторской размерной информации	487
37.10.2. Недостаток технологической размерной информации	493
37.10.3. Некоторые возможности алгоритма для профессиональной работы пользователя	497
37.11. Правописание	497
37.11.1. Группы звеньев	497
37.11.2. Синтаксис размерной информации	501
37.11.3. Синтаксис уравнений размерной схемы	503
37.11.3.1. Известные размеры-звенья группы 7, 8 и 9	503
37.11.3.2. Определяемые размеры-звенья группы 6	504
37.11.3.3. Заменяющее-замыкающее звено группы 5	505
37.12. Округление расчетных номинальных значений определяемых размеров-звеньев группы 6	505
37.13. Результаты расчета размерных цепей	508
37.14. Синтаксис звеньев размерной схемы	508
37.15. Рабочие символы кодирования для автоматизированного расчета и построения размерных схем (Е.В. Пугач, П.Г. Пугач, В.Ю. Шамин)	509
37.16. Особенности автоматизированного построения конструкторских и технологических размерных схем на плоскости (Е.В. Пугач, П.Г. Пугач, В.Ю. Шамин)	515
37.17. Модернизация программных продуктов (А.М. Хасанов, В.Ю. Шамин)	517
37.18. Визуализация – путь к творчеству (Е.В. Дощечкина, П.Г. Пугач, С.А. Богатенков, В.Ю. Шамин)	518
37.19. Особенности совместной работы заказчика и программистов (Е.В. Дощечкина, П.Г. Пугач, С.А. Богатенков, В.Ю. Шамин)	519
37.20. Исходная размерная информация для разработки программного продукта для станков с ЧПУ (В.Ю. Шамин, В.Г. Шаламов, П.Г. Пугач)	520
37.21. Особенности построения и расчета размерных схем при обработке зубчатых колес (Е.Г. Медведев, Л.Ю. Га-	

ланин, В.Ю. Шамин)	522
Приложение 38. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	523
38.1. Учебное пособие	525
38.2. Программный продукт	525
38.3. Самостоятельная и курсовая работа	525
38.4. Средства и материально-техническое обеспечение дис- циплины	526
Приложение 39. Программный продукт «Библиотека электронных версий»	526
39.1. Технология подготовки учебно-методических изданий кафедр в электронную библиотеку университета (С.Г. Бородуля, А.А. Гаврилин, А.С. Гладков, П.Г. Пугач, В.Ю. Шамин)	526
39.2. Обновление пакета прикладных программ «Электронная библиотека» (А.С. Гладков, В.Ю. Шамин).	529

Интерфейс ППП «Visual KursAR»

В процессе изучения теории и практики построения и расчета размерных цепей был использован следующий методический прием.

По всему курсу лекций при построении размерных схем, выводе основных уравнений для расчета, при выборе или расчетах составляющих окончательных и промежуточных размеров, при выборе или расчете замыкающих размеров-звеньев вместо буквенных и символьных обозначений были введены цифровые обозначения.

Это позволило разрабатывать программные продукты для автоматизированного расчета и построения размерных схем в таком формате, когда вводимая исходная размерная информация и результаты расчета не отличаются от ручного построения и расчета размерных цепей.

Многолетний опыт проведения практических занятий показал, что процесс кодирование исходной размерной информации для автоматизированного расчета и построения размерных схем не вызывает у пользователей серьезных затруднений.

После первых же занятий слушатели отказываются от ручного счета.

При неизменных алгоритмах расчета интерфейсы пакетов всегда отражали изящные возможности языка программирования, квалификацию постановщика задачи и программистов.

Настоящая версия продукта выстрадана и разработана с учетом тридцати (30) летнего опыта работы с аналогичными программами.

Тонко чувствуя волнения новичка, авторы готовы совершенствовать эту версию пакета бесконечно.

Сейчас и далее пользователь просмотрит основные кадры интерфейса, используя в качестве примера анализ и синтез простейшей размерной задачи.

37.1. Вариант 1.

Действующий технологический процесс

Эскиз детали и упрощенный маршрут с операционными эскизами механической обработки втулки кондукторной показан на рис. 37.1 и 37.2.

Размерная информация будет показана ниже в кадрах интерфейса.

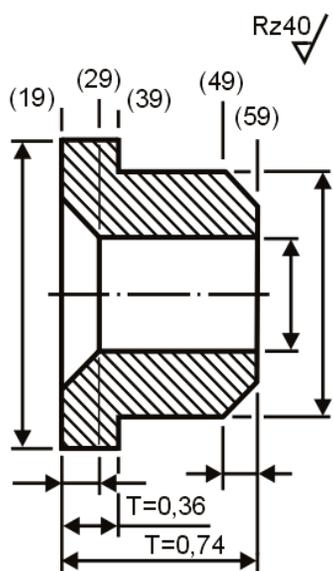
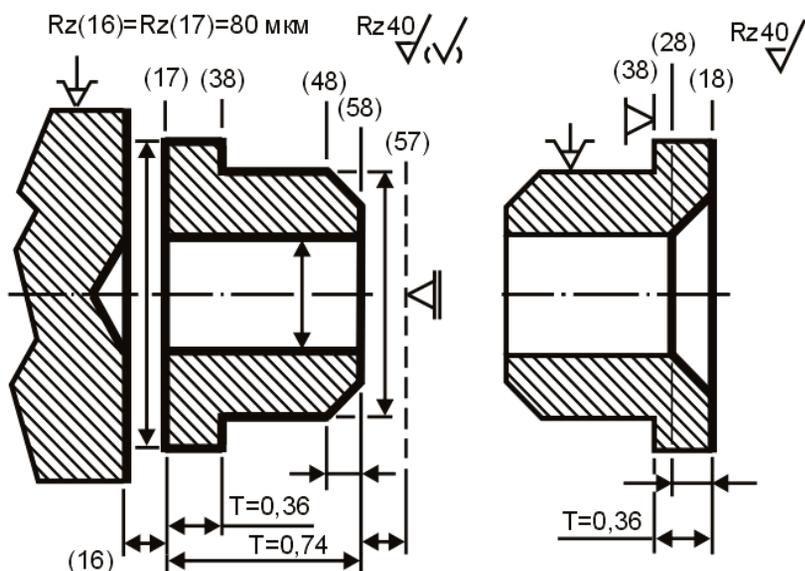


Рис. 37.1. Эскиз детали



Операция 005

Операция 010

Рис. 37.2. Действующий техпроцесс. Вариант 1

Первая токарная операция 005 выполняется на многшпиндельном горизонтальном автомате.

Она представлена одним упрощенным эскизом без наладок по позициям и технологическим переходам (см. рис. 37.2, с. 427).

Порядок простановки размеров на исходном чертеже изделия и операционных эскизах по отдельным операциям позволяет построить размерную схему действующего технологического процесса (см. рис. 37.3).

Исходная размерная информация для автоматизированного расчета и построения размерной схемы действующего процесса по варианту 1 (см. рис. 37.1...37.3, с. 427...428) формируется следующим образом.

1:	9	19	39	8	0	-0,36
2:	9	19	59	60	0	-0,74
3:	3	18	58	60	0	-0,74
4:	2	17	18	0	16	
5:	8	18	38	8	0	-0,36
6:	7	17	38	9	0	-0,36
7:	7	17	58	61	0	-0,74
8:	7	16	17	4	0,2	-0,2
9:	7	58	57	0,6	0,9	
10:	0	16	57			

Чертежные размеры группы 9 представлены под номерами 1 и 2.

Чертежный размер 2 — (19+59) непосредственно не выполняется в действующем технологическом процессе.

В размерной схеме технологический размер [18#58] — замыкающее звено.

Он находится в дополнительной зоне под верхней зоной исходных чертежных размеров (см. рис. 37.3). Код его группы 3. Порядковый номер в исходной размерной информации 3.

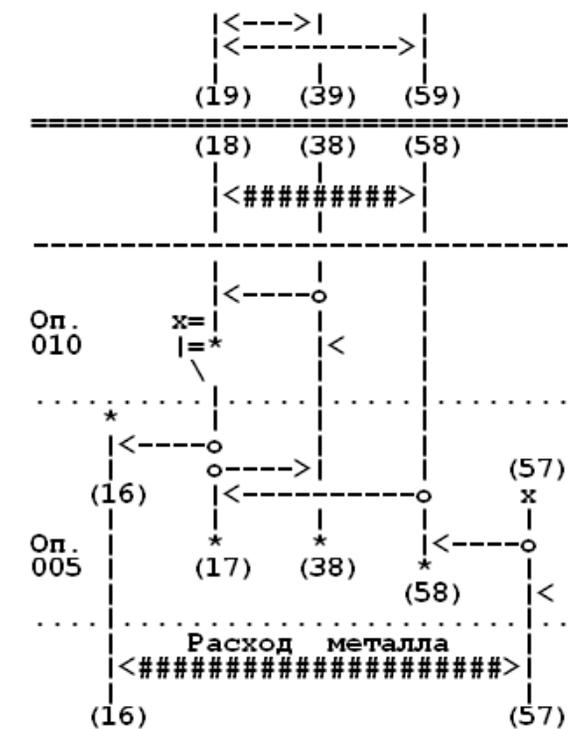


Рис. 37.3. Размерная схема процесса. Вариант 1

После переустановки прутка на загрузочной позиции 005 операции чисто подрезается торцовая поверхность (57). Эта бывшая поверхность (16).

Выполняемый размер — припуск (58+57) является составляющим звеном.

Минимально необходимое значение этого размера формируется из шероховатости и дефектного слоя поверхности (17) после работы отрезного резца на последней позиции автоматной 005 операции.

Можно рассчитать величину этого размера.

По согласованию с технологической службой цеха и непосредственным исполнителем (наладчиком автоматов) значения размера-припуска (58+57) и линейного размера (16+17), который формируется отрезным резцом, приняты как

$$(58+57)=0,6...0,9, \text{ а } (16+17)=3,8...4,2 \text{ мм.}$$

Эти размеры отнесены к группе 7 (известные промежуточные размеры).

На чистовой подрезной операции 010 минимально необходимый припуск [17#18] является замыкающим звеном. Теоретически он должен состоять из шероховатости и дефектного слоя поверхности (17) после работы отрезного резца на последней позиции автоматной 005 операции.

Значение минимального припуска принимается — [17#18]=0,08+0,08=0,16 мм.

В исходной размерной информации это звено под номером 4.

Известное наименьшее значение замыкающего звена кодируется в исходной размерной информации группой 2.

Размер (18+38) — окончательный выполняемый размер.

Группа 8.

Размеры (17+38) и (17+58) — промежуточные составляющие размеры-звенья.

Группа 7.

Расход металла на одну деталь определяется замыкающим звеном [16#57].

Группа 0.

После запуска программы первый кадр интерфейса готов к открытию файла.

«Отчетная информация» может быть введена на экран видеотерминала (см. рис. 37.4) или вызвана из рабочих архивов пользователей (см. рис. 37.5...37.7, с. 429...431).

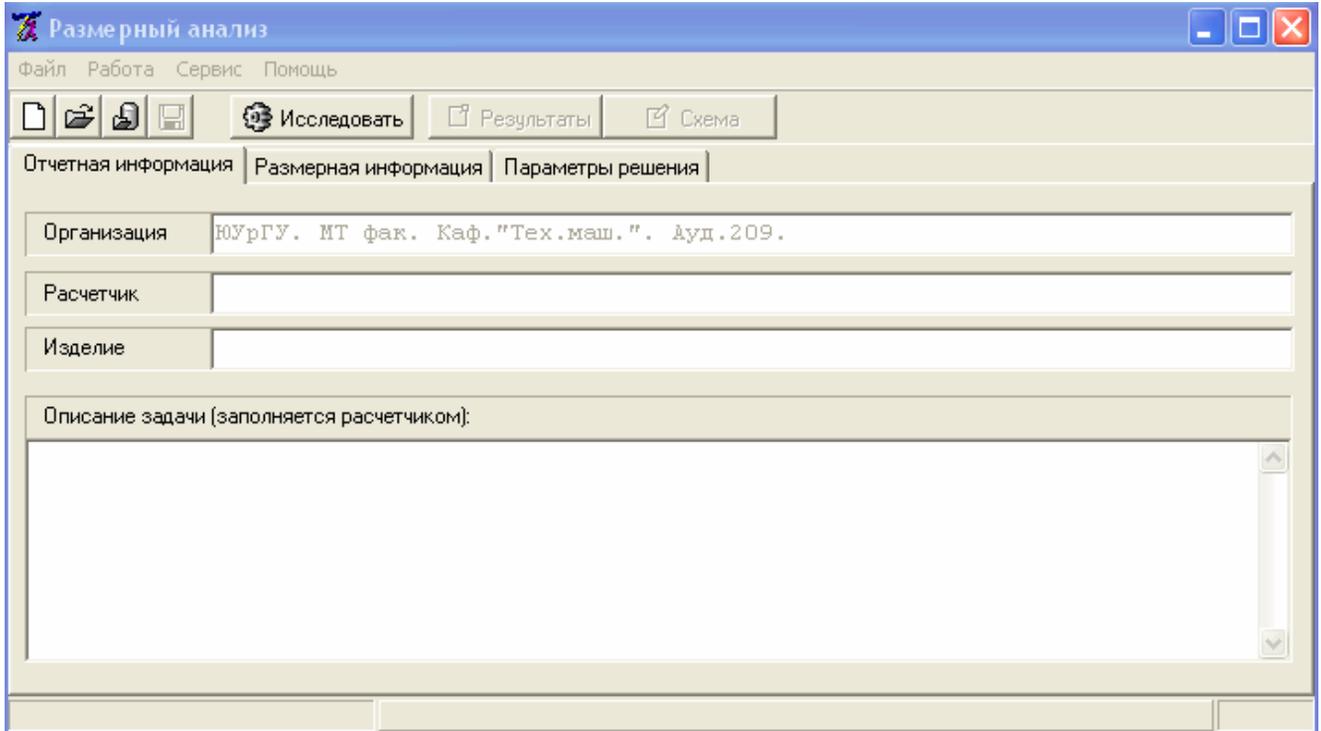


Рис. 37.4. Отчетная информация

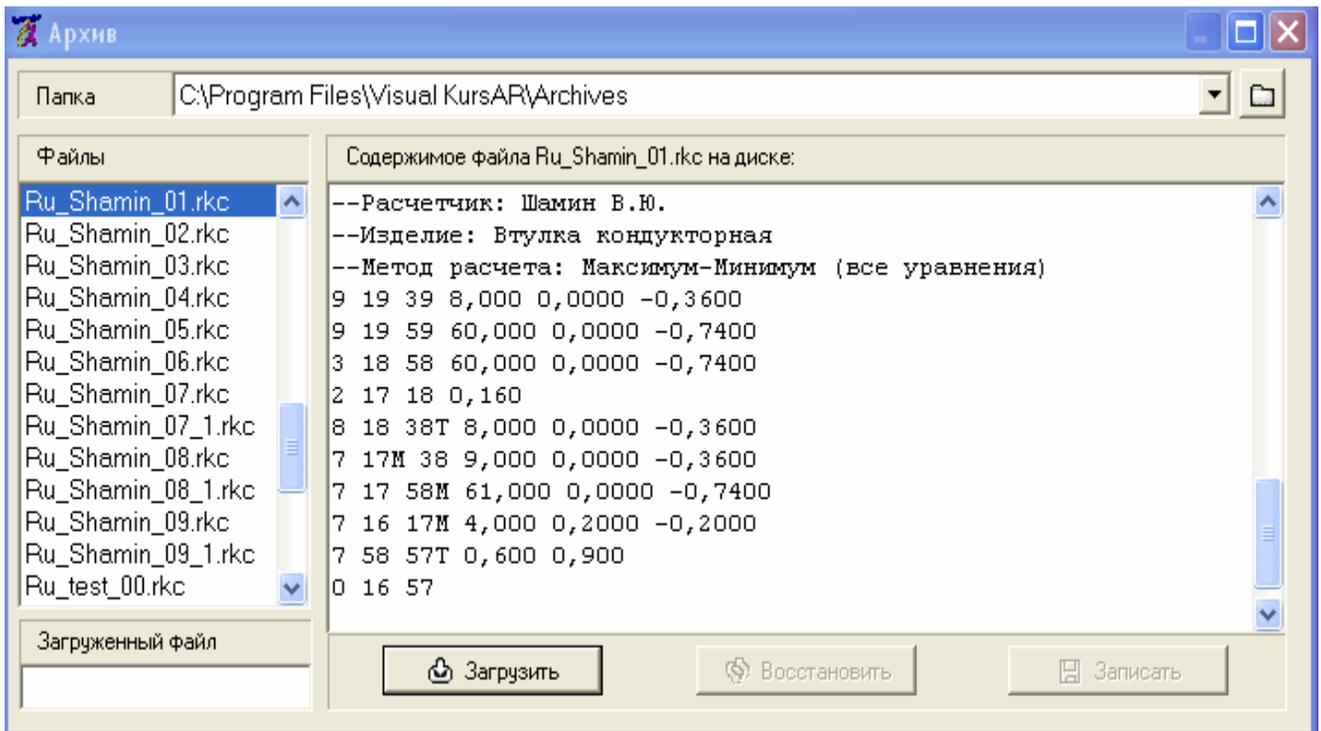


Рис. 37.5. Содержание файла

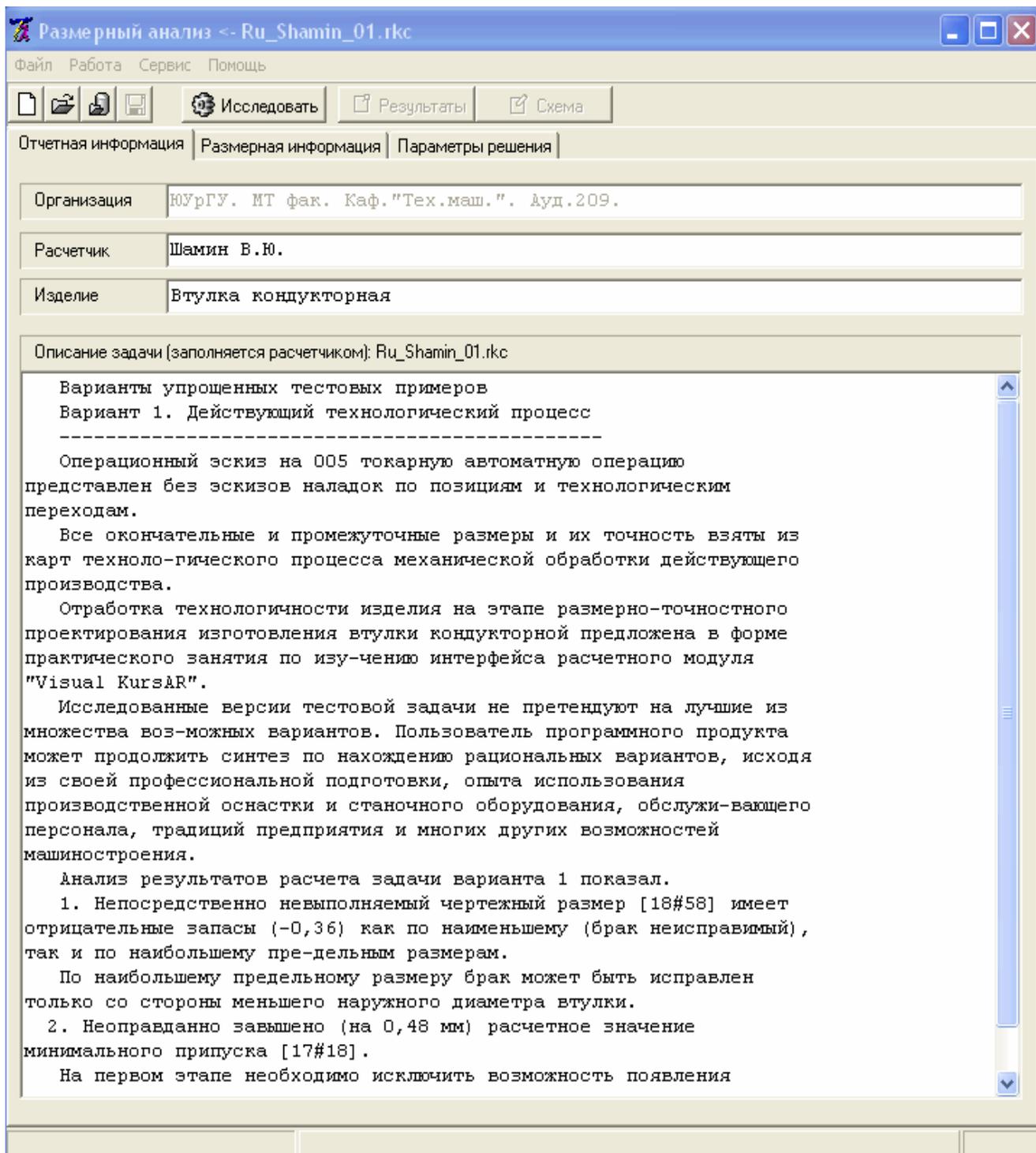


Рис. 37.6. Описание файла

Алгоритм программы требует заполнения всех окон «Отчетной информации»:

- «Расчетчик»;
- «Организация»;
- «Изделие».

Эта информация остается в архиве (в файле) и позволяет быстро находить необходимое имя файл (код, шифр или номер) изделия или задачи.

Большую помощь в поиске имени задач оказывают окна «Описание файла» или «Содержание файла».

В эти окна может быть занесена для хранения любая текстовая информация (см. рис. 37.4 и 37.6, с. 429 и 430).

До полного ввода «Отчетной информации» заблокированы все другие команды.

Аналогичным образом (на экран или из архивов) может быть введена и «Размерная информация» (см. рис. 37.7).

The screenshot shows a software window titled 'Размерный анализ <- Ru_Shamin_01.gks'. The interface includes a menu bar (Файл, Правка, Работа, Сервис, Помощь), a toolbar with icons for file operations and analysis, and a main workspace. The workspace contains a table with the following data:

	Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
	Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2:	9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3:	3	18	58	60,000	0,0000	-0,7400
4:	2	17	18	0,160		
5:	8	18	38T	8,000	0,0000	-0,3600
6:	7	17M	38	9,000	0,0000	-0,3600
7:	7	17	58M	61,000	0,0000	-0,7400
8:	7	16	17M	4,000	0,2000	-0,2000
9:	7	58	57T	0,600	0,900	
10:	0	16	57			

Рис. 37.7. Размерная информация

В момент выбора файла из архива пользователя размерная информация высвечивается в окне «Содержание файла» и ее можно править непосредственно на экране видеотерминала (см. рис. 37.5, с. 429).

Предусмотрено еще несколько вариантов ввода и правки исходной «Размерной информации».

1. Пакетный режим.

Номер группы звена, номера левой и правой поверхностей звена (размера), номинальное значение (или предельные значения), предельные отклонения и код округления составляющих определяемых размеров-звеньев вводятся последовательно столбиком в любом текстовом редакторе.

Готовый файл с расширением .gks вызывается из архива для последующего анализа, синтеза или построения размерной схемы.

2. Ввод исходной «Размерной информации» из архивов пользователей.

3. Ввод информации непосредственно на экран видеотерминала.

При этом в процессе ввода различных групп размеров-звеньев на экран происходит строгий синтаксический контроль и предложения по исправлению допущенных ошибок.

Одновременно с вводом номера группы над строкой звена появляются подсказки вариантов ввода данного звена.

К наиболее часто встречающимся опечаткам (ошибкам) можно отнести:

- повторный ввод уже существующих пар поверхностей;
- порядок ввода верхнего и нижнего предельных отклонений.

Экранный кадр рис. 37.8 — «Параметры» позволяют выбрать язык общения и другие показатели сервиса пакета.

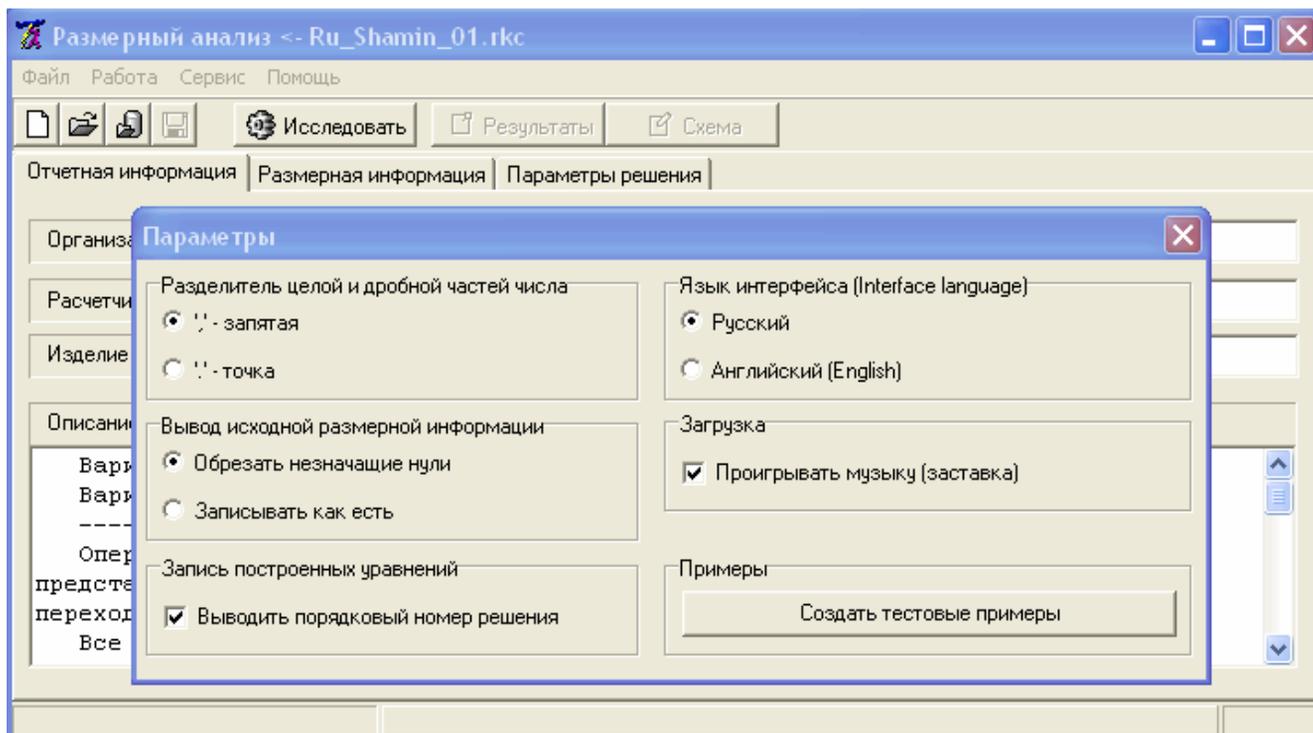


Рис. 37.8. Параметры

После ввода исходной размерной информации можно активизировать ярлык «Исследовать задачу».

Алгоритм программы предлагает выбрать метод расчета размерных цепей (см. рис. 37.9). Если все размерные уравнения предполагается решать методом «максимума минимума», то достаточно активизировать соответствующую строку на экране кадра рис. 37.10 (см. с. 433).

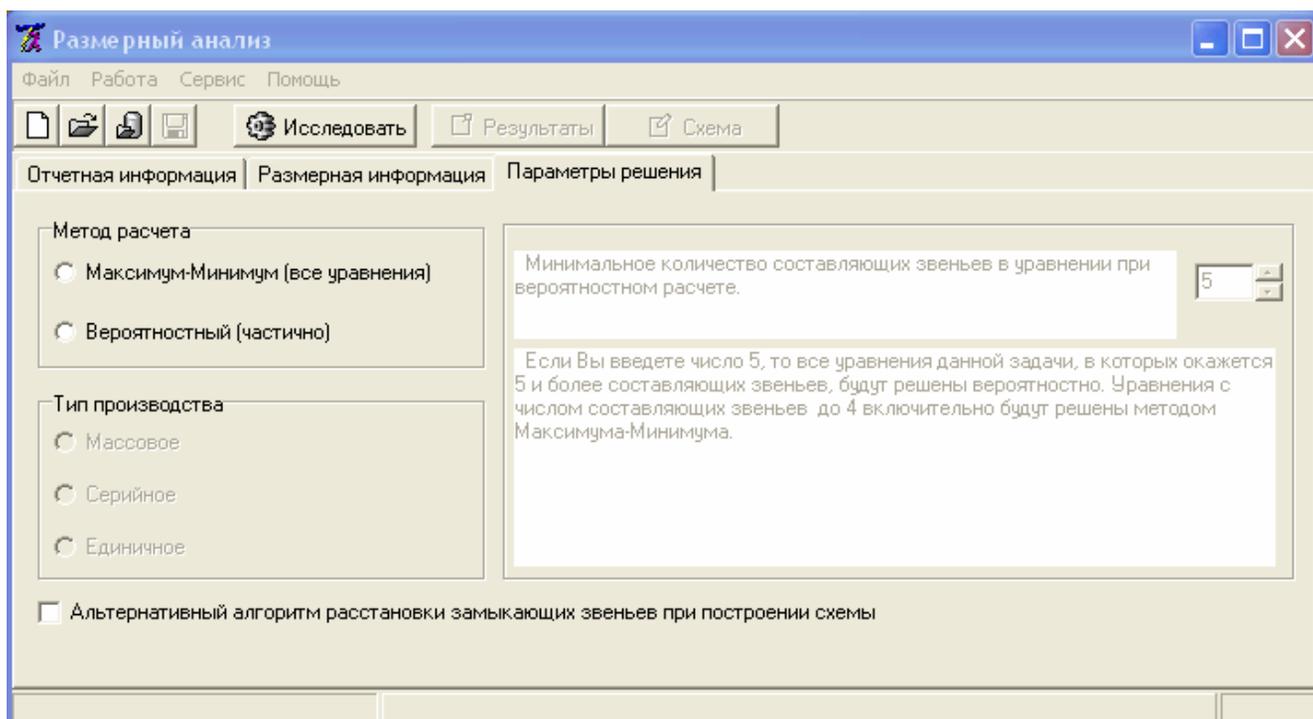


Рис. 37.9. Метод расчета

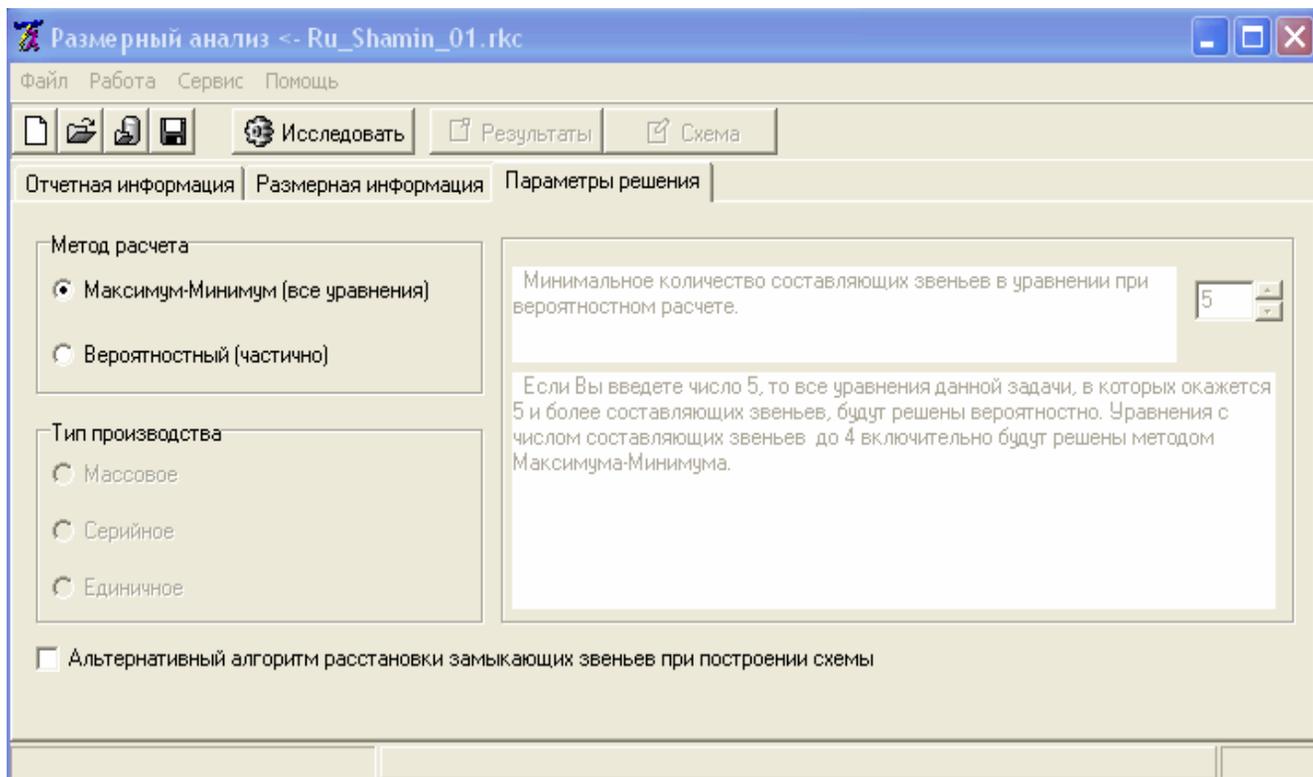


Рис. 37.10. Расчет на Максимум-Минимум

Вероятностный метод расчета (см. рис. 37.11) диктует выбор типа производства и минимальное количество составляющих звеньев в уравнениях (в размерных цепях) для сортировки этих уравнений по методам расчета.

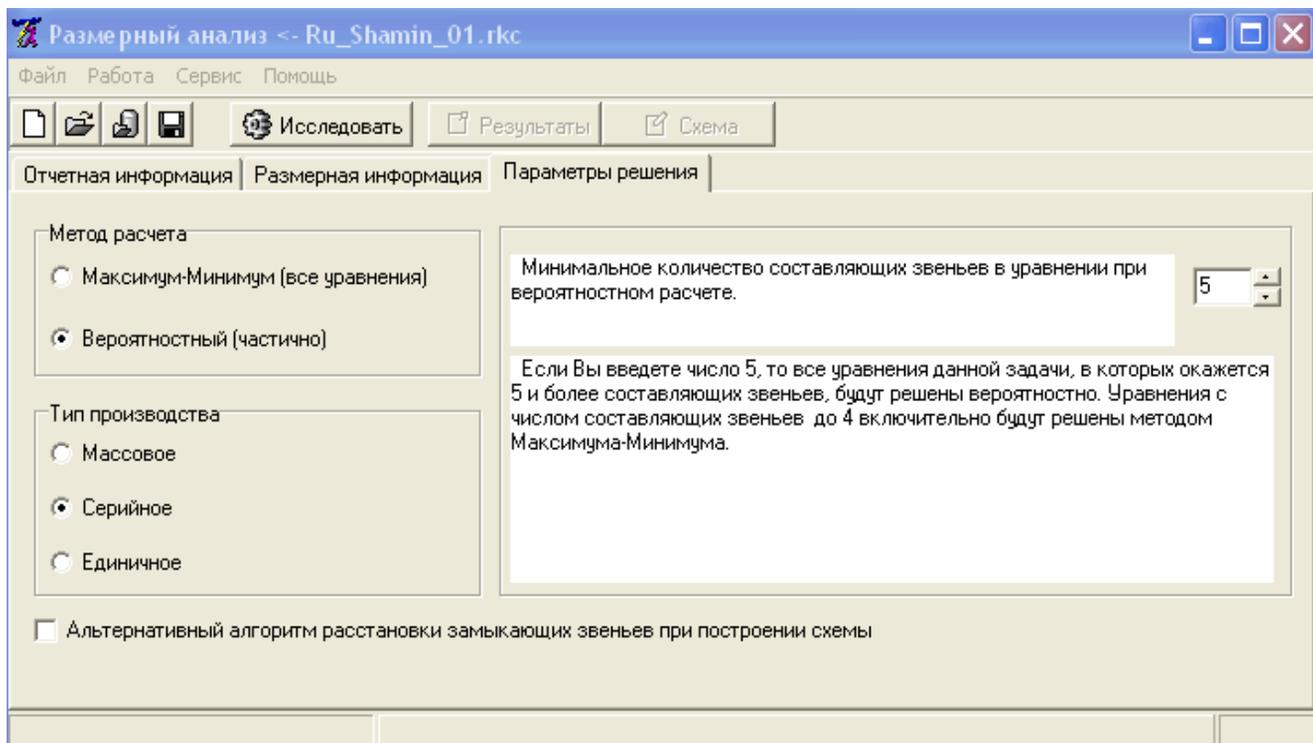


Рис. 37.11. Вероятностный расчет и тип производства

Тип производства подразумевает использование соответствующих коэффициентов риска ($t = 3$), кривых распределения (1/9, 1/6, 1/3), координат середин полей допусков, координат полей рассеяния и др.

В кадре рис. 37.12 представлены результаты расчета, которые могут просматриваться в различных масштабах.

Результаты расчета хранятся во временном файле программного пакета.

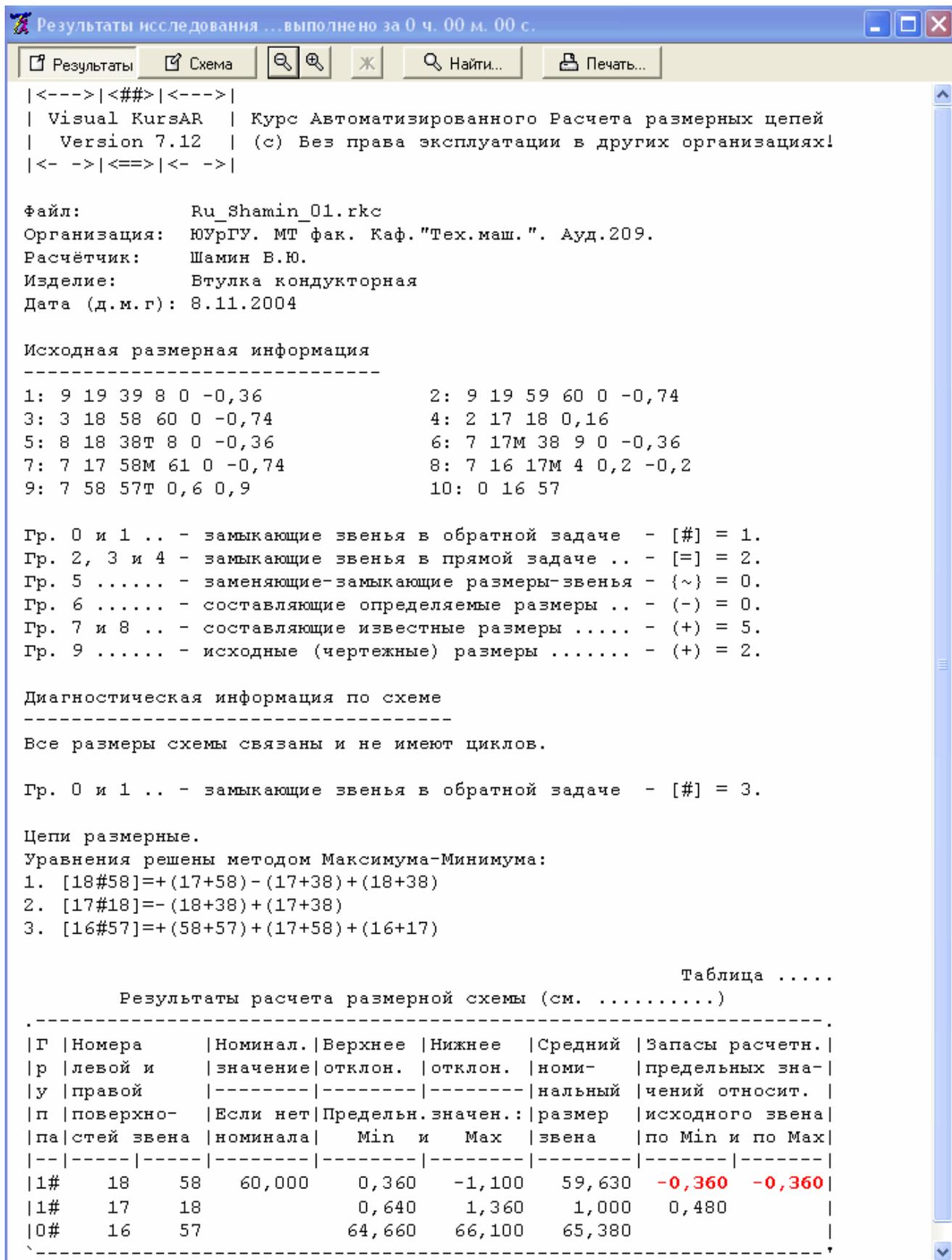


Рис. 37.12. Результаты расчета

В кадре рис. 37.13 в символьной форме представлена размерная схема, которая построена по размерам-звеньям исходной размерной информации данного процесса.

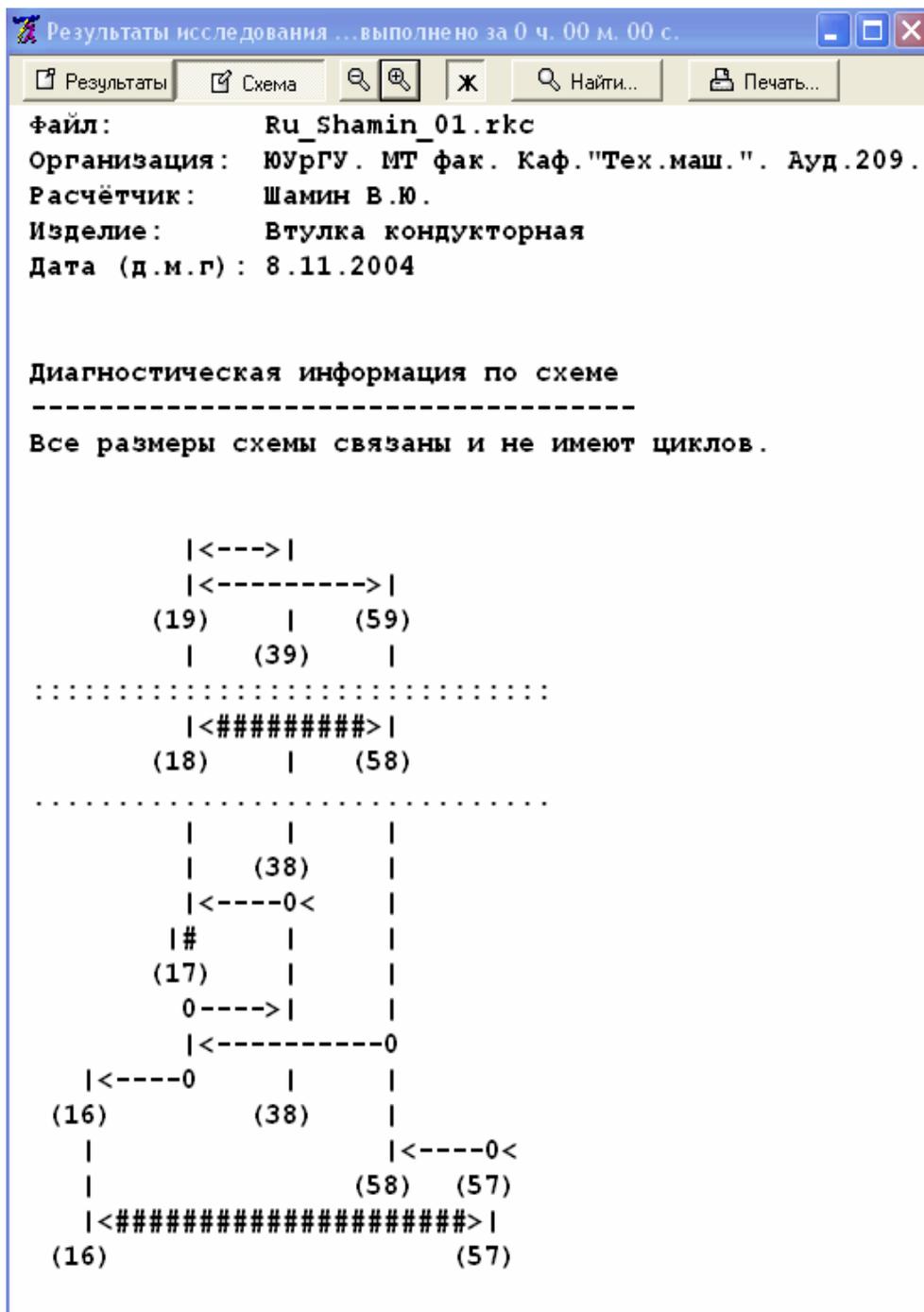


Рис. 37.13. Размерная схема процесса

Уравнения размерных цепей (см. рис. 37.12, с. 434) содержат менее четырех составляющих размеров-звеньев. Поэтому все они решены методом Максимума-Минимума.

Из табличных результатов расчета и размерной схемы видно, что невыполняемый в технологическом маршруте исходный чертежный размер (19 59) оказался в дополнительной зоне замыкающих размеров-звеньев — [18#58] с отрицательными запасами по предельным значениям.

По Min предельному значению брак окончательный.

Отрицательный запас по Max предельному значению сигнализирует о возможном исправлении брака со стороны поверхности (58).

Максимальный расчетный размер 60,36 превосходит исходный чертежный на 0,36 мм. Эта положительная величина и является отрицательным запасом.

Минимально необходимый припуск [17#18] = 0,16 мм (см. рис. 37.12, с. 434).

Минимальное расчетное значение припуска — 0,64 мм превосходит необходимую величину на 0,48 мм.

Избыточная величина припуска с колебанием глубины резания от 0,64 до 1.36 мм (допуск на припуск равен 0,72 мм) не способствует производительной работе инструмента и экономии исходного материала обрабатываемого изделия.

Расход металла по Мах предельному значению составил 66,1 мм.

В пакете широко представлен поиск размеров-звеньев.

Его можно осуществлять по двум поверхностям искомого звена (например — 16 17) или и по отдельной поверхности (см. рис. 37.14).

The screenshot shows the 'Размерный анализ' (Dimensional Analysis) software window. The title bar reads 'Размерный анализ <- Ru_Shamin_01.rtc'. The menu bar includes 'Файл', 'Правка', 'Работа', 'Сервис', and 'Помощь'. Below the menu is a toolbar with icons for 'Исследовать', 'Результаты', and 'Схема'. The main area has tabs for 'Отчетная информация', 'Размерная информация', and 'Параметры решения'. A search bar contains '16' and a 'Найти...' button. Below the search bar is a table with the following data:

	Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
	Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2:	9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3:	3	18	58	60,000	0,0000	-0,7400
4:	2	17	18	0,160		
5:	8	18	38T	8,000	0,0000	-0,3600
6:	7	17M	38	9,000	0,0000	-0,3600
7:	7	17	58M	61,000	0,0000	-0,7400
8:	7	16	17M	4,000	0,2000	-0,2000
9:	7	58	57T	0,600	0,900	
10:	0	16	57			

Рис. 37.14. Поиск звеньев и поверхностей

Если активизировать ярлык «Найти», то поиск можно продолжить и по группам звеньев (см. рис. 37.15...37.16, с. 437).

Любой символ легко найти и в таблицах результатов расчета (см. рис. 37.17, с. 437).

При построении, кодировании и расчете размерных схем, в которых 100, 200 и более размеров звеньев, возможны опечатки и теоретические ошибки.

Поиск и исправление этих ошибок упрощается с помощью широко развитой диагностики представленного программного продукта.

Вызов справочной информации можно активизировать ярлыками: «Помощь»; «Вызов справки»; «Справочные приложения» (см. рис. 37.18...37.19, с. 438).

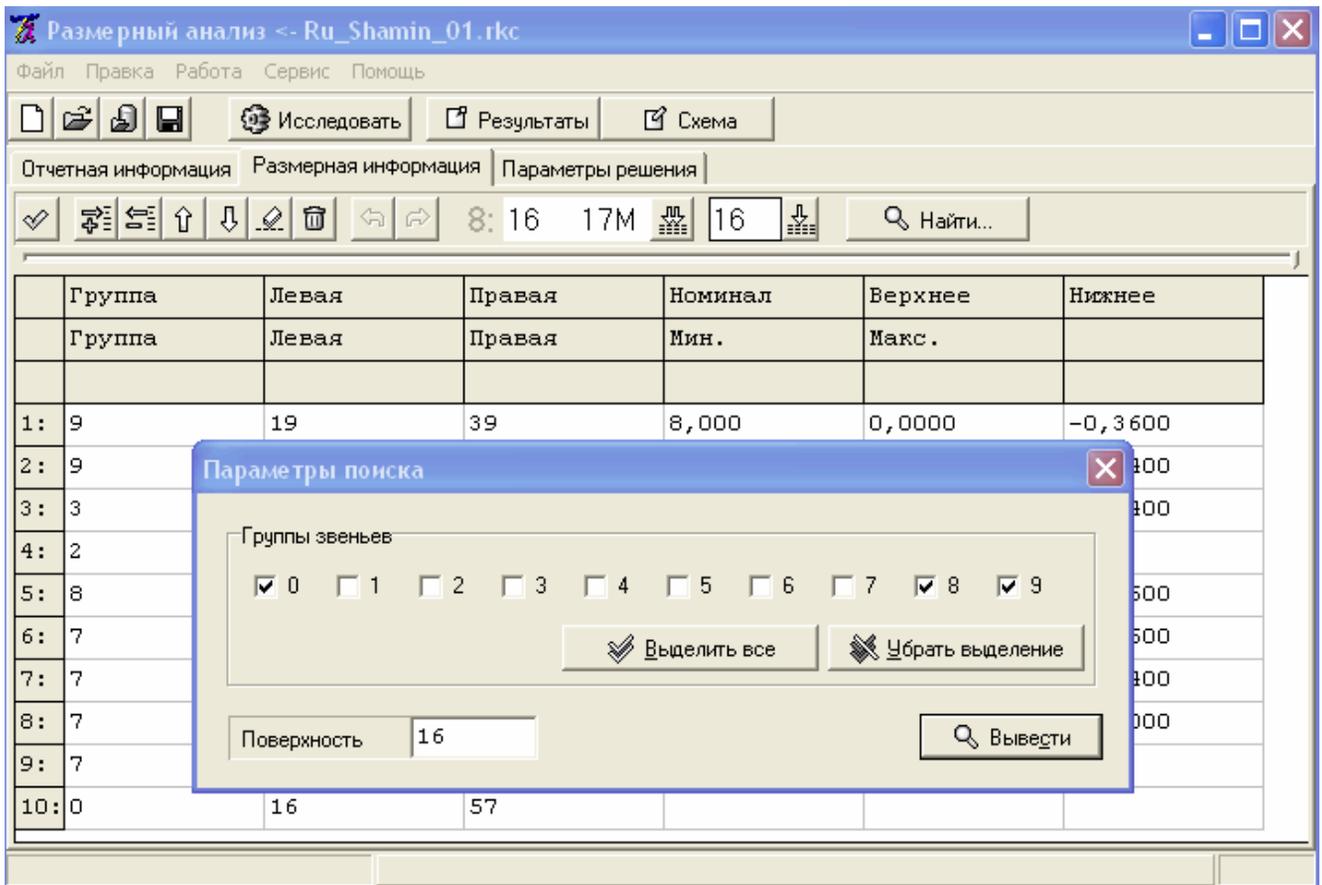


Рис. 37.15. Поиск групп звеньев

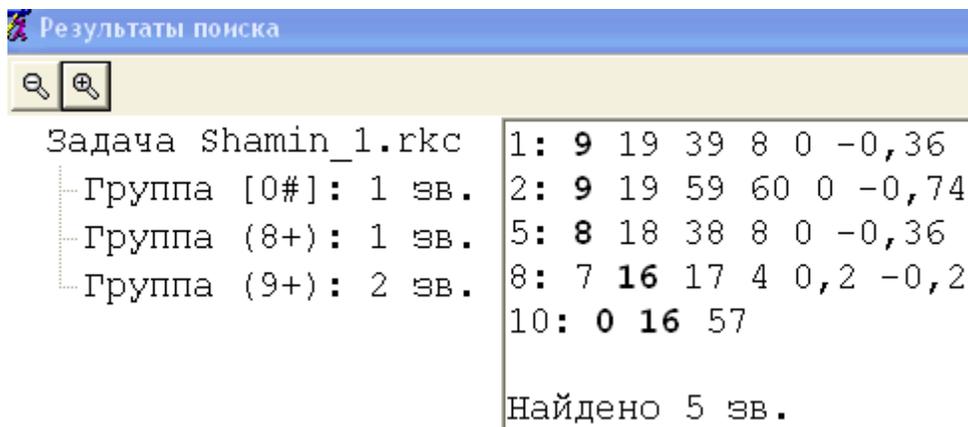


Рис. 37.16

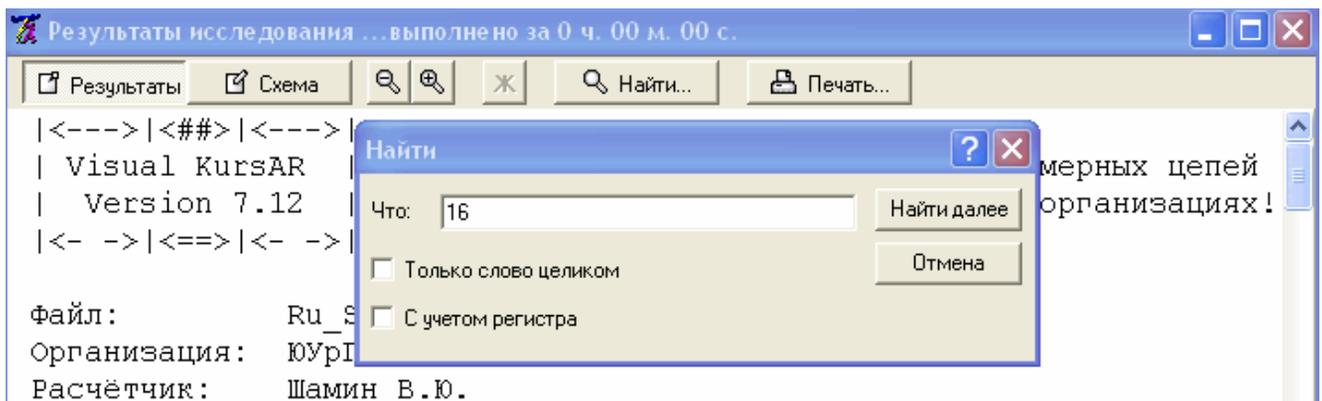


Рис. 37.17. Поиск любого символа

Оглавление справочных приложений в кадрах рис. 37.19 (см. с. 438...441).

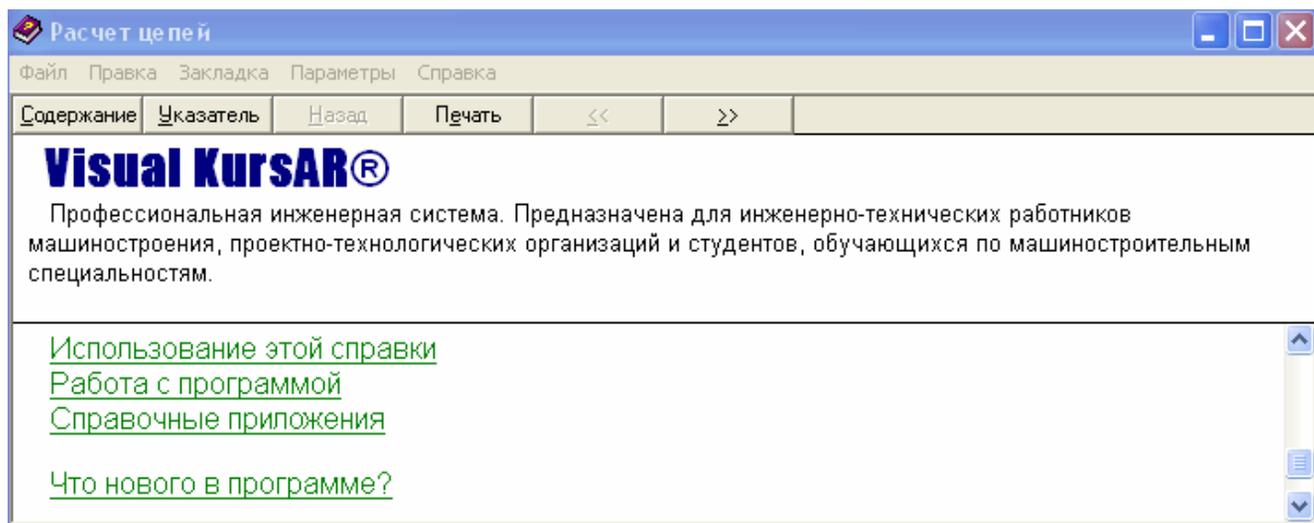


Рис. 37.18. Вызов справки

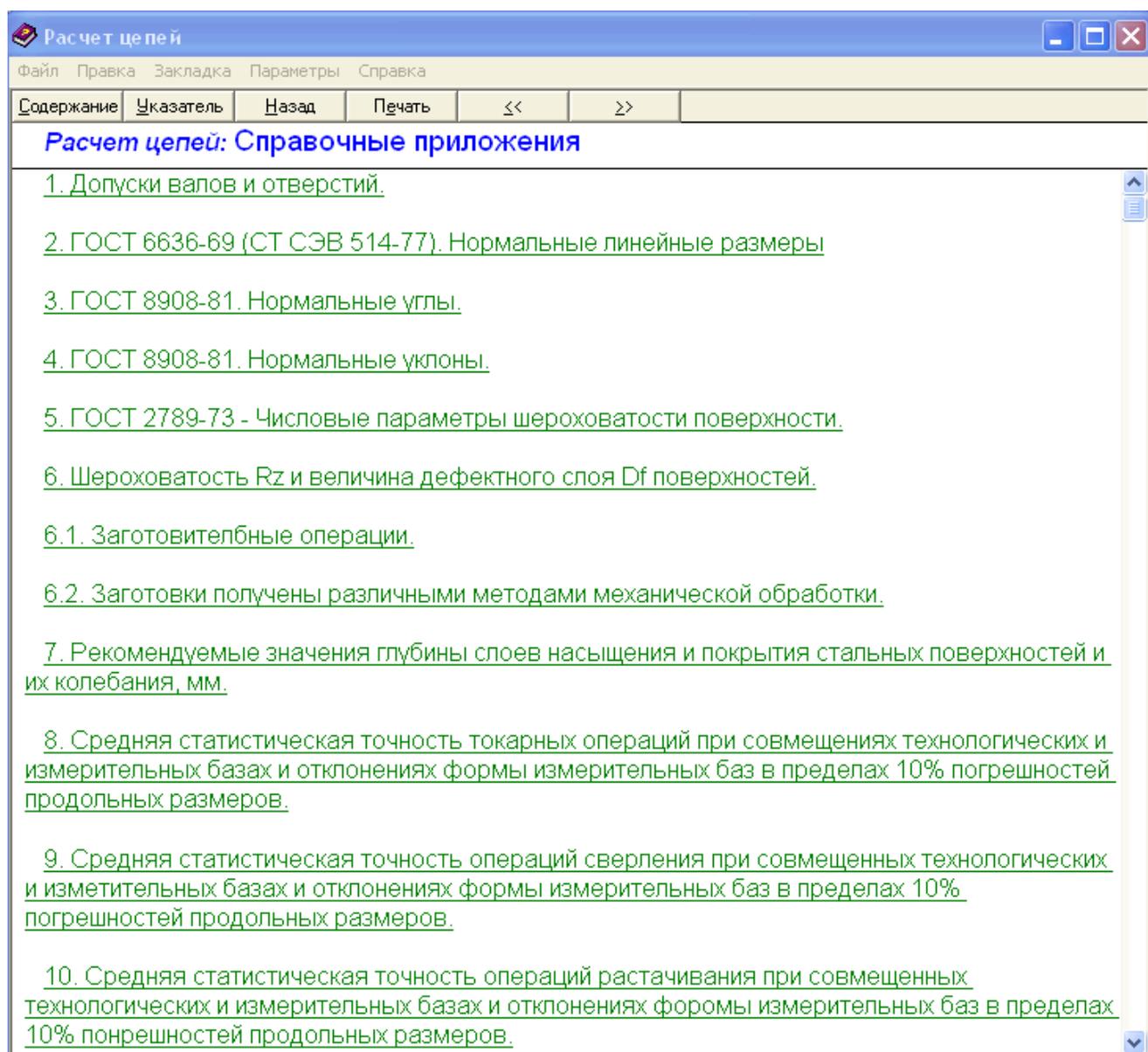


Рис. 37.19. Оглавление приложений

Расчет целей

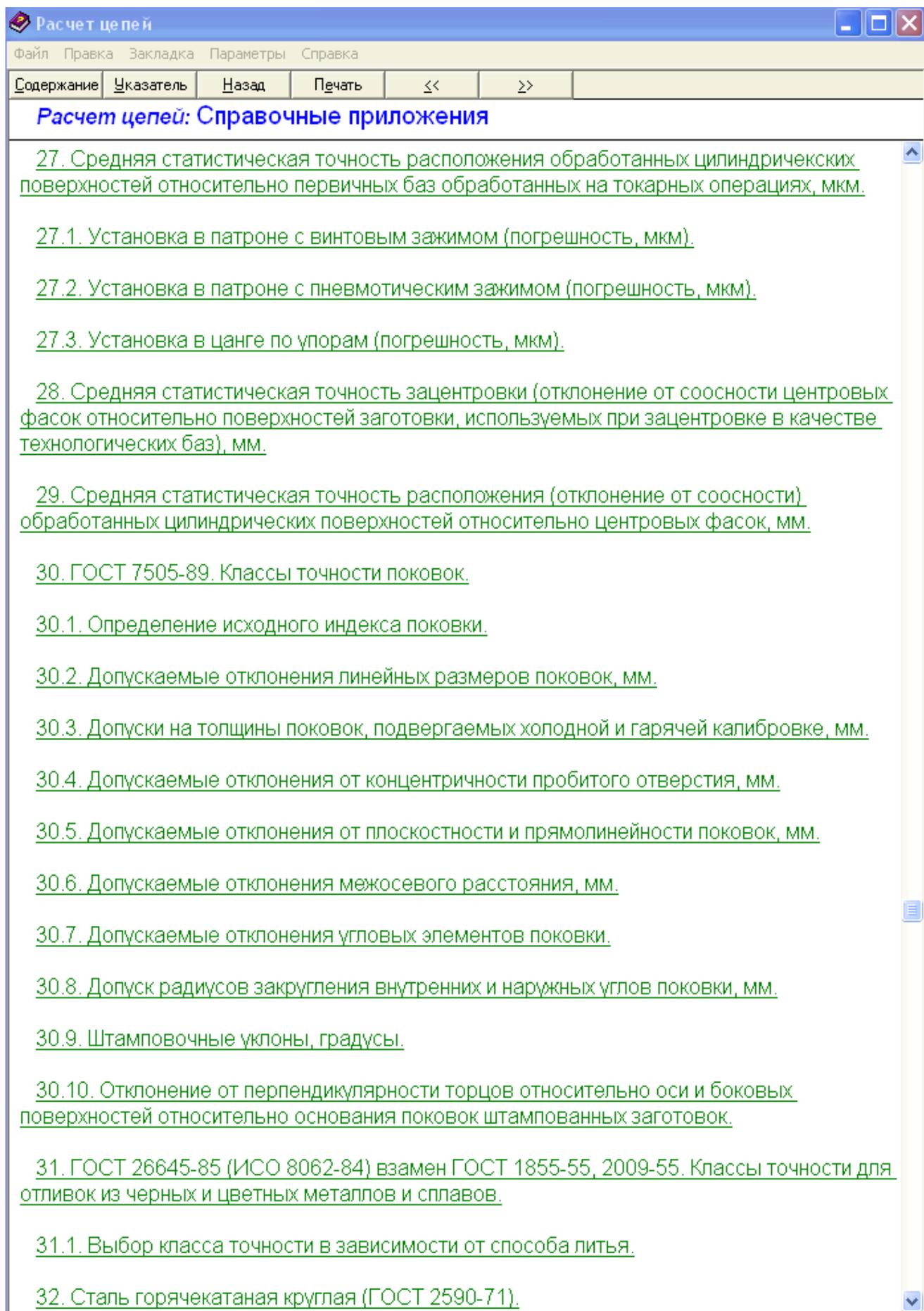
Файл Правка Закладка Параметры Справка

Содержание Указатель Назад Печать << >>

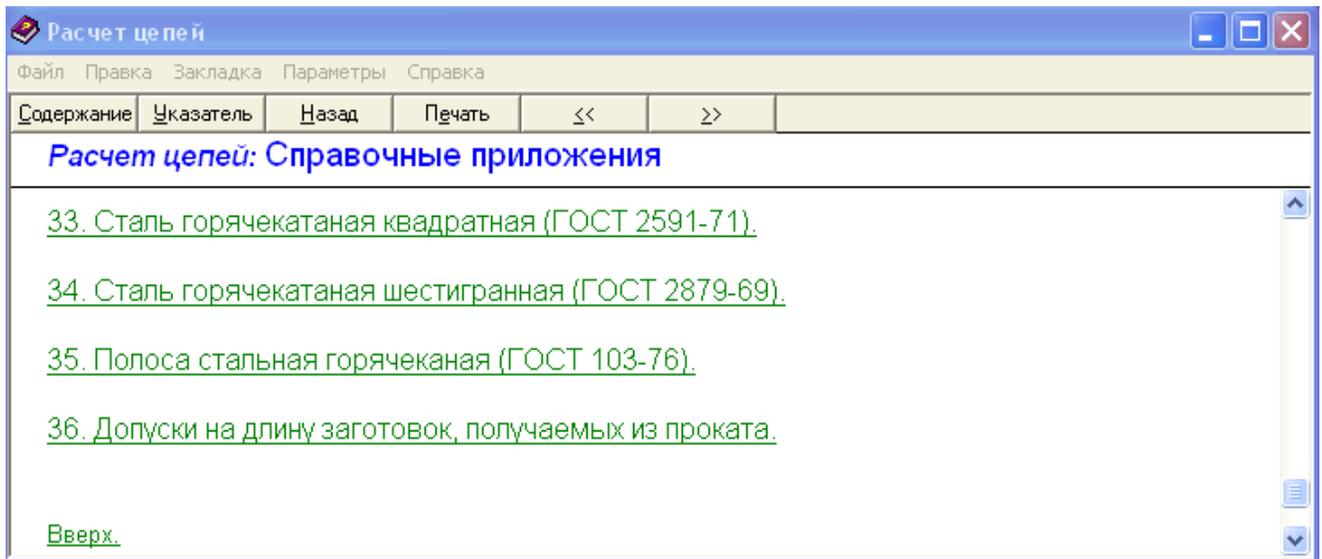
Расчет целей: Справочные приложения

11. Средняя статистическая точность операций фрезерования при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров.
12. Средняя статистическая точность операций строгания и протягивания при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров.
13. Средняя статистическая точность шлифовальных операций при совмещенных технологических и измерительных базах и отклонениях формы измерительных баз в пределах 10% погрешностей продольных размеров.
14. Средняя статистическая точность финишных операций.
15. Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на токарных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм.
16. Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях сверления, относительно "чистых" технологических баз, мкм.
17. Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях зенкерования и развертывания, относительно "чистых" технологических баз, мкм.
18. Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях растачивания, относительно "чистых" технологических баз, мкм.
19. Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на фрезерных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм.
20. Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на операциях протягивания, относительно "чистых" технологических баз, мкм.
21. Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на шлифовальных операциях, относительно "чистых" технологических баз, мкм.
22. Средняя статистическая точность формы и расположения поверхностей, обработанных на финишных операциях, мкм.
23. Статистическая точность координат и расположения осей отверстий в отливках, мм.
24. Статистическая точность координат и расположения осей отверстий в поковках и штампованных заготовках, мм.
25. Статистическая точность координат и расположения осей отверстий, полученных на операциях сверления, мм.
26. Статистическая точность координат и расположения осей отверстий, полученных на операциях растачивания, мм.

Продолжение рис. 37.19. Начало на с. 438



Продолжение рис. 37.19. Начало на с. 438...439



Окончание рис. 37.19. Начало на с. 437...439

Одно из справочных приложений показано на рис. 37.20.

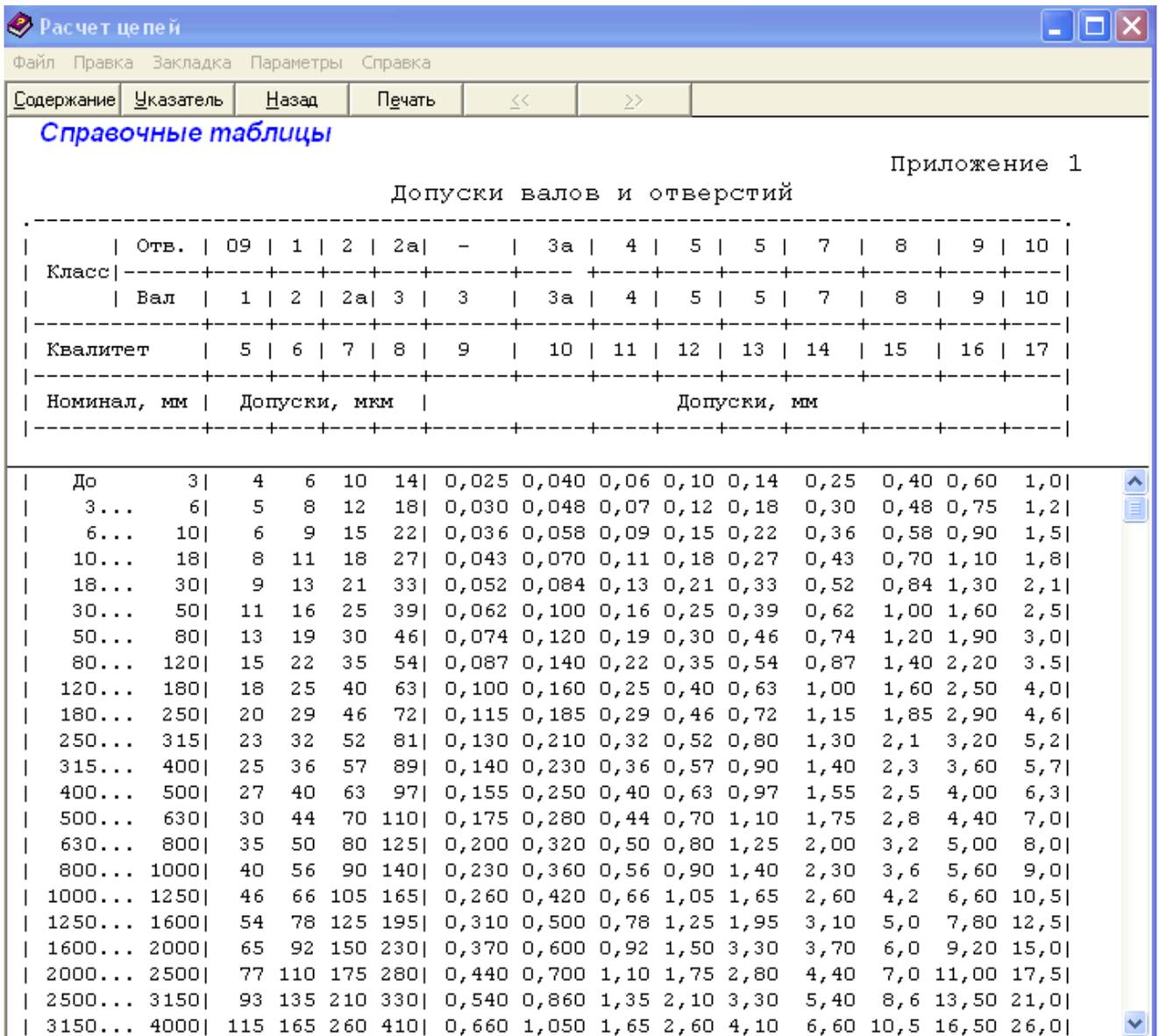


Рис. 37.20. Приложение 1 (см. с. 398)

Настройку параметров печати результатов расчета и размерной схемы можно проследить по кадрам рис. 37.21...37.25, с. 442...446.

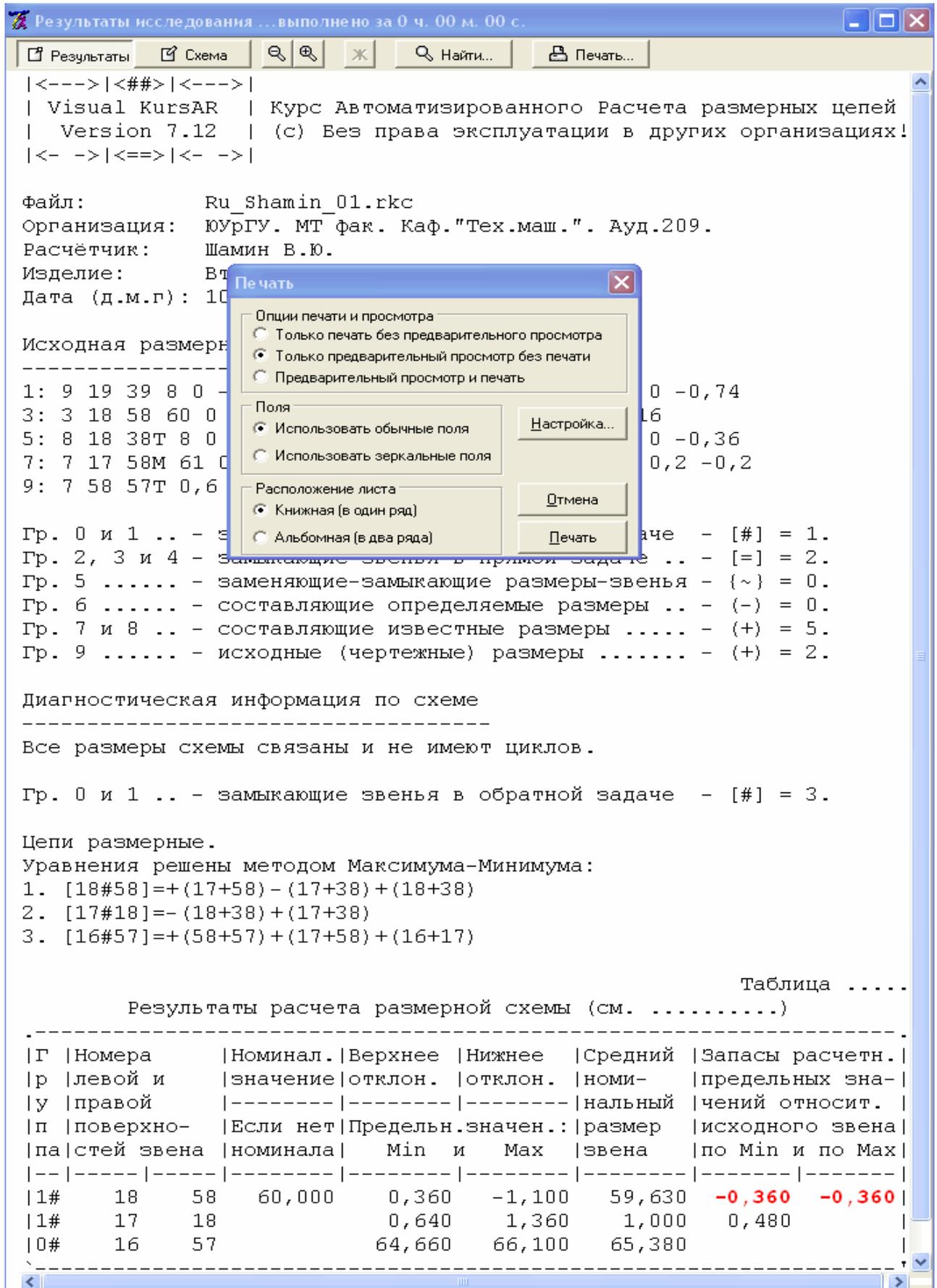


Рис. 37.21. Опции печати

Результаты исследования ... выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Результаты | Схема | Ж | Найти... | Печать...

```

|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|

```

Файл: Ru_Shamin_01.rkc
 Организация: ЮРГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
 Расчетчик: Шамин В.Ю.
 Изделие: Втулка кондукторная
 Дата (д.м.г): 10.11.2004

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 39 8 0 -0,3
3: 3 18 58 60 0 -0,
5: 8 18 38Т 8 0 -0,
7: 7 17 58М 61 0 -0
9: 7 58 57Т 0,6 0,9

```

Печать

Опции печати и просмотра

Только печать без предварительного просмотра

Только предварительный просмотр без печати

Предварительный просмотр и печать

Поля

Использовать обычные поля

Использовать зеркальные поля

Расположение листа

Книжная (в один ряд)

Альбомная (в два ряда)

Настройка... | Отмена | Печать

```

-----
Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче - [=] = 2.
Гр. 5 ..... - замыкающие звенья в обратной задаче - {~} = 0.
Гр. 6 ..... - составные звенья - [-] = 0.
Гр. 7 и 8 .. - составные звенья - [+] = 5.
Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 2.

```

Диагностическая информация по схеме

```

-----
Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 3.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

- $[18\#58] = +(17+58) - (17+38) + (18+38)$
- $[17\#18] = - (18+38) + (17+38)$
- $[16\#57] = +(58+57) + (17+58) + (16+17)$

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	18 58	60,000	0,360	-1,100	59,630	-0,360 -0,360
1#	17 18		0,640	1,360	1,000	0,480
0#	16 57		64,660	66,100	65,380	

Рис. 37.22. Настройка расположения листа

Результаты исследования ... выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Результаты | Схема | Ж | Найти... | Печать...

|<--->|<##>|<--->|
 | Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
 | Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
 |<- ->|<==>|<- ->|

Файл: Ru_Shamin_01.rkc
 Организация: ЮрГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
 Расчётчик: Шамин В.Ю.
 Изделие: Втулка кондукторная
 Дата (д.м.г): 10.11.2004

Исходная размерная информация

1: 9 19 39 8 0 -0,36 2: 9 19 59 60 0 -0,74
 3: 3 18 58 60 0 -0,74 4: 2 17 18 0,16
 5: 8 18 38Т 8 0 -0,26 6: 7 17М 38 8 0 -0,36
 7: 7 17 58М 61 0 -0,2 8: 7 17 58М 61 0 -0,2
 9: 7 58 57Т 0,6 0,9

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче - [#] = 2.
 Гр. 5 - замыкающие звенья в обратной задаче - {~} = 0.
 Гр. 6 - составные звенья - (-) = 0.
 Гр. 7 и 8 .. - составные звенья - (+) = 5.
 Гр. 9 - исходные звенья - (+) = 2.

 Диагностическая информация

 Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 3.

Цепи размерные.

Уравнения решены

1. [18#58]=+(17+58)
 2. [17#18]=-(18+38)
 3. [16#57]=+(58+57)

 Результаты

 Таблица

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетных предельных значений относит. к исходному звену по Min и по Max
1#	18 58	60,000	0,360	-1,100	59,630	-0,360 -0,360
1#	17 18		0,640	1,360	1,000	0,480
10#	16 57		64,660	66,100	65,380	

Печать

Опции печати и просмотра

Только печать без предварительного просмотра
 Только предварительный просмотр без печати
 Предварительный просмотр и печать

Поля

Использовать обычные поля Настройка...
 Использовать зеркальные поля

Расположение листа

Книжная (в один ряд) Отмена
 Альбомная (в два ряда) Печать

Настройка строк

Настройка полей

Верхнее: 25
 Нижнее: 14
 Левое: 24
 Правое: 1

Дополнительно

Добавочная величина между строками: 0
 Литера разделения страниц: 1

ОК

Рис. 37.23. Настройка строк

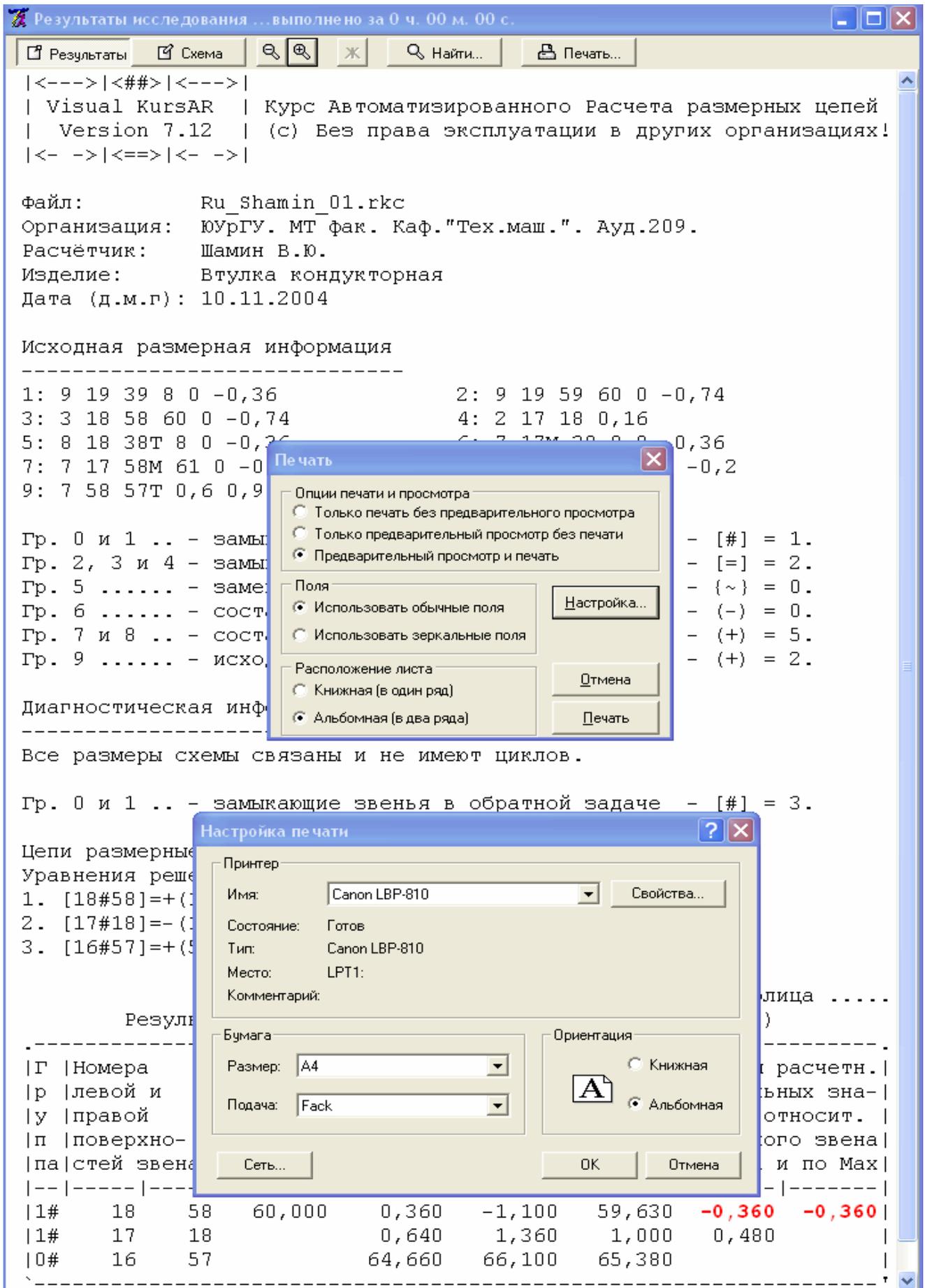


Рис. 37.24. Настройка принтера

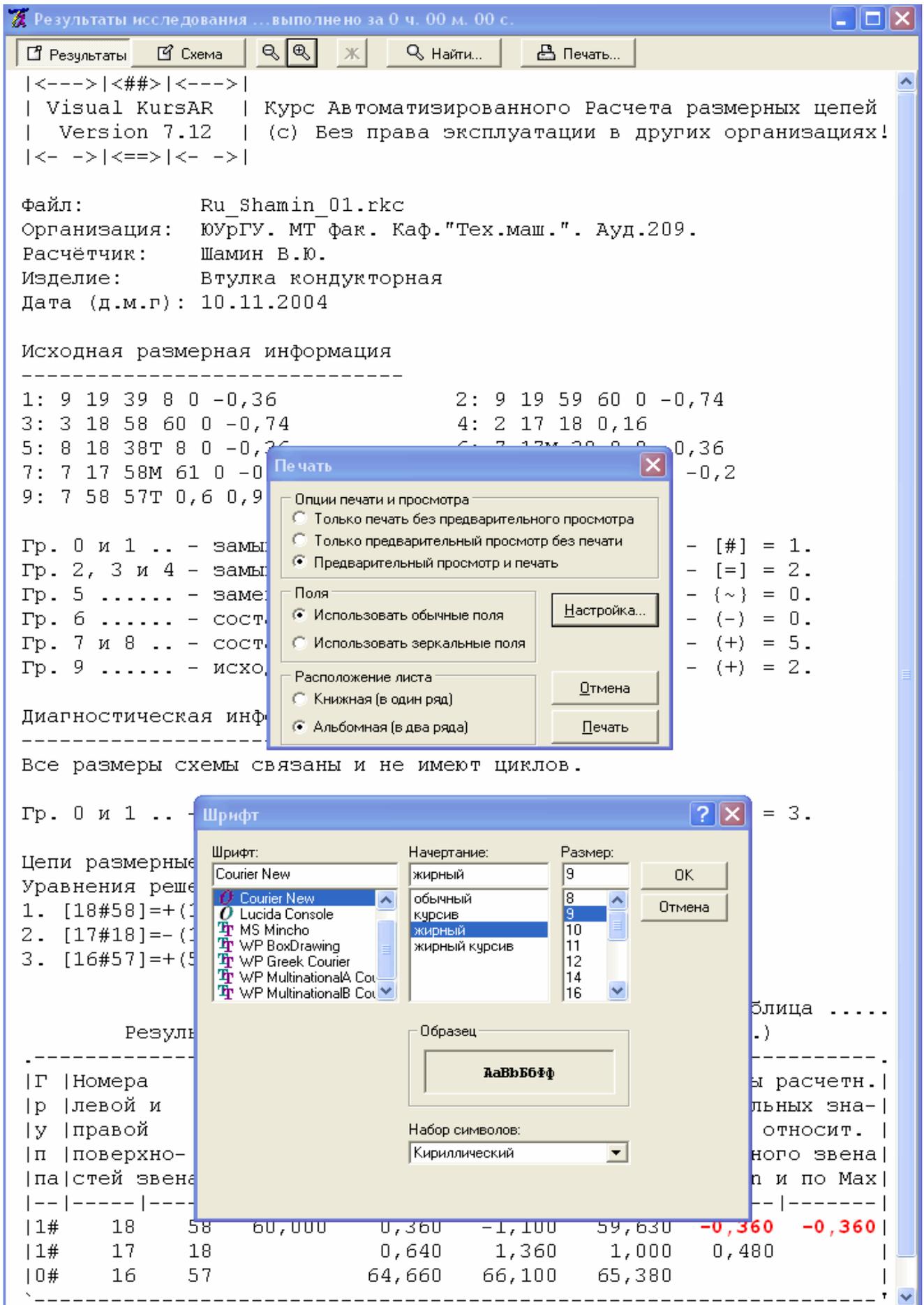


Рис. 37.25. Настройка шрифта

Тексты технических учебно-методических изданий насыщены схемами, рисунками, таблицами, приложениями и т.д. Работа с такой литературой требует «беспорядочного» просмотра страничного текста с постоянным возвратом к предшествующим или к последующим его страницам.

Современные электронные приложения (например, WinWord) позволяют подготовить к изданию практически любой текст. Этот же текст готов к доставке и хранению в «Электронную библиотеку» университета.

Но использовать этот текст как «Компьютерную версию» для условий «Дистанционного образования» практически невозможно. Листая бумажное издание, мы легко найдем необходимый рисунок или схему. В электронном приложении эта операция требует опыта или специальных приемов и программных средств.

На кафедре «Технология, бизнес и компьютерное управление машиностроительного производства» Челябинского Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) совместно с сотрудниками библиотеки ЮУрГУ разработан вариант технологии «Компьютерных версий» учебно-методических изданий.

Вариант «Компьютерной версии» позволяет, не снижая качества издательского продукта от электронных приложений, сохранить страничный макет автора и имитировать чтение страниц на экране монитора аналогично бумажным носителям.

Каждая страница текста оформляется в виде фото-файла (*.gif или *.jpg).

Макет из фото-файлов фиксирует от развала страницы «Компьютерной версии», в которых таблицы, схемы и рисунки с обтекающим текстом не меняют своего координатного расположения на странице.

Эти файлы можно «листать» на экране монитора, используя «беспорядочное» обращение к страничному тексту.

Имитируется общение с бумажным изданием.

Алгоритм позволяет возвращаться к любому из просмотренных файлов-страниц.

В отличие от стандартного электронного издательского текста страничные фото-файлы «Компьютерной версии» насыщены ссылками номеров страниц, которые фиксируют расположение рисунков, схем, таблиц, приложений и т.д. по макету изучаемого материала.

Ниже приведены два варианта текста.

Стандартный издательский:

«По операционным эскизам рис. 8.3, 8.4 и 8.6 на рис. 8.8 построена схема диаметральных (радиальных) размеров».

Компьютерная версия:

«По операционным эскизам рис. 8.3, 8.4 и 8.6 на рис. 8.8 (см. с. 265, 266 и 270) построена схема диаметральных (радиальных) размеров».

Подобным образом и была подготовлена компьютерная версия учебного пособия (папка «ABC-book»).

Шамин В. Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Компьютерная версия учебного пособия. — 3-е изд., перер. и доп. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. — 520 с. Табл. 155. Список лит. — 18 назв. Усл. печ. л. 60,46. Уч. -изд. л. 56,32.

Пособие рекомендовано УМО АМ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» по специальности:

120100 — «Технология машиностроения»;

120200 — «Металлорежущие станки и инструмент».

Учебно-методический комплекс (УМК) «КурсАК» ориентирован на пользователя-непрограммиста и реализован на ЭВМ с операционной средой и Windows. Языки программирования: C++, Delphi, Borland.

После активизации ярлыков «Помощь» и «Учебное пособие» запускается загрузочный модуль пособия. На рис. 37.26 часть содержание компьютерной версии учебного пособия.

Если активизировать пункт 2.2 содержания появляется 35 страница пособия (см. стр. 37.27, с. 449).

The screenshot shows a window titled 'Уче бник' (Study Book) with a navigation toolbar and a table of contents. The table lists chapters and sections with their corresponding page numbers.

Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей	
	Титульный лист
	ОГЛАВЛЕНИЕ 3
	Предисловие 10
1.	Цепи размерные. Основные положения. Термины, обозначения и определения
1.1.	Понятия о размерных цепях 11
1.2.	Звенья размерной цепи 15
1.3.	Виды размерных цепей 19
1.4.	Размеры и отклонения. Термины и обозначения 19
1.5.	Контрольные упражнения 24
	1.5.1. 24
	1.5.2. 24
	1.5.3. 25
	1.5.3.1. Вариант 1 28
	1.5.3.2. Вариант 2 29
	1.5.4. Упражнение 29
	1.5.4.1. Вариант 1 29
1.6.	Система допусков и посадок 30
1.7.	Неуказанные предельные отклонения размеров 31
1.8.	Нормальные ряды чисел номиналов 32
1.9.	Способы обозначения предельных отклонений 32
1.10.	Шероховатость поверхности 33
2.	Основы расчета плоских размерных цепей
2.1.	Задачи и методы расчета размерных цепей 33
2.2.	Порядок построения размерных цепей 35
2.3.	Основные расчетные формулы 36

Рис. 37.26. Часть содержания учебного пособия

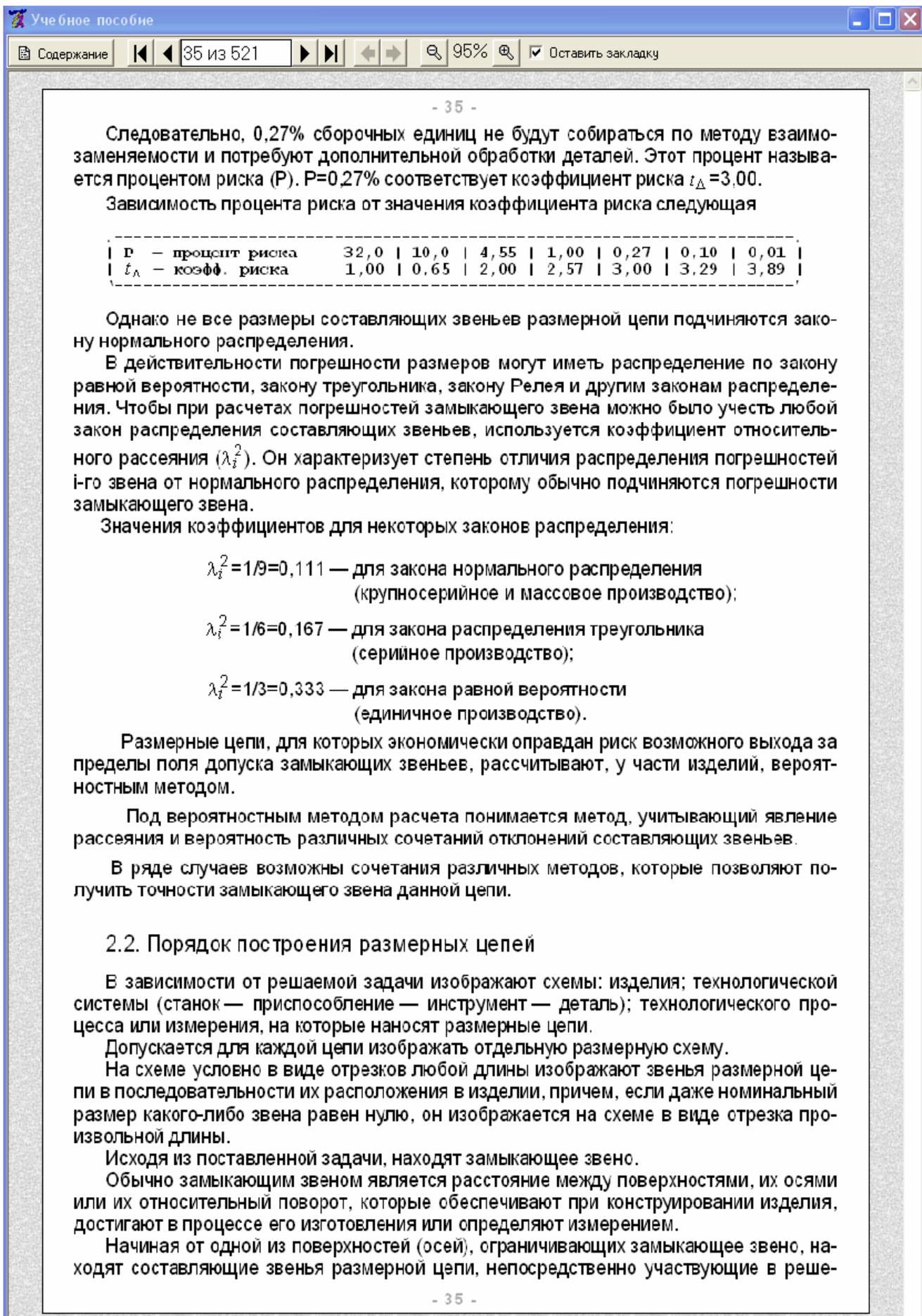


Рис. 37.27. Одна из страниц учебного пособия

Экранный кадр конца работы с программой смотри на рис. 37.28.

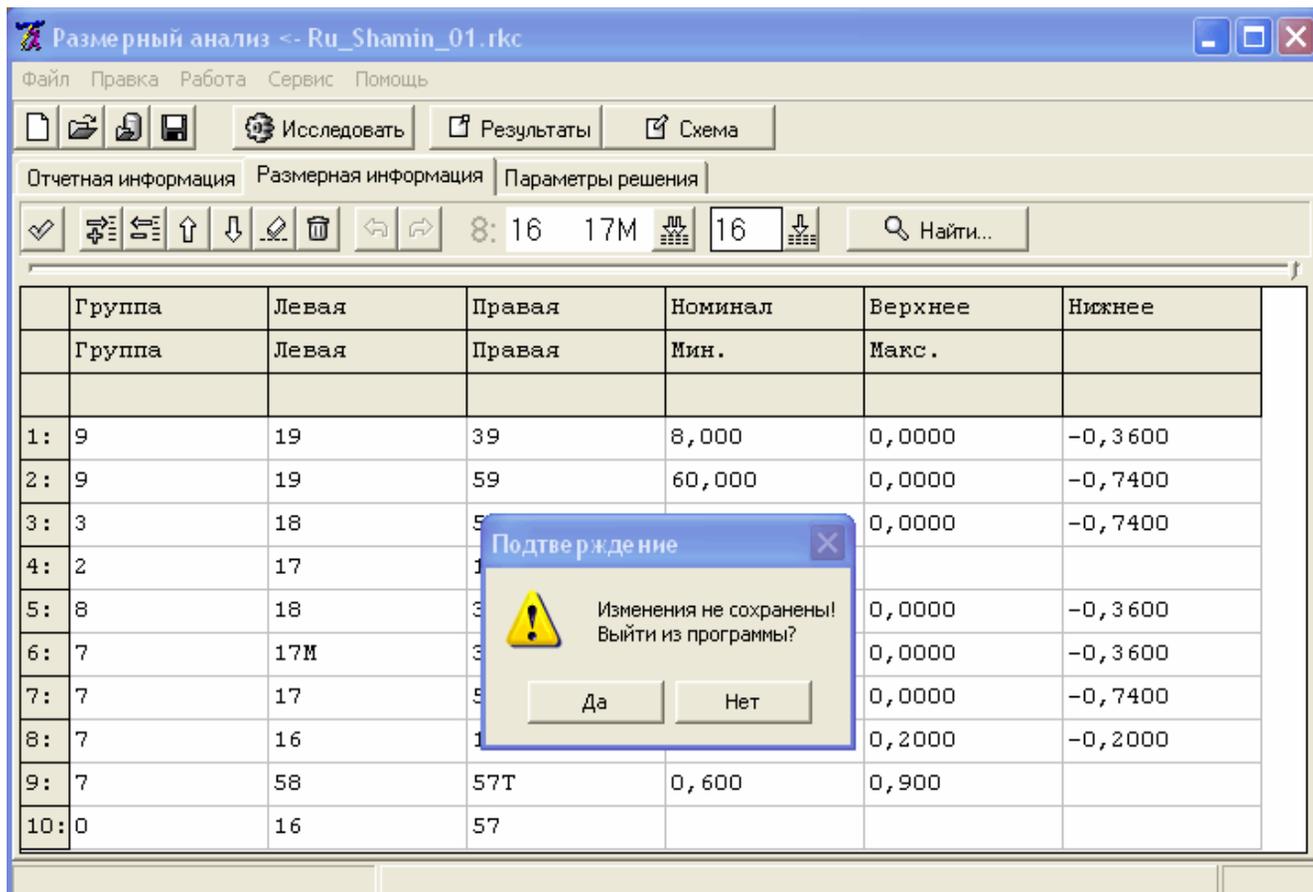


Рис. 37.28. Конец работы с программой

Процесс ввода размерной информации, расчета и построения размерной схемы сопровождается диагностическими сообщениями, которые позволяют в кратчайшие сроки осуществить синтез решаемой задачи.

Анализ результатов расчета размерной схемы действующего технологического процесса показал (см. рис. 37.12, с. 434), что непосредственно невыполняемый чертежный размер [18#58] — замыкающее звено,

где # — символ обратной (проверочной) задачи.

На рис. 37.29 отдельно показаны уравнения размерных цепей и таблица результатов расчета, из анализа которой можно сделать следующие выводы.

1. Размерный анализ действующего технологического процесса — обратная (проверочная) задача.

Замыкающие размеры звенья групп 2= и 3= превратились в группу 1#.

2. Непосредственно невыполняемый чертежный размер — замыкающее звено [18#58] имеет отрицательный запас (-0,36) как по наименьшему размеру 58,90 мм, так и по наибольшему предельному размеру 60,36 мм (-0,36).

Поле рассеяния замыкающего размера $T[18\#58]=1,46$ мм должно быть меньше поля допуска исходного чертежного размера $T(19+59)=0,74$ мм и находиться внутри этого поля.

В рассчитанном варианте поле рассеяния замыкающего размера больше поля допуска чертежного размера и вышло за его пределы.

По наибольшему предельному размеру — брак исправимый со стороны меньшего диаметра втулки (см. рис. 37.1, с. 427). По наименьшему предельному размеру — брак окончательный.

Исправлять брак со стороны большего диаметра втулки нельзя. Изменится окончательный выполняемый чертежный размер (18+38).

3. Минимально необходимый припуск на токарной подрезной операции 010 (см. рис. 37.2 и 37.3, с. 427 и 428) не должен быть меньше $T[17\#18]_{\min}=0,16$ мм.

Рассчитанное значение припуска $T[17\#18]=0,64$ мм.

Припуск избыточный.

Превышение припуска относительно исходного звена составляет 0,48 мм.

При дорогостоящем материале изделия и большой программе выпуска это неоправданно большие расходы для фирмы.

Результаты исследования ... выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Цепи размерные.
Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

- $[18\#58]=+(17+58)-(17+38)+(18+38)$
- $[17\#18]=-(18+38)+(17+38)$
- $[16\#57]=+(58+57)+(17+58)+(16+17)$

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.	Звенья	Звенья
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-	исходного звена	исходного звена
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.	исходного звена	исходного звена
п	поверхно-	Если нет	Предельн.	значен.:	размер	исходного звена	исходного звена	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	исходного звена	исходного звена	исходного звена
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	18 58	60,000	0,360	-1,100	59,630	-0,360	-0,360	
1#	17 18		0,640	1,360	1,000	0,480		
0#	16 57		64,660	66,100	65,380			

Рис. 37.29. Уравнение размерных цепей и таблица результатов расчета действующего процесса

37.2. Вариант 2. Исправление брака

Очень просто избавиться от окончательного брака по наименьшему предельному размеру замыкающего звена [18#58] и припуску.

Необходимо решить прямую (проектную) задачу, в которой замыкающий размер рассчитывать от наименьше предельного значения чертежного размера —

$$[18\#58]_{\min}=59,26 \text{ мм.}$$

Для этого в исходной размерной информации известные промежуточные размеры (17+58) и (17+38) группы 7 поменять на определяемые составляющие размеры-звенья группы 6. Точность выполняемых размеров остается неизменной.

На рис. 37.30 (см. с. 452) показана исходная размерная информация варианта 2, в которой невыполняемый замыкающий размер задан предельными значениями, но расчеты будут произведены от его наименьшего предельного значения.

В алгоритмах расчета предусмотрено замыкающее звено группы 2.

Определяемые размеры группы 6 будут рассчитаны до третьего десятичного знака (код округления 3).

Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	39	8,000	0,0000
2:	9	19	59	60,000	0,0000
3:	2	18	58	59,260	60,000
4:	2	17	18	0,160	
5:	8	18	38T	8,000	0,0000
6:	6	17M	38	0,0000	-0,3600
7:	6	17	58M	0,0000	-0,7400
8:	7	16	17M	4,000	0,2000
9:	7	58	57T	0,600	0,900
10:	0	16	57		

**Рис 37.30. Вариант 2.
Исходная размерная информация**

Анализ результатов расчета показал (см. рис. 37.31, с. 453).

1. Два уравнения с замыкающими звеньями [17=18] и [18=58] решены в режиме прямой (проектной) задачи.

2. Уравнение с замыкающим звеном [16#57] (расход металла) — обратная (проверочная) задача.

3. Поле рассеяния замыкающего размера [18=58] превосходит поле допуска исходного чертежного размера (19 59) на 0,72 мм.

$$60 - 60,72 = -0,72 \text{ мм.}$$

Запас отрицательный, но брак исправим по наибольшему предельному размеру со стороны меньшего диаметра втулки.

2. Выполняемые промежуточные размеры группы 6 имеют второй десятичный знак после запятой и требуют округления. Размеры на предварительных операциях часто округляют до первого десятичного знака.

3. В этом варианте уменьшился расход металла на изделие.

В варианте 1 он составлял 66,1 мм (по наибольшему предельному значению).

В варианте 2 он составил 65,98 мм.

4. Расчетное значение припуска соответствует минимальной величине.

Результаты исследования ... выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Результаты | Схема | Ж | Найти... | Печать...

```

|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|

```

Файл: Ru_Shamin_02.rkc
 Организация: ЮУрГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
 Расчётчик: Шамин В.Ю.
 Изделие: Втулка кондукторная
 Дата (д.м.г): 8.11.2004

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 39 8 0 -0,36          2: 9 19 59 60 0 -0,74
3: 2 18 58 59,26 60          4: 2 17 18 0,16
5: 8 18 38Т 8 0 -0,36        6: 6 17М 38 0 -0,36 3
7: 6 17 58М 0 -0,74 3       8: 7 16 17М 4 0,2 -0,2
9: 7 58 57Т 0,6 0,9          10: 0 16 57

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 2.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 2.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 3.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 2.

Диагностическая информация по схеме

```

-----

```

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 2.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 2.

Цепи размерные.
 Уравнения решены методом Максимума-Минимума:
 1. [17=18]=-(18+38)+(17-38)
 2. [18=58]=+(17-58)-(17_38)+(18+38)
 3. [16#57]=+(58+57)+(17_58)+(16+17)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал значения	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетн. предельных значений относит. к исходному звену по Min и по Max
2=	18 58		59,260	60,720	59,990	0,000 -0,720
2=	17 18		0,160	0,880	0,520	0,000
6+	17 58	60,880	0,000	-0,740	60,510	
6+	17 38	8,520	0,000	-0,360	8,340	
0#	16 57		64,540	65,980	65,260	

Рис. 37.31. Результаты расчета. Вариант 2

На рис. 37.32 показана размерная схема варианта 2.

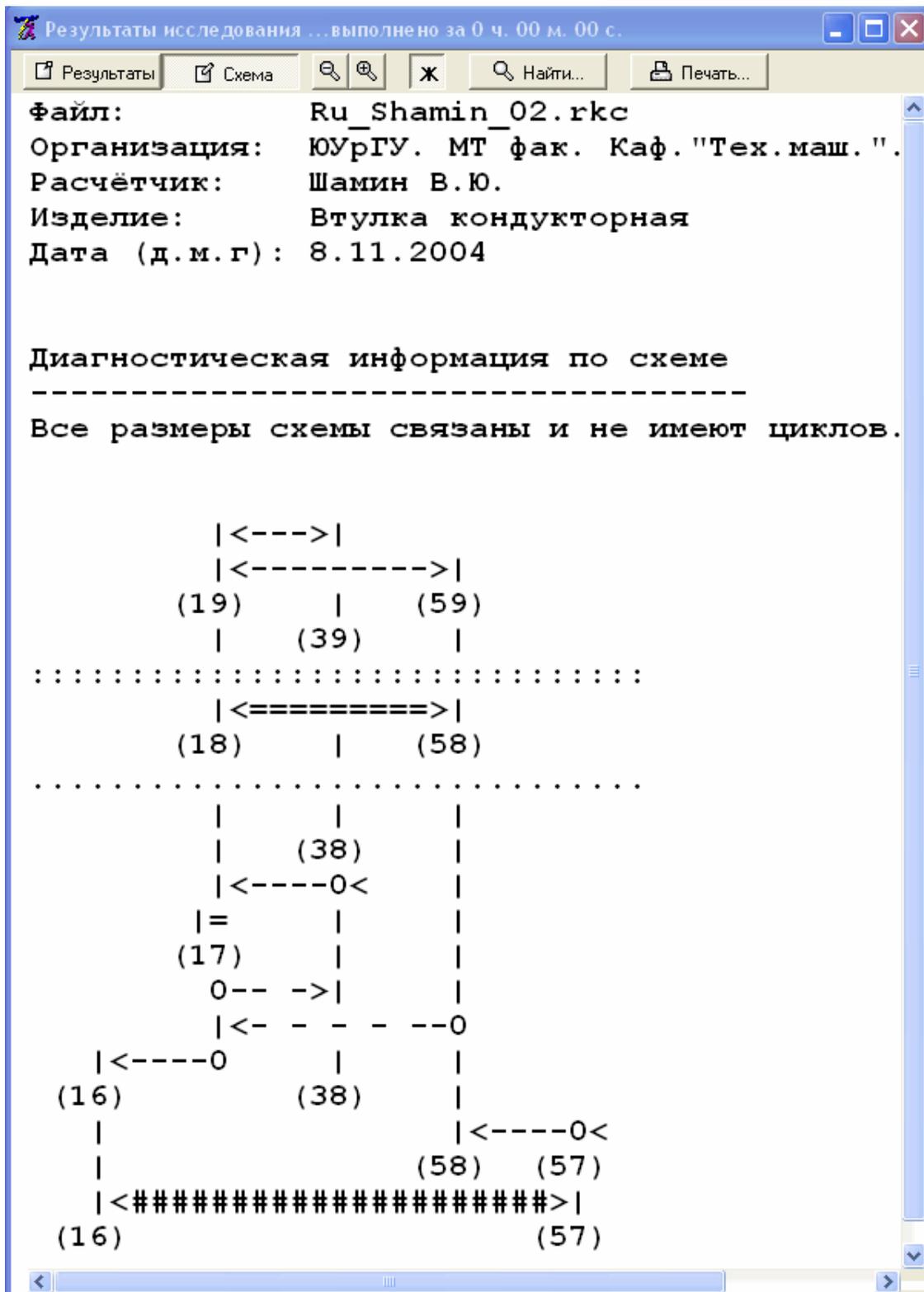


Рис. 37.32. Размерная схема. Вариант 2

37.3. Вариант 3. Округление определяемых размеров-звеньев

Под порядковыми номерами 6 и 7 в таблице исходной размерной информации помещены составляющие определяемые размеры-звенья группы 6.

В варианте 2 округление рассчитанных номинальных значений этих звеньев происходило до третьего десятичного знака (см. рис. 37.30, с. 452).

В варианте 3 (см. рис. 37.33) код округления изменен с 3 (до третьего десятичного знака) до 1 (до первого десятичного знака).

Результаты расчета на рис. 37.34 (см. с. 456).

The screenshot shows a software window titled 'Размерный анализ <- Ru_Shamin_03.гкс'. The interface includes a menu bar (Файл, Правка, Работа, Сервис, Помощь), a toolbar with icons for 'Исследовать', 'Результаты', and 'Схема', and a tabbed area with 'Отчетная информация', 'Размерная информация', and 'Параметры решения'. Below the toolbar is a table with 7 columns: 'Группа', 'Левая', 'Правая', 'Номинал', 'Верхнее', and 'Нижнее'. The table contains 10 rows of data, with the first row highlighted in yellow.

	Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
	Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2:	9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3:	2	18	58	59,260	60,000	
4:	2	17	18	0,160		
5:	8	18	38T	8,000	0,0000	-0,3600
6:	6	17M	38	0,0000	-0,3600	1
7:	6	17	58M	0,0000	-0,7400	1
8:	7	16	17M	4,000	0,2000	-0,2000
9:	7	58	57T	0,600	0,900	
10:	0	16	57			

Рис 37.33. Коды округления размеров-звеньев группы 6

Увеличивающее определяемое звено группы 6 — (17-38) определяется из уравнения с замыкающим звеном [17=18].

Это замыкающее звено введено группой 2 с наименьшим предельным значением 0,16 мм (минимальное значение припуска).

Его номинальное значение составило 8,52 мм (см. рис. 37.31, с. 453).

При округлении определяемых размеров-звеньев группы 6, рассчитанных от наименьшего предельного значения замыкающего звена [17=18], увеличивающие составляющее звено увеличивают, а уменьшающее звенья уменьшают.

Увеличивающее составляющее звено можно увеличить на 0,08 мм, чтобы округлить до первого десятичного знака:

$$(17+38)=8,52+0,08=8,6 \text{ мм.}$$

Величина округления автоматически прибавляется к величине минимального припуска:

$$[17=18]_{\min}+0,08=0,16+0,8=0,24 \text{ мм.}$$

Величина положительного запаса составила 8,8 мм (см. рис. 37.34, с. 456).

Положительный запас в 0,04 мм появился у замыкающего звена [18=58] (см. рис. 37.34, с. 456).

На эту величину увеличилось определяемое звено группы 6 (17=58) при округлении его номинального значения.

В варианте 3 весь брак исправим. Расход металла соответствует 66,1 мм и равен расходу металла по варианту 1.

Результаты исследования ... выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Результаты Схема Ж Найти... Печать... Закрыть X

Цепи размерные
 Уравнения решены методом Максимума-Минимума

1. [17=18] = - (18+38) + (17-38)
2. [18=58] = + (17-58) - (17_38) + (18+38)
3. [16#57] = + (58+57) + (17_58) + (16+17)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Мин и по Мах
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Мин и по Мах
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	18 58		59,300	60,760	60,030	0,040 -0,760
2=	17 18		0,240	0,960	0,600	0,080
6+	17 58	61,000	0,000	-0,740	60,630	
6+	17 38	8,600	0,000	-0,360	8,420	
0#	16 57		64,660	66,100	65,380	

Рис. 37.34. Результаты расчета. Вариант 3

37.6.4. Вариант 4. Дополнительная операция или технологический переход

Исправление брака за счет подрезания торца может происходить не на отдельной операции, а на последовательном или параллельном технологическом переходе в одном установе. В этом случае необходимо назначить минимальный припуск и точность выполняемого перехода. В нашем варианте повторное подрезание торцевой поверхности будет выполняться на отдельной операции 015 (см. рис. 37.35).

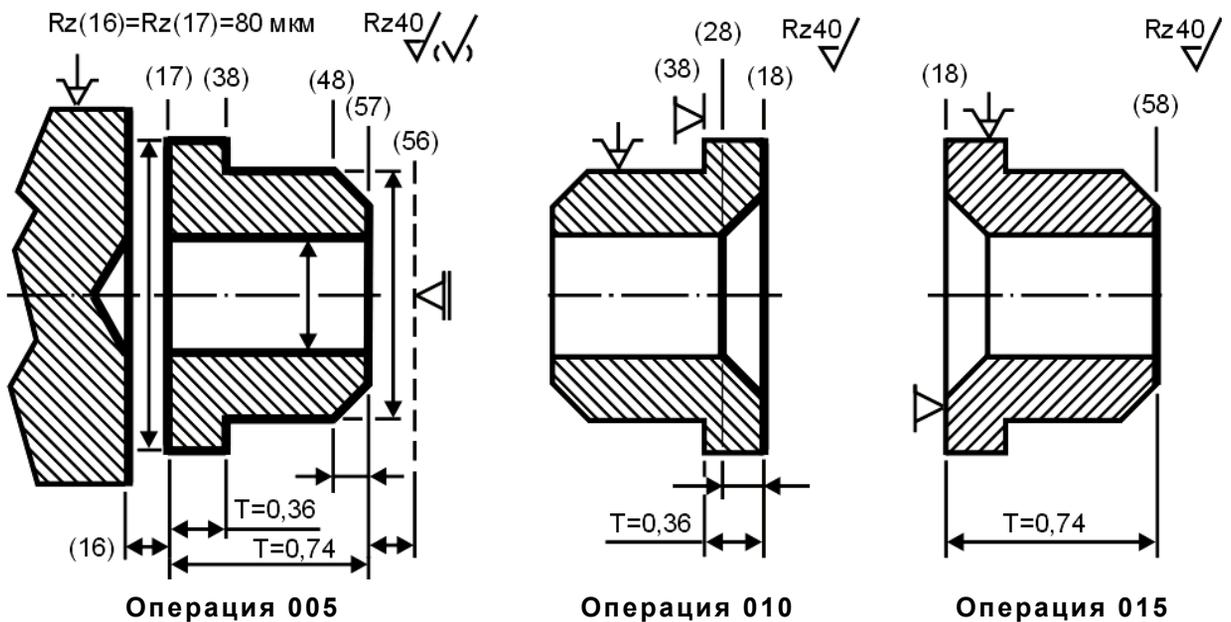


Рис. 37.35. Проектный технологический процесс. Вариант 4

	Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
	Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2:	9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3:	8	18T	58	60,000	0,0000	-0,7400
4:	2	58	57	0,080		
5:	2	17	18	0,160		
6:	8	18	38T	8,000	0,0000	-0,3600
7:	6	17M	38	0,0000	-0,3600	1
8:	6	17	57M	0,0000	-0,7400	1
9:	7	16	17M	4,000	0,2000	-0,2000
10:	7	57	56T	0,600	0,900	

Рис. 37.37. Исходная размерная информация. Вариант 4

Метод расчета

Максимум-Минимум (все уравнения)

Вероятностный (частично)

Тип производства

Массовое

Серийное

Единичное

Альтернативный алгоритм расстановки замыкающих звеньев при построении схемы

Минимальное количество составляющих звеньев в уравнении при вероятностном расчете.

Если Вы введете число 5, то все уравнения данной задачи, в которых окажется 5 и более составляющих звеньев, будут решены вероятностно. Уравнения с числом составляющих звеньев до 4 включительно будут решены методом Максимума-Минимума.

Рис. 37.38. Выбор метода расчета

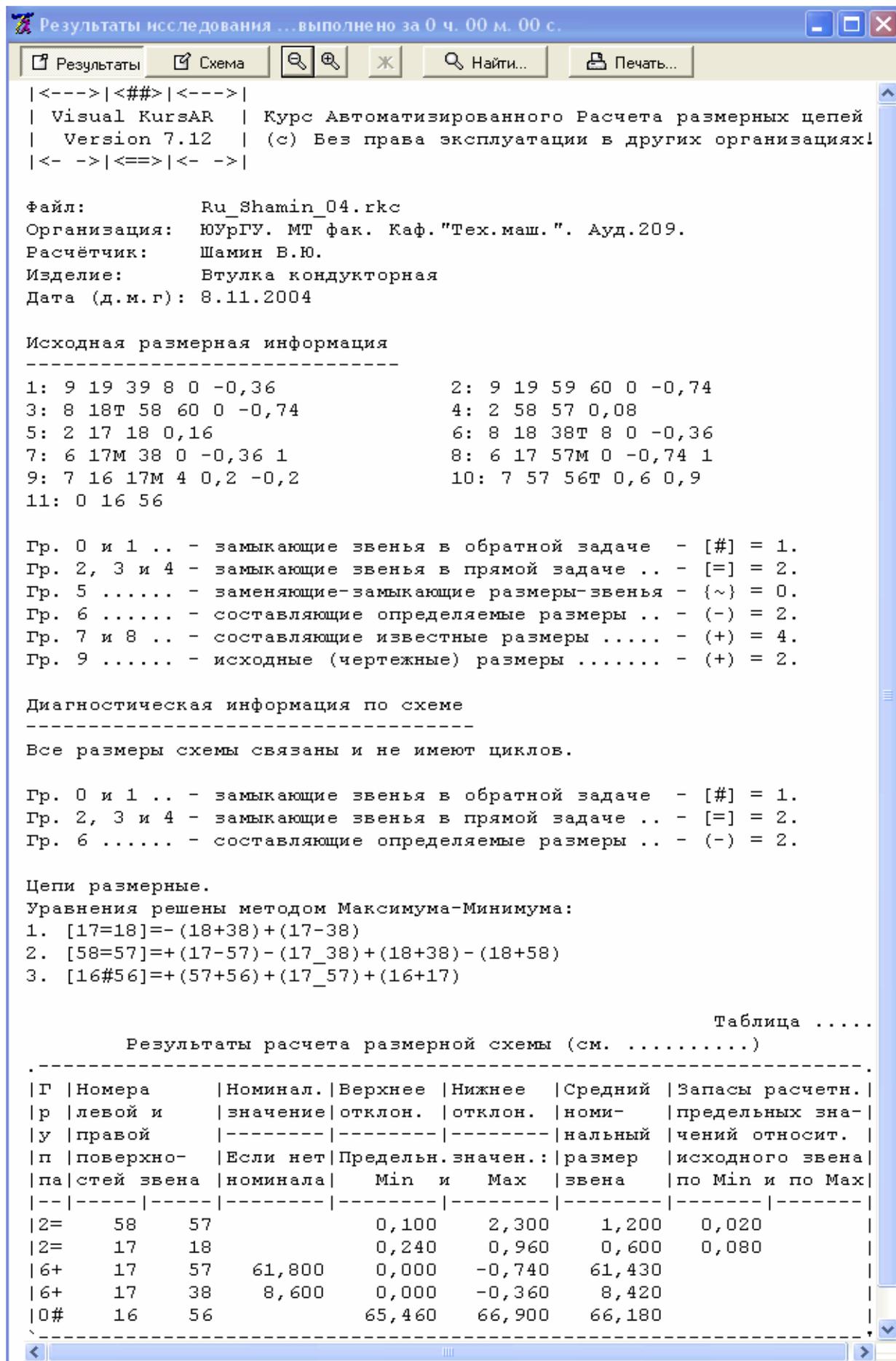


Рис. 37.39. Результаты расчета. Вариант 4

Операция 015 токарная.

Минимальное значение припуска $[58=57]_{\min}$ при подрезании торцовой поверхности (57) на (58) формируется из шероховатости поверхности ($Rz=0,04$ мм) и дефектного слоя ($Df=0,04$ мм) с предшествующей 005 операции.

$$[58=57]_{\min}=0,04+0,04=0,08 \text{ мм.}$$

Увеличивающее составляющее звено (17+38) при округлении до первого десятичного знака увеличилось на 0,08 мм до 8,6 мм (см. рис. 37.39, с. 459).

Об этом свидетельствует положительный запас 0,08 мм у замыкающего звена (припуска) [17+18].

Наименьшее значение припуска [17+18] увеличилось до $0,16+0,08=0,24$ мм.

Для округления увеличивающего составляющего звена (17+57) потребовалось 0,2 мм, которые увеличили минимальный размер припуска [58=57] до $0,08+0,02=0,10$ мм.

Максимальная величина припуска $[58\#57]_{\max}=2,3$ мм состоит из минимального расчетного значения и допуска на припуск, который суммирует допуски четырех составляющих размеров-звеньев в уравнении.

Поэтому расход металла на одно изделие увеличился с 66,1 мм до 66,9 мм.

37.5. Вариант 5. Отрицательный припуск

В вариантах 1...3 исходный чертежный размер (19+59) непосредственно не выполняется в технологических процессах.

Это хорошо видно на размерных схемах рис. 37.3, 37.13 и 37.32 (см. с. 428, 435 и 454).

В варианте 4 замыкающий чертежный размер превращен в окончательный выполняемый размер (см. рис. 37.36, с. 457), а заданное значение минимального припуска (0,08 мм) предусматривает получение чистой поверхности без следов от предшествующей 005 операции.

Шероховатость исходной чертежной поверхности должна соответствовать $Rz=0,04$ мм.

Эта величина уже достигнута на 005 токарной автоматной операции. И если операция или технологический переход выполняется не ради получения новой поверхности без следов от предшествующей операции или перехода, а ради достижения заданной точности выполняемого размера, то величина минимального припуска может быть принята с отрицательным значением.

Величина этого значения может быть равна точности выполняемого размера.

Точность выполняемого размера (18+58) на 015 операции равна 0,74 мм.

Тогда $[58=57]_{\min}=-0,74$ мм.

Исходная размерная информация на рис. 37.40, а результаты расчета на рис. 37.41 (см. с. 461 и 462).

По результатам расчета варианта 5 расход металла на одно изделие (66,1 мм) аналогичен результатам расчета по варианту 3 (см. рис. 37.34 и 37.41, с. 456 и 462).

37.6. Вариант 6. Экономическая или статистическая точность размеров

Точность чертежных размеров определяется служебным назначением детали.

На втулке кондукторной два линейных размера с точность 14 квалитета.

Точность чистовых операций 11...12 квалитет.

Экономически выгодно работать с меньшими глубинами резания, колебание которых определяется суммой допусков составляющих звеньев размерных цепей.

	Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
	Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2:	9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3:	8	18Т	58	60,000	0,0000	-0,7400
4:	2	58	57	-0,740		
5:	2	17	18	0,160		
6:	8	18	38Т	8,000	0,0000	-0,3600
7:	6	17М	38	0,0000	-0,3600	1
8:	6	17	57М	0,0000	-0,7400	1
9:	7	16	17М	4,000	0,2000	-0,2000
10:	7	57	56Т	0,600	0,900	
11:	0	16	56			

Рис. 37.40. Исходная размерная информация. Вариант 5

Размеры заготовок после обработки на операциях 010 и 015 чистового подрезания торцовых поверхностей не могут быть грубее 12 качества.

Следовательно. Точность размера (18+38) с номинальным значением 8 мм по 12 качеству составит $T=0,15$ мм, а точность размера (18+58) с номинальным значением 60 мм — $T=0,3$ мм.

Если и далее заботиться об экономии материала и повышении режимов резания, то выполняемый окончательный размер (18=38) с допуском $T=0,36$ (7,64...8 мм) можно ввести в исходные данные с новым допуском $T=0,15$ мм от наименьшего предельного значения как 7,64...7,79 мм ($T=0,15$ мм).

Аналогичные преобразования можно проделать с размером 60 мм.

Исходный размер 59,26...60 мм ($T=0,74$ мм).

Трансформированный — 59,26...59,56 мм ($T=0,3$ мм).

Изготовление деталей из цветных металлов и сплавов должно всегда сопровождаться подобными расчетами.

Исходная размерная информация и результаты расчета по варианту 6 представлены на рис. 37.42 и 37.43 (см. с. 463).

Из таблицы результатов расчета видно, что на 0,6 мм уменьшился максимальный расход металла.

Уменьшился промежуточный размер фланца (17+38) с 8,6 мм до 8,4 мм.

Стружка осталась на родном предприятии.

В данном примере использована табличная экономическая точность методов обработки.

Технолог может использовать статистические данные точности методов обработки своего предприятия.

Результаты исследования ...выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Результаты | Схема | Ж | Найти... | Печать...

```

|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|

```

Файл: Ru_Shamin_05.rkc
 Организация: ЮУрГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
 Расчётчик: Шамин В.Ю.
 Изделие: Втулка кондукторная
 Дата (д.м.г): 8.11.2004

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 39 8 0 -0,36          2: 9 19 59 60 0 -0,74
3: 8 18Т 58 60 0 -0,74       4: 2 58 57 -0,74
5: 2 17 18 0,16              6: 8 18 38Т 8 0 -0,36
7: 6 17М 38 0 -0,36 1       8: 6 17 57М 0 -0,74 1
9: 7 16 17М 4 0,2 -0,2      10: 7 57 56Т 0,6 0,9
11: 0 16 56

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 2.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 2.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 4.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 2.

Диагностическая информация по схеме

```

-----

```

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 2.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 2.

Цепи размерные.
 Уравнения решены методом Максимума-Минимума:
 1. [17=18]=-(18+38)+(17-38)
 2. [58=57]=+(17-57)-(17_38)+(18+38)-(18+58)
 3. [16#56]=+(57+56)+(17_57)+(16+17)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера левой и правой поверхностей звена	Номинал. значение	Верхнее отклон.	Нижнее отклон.	Средний номинальный размер звена	Запасы расчетн. предельных значений относит. исходного звена по Min и по Max
п/п		Если нет номинала	Предельн. Min	и Max		
2=	58 57		-0,700	1,500	0,400	0,040
2=	17 18		0,240	0,960	0,600	0,080
6+	17 57	61,000	0,000	-0,740	60,630	
6+	17 38	8,600	0,000	-0,360	8,420	
0#	16 56		64,660	66,100	65,380	

Рис. 37.41. Результаты расчета. Вариант 5

Размерный анализ <- Ru_Shamin_06.rtc

Файл Правка Работа Сервис Помощь

Исследовать Результаты Схема

Отчетная информация Размерная информация Параметры решения

1: 19 39

Найти...

Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее	
Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.		
1:	9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2:	9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3:	8	18T	58	59,260	59,560	
4:	2	58	57	-0,740		
5:	2	17	18	0,160		
6:	8	18	38T	7,640	7,790	
7:	6	17M	38	0,0000	-0,3600	1
8:	6	17	57M	0,0000	-0,7400	1
9:	7	16	17M	4,000	0,2000	-0,2000
10:	7	57	56T	0,600	0,900	
11:	0	16	56			

Рис. 37.42. Исходная размерная информация. Вариант 6

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
2=	58 57		-0,660	0,890	0,115	0,080
2=	17 18		0,250	0,760	0,505	0,090
6+	17 57	60,400	0,000	-0,740	60,030	
6+	17 38	8,400	0,000	-0,360	8,220	
0#	16 56		64,060	65,500	64,780	

Рис. 37.43. Результаты расчета. Вариант 6

37.7. Проектный вариант 7

Во всех шести предшествующих вариантах подразумевалось спасение возможного брака с использованием дополнительной операции или технологического перехода.

Варианты последовательно предлагались к анализу в учебных целях, но и в действующем производстве рассмотренные случаи встречаются довольно часто и не всегда находят понимание у наладчиков и производственных рабочих.

Например. Технолог предусмотрел в операции технологический переход с использованием в одной из позиций дополнительного инструмента.

Так как инструмент работает в режиме достижения заданной точности (исправления брака) по поверхностям с требуемой шероховатостью, то чаще всего он движется на подаче без снятия стружки. Проверка показывает, что такой инструмент через некоторое время не будет устанавливаться наладчиком на позицию, а припуски будут перераспределены с нагрузкой на другие инструменты.

Возвращаясь к действующему технологическому процессу варианта 1, необходимо предложить новые пути модернизации процесса без увеличения рабочих мест, позиций и инструмента.

Результаты расчета и размерная схема по варианту 1 для удобства пользователя показаны ниже (см. рис. 37.44 и 37.45).

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.	значен.:	размер	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	18 58	60,000	0,360	-1,100	59,630	-0,360 -0,360
1#	17 18		0,640	1,360	1,000	0,480
0#	16 57		64,660	66,100	65,380	

Рис. 37.44. Результаты расчета. Вариант 1

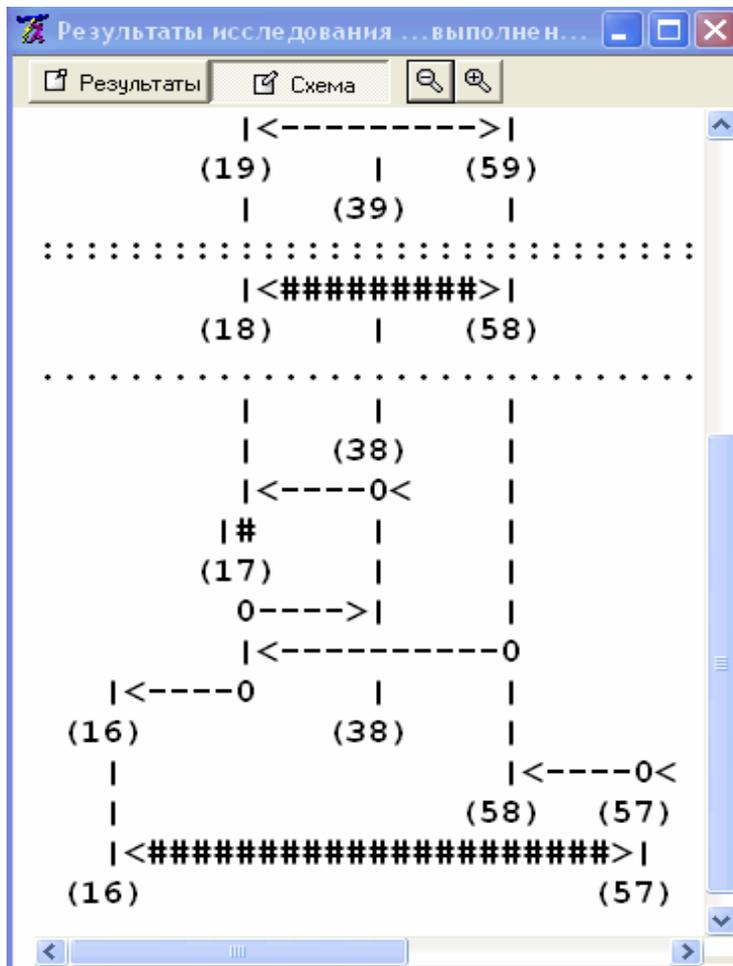


Рис. 37.45. Размерная схема. Вариант 1

Точность исходного чертежного размера (19+59) равна $T(19+59)=0,74$ мм.

Поле рассеяния замыкающего звена $W[18\#58]=1,46$ мм превосходит поле допуска чертежного размера на 0,72 мм.

Для уменьшения величины поля рассеяния в практике используют следующие приемы коррекции.

1. Можно в пределах экономической или статистической точности ужесточить допуск окончательного выполняемого размера (18+38) и промежуточного — (17-38).

В варианте 6 исследована точность выполняемого окончательного размера.

Значение этой точности $T(18+38)=0,36$ мм можно уменьшить до 0,15 мм.

Ужесточать промежуточные размеры (17-58) и (17-38) без согласования с технологом и наладчиком рискованно.

2. Уменьшить число составляющих размеров в уравнении с замыкающим звеном [18=58] с трех размеров-звеньев до двух звеньев.

Этот путь легко проследить на размерных схемах рис. 37.46 и 37.76.47 и операционных эскизах рис. 37.6.50 и 37.6.51 (см. с. 466 и 467).

Если на токарной автоматной операции 005 (см. рис. 37.46 и 37.6.48) выдерживать от подрезанного торца (58) два промежуточных размера (17-58) и (38-58), то уравнение с замыкающим звеном [18=58] будет состоять из двух составляющих размеров-звеньев $[18=58]=+(38-58)+(18+58)$.

Экономическая точность чистового подрезания торцов на операциях 005 и 010 по 12 качеству составит:

$$T(18+38)=0,15 \text{ мм}; T(38-58)=0,3 \text{ мм}.$$

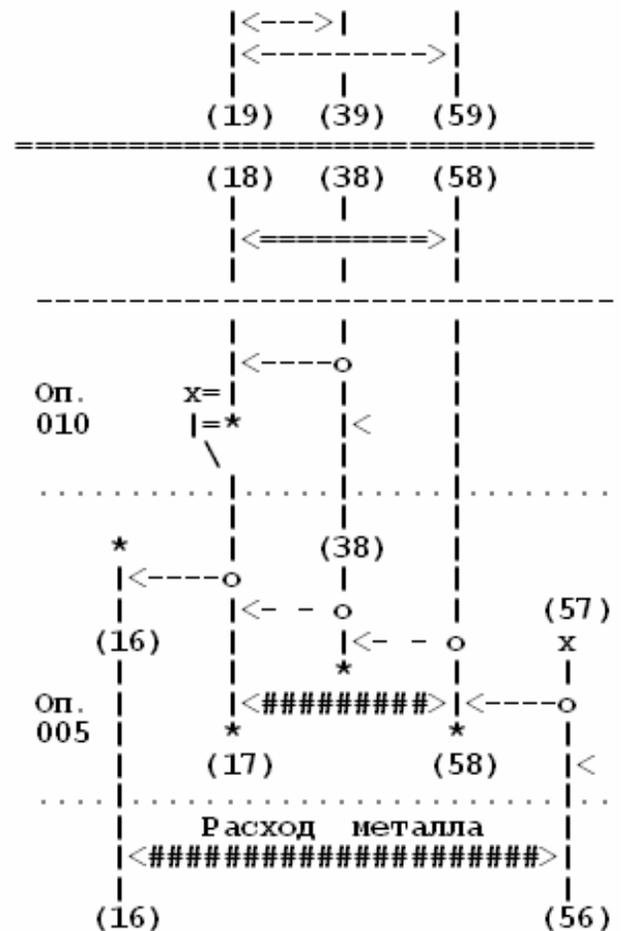
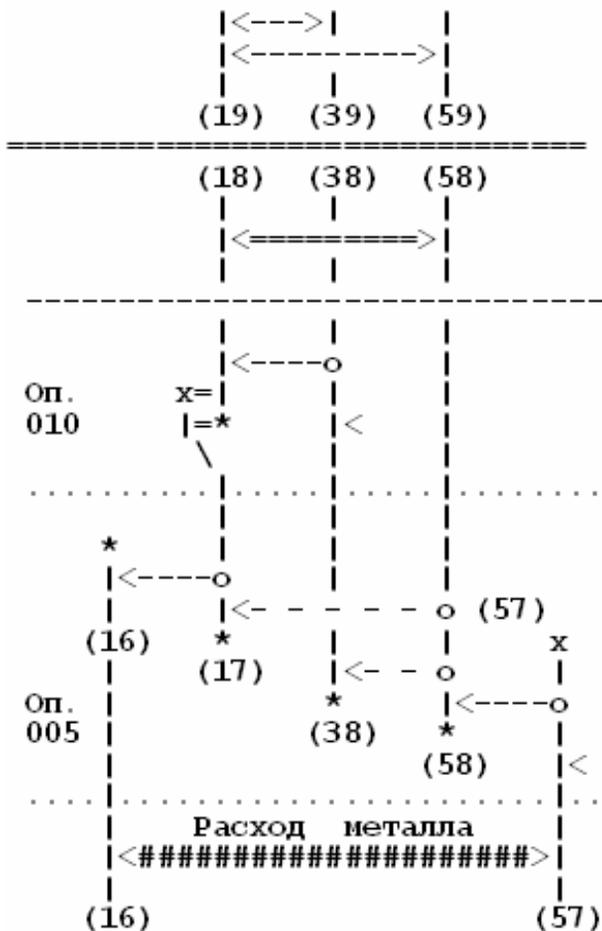
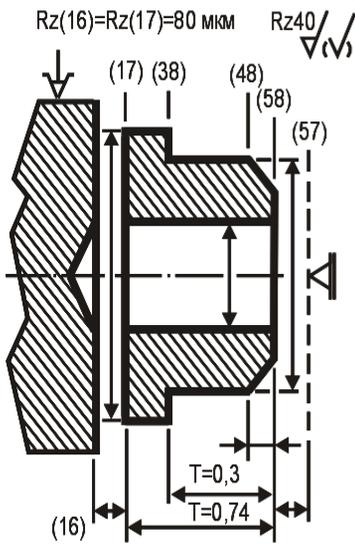
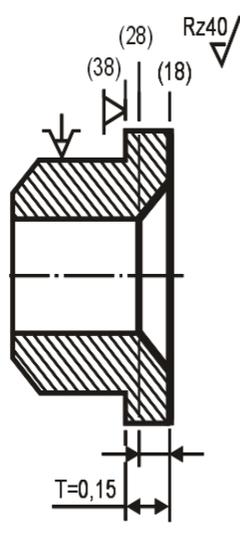


Рис. 37.46. Размерная схема. Варианта 7

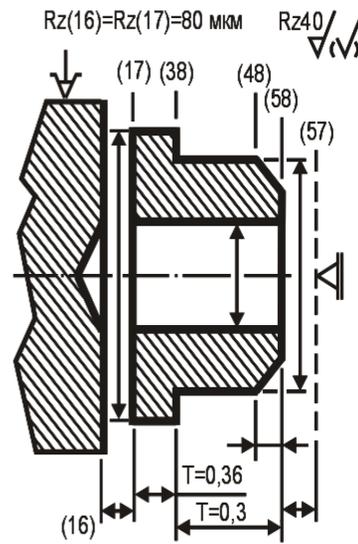
Рис.37.47. Размерная схема. Варианта 8



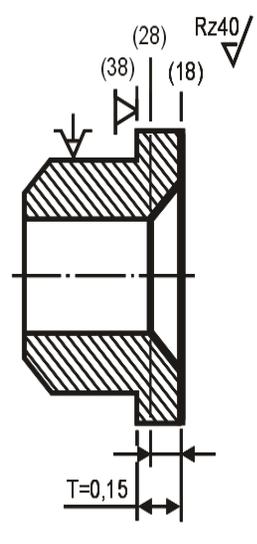
Операция 005



Операция 010



Операция 005



Операция 010

Рис. 37.48. Проектный вариант 7

Рис. 37.49. Проектный вариант 8

Тогда поле рассеяния замыкающего звена составит:

$$W[18=58]=T(18+38)+T(38+58)=0,15+0,3=0,45 \text{ мм.}$$

Поле рассеяния 0,45 мм меньше поля допуска 0,74 мм.

Проектный вариант 7 (см. рис. 37.46 и 37.6.48) можно кодировать и решать.

Исходная размерная информация на рис. 37.50.

Результаты расчета и размерная схема на рис. 37.51 и 37.76.52 (см. с. 467 и 468).

Размерный анализ <- Ru_Shamin_07.rtc

Файл Правка Работа Сервис Помощь

Исследовать Результаты Схема

Отчетная информация Размерная информация Параметры решения

1: 19 39

Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1: 9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2: 9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3: 2	18	58	59,260	60,000	
4: 2	17	18	0,160		
5: 8	18	38T	7,640	7,790	
6: 6	38	58M	0,3000	0,0000	1
7: 6	17	58M	0,0000	-0,7400	1
8: 7	16	17M	4,000	0,2000	-0,2000
9: 7	58	57T	0,600	0,900	
10: 0	16	57			

Рис. 37.50. Исходная размерная информация. Вариант 7

Результаты исследования ... выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Результаты | Схема | Ж | Найти... | Печать...

```

|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|

```

Файл: Ru_Shamin_07.rkc
 Организация: ЮУрГУ. МТ фак. Каф. "Тех. маш.". Ауд.209.
 Расчётчик: Шамин В.Ю.
 Изделие: Втулка кондукторная
 Дата (д.м.г): 8.11.2004

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 19 39 8 0 -0,36          2: 9 19 59 60 0 -0,74
3: 2 18 58 59,26 60          4: 2 17 18 0,16
5: 8 18 38Т 7,64 7,79        6: 6 38 58М 0,3 0 1
7: 6 17 58М 0 -0,74 1        8: 7 16 17М 4 0,2 -0,2
9: 7 58 57Т 0,6 0,9          10: 0 16 57

```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 2.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 2.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 3.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 2.

Диагностическая информация по схеме

```

-----

```

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 2.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 2.

Цепи размерные.
 Уравнения решены методом Максимума-Минимума:
 1. [18=58]=+(38-58)+(18+38)
 2. [17=18]=- (18+38) - (38_58)+(17-58)
 3. [16#57]=+(58+57)+(17_58)+(16+17)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	повержно-	Если нет	Предельн. значен.:	размер	исходного звена	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	18 58		59,340	59,790	59,565	0,080 0,210
2=	17 18		0,170	1,360	0,765	0,010
6+	38 58	51,700	0,300	0,000	51,850	
6+	17 58	60,700	0,000	-0,740	60,330	
0#	16 57		64,360	65,800	65,080	

Рис. 37.51. Результаты расчета. Вариант 7

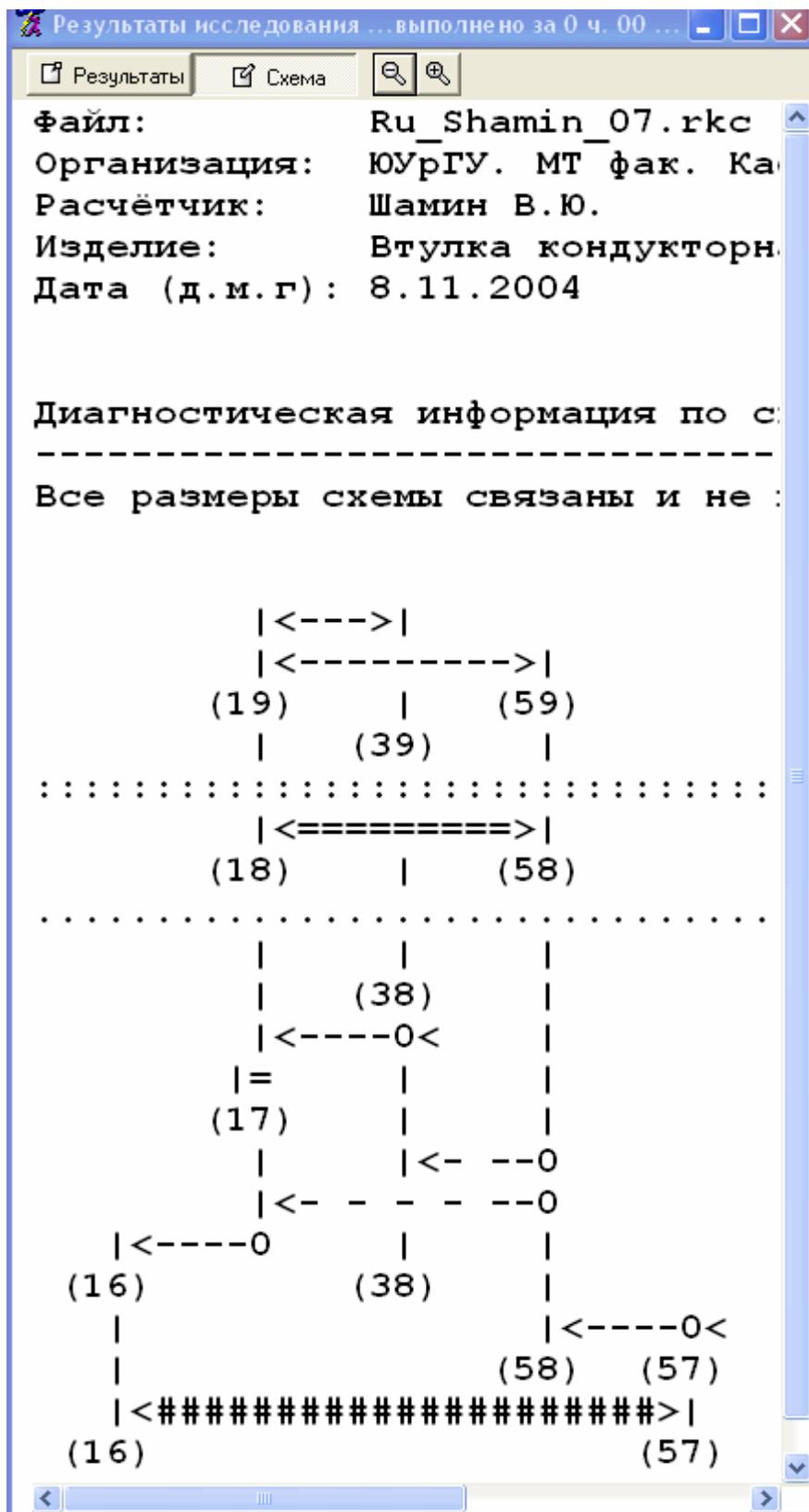


Рис. 37.52. Размерная схема. Вариант 7

Из таблицы результатов расчета варианта 7 видно, что предложенная простановка размеров на 005 операции, гарантирует получение годной детали.

Следует обратить внимание на предельные значения и колебание припуска [17=18].

Исходный минимальный припуск [17=18]=0,16 мм (см рис. 37.50 с. 466).

После округления (уменьшения) определяемого уменьшающего звена (38+58) на 0,01 мм увеличился минимальный припуск с 0,16 мм до 0,17 мм.

Допуск на припуск $W=1,19$ мм.

Максимальное предельное значение составило 1,36 мм.

В предшествующих проектных вариантах эта величина не превосходила 0,76 мм.

Основная причина увеличения поля рассеяния W заключается в количестве составляющих звеньев в уравнении с замыкающим звеном [17=18]. Их три.

37.8. Проектный вариант 8

Допуск $T[17=18]=1,19$ мм на припуск легко уменьшить, если сократить число составляющих звеньев в размерной цепи до двух.

Решение этой задачи представлено на рис. 37.47 и 37.49 (см. с. 465 и 466).

Для этого достаточно из архива вызвать задачу варианта 7 и в размерной информации варианта 7 (см. рис. 37.50, с. 466) исправить составляющий определяемый размер (17-58) группы 6 с точностью $T(17-58)=0,74$ мм на новый размер (17-38) с экономической точностью $T(17-38)=0,36$ мм (см. рис. 37.53).

	Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
	Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2:	9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3:	2	18	58	59,260	60,000	
4:	2	17	18	0,160		
5:	8	18	38Т	7,640	7,790	
6:	6	17	38М	0,0000	-0,3600	1
7:	6	38	58М	0,3000	0,0000	1
8:	5	17	58	0,0000	-0,3000	1
9:	7	16	17М	4,000	0,2000	-0,2000
10:	7	58	57Т	0,600	0,900	
11:	0	16	57			

Рис. 37.53. Исходная размерная информация. Вариант 8

Результаты расчета.

1. По данному технологическому процессу полностью исключается появление размерного брака на операциях.

2. Глубина резания на операции 010 колеблется в пределах 0,25...076.

3. Расход металла на одну деталь (варианте 1) уменьшился с 66,1 мм (см. рис. 37.6.13, с. 436) до 65,5 мм.

На рис. 37.76.54 (см. с. 470) результаты расчета варианта 8, а на рис. 37.55 размерная схема этого варианта (см. с. 471).

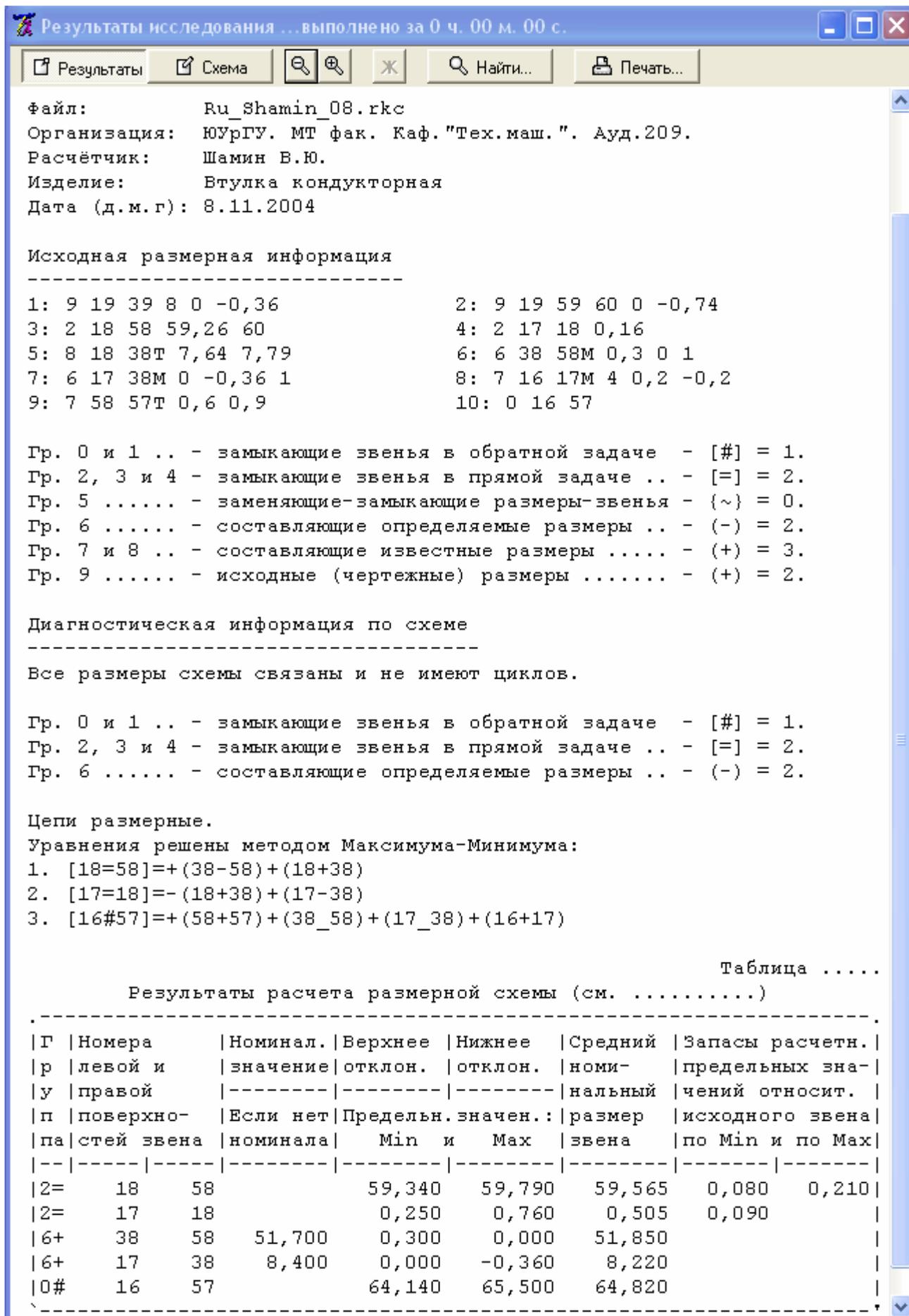


Рис. 37.54. Результаты расчета. Вариант 8

На рис. 37.57 два операционных эскиза технологического процесса.

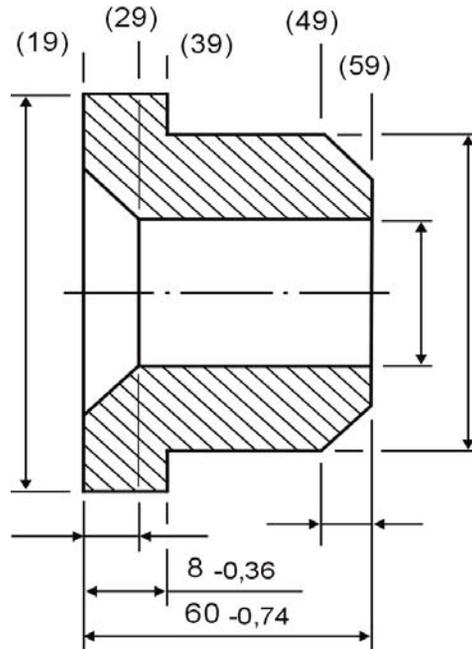


Рис. 37.56. Эскиз контрольной операции

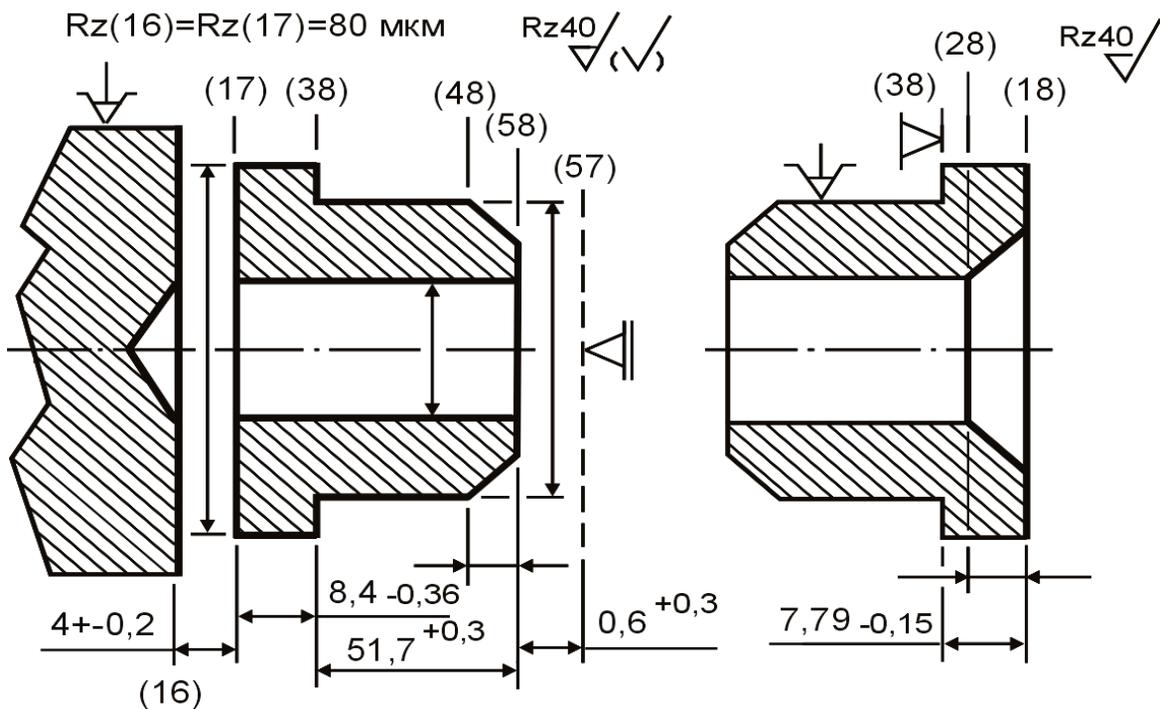


Рис. 37.57. Операционные эскизы 005 и 010 операций. Вариант 8

37.9. Вероятностные расчеты

В разделах 37.1...37.8 выполнен инженерный анализ простейшего технологического процесса и синтез прямой задачи с семью вариантами размерных схем.

По действующему технологическому процессу построена только первая размерная схема. Все последующие схемы были построены в режиме автоматизированного диалога с машиной по исходной размерной информации каждого из последующих вариантов. Семь вариантов процесса были выбраны из множества попыток отработки технологичности процесса до рационального варианта.

Общее число чертежных и технологических размеров в схемах не превышает 11.

Уравнения размерных цепей содержат не более четырех звеньев.

Реальные производственные задачи состоят из ста и более размеров-звеньев.

В архиве находится исходная размерная информация на вал с колесом турбины (Test_7). Размерная схема первой проекции вала вдоль осевой линии содержит 299 размеров-звеньев.

Размерная схема технологического процесса механической обработки коленчатого вала мощной боевой машины содержит до 800 размеров-звеньев. В схеме этого процесса более 100 расчетных уравнений. При решении таких уравнений учитываются коэффициенты риска и тип производства со своими законами распределения случайных величин.

Ранее (см. с. 302...320), уже рассматривались несколько вариантов технологического процесса механической обработки втулки опорной. На курсах повышения квалификации технолог с производства анализировал свой технологический процесс.

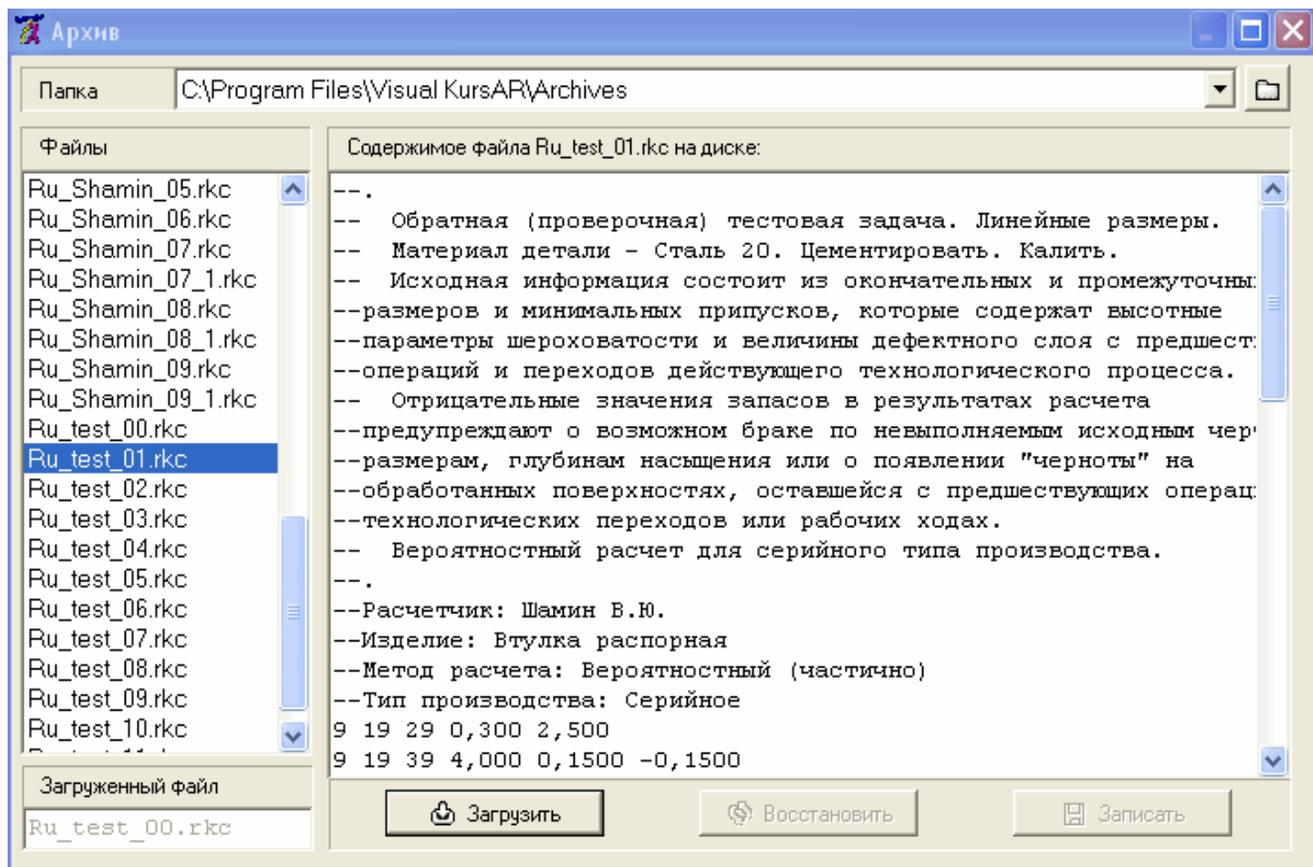


Рис. 37.58. Содержание файла

На практических занятиях в анализе и синтезе участвовала вся учебная группа.

Первое построение размерной схемы необходимо для сбора исходной размерной информации и выявления ошибок в базировании и размерных наладках по всем операциям и переходам технологического процесса.

Последующие расчеты и построение размерной схемы выполнено в режиме общения с машиной (см. рис. 37.58...37.60, с. 473...475).

Массовое производство.

Режим работы — трехсменный.

Первоначальный расчет размерных цепей выполнен методом Максимум-Минимума.

Практика показывает, что в этих условиях хорошо прослеживается вероятностное сложение точности размеров в уравнениях размерных цепей, содержащих пять и более составляющих размеров-звеньев.

Размерный анализ <- Ru_test_01.rkc

Файл Плавка Работа Сервис Помощь

Исследовать Результаты Схема

Отчетная информация Размерная информация Параметры решения

1: 19 29

Найти...

	Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
	Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	29	0,300	2,500	
2:	9	19	39	4,000	0,1500	-0,1500
3:	9	19	49	8,000	0,0000	-0,3600
4:	9	49	59	3,500	0,3000	0,0000
5:	9	79	89	0,300	2,500	
6:	9	69	89	4,000	0,1500	-0,1500
7:	9	19	89	60,000	0,0000	-0,1900
8:	2	18	28	0,300		
9:	3	18	38	4,000	0,1500	-0,1500
10:	3	48	58	3,500	0,3000	0,0000
11:	2	78	88	0,300		
12:	3	68	88	4,000	0,1500	-0,1500
13:	8	18T	88	60,000	0,0000	-0,1900
14:	2	88	87	0,080		
15:	2	17	18	0,080		
16:	8	18	48T	8,000	0,0000	-0,3600
17:	7	17T	48	8,300	0,0000	-0,1000
18:	2	48	47	0,080		
19:	8	68	98M	24,000	0,0000	-0,0500
20:	7	67	98M	24,300	0,0000	-0,0800
21:	0	67	68			
22:	0	38	37			
23:	8	38	108M	18,000	0,0500	0,0000
24:	7	37	108M	17,800	0,0800	0,0000
25:	7	17	28M	0,800	0,4000	0,0000
26:	7	78	87M	0,800	0,4000	0,0000
27:	2	16	17	0,160		
28:	7	17	37M	4,200	0,1500	-0,1500
29:	7	17	47T	8,600	0,0000	-0,1500
30:	7	16M	47	9,400	0,0000	-0,3600
31:	7	47M	58	3,300	0,3000	0,0000
32:	7	67	87M	4,500	0,1500	-0,1500
33:	7	16	87M	61,600	0,0000	-0,7400
34:	7	15	16M	4,000	0,2000	-0,2000
35:	7	87	86T	1,000	0,5000	0,0000
36:	0	15	86			

Рис. 37.59. Исходная размерная информация. Задача test_1

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 3.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 9.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 0.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 17.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 7.

Диагностическая информация по схеме

 Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 12.

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [18#28]=+(17+28) - (17+48) +(18+48)
2. [18#38]=-(38+108) +(37+108) +(17+37) - (17+48) +(18+48)
3. [48#58]=+(47+58) +(17+47) - (17+48)
4. [78#88]=+(18+88) - (18+48) +(17+48) - (17+47) +(16+47) - (16+87) +(78+87)
5. [68#88]=+(18+88) - (18+48) +(17+48) - (17+47) +(16+47) - (16+87) +(67+87) -
 - (67+98) +(68+98)
6. [88#87]=+(16+87) - (16+47) +(17+47) - (17+48) +(18+48) - (18+88)
7. [17#18]=-(18+48) +(17+48)
8. [48#47]=+(17+47) - (17+48)
9. [67#68]=-(68+98) +(67+98)
10. [38#37]=-(37+108) +(38+108)
11. [16#17]=-(17+47) +(16+47)
12. [15#86]=+(87+86) +(16+87) +(15+16)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Гр	Номера левой и правой поверхно- стей звена	Номинал. значение ----- Если нет номинала	Верхнее отклон. ----- Предельн.значен.: Min и	Нижнее отклон. ----- Max	Средний номи- нальный размер звена	Запасы расчетн. предельных зна- чений относит. исходного звена по Min и по Max
1#	18 28		0,140	1,000	0,570	-0,160
1#	18 38	4,000	0,030	-0,860	3,585	-0,710 0,120
1#	48 58	3,500	0,500	-0,050	3,725	-0,050 -0,200
1#	78 88		-0,350	1,950	0,800	-0,650
1#	68 88	4,000	1,180	-1,150	4,015	-1,000 -1,030
1#	88 87		-0,750	1,150	0,200	-0,830
1#	17 18		0,200	0,660	0,430	0,120
1#	48 47		0,150	0,400	0,275	0,070
1#	16 17		0,440	0,950	0,695	0,280
0#	67 68		0,220	0,350	0,285	
0#	38 37		0,120	0,250	0,185	
0#	15 86		65,660	67,300	66,480	

Рис. 37.60. Результаты расчета методом Max-Min. Задача test_1

Все отрицательные «запасы» выделенные в результатах расчета методом Максима-Минимума регулярно проявляются на производственном участке цеха, но не в таких величинах.

Реальные величины размерного периодического брака совпадают с результатами вероятностного расчета (см. рис. 37.61).

Результаты исследования ... выполнено за 0 ч. 00 м. 00 с.

Результаты | Схема | Ж | Найти... | Печать...

Цепи размерные.
Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

- [18#28]=+(17+28) - (17+48) + (18+48)
- [48#58]=+(47+58) + (17+47) - (17+48)
- [17#18]=-(18+48) + (17+48)
- [48#47]=+(17+47) - (17+48)
- [67#68]=-(68+98) + (67+98)
- [38#37]=-(37+108) + (38+108)
- [16#17]=-(17+47) + (16+47)
- [15#86]=+(87+86) + (16+87) + (15+16)

Вероятностный метод решения. Тип производства: массовое.

- [18#38]=-(38+108) + (37+108) + (17+37) - (17+48) + (18+48)
- [78#88]=+(18+88) - (18+48) + (17+48) - (17+47) + (16+47) - (16+87) + (78+87)
- [68#88]=+(18+88) - (18+48) + (17+48) - (17+47) + (16+47) - (16+87) + (67+87) - (67+98) + (68+98)
- [88#87]=+(16+87) - (16+47) + (17+47) - (17+48) + (18+48) - (18+88)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	18 28		0,140	1,000	0,570	-0,160
1#	18 38	4,000	-0,170	-0,659	3,585	-0,509 -0,020
1#	48 58	3,500	0,500	-0,050	3,725	-0,050 -0,200
1#	78 88		0,292	1,309	0,800	-0,008
1#	68 88	4,000	0,509	-0,478	4,015	-0,328 -0,358
1#	88 87		-0,267	0,668	0,200	-0,347
1#	17 18		0,200	0,660	0,430	0,120
1#	48 47		0,150	0,400	0,275	0,070
1#	16 17		0,440	0,950	0,695	0,280
0#	67 68		0,220	0,350	0,285	
0#	38 37		0,120	0,250	0,185	
0#	15 86		65,660	67,300	66,480	

Рис. 37.61. Результаты вероятностного расчета. Задача test_1

Одним из условий применения вероятностного метод расчета является соизмеримость величин размерной точности составляющих размеров-звеньев в уравнениях.

В диаметральных размерных цепях часто в расчетах одного уравнения участвуют звенья, точность которых может отличаться на два или три порядка.

Поэтому, решение о выборе метода расчета принимает пользователь с учетом опыта работы, квалификации и много другого.

Расчет с использование метода максимума-минимума всегда гарантирует надежность получения годного изделие.

Единственный недостаток это — повышенный расход материала на изделие, и, как следствие, повышенные глубины резания, дополнительные операции или технологические переходы.

На рис. 37.62 и 37.63 (см. с. 477 и 479) показаны результаты размерного анализа, которые рассчитаны по методу максимума-минимума, и размерная схема диаметральных размеров действующего технологического процесса.

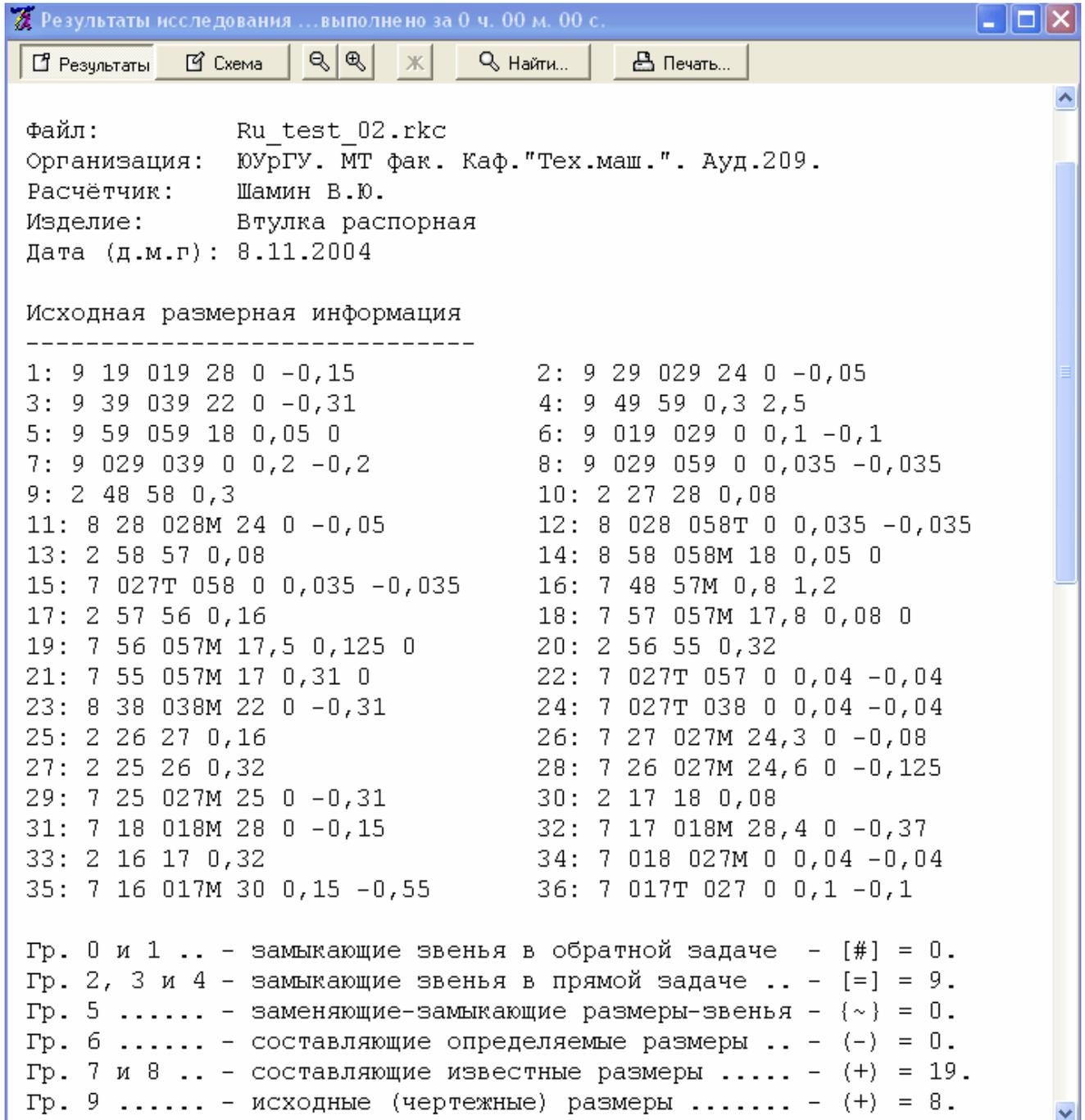


Рис. 37.62. Результаты расчета диаметральных размеров. Задача test_2

Диагностическая информация по схеме

Имеются не связанные друг с другом части схемы.

По чертежным размерам-звеньям - 3 част. схемы:

1. 19, 019.
2. 29, 029, 059, 59, 49.
3. 39, 039.

Обнаружены разрывы поверхностей (невведенные звенья): [028*027], [058*057], [018*017].

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 9.

Цепи размерные

Уравнения решены методом Максимума-Минимума

1. [48#58]=-(58+058)+(027+058)-(027+057)+(57+057)+(48+57)
2. [27#28]=-(28+028)-(028+058)+(027+058)+(27+027)
3. [58#57]=-(57+057)+(027+057)-(027+058)+(58+058)
4. [57#56]=-(56+057)+(57+057)
5. [56#55]=-(55+057)+(56+057)
6. [26#27]=-(27+027)+(26+027)
7. [25#26]=-(26+027)+(25+027)
8. [17#18]=-(18+018)+(17+018)
9. [16#17]=-(17+018)-(018+027)+(017+027)+(16+017)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	48 58		0,475	1,155	0,815	0,175
1#	27 28		0,150	0,420	0,285	0,070
1#	58 57		0,045	0,325	0,185	-0,035
1#	57 56		0,175	0,380	0,278	0,015
1#	56 55		0,190	0,625	0,408	-0,130
1#	26 27		0,175	0,380	0,278	0,015
1#	25 26		0,090	0,525	0,308	-0,230
1#	17 18		0,030	0,550	0,290	-0,050
1#	16 17		0,910	2,260	1,585	0,590

Окончание рис. 37.62. Начало на с. 477

Диагностическая информация предупреждает, что имеются не связанные друг с другом части размерной схемы:

1. 19, 019.
2. 29, 029, 059, 59, 49.
3. 39, 039.

Имеется не связанные друг с другом части схемы.

По чертежным размерам-звеньям - 3 част. схемы:

1. 19, 019.
2. 29, 029, 059, 59, 49.
3. 39, 039.

Обнаружены разрывы поверхностей (невведенные звенья): [028*027], [058*057], [018*017].

Проверьте соответствие конструкторских и технологических размеров: (19+019).

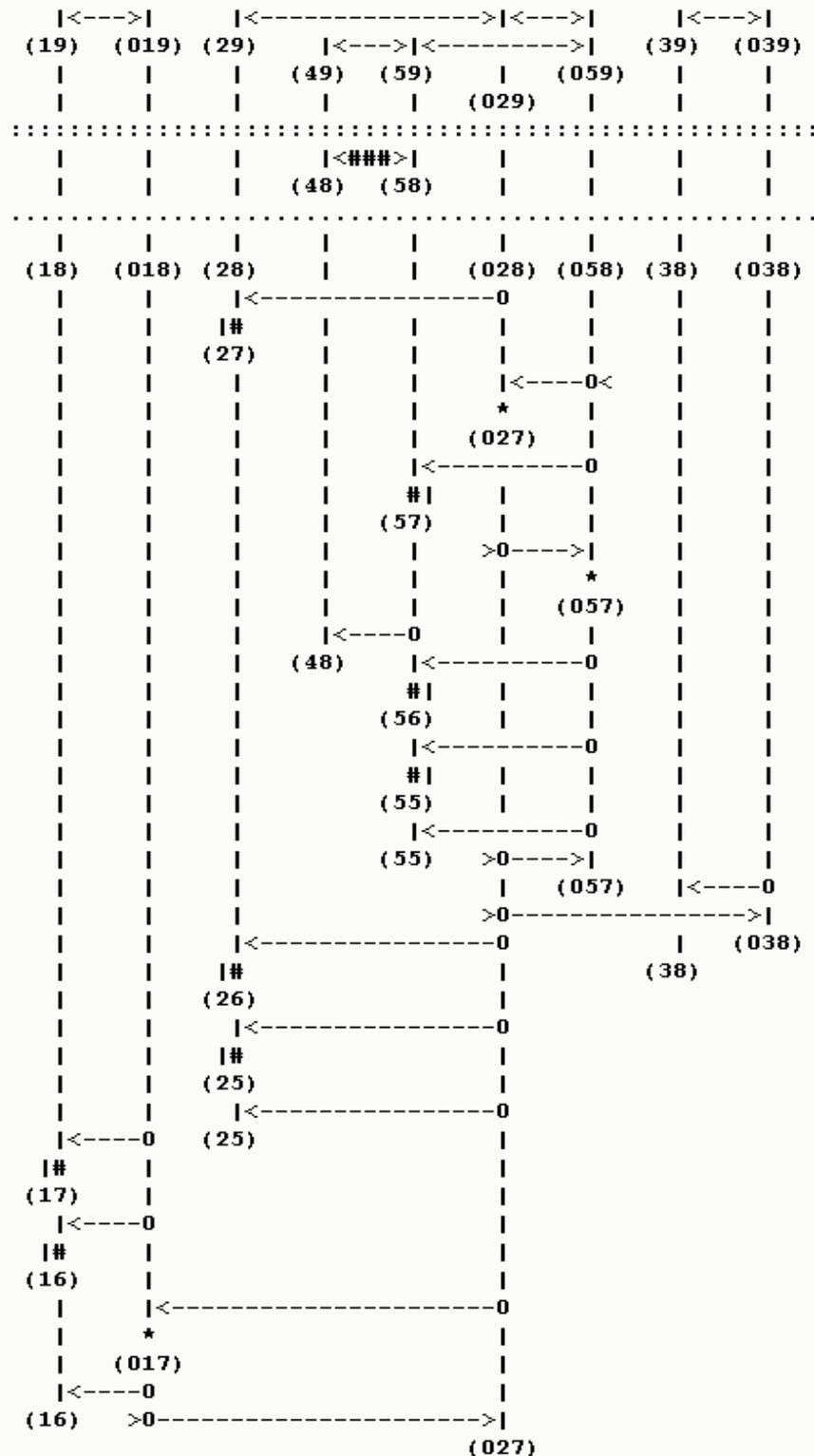


Рис. 37.63. Схема диаметральных размеров. Задача test_2

Действительно, из четырех диаметральных размеров только два (29+029) и (59+059) связаны допуском соосности (29+059).

Остальные допуски соосности подразумеваются и могут быть найдены из соответствующих ГОСТов, но на исходном чертеже детали они отсутствуют.

И если сделать попытку пояснить причину отсутствия этих технических требований у автора рабочего чертежа, то возникнет полное непонимание поставленного вопроса.

В исходной размерной информации и размерной схеме обнаружено еще одно предупреждение о разрывах осей радиусных размеров: [018*017], [028*027] и [058*057].

Это не является ошибкой, но при желании можно ввести эти разрывы в исходную информацию и рассчитать их значения.

Для построения и расчетов размерной схемы необходимо четкое представление о служебном назначении детали. Только в этом случае можно принимать решения по отработке изделия на технологичность.

На рис. 37.6.64 (см. с. 481) построена размерная схема линейных размеров одного из удачных проектных вариантов.

Задача test_3.

Результаты расчета показаны на рис. 37.65 (см. с. 482...483).

На рис. 37.6.66 (см. с. 484) построена размерная схема диаметральных размеров.

Задача test_3.

Результаты расчета показаны на рис. 37.67 (см. с. 485...486).

Опытная партия деталей, изготовленная по новому технологическому процессу, принята контрольной службой предприятия и поступила на сборочный участок цеха.

Альбом технологических карт процесса механической обработки переформлен с новыми окончательными и промежуточными размерами и реальными глубинами резания (припусками).

Процесс внедрен в действующее производство.

В тестовой задаче test_4 впервые показан порядок ввода радиальных размеров.

При вводе исходной размерной информации определяемым размерам-радиусам группы 6 присваивался индекс «R» (см. рис. 37.67, с. 485).

Если определяемый размер группы 6 получает индекс «R» (6R), то после расчета его номинальное значение умножается на 2 и округляется до заданного десятичного знака после запятой.

Величина округления и округленное номинальное значение диаметра делятся на 2 без дальнейшего округления.

Половина величины округления прибавляется в качестве положительного запаса к минимальному припуску, а значение половины диаметра участвует в дальнейших расчетах.

В таблице результатов расчета указаны величины округленных диаметров и половина их радиусов (см. рис. 37.67, с. 486).

При решении обратных (проверочных) задач вводятся половины известных диаметров с кодами групп 8 или 7.

Индексом «R» дополняются только определяемые размеры группы 6.

При вводе радиальных размеров удобно использовать обозначения осевых поверхностей с дополнительным индексом «0».

Например: 6 138 0138 0,37 0 1
6 18 018 -0,13 -0,33 2

Файл: Ru_test_03.rks
Организация: ЮУрГУ. ИТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
Расчётчик: Шакин В.Ю.
Изделие: Втулка распорная
Дата (д.м.г): 8.11.2004

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

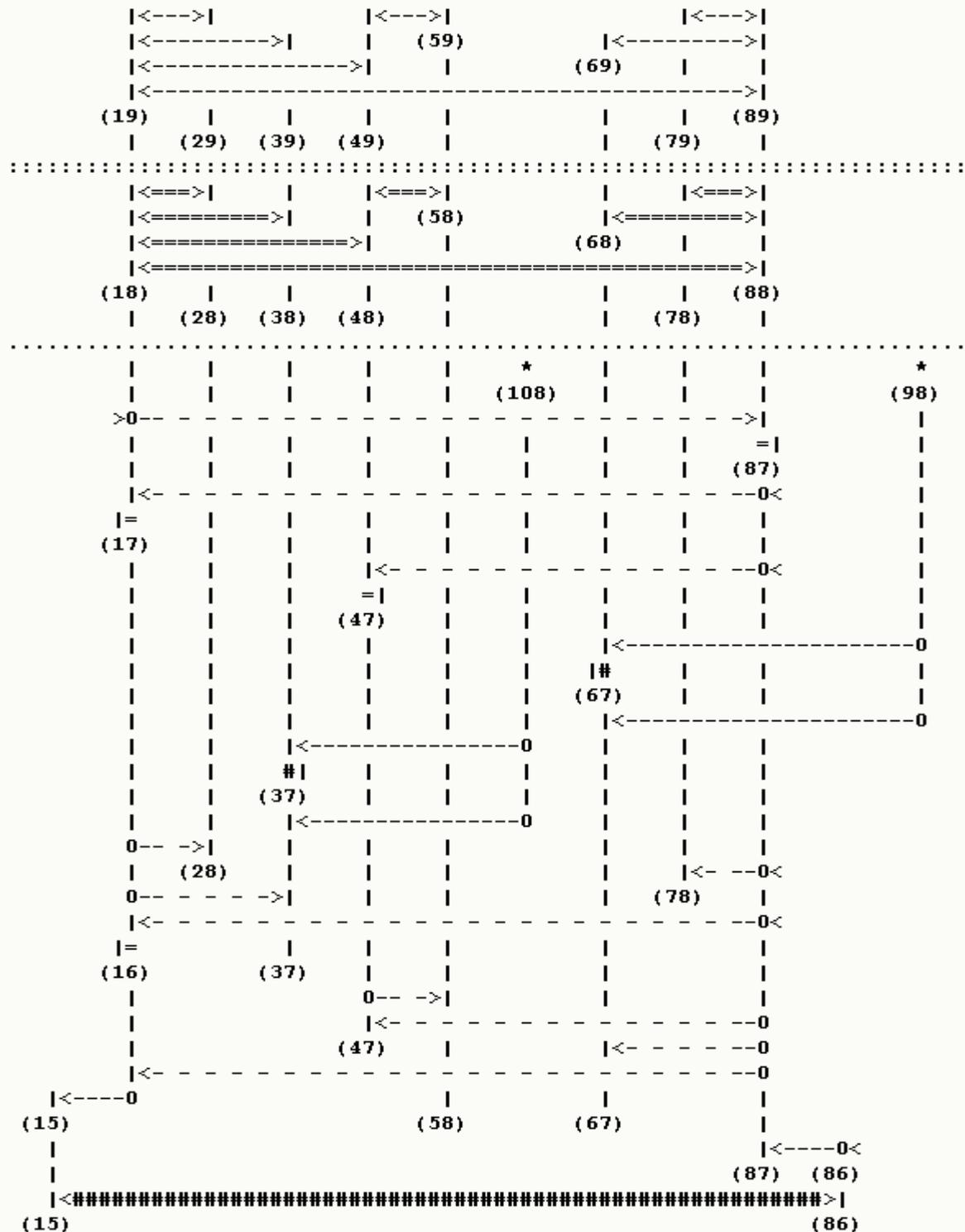


Рис. 37.64 Размерная схема линейных размеров. Задача test_3

```
|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|
```

```
Файл: Ru_test_03.rkc
Организация: ЮРГУ. МТ фак. Каф."Тех.маш.". Ауд.209.
Расчётчик: Шамин В.Ю.
Изделие: Втулка распорная
Дата (д.м.г): 8.11.2004
```

Исходная размерная информация

```
-----
1: 9 19 29 0,3 2,5          2: 9 19 39 4 0,15 -0,15
3: 9 19 49 8 0 -0,36      4: 9 49 59 3,5 0,3 0
5: 9 79 89 0,3 2,5        6: 9 69 89 4 0,15 -0,15
7: 9 19 89 60 0 -0,19     8: 2 18 28 0,3
9: 3 18 38 4 0,3 -0,3     10: 3 18 48 8 0 -0,36
11: 2 48 58 3,5           12: 2 78 88 0,3
13: 3 68 88 4 0,3 -0,3    14: 3 18 88 60 0 -0,19
15: 6 18Т 88 0 -0,12 2    16: 2 88 87 0,08
17: 2 17 18 0,08         18: 6 18 87Т 0 -0,16 2
19: 6 48 87Т 0,16 0 2     20: 2 48 47 0,08
21: 8 68 98М 24 0 -0,05   22: 7 67 98М 24,26 0 -0,08
23: 0 67 68              24: 0 38 37
25: 8 38 108М 18 0,05 0   26: 7 37 108М 17,76 0,08 0
27: 6 17М 28 0,4 0 1      28: 6 78 87Т 0,4 0 1
29: 2 16 17 0,16         30: 6 17М 37 0,15 -0,15 1
31: 6 17 87Т 0,3 0 1      32: 6 47М 58 0,12 0 1
33: 6 47 87М 0,3 0 1      34: 6 67 87М 0,15 -0,15 1
35: 6 16 87М 0 -0,74 1    36: 7 15 16М 4 0,2 -0,2
37: 7 87 86Т 1 0,5 0      38: 0 15 86
```

```
Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 3.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 11.
Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 11.
Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 6.
Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 7.
```

Диагностическая информация по схеме

```
-----
Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.
```

```
Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 3.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 11.
Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 11.
```

Рис. 37.65. Результаты расчета схемы линейных размеров. Задача test_3

Цепи размерные

Уравнения решены методом Максимума-Минимума

1. [18=88]=+(18-88)
2. [88=87]=+(18-87)-(18_88)
3. [18=48]=-(48-87)+(18_87)
4. [78=88]=+(18_88)-(18_87)+(78-87)
6. [17=18]=-(18_87)+(17-87)
7. [18=28]=+(17-28)-(17_87)+(18_87)
9. [48=47]=-(47-87)+(48_87)
10. [48=58]=+(47-58)-(47_87)+(48_87)
11. [16=17]=-(17_87)+(16-87)
12. [67#68]=-(68+98)+(67+98)
13. [38#37]=-(37+108)+(38+108)
14. [15#86]=+(87+86)+(16_87)+(15+16)

Вероятностный метод решения. Тип производства: массовое

5. [68=88]=+(18_88)-(18_87)+(67-87)-(67+98)+(68+98)
8. [18=38]=-(38+108)+(37+108)+(17-37)-(17_87)+(18_87)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	18 28		0,350	1,210	0,780	0,050
3=	18 38	4,000	0,187	-0,276	3,955	0,024 0,114
3=	18 48	8,000	-0,020	-0,340	7,820	0,020 0,020
2=	48 58		3,530	4,110	3,820	0,030
2=	78 88		0,340	1,020	0,680	0,040
3=	68 88	4,000	0,222	-0,151	4,035	0,149 0,079
3=	18 88	60,000	-0,030	-0,150	59,910	0,040 0,030
2=	88 87		0,080	0,360	0,220	0,000
2=	17 18		0,090	0,550	0,320	0,010
2=	48 47		0,130	0,590	0,360	0,050
2=	16 17		0,160	1,200	0,680	0,000
6+	17 28	0,900	0,400	0,000	1,100	
6+	17 37	4,500	0,150	-0,150	4,500	
6+	48 87	52,230	0,160	0,000	52,310	
6+	47 58	3,400	0,120	0,000	3,460	
6+	78 87	0,700	0,400	0,000	0,900	
6+	67 87	4,500	0,150	-0,150	4,500	
6+	18 88	59,970	0,000	-0,120	59,910	
6+	18 87	60,210	0,000	-0,160	60,130	
6+	17 87	60,300	0,300	0,000	60,450	
6+	47 87	51,800	0,300	0,000	51,950	
6+	16 87	61,500	0,000	-0,740	61,130	
0#	67 68		0,180	0,310	0,245	
0#	38 37		0,160	0,290	0,225	
0#	15 86		65,560	67,200	66,380	

Окончание рис. 37.65. Начало на с. 482

Файл: Ru_test_04.rkc
Организация: ЮУрГУ. ИТ фак. Каф. "Тех. маш.". Ауд. 209.
Расчётчик: Шакин В.Ю.
Изделие: Втулка распорная
Дата (д.м.г): 8.11.2004

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

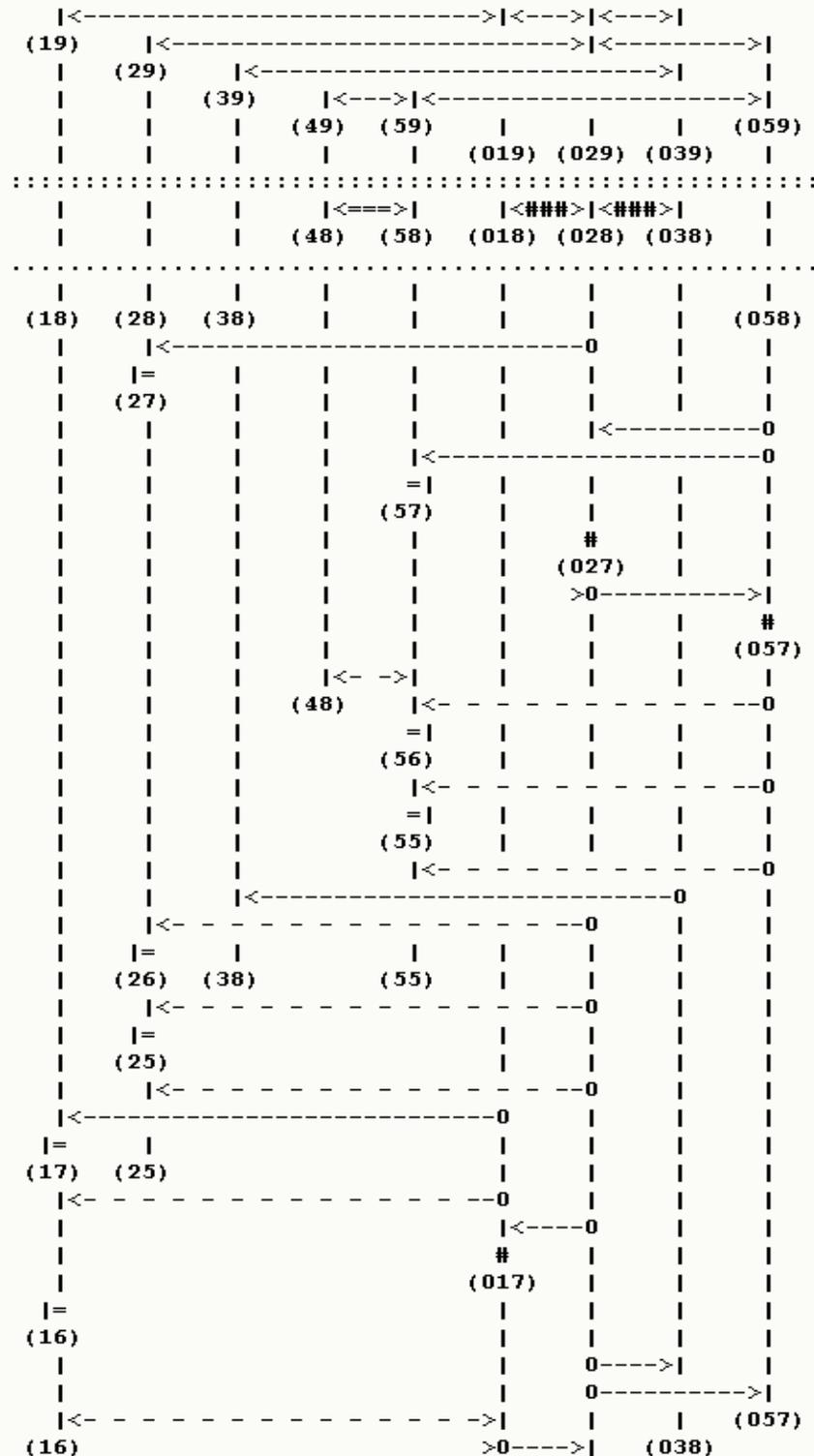


Рис. 37.66. Схема диаметральных размеров. Задача test_4

```
|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|
```

Файл: Ru_test_04.rkc
Организация: ЮУрГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
Расчётчик: Шамин В.Ю.
Изделие: Втулка распорная
Дата (д.м.г): 8.11.2004

Исходная размерная информация

```
-----
1: 9 19 019 28 0 -0,15          2: 9 29 029 24 0 -0,05
3: 9 39 039 22 0 -0,31          4: 9 49 59 0,3 2,5
5: 9 59 059 18 0,05 0          6: 9 019 029 0 0,1 -0,1
7: 9 029 039 0 0,2 -0,2        8: 9 029 059 0 0,035 -0,035
9: 3 018 028 0 0,2 -0,2        10: 3 028 038 0 0,2 -0,2
11: 2 48 58 0,3                 12: 2 27 28 0,08
13: 8 28 028M 24 0 -0,05        14: 8 028 058M 0 0,035 -0,035
15: 8 58 058M 18 0,05 0         16: 2 58 57 0,08
17: 3 058 057 0                 18: 7 027T 058 0 0,035 -0,035
19: 6 48 57 0,4 0 1            20: 2 57 56 0,16
21: 6R 57 057M 0,08 0 2         22: 6R 56 057M 0,125 0 1
23: 2 56 55 0,32               24: 6R 55 057M 0,31 0 1
25: 8 38 038M 22 0 -0,31        26: 3 028 027 0
27: 6R 27 027M 0 -0,08 2        28: 2 26 27 0,16
29: 2 25 26 0,32               30: 6R 26 027M 0 -0,125 1
31: 6R 25 027M 0 -0,31 1        32: 2 17 18 0,08
33: 8 18 018M 28 0 -0,15        34: 3 018 017 0
35: 6R 17 018M 0 -0,37 1        36: 2 16 17 0,32
37: 7 027M 038 0 0,04 -0,04     38: 7 027M 057 0 0,04 -0,04
39: 7 018 027M 0 0,04 -0,04     40: 6R 16 017 0,15 -0,55 1
41: 7 017T 027 0 0,1 -0,1
```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 14.
Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 9.
Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 10.
Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 8.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 5.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 9.
Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 9.

Рис. 37.67. Результаты расчета схемы диаметральных размеров. Задача test_4

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [27=28]=-(28+028)-(028+058)+(027+058)+(27-027)
2. [58=57]=-(57-057)+(027+057)-(027+058)+(58+058)
3. [48=58]=-(58+058)+(027+058)-(027+057)+(57_057)+(48-57)
4. [57=56]=-(56-057)+(57_057)
5. [56=55]=-(55-057)+(56_057)
6. [26=27]=-(27_027)+(26-027)
7. [25=26]=-(26_027)+(25-027)
8. [17=18]=-(18+018)+(17-018)
9. [16=17]=-(17_018)-(018+027)+(017+027)+(16-017)
10. [018#028]=-(028+058)+(027+058)+(018+027)
11. [028#038]=+(027+038)-(027+058)+(028+058)
12. [058#057]=+(027+057)-(027+058)
13. [028#027]=-(027+058)+(028+058)
14. [018#017]=-(017+027)+(018+027)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	018 028	0,000	0,110	-0,110	0,000	0,090 0,090
1#	028 038	0,000	0,110	-0,110	0,000	0,090 0,090
2=	48 58		0,340	1,020	0,680	0,040
2=	27 28		0,080	0,350	0,215	0,000
2=	58 57		0,080	0,360	0,220	0,000
1#	058 057	0,000	0,075	-0,075	0,000	
2=	57 56		0,190	0,395	0,293	0,030
2=	56 55		0,340	0,775	0,558	0,020
1#	028 027	0,000	0,070	-0,070	0,000	
2=	26 27		0,195	0,400	0,298	0,035
2=	25 26		0,340	0,775	0,558	0,020
2=	17 18		0,080	0,600	0,340	0,000
1#	018 017	0,000	0,140	-0,140	0,000	
2=	16 17		0,360	1,710	1,035	0,040
6+	48 57	0,700	0,400	0,000	0,900	
6+	27 027	24,230	0,000	-0,080	24,190	
	- диаметр -	48,460	0,000	-0,160	48,380	
6+	57 057	17,765	0,080	0,000	17,805	
	- диаметр -	35,530	0,160	0,000	35,610	
6+	56 057	17,450	0,125	0,000	17,513	
	- диаметр -	34,900	0,250	0,000	35,025	
6+	55 057	16,800	0,310	0,000	16,955	
	- диаметр -	33,600	0,620	0,000	33,910	
6+	26 027	24,550	0,000	-0,125	24,488	
	- диаметр -	49,100	0,000	-0,250	48,975	
6+	25 027	25,200	0,000	-0,310	25,045	
	- диаметр -	50,400	0,000	-0,620	50,090	
6+	17 018	28,450	0,000	-0,370	28,265	
	- диаметр -	56,900	0,000	-0,740	56,530	
6+	16 017	29,500	0,150	-0,550	29,300	
	- диаметр -	59,000	0,300	-1,100	58,600	

Окончание рис. 37.67. Начало на с. 485

37.10. Диагностическая информация по схеме

Ранее, в главе 9 «Диагностические сообщения» (см. с. 270...275) рассматривались часто встречающиеся ошибки, возникающие в результате опечаток при вводе исходной размерной информации.

Ошибки могут возникнуть при нарушении основных правил построения размерной схемы или при кодировании размеров-звеньев.

Недостаток или избыток размерной информации также приводит к невозможности решения как конструкторских, так и технологических размерных цепей.

37.10.1. Недостаток или избыток конструкторской размерной информации

Недостаток.

Первый большой блок ошибок проявляется при анализе конструкторских размеров.

На чертеже детали все поверхности (осевые линии и др.) должны быть связаны между собой размерными линиями (размерами), а их количество должно быть на единицу меньше числа поверхностей.

Простейший пример показан на схеме диаметральных размеров и в «Диагностической информации по схеме» на рис. 37.62 (см. с. 478).

В первой зоне размерной схемы с конструкторскими размерами группы 9 отсутствуют допуски соосностей.

Если условно принять одну из осей детали (например, осевую линию отверстия (029)) за единую базу для оставшихся осевых линий (019) и (039), то в зоне исходных размеров эскиза детали появятся две размерные линии (019+029) и (029+039).

Теперь чертежная зона будет содержать 9 поверхностей (вертикалей) и 8 размеров-звеньев.

Как только ввели недостающие конструкторские размеры-звенья (допуски соосностей), происходит следующая проверка выполняемости исходных чертежных размеров в маршруте технологического процесса.

Анализ размерной схемы (см. рис. 37.68, с. 488) показал, что звенья (019+029) и (029+039) непосредственно не выполняются в технологическом процессе.

Они должны быть введены в размерную информацию как замыкающие звенья.

Часть размерной схемы и таблицы с результатами расчета нового варианта задачи test_4_1 показаны на рис. 37.69 и 70 (см. с. 489...491).

Избыток.

Если случайно или специально в зону чертежных размеров ввести размер (019+059).

Появился замкнутый контур из составляющих звеньев без замыкающего звена.

Цикл: 019-029-059-019

Реакцию алгоритма можно проследить на рис. 37.71 (см. с. 492).

Лишний конструкторский размер (019+059) мог быть замыкающим звеном в задачах по решению сборочных цепей.

И если размер $[019=059] = 3\ 19\ 59\ 0\ +0,02$, то в размерной схеме и расчетах появятся новые построения и расчетное уравнение с результатами в таблице (см. рис. 37.72 и 37.73, с. 492).

Диагностическая информация по схеме

Проверьте соответствие конструкторских и технологических размеров:
(019+029), (029+039).

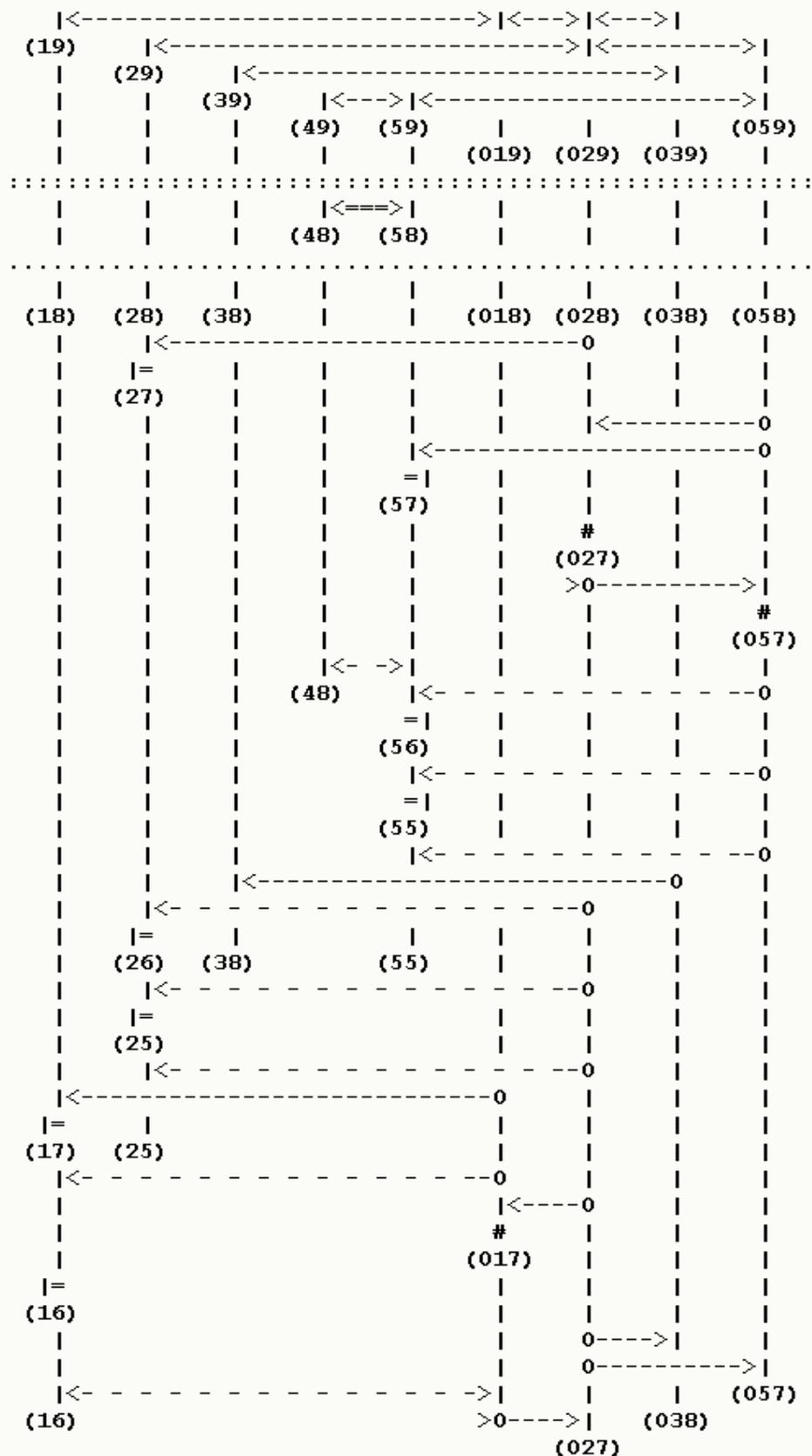


Рис. 37.68. Недостаток технологических размеров

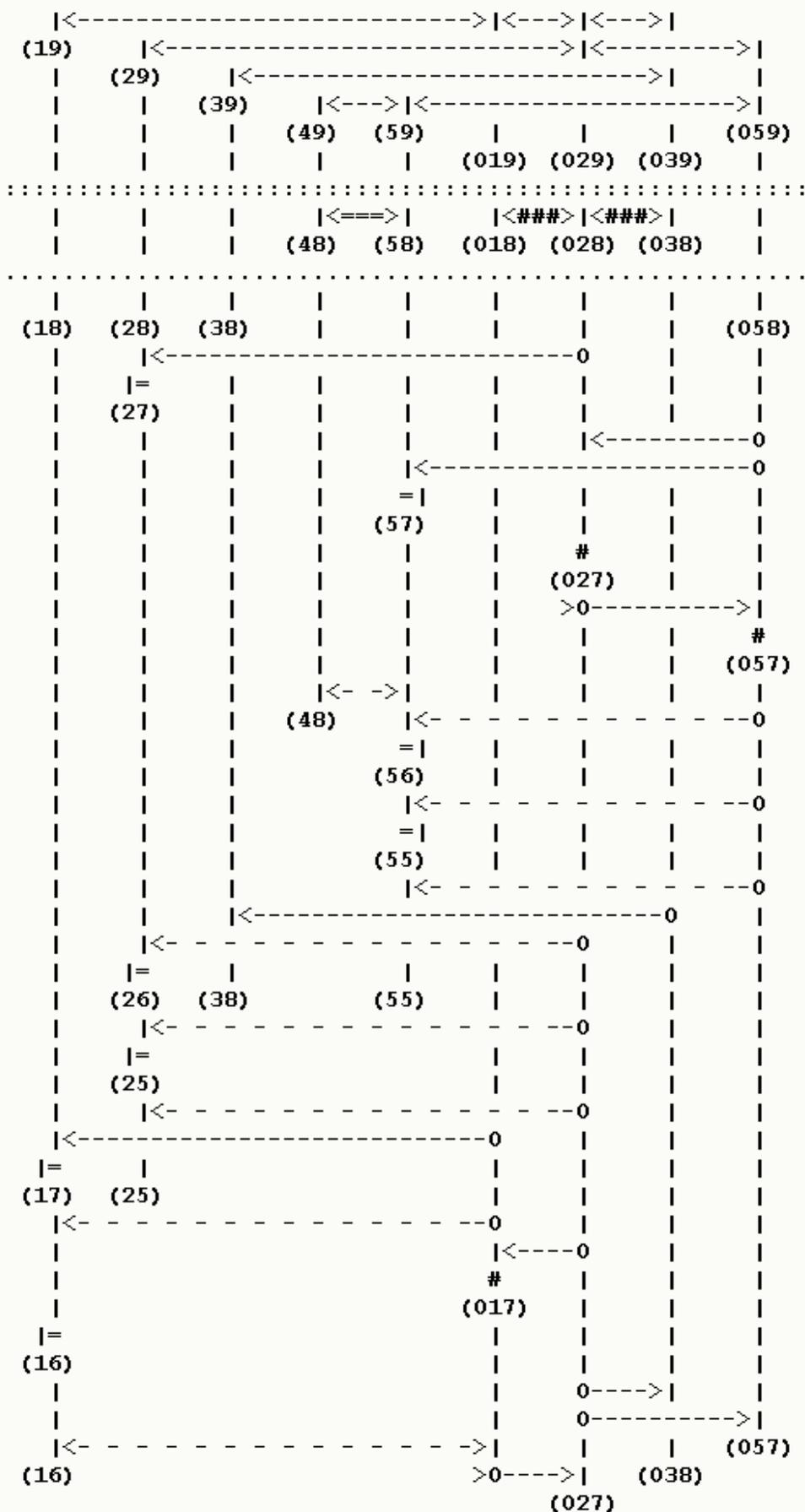


Рис. 37.69. Размерная схема с дополнительными замыкающими звеньями

```
|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|
```

Файл: Ru_test_04.rkc
Организация: ЮУрГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
Расчётчик: Шамин В.Ю.
Изделие: Втулка распорная
Дата (д.м.г): 8.11.2004

Исходная размерная информация

```
-----
1: 9 19 019 28 0 -0,15          2: 9 29 029 24 0 -0,05
3: 9 39 039 22 0 -0,31          4: 9 49 59 0,3 2,5
5: 9 59 059 18 0,05 0          6: 9 019 029 0 0,1 -0,1
7: 9 029 039 0 0,2 -0,2        8: 9 029 059 0 0,035 -0,035
9: 3 018 028 0 0,2 -0,2        10: 3 028 038 0 0,2 -0,2
11: 2 48 58 0,3                12: 2 27 28 0,08
13: 8 28 028M 24 0 -0,05       14: 8 028 058M 0 0,035 -0,035
15: 8 58 058M 18 0,05 0       16: 2 58 57 0,08
17: 3 058 057 0                18: 7 027T 058 0 0,035 -0,035
19: 6 48 57 0,4 0 1           20: 2 57 56 0,16
21: 6R 57 057M 0,08 0 2       22: 6R 56 057M 0,125 0 1
23: 2 56 55 0,32              24: 6R 55 057M 0,31 0 1
25: 8 38 038M 22 0 -0,31       26: 3 028 027 0
27: 6R 27 027M 0 -0,08 2       28: 2 26 27 0,16
29: 2 25 26 0,32              30: 6R 26 027M 0 -0,125 1
31: 6R 25 027M 0 -0,31 1       32: 2 17 18 0,08
33: 8 18 018M 28 0 -0,15       34: 3 018 017 0
35: 6R 17 018M 0 -0,37 1       36: 2 16 17 0,32
37: 7 027M 038 0 0,04 -0,04    38: 7 027M 057 0 0,04 -0,04
39: 7 018 027M 0 0,04 -0,04    40: 6R 16 017 0,15 -0,55 1
41: 7 017T 027 0 0,1 -0,1
```

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 0.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 14.
Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 9.
Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 10.
Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 8.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 5.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 9.
Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 9.

Рис. 37.70. Результаты расчета. Задача test_4_1

Уравнения решены методом Максимума-Минимума

1. [27=28] = - (28+028) - (028+058) + (027+058) + (27-027)
2. [58=57] = - (57-057) + (027+057) - (027+058) + (58+058)
3. [48=58] = - (58+058) + (027+058) - (027+057) + (57_057) + (48-57)
4. [57=56] = - (56-057) + (57_057)
5. [56=55] = - (55-057) + (56_057)
6. [26=27] = - (27_027) + (26-027)
7. [25=26] = - (26_027) + (25-027)
8. [17=18] = - (18+018) + (17-018)
9. [16=17] = - (17_018) - (018+027) + (017+027) + (16-017)
10. [018#028] = - (028+058) + (027+058) + (018+027)
11. [028#038] = + (027+038) - (027+058) + (028+058)
12. [028#027] = - (027+058) + (028+058)
13. [058#057] = + (027+057) - (027+058)
14. [018#017] = - (017+027) + (018+027)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	018 028	0,000	0,110	-0,110	0,000	0,090 0,090
1#	028 038	0,000	0,110	-0,110	0,000	0,090 0,090
2=	48 58		0,340	1,020	0,680	0,040
2=	27 28		0,080	0,350	0,215	0,000
1#	028 027	0,000	0,070	-0,070	0,000	
2=	58 57		0,080	0,360	0,220	0,000
1#	058 057	0,000	0,075	-0,075	0,000	
2=	57 56		0,190	0,395	0,293	0,030
2=	56 55		0,340	0,775	0,558	0,020
2=	26 27		0,195	0,400	0,298	0,035
2=	25 26		0,340	0,775	0,558	0,020
2=	17 18		0,080	0,600	0,340	0,000
2=	16 17		0,360	1,710	1,035	0,040
1#	018 017	0,000	0,140	-0,140	0,000	
6+	48 57	0,700	0,400	0,000	0,900	
6+	27 027	24,230	0,000	-0,080	24,190	
	- диаметр -	48,460	0,000	-0,160	48,380	
6+	57 057	17,765	0,080	0,000	17,805	
	- диаметр -	35,530	0,160	0,000	35,610	
6+	56 057	17,450	0,125	0,000	17,513	
	- диаметр -	34,900	0,250	0,000	35,025	
6+	55 057	16,800	0,310	0,000	16,955	
	- диаметр -	33,600	0,620	0,000	33,910	

Окончание рис. 37.70. Начало на с. 490

Диагностическая информация по схеме

Имеются замкнутые контуры из составляющих звеньев (циклы).

Цикл 1: 019-029-059-019.

Проверьте технологические размеры для чертежных звеньев: (019+059).

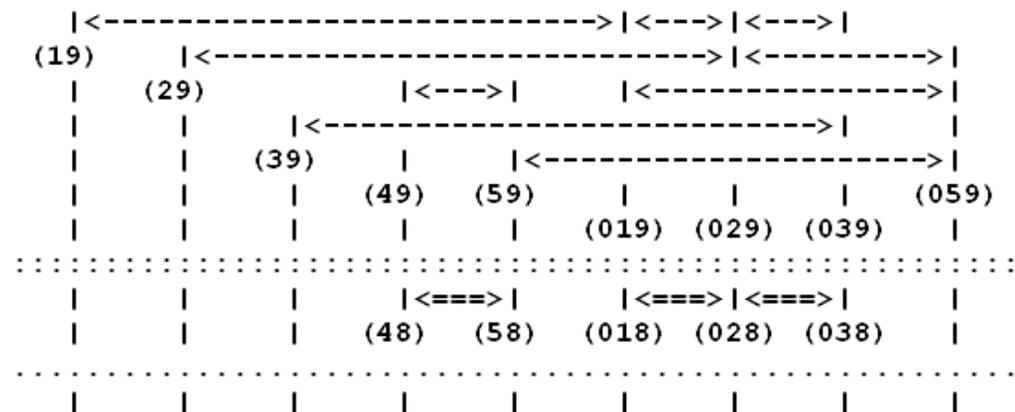


Рис. 37.71. Часть схемы с диагностикой. Задача test_4_2

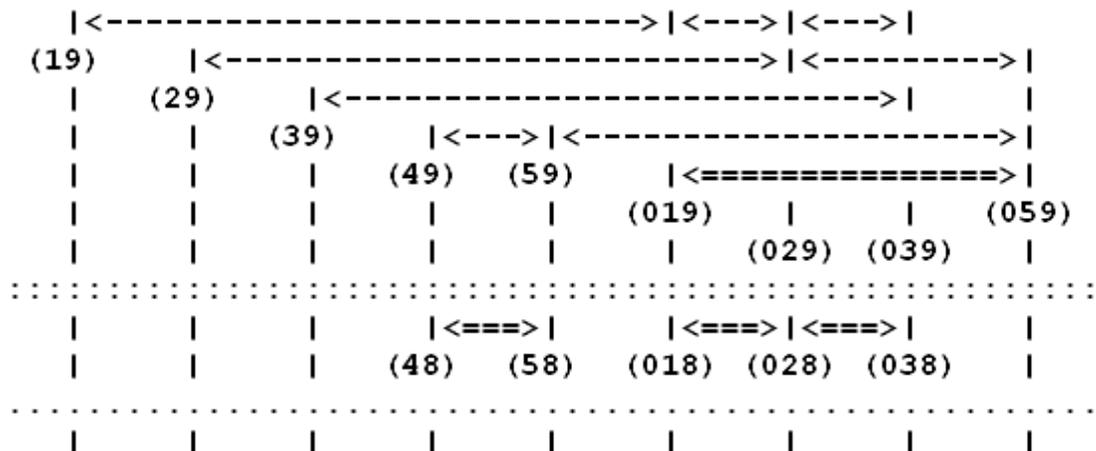


Рис. 37.72. Часть размерной схемы. Задача test_4_3

10. [019#059]=+(029+059)+(019+029)
11. [018#028]=-(028+058)+(027+058)+(018+027)
12. [028#038]=+(027+038)-(027+058)+(028+058)
13. [028#027]=-(027+058)+(028+058)
14. [058#057]=+(027+057)-(027+058)
15. [018#017]=-(017+027)+(018+027)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	звена	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1#	019 059	0,000	0,135	-0,135	0,000	0,065 0,065

Рис. 37.73. Часть таблицы результатов расчета. Задача test_4_3

37.10.2. Недостаток или избыток технологической размерной информации

Недостаток.

При вводе исходной размерной информации тестовой задачи test_3 (см. рис. 37.64 и 37.65, с. 481 и 483) пропущен составляющий размер группы 6 — (18-87).

Диагностическая информация по схеме отреагирует следующим образом (см. рис. 37.74...37.76, с. 493...495).

Подобный разгром может произойти и при случайных опечатках любого из вводимых операционных размеров-звеньев.

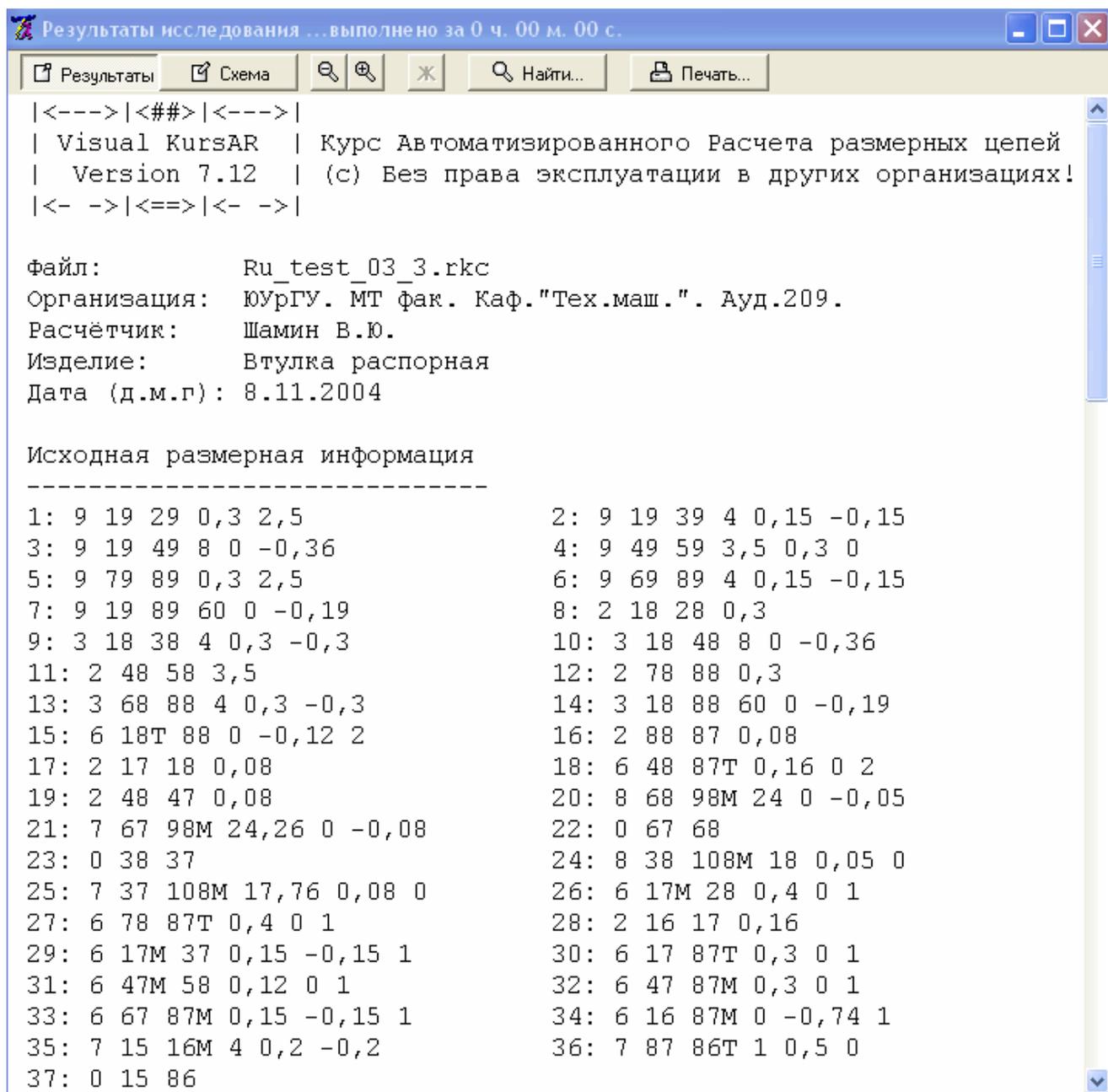


Рис. 37.74. Исходная размерная информация. Задача test_3_3

В диагностической информации множество подсказок для нахождения ошибки.

Если перед Вами рисунок размерной схемы (см. рис. 37.64, с. 481), то можно проследить отсутствие пути между поверхностью (18) и (17).

Такую проверку можно продублировать и между другими поверхностями, которые указаны в диагностической информации.

Например: проследить связь между поверхностями (88) и (87).

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 3.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 11.
Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 10.
Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 6.
Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 7.

Диагностическая информация по схеме

Имеются не связанные друг с другом части схемы.

По технологическим звеньям - 2 част. схемы:

1. 18, 88.
 2. 48, 87, 78, 17, 47, 58, 67, 16, 15, 86, 98, 28, 37, 68, 108, 38.
- Следующие звенья не замкнуты: [18=28], [18=38], [18=48], [78=88], [68=88], [88=87], [17=18].

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 3.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 4.
Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 10.

Имеется 4 зв. гр. 6, не вошедш. в уравнения:
(17-28), (78-87), (17-37), (67-87).

Цепи размерные

- [18=28]=не определено
- [18=38]=не определено
- [18=48]=не определено
- [78=88]=не определено
- [68=88]=не определено
- [88=87]=не определено
- [17=18]=не определено

Уравнения решены методом Максимума-Минимума

1. [18=88]=+(18-88)
2. [67#68]=-(68+98)+(67+98)
3. [38#37]=-(37+108)+(38+108)

Не решенные уравнения

- [48=58]=+(47-58)-(47-87)+(48-87)
- [48=47]=-(47-87)+(48-87)
- [16=17]=-(17-87)+(16-87)
- [15#86]=+(87+86)+(16-87)+(15+16)

Рис. 37.75. Диагностическая информация по схеме. Задача test_3_3

Если размерная схема построена правильно, то с помощью системы легко можно установить отсутствие размера в исходной информации.

Диагностическая информация по схеме сигнализирует о возможной ошибке и другими способами:

- появляются замыкающие звенья без контура;
- проверяется количественное соответствие замыкающих и определяемых размеров-звеньев;
- выделяются определяемые размеры группы 6, не вошедшие в уравнения;
- перечисляются уравнения, в которых не рассчитаны значения замыкающих размеров-звеньев;

таблица результатов кричит отсутствием информации по отдельным звеньям.

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	по Min и по Max
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	звена
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	48 58		*****	*****	*****	*****
3=	18 88	60,000	-0,030	-0,150	59,910	0,040 0,030
2=	48 47		*****	*****	*****	*****
2=	16 17		*****	*****	*****	*****
6-	47 58	*****	0,000	-0,190	*****	
6-	47 87	*****	0,000	-0,190	*****	
6-	48 87	*****	0,000	-0,190	*****	
6+	18 88	59,970	0,000	-0,120	59,910	
6-	17 87	*****	0,000	-0,120	*****	
6-	16 87	*****	0,000	-0,120	*****	
0#	67 68		0,180	0,310	0,245	
0#	38 37		0,160	0,290	0,225	
0#	15 86		*****	*****	*****	

Рис. 37.76. Таблица результатов расчета. Задача test_3_3

Избыток исходной размерной информации в размерной схеме.

Для примера можно ввести в размерную информацию тестовой задачи test_3 (см. рис. 37.64 и 37.65, с. 481 и 482) лишнее звено под номером 21: 6 17 68 0 -0,2 2 (см. рис. 37.77...37.79, с. 495 и 496).

Файл: Ru_test_03_4.rkc
 Организация: ЮУрГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
 Расчётчик: Шамин В.Ю.
 Изделие: Втулка распорная
 Дата (д.м.г): 8.11.2004

Исходная размерная информация

1: 9 19 29 0,3 2,5	2: 9 19 39 4 0,15 -0,15
3: 9 19 49 8 0 -0,36	4: 9 49 59 3,5 0,3 0
5: 9 79 89 0,3 2,5	6: 9 69 89 4 0,15 -0,15
7: 9 19 89 60 0 -0,19	8: 2 18 28 0,3
9: 3 18 38 4 0,3 -0,3	10: 3 18 48 8 0 -0,36
11: 2 48 58 3,5	12: 2 78 88 0,3
13: 3 68 88 4 0,3 -0,3	14: 3 18 88 60 0 -0,19
15: 6 18Т 88 0 -0,12 2	16: 2 88 87 0,08
17: 2 17 18 0,08	18: 6 48 87Т 0,16 0 2
19: 2 48 47 0,08	20: 8 68 98М 24 0 -0,05
21: 6 17 68 0 -0,2 2	22: 7 67 98М 24,26 0 -0,08

Рис. 37.77. Исходная размерная информация. Задача test_3_4

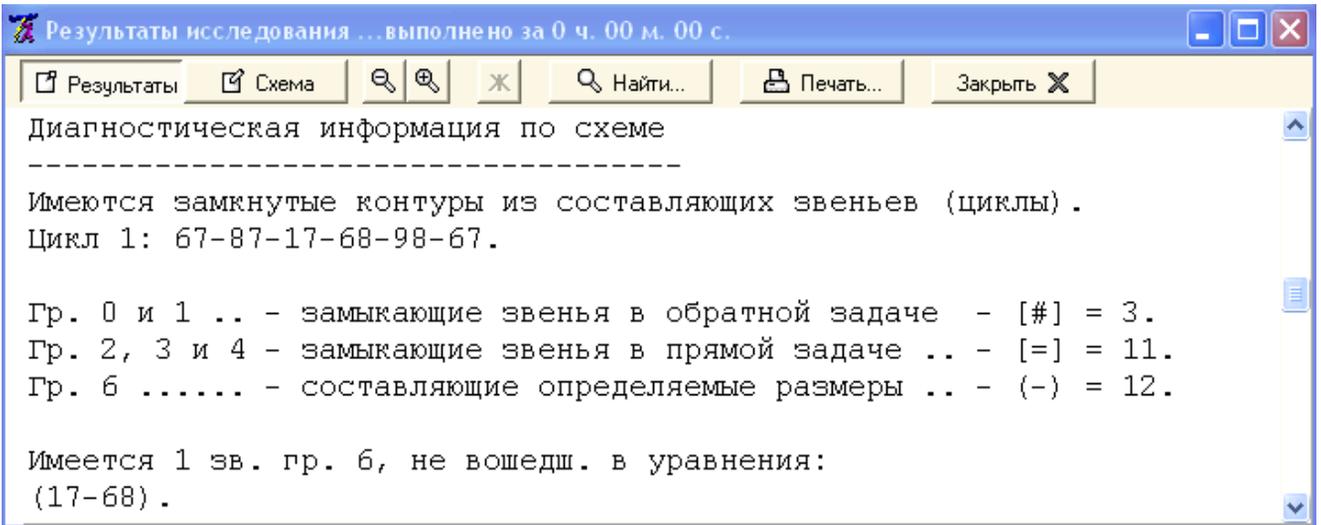


Рис. 37.78. Диагностическая информация по схеме. Задача test_3_4

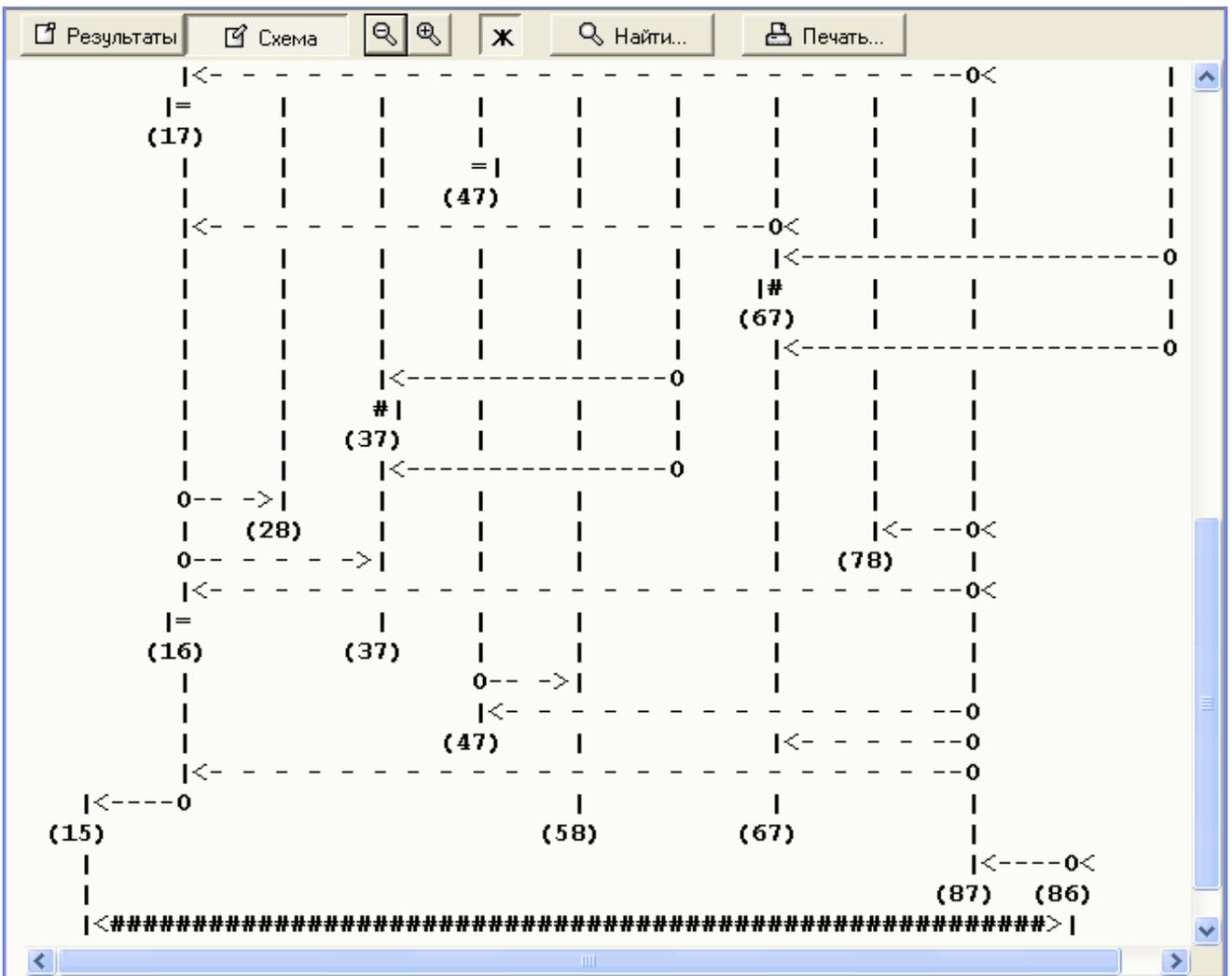


Рис. 37.79. Часть размерной схемы. Задача test_3_3

Диагностическая информация по схеме предупреждает о наличии составляющего звена группы 6 — (17-68), не вошедшего в уравнения, и замкнутого контура (67-87-17-68-98-67) из составляющих размеров-звеньев без замыкающего звена.

Показательно количественное сравнение неравенства из 11 замыкающих звеньев в прямой задаче и 12 составляющих определяемых размеров-звеньев в этой же задаче.

37.10.3. Некоторые возможности алгоритма для профессиональной работы пользователя

В проектном варианте Shamin_8.rkc (см. с. 470...472) исходный чертежный размер (19+59) непосредственно не выполняется на операциях и переходах технологического процесса. Замыкающее звено [18=58] состоит из двух размеров. Один из них окончательный операционный размер (18+38). Предельные значения чертежного исходного размера равны 7,64...8,00 мм. Точность $T=0,36$ мм.

Для экономии расхода металла на одну деталь все расчеты размерной схему производились от наименьшего предельного значения $(18+38)_{\min}=7,64$ мм с экономической точностью $W=0,15$ мм.

Односторонний запас по полю допуска $0,36-015/2=021/2=0,105$ мм.

В условиях действующего производства технолог всегда проставляет операционное значение размера от его средней величины. Для упрощения подобных перерасчетов в алгоритме предусмотрен следующий прием.

После ввода исходных чертежных размеров группы 9 в дополнительной зоне вводятся эти же размеры замыкающими звеньями групп 2, 3 или 4.

Все оставшиеся окончательные и промежуточные операционные размеры должны вводиться определяемой группой 6 с соответствующей точностью (отклонением) и кодом округления.

Подобные преобразования проделаны с исходной размерной информацией.

Результаты расчета и размерная схема и на рис. 37.80 и 37.81 (см. с. 498 и 499).

37.11. Правописание

По ГОСТ «Цепи размерные» для звеньев одной линейной цепи все размерные связи обозначают прописной буквой русского алфавита: составляющие звенья с индексом порядкового номера (1, 2, ..., n), замыкающее звено — с индексом " Δ ".

Подобная форма записи удобна лишь для расчета простых изделий или процессов обработки.

При построении и расчетах как конструкторских, так и технологических размерных схем может использоваться еще одна форма записи, в которой все размерные связи всех размерных цепей кодируются цифрами от левой границы размерной связи или линии отсчета размера до правой границы или противоположной стороны размерной линии.

Код размерной связи, состоящий из цифр (групп цифр), разделенных пробелом, символизирует звено размерной цепи.

Квадратными скобками выделяются замыкающие звенья, круглыми — составляющие звенья.

37.11.1. Группы звеньев

При расчете размерных цепей могут решаться прямая (проектная) и обратная (проверочная) задачи.

В результате постановки прямой задачи при проектировании, изготовлении или измерении конкретных изделий заранее назначаются параметры замыкающего звена (номинальный размер и допустимые отклонения или предельные значения). В этом случае возникает понятие исходное звено. Параметры составляющих звеньев (номинальные размеры, допуски, координаты средин полей допусков и предельные отклонения) определяются решением поставленной задачи.

Результаты Схема Ж Найти... Печать... Закреть X

Исходная размерная информация

1: 9 19 39 8 0 -0,36	2: 9 19 59 60 0 -0,74
3: 3 18 58 60 0 -0,74	4: 3 18 38 8 0 -0,36
5: 2 17 18 0,16	6: 6 18 38 0 -0,15 1
7: 6 38 58 0,3 0 1	8: 6 17 38 0 -0,36 1
9: 7 16 17 4 0,2 -0,2	10: 7 58 57 0,6 0,9
11: 0 16 57	

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 3.
 Гр. 5 - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 0.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 3.
 Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры - (+) = 2.
 Гр. 9 - исходные (чертежные) размеры - (+) = 2.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
 Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 3.
 Гр. 6 - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 3.

Цепи размерные
 Уравнения решены методом Максимума-Минимума

1. [18=38]=+(18-38)
2. [18=58]=+(38-58)+(18_38)
3. [17=18]=-(18_38)+(17-38)
4. [16#57]=+(58+57)+(38_58)+(17_38)+(16+17)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:	размер	исходного звена	
па	стей звена	номинала	Min и	Max	звена	по Min и по Max
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3=	18 58	60,000	-0,100	-0,550	59,675	0,190 0,100
3=	18 38	8,000	-0,100	-0,250	7,825	0,110 0,100
2=	17 18		0,240	0,750	0,495	0,080
6+	38 58	51,700	0,300	0,000	51,850	
6+	18 38	7,900	0,000	-0,150	7,825	
6+	17 38	8,500	0,000	-0,360	8,320	
0#	16 57		64,240	65,600	64,920	

Рис. 37.80. Таблица результатов расчета. Задача test_8_2



Рис. 37.81. Часть размерной схемы. Задача Shamin_8_2.rkc

Решая обратные задачи, исходят из значений номинальных размеров, допусков, координат их середин, отклонений составляющих звеньев. При этом определяются те же характеристики замыкающего звена.

Либо, при необходимости определения погрешности замыкающего звена, определяется поле рассеяния, координата его середины или границы отклонений на основании аналогичных данных составляющих звеньев.

При подготовке исходной информации запись размеров осуществляется с помощью цифровых кодов, которые предусматривают возможность ввода в ЭВМ всех разновидностей звеньев цепей.

Причем, каждое замыкающее и составляющее звено относится к одной из десяти групп (см. табл. 37.1, с. 500).

Номера групп звеньев

С о с т а в л я ю щ и е известные и определяемые размеры-звенья:

9	(+)	Ч.	Чертежный (исходный) размер.
8	(+)	Изв.О.	Звено — известный окончательный операционный размер с известным номинальным значением и предельными отклонениями.
7	(+)	Изв.П.	Звено — известный промежуточный операционный размер с известным номинальным значением и предельными отклонениями.
6	(-)	Опр.	Звено с заданными предельными отклонениями и кодом округления, номинальное значение которого определяется расчетом.

З а м ы к а ю щ и е размеры звенья в п р я м о й (проектной) задаче:

5	{~}	З.З.	Замыкающее звено, с помощью которого заменяются составляющие размеры-звенья в цепи с компенсирующимися погрешностями.
4	[=]	Макс.	Звено с заданным наибольшим предельным значением (или предельными значениями). Расчет от наибольшего предельного значения.
3	[=]	Сред.	Звено с известными предельными значениями или с заданным средним значением. Расчет от среднего значения.
2	[=]	Мин.	Звено с заданным наименьшим предельным значением (или предельными значениями). Расчет от наименьшего предельного значения.

З а м ы к а ю щ и е размеры-звенья в о б р а т н о й (проверочной) задаче:

1	[#]	Пров.	Звено с заданными для проверки предельными значениями.
0	[#]	Расч.	Звено, исходные параметры которого не заданы, но могут быть установлены его предельные значения в результате расчета размерной цепи.

К о д ы округления групп «5» и «6»:

0	До целого числа.
1	До первого десятичного знака.
2	До второго десятичного знака.
3	До третьего десятичного знака.

Для группы «6» допускается указание символа «R» после кода группы, где «R» — Символ радиального (диаметрального) размера.

Рассчитанное номинальное значение определяемого размера будет удвоено до диаметрального размера.

Пример ввода группы «6» с символом радиального размера:

6R 17 0107 0 -0,15 1

Для групп 6, 7 и 8 допускается наличие символов «Т» или «М», которые проставляются после номера левой или правой поверхности звена, где

«Т» — Графический символ технологической базы;

«М» — Графический символ измерительной базы.

Например: 6 17T 38 0 -0,36 3 или

7 38 68M 40 0,5 -0,5 или

8 18T 108 64 0 -0,74

Символы «Т» и «М» используются в технологических размерных цепей.

В таблице 37.1 (см. с. 500) проставлены следующие символы:

- (+) — Известный исходный (группа 9), окончательный (группа 8), промежуточный (группа 7) и рассчитанный определяемый размеры (группа 6);
- (-) — Определяемый (номинальный) размер группы 6;
- {~} — Заменяющее-закрывающее звено (группа 5) в прямой задаче;
- [=] — Прямая (проектная задача);
- [#] — Обратная (проверочная) задача.

Размерная цепь фиксируется только тогда, когда в контур из составляющих размеров включено замыкающее звено. Это звено является исходным при постановке задачи или получается последним в результате ее решения.

Простейшие случаи решения проверочных задач возникают в конструкторских подетальных цепях, когда выявляются и фиксируются различные размерные связи между конструктивными элементами (поверхностями) одной и той же детали.

На рис. 37.74 (см. с. 485) возникла необходимость определить суммарное поле рассеяния [909#1109] (группа 0) в исходных чертежных размерах (группа 9).

По ходу технологического процесса радиальные биения (019+029) и (029+039) непосредственно не выполняются. Их предельные значения [018=028] и [028=038] могут быть определены расчетами из уравнений размерной схемы процесса.

На рис. 37.69 и 37.70 (см. с. 489 и 490) исходная размерная информация, расчетные уравнения, таблица результатов расчета и размерная схема процесса тестовой задачи test_4_1. Замыкающие звенья [018=028] и [028=038] введены с символом «=» проектной задачи группы 3. Алгоритм программы допускает ввод размеров группы 3 только средним значением без номинала и предельных отклонений. Этот прием очень удобен и часто используется при кодировании размерных схем отдельных проекций сложных корпусных деталей.

В уравнениях 10 и 11 (см. рис. 37.70, с. 491) символ проектной задачи — «=» сменился на символ — «#» проверочной задачи, а группа 3 замыкающей проектной задачи сменилась на группу 1 (проверочная задача).

37.11.2. Синтаксис размерной информации

При заполнении таблицы исходной размерной информацией алгоритм программы следит за порядком ввода и сочетанием пробелов и цифр в каждой строке звена.

Одновременно предусмотрены три варианта (три строки) подсказок для каждой из групп размеров звеньев.

Контроль над вводом параметров размеров-звеньев сопровождается дополнительной текстовой информацией.

На рис. 37.82...37.88 (см. с. 501...502) показаны все возможные варианты сочетания цифр при вводе групп размеров-звеньев.

Группа	Левая	Правая			
1: 0	16	57			

Рис. 37.82. Синтаксический порядок ввода цифр группы 0

Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1: 1	15	357	28,000	0,9000	-0,9000
2: 1	38	038	10,000	14,000	

Рис. 37.83. Варианты ввода цифр группы 1

Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
Группа	Левая	Правая	Мин.		
1: 2	18	58	60,000	0,0000	-0,7400
2: 2	18	38	7,640	8,000	
3: 2	17	18	0,16		

Рис. 37.84. Варианты ввода цифр группы 3

Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
Группа	Левая	Правая	Среднее		
1: 3	18	58	60,000	0,0000	-0,7400
2: 3	18	38	7,640	8,000	
3: 3	018	028	0,000		

Рис. 37.85. Варианты ввода цифр группы 3

Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
Группа	Левая	Правая	Макс.		
1: 4	18	58	60,000	0,0000	-0,7400
2: 4	18	38	7,640	8,000	
3: 4	48	345	132		

Рис. 37.86. Варианты ввода цифр группы 4

Группа	Левая	Правая	Верхнее	Нижнее	Округл.
ГруппаR	Левая	Правая	Верхнее	Нижнее	Округл.
1: 5	25	346	1,3000	-0,7000	1
2: 6	38	58	0,3000	0,0000	2
3: 6R	147	0147	0,3700	0,0000	1

Рис. 37.87. Варианты ввода цифр групп 5 и 6 (6R – радиус отверстия)

Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1: 7	16	17	4,000	0,2000	-0,2000
2: 8	18	38	8,000	0,0000	-0,3600
3: 9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
4: 7	38	58	4,000	5,000	
5: 8	18	58	59,260	60,000	
6: 9	19	59	59,290	60,000	

Рис. 37.88. Варианты ввода цифр групп 7, 8 и 9

Один из вариантов предусматривает ввод предельных значений звена.

В некоторых отраслях машиностроения до настоящего времени еще существует порядок записи промежуточных и окончательных размеров с помощью предельных значений.

Государственный стандарт устанавливает порядок записи предельных размеров, начиная с наименьшего предельного значения (min...max).

Такой порядок записи параметров звена размерной цепи достаточно прост и записывается в одну строку при кодировании исходной информации.

Сложнее кодировать параметры, несущие информацию о размере в трех уровнях (номинальное значение размера, верхнее предельное отклонение, нижнее предельное отклонение).

При подготовке исходных данных для автоматизированного расчета размерных цепей порядок записи трехуровневой размерной информации осуществляется в одну строку в следующей последовательности:

- номинальное значение размера;
- верхнее предельное отклонение;
- нижнее предельное отклонение.

37.11.3. Синтаксис уравнений размерной схемы

На рис. 37.89 уравнения размерных цепей в задаче test_4_3.

Размерная схема задачи представлена на рис. 37.90 (см. с. 504).

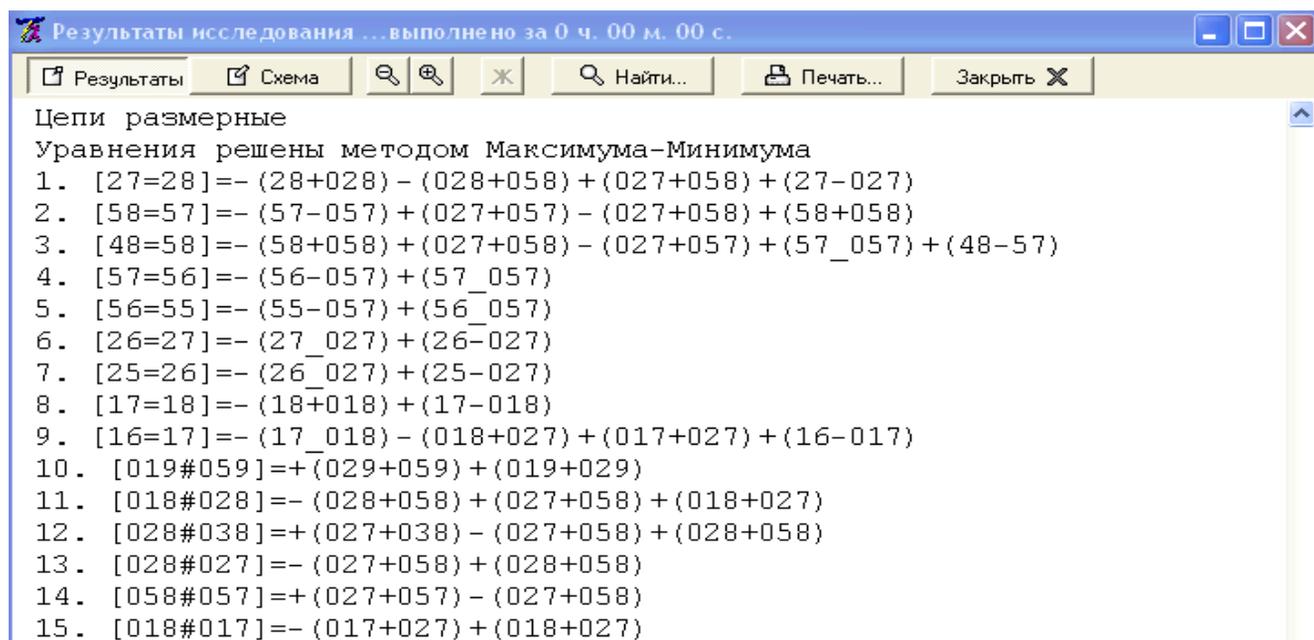


Рис. 37.89. Уравнения размерных цепей. Задача test_4_3

37.11.3.1. Известные размеры-звенья групп 7, 8 и 9

В уравнении 10 работают известные исходные размеры-звенья группы 9 — (019+029) и (029+059).

В уравнении 1, 2, 3, 8, 11...13 работают известные окончательные размеры группы 8 — (28+028), (28+058), (58+058) и (98+908).

В уравнении 1, 2, 3, 8, 9, 11, 12...13 работают известные промежуточные размеры группы 7 — (027+058), (027+057), (018+027), (17+027) и (027+038).

Каждое из этих звеньев несет следующую информацию:

цифры в скобках — номер левой и правой поверхностей звена;

символ «+» — обозначает, что у этого звена известны предельные размеры или номинальное значение и предельные отклонения;

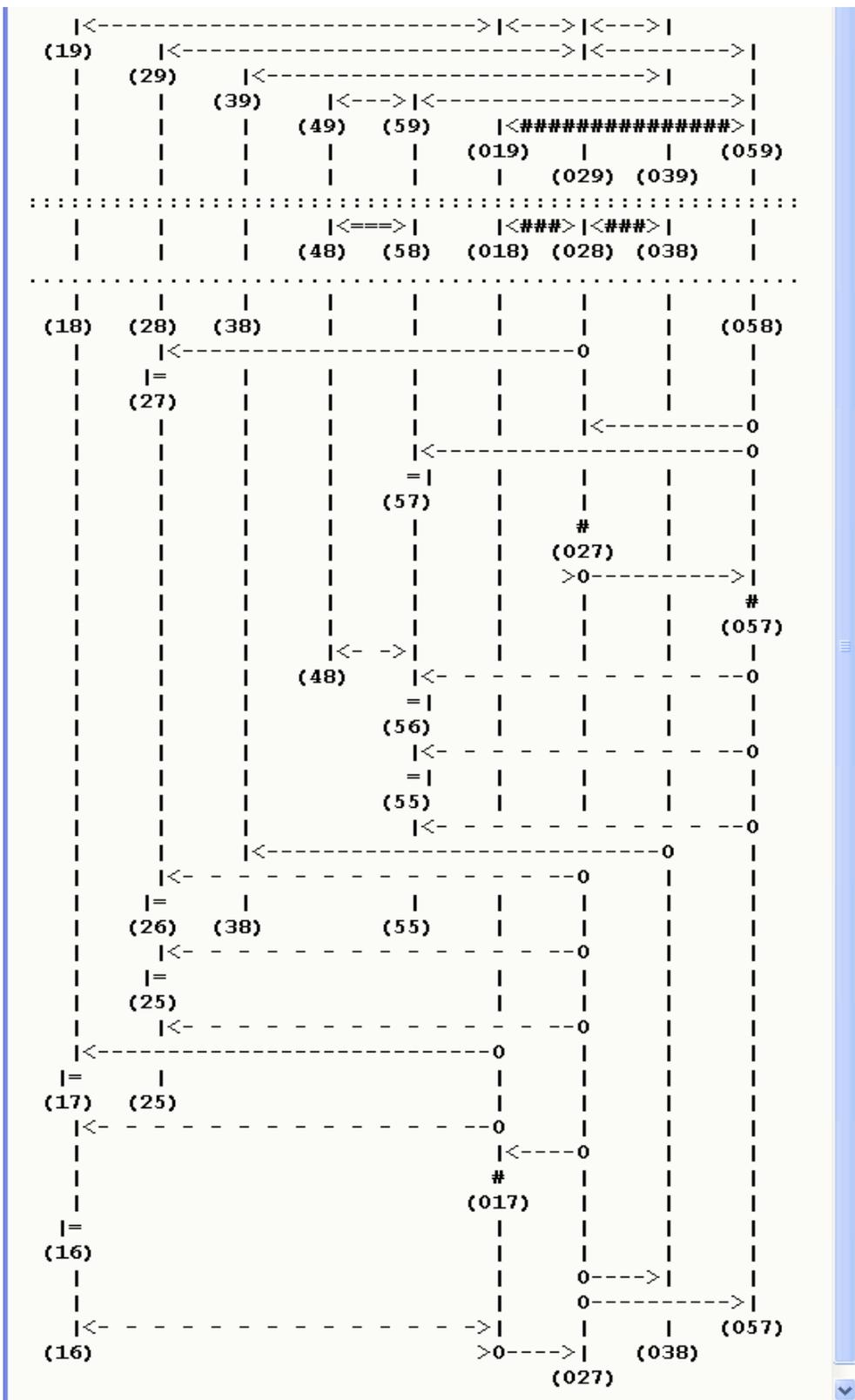


Рис. 37.90. Размерная схема задачи test_4_3

37.11.3.2. Определяемые размеры-звенья группы 6

В исходных определяемых размерах-звеньях группы 6 символ «—» между номерами поверхностей обозначает, что в этом звене известна точность, превращенная в верхнее и нижнее предельные отклонения. Известна и цифра кода округления.

Определяемые размеры группы 6 по рис. 37.89 и 37.90 (см. с. 503 и 504) — (27–027), (57–057) и (56–057), (55–057), (26–027), (25–027), (16–017).

После расчета и округления номинального значения определяемого составляющего звена группы 6 это звено входит в последующие уравнения с известными значениями.

На рис. 37.89 (см. с. 502) рассчитанный определяемый размер группы 6 приобретает символ «_». В этих размерных расчетах такие размеры работают во всех уравнениях, которые решают прямую задачу.

Номера этих уравнений: 3, 4, 5, 6, 7 и 9.

37.11.3.3. Заменяющее-замыкающее звено группы 5

Особенности применения заменяющих-замыкающих размеров-звеньев группы 5 описаны на с. 244...247.

В данном разделе будут показаны только символьные значения группы 5, выделяющие эту группу размеров-звеньев из десяти групп, которые используются для расчетов и построения размерных схем.

В исходной размерной информации, результатах расчета и размерной схеме (см. рис. 37.91...37.93, с. 505...507) определен заменяющий-замыкающий размер {17~38}.

The screenshot shows the 'Размерный анализ' (Dimensional Analysis) software interface. The window title is 'Размерный анализ <- Ru_Shamin_07_1.tks'. The menu bar includes 'Файл', 'Правка', 'Работа', 'Сервис', and 'Помощь'. The toolbar contains icons for file operations and analysis functions like 'Исследовать', 'Результаты', and 'Схема'. The main area has tabs for 'Отчетная информация', 'Размерная информация', and 'Параметры решения'. Below the tabs is a toolbar with various navigation and search icons, a search box labeled 'Найти...', and a status bar showing '1: 19 39'. The main data table is as follows:

	Группа	Левая	Правая	Номинал	Верхнее	Нижнее
	Группа	Левая	Правая	Мин.	Макс.	
1:	9	19	39	8,000	0,0000	-0,3600
2:	9	19	59	60,000	0,0000	-0,7400
3:	2	18	58	59,260	60,000	
4:	2	17	18	0,160		
5:	8	18	38T	7,640	7,790	
6:	6	38	58M	0,3000	0,0000	1
7:	6	17	58M	0,0000	-0,7400	1
8:	5	17	38	0,0000	-0,3600	1
9:	7	16	17M	4,000	0,2000	-0,2000
10:	7	58	57T	0,600	0,900	
11:	0	16	57			

Рис. 37.91. Исходная размерная информация. Задача test_7_1

37.12. Округление расчетных номинальных значений определяемых размеров-звеньев группы 6

Ранее на с. 253 и 254 уже рассматривался этот материал.

Ниже повторно приводятся пояснения для работы с интерфейсом данной версии программного продукта.

```
|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|
```

```
Файл: Ru_Shamin_07_1.rkc
Организация: ЮУрГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
Расчётчик: Шамин В.Ю.
Изделие: Втулка кондукторная
Дата (д.м.г): 8.11.2004
```

Исходная размерная информация

```
-----
1: 9 19 39 8 0 -0,36          2: 9 19 59 60 0 -0,74
3: 2 18 58 59,26 60          4: 2 17 18 0,16
5: 8 18 38Т 7,64 7,79        6: 6 38 58М 0,3 0 1
7: 6 17 58М 0 -0,74 1        8: 5 17 38 0 -0,36 1
9: 7 16 17М 4 0,2 -0,2       10: 7 58 57Т 0,6 0,9
11: 0 16 57
```

```
Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 2.
Гр. 5 ..... - заменяющие-замыкающие размеры-звенья - {~} = 1.
Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 2.
Гр. 7 и 8 .. - составляющие известные размеры ..... - (+) = 3.
Гр. 9 ..... - исходные (чертежные) размеры ..... - (+) = 2.
```

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.

```
Гр. 0 и 1 .. - замыкающие звенья в обратной задаче - [#] = 1.
Гр. 2, 3 и 4 - замыкающие звенья в прямой задаче .. - [=] = 2.
Гр. 6 ..... - составляющие определяемые размеры .. - (-) = 2.
```

Цепи размерные.

Уравнения решены методом Максимума-Минимума:

1. [17=18]=-(18+38)+(17~38)
2. [18=58]=+(38-58)+(18+38)
3. {17~38}=(38_58)+(17-58)
4. [16#57]=+(58+57)+(38_58)+(17_38)+(16+17)

Таблица

Результаты расчета размерной схемы (см.)

Г	Номера	Номинал.	Верхнее	Нижнее	Средний	Запасы расчетн.
р	левой и	значение	отклон.	отклон.	номи-	предельных зна-
у	правой	-----	-----	-----	нальный	чений относит.
п	поверхно-	Если нет	Предельн.значен.:		размер	исходного звена
па	стей звена	номинала	Min	и Max	звена	по Min и по Max
--	----	-----	-----	-----	-----	-----
2=	18 58		59,340	59,790	59,565	0,080 0,210
2=	17 18		0,310	0,820	0,565	0,150
6+	17 58	60,500	0,000	-0,740	60,130	
6+	38 58	51,700	0,300	0,000	51,850	
0#	16 57		64,140	65,500	64,820	
5~	17 38	8,460	0,000	-0,360	8,280	

Рис. 37.92. Результаты расчета. Задача test_7_1

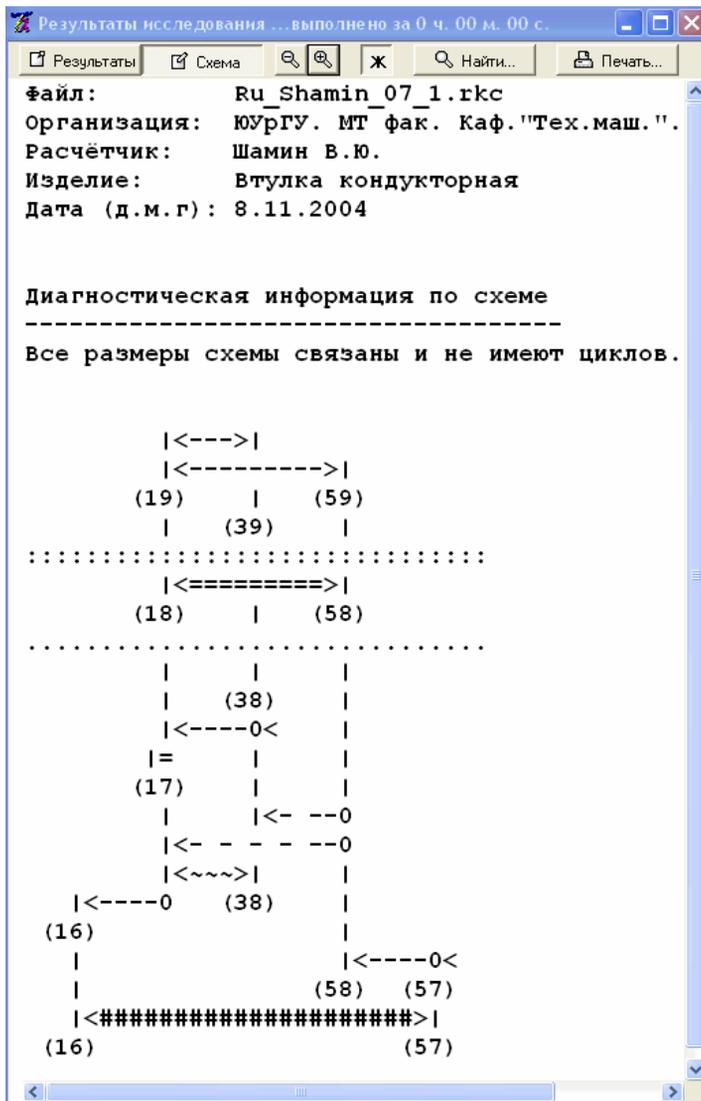


Рис. 37.93. Размерная схема. Задача test_7_1

При решении проектных задач расчетные значения номинала целесообразно округлять, сравнивая число десятичных разрядов после запятой с точностью размера.

Округление номинала приводит к смещению среднего и предельных значений замыкающего звена и может, несмотря на наличие запаса по допуску, привести к появлению дефицита по одному из предельных значений

В том случае, когда при решении проектной задачи запас по допуску равен нулю, округление расчетных номинальных значений не производится.

При наличии запаса по допуску округление происходит по следующим правилам:

если в качестве исходного значения замыкающего звена принято его наименьшее регламентированное значение (размеры-звенья группы 2), то округление номинальных размеров определяемых увеличивающих звеньев производится в сторону увеличения, а уменьшающих — в сторону уменьшения на величину, не превышающую запаса по допуску;

если в качестве исходного значения замыкающего звена принято его наибольшее регламентированное значение (размеры-звенья группы 4), то округление номиналов определяемых увеличивающих звеньев производится в сторону уменьшения, а уменьшающих — в сторону увеличения на величину, не превышающую запаса по допуску;

если в качестве исходного значения замыкающего звена принято его среднее регламентированное значение (размеры-звенья группы 3), то округление номиналов оп-

ределяемых размеров следует производить в сторону, дающую меньшее абсолютное значение приращению, не превышающее половину запаса по допуску.

В ППП «KursAR» используются следующие коды округления:

- 0 — до целого числа;
- 1 — до первого десятичного знака;
- 2 — до второго десятичного знака;
- 3 — до третьего десятичного знака.

37.13. Результаты расчета размерных цепей

Результаты расчета выводятся на экран видеотерминала или печатающее устройство в следующей последовательности:

- основные данные о пользователе и изделии;
- исходные данные в том виде, как вводил их пользователь;
- диагностическая информация по схеме после расчетов;
- уравнения размерных цепей с сортировкой по методам расчета;
- таблица результатов расчета размерной схемы.

Основные данные о себе и об изделии пользователь заносит в программу, отвечая на соответствующие вопросы диалога (машина — пользователь).

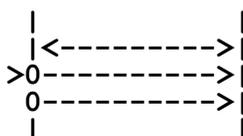
Диагностические сообщения содержат информацию о количестве замыкающих звеньев группы 2, 3, 4 и определяемых составляющих звеньях группы 6 при решении проектных задач, а также данные по замыкающим и составляющим звеньям, которые не вошли ни в один из контуров.

Результаты расчета полностью готовы к окончательному оформлению операционных эскизов и текстовых карт альбома технологического процесса.

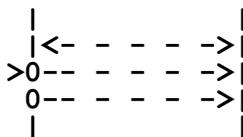
37.14. Синтаксис звеньев размерной схемы

При графическом построении размерных схем используются следующие обозначения групп звеньев.

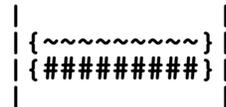
Графическое обозначение размеров



Исходные конструкторские размеры (группа 9), известные окончательные размеры (группа 8) и промежуточные технологические размеры (группа 7) с использованием технологической (>0-) и измерительной (0-) баз.



Определяемые размеры (группа 6) в прямой задаче с использованием символов технологической (>0-) и измерительной (0-) баз.



Заменяющие группу 6 — замыкающие размеры звенья группы 5 в прямой {~} и обратной {#} задаче.



Замыкающие звенья в прямой задаче (группы 2, 3 и 4).



Замыкающие звенья в обратной задаче (группы 0 и 1).

На рис. 37.94 и 37.95 (см. с. 509) показаны размерные схемы с графическими обозначениями различных групп размеров-звеньев.

Схемы построены по исходной размерной информации тестовых задач test_7_1 и test_8_1.

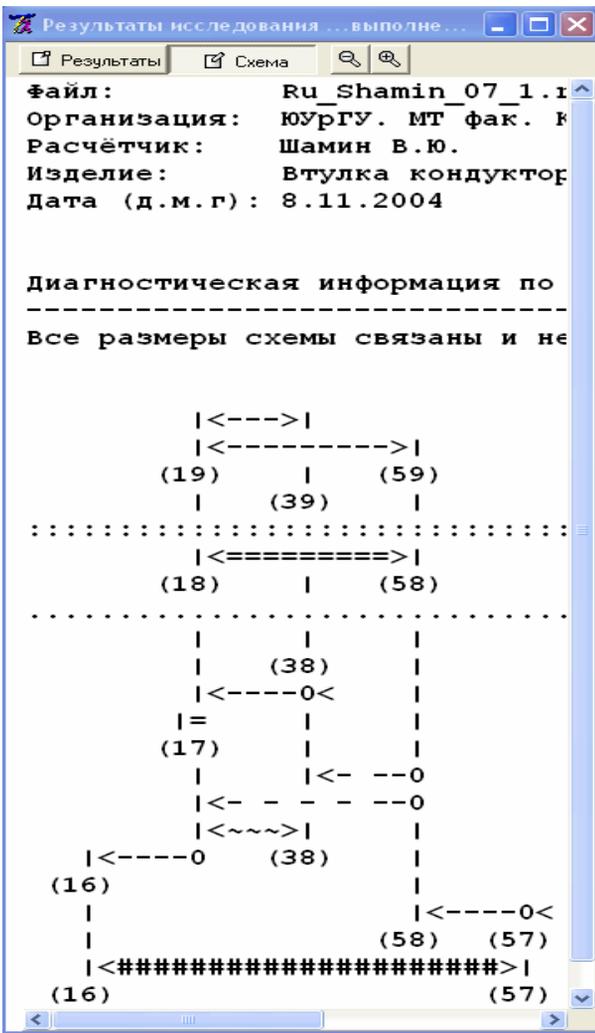


Рис. 37.94.
Размерная схема задачи test_7_1



Рис. 37.95.
Размерная схема задачи test_8_1

37.15. Рабочие символы кодирования для автоматизированного расчета и построения размерных схем

Е.В. Пугач, П.Г. Пугач, В.Ю. Шамин

Обычно, ручное построение размерной схемы действующего или вновь проектируемого технологического процесса осуществляется по рисункам операционных эскизов с учетом установов и технологических переходов. Для наглядности, навигация маршрута и последовательность выполнения операций и переходов отмечается на схеме графическими символами технологических и измерительных баз. Выделяются поверхности заготовки до, и после обработки. Здесь же прорисовываются припуски, слои покрытий, глубины насыщения поверхностей заготовки, допуски соосностей и другие конструктивные элементы изделия.

Ручное построение схемы позволяет использовать огромный символичный арсенал знаков для обозначения практически любых из перечисленных особенностей технологического процесса.

Подготовка и кодирование размерной информации для автоматизированного расчета и построения технологических размерных цепей ограничивается многими факторами. Это связано, прежде всего, с квалификацией пользователей, особенностями алгоритма, языка программирования, квалификацией постановщика задачи и программиста, техническими возможностями вычислительной техники, на которой будет эксплуатироваться загрузочный модуль программного продукта.

На сегодняшний день, самым большим тормозом активного использования программных продуктов по расчету и построению размерных схем является квалификация рядового пользователя-технолога, который, за редким исключением, слабо знаком с теорией и практикой анализа и синтеза технологических процессов на этапах размерно-точностного проектирования изделия. Профессиональное владение этой теорией позволяет технологам, используя графику размеров-звеньев, разрабатывать маршрут и строить размерную схему технологического процесса без предварительной подготовки рисунков операционных эскизов.

Но как для начинающих пользователей, так и для технологов профессионалов необходим элементарный набор символов и альтернативный алгоритм программных приемов, которые позволили бы осуществлять навигацию по размерной схеме технологического процесса.

В любой программе предусматриваются простейшие и обязательные символы, которыми пользуются при построении размерных схем отдельных проекций как действующего, так и проектного вариантов технологического процесса. Эти символы должны визуальнo помочь в построении и последующем прочтении информации маршрута технологического процесса.

Символьные знаки могут обозначать: варианты прямой или обратной задачи в уравнениях размерной цепи или в целом всей схемы; технологические и измерительные базы; поверхности заготовки до и после воздействия на них режущего инструмента, термических или гальванических процессов; величины и направления удаляемых слоев материала (припусков-глубин резания) в роли составляющих или замыкающих звеньев; принадлежность размерного звена схемы к известному (исходному) чертежному размеру, к известному окончательному или промежуточному размеру, к определяемому составляющему звену (без номинального значения), к заменяющему-замыкающему звену или к непосредственно невыполняемому в технологическом процессе чертежному размеру, который выступает в роли замыкающего звена.

Эти и другие символьные значения являются информационным языком размерного анализа и синтеза при отработке технологичности изделия.

Если алгоритм размерного расчета хорошо отработан во многих известных программных продуктах, то факт автоматизированного построения технологических размерных схем недостаточно освещен в технической литературе. На сегодня можно с уверенностью сказать, что нет никакой информации о построении размерных схем, в которых содержалось бы до 500 и более размеров-звеньев. Такие схемы строятся для корпусных деталей, коленчатых валов мощных двигателей, валов с колесом турбины и т.д.

Кодирование и ввод размерной информации для автоматизированного расчета и построения больших размерных схем довольно трудоемкий процесс. И не всегда имеется реальная возможность ввести последовательно все размеры-звенья от исходных чертежных размеров до размеров исходной заготовки. Но даже в тех случаях, когда эту последовательность ввода можно выдержать, пользователь игнорирует предписанные правила и в вольном режиме начинает импровизировать, выбирая удобные последовательности вводимых размеров-звеньев.

После беспорядочного ввода размерной информации в программном продукте должен вступить в работу специальный альтернативный алгоритм, который бы позволил сделать необходимые перестановки размеров-припусков и размеров-звеньев в массиве исходной размерной информации. Только в этом случае возможно построения размерной схемы.

Загрузочный модуль по расчету и построению размерных цепей — «Visual KursAR» дополнен подпрограммой, которая позволяет вводить в размерную информацию символьные обозначения технологических и измерительных баз, а при автоматизированном построении размерной схемы прорисовывать эти базы на полотне рисунка схемы.

В таблице 37.1 (см. с. 500) проставлены символы, которые активно участвуют в построении размерных схем как действующих, так и вновь проектируемых технологических процессов.

Автоматизированные расчеты технологических размерных цепей в ЮУрГУ ведутся с 1970 г. За это время разработано несколько программных версий, в которых кодирование исходной размерной информации и построение полотна размерной схемы осуществляется двумя путями.

Отцами-основателями размерных расчетов в нашем городе являются работники Челябинского тракторного завода (ЧТЗ). Исторически сложилось, что построение размерных схем технологических процессов начиналось с исходных чертежных размеров, которые помещались в верхней части схемы. Все окончательные и промежуточные размеры-звенья в обратной последовательности маршрута технологического процесса помещались ниже, под авторским правом конструктора.

Основателем автоматизированных расчетов в нашем институте (ЮУрГУ) является профессор Матвеев В.В., который прошел уникальную производственную практику на ЧТЗ. Ученик ремесленного училища вырос до руководителя большого производственного подразделения. Свой опыт и знания производственных процессов действующего производства В.В. Матвеев с высочайшим профессионализмом передавал коллегам и студентам нашего университета.

```

|<--->|<##>|<--->|
| Visual KursAR | Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей
| Version 7.12 | (с) Без права эксплуатации в других организациях!
|<- ->|<==>|<- ->|

```

Файл: Ru_Shamin_09_2.rkc
 Организация: ЮУрГУ. МТ фак. Каф. "Тех.маш.". Ауд.209.
 Расчётчик: Шамин В.Ю.
 Изделие: Втулка опорная
 Дата (д.м.г): 20.11.2004

Исходная размерная информация

```

-----
1: 9 99 099 28 0 -0,15          2: 9 109 0109 20 0 -0,05
3: 9 119 0119 19 0 -0,26          4: 9 139 0139 15 0,05 0
5: 9 129 139 0,3 0,8            6: 9 0109 0139 0 0,025 -0,025
7: 9 099 0139 0 0,1 -0,1         8: 9 0119 0139 0 0,1 -0,1
9: 3 0118 0138 0 0,1 -0,1        10: 3 098 0138 0 0,1 -0,1
11: 2 128 138 0,3                12: 0 98 108
13: 8 108 0108M 20 0 -0,05        14: 8 0108 0138T 0 0,01 -0,01
15: 2 107 108 0,08                16: 3 0108 0107 0
17: 8 138 0138M 15 0,05 0         18: 2 138 137 0,08
19: 3 0138 0137 0                20: 7 0107T 0138 0 0,02 -0,02
21: 6 128 137M 0,4 0 1           22: 7 098 0107T 0 0,005 -0,005
23: 8 98 098M 28 0 -0,15         24: 2 97 98 0,2
25: 3 098 097 0                  26: 0 97 137
27: 0 107 137                    28: 5 0118 0137 0,05 -0,05 3
29: 5 097 0137 0,05 -0,05 3      30: 5 097 0118 0,05 -0,05 3
31: 6R 107 0107M 0 -0,125 2       32: 8 118 0118M 19 0 -0,36
33: 6R 137 0137M 0,105 0 2        34: 7 0107 0118M 0 0,005 -0,005
35: 7 0107M 0137 0 0,005 -0,005  36: 7 097T 0107 0 0,05 -0,05
37: 6R 97 097T 0,2 -0,5 1

```

Рис. 37.96. Исходная размерная информация технологического процесса механической обработки втулки опорной. Проекция 2. Диаметральные размеры

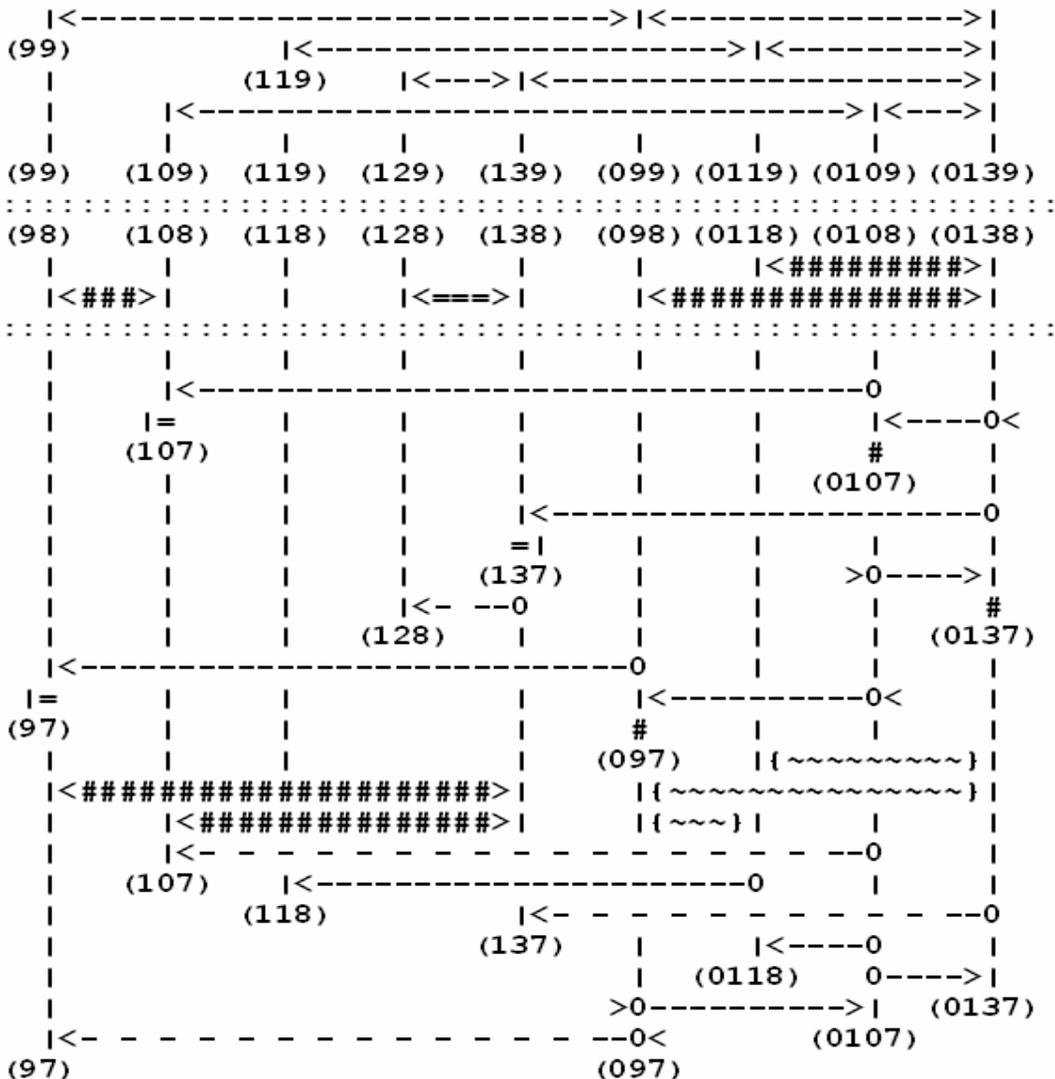
Под его руководством на кафедре «Технология машиностроения» появилось новое научное направление — «Автоматизированный расчет и построение конструкторских и технологических размерных цепей». Интерес к этой научно-производственной области знаний не ослабевает вот уже более трех десятков лет. В разработке расчетных модулей участвуют не только талантливые молодые преподаватели и аспиранты, но и студенты различных специальностей университета. Чаще всего, они, совместно с постановщиками задач, вооруженные современной теорией программирования, прodelывают основную работу по созданию уникальных исходных текстов программного продукта.

На рисунке 37.96 (см. с. 511) показано кодирование исходной размерной информации. Это одна из проекций проектного варианта технологического процесса механической обработки детали типа «втулка». На рисунке 37.97 построена размерная схема. В верхней ее части находятся исходные (конструкторские) чертежные размеры. Ниже — построены все операционные окончательные и промежуточные размеры, начиная с последней операции маршрута.

Это первый вариант построения размерной схемы.

Диагностическая информация по схеме

Все размеры схемы связаны и не имеют циклов.



**Рис. 37.97. Размерная схема технологического процесса.
 Проекция 2. Диаметральные размеры**

37.16. Особенности автоматизированного построения конструкторских и технологических размерных схем на плоскости

Е.В. Пугач, П.Г. Пугач, В.Ю. Шамин

Размерная сеть схемы из окончательных и промежуточных операционных размеров, наброшенная на технологический процесс изготовления детали, используется не только для оформления операционных эскизов и карт наладок. Она позволяет с высокой точностью рассчитать ускоренные и рабочие координатные перемещения инструмента до любой математической точки в расчетно-технологическую карту автоматизированной операции.

Преобразование исходной размерной информации в размерную схему можно представить в виде задачи составления мозаики, где кусочками общей «картины» являются полотно из размеров-звеньев. В действительности, в обычной мозаике каждому кусочку отведено только одно свое законное место, и найти это место не составляет большого труда. Место отдельного кусочка мозаики определяется взаимным расположением соседних кусочков. Но в этой простоте есть свои особенности.

Можно начинать сборку полотна мозаики между первыми и последними кусочками. Первые кусочки не отягощены никакими связями и устанавливаются на любом свободном месте. Для постановки последних кусочков остается только один, и, возможно, единственный вариант.

Но это условие справедливо только для «правильной» мозаики, когда все частички общей картины разные и нет двух одинаковых. В такой ситуации и вариант расстановки только один.

А если в картине есть повторяющиеся участки и есть кусочки одинаковой формы и размеров?

Представим репродукцию «Черного квадрата» Малевича.

Если разрезать ее на четыре одинаковых квадрата, то и собрать их вместе можно будет по-разному, получив одинаковый результат. Прежде всего, нас интересует результат. И в данном случае, если мы не определили особенности каждого из элементов мозаики, значит, нас не должно интересовать взаимное расположение одинаковых частей — результат будет одинаков.

При разработке алгоритма построения полотна со схемой мозаики для конкретной задачи необходимо определить все связи и взаимозависимости, не оставляя компьютеру место для вариаций и «творчества». Для определения этих связей и порядка расположения элементов необходимо намеренно нагружать задачу зависимостями, оговаривая критерии и задавая их конечный вид.

Конкретизируем эту задачу.

Построить размерную схему, для ее визуального анализа.

Для этого рассмотрим соглашения по кодированию исходной размерной информации в программе «Visual KursAR».

Кодированием правой и левой поверхности звена фактически определяются поверхности конструктивных элементов изделия, исходной заготовки, или заготовки на промежуточных операциях или технологических переходах. И здесь же фиксируется взаимное расположение этих поверхностей, которое определяется условными цифрами (номера) поверхности. В размерной схеме эти номера-поверхности выступают в роли базовых точек расчета технологического процесса. На схемах это, обычно, вертикали, которые идут вдоль условной линии обрабатываемых поверхностей по операциям и переходам. Назовем эти линии размерными вертикалями, предполагая вертикальное представление развития процесса в хронологическом измерении.

Значит, для отдельного звена можно зафиксировать его координатное расположение, учитывая положение номеров левой и правой поверхностей. Набор звеньев образует сеть схемы из связанных размеров-звеньев. Звенья, «соприкасаясь», определяют взаимное расположение. В этот момент каждое из звеньев определяет место очередной размерной вертикали.

Рассматривая, таким образом, нашу абстракцию по составлению мозаики, можно последовательно приступать к сборке общей картинке схемы. Первое звено без труда заносится на полотно схемы и фиксируется его координатное расположение между двух размерных вертикалей. Следующее звено должно быть таким, чтобы его поверхность соприкасалась с предыдущим звеном.

Вот в таком варианте мы точно знаем, куда приложить одну из поверхностей размера, и где будет расположена другая поверхность, которая должна отстоять на величину размера звена в заранее известном направлении. Очевидно, что задача построения размерной схемы решается преимущественно после размерного расчета. Чем больше размеров мы нашли и уточнили в решении, тем «точнее» будет наша схема. В первую очередь рассматривается технологический базис — чертежные конструкторские размеры. Во вторую — окончательные технологические звенья с известными размерами.

В этот момент необходимо предусмотреть некоторые особенности построения. Если от одной зафиксированной размерной вертикали нужно проставить два звена одного размера, и в одном и том же направлении, то на размерной схеме должно быть отмечено две вертикали с различными номерами.

Как эти вертикали координировать между собой?

Взаимное расположение звеньев в такой ситуации будет определяться порядковым номером звена, определенным при кодировании. Действительно, ведь никакой дополнительной информации у нас нет.

Пусть каждая последующая поверхность рассматриваемого звена с нулевым размером будет становиться рядом с поверхностью отсчета (левая поверхность рядом с правой поверхностью звена и наоборот). Таким образом, предыдущие, рядом стоящие, вертикали будут раздвигаться, уступая место новым вертикалям.

Теперь можно утверждать, что в одном измерении алгоритм расставит размерные вертикали и размеры-звенья, которые зафиксируют эти звенья в сторону измерения размеров.

Гораздо более интересной является задача расстановки звеньев в хронологическом порядке изменения технологического процесса по операциям и переходам. Здесь нашим помощником выступает кодирование последовательности выполнения операций или технологических переходов. Об этом свидетельствует последняя цифра номера поверхности. Назовем эту цифру счетчиком, который обозначает единицу технологической операции. Проходят изменения на поверхности изделия или заготовки — меняется номер цифры на счетчике.

Указанным образом кодируются и размеры-звенья по переходам, переводя рабочую поверхность на новую вертикаль с учетом смены номера на счетчике. Таким образом, технологический процесс обработки изделия хронологически представляется как вертикальное движение по схеме технологичных поверхностей изделия или заготовки, которые претерпевают различные операции. Кодировав подобным образом номера поверхностей, мы задаем вертикальное взаиморасположение звеньев, где для одной размерной вертикали, поверхность с большим номером на счетчике помещается выше поверхности с меньшим номером.

Казалось бы, что же тут сложного?

Дело в том, что операции по разным размерным вертикалям одного звена не синхронизированы. Подбирая место для левой поверхности очередного звена в нашей

размерной схеме-мозаике, мы легко можем нарушить порядок следования операций для правой части. Чтобы избежать таких случаев, необходимо на следующем шаге алгоритма расстановки размеров выбрать такое звено, которое потенциально меньше всего сможет нарушить целостность схемы. Конечно же, идеальным помощником нашего алгоритма выступает оператор, который занимается кодированием, а алгоритм, при выборе очередного кусочка мозаики, старается максимально учесть введенный порядок звеньев, доверяя опыту технолога, который кодирует технологический процесс.

В конечном итоге, программа лишь отображает закодированную оператором последовательность, следуя принятым соглашениям.

37.17. Модернизация программных продуктов

А. М. Хасанов, В. Ю. Шамин

Современные программные средства позволяют автоматизировать расчеты на всех этапах проектирования изделия машиностроения. Анализ заказов на программные продукты САПР ТП выявил интересную закономерность.

Разработка алгоритма и написание исходных текстов программы составляет 10–15% времени. Все последующее время уходит на многократное тестирование пакетов прикладных программ в рабочем режиме.

Программы САПР ТП отлаживаются и тестируются постановщиками задач (не программистами) в условиях, когда отсутствует первоначальный соавтор–исполнитель (программист).

Иногда этот процесс растягивается на десятилетия.

Отлаженные программные продукты 70–80 годов прекрасно работают на старом периферийном оборудовании (принтеры, плоттеры), но не имеют развитого интерфейса и не могут использовать возможности современных печатающих устройств (в частности среду Windows 95/98/NT). Поэтому, вполне логично, что пользователи заказывают «новые» программные продукты, ставя условие обязательного повторения отработанного годами алгоритма старой программы. Это гарантирует им большую надежность, снижение времени на тестирование и отладку модернизированных программ.

Учебно-методический комплекс (УМК) по автоматизированному расчету и построению конструкторских и технологических размерных цепей (УМК «КурсАР») ранее был написан на языке «Фортран» и надежно работал на старом периферийном оборудовании с 70-х годов.

В процессе модернизации комплекс был дополнен модулем, который написан на языке Delphi 5.0. Модуль позволяет печатать результаты расчетов и размерные схемы под управлением операционной среды Windows 95/98/NT.

В программе предусмотрена печать для любых типов принтеров и печатающих устройств, если эти устройства имеют Windows-драйвер. В модуле предусмотрены дополнительные возможности печати результатов. К ним относятся выбор шрифта, его метрик и стилей, альбомное или книжное расположение листа, величина сжатия/расширения строкового коэффициента и многое другое.

Возвращаясь к отладке, можно сказать, что время на тестирование подсистемы составило в 10 раз больше времени его разработки. Кроме того, возникли проблемы при испытании подсистемы на разном периферийном оборудовании, которые заключались в некорректной печати результатов и которые последовательно были устранены. Но время этого тестирования несоизмеримо меньше возможных затрат при тестировании и отладке нового продукта.

37.18. Визуализация — путь к творчеству

Е. В. Дощечкина, П. Г. Пугач, С. А. Богатенков, В. Ю. Шамин

Совместная работа заказчика и программиста начинается с постановки интересных и полезных задач. В этот момент обсуждаются примерные пути их реализации. В зависимости от квалификации, специализации и профессионального опыта каждого из участников проектной работы возникают рабочие гипотезы и предложения по решению поставленных задач.

Часто творческие порывы теоретика-программиста гасятся «железной» логикой консерватора-заказчика и пользователя.

В эвристический, творческий процесс решения поставленных задач вклинивается рутинная работа, когда каждый исполнитель-программист вынужден писать программный интерфейс — некую среду, через которую программа будет «общаться» с пользователем. При этом ему необходимо предусмотреть все те каверзные ситуации и ограничения, в которых заказчик и пользователи будут безжалостно тестировать программой.

Программист должен «нарисовать» диалоговые окна общения с программой, смотря на нее глазами пользователя. Эта работа повторяется от программы к программе, отнимает много времени и убивает самые благородные порывы у «ленивых» (рациональных) программистов.

Но бывают уникальные заказы, в которых программист должен проделать «пластическую» операцию, одев проверенную годами программу в современные «одежды».

Подобная работа успешно ведется совместно кафедрами ПРИМА и ТБиКУМП в ЮУрГУ с Учебно-методическим (УМК) «КурсАР» (Курс Автоматизированного Расчета и построения размерных цепей).

Начиная с 1970 года, в разработке и тестировании этого качественного программного продукта участвовали выпускники различных факультетов и кафедр ЧПИ (ЧГТУ, ЮУрГУ). Коллективное авторство наложило отпечаток на структуру исходных текстов, которые насыщены бесконечными операторами перехода.

Практически все подпрограммы отличаются авторским творчеством исполнителя, усложняя логическую структуру алгоритма. При этом следует помнить, что сопровождение и «доделка» такой программы (естественный и неизбежный процесс) осуществляется заказчиком (непрограммистом).

Несмотря на то, что исполнители (не всегда программисты), написавшие исходные тексты программы в 70–90 годы, покидают родные стены института (университета), программа за десятилетия не утратила своей актуальности.

Комплекс активно работает в учебном процессе университета и на промышленных предприятиях машиностроения.

Интерфейс программы — уникальное достижение на момент ее создания, по сегодняшним меркам примитивен, неудобен, не предусматривает работу с графическим манипулятором — мышью.

Но главное, ни малейшей аналогии со столь популярными ныне приложениями Windows, что ставит новичков — пользователей просто в недоумение.

Авторами статьи, сделана попытка, реализовать возможности данной программы, используя систему C++ Builder [1].

С помощью данной системы быстрой разработки Windows-приложений за короткое время создан и одобрен заказчиком (кафедрой ТБиКУМП) стандартный интерфейс, в котором предусмотрены:

- удобный ввод и коррекция исходной информации;
- общение с файлами;
- изменение параметров расчета в любой момент общения с программой;
- получение контекстной помощи и формирование выходных документов.

Решение сложных задач САПР ТП в системе MS-DOS ограничено объемом оперативной памяти. Windows-программы в системе C++ Builder, используя механизм виртуальной памяти, имеют практически неограниченные ресурсы для вывода результатов расчета и объемных графических схем на современные терминальные устройства.

Каждый элемент оконного интерфейса в системе быстрой визуальной разработки приложений имеет связанный с ним набор событий. Это реакция на нажатие кнопок, активация и деактивация, открытие, закрытие, создание, перемещение элемента и т.д.

С любым событием связана обрабатываемая его процедура (функция).

Программа разбивается на локализованные участки, не обремененные глобальными связями. Такая программа имеет четкую логическую структуру, где каждый элемент отвечает за определенное действие. При модернизации таких программ нет необходимости следить за взаимным влиянием отдельных блоков программы. Можно просто творить, не задумываясь об уже написанном.

В новой программе расширены возможности, не предусмотренные в старой версии.

По желанию заказчика реализованы поиск по введенной размерной информации звена или любой поверхности, расширенная диагностика.

Работа с архивами не ограничена расположением исполняемого модуля.

Литература

1. Шамис В. А. C++ Builder. Техника визуального программирования. — М.: Нолидж, 1998. — 458 с.

37.19. Особенности совместной работы заказчика и программистов

Е. В. Дощечкина, П. Г. Пугач, С. А. Богатенков, В. Ю. Шамин

Совместная работа заказчика (машиностроителя) и исполнителей (программистов) наполнена решением множества мелких задач, которые невозможно предусмотреть при постановке основной задачи и отработке алгоритма. В процессе создания одной из расчетных программ САПР ТП возникали и возникают (т.к. тестирование и отладка не прекращаются) определенные трудности.

Работая с подзадачей по поиску пути в дереве, оказалось, что поиск необходимо вести в графе с одной и более компонентами связности.

Было решено реализовывать поиск самостоятельно, не копируя уже существующий алгоритм.

Каково же было удивление разработчиков-программистов, когда «оптимально» подобранный алгоритм оказался копией ранее предложенного машиностроителями отестированного и принятого к работе «рационального» алгоритма. Однако новая редакция оказалась гораздо более читабельной и простой.

Разработка средств визуального проектирования имеет весьма короткую историю.

Программный код обработчиков всевозможных системных событий недостаточно отлажен. Этим объясняется регулярный выпуск новых версий систем разработки приложений. Некоторые процедуры обработчиков имеют «паразитные» связи. Данное обстоятельство можно объяснить только несовершенством систем.

Любой программист пытается избегать взаимного влияния функций, иначе структура программы становится невероятно запутанной. При разработке интерфейса новой программы для ввода числовой информации было решено использовать прием маскируемого ввода. За обработку данного свойства отвечает специальная функция. Эта функция влечет за собой вызов другой процедуры обработки события.

Например, нажатия кнопки для вызова периферийного устройства (клавиатура, мышь).

Выполнение же данной процедуры приводит к вызову функции запроса маски. В результате возникает нелепая бесконечная рекурсия. Ввиду вышеизложенного от использования маскируемого ввода пришлось отказаться и написать собственные функции для реализации указанных особенностей ввода.

К числу возникающих трудностей можно отнести и то, что постановка задачи многократно уточняется непосредственно в процессе программирования, таким образом, приходится постоянно корректировать уже написанное и опробованные модули. Иногда это элементарные доделки, но чаще всего коррекция требует принятие принципиально новых решений.

Хочется отметить, что задача значительно усложняется незнанием предметной области. То, чему машиностроители учатся много лет, программисты должны постигать в сжатые сроки.

Авторы статьи уверены в том, что студентам машиностроительных специальностей необходимы знания не только основ программирования, но и изучение специальных предметов по разработке программных продуктов.

В этом случае авторские коллективы из заказчиков и программистов эффективнее решали бы поставленные задачи.

37.20. Исходная размерная информация для разработки программного продукта для станков с ЧПУ

В.Ю. Шамин, В.Г. Шаламов, П.Г. Пугач

Обзор специальной литературы показывает, что инженеры-практики и исследователи процессов обработки деталей машиностроения на автоматизированном оборудовании занимаются многократным уточнением расчетов режимов резания без учета колебания основного производственного фактора — глубины резания.

Глубина резания присутствует в расчетах, но нет четкого представления о закономерности ее формирования и реальных величинах предельных значений.

Чаще всего при выборе глубин резания используются табличные зависимости, нормативная база которых пытается учесть различные условия и стадии обработки.

Подобный выбор глубины резания позволяет разработать универсальные алгоритмы, которые упрощают автоматизацию процесса технологической подготовки обработки заготовок.

Окончательные и промежуточные операционные размеры рассчитываются простым наращиванием припусков (глубин резания) по рабочим ходам и технологическим переходам от исходного чертежа детали до исходной заготовки. В расчетах участвует номинальное значение припуска без учета взаимовлияния составляющих операционных размеров на величину допуска на припуск. Это влияние особенно заметно на первых переходах механической обработки поверхностей исходной заготовки. Даже при одинаковых величинах минимального припуска по всем поверхностям колебание глубины резания может отличаться на порядок.

Упругие перемещения в технологической системе существенным образом влияют на производительность и точность обработки. Это влияние особенно заметно на операциях предварительной обработки крупногабаритных деталей, когда расстояние между вершинами режущих кромок инструмента и технологической базой обрабатываемой заготовки во многом определяется колебанием глубины резания (допуском на припуск).

В итоге вершина инструмента описывает траекторию, которая существенно отличается от заданного пути движения.

Табличный метод выбора глубины резания ускоряет разработку программного продукта для станков с ЧПУ и часто удовлетворяет основным требованиям машиностроения — качество, количество и себестоимость.

И все-таки.

Внедрение программного продукта сопровождается многократной коррекцией окончательных и промежуточных размеров, траекторий ускоренных и рабочих движений, режимов резания и норм времени.

Для обработки на станках с ЧПУ (при любом характере производства) необходим детально разработанный технологический процесс с установленными режимами резания.

Чтобы предусмотреть колебание глубин резания по маршруту процесса обработки даже самых простых деталей машин, необходимо построить и рассчитать размерную схему технологического процесса по всем проекциям исходного чертежа детали.

Только после этого будут установлены допуски и отклонения окончательных и промежуточных размеров, колебания глубин резания и траектории ускоренного и рабочих движений режущего инструмента и суппортов станочного оборудования на всех стадиях изготовления детали.

Расчетная информация, снятая с графа размерной схемы, позволяет судить о технологической рациональности выбранного варианты процесса и является основой для планирования дальнейшей отработки технологичности изделия.

Если исходная чертежная документация конструктора согласована с технологическими службами предприятия-изготовителя, то разработке маршрута механической обработки деталей машины должно предшествовать построение размерной схемы процесса.

При этом необходимо учесть:

возможность использования имеющегося или предполагаемого станочного оборудования и его статистическую точность;

наличие технологической оснастки;

режущего и измерительного инструмента.

Последовательно наращивая окончательные и промежуточные звенья размерной схемы процесса механической обработки, необходимо предусматривать возможность концентрации и дифференциации технологических переходов, учитывать в схемах базирования принципы единства и совмещения баз.

На этом этапе необходима полная информация по исходной заготовке:

метод (способ) получения;

точность;

конструктивные особенности для выбора первичных баз;

четкое представление о напусках и припусках по всем поверхностям;

данные о составляющих минимального припуска и др.

Расчету размерной схемы предшествует выбор или назначение экономической или статистической точности всех окончательных и промежуточных размеров. Превращение этой точности в отклонения.

Определяются составляющие минимально необходимых припусков по всем обрабатываемым поверхностям на все рабочие ходы и технологические переходы.

Выявляются и тестируются поля рассеяния чертежных размеров, которые непосредственно не выполняются по маршруту технологического процесса.

При наличии программного продукта для автоматизированного расчета и построения размерных цепей на ЭВМ кодируется исходная размерная информация.

Результаты автоматизированного многовариантного расчета позволяют отработать возможность непосредственного выполнения или получения чертежных размеров детали, а информация по предельным значениям припусков дает полное представление о возможных колебаниях глубинам резания по всему маршруту процесса обработки.

Результаты решения являются основной исходной информацией САПР для формирования из технологических переходов и рабочих ходов законченных технологических операций с установками, установками, позициями заготовки и инструмента.

Размерная сеть из окончательных и промежуточных операционных размеров, брошенная на технологический процесс изготовления детали, используется не только для оформления операционных эскизов и карт наладок. Она позволяет с высокой точностью рассчитать ускоренные и рабочие координатные перемещения инструмента до любой математической точки в расчетно-технологическую карту автоматизированной операции.

Детальная проработка технологического процесса для оборудования с ЧПУ требует не только проектирования отдельных рабочих ходов, но и расчленение каждого из них на шаги, представляющие собой перемещение инструмента вдоль определенного геометрического элемента.

Алгоритм диагностических сообщений, графическая и расчетная информация автоматизированных расчетов позволяют в короткий промежуток времени проанализировать многовариантные задачи с последующим выбором рационального плана процесса обработки.

Размерная информация по траекториям движения инструмента и глубинам резания является базой данных для последующих программных продуктов САПР при расчетах: составляющих силы резания по переходам и рабочим ходам; режимов резания; норм времени; необходимой мощности приводов станочного оборудования; усилий зажима станочных приспособлений.

Эта же информация необходима для выбора и расчета конструктивных элементов режущего и измерительного инструмента, выбора модели станочного оборудования, производственных площадей и т. д.

37.21. Особенности построения и расчета размерных схем при обработке венца зубчатых колес

Е.Г. Медведев, Л.Ю. Галанин, В.Ю. Шамин

Построение и расчет размерной схемы технологического процесса гарантирует отсутствие размерного брака, снятие необходимых припусков и определение предельных значений глубин резания. Получение достоверных результатов по глубине резания, окончательным и промежуточным операционным размерам на эвольвенте поверхности зуба во многом зависит от выбора выполняемых и контролируемых размеров-звеньев в наладке зубообрабатывающей операции.

В настоящее время используется две модели расчета величины срезаемого слоя (припуска) — в радиальном направлении и в направлении хорды. Каждая из моделей обладает своими достоинствами и недостатками.

При расчетах припуска в радиальном направлении контролируемым параметром является окружность по вершине зубьев. От оси этой же окружности рассчитывается припуск в направлении хорды. Требование к диаметру окружности вершин зубьев, как правило, на 1...3 квалитета уступает требованиям, предъявляемым к другим параметрам зубчатого колеса.

Чаще всего значение толщины срезаемого слоя принимается на основе среднестатистических данных. Избыточный припуск приводит к снижению точности обработки из-за недостаточной жесткости технологической системы.

На обработанной поверхности со снятием недостаточного припуска остаются погрешности и следы от предшествующей операции или технологического перехода.

Модель расчета припуска в направлении нормали к обрабатываемой эвольвентной поверхности учитывает минимальное расстояние между двумя кривыми. В данном случае величина общей нормали является контролируемым параметром с легко определяемым значением. Эта модель проста в построении и расчете промежуточных операционных размеров и глубины резания.

При построении размерной схемы на зубообрабатывающих операциях необходимо выполнять следующее условие. Обрабатываемая поверхность должна быть эквидистантна к обработанной поверхности.

Эквидистанта к эвольвентному профилю боковой поверхности зуба будет также эвольвентой к той же основной окружности.

Погрешности формы заготовки наследственно передаются детали в процессе обработки. Величина погрешности учитывается в припуске наряду с толщиной дефектного слоя и шероховатостью, которая осталась с предыдущей операции или перехода.

В этом случае величина пространственного отклонения, измеренного по нормали к боковой поверхности зуба, будет равна расстоянию между эвольвентами к эллипсу (частный случай) и окружности, вписанной в эллипс.

Если длина общей нормали включается в схему диаметральных размеров зубчатого колеса, то стандартные расчеты размерной цепи позволяют определить предельные величины глубины резания и предшествующий операционный размер длины общей нормали.

В размерной схеме припуск на поверхности зуба — замыкающее звено с известным минимальным значением.

Приложение 38

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ).

Факультет: Механико-технологический (МТ).

Кафедра: Технология машиностроения (ТМ).

Специальность: 120100 — Технология машиностроения.

На кафедре подготовлена рабочая программа по дисциплине:

ДС.01 — Размерно-точностное проектирование и обеспечение технологичности изделия.

Направления подготовки:

651400 по программе “Машиностроительные технологии и оборудование”;

657800 по программе “Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств”.

По рабочей программе общая трудоемкость дисциплины (125 ч.) состоит из лекций (34 ч.), практических занятий (34 ч.), самостоятельной работы студентов (57 ч.) и курсовой работы. Впервые новая дисциплина (как самостоятельный курс) была прочитана студентам седьмого семестра обучения в 2002...2003 учебном году.

38.1. Учебное пособие

До настоящего времени в курсе лекций “Основы технологии машиностроения” в разделе “Отработка технологичности изделия на этапе размерно-точностного проектирования” рассматривался материал по построению и расчету конструкторских и технологических размерных цепей. Со временем этот раздел основного курса лекций был описан в учебном пособии.

Первоначальная версия учебного пособия “Курс” была создана в Челябинском политехническом институте (ЧПИ) в режиме диалога с ЭВМ в 70-х годах прошлого столетия. Идея создания автоматизированного учебного пособия была предложена работниками промышленных предприятий и НИИ, которые изучали последние достижения в области САПР-ТП на факультете повышения квалификации в ЧПИ (ЮУрГУ). Имея магнитную запись или распечатку текста данного пособия, они сами принимали участие в учебном процессе заводских школ повышения квалификации, так как практические задачи размерных расчетов входят в список подготовительных вопросов для присвоения высоких разрядов рабочим ряда машиностроительных специальностей.

Сегодня Учебно-методический комплекс (УМК) включает в себя электронную и печатную версии учебного пособия “Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей”, а также компьютерную программу автоматизированного расчета (АР) и графического построения размерных схем (УМК “КурсАР” — Курс Автоматизированного Расчета). Эта форма записи страничного текста позволила использовать огромный справочный материал конструктора и технолога через многоцелевые комплексы с разнесенными видеотерминалами и персональные компьютеры. Магнитная запись комплекса широко используется копировально-множительными подразделениями институтов и промышленных предприятий для конструкторских и технологических отделов и бюро, отделов технического обучения, подшефных техникумов и технических училищ.

В учебном пособии “Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей” представлен текст курса лекций, который читается сотрудниками кафедры “ТБиКУМП” в различных учебных заведениях Российской Федерации и стран СНГ, в НИИ и на промышленных предприятиях преподавателям, аспирантам, студентам и слушателям курсов повышения квалификации для всех форм обучения.

В пособии описаны основные этапы отработки отдельных деталей и сборочных соединений на технологичность. В краткой форме представлен материал по стандартам единой системы допусков и посадок. Рассмотрены основные положения, обозначения и определения в поддетальных, сборочных и технологических размерных цепей. Приводятся практические примеры построения и расчета размерных схем с контрольными упражнениями, в которых нестандартные ответы и результаты расчетов помогают студентам освоить пути отработки технологичности изделий. Анализируются основные причины неудачных конструкторских и технологических решений. Даются рекомендации по их устранению с учетом возможностей производства. Изложена методика подготовки и кодирования исходной информации для анализа действующих конструкторских и технологических решений (обратные задачи) или синтеза проектных задач (прямые задачи) с использованием системы автоматизированного расчета размерных цепей “КурсАР”.

Основные понятия и определения в технологии машиностроения и теория базирования даны с позиции быстрого усвоения терминологии в построении и расчетах операционных размерных цепей. Особое внимание обращено на методическую проработку тем, наглядность их изложения с помощью графического материала и практических примеров. В учебном процессе университета активно используется электронный вариант учебного пособия.

Пособие предназначено для преподавателей, аспирантов, студентов и инженерно-технических работников машиностроительных специальностей.

Комплекс УМК “КурсАР” оказался готовым учебным комплексом для дисциплины ДС.01 — “Размерно-точностное проектирование и обеспечение технологичности изделия” и с успехом может быть использован и в новой современной форме дистанционного обучения.

38.2. Программный продукт

К достоинствам учебно-методического комплекса УМК “КурсАР” можно отнести тот факт, что в теоретических разделах учебного пособия аналитические выражения и практика построения и расчета размерных схем описаны в символьно-цифровой форме. Эта форма записи является продолжением языка кодирования исходной размерной информации, результатов расчета и построения размерных схем на этапе многовариантного компьютерного анализа и синтеза отработки технологичности изделия.

Алгоритм автоматизированного расчета и построения размерных схем совершенствуется с 1970 г. Ежегодное многотысячное тестирование производственными задачами последнего варианта программного продукта “Visual KursAR” подтвердило его высокую надежность и стабильность результатов расчета.

Данная программа написана с использованием системы C++ Builder, в которой разработан дружественный интерфейс с многоязыковой поддержкой на уровне приложения. В интерфейсе предусмотрены следующие возможности: удобный ввод и коррекция исходной информации, работа с архивом размерных звеньев, изменение параметров расчета или построения в любой момент общения с программой, получение контекстной помощи и формирование выходных документов.

Как и любая программа Win32 системы, “Visual KursAR”, используя механизм виртуальной памяти, имеет практически неограниченные ресурсы для вывода результатов расчета и объемных графических схем на современные терминальные устройства.

Каждый элемент оконного интерфейса в системе быстрой визуальной разработки приложений имеет связанный с ним набор событий. Это реакция на нажатие кнопок, активация и деактивация, открытие, закрытие, создание, перемещение элемента и т. д.

С любым событием связана обрабатываемая его процедура (функция). Исходные тексты программы разбиты на локализованные участки, не обремененные глобальными связями.

Программа имеет четкую логическую структуру, где каждый элемент отвечает за определенное действие.

При модернизации таких программ нет необходимости следить за взаимным влиянием отдельных блоков программы.

Можно просто творить, не задумываясь об уже написанном.

В новой программе расширены возможности, не предусмотренные старыми версиями. По желанию можно реализовать поиск по введенной размерной информации звена или любой поверхности, расширенную диагностику и т. д. Работа с архивом размерной информации не ограничена расположением исполняемого модуля.

38.3. Самостоятельная и курсовая работа

Изучение конструкторско-технологической документации на промышленных предприятиях машиностроения и приборостроения является важнейшим этапом самостоятельной работы студентов к выполнению курсовой работы [1].

В процессе этой работы происходит постоянная оценка технологичности конструктивных особенностей различных изделий и технологических процессов их изготовления. Здесь же рассматриваются практические рекомендации для расширения узких мест действующего процесса и обсуждаются возможные варианты модернизации технологических процессов.

Основой для выполнения курсовой работы служит комплект документов, который собран студентами в процессе производственно-технологической практики. Он содержит: сборочный чертеж изделия или узла с выбранной деталью; исходный чертеж детали; чертеж исходной заготовки; технологический процесс с действующего производства; чертежи станочных и контрольных приспособлений; режущие и измерительные инструменты.

В архиве кафедры ТМ хранятся более 600 комплектов такой документации. Она собрана студентами во время производственно-технологической практики на промышленных предприятиях Российской Федерации и стран СНГ.

В процессе изучения сборочных чертежей изделия или узла с выбранной деталью оценивается количественный избыток или недостаток исходных (замыкающих) звеньев, которые определяют служебное назначение детали в узле. Выявляются основные и вспомогательные конструкторские базовые поверхности, их избыток или недостаток. Как избыток, так и недостаток базовых поверхностей ведет к неопределенности базирования и является одним из первых этапов по отработке изделия на технологичность.

Отработка технологичности отдельной детали — это комплексное мероприятие, которое включает анализ и синтез размерных и качественных параметров чертежа детали и технологического процесса, режущего и контрольно-измерительного инструмента, станочных приспособлений, технологической оснастки и оборудования.

При изучении документации учитываются: тип производства на данном предприятии и его финансовые возможности для приобретения современной технологии и станочного оборудования; производственные площади и сроки их эксплуатации; возможности инструментального производства и цехов по изготовлению исходных заготовок и технологической оснастки; сроки освоения и время непрерывного выпуска изделия; случаи появления брака на производственных участках машиностроительного предприятия в процессе изготовления детали и их возможные причины.

Анализ данной информации позволяет студенту сформировать пакет теоретических предложений для последующей работы над проектным вариантом технологического процесса механической обработки на курсовом и дипломном проектировании.

Последним этапом анализа конструкторской и технологической документации является окончательное подведение результатов проделанной работы, которое может быть выражено в виде выводов и предложений, сформированных на их основе. После этого можно перейти к этапу обоснования и выбора одного из проектных вариантов технологического процесса.

38.4. Средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для практических занятий, самостоятельной и курсовой работы студентов на кафедре свободный доступ в компьютерный «Кабинет автоматизированного курсового и дипломного проектирования».

Литература

1. Шамин В. Ю., Давыдов К. В., Давыдова И. Ф. Технология машиностроения. Методические указания по выполнению курсовой работы. — Челябинск: Изд-во. ЮУрГУ, 1998. — 25 с.

Приложение 39

Программный продукт «Библиотека электронных версий»

39.1. Технология подготовки учебно-методических изданий кафедр в электронную библиотеку университета

С.Г. Бородуля, А.А. Гаврилин, А.С. Гладков, П.Г. Пугач, В.Ю. Шамин

Тексты технических учебно-методических изданий насыщены схемами, рисунками, таблицами, приложениями и т.д. Работа с такой литературой требует «беспорядочного» просмотра страничного текста с постоянным возвратом к предшествующим или к последующим его страницам.

Современные электронные приложения (например, WinWord) позволяют подготовить к изданию практически любой текст. Этот же текст готов к доставке и хранению в «Электронную библиотеку» университета.

Но использовать этот текст как «Компьютерную версию» для условий «Дистанционного образования» практически невозможно. Листая бумажное издание, мы легко найдем необходимый рисунок или схему.

В электронном приложении эта операция потребует опыта или специальных приемов и программных средств.

Еще одна неприятная особенность электронных приложений — сохранность макета отдельной страницы и всего страничного текста в целом.

Эти тексты легко тиражируются. Это хорошо. Но требуется соответствующая защита от несанкционированного доступа.

На кафедре «Технология, бизнес и компьютерное управление машиностроительного производства» Челябинского Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) совместно с сотрудниками библиотеки ЮУрГУ разработан вариант технологии «Компьютерных версий» учебно-методических изданий.

Вариант «Компьютерной версии» позволяет, не снижая качества издательского продукта от электронных приложений, сохранить страничный макет автора, имитировать чтение страниц на экране монитора аналогично бумажным носителям и создает некоторые трудности при массовом несанкционированном тиражировании издания.

Для этого проделана следующая работа.

Каждая страница текста оформляется в виде фото-файла (*.gif, *.jpg). Макет из фото-файлов фиксирует от развала страницы «Компьютерной версии», в которых таблицы, схемы и рисунки с обтекающим текстом не меняют своего координатного расположения на странице.

Эти файлы уже можно «листать» на экране монитора, используя приложения типа «ACDSee» или «Browser», но активная работа с «беспорядочным» обращением к страничному тексту и в этом случае не позволяет имитировать общение с бумажным изданием.

Авторами разработан алгоритм программного носителя «LibEV» — «Библиотека электронных версий» для «беспорядочного» обращения к страничному тексту, который использует стандартное приложение «Browser» и позволяет на экране монитора работать со страницами технической литературы, возвращаясь к любому из просмотренных файлов-страниц.

В отличие от стандартного электронного издательского текста страничные фото-файлы «Компьютерной версии» должны насыщаться ссылками номеров страниц, которые фиксируют расположение рисунков, схем, таблиц, приложений и т.д. по макету изучаемого материала.

Ниже приведены два варианта текста.

Стандартный издательский:

«По операционным эскизам рис. 8.3, 8.4 и 8.6 на рис. 8.8 построена схема диаметральных (радиальных) размеров».

Компьютерная версия:

«По операционным эскизам рис. 8.3, 8.4 и 8.6 на рис. 8.8 (см. с. 265, 266 и 270) построена схема диаметральных (радиальных) размеров».

Подобным образом была подготовлена компьютерная версия учебного пособия (папка «ABC-book»).

Шамин В. Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Компьютерная версия учебного пособия. — 4-е изд., перер. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. — 520 с. Табл. 155.

Список лит. — 18 назв.

Усл. печ. л. 60,46. Уч. -изд. л. 56,32.

Рекомендовано УМО АМ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» по специальности:

120100 — «Технология машиностроения»;

120200 — «Металлорежущие станки и инструмент».

В приложении «WinWord» 521 страница текста размещается в 42 файлах (*.doc) и занимают 18 Мб. Для хранения с помощью приложения «WinRAR» этот объем может быть помещен в один файл с объемом 8 Мб.

Рабочая «Компьютерная версия» (521 страница фото-файлов (*.gif)) с загрузочным модулем «Lib'EV.exe» занимает 37 Мб и всегда готова к выводу на экран монитора или бумажный носитель для личного пользования.

Подготовка электронной версии с отдельных фото-файлов для издательства и массового несанкционированного тиражирования займет достаточно много времени.

Официальная «Компьютерная версия» учебного пособия выставлена библиотекой ЮУрГУ (<http://www.lib.susu.ac.ru>) в Интернет. Этот вариант версии мы отпускаем в свободный доступ для всех желающих, кто хотел бы приобщиться к нашей «Религии» размерных расчетов.

К «Компьютерной версии» учебного пособия прилагается демонстрационный загрузочный модуль с пакетом прикладных программ Учебно-методического комплекса (УМК) «Visual KursAR» — Курс Автоматизированного Расчета размерных цепей.

Модуль предназначен для расчета номинальных, предельных и средних значений: окончательных и промежуточных чертежных размеров; окончательных и промежуточных технологических размеров по операциям, технологическим переходам или рабочим ходам; траекторий движения заготовки или инструмента при использовании автоматизированного оборудования; глубин резания и др.

Расчетная информация может быть использована как для оформления операционных эскизов, так и для определения точек перегиба в траекториях движения инструмента.

Размерная схема строится по результатам расчета исследуемых задач.

Упрощенные тестовые примеры содержат не более 15 размеров-звеньев и предназначены для работы с «Демо» версией, которая ограничивает ввод исходной размерной информации без регистрации модуля. Ограничение снимается после регистрации.

Все варианты тестовых примеров взяты из страничного текста «Компьютерной версии». Размерные схемы тестовых примеров построены по операционным эскизам из альбомов технологических процессов действующего производства.

Сегодня ППП включает в себя «Печатную версию» (2-е изд.) и «Компьютерную версию» (4-е изд. перер.) «Грифованного» учебного пособия.

Пакет ориентирован на пользователя-непрограммиста и реализован на языке C++ при помощи среды разработки C++ Builder.

39.2. Обновление пакета прикладных программ «Электронная библиотека»

А.С. Гладков, В.Ю. Шамин

Пакет прикладных программ «LIB» — «Электронная Библиотека» предназначен для работы с электронным вариантом учебно-методической литературы. В нем фиксируется страничный макет документа Word с помощью отдельных фото-файлов с форматом .GIF. Рисунки в этом формате, требуют меньше дискового пространства, а количество созданных файлов совпадает с количеством страниц в бумажном носителе издания.

При создании пакета решались следующие задачи:

- обеспечение универсальности программы;
- обеспечение способов «беспорядочной» работы с текстом;
- обеспечение возможности использования содержаний (оглавления).

При обеспечении универсальности была поставлена основная подзадача — независимость программного модуля от компонентов Windows.

Один модуль — для всех изданий.

Сейчас алгоритм программы самостоятельно декодирует, масштабирует, отображает, осуществляет навигацию и создает содержание, не используя технологии HTML и Java Script. Единственный блок, интегрированный из Windows — «Проводник», который поставляется со всеми версиями Windows, и всегда устанавливается вместе с программными продуктами Windows.

Преыдушие версии этой программы выполняли навигацию файлов по поиску страничного текста лишь для одного документа и были недоступны для страничных текстов других электронных изданий. Сейчас эта проблема решена с помощью особого алгоритма и интеграции в программу «Проводник».

Для обеспечения «беспорядочной» работы с текстом были выявлены необходимые элементы, обеспечивающие удобную работу с текстом издания.

Наглядное представление этих элементов в виде интуитивно понятного интерфейса отображается на панелях экрана.

С учетом особенностей обращения человека с бумажным носителем были выявлены элементы, реализация которых повышает эффективность работы с электронными изданиями:

- способность запоминать предыдущие страницы;
- навигация по просмотренным ранее страницам издания;
- способность к переходу на любую страницу издания по желанию пользователя простым набором номера страницы.

В пакете созданы и помещены на кнопки специальные рисунки, которые позволяют без чтения подсказки, интуитивно определить назначение клавиши. Для каждого элемента, расположенного на панели инструментов, занесена в память всплывающая подсказка.

Улучшен графический интерфейс программы и качество визуального отображения страницы. Добавлена возможность прокрутки страницы без прерывистого мелькания экранного текста.

Решена проблема написания «Содержания» («Оглавления») пользователем-непрофессионалом.

Программный пакет версии «LIB» поддерживает печать из программы с функцией «Предварительного просмотра» и позволяет разместить и скорректировать размеры изображения на бумажном листе или размещать его по умолчанию на весь лист.

Данная версия программного продукта, помимо формата .GIF, поддерживает форматы: .JPEG и .BMP.

В программе включена поддержка плагинов — Dynamic Link Library (DLL). Эта динамически подключаемая библиотека содержит в себе специальную программу для поддержки только «пассивных» плагинов, которые не оказывают влияние на среду родительского приложения.

В настоящее время в работе находится несколько подпрограмм, которые будут включены в набор поставки LIB. Среди них модуль «Тест», который позволит осуществлять тестирование по разделам изучаемых пособий. Планируется включить в раздел описания исходные коды плагина для того, чтобы любой из пользователей мог создать собственный плагин.

Работа с программой по всем разделам описана в «Справке».

«Электронная библиотека» некоммерческий проект и распространяется бесплатно. Ее можно скачать с сайта библиотеки ЮУрГУ.

Особых требований к компьютеру не предъявляется.

Владимир Юрьевич Шамин

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕШЕНИЯ
КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
РАЗМЕРЫХ ЦЕПЕЙ

Компьютерная версия учебного пособия

Издание четвертое, переработанное

Издательство Южно-Уральского государственного
университета

Техн. редактор А.В. Миних

ИД №00200 от 28.09.99. Подписано в печать 09.01.2002.
Усл. печ. л. 60,46. Уч.-изд. л. 56,32.
Заказ 447.
