

621.01

К 93

КУРСОВОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПО ТЕХНОЛОГИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫШЕЙШАЯ ШКОЛА»

5

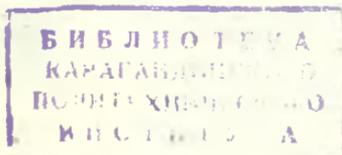
621.0  
к 93

# КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Издание 3-е, дополн. и переработ.

Под общей редакцией  
канд. техн. наук, доц. *А. Ф. Горбацевича*

Допущено Министерством высшего и среднего  
специального образования БССР  
в качестве учебного пособия для машиностроительных специальностей  
высших учебных заведений



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫШЕЙШАЯ ШКОЛА»  
МИНСК 1975

1983

6П5.4

К 93

УДК [621.002+621.001.2] (076.5)

Авторы:

*А. Ф. Горбачевич, В. Н. Чеботарев, В. А. Шкред,  
И. Л. Алешкевич, А. И. Медведев*

Рецензент

кафедра «Технология машиностроения»  
Московского автомеханического института

**К 79 Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск, «Вышэйш. школа», 1975.**

288 с. с ил.

Пособие содержит справочно-методический материал для выполнения курсового проекта по технологии машиностроения.

Книга предназначена для студентов технических вузов всех машиностроительных специальностей. Пособие будет полезно для инженерно-технических работников промышленных предприятий.

К  $\frac{31201-026}{М304(05) - 75}$  56 — 74

6П5.4

© Издательство «Вышэйшая школа», 1975.

# Курсовое проектир- по технологии Машиностр.

## ПРЕДИСЛОВИЕ К 3-му ИЗДАНИЮ

В учебных планах машиностроительных специальностей высших учебных заведений все большее внимание уделяется вопросам самостоятельной работы студентов; одной из таких работ является курсовой проект по технологии машиностроения. В связи с этим возникает необходимость создания методических пособий, цель которых — наряду с использованием учебной и справочной литературы дать ряд методических положений по проектированию и приблизить решение задач, которые ставятся перед проектантом учебного заведения, к условиям производства. Технологическое проектирование в этом отношении отличается большим комплексом взаимосвязанных вопросов, и методические пособия по их решению на современном уровне совершенно необходимы.

Настоящее 3-е издание справочно-методического пособия для выполнения курсового проекта по технологии машиностроения вызвано, кроме упомянутых обстоятельств, еще и тем, что за период с момента подготовки и выхода 2-го издания в машиностроении введены стандарты Единой системы конструкторской доку-



ментации (ЕСКД), в настоящее время подготовлены к введению стандарты Единой системы технологической документации (ЕСТД), а также ряд других стандартов и норм. Эти изменения нашли отражение в настоящем пособии, которое также дополнено рядом методических материалов, способствующих дальнейшей систематизации курсового проектирования. В значительной мере переработаны вопросы экономических обоснований проекта.

Авторы приносят глубокую благодарность проф. А. К. Кутаю, проф. В. А. Скрангану, доц. П. С. Чистосердову и другим за ценные замечания и предложения по улучшению содержания рукописи.

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективность производства, его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависят от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа, обеспечивающего решение технических вопросов и экономическую эффективность технологических и конструкторских разработок.

Значение постановки всех этих вопросов при подготовке квалифицированных кадров специалистов производства, полностью овладевших инженерными методами проектирования производственных процессов, очевидно. В связи с этим в учебном процессе высших учебных заведений значительное место отводится самостоятельным работам, выполняемым студентами старших курсов, таким, как курсовое проектирование по технологии машиностроения.

Курсовое проектирование закрепляет, углубляет и обобщает знания, полученные студентами во время лекционных и практических занятий по «Технологии машиностроения». В процессе курсового проектирования студент выполняет комплексную задачу по курсу «Технология машиностроения», подготавливаясь к выполнению более сложной задачи — дипломному проектированию. Наряду с этим курсовое проектирование должно научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, номограммами, нормами и расценками, умело сочетая справочные данные с теоретическими знаниями, полученными в процессе изучения курса.

При курсовом проектировании особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студента с целью развития его инициативы в решении технических и организационных задач, а также детального и творческого анализа существующих технологических процессов. Основная задача при этом заключается в том, чтобы при работе над курсовым проектом были внесены предложения по усовершенствованию существующей технологии, оснастки, организации и экономики производства, значительно опережающие современный производственный процесс изготовления детали, на которую выдано задание. Поэтому для выполнения поставленной задачи необходимо изучить прогрессивные направления развития технологических методов и средств

и на основании анализа и сопоставления качественных и количественных показателей дать свои предложения.

При курсовом проектировании значительное внимание уделяется экономическому обоснованию методов получения заготовок, выбору вариантов технологических процессов и т. п., с тем чтобы в конечном счете в проекте был предложен оптимальный вариант.

Защита курсового проекта является важным контрольным этапом оценки умения студента в установленное время кратко изложить сущность проделанной работы.

## СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по технологии машиностроения, выполняемый в ходе учебного процесса, очевидно, не может в полной мере соответствовать проектам, которые составляются в производственных условиях, так как студент-проектант в данном случае еще не располагает достаточным опытом. Кроме того, в учебных целях в проекте выполняется ряд работ, преимущественно расчетного характера, не всегда осуществляемых в производственных условиях. Тем не менее учебный проект должен по возможности ориентироваться на методы проектирования и оформления, принятые на производстве, особенно в части оформления технической документации. Это оформление должно по возможности соответствовать документам, предусматриваемым стандартами ЕСКД и ЕСТД. Так как курсовой проект представляет собой сочетание технологических и конструкторских разработок, то в его состав могут входить следующие документы:

1. Ведомость курсового проекта (ВКП) — перечень разработанной документации; пример выполнения ведомости приведен в приложении.
2. Задание на проектирование (ПЗ), составленное и утвержденное согласно принятому в учебном заведении порядку.
3. Расчетно- пояснительная записка (РПЗ), представляющая собой все необходимые технические и технико-экономические расчеты, дающие обоснование принятых проектантом решений. Примерный состав расчетно- пояснительной записки и рекомендации по ее оформлению приводятся в соответствующем разделе.
4. Разработанный и оформленный на картах технологический процесс механической обработки детали средней сложности на 10 — 12 операций механической обработки.
5. Графическая часть проекта, включающая: а) чертеж детали; б) чертеж заготовки в случае, если совмещение чертежа детали и заготовки невозможно или нецелесообразно; в) чертежи технологических операционных эскизов, выполненные как демонстрационный материал; при выполнении операционных эскизов на отдельных картах эскизов и схем (КЭ) допускается эти эскизы на листах чертежной бумаги не дублировать; г) сборочный чертеж (СБ) приспособления для механической обработки или контроля. Разработка чертежей приспособ-

лений для механической обработки или контроля производится в курсовых проектах, тогда, когда учебными планами не предусматриваются самостоятельные проекты по курсам «Основы проектирования приспособлений» и «Технические измерения».

Так как курсовые проекты по технологии машиностроения планируются учебными планами многих специальностей, то очевидно, что объем и количество документации будут варьироваться в зависимости от специальности и допустимой трудоемкости проекта по учебному плану. Поэтому приведенный состав курсового проекта может рекомендоваться как наиболее полный, предназначенный для студентов машиностроительных факультетов высших учебных заведений специальностей 0501 и 0636. Следует полагать, что пункты 1—4 являются обязательными для всех специальностей, для которых предусмотрено выполнение курсового проекта по технологии машиностроения так же, как и оформление рабочих чертежей детали и заготовки. Что касается остальных частей проекта, то они должны определяться инструкциями кафедр.

В основном курсовой проект соответствует разработке документации на стадии технического проекта, за исключением таких, например, элементов проекта, как чертеж детали или заготовки, а также сборочный чертеж приспособления, которые выполняются как части рабочего проекта; к последнему поэтому должна быть составлена спецификация.

При курсовом проектировании не исключается и даже является желательным оформление как части проекта научно-исследовательской студенческой работы, основанием для которой служат, как правило, исследования, выполненные студентом во время прохождения технологической практики. Такого рода работы могут быть проведены, например, в области исследований точности механической обработки и качества поверхности в производственных условиях повышения производительности обработки, эффективности использования оборудования, исследования реальной стойкости режущих инструментов, исследования новых методов и процессов и ряда других вопросов, определяемых потребностями и особенностями производства, на котором студент проходил технологическую практику, или тематикой исследований, проводимых на кафедре.

#### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Дать описание конструкции и назначения детали на основании данных чертежа самой детали, а также сборочных чертежей и других материалов, например литературных источников (инструкций к машине, куда входит деталь и т. п.).

2. Произвести технологический контроль чертежа детали и выполнить анализ технологичности конструкции с учетом возможного влияния на конструктивные элементы заданного масштаба производства.

3. На основании исходных данных задания на проектирование определить тип производства и для серийного производства рассчитать количество деталей в партии.

4. Наметить два варианта технологических маршрутов механической обработки при одном и том же или различных способах получения заготовки.

5. Произвести укрупненный технико-экономический расчет для сопоставления вариантов технологических маршрутов и выбрать оптимальный для данных условий.

6. Произвести аналитический расчет припусков на обработку двух поверхностей выбранной заготовки. На остальные обрабатываемые поверхности назначать припуски, пользуясь табличными данными.

7. Оформить чертежи детали и заготовки.

8. На основании выбранного технологического маршрута окончательно составить технологический процесс с учетом всех необходимых дополнительных операций.

9. Выполнить операционные эскизы на картах эскизов и схем (КЭ) для тех операций технологического процесса, где они необходимы.

10. Записать в операционные карты технологического процесса исходные данные для расчетов режимов резания и основного времени.

Режущие инструменты должны быть выбраны перед заполнением технологической карты, так как параметры режущих инструментов, в том числе геометрические, необходимы для расчета режимов резания.

11. Рассчитать по нормативам (таблицам) режимы резания на операции (переходы) технологического процесса и произвести нормирование; записать значения норм времени и их составляющих в операционные карты.

12. Определить потребное количество оборудования по операциям процесса и вычислить коэффициенты загрузки оборудования, использования по основному времени и по мощности.

13. Произвести, где это необходимо, корректировку режимов и нормирования операций с целью их синхронизации и повышения стойкости режущего инструмента.

14. Установить разряды работы, определить расценки на каждую операцию и записать эти данные в операционные карты.

15. Окончательно оформить операционные карты технологического процесса и заполнить маршрутную карту.

16. Построить графики загрузки оборудования, использования оборудования по основному времени и по мощности, стойкости режущего инструмента.

17. По согласованию с консультантом определить для данного технологического процесса станочное или контрольное приспособление, построить его схему и выполнить необходимые точностные или силовые расчеты.

18. Вычертить конструкцию приспособления.

19. Произвести расчет по статьям себестоимости.

20. Окончательно оформить расчетно-пояснительную записку.

Необходимо иметь в виду, что в некоторых случаях в процессе разработки операций технологического процесса могут возникнуть трудности технико-экономического характера, которые приводят к корректировке данных, полученных в результате расчетов. Напри-

мер, для повышения стойкости режущего инструмента на нелIMITирующих производительность операциях целесообразно снизить режимы резания или при окончательных расчетах режимов резания и нормировании может оказаться целесообразной замена оборудования на операциях и т. п. Поэтому окончательную запись данных в технологические карты следует производить, когда определены технико-экономические показатели по принятому варианту технологического процесса, в том числе и такие, как коэффициенты загрузки и использования оборудования.

Графическая часть проекта выполняется только при наличии данных, достаточных для оформления того или иного чертежа. Например, перед оформлением операционных эскизов на чертежах, служащих иллюстрационным материалом при защите, необходимо располагать технологическим процессом, полностью разработанным на картах.

К оформлению конструкции приспособления приступают только после составления принципиальной его схемы и выполнения всех необходимых расчетов, уточняя при разработке только отдельные конструктивные элементы.

Расчетно-пояснительная записка составляется, начиная с первого дня работы над курсовым проектом, в указанной выше последовательности. Нужно аккуратно выполнять расчеты с самого начала работы над проектом. Даже в черновике они должны быть выполнены полно; при окончательном оформлении может быть допущено только небольшое редактирование.

Совершенно недопустимо приступать к составлению записки только в конце работы над проектом на основании отрывочных, несистематизированных предварительных записей. Расчетно-пояснительная записка должна быть краткой. Нельзя помещать в записку переписанные из учебников, справочников и пособий общие формулировки, например: что такое операция, переход, припуск на обработку и др.

Общий план расчетно-пояснительной записки с примерным объемом каждого раздела приводится в главе «Оформление расчетно-пояснительной записки».

#### Назначение и конструкция детали

В процессе проектирования студент должен ознакомиться с конструкцией детали, ее назначением и условиями работы в узле или механизме. Все эти вопросы должны быть изложены в соответствующем разделе расчетно-пояснительной записки.

Для технически грамотного и обоснованного изложения этого раздела необходимо изучить чертежи общих видов узлов и механизмов, дать описание назначения самой детали, основных ее поверхностей и влияния их взаимного расположения, точности и чистоты обработки на качество работы механизма, для которого изготавливается деталь. Если назначение детали неизвестно, то следует описать его по своему соображению, о чем сделать соответствующую оговорку. Говоря о поверхностях, необходимо присваивать каждой из них буквенные обозначения, например плоскость *A* или торец *B*. Эти же обо-

значения должны быть нанесены на соответствующие поверхности на чертеже. Далее следует определить отклонения на размеры и поверхности, отсутствующие на чертеже (на свободные размеры, неуказанные отклонения формы и расположения), для последующей записи их в технологические карты.

Из описания назначения и конструкции детали должно быть ясно, какие поверхности и размеры имеют основное, решающее значение для служебного назначения детали и какие — второстепенное.

В этом же разделе следует привести также данные о материале детали: по химическому составу, механическим свойствам до и после термической обработки. Эти данные сводятся в таблицы (табл. 1 и 2).

1. Химический состав стали 45 (ГОСТ 1050—60)

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
			не более			
0,40—0,50	0,17—0,37	0,50—0,80	0,045	0,045	0,30	0,30

2. Механические свойства стали 45

$\sigma_T$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{вр}$ , кг/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$a_{ц}$ , кг/см <sup>2</sup>	НВ (не более)	
					горячеката- ной	отожженной
не менее					241	197
36	61	16	40	5		

Кроме того, необходимо высказать свои соображения относительно правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле и целесообразности его замены другими марками и какими именно.

#### Анализ технологичности конструкции детали

В процессе курсового проектирования, так же как и в производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа — выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Технологический контроль чертежей сводится к тщательному их изучению. Рабочие чертежи обрабатываемых деталей должны содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т. е. все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию и все возможные способы получения заготовки. На чертеже должны быть указаны все размеры с необходимыми допусками, классы чистоты обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных

геометрических форм, а также взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, весе детали и т. п. Таким образом, технологический контроль — важная стадия проектирования технологических процессов и во многих случаях способствует выяснению и уточнению приведенных выше факторов.

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ — один из важнейших этапов технологической разработки, в том числе и курсового проектирования.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции обрабатываемой детали, сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения.

Обычно в качестве задания на курсовое проектирование студенту выдается рабочий чертеж детали заводской разработки, в котором учтены технологические требования. Однако при анализе почти любого чертежа могут быть выявлены нетехнологичные элементы. При этом в ряде случаев в конструкцию могут быть внесены целесообразные изменения.

Методически вопросом технологичности конструкции надлежит заниматься на протяжении всего периода работы над курсовым проектом, так как ряд соображений возникает непосредственно при разработке технологического процесса, выборе заготовки, проектировании оснастки и т. д. Тем не менее в значительной мере эта работа может быть выполнена на основании изучения рабочих чертежей. Окончательно оформить этот раздел расчетно-пояснительной записки следует после разработки технологического процесса.

Чтобы избежать незамеченных недостатков в конструкции, анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности.

1. На основании изучения условий работы конструкций, а также предложенного в задании масштаба производства проанализировать возможность ее упрощения, замены сварной, армированной или сборной конструкцией, а также возможность и целесообразность замены материала.

2. Установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки.

3. Определить целесообразность назначения протяженности и размеров обрабатываемых поверхностей, труднодоступные для обработки места.

4. Определить технологическую увязку размеров, оговоренных допусками, классы чистоты, необходимость дополнительных технологических операций для получения высокой точности и чистоты обработанных поверхностей.

5. Увязать указанные на чертежах допускаемые отклонения размеров, классы чистоты и пространственные отклонения по геометрической форме и взаимному расположению поверхностей с геометрическими погрешностями станков.

6. Определить возможность непосредственного измерения заданных на чертеже размеров.

7. Определить поверхности, которые могут быть использованы при базировании, возможность введения искусственных баз.

8. Определить необходимость дополнительных технологических операций, вызванных специфическими требованиями (например, допустимыми отклонениями в весе детали), и возможность изменения этих требований.

9. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки, учитывая экономические факторы.

10. Предусмотреть в конструкциях деталей, подвергающихся термической обработке, конструктивные элементы, уменьшающие коробление деталей в процессе нагрева и охлаждения, и определить, правильно ли выбраны материалы с учетом термической обработки [1, 2].

С целью упрощения анализа технологичности можно дать некоторые частные рекомендации для некоторых классификационных групп [1, 2] деталей.

Для корпусных деталей определяют:

а) допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает такому виду обработки?

б) можно ли обрабатывать отверстия одновременно на многошпиндельных станках с учетом расстояний между осями этих отверстий?

в) позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной или двух сторон?

г) есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям?

д) нужна ли подрезка торцов ступиц с внутренних сторон отливки и можно ли ее устранить?

е) есть ли глухие отверстия и можно ли заменить их сквозными?

ж) имеются ли обрабатываемые плоскости, расположенные под тупыми и острыми углами, и можно ли заменить их плоскостями, расположенными параллельно или перпендикулярно друг к другу?

з) имеются ли отверстия, расположенные не под прямым углом к плоскости входа и выхода, и возможно ли изменение этих элементов?

и) достаточна ли жесткость детали, не ограничит ли она режимы резания?

к) имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности, если нет, то каким образом следует выбрать вспомогательные базы?

л) нет ли в конструкции внутренней резьбы большого диаметра и возможно ли заменить ее другими конструктивными элементами?

м) насколько прост способ получения заготовки (отливки), правильно ли выбраны элементы конструкции, обуславливающие получение заготовки?

Для валов указывают:

а) можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?  
б) убывают ли к концам диаметральные размеры шеек вала?  
в) можно ли уменьшить диаметры больших фланцев или буртов или исключить их вообще и как это повлияет на коэффициент использования металла?

г) можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми, которые обрабатываются гораздо производительнее дисковыми фрезами?

д) имеют ли поперечные канавки форму и размеры, пригодные для обработки на гидрокопировальных станках?

е) допускает ли жесткость вала получение высокой точности обработки (жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 2—3-го классов соотношение его длины к диаметру  $l:d > 10-12$ ; для валов, изготавливаемых по более низким классам точности, это отношение может быть равно 15; при многорезцовой обработке это отношение следует уменьшить до 10)?

Следует помнить, что технология обработки гладких валов в значительной мере отличается от технологии изготовления ступенчатых валов простотой и экономичностью, поэтому необходимо проанализировать возможность замены ступенчатого вала гладким.

**Зубчатые колеса** — массовые детали машиностроения, поэтому вопросы технологичности приобретают для них особенно важное значение. При анализе технологичности конструкции зубчатых колес следует определить возможность высокопроизводительных методов формообразования зубчатого венца с применением пластического деформирования в горячем и холодном состоянии. Конструкция зубчатого колеса должна характеризоваться следующими признаками:

а) простой формой центрального отверстия, так как сложные отверстия значительно усложняют обработку, вызывая необходимость применения револьверных станков и полуавтоматов;

б) простой конфигурацией наружного контура зубчатого колеса (так как наиболее технологичными являются зубчатые колеса плоской формы без выступающих ступиц);

в) ступицами, расположенными с одной стороны, так как в противном случае обработка по одной детали на зубофрезерных станках вызывает увеличение количества этих станков на 25—30%;

г) симметричным расположением переключки между ступицей и венцом для зубчатых колес, подлежащих термической обработке как по отношению к венцу, так и по отношению к ступице; нарушение этого условия приводит к значительным односторонним искажениям при термической обработке;

д) правильной формой и размерами канавок для выхода инструментов;

е) возможностью многорезцовой обработки в зависимости от соотношения диаметров венцов и расстояний между ними.

Подобным образом проводится анализ технологичности и для других деталей, имеющих аналогичные элементы конструкции. Указанные выше замечания дают представление о направлениях в анализе технологичности.

После проведенного анализа технологичности все предложения по изменению конструкции детали должны быть систематизированы в расчетно-пояснительной записке, ряд этих предложений по согласованию с руководителем проекта может быть внесен в конструкцию детали.

Конечная цель технологического анализа конструкции — оценка предложений по ее изменению, поэтому необходимо произвести все расчеты, связанные как с экономией металла, так и с изменением варианта технологического процесса (см. раздел «Определение затрат по статьям себестоимости»).

**Пример 1.** Деталь — корпус ступицы (рис. 1). Деталь изготавливается из ковкого чугуна КЧ 37-12 литьем, поэтому конфигурация наружного контура и внутренних поверхностей не вызывает значительных трудностей при получении заготовки. Тем не менее даже при этом формовка должна производиться с применением стержней, формирующих как внутренние полости, так и карманы, и ребра с боковых сторон, особенно нетехнологично литое отверстие шириной 10 мм. Эти элементы определяются конструктивными соображениями и изменить их, по-видимому, затруднительно.

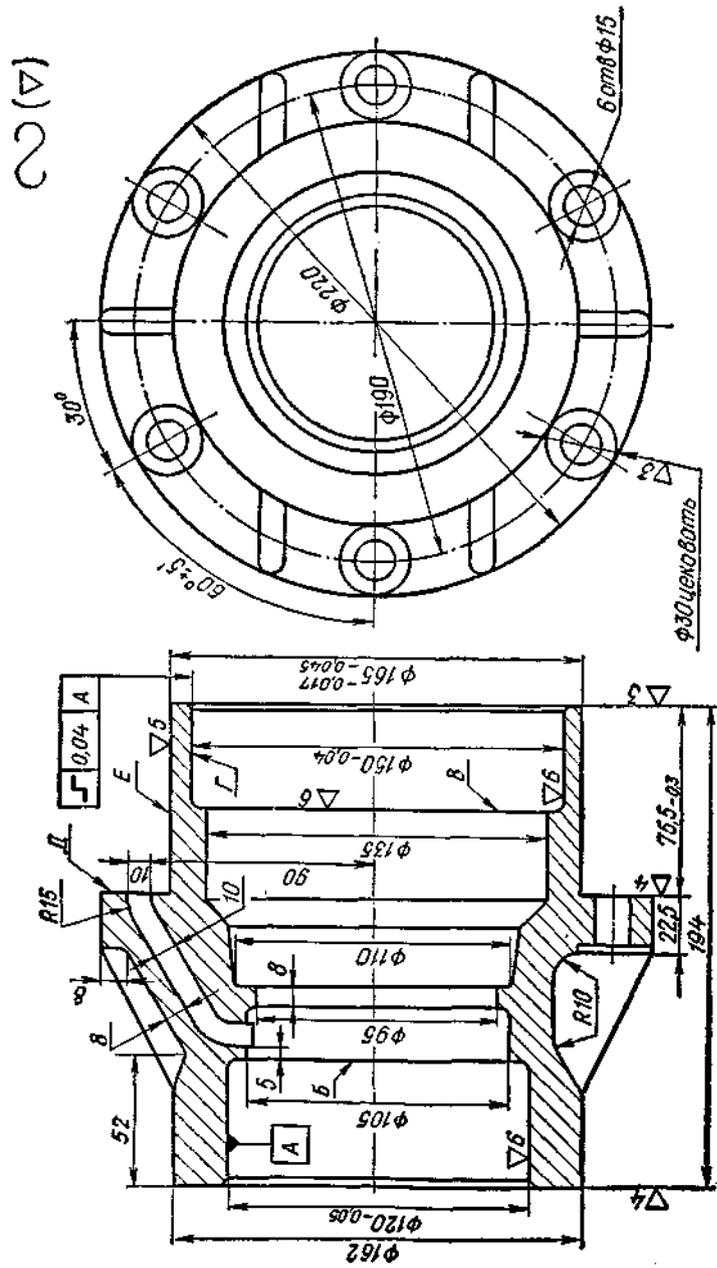
То же самое относится и к внутренним обрабатываемым поверхностям ( $\varnothing 120_{-0,03}$  и  $\varnothing 150_{-0,04}$ ). Эти отверстия должны быть выполнены в пределах указанных отклонений и концентричны с точностью до 0,04 мм. Единственным способом достижения указанной точности является окончательная расточка отверстий на алмазно-расточных станках. При этом в какой-то мере нарушается точность их взаимного расположения относительно наружного диаметра ( $\varnothing 165_{-0,017}^{+0,015}$ ), так как именно этот диаметр будет использован в качестве установочной базы. Этим и обуславливается второй пункт технических требований относительно необходимости окончательной обработки конструктивных баз после запрессовки колец подшипников.

Нетехнологичны в данной конструкции цековки  $\varnothing 30$  мм, так как здесь не предусмотрен свободный доступ инструмента. Поэтому необходимо применять инструменты с удлинителями. Кроме того, наружным диаметром эти цековки выходят на наружный диаметр детали, что приводит к образованию острых кромок и необходимости введения слесарно-зачистных операций ручной обработки.

В остальном деталь достаточно технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов обработки, имеет хорошие базовые поверхности для первоначальных операций и довольно проста по конструкции. Расположение крепежных отверстий как резьбовых, так и гладких допускает многоинструментальную обработку. Поверхности вращения могут быть обработаны на многошпиндельных станках.

**Пример 2.** Деталь — корпус редуктора (рис. 2), представляющая собой отливку коробчатой формы из серого чугуна СЧ 21-40. Отливка довольно проста по конфигурации, но требует применения стержневой формовки для образования внутренних полостей. Кроме того, в опоке должен быть предусмотрен сложный разъем ввиду наличия у детали выступов на боковой поверхности. Следует заметить, что толщина стенок отливки неоправданно завышена, так как наибольший габаритный размер детали не превышает 250 мм и минимальная толщина стенок для таких отливок составляет 3—5, а на чертеже — 10 мм. Следовательно, условию минимальной металлоемкости эта деталь уже не удовлетворяет.

С точки зрения механической обработки деталь имеет следующие недостатки в отношении технологичности. Форма и расположение отверстий  $\varnothing 95A$  и  $\varnothing 62П$  удобны для обработки с одной стороны отливки. Два других отверстия, лежащих на оси  $II$ ,  $\varnothing 62П$  и  $\varnothing 40П$  не могут быть обработаны на проход с той же стороны, что и отверстия по оси  $I$ . Таким образом, обработка этих групп отверстий может вестись только с двух сторон одновременно или с перестановкой детали на разных операциях. В последнем случае затруднительно обеспечить требование относительно параллельности осей  $I$  и  $II$  в пределах 0,03 мм.



1. Поверхности А, В, В, Г должны быть обработаны с одной установкой.
2. Поверхности Д и Е должны быть обработаны на базе наружных колец после их запрессовки. Биевые поверхности А и Е не более 0,03 мм.

Рис. 1. Корпус ступицы

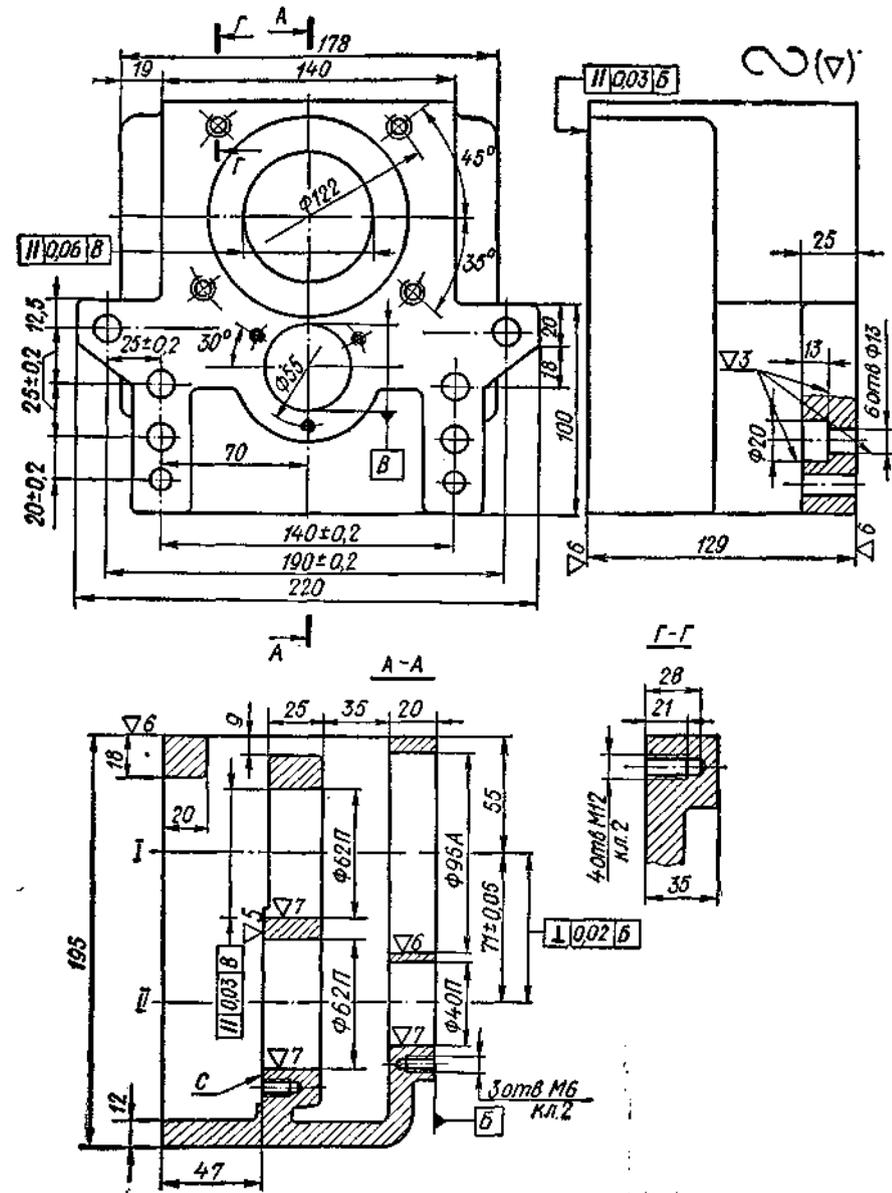
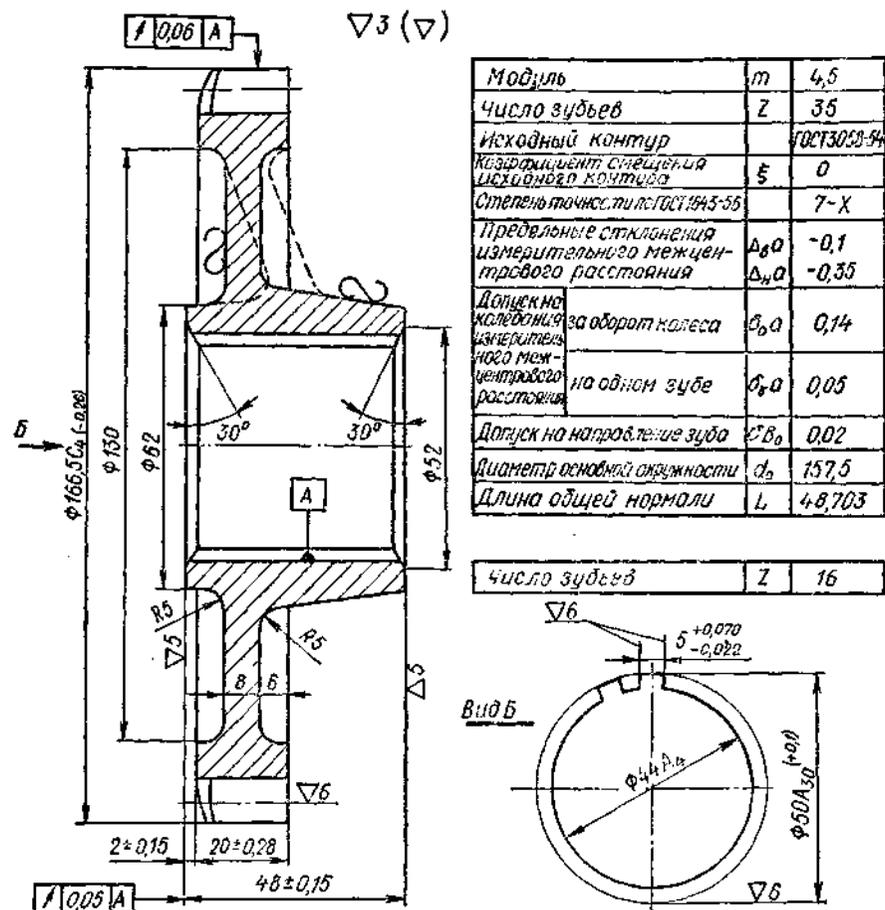


Рис. 2. Корпус редуктора

Значительные трудности вызывает обработка крепежных отверстий, так как они расположены близко относительно друг друга — в большинстве случаев на расстоянии менее 25 мм — и одновременная их обработка на многошпиндельных станках невозможна. Ряд крепежных отверстий расположен внутри отливки в труднодоступных для инструмента местах, что затрудняет процесс обработки. Нетехнологичны шевки  $\varnothing 20$  мм, так как их обработку возможно произ-

водить только с обратной стороны съемными венкерами, которые надеваются на оправку после того, как она пропущена в отверстие. Обработка при этом выполняется не обычным образом, так как шпиндель станка вместо того, чтобы производить давление на инструмент, должен вытягивать инструмент вверх.



1. Цементировать  $h1$  1,4 НРС 56... 63, сердцевина зубьев НРС 30. 40
2. Структура зубьев, правила приемки и другие технические требования по ГОСТ 2794-57
3. Острые кромки притупить

Рис. 3. Ведомая шестерня

Эти цековки можно довольно просто заменить плитками под головки винтов. Эти плитки можно будет обрабатывать на проход, совместив эту обработку с обработкой наружных поверхностей.

Затруднительна и обработка поверхности С, так как она расположена внутри детали и, следовательно, к ней нет свободного доступа и выхода инструмента.

Следует заметить, что большей частью приведенные соображения справедливы для массового и крупносерийного производства.

Остальные обрабатываемые поверхности с точки зрения точности и чистоты не представляют значительных технологических трудностей, позволяют вести обработку на проход и дают возможность обрабатывать несколько деталей одновременно высокопроизводительными методами.

Пример 3. Деталь — ведомая шестерня (рис. 3) — изготовлена из легированной стали 20ХНР и проходит термическую обработку. Последнее обстоятельство имеет большое значение в отношении короблений, возможных при нагревании и охлаждении детали. В этом смысле перемычка, связывающая тело зубчатого венца и ступицу, расположена неудачно, так как при термической обработке возникнут односторонние искажения. Зубчатый венец уменьшится в размерах и вызовет сжатие ступицы с левого торца. Таким образом, отверстие приобретет коническую форму и в свою очередь передаст этот характер искажения на зубчатый венец. Поэтому перемычку между венцом и ступицей следует в осевом сечении расположить наклонно, как это указано на чертеже пунктиром. Такое конструктивное изменение приведет к меньшим искажениям при термической обработке.

Вообще следует отметить, что деталь, по-видимому, не обладает достаточной жесткостью для применения методов пластического формообразования зубчатого венца, а также протягивания шлицевого отверстия в ступице. Очевидно также, что некоторое усиление ступицы с этой целью не привело бы к значительному увеличению веса заготовки. Вывод о недостаточной жесткости следует проверить расчетом.

С точки зрения механической обработки зубчатые колеса вообще нетехнологичны, так как операция нарезания зубьев со снятием стружки производится в основном малопроизводительными методами.

Вместе с тем при конструировании деталей вопросы повышения производительности зубообработки должны учитываться. Так, например, наличие выступа относительно зубчатого венца на левом торце неизбежно приведет к тому, что при одновременной обработке двух деталей зубофрезерованием между ними придется установить прокладку в виде кольца, что увеличит длину резания и, следовательно, снизит производительность процесса. Это приведет также к тому, что на нижнем торце верхней детали при зубофрезеровании образуются заусенцы, которые нужно будет снять. Вместе с тем весьма вероятно, что эти факторы могли быть учтены при конструировании детали, и технологичность ее была бы значительно улучшена.

Положительным следует считать наличие в отверстии двух фасок, наружный диаметр которых больше наружного диаметра шлицевого отверстия. Это позволяет протягивать шлицевые отверстия после изготовления фасок, а торцы обрабатывать на многолезцовом станке. В этом случае резцы для подрезки торцов не будут доходить до шлицевого отверстия, что обеспечивает хорошие условия резания (не на прерывистой поверхности) и, следовательно, высокую точность.

### Определение типа производства

В машиностроении различают условно три основных типа производства: массовое, серийное и единичное.

При массовом производстве изделия изготавливаются непрерывно в течение нескольких лет. Характерным признаком массового производства является выполнение на большинстве рабочих мест только одной закрепленной операции.

При серийном производстве изготавливают серию изделий, регулярно повторяющихся через определенные промежутки времени. Характерный признак серийного производства — выполнение на рабочих местах нескольких повторяющихся операций.

При единичном производстве выполняются изделия широкой номенклатуры в малых количествах, которые либо не повторяются совершенно, либо повторяются через неопределенное время.

При курсовом проектировании можно считать, что тип производства зависит от двух факторов, а именно: заданной программы и трудоемкости изготовления изделия. На основании заданной программы рассчитывается такт выпуска изделия  $t_b$ , а трудоемкость определяется средним штучным временем  $T_{шт}$  по операциям действующего на производстве или аналогичного технологического процесса. Отношение этих величин принято называть коэффициентом серийности:

$$k_c = \frac{t_b}{T_{шт}} \quad (1)$$

Обычно считают, что коэффициент серийности определяет количество различных операций по обработке одной или нескольких дета-

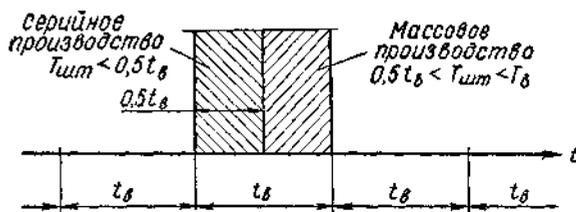


Рис. 4. Условные границы типов производства в зависимости от загрузки оборудования

лей, закрепленных за одним станком в течение года. Приняты следующие значения коэффициента серийности:

- для массового производства  $k_c = 1$ ;
- для крупносерийного  $k_c = 2 - 10$ ;
- для среднесерийного  $k_c = 10 - 20$ ;
- для мелкосерийного  $k_c > 20$ .

Однако при расчете коэффициента серийности по формуле (1) для массового производства, как правило, будут получаться значения  $k_c \neq 1$ . Исходя из этой формулы коэффициент серийности представляет собой величину, обратную коэффициенту загрузки оборудования, практические значения которой с учетом различных потерь для поточных линий массового производства (см. раздел «Спределение потребного количества оборудования и построение графиков») составляют  $\eta_{згр} \geq 0,65 - 0,77$ . Коэффициент серийности, подсчитанный по формуле, составит в этом случае  $k_c = 1,3 - 1,54$ .

Иногда в условиях массового производства при использовании оборудования, имеющего резерв производительности, которое в то же время нецелесообразно или даже невозможно переналаживать, может иметь место еще меньший коэффициент загрузки.

На рис. 4 видно, что для условий массового непрерывнопоточного производства расчетные значения коэффициента серийности могут

быть в пределах  $2 > k_c > 1$ . Очевидно также, что в случае приближения расчетного значения коэффициента серийности к 2 следует проанализировать возможность более эффективного использования оборудования, например организацией производства на базе переменноточных линий и т. п. (хотя, как указывалось выше, это не всегда оказывается возможным).

Величина такта выпуска рассчитывается по формуле

$$t_b = \frac{F_d \cdot 60}{N} \text{ мин/шт}, \quad (2)$$

где  $F_d$  — действительный годовой фонд времени работы оборудования (табл. 3 и 5), ч/см;

$N$  — годовая программа выпуска деталей, шт.

В задании на курсовое проектирование может быть указана годовая программа выпуска изделий, тогда программу в штуках необходимо вычислить по формуле

$$N = N_1 m \left( 1 + \frac{\beta}{100} \right) \text{ шт.}, \quad (3)$$

где  $N_1$  — годовая программа выпуска изделий, шт.;

$m$  — количество деталей данного наименования на изделие;

$\beta$  — количество деталей, которое необходимо изготовить дополнительно в качестве запасных частей, заданное в процентах от годовой программы.

Для определения среднего штучного или штучно-калькуляционного времени по операциям можно воспользоваться нормировочными данными из существующего на производстве технологического процесса по аналогичной детали или произвести укрупненное нормирование вновь разрабатываемого технологического процесса. Последнее можно выполнить, пользуясь методом приближенного определения норм времени по таблицам, приведенным в приложении 1.

Как в первом, так и во втором случае  $T_{шт_i}$  следует брать для расчета из основных операций, исключая промывку деталей, снятие фасок, зачистку, термообработку и т. п. Это упростит расчеты и не приведет к существенным ошибкам в значениях коэффициента серийности.

Если некоторые отдельные операции имеют  $T_{шт_i}$ , значительно большее  $t_b$ , а следовательно, выполняются на нескольких станках-дублерах (зубообработка, шлифование и т. п.), то, рассчитывая среднее штучное время, следует для этих операций в качестве  $T_{шт_i}$  принять значение  $t_b$ . В противном случае среднее штучное время получится больше такта, а расчетный коэффициент серийности — меньше единицы.

Формула для расчета среднего штучного времени имеет следующий вид:

$$T_{шт(штк) ср} = \frac{\sum_1^n T_{шт(штк)_i}}{n} \text{ мин.}, \quad (4)$$

где  $T_{шт(шт)}$  — штучное или штучно-калькуляционное время на каждой операции, мин;  
 $n$  — число операций.

В серийном производстве количество деталей в партии для одно-временного запуска, согласно рекомендациям [3], допускается определять упрощенным способом:

$$n = \frac{Na}{F} \text{ шт.}, \quad (5)$$

где  $N$  — годовая программа выпуска деталей, шт.;

$a$  — число дней, на которое необходимо иметь запас деталей (периодичность запуска — выпуска, соответствующая потребности сборки);

$F$  — число рабочих дней в году.

В практике машиностроительных заводов принимаются унифицированные величины периодичности изготовления партии деталей, кратные друг другу, продолжительности рабочего месяца, квартала, полугодия и года. При пятидневной рабочей неделе условно принимается количество рабочих дней в месяце 20. Тогда число дней, на которое необходимо иметь запас деталей на складе, составит 1, 2, 5, 10 дней, 1 месяц (20 дней).

Желательно, чтобы в течение месяца было произведено не более трех-четыре запуска партии деталей, этому условно наиболее соответствует периодичность 5, 10 дней.

В данном случае для определения размера партии количество рабочих дней в году можно принять кратным 20, т. е.  $20 \times 12 = 240$ .

Приведенная выше формула позволяет приближенно определить размер партии, который должен быть в дальнейшем скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. С этой целью размер партии устанавливается исходя из полной загрузки основного оборудования, или основных рабочих мест, в течение целого числа смен: в непоточном производстве не менее целой смены, а в поточном — кратко двум сменам (в целях обеспечения возможности переналадки оборудования в нерабочее время).

Расчеты по определению типа производства и размера партии следует оформить в виде формуляров, образцы которых приведены в приложении XVIII.

При определении фонда времени работы оборудования и рабочих приняты следующие исходные данные:

Полное (календарное) количество дней в году . . . . .	365
Количество дней отдыха . . . . .	104
Праздничных дней . . . . .	8
Количество дней, сокращенных на один час в предпраздничные дни . . . . .	6
Количество рабочих дней в году	$365 - (104 + 8) = 253$
Количество рабочих дней с полной продолжительностью рабочей смены	$253 - 6 = 247$
Продолжительность рабочей недели, ч . . . . .	41
Продолжительность смены, ч . . . . .	8,2

Номинальный годовой фонд времени в соответствии с режимом работы предприятия и нормальными производственными условиями приводится в табл. 3.

3. Номинальный годовой фонд времени в часах (при 41-часовой неделе и 8 праздничных днях)

Работа оборудования		Количество рабочих часов рабочего
в одну смену	в две смены	
$8,2 \times 247 = 2025,4$		$8,2 \times 247 = 2025,4$
$7,2 \times 6 = 43,2$		$7,2 \times 6 = 43,2$
$2025,4 + 43,2 = 2068,6$	$2070 + 2070 = 4140$	$2025,4 + 43,2 = 2068,6$
Принимаем для расчетов 2070		Принимаем 2070

4. Действительный годовой фонд времени

Номинальный годовой фонд времени, ч	Продолжительность отпусков, дней	Потери от номинального фонда, %	Действительный (расчетный) годовой фонд времени, ч
2070	15	10	1860
2070	18	11	1840
2070	24	13	1800

5. Действительный (расчетный) годовой фонд времени работы оборудования и рабочих мест

Наименование оборудования	В одну смену			В две смены		
	номинальный годовой фонд, ч	потери от номинального фонда, %	действительный годовой фонд, ч	номинальный годовой фонд, ч	потери от номинального фонда, %	действительный годовой фонд, ч
1	2	3	4	5	6	7
Металлорежущие станки I—30-й категории ремонтной сложности	2070	2	2030	4140	3	4015
Металлорежущие станки свыше 30-й категории ремонтной сложности				4140	6	3890
Автоматические линии				4140	10	3725
Поточные линии				4140	4	3975
Рабочие места без оборудования (верстаки, столы и т. п.)	2070	—	2070	4140	—	4140

Действительный годовой фонд времени — номинальный фонд времени за вычетом неизбежных потерь, к которым относятся:

а) потери в связи с профотпусками, дополнительными отпусками за непрерывную работу свыше двух лет, болезнями, отпусками по беременности, кормлением грудных детей, сокращенным рабочим днем подростков и т. п. (табл. 4);

б) потери вследствие простоев оборудования при плановом ремонте (табл. 5).

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Работа по подготовке к выполнению курсового проекта начинается во время прохождения студентами производственной технологической практики, когда изучаются действующие на производстве технологические процессы, оборудование, оснастка, экономические, организационные вопросы и т. д. При изучении существующих процессов ставятся задачи их глубокого анализа, так как без него невозможно оценить технологический процесс и, следовательно, высказать какие-то предложения по его улучшению и модернизации.

Анализ существующего технологического процесса должен быть проведен с точки зрения обеспечения заданного качества продукции. Иными словами, при анализе технологического процесса следует выяснить, правильно ли он составлен для обеспечения требований чертежа и соблюдаются ли все требования технологического процесса в цехе.

Для выполнения этой работы в определенной последовательности можно рекомендовать следующий примерный перечень вопросов:

а) рациональность метода получения заготовки для данного масштаба производства;

б) соответствие реальной заготовки чертежу в отношении фактических припусков на обработку и выполнения прочих технических требований;

в) правильность выбора черновых, чистовых и промежуточных баз на операциях технологического процесса, соблюдение принципа единства технологических баз;

г) правильность установки последовательности операций процесса для достижения заданной точности детали;

д) соответствие параметров установленного оборудования требованиям данной операции;

е) соответствие режимов резания прогрессивным;

ж) степень оснащенности операций;

з) применимость высокопроизводительного режущего инструмента и новых марок материалов его режущей части;

и) соблюдение технологического процесса на операциях и качество обработки деталей;

к) степень концентрации операций технологического процесса и т. д.

Качество обработки деталей на каждой операции оценивается на основании данных о браке. Первоначальным источником о коли-

честве брака по операциям могут служить данные, полученные из отдела технического контроля. Однако для большей объективности следует руководствоваться личными наблюдениями и результатами измерений важнейших параметров на операциях технологического процесса.

Следует также проанализировать причины появления брака и обратить внимание на реальное состояние оборудования в отношении возможности обеспечения заданной точности на операциях.

Правильность разработки технологического процесса и выбора оборудования целесообразно оценить с помощью таких количественных показателей, как коэффициент загрузки оборудования, коэффициент использования оборудования по основному времени и по мощности. Способ определения этих коэффициентов дан в разделе «Определение потребного количества оборудования и построение графиков».

Экономические показатели существующего технологического процесса по операциям на данном этапе проектирования сводятся к определению технологической себестоимости, так как сопоставление вариантов предлагаемого процесса с существующим достаточно произвести на основании этого показателя.

Результаты анализа существующего технологического процесса должны быть детально изложены в соответствующем разделе расчетно-пояснительной записки, так как именно анализ может дать предпосылки для разработки варианта процесса.

Поэтому совершенно недопустимо заменять анализ технологического процесса простым его описанием или переписыванием сведений из технологических карт. Анализ целесообразно выполнять со ссылками на технологические карты.

Следует заметить, что при разработке курсового проекта перед студентом не ставится задача коренной переработки существующей технологии, если это не диктуется соответствующими особыми условиями, например резким увеличением производственной программы, связанным с изменением типа производства и т. п. В большинстве случаев оказывается вполне достаточным рассмотреть варианты по изменению нескольких, а иногда двух-трех технологических операций и сопоставить их по методике, предлагаемой в следующем разделе.

## ВЫБОР ЗАГОТОВКИ

### Общие рекомендации

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку — значит установить способ ее получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на неточность изготовления.

Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные, так как между

ними существует тесная взаимосвязь. Окончательное решение можно принять только после экономического комплексного расчета себестоимости заготовки и механической обработки в целом.

При выполнении курсового проекта делается краткий анализ существующего способа получения заготовки на заводе. В анализе должны быть отражены: экономичность способа в условиях завода; технологический процесс получения заготовки, который иллюстрируется эскизами; оснащенность технологического процесса, элементы его механизации и автоматизации, качество заготовки, неполадки в технологическом процессе, причины брака и методы его устранения. Следует также выявить основные технико-экономические показатели процесса получения заготовки на заводе, как-то: себестоимость, процент использования материала, трудоемкость и производительность на отдельных операциях.

На основании произведенного анализа, изучения передовых методов получения аналогичных заготовок на данном заводе и других предприятиях, а также литературных данных [1, 4, 5, 6] следует предложить наиболее рациональный способ получения заготовки, который будет экономически оправдан в перспективе завода. При выборе способа получения заготовки необходимо стремиться к максимальному приближению формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали и снижению трудоемкости заготовительных операций. По предлагаемому способу получения заготовки необходимо доказать его экономическую целесообразность, а для этого произвести расчет по методу, приведенному в разделе «Выбор варианта технологического маршрута и его технико-экономическое обоснование» данного пособия.

#### Заготовки из калиброванного материала

Крепежные детали, пальцы, толкатели клапанов, ролики, шарики, мелкие ступенчатые валики и другие детали необходимо проектировать в массовом, крупносерийном и среднесерийном производстве на прессах-автоматах холодной высадки из калиброванного прутка диаметром до 25 мм. Холодная высадка обеспечивает точность размеров по 2—5-му классам и чистоту поверхности по 6—7-му классам. Экономия металла при холодной высадке достигает 40% по сравнению с изготовлением деталей со снятием стружки. Производительность автоматов 30—400 шт/мин. Если форма деталей не позволяет изготавливать заготовку холодной высадкой, необходимо их проектировать для обработки на токарных автоматах и револьверных станках. Для условий цангового зажима следует проектировать холоднотянутый прокат 2а—5-го классов точности. Для деталей, обрабатываемых по всей поверхности, необходимо выбирать прокат 5-го класса точности как более дешевый. Если наибольший диаметр детали не требует обработки и деталь шлифуется на бесцентрово-шлифовальном станке, ее следует изготавливать из проката 4-го класса точности. В тех случаях, когда часть детали не обрабатывается (или отрезается) и является посадочной, размер проката выбирается в соответствии с классом точности чертежа, согласно ГОСТ 7417—57 по табл. 6.

6. Сталь калиброванная круглая (ГОСТ 7417—57)

Диаметр, мм	Допустимые отклонения по диаметру (—) при классах точности, мм				
	2а	3	3а	4	5
3,0	0,014	0,020	0,040	0,06	0,12
От 3,1 до 4,2 через каждые 0,1; 4,4; 4,5; 4,6; 4,8; 4,9; 5,0; 5,2; 5,3; 5,5; 5,6; 5,8; 6,0;	0,018	0,025	0,048	0,08	0,16
6,1; 6,3; 6,5; 6,7; 6,9; 7,0; 7,1; 7,3; 7,5; 7,8; 8,0; 8,2; 8,5; 8,8; 9,0; 9,2; 9,5; 9,8; 10,0	0,022	0,030	0,058	0,10	0,20
10,2; 10,5; 10,8; 11,0; 11,2; 11,5; 11,8; 12,0; 12,2; 12,5; 12,8; от 13,0 до 18,0 через каждые 0,5	0,027	0,035	0,070	0,12	0,24
От 18,5 до 22,0 через каждые 0,5; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30	0,033	0,045	0,084	0,14	0,28
От 31 до 42 через 1,0; 44; 45; 46; 48; 49; 50	—	0,050	0,100	0,17	0,34
52; 53; 55; 56; 58; 60; 61; 63; 65	—	0,060	0,120	0,20	0,40
67; 69; 70; 71; 73; 75; 78; 80	—	—	—	0,20	0,40
82; 85; 88; 90; 95; 98; 100	—	—	—	0,23	0,46

На токарных автоматах и револьверных станках можно изготавливать детали из пруткового материала диаметром до 100 мм.

#### Штампованные заготовки

Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) получают поковки массой 0,1—100 кг с максимальным диаметром 315 мм. Штамповка на ГКМ является одним из производительных способов и может быть рентабельной для определенного вида заготовок. Производительность до 400 поковок в час. Штамповка производится из прутков и труб горячекатаного металла повышенной точности длиной до 4 м и диаметром от 20 до 270 мм. Иногда используют холоднотянутую сталь, что значительно повышает точность поковки. Допуски и припуски на поковки, изготавливаемые на ГКМ, регламентируются ГОСТ 7505—55.

На ГКМ изготавливаются следующие поковки: конические шестерни с валом, цилиндрические шестерни с валом, кольца, втулки, шестерни, шестерни с фланцем, двухвенцовые шестерни, втулки с квадратным фланцем и т. д. (рис. 5).

В том случае, когда поковку невозможно выполнить на ГКМ, необходимо проектировать штамповку на кривошипных прессах. На прессах можно штамповать детали весом до 200 кг типа плоских поковок (штампующих в торец), шестерен, крестовин с круглой ступицей, круглых и квадратных фланцев со ступицами, ступенчатых валов,

валов-шестерен, поворотных кулаков, рычагов, шатунов, коленчатых валов и т. д. (рис. 6).

Штамповка на кривошипных прессах в 2—3 раза производительнее, припуски и допуски на 20—35% ниже по сравнению со штамповкой на молотах, расход металла на поковки снижается на 10—15%.

При штамповке необходимо широко использовать профильный прокат или подкат, полученный на ковочных вальцах. Допуски и при-

пуски штампуемых заготовок на кривошипных прессах принимают по ГОСТ 7505—55. К первой группе (высокая точность) необходимо относить детали массового производства (кузнечного цеха), ко второй группе (повышенной точности) — детали крупносерийного и среднесерийного производства.

#### Отливки

Точность отливок в песчаные (земляные) формы и припуски на обработку регламентируются для чугунных деталей (в том числе и для деталей из ковкого чугуна) ГОСТ 1855—55 и для стальных деталей ГОСТ 2009—55.

Установлено три класса точности отливок, одинаковых для чугунных и стальных заготовок (табл. 7). При выборе литой заготовки в первую очередь следует определить класс точности в зависимости от масштаба произ-

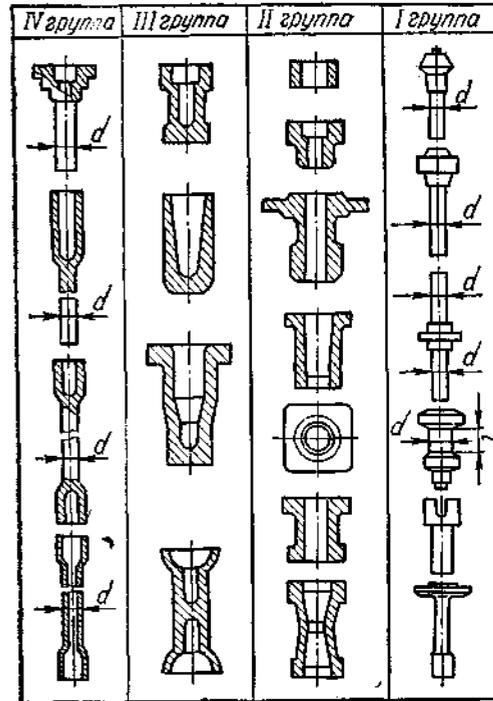


Рис. 5. Классификация поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах [1]

водства и способа получения отливки, который обуславливается характером технологической оснастки литейного цеха и механизацией процессов сборки и изготовления форм и стержней. Данные для выбора класса точности отливок приведены в табл. 8. Следует учитывать, что основным фактором, определяющим выбор класса точности отливки, является себестоимость, которая при выборе отливки более высокого класса должна быть компенсирована снижением металлоемкости и стоимости механической обработки.

Стальные отливки сложной формы весом 50—500 г рекомендуется отливать по выплавляемым моделям, при этом обеспечиваются 4—5-й классы точности по ОСТ 1010 и чистота поверхности по 3—4-му классам.

Литье массой от 5 г до 500 кг в металлических формах (кокилях) в массовом и серийном производстве отливается главным образом из алюминия. Точность размеров отливок обеспечивается по 5—8-му классам ОСТ 1010, а чистота — по 3—5-му классам

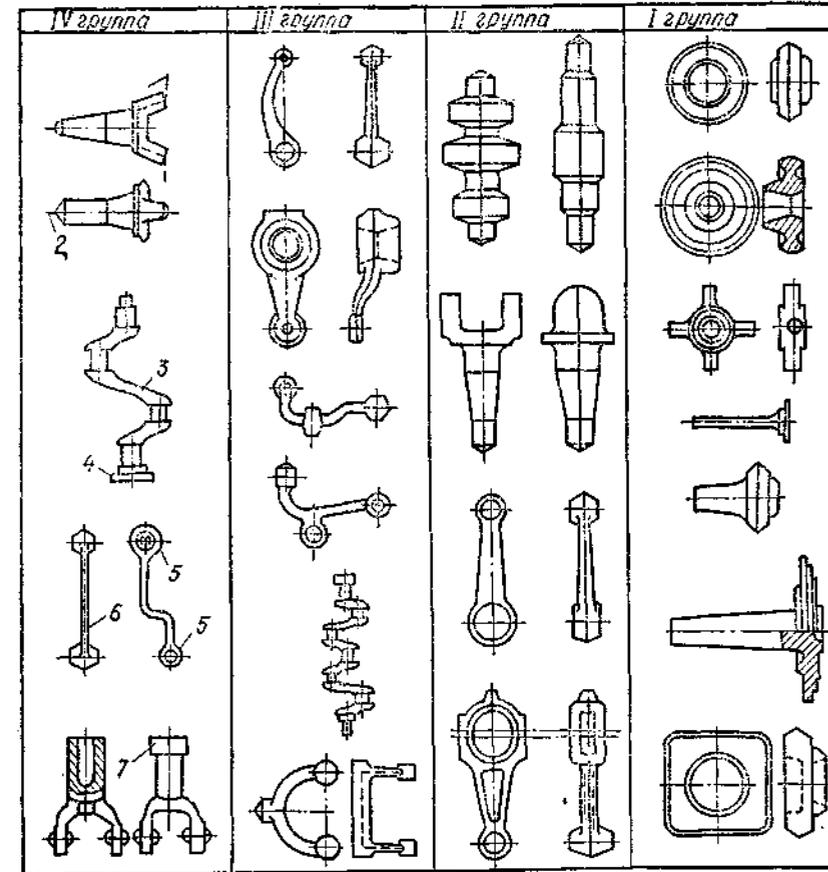


Рис. 6. Классификация поковок, штампуемых на молотах и горячештамповочных прессах [1]:

1 — разъем на прессе; 2 — разъем на молоте; 3 — штамповка на прессе; 4 — фланец штампуется на горизонтально-ковочной машине; 5 — головки после штамповки на горизонтально-ковочной машине штампованы на прессе; 6 — стержень согнут на горизонтально-гибочной машине; 7 — штамповка на молоте или прессе, высадка на горизонтально-ковочной машине

Литье в металлических формах под давлением производится для цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Отливки изготавливаются массой от 0,1 до 20 кг. Точность отливок 4—5-го классов, отдельные размеры могут достигать 3-го класса точности. Чистота поверхности алюминиевых отливок обеспечивается по 5—8-му классам.

### 7. Допустимые отклонения по размерам отливок из серого чугуна и стали

Наибольшие габариты отливки, мм	Номинальный размер части отливок, на который дается допуск, мм						
	До 60	50—120	120—260	260—500	500—800	800—1250	1250—2000
<i>1-й класс точности</i>							
До 120	±0,2	±0,3	—	—	—	—	—
120—260	±0,3	±0,4	±0,6	—	—	—	—
260—500	±0,4	±0,6	±0,8	±1,0	—	—	—
500—1250	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2	±1,4	±1,6	—
1250—3150	±0,8	±1,0	±1,2	±1,4	±1,6	±2,0	±2,5
3150—5000	±1,0	±1,2	±1,5	±1,8	±2,0	±2,5	±3,0
<i>2-й класс точности</i>							
До 260	±0,5	±0,8	±1,0	—	—	—	—
260—500	±0,8	±1,0	±1,2	±1,5	—	—	—
500—1250	±1,0	±1,2	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	—
1250—3150	±1,2	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	±4,0	±5,0
3150—6300	±1,5	±1,8	±2,2	±3,0	±4,0	±5,0	±6,0

Примечание. 3-й класс точности предназначается для единичного производства.

### 8. Зависимость класса точности отливок от характера производства

Класс точности	Характер производства	Количество изделий в год	Оснастка	Изготовление	
				форм	стержней
1	От крупносерийного до массового	> 10 000	Металлические модели и стержневые ящики, кондукторы жней для калибровки стержней	Машинная сборка стержней в кондукторах	Машинное калибрование в кондукторах перед сборкой
2	От серийного до крупносерийного	1000—10000	Металлические модели и стержневые ящики	Машинное	Крупных — машинное, мелких — ручное

Рентабельно применять этот метод для массового и серийного производства с выпуском 2000 деталей в год и более. Под давлением отливают блоки цилиндров, поршни, корпуса коробок передач, рукава швейных машин, армированные детали (втулки, кольца и т. д.) и др.

### Экономическое обоснование выбора заготовки

При выборе вида заготовки для вновь проектируемого технологического процесса возможны следующие варианты.

1. Метод получения заготовки принимается аналогичным существующему в данном производстве.

2. Метод получения заготовки изменяется, однако это обстоятельство не вызывает изменений в технологическом процессе механической обработки.

3. Метод получения заготовки изменяется и в результате этого существенно изменяется ряд операций механической обработки детали.

В первом случае достаточно ограничиться ссылкой на справочную литературу, где для данных условий рекомендован этот вариант как оптимальный. Так как стоимость заготовки не изменяется, то она не учитывается при определении технологической себестоимости.

Во втором случае предпочтительнее отдавать заготовке, характеризующейся лучшим использованием металла и меньшей стоимостью. Методика определения стоимости заготовки приводится ниже. Стоимость заготовки учитывается при расчете технологической себестоимости.

В двух рассмотренных случаях имеется полная возможность принять окончательное решение относительно вида заготовки и рассчитать ее стоимость до определения технологической себестоимости варианта процесса.

В третьем случае вопрос о целесообразности определенного вида заготовки может быть решен лишь после расчета технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам. Предпочтение следует отдавать той заготовке, которая обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали. Если же сопоставляемые варианты по технологической себестоимости оказываются равноценными, то предпочтительным следует считать вариант заготовки с более высоким коэффициентом использования материала.

Если деталь изготавливается из проката, то затраты на заготовку определяются по весу проката, требующегося на изготовление детали, и весу сдаваемой стружки. При этом принимается во внимание стандартная длина прутков:

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000} \text{ руб.}, \quad (6)$$

где  $Q$  — масса заготовки, кг;  
 $S$  — цена 1 кг материала заготовки, руб.;  
 $q$  — масса готовой детали, кг;  
 $S_{отх}$  — цена 1 т отходов, руб.

Стоимость некоторых металлов и заготовительные цены на стружку черных и цветных металлов приводятся в табл. 9 и 10.

Стоимость заготовок, получаемых такими методами, как литье в обычные земляные формы и кокилы, литье по выплавляемым моде-

9. Оптовые цены на некоторые металлы (прейскуранты № 01-02, 01-03, 01-04, 02-06)

Наименование	Марка	Цена за тонну в руб. и коп.	
		от	до
1	2	3	4

Сталь обыкновенного качества

Сталь углеродистая круглая и квадратная	Ст. 0	83—90	95—40
	Ст. 3	92—30	104—00
	Ст. 4, Ст. 5		

Сталь качественная сортовая круглая, квадратная и шестигранная

Углеродистая сталь 10, 20, 30, 40, 45, 50, 55		106—00	122—00
Углеродистая сталь 40 селект, 45 селект		130—00	157—00
Легированная 15X, 20X, 30X, 35X, 40X, 45X, 50X		118—00	134—00
Легированная 18ХГТ		178—00	119—00
» 30ХГТ		178—00	199—00
» 20ХГР		126—00	143—00
» 15ХГС, 30ХГС		128—00	153—00
» 12ХНЗА, 20ХНЗА		241—00	266—00
» 20ХНР		158—00	175—00
Автоматная сталь А12, А20, А30, А40Г		117—00	135—00
Шарикоподшипниковая сталь ШХ9, ШХ15		152—00	173—00
Шарикоподшипниковая сталь ШХ15С		611—00	629—00
Шарикоподшипниковая сталь ШХ15СГ		158—00	181—00

Сталь качественная инструментальная

Углеродистая У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13		115—00	139—00
Углеродистая У7А, У8А, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А		131—00	157—00
Легированная ХВГ		326—00	360—00
Быстрорежущая Р18 (прутки Ø 32—50 мм)		2510—00	
Быстрорежущая Р9 (прутки Ø 32—50 мм)		1770—00	
Быстрорежущая Р9Ф5 (прутки Ø 32—50 мм)		2210—00	
Быстрорежущая Р9К10 (прутки Ø 32—50 мм)		5680—00	

Сталь качественная калиброванная (холоднотянутая)

Углеродистая сталь 35, 40, 45, 50, 55, 60		125—00	160—00
Автоматная сталь А12, А20		131—00	166—00
Шарикоподшипниковая сталь ШХ9, ШХ15		213—00	294—00

Трубы стальные бесшовные (цена за 10 пог. м трубы)

Трубы стальные холоднотянутые и холоднокатанные из стали марок 08—60:			
Ø 55 мм стенка 10 мм		21—90	
Ø 70 мм » 10 мм		29—50	
Ø 90 мм » 10 мм		37—00	
Трубы стальные горячекатаные (цена за тонну):			
Ø 102 мм стенка 20 мм		144—00	
Ø 121 мм » 25 мм		141—00	
Ø 152 мм » 36 мм		136—00	

Продолжение табл. 9

1	2	3	4
Трубы подшипниковые из стали ШХ15 (цена за тонну):			
« Ø 91 мм стенка 10—11 мм			293—00
» » 18—19 мм			258—00
Прокатно-тянутые изделия из цветных металлов и сплавов			
Прутки латунные Л62, класс точности 4-й:			
Ø 17—20 мм			915—00
Ø 35—40 мм			900—00
Прутки латунные ЛС59-1 и ЛСЖ58-1-1:			
Ø 17—20 мм			775—00
Ø 35—40 мм			770—00
Прутки из алюминивно-магниевого сплава АМГ-3:			
Ø 13—19 мм			1130—00
Ø 28—44 мм			1040—00
Прутки бронзовые. Бр. ОЦ4-3 тянутые:			
Ø 17—20 мм			1750—00
Ø 35—40 мм			1690—00

Примечание. При выборе цен учитывать, что пределы «от» и «до» указаны для диаметров от 8 до 250 мм для сталей. Большие цены для меньших диаметров. По автоматным сталям диаметры от 8 до 100 мм.

10. Заготовительные цены на одну тонну стружки черных и цветных металлов, руб.

Тип отходов	Стоимость
Стальная и чугунная стружка для доменных печей	14,4
Лом и отходы легированной стали	29,8
Лом и отходы шарикоподшипниковой стали	38,00
Лом и отходы алюминиевых сплавов (стружка)	146,00
Латунная стружка	319,00
Лом и отходы оловянистой бронзы	443,00

лям, литые под давлением, горячая штамповка на молотах, прессах, ГКМ, а также электровысадкой, можно с достаточной для курсового проектирования точностью определить по формуле

$$S_{згг} = \left( \frac{C_1}{1000} Q k_t k_c k_b k_m k_n \right) - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000} \text{ руб.}; \quad (7)$$

где  $C_1$  — базовая стоимость 1 тонны заготовок, руб.;  $k_t, k_c, k_b, k_m, k_n$  — коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

Для отливок, полученных литьем в обычных земляных формах и кокилях, рекомендуется пользоваться нижеприведенными данными. Базовая стоимость одной тонны отливок  $C_1 = 290$  руб. (отливки из серого чугуна марок СЧ-00; СЧ 12-28; СЧ 15-32; СЧ 18-36 массой

1—3 кг, 3-го класса точности по ГОСТ 1855—55, 3-й группы сложности и 3-й группы серийности. Прейскурант № 25-01, 1970 г.).

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от точности отливок значения коэффициента  $k_T$ :

для отливок из черных металлов:	
1-й класс точности	1,06
2-й класс точности	1,03
3-й класс точности	1
для отливок из цветных металлов (по АН-1026—55):	
4-й класс точности	1,1
5-й класс точности	1,05
6-й класс точности	1

б) в зависимости от марки материала значения коэффициента  $k_M$  следующие:

Чугун	
СЧ 00; СЧ 12-28; СЧ 15-32; СЧ 18-36	1
СЧ 24-44; СЧ 32-52; СЧ 28-48	1,09
СЧ 35-56; СЧ 38-60	1,1
ВЧ 45-0; ВЧ 50-1,5; ВЧ 60-2	1,24
КЧ 30-6; КЧ 33-8; КЧ 35-10; КЧ 37-12	1,15
Сталь	
Углеродистая	1,21
Низколегированная	1,60
Легированная	2,20—2,60
Сплавы цветных металлов	
Алюминиевые сплавы	5,10
Магниеые сплавы	9,15
Медноцинковые сплавы и бронзы, оловянистые	4,15
Бронзы оловянисто-свинцовые	5,40
Цинковые сплавы	3,40

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок  $k_c$ , массы отливок  $k_a$  и объема производства  $k_n$ , определяются по табл. 11.

Чтобы определить коэффициент  $k_n$ , для курсового проектирования в качестве объема производства можно принимать годовую программу. Для этого необходимо сначала установить группу серийности по табл. 12, а затем на основании группы серийности по табл. 11 найти значения  $k_n$ .

11. Значение коэффициентов  $k_c$ ,  $k_a$  и  $k_n$

Материал отливки	$k_c$				
	Группы сложности				
	1	2	3	4	5
Чугун, сталь	0,7	0,83	1	1,2	1,45
Алюминиевые сплавы	0,82	0,89	1	1,1	1,22
Магниеые сплавы	0,82	0,9	1	1,11	1,25
Медные сплавы и бронза	0,97	0,98	1	1,02	1,04
Цинковые сплавы	0,92	0,96	1	1,05	1,11

Продолжение табл. 11

Масса отливки, кг	$k_B$				
	Материал отливок				
	чугун	сталь	алюминиевые сплавы	магниеые сплавы	бронза и цинковые сплавы
0,5—1	1,1	1,07	1,05	1,07	1,01
1—3	1	1	1	1	1
3—10	0,91	0,93	0,96	0,97	0,99
10—20	0,84	0,87	0,94	0,94	0,99
20—50	0,8	0,82	0,92	0,91	0,98
50—200	0,74	0,78	0,89	0,88	0,97
200—500	0,67	0,74	0,87	0,78	0,96

Материал отливки	$k_n$				
	Группа серийности				
	1	2	3	4	5
Чугун	0,52	0,76	1	1,2	1,44
Сталь	0,5	0,77	1	1,2	1,48
Алюминиевые сплавы	0,77	0,9	1	1,11	1,22
Магниеые сплавы	0,82	0,92	1	1,1	1,17
Медноцинковые сплавы и бронза	0,91	0,96	1	1,05	1,08
Сплавы из цинка	0,85	0,93	1	1,06	1,14

12. Группы серийности отливок в зависимости от способа получения и объема производства

Масса отливки, кг	Объем (тыс. шт) при группах серийности		
	1	2	3

Литье в обычные земляные формы и кокилы

0,5—1	> 500	100—500	< 100
1—3	> 350	75—350	< 75
3—10	> 200	30—200	< 30
10—20	> 100	15—100	< 15
20—50	> 60	10—60	< 10
50—200	> 40	7,5—40	< 7,5
200—500	> 25	4,5—25	< 4,5

Литье по выплавляемым моделям

0,1—0,2	> 400	300—400	< 300
0,2—0,5	> 300	225—300	< 225
0,5—1	> 15	11—15	< 11
1—2	> 12	9—12	< 9
2—5	> 10	7—10	< 7
5—10	> 4	3—4	< 3
10	> 2	2—3	< 2

Продолжение табл. 12

Масса отливки, кг	Объем (тыс. шт) при группах серийности		
	1	2	3
<i>Литье под давлением</i>			
0,1—0,2	>600	450—600	<450
0,2—0,5	>500	375—500	<375
0,5—1	>400	300—400	<300
1—2	>300	225—300	<225
2—5	>200	150—200	<150
5—10	>100	75—100	<75
>10	>50	35—50	<35

Для отливок, полученных литьем по выплавляемым моделям, за базовую принята стоимость одной тонны  $C_2 = 1600$  руб. (отливки из углеродистой стали, массой 0,1—0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности. Прейскурант 25—01, 1970 г.).

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от точности отливок значения коэффициента  $k_T$  принимаются:

1-й класс точности (ГОСТ 1855—55)	1,1
2-й класс точности (АН 1026—55)	1,05
3-й класс точности то же	1

б) в зависимости от материала отливок значения коэффициента  $k_M$  следующие:

Сталь углеродистая	1
Сталь низколегированная	1,04
Сталь высоколегированная	1,23
Медные сплавы	1,65
Бронза безоловянистая	1,52
Бронза оловянистая	1,83

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок  $k_C$  и массы  $k_B$ , принимаются по табл. 13.

13. Значения коэффициентов  $k_C$  и  $k_B$

Материал отливки	$k_C$				
	Группа сложности				
	1	2	3	4	5
Сталь углеродистая	0,86	0,92	1	1,12	1,24
Сталь низколегированная	0,86	0,93	1	1,11	1,23
Сталь высоколегированная	0,85	0,90	1	1,12	1,26
Медные сплавы	0,865	0,925	1	1,15	1,26
Бронза безоловянистая	0,9	0,95	1	1,08	1,19
Бронза оловянистая	0,92	0,95	1	1,10	1,15

Продолжение табл. 13

Масса отливки, кг	$k_B$				
	Материал отливок				
	Сталь углеродистая и низколегированная	Сталь высоколегированная	Медный сплав	Бронза безоловянистая	Бронза оловянистая
0,05—0,10	1,37	1,31	1,20	1,30	1,30
0,10—0,20	1	1	1	1	1
0,20—0,50	0,75	0,78	0,95	0,79	0,83
0,50—1	0,7	0,74	0,89	0,76	0,80
1,00—2	0,62	0,63	0,86	0,71	0,76
2—5	0,50	0,53	0,82	0,64	0,70
5,00—10	0,45	0,48	0,78	0,61	0,67
>10	0,38	0,40	0,72	0,57	0,64

Коэффициент  $k_T$  для отливок, получаемых по выплавляемым моделям, определяется независимо от марки материала отливки. Группа серийности, на основании которой выбираются значения коэффициента  $k_T$ , приведена в табл. 12.

Значения коэффициента  $k_T$  в зависимости от группы серийности составляют:

1-я группа серийности	0,83
2-я группа серийности	1,00
3-я группа серийности	1,23

Для отливок, полученных литьем под давлением, в качестве базовой принята стоимость одной тонны отливок  $C_2 = 1780$  руб. (Отливки из алюминиевых сплавов, массой 0,1—0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности. Прейскурант 25—01, 1970 г.).

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от класса точности (по АН 1026—55) значения коэффициента  $k_T$  составляют:

1-й класс точности	1,05
2-й класс точности	1

б) в зависимости от материала отливок коэффициент  $k_M$  принимается:

Алюминиевые сплавы	1
Магниеые сплавы	1,5
Медные сплавы	0,93
Цинковые сплавы	0,81

Значения коэффициентов  $k_C$ ,  $k_B$  и  $k_T$  приведены в табл. 14. Группа серийности принимается по табл. 12.

Отнесение отливок к той или иной группе сложности можно сделать по следующим признакам [1].

Группа — удлиненные детали типа тел вращения, которые можно отливать не только стационарным, но и центробежным способом. К ним относятся простые и биметаллические вкладыши, некоторые втулки и гильзы, трубы, цилиндры, некоторые типы шпинделей

14. Значения коэффициентов  $k_c$ ,  $k_b$  и  $k_n$

$k_o$				
Материал отливки	Группы сложности			
	1	2	3	4
Алюминиевые сплавы	0,88	0,94	1	1,07
Магнєвые сплавы	0,85	0,92	1	1,07
Медные сплавы	0,90	0,95	1	1,07
Цинковые сплавы	0,88	0,93	1	1,07

$k_b$				
Масса отливки, кг	Материал отливки			
	Алюминиевые сплавы	Магнєвые сплавы	Медные сплавы	Цинковые сплавы
0,1—0,2	1	1	1	1
0,2—0,5	0,90	0,85	0,89	0,91
0,5—1	0,81	0,75	0,81	0,82
1—2	0,75	0,68	0,75	0,75
2—5	0,69	0,61	0,71	0,7
5—10	0,64	0,57	0,67	0,63
> 10	0,62	0,55	0,65	0,61

$k_n$			
Материал отливки	Группа серийности		
	1	2	3
Алюминиевые сплавы	0,92	1	1,09
Магнєвые сплавы	0,88	1	1,08
Медные сплавы	0,93	1	1,07
Цинковые сплавы	0,93	1	1,07

с фланцами, коленчатые и распределительные валы и др. Отношение длины к диаметру у таких деталей больше единицы.

II группа — детали типа дисков: маховики и основные диски муфт сцепления, шкивы, диски, корпуса подшипников.

III группа — простые по конфигурации коробчатые плоские детали, для формовки которых не требуется большого количества стержней. К этой группе относятся передние, боковые и нижние крышки двигателей; крышки коробок скоростей, передних бабок и других корпусных деталей; суппорты станков; кронштейны; планки; вилки; рычаги.

IV группа — закрытые корпусные детали коробчатого типа, внутри которых монтируются механизмы машин. Это — блоки и головки цилиндров автомобильных, тракторных и других двигателей; корпуса коробок передач; картеры двигателей; корпуса мостов автомобилей и тракторов; картеры рулевого управления; передние бабки, коробки подач и фартуки токарных станков, коробки скоростей и подач

сверлильных станков и другие детали сложной формы, для изготовления которых требуется значительное количество стержней при формовке.

V группа — крупные и тяжелые коробчатые детали, на которых обычно монтируются узлы и механизмы машин. К ним можно отнести коробчатые литые рамы тракторов и сельскохозяйственных машин, станины металлорежущих станков и литейных машин, а также прессов, компрессоров и других машин. Внутри таких деталей обычно не монтируются какие-либо механизмы, т. е. они служат как несущие конструкции.

Стоимость горячештампованных заготовок (полученных на молотах, прессах, горизонтально-ковочных машинах и электровысадкой) определяется следующим образом.

За базу принимается стоимость одной тонны штамповок  $C_4 = 315$  руб. (штамповки из конструкционной углеродистой стали, массой 2,5—4 кг, 2-го класса точности по ГОСТ 7505—55, 3-й группы сложности и 2-й группы серийности. Прейскурант № 25-01, 1970 г.).

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от класса точности штамповок по ГОСТ 7505 — 55 значения коэффициента  $k_T$  принимаются:

1-й класс точности	1,05
2-й класс точности	1
3-й класс точности	0,90

б) в зависимости от марки материала штамповки значения коэффициента  $k_M$  составляют:

Углеродистая сталь 08-85	1
Сталь 15X-50X	1,18
Сталь 18XГТ-30XГТ	1,27
Сталь ШХ15	1,62
Сталь 12XНЗА-30XНЗА	1,98

Значения коэффициентов  $k_c$  и  $k_b$  приводятся в табл. 15.

Коэффициент  $k_n$  определяется из следующего условия. Если объем производства заготовок (годовая программа) больше значений, указанных в табл. 16, то принимают  $k_n = 0,8$ . В остальных случаях можно принимать  $k_n = 1,0$ .

Группа сложности поковок может быть найдена с достаточной для курсового проектирования точностью на основании классификации поковок, приведенной на рис. 5 и 6.

Экономический эффект для сопоставления способов получения заготовок, при которых технологический процесс механической обработки не меняется, может быть рассчитан по формуле

$$E_3 = (S_{заг_1} - S_{заг_2}) N \text{ руб.}, \quad (8)$$

где  $S_{заг_1}$ ,  $S_{заг_2}$  — стоимости сопоставляемых заготовок, руб.;  
 $N$  — годовая программа, шт.

Определение стоимости заготовки в курсовом проекте следует оформить в виде расчетного формуляра, образец которого приведен в приложении XVIII.

15. Значения коэффициентов  $k_c$  и  $k_b$

Материал штамповки	$k_c$			
	Группа сложности			
	1	2	3	4
Сталь углеродистая 08-85	0,75	0,84	1	1,15
Сталь 15Х-50Х	0,77	0,87	1	1,15
Сталь 18ХГТ-30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14
Сталь ШХ-15	0,77	0,89	1	1,13
Сталь 12 ХНЗА-30ХНЗА	0,81	0,90	1	1,1

Масса штамповки, кг	$k_b$				
	Материал штамповок				
	Сталь 08-85	Сталь 15Х-50Х	Сталь 18ХГТ-30ХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХНЗА-30ХНЗА
≤ 0,25	2	2	1,94	1,82	1,62
0,25—0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
0,63—1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
1,6—2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
2,5—4	1	1	1	1	1
4,00—10	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
10,00—25	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
25,00—63	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63,00—160	0,7	0,7	0,72	0,65	0,7

16. Объем производства штамповок, соответствующий 2 й группе серийности

Масса штамповки, кг	Объем производства, тыс. шт.
≤ 0,25	15—500
0,25—0,63	8—300
0,63—1,6	5—150
1,6—2,5	4,5—120
2,5—4	4—100
4—10	3,5—75
10—25	3—50
25—63	2—30
63—160	0,6—1

**ВЫБОР ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА И ЕГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

При разработке технологического процесса механической обработки перед технологом всегда возникает задача: выбрать из нескольких вариантов обработки один, обеспечивающий наиболее экономичное решение. Современные способы механической обработки и большое разнообразие станков, а также новые методы электрохимической, электроэрозионной и ультразвуковой обработки металлов, получение

заготовок методами точного литья, точной штамповки, порошковой металлургии — все это позволяет создавать различные варианты технологии, обеспечивающие изготовление изделий, полностью отвечающих всем требованиям чертежа.

Намечая технологический маршрут обработки детали, следует придерживаться следующих правил:

а) с целью экономии труда и времени технологической подготовки производства использовать типовые процессы обработки деталей и типовых поверхностей деталей;

б) не проектировать обработку на уникальных станках. Применение уникальных и дорогостоящих станков должно быть технологически и экономически оправдано;

в) использовать по возможности только стандартный режущий и измерительный инструмент;

г) стремиться применять наиболее совершенные формы организации производства: непрерывные и групповые поточные линии, групповые технологические процессы и групповые наладки на отдельные станки;

д) обрабатывать наибольшее количество поверхностей данной детали за одну установку и т. п.

Для того чтобы решить вопрос о целесообразности составленного технологического маршрута, при выполнении курсового проекта нужно составить не менее двух вариантов его и провести технико-экономическое сравнение их. Причем если аналогичное производство, отвечающее современному уровню развития данной отрасли машиностроения, уже имеется на заводе, то сравнение с заводской технологией обязательно.

В соответствии с положениями по оценке экономической эффективности новой техники признается наиболее выгодным тот вариант, у которого сумма текущих и приведенных капитальных затрат на единицу продукции будет минимальной [7]. При курсовом проектировании следует руководствоваться положениями этой методики. При этом в число слагаемых суммы приведенных затрат следует включать лишь те затраты, которые изменяют свою величину при переходе на новый вариант технологического процесса.

В эту сумму входят заработная плата операторам и наладчикам (основная и дополнительная) с начислениями на соцстрах, расходы по содержанию и эксплуатации машин и производственной площади и плата за фонды.

Сумму этих расходов, отнесенную к часу работы машины, можно назвать *часовыми приведенными затратами*  $C_{п.з}$ .

Величина  $C_{п.з}$  характеризует экономичность оборудования. Меньшее значение  $C_{п.з}$  для сопоставляемых станков при равной производительности свидетельствует о том, что станок (процесс) более экономичен.

Величина часовых приведенных затрат

$$C_{п.з} = \frac{C_s}{M} + C_{ч.з} + E_n (K_c + K_s) \text{ коп/ч}, \quad (9)$$

где  $C_3$  — основная и дополнительная заработная плата, а также начисления на соцстрах оператору и наладчику за физический час работы обслуживаемых машин, коп/ч;

$M$  — коэффициент многостаночности, принимаемый по фактическому состоянию на рассматриваемом участке;

$C_{ч.з}$  — часовые затраты по эксплуатации рабочего места, определяемые по формуле (11), коп/ч;

$E_n$  — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений: для машиностроения  $E_n = 0,2$ ;

$K_0$  — удельные часовые капитальные вложения в станок, определяемые по формуле (18), коп/ч;

$K_3$  — удельные часовые капитальные вложения в здание, определяемые по формуле (19), коп/ч.

Основную и дополнительную заработную плату, а также отчисления на соцстрах ( $C_3$ ) оператору и наладчику можно определить по формуле

$$C_3 = C_{т.ф} \cdot 1,53 \cdot k \text{ коп/ч}, \quad (10)$$

17. Часовые тарифные ставки рабочих машиностроительной промышленности (1-я группа ставок) [7,8]

Категория рабочих	Разряды					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Повременщики, занятые на холодных работах	39,9	42,6	43,8	47,2	54,9	63,8
Сдельщики, занятые на холодных работах	41,5	43,8	47,9	56,0	63,8	74,2
Повременщики, занятые на работах с вредными условиями труда	41,9	44,7	46,0	49,6	57,6	67,0
Сдельщики, занятые на работах с вредными условиями труда	43,6	46,0	50,3	57,8	67,0	77,9

где  $C_{т.ф}$  — часовая тарифная ставка станочника соответствующего разряда (табл. 17), коп/ч;

1,53 — суммарный коэффициент, представляющий произведение следующих частных коэффициентов:

1,3 — коэффициент выполнения норм;

1,09 — коэффициент дополнительной зарплаты;

1,077 — коэффициент отчислений на соцстрах,

$k$  — коэффициент, учитывающий зарплату наладчика (если наладка станка в серийном производстве ведется без участия наладчика самим рабочим, то  $k$  принимается равным 1; в условиях массового производства  $k = 1,1 - 1,15$ ).

Для расчета коэффициента многостаночности  $M$  при курсовом проектировании можно принимать следующие его значения в зависимости от вида применяемого оборудования:

Универсальные станки (токарные, револьверные, протяжные, сверлильные, фрезерные, строгальные, шлифовальные и др.) 1

Токарные многолезвковые станки, токарные полуавтоматы	1—2
Многошпиндельные автоматы	2—3
Одношпиндельные автоматы	3—4
Зуборезные полуавтоматы	4—5

Часовые затраты по эксплуатации рабочего места

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{б.у} k_m \text{ коп/ч}, \quad (11)$$

где  $C_{ч.з}^{б.у}$  — практические скорректированные часовые затраты на базовом рабочем месте:

для условий двухсменного производства; для массового и крупносерийного производства  $C_{ч.з}^{б.у} = 43,9$  коп.

для серийного производства  $C_{ч.з}^{б.у} = 36,3$  коп.

$k_m$  — машино-коэффициент, показывающий, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные расходы у базового станка.

Значения  $k_m$  приведены в приложении II. Для станков, не включенных в таблицу, его значения можно определить расчетным способом как для серийного, так и для массового производства:

для автоматов, полуавтоматов и зубообрабатывающих

$$k_m = \left( \frac{4,68Ц}{1000} + 1,02R + 0,68M_y \right) \frac{1}{20}; \quad (12)$$

для шлифовальных

$$k_m = \left( \frac{5,07Ц}{1000} + 1,11R + 0,63M_y \right) \frac{1}{20}; \quad (13)$$

для агрегатных и уникальных

$$k_m = \left( \frac{4,22Ц}{1000} + 0,93R + 0,53M_y \right) \frac{1}{20}; \quad (14)$$

для всех прочих

$$k_m = \left( \frac{4,43Ц}{1000} + 0,97R + 0,55M_y \right) \frac{1}{20}, \quad (15)$$

где  $Ц$  — балансовая стоимость станка, определяемая как сумма оптовой цены станка и затрат на транспортирование и монтаж, составляющих 10—15% от оптовой цены станка, руб.;

$R$  — суммарная ремонтная сложность механической и электрической частей станка [9];

$$R = R_m + R_3;$$

$M_y$  — установленная мощность двигателей станка, квт.)

Величина часовых затрат по эксплуатации рабочего места в случае пониженной загрузки станка ( $\eta_s < 60\%$ ) должна быть скорректирована с помощью коэффициента  $\varphi$ , если станок не может быть догружен, как, например, в массовом производстве. В этом случае скорректированная величина часовых затрат

$$C_{ч.з}^k = C_{ч.з} \frac{\varphi}{1,14} \text{ коп/ч}, \quad (16)$$

где  $\phi$  — поправочный коэффициент:

$$\phi = 1 + \frac{\alpha(1 - \eta_a)}{\eta_a}, \quad (17)$$

$\alpha$  — удельный вес условно-постоянных затрат в часовых затратах на рабочем месте, принимаемых по приложению II, а при отсутствии табличных данных  $\alpha \approx 0,3 - 0,6$ ;

$\eta_a$  — коэффициент загрузки станка.

Капитальные вложения в станок и здание можно определить для серийного производства

$$K_c = \frac{C \cdot 100}{3200} \text{ коп/ч}; \quad (18)$$

$$K_a = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200} \text{ коп/ч}; \quad (19)$$

для массового производства

$$K_c = \frac{6000 C m_n}{T_{шт} N} \text{ коп/ч}, \quad (20)$$

$$K_a = \frac{F \cdot 75 \cdot 6000 m_n}{T_{шт} N} \text{ коп/ч}, \quad (21)$$

где  $C$  — балансовая стоимость станка, руб;

$F$  — производственная площадь, занимаемая станком, с учетом проходов;

$$F = f k_f m^2, \quad (22)$$

$f$  — производственная площадь, занимаемая станком,  $m^2$ ;

$k_f$  — коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь (на проходы, проезды и др.);

$m_n$  — принятое число станков на операции;

$T_{шт}$  — штучное время на операции, мин;

$N$  — годовая программа, шт.

Значения коэффициента  $k_f$  в зависимости от площади станка в плане принимаются следующими:

При площади станка в плане	$\geq 20 \text{ м}^2$	1,5
То же	10—20 $\text{м}^2$	2,0
» »	6—10 $\text{м}^2$	2,5
» »	4—6 $\text{м}^2$	3,0
» »	2—4 $\text{м}^2$	3,5
» »	$< 2 \text{ м}^2$	4,0

Минимальная производственная площадь, принятая к расчету, должна быть не менее  $6 \text{ м}^2$ , поэтому в тех случаях, когда произведение  $f k_f$  окажется меньше минимального ( $6 \text{ м}^2$ ), в дальнейших расчетах следует принимать его равным минимальному значению.

Стоимость механической обработки на рассматриваемой операции

$$C_0 = \frac{C_{п.з} T_{шт}}{60} \text{ коп.} \quad (23)$$

Величина приведенной годовой экономии — экономический эффект — на программу

$$\mathcal{E}_m = \frac{(C_{01} - C_{02}) N}{100} \text{ руб.}, \quad (24)$$

где  $C_{01}$  и  $C_{02}$  — стоимости механической обработки сравниваемых операций, коп.;

$N$  — годовая программа, шт.

Если при переходе на другой вариант технологического процесса существенно изменяются величины других статей затрат, как, например, расходы на специальную оснастку, на материалы, то эти изменения следует учитывать при расчете экономического эффекта. Общий экономический эффект в таком случае

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \pm \sum \Delta, \text{ руб.}, \quad (25)$$

где  $\sum \Delta$  — экономия или перерасход по другим статьям (знак «+» — дополнительная экономия, знак «-» — перерасход).

Приведенная методика позволяет при небольшой затрате времени и минимальном количестве исходных и нормативных данных с достаточной точностью рассчитать технологическую себестоимость механической обработки и, следовательно, выбрать оптимальный вариант технологического процесса. Данная методика рекомендуется и для калькулирования себестоимости продукции на машиностроительных предприятиях [10, 11].

Для выполнения расчетов по приведенной методике необходимо иметь следующие исходные данные:

- оптовую цену станка для рассматриваемой операции;
- площадь, занимаемую станком;
- коэффициент загрузки станка;
- категорию ремонтной сложности станка;
- установленную мощность электродвигателей;
- трудоемкость операции ( $T_{шт}$  или  $T_{шк}$ );
- тип производства и годовую программу;
- коэффициент многостаночности.

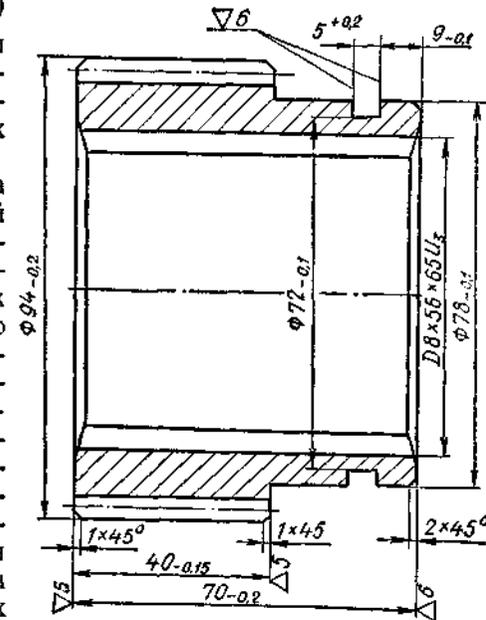


Рис. 7. Шестерня цилиндрическая

**Пример.** Сопоставить два варианта технологического процесса изготовления шестерни цилиндрической (рис. 7) по технологической себестоимости. Материал детали — сталь 12ХНЗА. Масса готовой детали 1,59 кг. Годовая программа 105 000 штук. Режим работы двухсменный при 41-часовой рабочей неделе. По методике соответствующего раздела определяем такт выпуска, который в данном случае составит  $t_{\text{в}} = 2,28$  мин, и тип производства. Производство — массовое.

Рассмотрим следующие два варианта, в которых отличающимися операциями изготовления являются:

а) по первому варианту: получение заготовки штамповкой на ГКМ; закерование центрального отверстия на станке 2А150; черновое обтачивание наружных поверхностей детали на многолезцовом полуавтомате 1А720;

б) по второму варианту: получение заготовки из проката; черновая токарная обработка наружных поверхностей и центрального отверстия на автомате 1А290-б.

Показатели по первому и второму вариантам заготовок сводим в табл. 18.

18. Данные для расчетов стоимости заготовок при различных способах получения

Наименование показателей	Вариант	
	Первый	Второй
Вид заготовки	Штамповка на ГКМ	Прокат $\varnothing 100 \times 80$
Класс точности	2	—
Группа сложности	2	—
Масса заготовки $Q$ , кг	2,63	4,93
Стоимость 1 тонны заготовок, принятых за базу $C_i$ , руб.	315,0	255,0
Стоимость 1 тонны стружки $S_{\text{отх}}$ , руб.	29,8	29,8

В соответствии с вышележащими методическими положениями определяем стоимость сравниваемых заготовок.

Стоимость заготовки, полученной на ГКМ (рис. 8, а),

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C_i}{1000} Q k_r k_c k_b k_m k_n \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000}$$

Подставив в формулу исходные и табличные данные, получим

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{315}{1000} \cdot 2,63 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,98 \cdot 0,8 \right) - (2,63 - 1,59) \frac{29,8}{1000} = 1,149 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки, полученной из проката (рис. 8, б),

$$S_{\text{заг}} = \frac{QS}{1000} - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000}$$

Подставляя исходные и табличные данные, получаем

$$S_{\text{заг}} = \frac{4,93 \cdot 255,0}{1000} - (4,93 - 1,59) \frac{29,8}{1000} = 1,161 \text{ руб.}$$

Далее определяем по изложенной выше методике стоимость механической обработки на отличающихся в рассматриваемых вариантах операциях.

Первый вариант. 1. Сверлильный станок 2А150:

$$C = 2000 \cdot 1,1 = 2200 \text{ руб.}; f = 1,55 \cdot 0,97 = 1,5 \text{ м}^2;$$

$$R = 16; M_y = 7,5 \text{ кет}; T_{\text{шт}} = 1,12 \text{ мин}; m_{\text{пр}} = 1;$$

$$M = 2; k_m = 1,2; a = 0,3; \text{разряд работы} - 2.$$

Штучное время на операцию принимается по таблицам для укрупненного нормирования (приложение I) или рассчитывается по нормативам.

$$C_{\text{п.з}} = \frac{C_s}{M} + C_{\text{ч.з}} + E(K_c + K_s) \text{ коп/ч};$$

$$\frac{C_s}{M} = \frac{C_{\text{т.ф}} \cdot 1,53 \cdot 1,15}{M} = \frac{43,8 \cdot 1,53 \cdot 1,15}{2} = 38,53 \text{ коп/ч}$$

$$C_{\text{ч.з}} = C_{\text{ч.з}}^{\text{б.ц.м}} \frac{\varphi}{1,14} \text{ коп/ч};$$

$$\varphi = 1 + \frac{a(1 - \eta_3)}{\eta_3}; \eta_3 = \frac{T_{\text{шт}}}{t_{\text{в}} m_{\text{пр}}} = \frac{1,12}{2,28 \cdot 1} = 0,5;$$

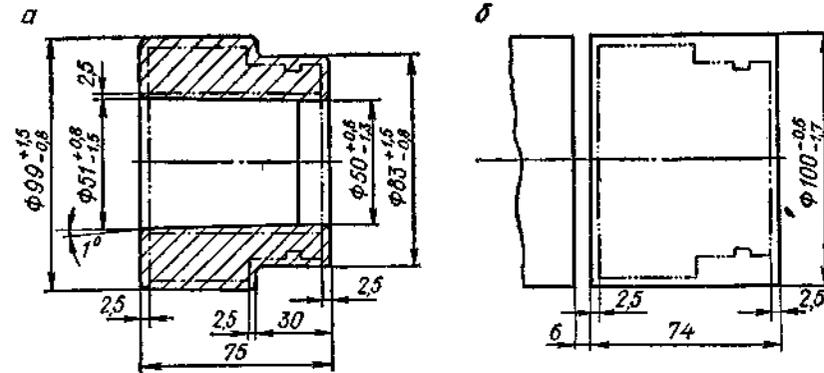


Рис. 8. Заготовка шестерни цилиндрической: а — полученная штамповкой на ГКМ; б — из проката обычной точности

$$\varphi = 1 + \frac{0,3(1 - 0,5)}{0,5} = 1,3;$$

$$C_{\text{ч.з}} = 43,9 \cdot 1,2 \frac{1,3}{1,14} = 60,07 \text{ коп/ч};$$

$$K_c = \frac{6000C}{T_{\text{шт}}N} = \frac{6000 \cdot 2200}{1,12 \cdot 105000} = 112,3 \text{ коп/ч};$$

$$K_s = \frac{6000 \cdot 75 \cdot F}{T_{\text{шт}}N}; F = f k_f = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ м}^2;$$

$$K_s = \frac{6000 \cdot 75 \cdot 6}{1,12 \cdot 105000} = 22,96 \text{ коп/ч};$$

$$C_{\text{п.з}} = 38,53 + 60,07 + 0,2(112,3 + 22,96) = 125,65 \text{ коп/ч};$$

$$C_0 = \frac{C_{\text{п.з}} T_{\text{шт}}}{60} = \frac{125,65 \cdot 1,12}{60} = 2,34 \text{ коп.}$$

2. Многолезцовый полуавтомат 1А720:

$$C = 3710 \cdot 1,1 = 4081 \text{ руб.}; f = 1,8 \cdot 1,36 = 2,45 \text{ м}^2;$$

$$R = 15,5; M_y = 7,5 \text{ кет}; T_{\text{шт}} = 1,15 \text{ мин}; m_{\text{пр}} = 1;$$

$$M = 2; k_m = 1,8; a = 0,39; \text{разряд работы} - 2.$$

$$\frac{C_s}{M} = \frac{43,8 \cdot 1,53 \cdot 1,15}{2} = 38,53 \text{ коп/ч};$$

$$\eta_3 = \frac{1,15}{2,28 \cdot 1} = 0,5; \varphi = 1 + \frac{0,39(1-0,5)}{0,5} = 1,39;$$

$$C_{ч.з}^к = 43,9 \cdot 1,8 \frac{1,39}{1,14} = 96,34;$$

$$K_c = \frac{6000 \cdot 4081}{1,15 \cdot 105\,000} = 202,79 \text{ коп/ч};$$

$$F = 2,45 \cdot 3,5 = 8,6 \text{ м}^2;$$

$$K_3 = \frac{6000 \cdot 75 \cdot 8,6}{1,15 \cdot 105\,000} = 32,05 \text{ коп/ч};$$

$$C_{п.з} = 38,53 + 96,34 + 0,2(202,79 + 32,05) = 181,83 \text{ коп/ч};$$

$$C_0 = \frac{181,83 \cdot 1,15}{60} = 3,49 \text{ коп.}$$

Второй вариант. Шестишпиндельный токарный автомат 1А290-6:

$$Ц = 23\,880 \cdot 1,1 = 26\,268 \text{ руб.}; f = 8,7 \cdot 2,0 = 17,4 \text{ м}^2;$$

$$R = 32; M_y = 40 \text{ квт}; T_{шт} = 1,79 \text{ мин}; m_{пр} = 1;$$

$M = 2$ ; разряд работы — 2.

$$\frac{C_3}{M} = \frac{43,8 \cdot 1,53 \cdot 1,15}{2} = 38,58 \text{ коп/ч};$$

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{6,y,k};$$

$$k_{ш} = \left( \frac{4,68Ц}{1000} + 1,02R + 0,68M_y \right) \frac{1}{20} = \left( \frac{4,68 \cdot 26268}{1000} + 1,02 \cdot 15,5 + 0,68 \cdot 7,5 \right) \frac{1}{20} = 9,1;$$

$$C_{ч.з} = 43,9 \cdot 9,1 = 399,49 \text{ коп/ч};$$

$$K_0 = \frac{6000 \cdot 26268}{1,79 \cdot 105\,000} = 838,57 \text{ коп/ч};$$

$$F = 17,4 \cdot 2 = 34,8 \text{ м}^2;$$

$$K_3 = \frac{6000 \cdot 75 \cdot 34,8}{1,79 \cdot 105\,000} = 83,33 \text{ коп/ч};$$

$$C_{п.з} = 38,53 + 399,49 + 0,2(838,57 + 83,33) = 622,4 \text{ коп/ч};$$

$$C_0 = \frac{622,4 \cdot 1,79}{60} = 18,51 \text{ коп.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости при различных методах получения заготовки сводим в табл. 19.

Таким образом, применение первого варианта изготовления шестерни дает годовой экономический эффект в сумме 14 574 руб. При этом экономится 242 т легированной стали 12ХНЗА. Первый вариант следует принять к дальнейшей подробной разработке.

Сопоставление вариантов процесса следует выполнить в виде формуляра, образец которого приведен в приложении XVIII.

Так же, как и в разработанном примере, при различных способах получения заготовки следует выполнить эскизы их, для того чтобы можно было подсчитать такие параметры, как масса заготовки в сопоставляемых вариантах, а иногда (как, например, в случае получения на ГКМ) установить принципиальную возможность получения заготовки данным способом.

19. Сравнение вариантов технологического процесса обработки цилиндрической шестерни

Наименование позиции	Варианты	
	Первый	Второй
Вид заготовки	Штамповка на ГКМ	Прокат 100×80
Стоимость заготовки, коп.	114,9	116,1
Отличающиеся операции механической обработки		
Первая операция	Зенкерование отверстия на станке 2А150	Черновая токарная обработка наружных поверхностей и отверстия на автомате 1А290-6
Стоимость обработки, коп.	2,34	18,51
Вторая операция	Черновое обтачивание наружных поверхностей на станке 1А720	—
Стоимость обработки, коп.	3,49	—
Остальные операции по обоим вариантам одинаковы		
Технологическая себестоимость $C_0$ , коп.	120,73	134,61

Приведенная годовая экономия

$$\mathcal{E} = (C_{0_2} - C_{0_1}) = (134,61 - 120,73) 105\,000 = 1\,457\,400 \text{ коп.} = 14\,574 \text{ руб.}$$

Одновременно с выбором способа получения заготовки необходимо установить операции механической обработки (и, следовательно, оборудование), которыми будут отличаться рассматриваемые варианты технологического процесса. Эти операции следует сразу же записать в таблицу сравнения вариантов технологического процесса.

Составление формуляра и выполнение расчетов ведется в той же последовательности, что и в разработанном примере. Чтобы определить стоимость заготовок, в формуляре приведены (так же, как и в примере) формулы сопоставляемых вариантов для получения заготовки методом пластического формообразования и из проката. Совершенно очевидно, что могут сопоставляться и аналогичные способы, например, штамповка на прессах и на молотах или штамповка на прессах и ГКМ и т. д. В каждом случае следует применять формулы, соответствующие выбранному способу получения заготовки.

При расчете стоимости механической обработки, так же как и в разработанном примере, расчетные формулы для каких-то параметров, если они уже были приведены для первого станка, не следует повторять в последующих расчетах, а только подставлять в формулу численные значения параметров, соответствующие данному станку.

На основании сопоставления технологической себестоимости по рассматриваемым вариантам в конце формуляра следует сделать заключение о том, какой вариант принимается для дальнейшей разработки.

## ВЫБОР МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

### Методические указания

Выбор станков для проектируемого технологического процесса производится уже после того, как каждая операция предварительно разработана. Это значит, что намечены, выбраны или определены: метод обработки поверхности или сочетания поверхностей (точение, фрезерование, сверление и т. п.); точность и классы чистоты поверхностей; припуск на обработку; режущий инструмент; такт выпуска и тип производства.

На рис. 9 показана схема взаимосвязи необходимой документации, исходных данных, справочных материалов и последовательность работ, которые необходимо выполнить при выборе металлорежущих станков. Из схемы видно, что типоразмер (модель) станка можно выбрать сравнительно быстро на основании таких данных, как метод обработки, точность обработки и класс чистоты, расположение и размеры обрабатываемой поверхности или габаритные размеры детали. Однако такой выбор еще не будет достаточно обоснованным и, самое главное, не даст представления об обеспечении заданной производительности. Поэтому последующие этапы работ, указанные на рисунке, обязательны.

Как видно из рис. 9, после определения требуемого количества станков исходя из заданной производительности может измениться первоначальное решение по выбору типоразмера станка. Это возможно в условиях массового производства, где необходимо стремиться, чтобы на операции было занято не более одного-двух станков. В этом случае, если первоначально был, например, принят одношпиндельный станок, может оказаться целесообразной его замена на многошпиндельный многопозиционный, специализированный или даже специальный. Во всех подобных случаях необходимо подтвердить целесообразность замены одного станка другим на основании технико-экономического расчета.

Если операция разрабатываемого технологического процесса уже была обоснована технико-экономическим расчетом при предварительном выборе варианта технологического процесса, то это значит, что станок для этой операции также уже был выбран и обоснован.

Другим фактором, который может привести к изменению первоначального решения по выбору типоразмера станка, является неэффективное использование его по мощности. В подобных случаях, в условиях массового производства, а иногда и крупносерийного, разрешается, когда нет возможности подобрать более подходящий станок и когда это предусматривается конструкцией данного станка, установить для привода главного движения электродвигатель меньшей мощности.

Второй вариант типоразмера станка (на схеме показан пунктирной линией) необходимо, так же как и первый, проверить по всем указанным расчетам.

В приложении IV приводятся технические характеристики, отпускные цены и категории ремонтной сложности металлорежущих станков. Таблицы охватывают широкий диапазон моделей станков (кроме спе-

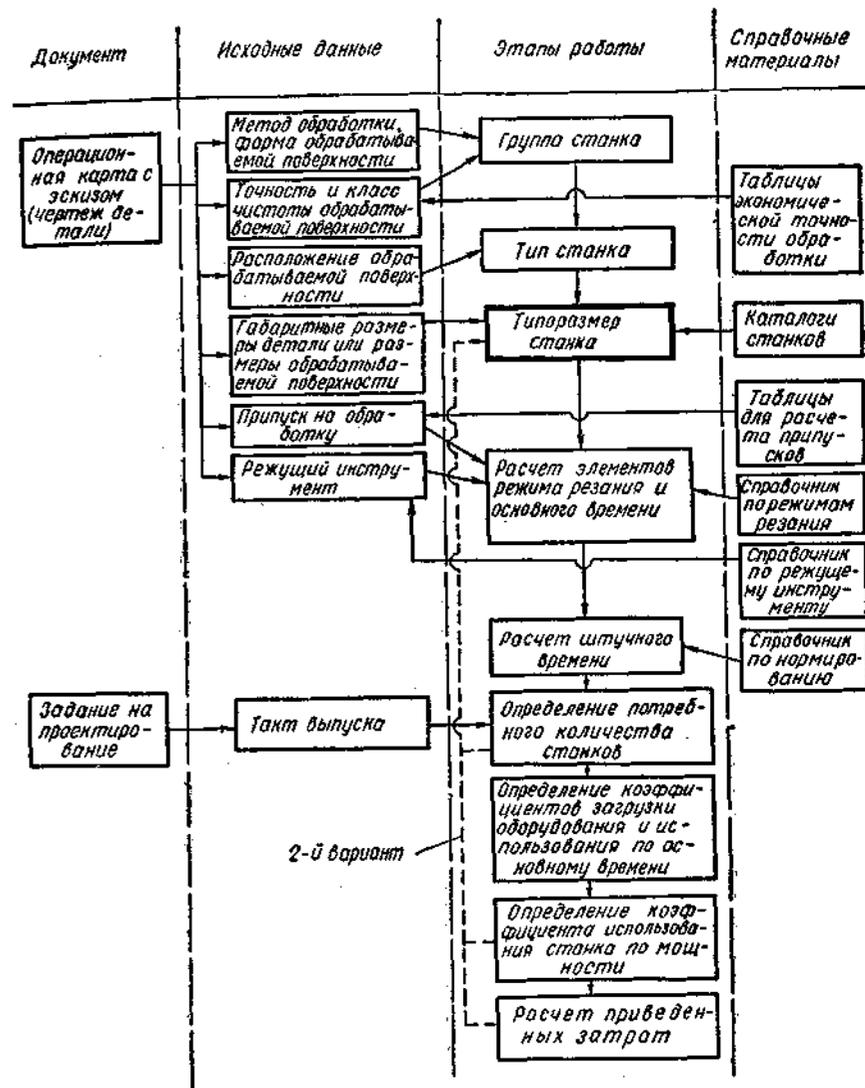


Рис. 9. Взаимосвязь документации, исходных данных, справочных материалов и последовательность работы при выборе типоразмера станка

циальных), широко применяемых для обработки деталей в автотракторном производстве, среднем машиностроении и станкостроении, а также в других отраслях машиностроения.

## Применение агрегатных станков

Кроме универсальных, высокопроизводительных и специализированных станков, в последнее время, особенно в условиях массового и крупносерийного производства, для обеспечения высокой производительности находят также применение агрегатные станки и автоматические линии. Поэтому при разработке технологических процессов часто оказывается целесообразным, а иногда и единственно возможным вариантом обработки, использовать это высокопроизводительное оборудование.

Разрабатывая курсовой проект, студент также может оказаться перед необходимостью проектировать обработку на агрегатном станке, поэтому необходимо представлять методику определения технологической характеристики, стоимости и категории ремонтной сложности агрегатного станка, чтобы в конечном счете его применение обеспечивало известный экономический эффект.

Следует оговориться, что процесс определения технологической характеристики агрегатного станка, выбора его оптимальной компоновки, определения стоимости и, следовательно, экономической эффективности сравнительно сложен и требует известных навыков проектирования, а также конструкторского опыта; тем не менее высказать некоторые общие рекомендации и дать примерную методику, приемлемую для курсового и дипломного проектирования, представляется безусловно, целесообразным.

Технологическая характеристика агрегатного станка в значительной мере определяется при разработке технологического процесса. К числу факторов, определяющих технологическую характеристику, следует отнести:

- а) характер технологической операции, которую намечено выполнять на агрегатном станке;
- б) число позиций обработки;
- в) число шпинделей инструментальной наладки;
- г) скорости резания и подачи каждого инструмента;
- д) мощности резания и усилия подач;
- е) прочие условия, определяющие особенности данной обработки.

Технологическая характеристика станка и конструктивные признаки обрабатываемой детали дают возможность определить компоновку агрегатного станка, которая характеризуется расположением детали в рабочей зоне, наличием и конструкцией транспортного устройства для перемещения детали из позиции в позицию, а также взаимным расположением узлов станка в компоновке. Определившиеся в настоящее время компоновки предусматривают:

- а) вертикальное и горизонтальное расположение по характеру осуществления рабочей подачи силовыми механизмами;
- б) неподвижное положение обрабатываемой детали или перемещение ее из позиции в позицию с помощью транспортирующих устройств с вертикальной и горизонтальной осью поворота.

Например, вертикальный агрегатный станок — это станок со стойкой, на которой смонтирован силовой узел, перемещающийся для

осуществления ускоренного подвода инструментов и рабочей подачи в вертикальном направлении. Стойка может быть смонтирована либо со станиной для установки стационарного приспособления (для обработки неподвижной детали), либо с поворотным столом, позволяющим вести обработку в нескольких позициях.

Горизонтальный агрегатный станок также может быть смонтирован со стационарным приспособлением или с поворотным барабаном, позволяющим вести многопозиционную обработку. Вертикальные и горизонтальные станки со стационарными приспособлениями предназначены, как правило, для обработки крупногабаритных деталей. Наибольшее применение имеют вертикальные и горизонтальные станки с поворотными устройствами для многопозиционной обработки. Схемы таких компоновок представлены на рис. 10.

Выбрав компоновку станка, можно по данным технологической характеристики — скорости резания, подачи, мощности резания, величины ходов рабочих и ускоренных перемещений — подобрать нормализованные узлы. Эту работу целесообразно выполнять в такой последовательности:

- а) по лимитирующей производительности подачи и суммарному усилию подачи во всех позициях подобрать силовой стол;
  - б) по эффективной мощности резания и числам оборотов инструментов подобрать силовую бабку для осуществления привода главного движения;
  - в) по количеству позиций обработки подобрать соответствующее транспортирующее устройство — поворотный стол или барабан.
- Выбор поворотного стола сводится к выбору диаметра планшайбы стола, площадь которого позволила бы при заданном числе позиций разместить в секторе одной позиции зажимное приспособление. Эту работу целесообразно производить графически. Отложив угол сектора соответственно заданному числу позиций, проводят через

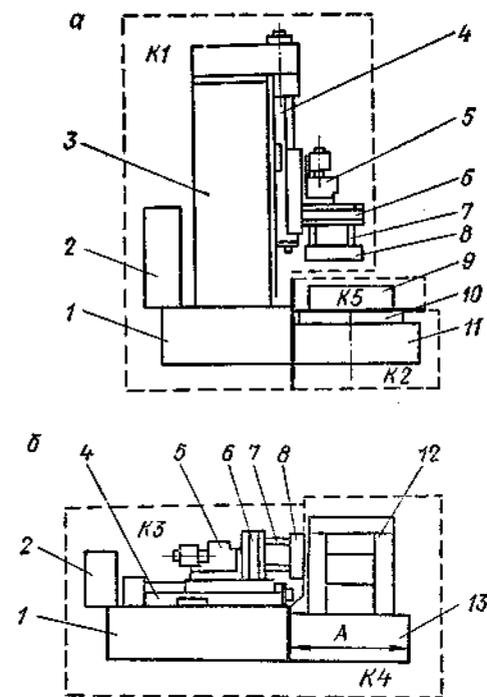


Рис. 10. Схемы компоновок агрегатных станков:

а — вертикальная компоновка одноколонного станка в поворотном столе; б — горизонтальная компоновка в поворотном барабане; 1 — станина боковая; 2 — электрошкаф; 3 — стойка; 4 — стол силовой; 5 — бабка силовая; 6 — шпиндельная коробка; 7 — наладка инструментальная; 8 — плата кондукторная; 9 — приспособление зажимное; 10 — стол поворотный; 11 — станина средняя; 12 — приспособление барабанного станка; 13 — станина средняя барабанного станка

вершину этого угла (рис. 11) радиусы, которые определяют диаметр планшайбы столов различных размеров. Так, например, на рис. 11 показаны диаметры планшайбы столов по МН 4491—63, выпускаемых Минским заводом автоматических линий и Московским станкостроительным заводом имени Серго Орджоникидзе. Далее, в секторе одной позиции изображают или накладывают на него изображение обрабатываемой детали, выполненное на кальке. В том случае, если предполагается в каждой позиции обрабатывать одновременно несколько

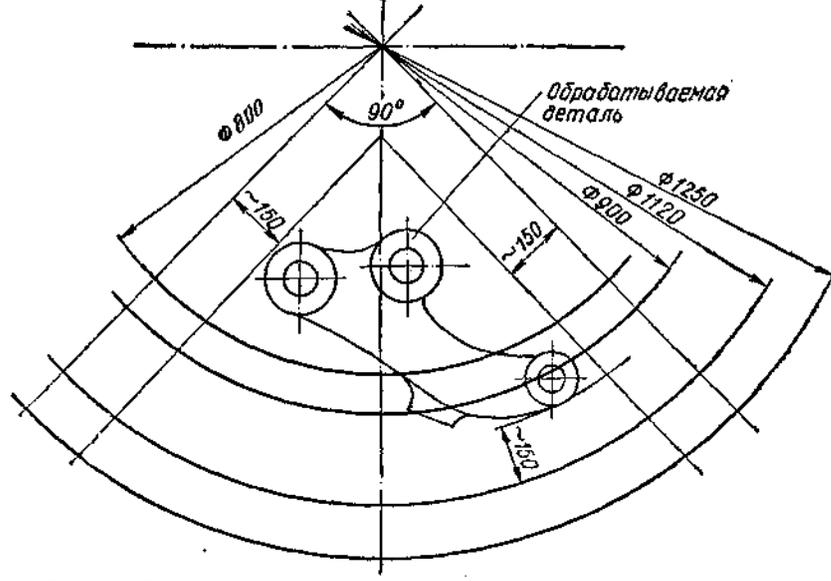


Рис. 11. Схема для определения диаметра планшайбы поворотного стола агрегатного станка

деталей, то их также изображают непосредственно на секторе или на кальке с учетом взаимного расположения. Деталь должна быть показана в том же масштабе, что и планшайба стола.

Сопоставление изображения детали с площадью планшайбы стола дает возможность ориентировочно, но с достаточной для целей курсового проектирования точностью, определить, можно ли на планшайбе данного диаметра разместить зажимное приспособление, учитывая также ту площадь, на которой, кроме самой обрабатываемой детали, будут размещены элементы приспособления и его корпуса. Ориентировочно можно считать, что для этого со всех сторон площади, занятой контуром детали (деталей), должно оставаться 100—150 мм свободной площади сектора. Поэтому выбирают такой диаметр планшайбы стола, который удовлетворял бы этому условию.

В нашем примере для размещения зажимного приспособления с деталью, изображенной на рисунке, необходим стол с диаметром планшайбы 1120 мм.

20. Столы силовые самодействующие электромеханические прямолинейной подачи (МН 2755—61)

Цена и техническая характеристика	УМ2424-011	УМ2424-012	УМ2434-011	УМ2434-012	УМ2444-011	УМ2444-012	УМ2454-011	УМ2454-012	УМ2464-011	УМ2464-012
Оговая цена за комплект, руб.	1115	1170	1470	1480	1590	1630	1945	1970		
Размеры рабочей поверхности, мм	560×250	650×320	750×400	750×400	900×500	900×500	1060×630	1060×630		
Наибольшее усилие подачи, кг	800	1000	2500	2500	3150	3150	7000	7000		
Длина хода, мм	250	320	400	400	400	400	500	500		
Диапазоны рабочих подач, мм/мин	26,8—214/154—1228	26,8—214/154—1228	16,8—137/50,4—412/316—1293	16,8—137/50,4—412/316—1293	16,8—137/50,4—412/316—1293	16,8—137/50,4—412/316—1293	12,1—94,1/42,3—330/159—1239	12,1—94,1/42,3—330/159—1239		
Скорость быстрого хода, м/мин	6,8	6,8	5,1	5,1	5,1	5,1	4,8	4,8		
Мощность электродвигателя, кВт:										
быстрого хода	0,5	0,5	1,0	1,0	1,7	1,7	2,8	2,8		
рабочей подачи	0,18	0,18	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0		
Габаритные размеры, мм	1500×380×250	1670×450×275	2000×530×306	2000×530×306	2190×630×330	2190×630×330	2555×760×400	2555×760×400		
Масса, кг	282	346	697	697	1093	1093	1505	1505		

Примечания: 1. Столы предназначены для установки на них несамостоятельных узлов главного движения (сверлильных, расточных, фрезерных и других бабок) или приспособлений с обрабатываемыми изделиями с целью осуществления рабочих циклов прямолинейной подачи.

2. Узел состоит из стола УМ2400, редуктора соответствующего размера с двумя электродвигателями и упоров.

Высота приспособления выбирается в пределах:

для деталей с габаритными размерами  
в плане 200 × 200 мм 250—300 мм  
свыше 200 × 200 мм 350—600 мм

Технические характеристики некоторых нормализованных узлов агрегатных станков, выпускаемых Московским станкостроительным заводом имени Серго Орджоникидзе и Минским заводом автоматических линий, приведены в табл. 20—22.

21. Бабки силовые (МН 5550—64)

Модель	Мощность электродвигателя, кВт	Число оборотов выходного вала в минуту	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Оптовая цена за комплект, руб.
УМ 2521—1,00	1,1	465	550×250×285	79	235
УМ 2521—2,00	1,5	710	580×250×285	79	235
УМ 2531—1,00	2,2	475	610×320×335	124	265
УМ 2531—2,00	3,0	715	640×320×335	126,5	265
УМ 2531—3,00	1,1	700	580×320×335	105	260
УМ 2541—1,00	3,0	480	750×400×400	206	355
УМ 2541—2,00	4,0	725	750×400×400	206	355
УМ 2541—3,00	4,0	480	790×400×400	217	365
УМ 2541—4,00	5,5	725	790×400×400	217	365
УМ 2541—5,00	3,0	715	690×400×400	190	340
УМ 2551—1,00	5,5	725	830×500×465	274	395
УМ 2551—2,00	5,5	485	870×500×465	295	440
УМ 2551—3,00	7,5	730	870×500×465	295	440
УМ 2551—4,00	10,0	730	900×500×465	311	465
УМ 2551—5,00	3,0	715	760×500×465	247	370

Примечания: 1. Бабки предназначены для сообщения режущим инструментам вращательного движения при сверлении, зенкерования, развертывания, фрезерования и других технологических операциях.

2. Узел состоит из бабки и электродвигателя.

22. Столы поворотные делительные (МН 4491—63)

Цена и техническая характеристика	УМ4134	УМ4144	УМ4154	УМ4164
Оптовая цена за комплект, руб.	1185	1225	1575	1590
Диаметр планшайбы, мм	800	900	1120	1250
Число позиций	2—12	2—12	2—12	2—12
Время поворота на одно деление, сек	3,2—9,3	3,2—9,3	3,8—13	3,8—13
Мощность электродвигателя, кВт:				
повороты	1,7	1,7	1,7	1,7
фиксация	0,27	0,27	0,4	0,4
Габаритные размеры, мм	1270×1180× ×540	1270×1180× ×540	1595×1500× ×540	1595×1500× ×540
Масса, кг	1115	1155	1667	1590

Примечания: 1. Столы предназначены для периодического поворота обрабатываемых изделий с одной рабочей позиции на другую.

2. Узел состоит из стола и редуктора с двумя электродвигателями.

Выбрав унифицированные узлы, следует проверить возможность их сопряжения по размерам присоединительных поверхностей, а также узлов с базовыми деталями.

Оптовая цена агрегатного станка может быть с достаточной для курсового проектирования точностью определена исходя из веса той или иной компоновки (табл. 23). Данные таблицы составлены на основании руководящих материалов по определению стоимости агрегатных станков в СКБАЛ МЗАЛ и СКБ-1 Московского завода имени Серго Орджоникидзе.

23. Ориентировочные цены для агрегатных станков исходя из веса станочного оборудования

Компоновка станка	Шифр компоновки	Вес станка, Т	Цена станка, тыс. руб.
Вертикальный одноколонный с поворотным столом	В1П	12—16	19,0
		16—20	21,0
Вертикальный двухколонный с поворотным столом	В2П	12—16	22,0
		16—20	24,5
Вертикальный одноколонный со стационарным приспособлением	В1С	10—12	15,5
		12—16	17,5
		16—20	19,0
Горизонтальный односторонний с поворотным столом	Г1П	8—10	16,5
		10—12,5	18,5
Горизонтальный двухсторонний с поворотным столом	Г2П	10—12	19,5
		12—16	22,0
Горизонтальный трехсторонний с поворотным столом	Г3П	12—16	25,0
		16—20	28,0
Горизонтальный односторонний со стационарным приспособлением	Г1С	10—12	16,5
		12—16	18,5
		16—20	21,0
Горизонтальный двухсторонний со стационарным приспособлением	Г2С	10—12	17,5
		12—16	19,5
		16—20	22,0
Горизонтальный трехсторонний со стационарным приспособлением	Г3С	10—12	19,5
		12—16	22,0
Горизонтальный односторонний с поворотным барабаном	Г1Б	8—10	16,5
		10—12,5	18,5
Горизонтальный двухсторонний с поворотным барабаном	Г2Б	16—20	26,0
		20—25	29,5

Вес компоновки определяется суммированием весов комплектов, из которых состоит компоновка. Рис. 10 дает представление о комплектах, входящих в компоновку вертикального станка с поворотным делительным столом и горизонтального станка с поворотным дели-

тельным барабаном. Таким образом, например, для вертикального станка с поворотным столом вес компоновки определится как

$$K = K1 + K2 + K5; \quad (26)$$

для вертикального станка с поворотным столом и одной горизонтальной боковой станиной

$$K = K1 + K2 + K3 + K5; \quad (27)$$

для барабанного станка с двумя приставками

$$K = 2K3 + K4. \quad (28)$$

Подобным образом могут быть определены веса и других компоновок. Данные по весам комплектов, составляющих компоновки, приведены в табл. 24.

Категория ремонтной сложности агрегатного станка рассчитывается так:

$$P = uS \pm m, \quad (29)$$

где  $S$  — стоимость агрегатного станка, тыс. руб.;

$u$  и  $m$  — коэффициенты, зависящие от компоновки станка и количества нормализованных узлов в компоновке.

Для станков, компоновка которых показана на рис. 10 а и б, эти коэффициенты составляют:

	$u$	$m$
При количестве нормализованных узлов (силовых столов и силовых бабок), равных 1	0,64	+2,0
При количестве нормализованных узлов $> 1$	1,2	-1,6

Пример оформления формуляра по укрупненному расчету цены и категории ремонтной сложности агрегатного станка приведены в приложении IV.

#### Применение станков с программным управлением

Станки с программным управлением (ПУ) сочетают точность специализированных станков и имеют более высокую производительность, чем станки общего назначения (в 2—5 раз). Однако станки с ПУ значительно сложнее обычных, стоимость их пока еще довольно высока и превышает стоимость универсальных станков в 1,2—8 раз. Тем не менее производство станков с ПУ благодаря их существенным преимуществам непрерывно увеличивается, следовательно, и стоимость их будет постепенно снижаться.

Область применения станков с ПУ достаточно широка как по характеру технологических операций, так и по типам производств, для которых они предназначаются. По последнему признаку созданы и успешно используются станки с ПУ как для единичного и мелкосерийного, так и для крупносерийного и массового производства. Так, в настоящее время уже определились следующие возможности использования станков по типам производства.

24. Ориентировочный вес комплектов, входящих в компоновку агрегатных станков (рис. 10), кг

Узлы, определяющие вес комплекта	K1	K2	K3	K4 (при А, жд)		K5 (при высоте прорисовывания, мм)	
				1250	1600	250—300	350—600
Столы силовые:							
УМ2424—УМ2434	2970—3170		1700—2000				
УМ2444—УМ2454	6180—7530		3000—4000				
УМ2464—УМ2474	11600—12900		5250—6500				
Поворотные столы:							
УМ4134		3040				400—700	700—1000
УМ4144		3330				450—750	750—1200
УМ4154		4350				500—900	1200—1800
УМ4164		4810				800—1400	1500—2000
Поворотные барабаны при количестве позиций:							
4—6						4600—5300	5500—6350
6—8						5300—6300	6350—7050

1. Станки с ПУ токарной группы применяются в массовом, серийном и единичном производстве.

2. Фрезерные, сверлильные и расточные станки с ПУ — в серийном и индивидуальном производстве.

3. Шлифовальные станки с ПУ — в серийном производстве.

Данные по возможности использования каждой из модели станков с ПУ в условиях определенного типа производства приводятся в паспортах станков. Для наиболее распространенных отечественных моделей станков с ПУ технические характеристики и оптовые цены приводятся в приложении IV.

В моделях станка для обозначения степени автоматизации добавляется буква Ф с цифрой: Ф1 — станки с цифровой индикацией и набором координаты; Ф2 — станки с позиционными и прямоугольными системами; Ф3 — станки с контурными системами; Ф4 — станки с универсальной системой для позиционной и контурной обработки.

При выполнении курсового проекта в ряде случаев может оказаться целесообразным применение станков с ПУ. К основным условиям целесообразности можно отнести следующее:

1) обработку отверстий сложной геометрической формы, требующих применения нескольких последовательно работающих инструментов, а также обработку групп отверстий на сверлильных и расточных станках. Эти виды обработки могут быть выполнены на станках с ПУ без изготовления специальной оснастки (кондукторов, копиров и т. д.), которая обычно применяется на универсальных станках;

2) необходимость построения процесса по принципу концентрации операций, т. е. сосредоточения возможно большего числа однотипных видов обработки на одном рабочем месте;

3) необходимость уменьшения доли вспомогательного времени, которое затрачивается в рассматриваемой операции на приемы, связанные с изменением режимов резания, переходом с обработки одной поверхности на другую, сменой режущего инструмента и т. п., что обычно имеет место при последовательной обработке нескольких поверхностей на универсальных станках;

4) обработка нескольких аналогичных деталей на одном станке, как это имеет место в условиях серийного производства. В этом случае применением станков с ПУ можно сократить время на переналадку оборудования;

5) возможность сокращения числа операторов введением многостаночного обслуживания.

Работа по составлению технологической документации о применении станков с ПУ включает следующие этапы:

1) составление технологического процесса механической обработки детали и выявление операций, на которых применение станков с ПУ принципиально возможно и, по всей вероятности, целесообразно;

2) выбор станка с ПУ, который можно было бы применить на намеченных операциях;

3) технологическая разработка чертежа детали (операционного эскиза) для выполнения намеченной операции на станке с ПУ;

4) составление расчетно-технологической карты команд и величин перемещений исполнительных органов станка с ПУ;

5) технико-экономическое обоснование применения станка с ПУ.

Технологический процесс механической обработки с перспективой применения станков с ПУ в отношении последовательности операций обработки, состава операций, расчета режимов резания, выбора моделей станков в принципе подчиняется тем же правилам, что и для станков с иным управлением. Другими словами, первоначально может быть составлен технологический процесс с ориентацией на обычные станки. Далее анализируются те операции, на которых применение станков с ПУ может быть целесообразно. Операции должны быть проанализированы по элементам вспомогательного времени и высказаны соображения о возможности уменьшения вспомогательного времени при переходе на обработку на станке с ПУ. Эти соображения на данном этапе могут рассматриваться как предварительные, так как окончательно о выигрыше во времени можно судить только тогда, когда выбран совершенно определенный станок с ПУ и операция обработки детали на нем пронормирована с учетом характеристики станка.

Нормирование операции на станке с ПУ может быть выполнено только после переработки чертежа или операционного эскиза таким образом, чтобы он был бы пригоден для составления расчетно-технологической карты команд и величин перемещений исполнительных органов станка.

Когда операция пронормирована, необходимо на основании технико-экономического расчета путем определения приведенных часовых затрат на рабочем месте показать целесообразность применения станка с ПУ вместо, например, универсального станка. Приведенные часовые затраты рассчитываются по методике, изложенной в разделе «Выбор варианта технологического маршрута и его технико-экономическое обоснование».

Технологическая переработка чертежа или операционного эскиза для операции, на которую предполагается запроецировать станок с ПУ, ведется различными способами в зависимости от типа и модели станка и характера выполняемой операции. Методические указания по выполнению этой работы изложены в специальной и справочной литературе [12, 13, 14, 15]. Данные, необходимые для выполнения этой работы, содержатся также в технических характеристиках станков с ПУ.

Расчетно-технологическая карта составляется на основании подробной разработки операции технологического процесса и переработанного чертежа. В карте последовательно указываются все команды для осуществления запроецированной на станке с ПУ обработки, величины скорости и направления перемещений органов станка.

В дальнейшем на основании расчетно-технологической карты данные карты преобразуются в систему команд программносителя, предусмотренного данным станком.

Указания по составлению расчетно-технологических карт также приводятся в литературе [13, 14].

## РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ

При выполнении курсового проекта расчет припусков на механическую обработку производится расчетно-аналитическим методом и по таблицам.

Расчет припусков и определение их величин по таблицам могут производиться только после выбора оптимального для данных условий технологического маршрута и выбора метода получения заготовки.

На основании результатов определения припусков расчетно-аналитическим методом для рассчитанных поверхностей в конце этого раздела приводится графическая схема расположения общих и межоперационных припусков и допусков (схема приведена на рис. 14).

Для удобства расчет следует производить в виде табл. 43.

Данные таблицы используются непосредственно для построения графической схемы, а также для быстрой проверки правильности произведенных расчетов.

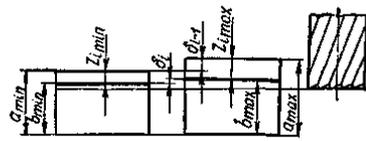


Рис. 12. Схема для определения минимального и максимального промежуточных припусков при обработке на настроенном станке

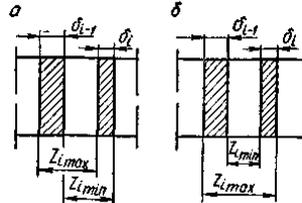


Рис. 13. Схема расположения промежуточных припусков

В основном, за редким исключением, при разработке курсовых проектов применяется метод автоматического получения размеров, т. е. обработки на предварительно настроенных станках. Так как в этом случае заготовки поступают на обработку с колебанием размеров поверхностей, подлежащих обработке в пределах допуска, то и действительные припуски на обработку для этих поверхностей на данном переходе будут иметь различные величины. Колебание размеров, получаемых при обработке, происходит по причине нежесткости технологической системы, т. е. различной ее податливости в результате колебаний припуска на обработку.

Таким образом, как видно из рис. 12, у заготовки с наименьшим предельным размером  $a_{min}$  при обработке в размер  $b$  наименьший припуск из обработки —  $z_{min}$  — равен разности  $a_{min}$  и  $b$ , а наибольший припуск —  $z_{max}$  — равен разности  $a_{max}$  и  $b$ .

Расположение полей припусков и межоперационных допусков на двух смежных переходах обработки элементарной поверхности при обработке на предварительно настроенном станке можно графически изобразить, как показано на рис. 13. Иначе выглядит расположение минимального и максимального припусков в том случае, когда обработка производится по методу пробных проходов. Этот случай показан на рис. 13, б.

Так же выглядит схема расположения полей припусков при последовательном приближении к заданному размеру, например при многопроходной обработке (шлифование, хонингование и т. п.). При этом из-за сравнительно небольших усилий резания упругие отжатия в технологической системе почти отсутствуют. Этому способствует также стремление рабочего получить наибольший предельный размер по проходному калибру.

Порядок расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам приведен в табл. 25.

25. Порядок расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам [3]

Для наружных поверхностей	Для внутренних поверхностей
1	2

1. Пользуясь рабочим чертежом детали и картой технологического процесса механической обработки, записать в расчетную карту обрабатываемые элементарные поверхности заготовки и технологические переходы обработки в порядке последовательности их выполнения по каждой элементарной поверхности от черновой заготовки до окончательной обработки
  2. Записать значения  $R_2$ ,  $T$ ,  $\rho$ ,  $\epsilon$  и  $\delta$
  3. Определить расчетные величины минимальных припусков на обработку по всем технологическим переходам
  4. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наименьший предельный размер детали по чертежу
  5. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу расчетного припуска  $z_{min}$
  6. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчетному размеру следующего за ним смежного перехода расчетного припуска  $z_{min}$
  7. Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением расчетных размеров округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода
  8. Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру
4. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наибольший предельный размер детали по чертежу
  5. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска  $z_{min}$
  6. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода вычитанием из расчетного размера следующего за ним смежного перехода расчетного припуска  $z_{min}$
  7. Записать наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода
  8. Определить наименьшие предельные размеры путем вычитания допуска из округленного наибольшего предельного размера



1	2
9. Записать предельные значения припусков $z_{\max}$ как разность наибольших предельных размеров и $z_{\min}$ как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов	9. Записать предельные значения припусков $z_{\max}$ как разность наименьших предельных размеров и $z_{\min}$ как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов
10. Определить общие припуски $z_{o\max}$ и $z_{o\min}$ , суммируя промежуточные припуски на обработку.	
11. Проверить правильность произведенных расчетов по формулам: $z_{i\max} - z_{i\min} = \delta_{i-1} - \delta_i;$ $2z_{i\max} - 2z_{i\min} = \delta D_{i-1} - \delta D_i;$ $z_{o\max} - z_{o\min} = \delta_3 - \delta_d;$ $2z_{o\max} - 2z_{o\min} = \delta D_3 - \delta D_d$	12. Определить общий номинальный припуск по формулам: $z_{o\text{ном}} = z_{o\min} + B_3 - B_d;$ $2z_{o\text{ном}} = 2z_{o\min} + BD_3 - BD_d$

Примечания: 1. В связи с разнохарактерностью действия при расчете размеров для наружных и внутренних поверхностей рекомендуется во избежание ошибок группировать в расчетной карте наружные и внутренние поверхности, а не записывать их вперемежку.

2. При обработке взаимосвязанных плоских поверхностей от переменных баз рекомендуется строить размерные цепи, определяющие взаимосвязь обрабатываемой поверхности с измерительной базой.

3. В ряде случаев целесообразно по соображениям режимных условий обработки припуск, рассчитанный на черновую обработку, распределять между черновой и получистовой обработкой; при этом 60—70% расчетного припуска рекомендуется снимать при черновой обработке и 30—40% — при получистовой обработке.

4. Номинальный припуск определяется лишь в целях сопоставления с табличными или производственными данными.

Для удобства все аналитические формулы определения расчетных величин минимальных припусков  $z_{\min}$  для различных видов механической обработки и различных поверхностей сведены в табл. 26. С этой же целью систематизированы и приводятся в виде таблиц значения составляющих, входящих в формулы для определения минимального припуска. Так, значения  $R_z$  и  $T$  для основных видов заготовок, различных методов механической обработки заготовок из проката, штамповок и отливок, а также для наиболее распространенных видов обработки отверстий приводятся в табл. 27—30.

В табл. 31 даны расчетные формулы для определения суммарного значения пространственных отклонений, т. е. отклонений от правильной геометрической формы поверхностей и их взаимного расположения для различных видов заготовок при их обработке на первой операции,

с учетом методов базирования заготовок, влияющих на величину пространственного отклонения. Для наглядного представления характера и составляющих пространственного отклонения таблица иллюстрируется эскизами. К таблице целесообразно сделать следующие пояснения.

26. Расчетные формулы для определения величины припуска на обработку

Вид обработки	Расчетная формула
Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей	$z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \epsilon_i$
Параллельная обработка противоположных плоскостей	$2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \epsilon_i)$
Обработка наружных или внутренних поверхностей вращения	$2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2})$
Обтачивание цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах; бесцентровое шлифование	$2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$
Развертывание плавающей разверткой, протягивание отверстий	$2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1})$
Суперфиниш, полирование и раскатка (обкатка)	$2z_{i\min} = 2R_{z_{i-1}}$
Обработка лезвийным или абразивным инструментом без выдерживания размера (как чистот) черной поверхности	$z_{\partial} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + 0,25\delta_{i-1}$
Шлифование после термообработки:	
а) при наличии $\epsilon_i$	$z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1} + \epsilon_i$ $2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1} + \epsilon_i)$
б) при отсутствии $\epsilon_i$	$z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1}$ $2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + \rho_{i-1})$

Примечание:  $\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2} \approx 0,96\rho_{i-1} + 0,4\epsilon_i$  при  $\rho_{i-1} > \epsilon_i$ ;  $\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2} \approx \rho_{i-1}$  при  $\rho_{i-1} \geq 4\epsilon_i$ ;  $\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2} \approx 0,4\rho_{i-1} + 0,96\epsilon_i$  при  $\rho_{i-1} < \epsilon_i$ ;  $\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2} \approx \epsilon_i$  при  $\rho_{i-1} \leq 4\epsilon_i$

27. Качество поверхности различных видов заготовок

Вид заготовки	Класс точности	$R_z$	$T$
		мкм	
Отливки в земляные формы			
I класса	7—9		
наибольший габаритный размер отливки, мм:			
< 1250			600
1250—3150			800
то же II класса	8—9		
наибольший габаритный размер отливки, мм:			
< 1250			700
1250—3150			900

Продолжение табл. 27

Вид заготовки	Класс точности	$R_z$	$T$
		мкм	
Отливки в кокиль	5—7	200	300
Литье в оболочковые формы	5—7	40	260
Литье под давлением	3—5	20	140
Литье по выплавляемым моделям	2—5	30	170
Штампованные заготовки			
Масса, кг:			
$\leq 0,25$		150	150
0,25—2,5		150	200
2,5—25		150	250
25—100		200	300
100—200		300	300
Прокат			
горячекатаный диаметр, мм:			
5—25		150	150
26—75		150	250
80—150		200	300
160—250		300	400
калиброванный гладкотянутый	2а—5	60	60
калиброванный шлифованный	2—3	10	20

Примечание. Для отливок в земляные формы указано суммарное значение  $R_z + T$ .

28. Качество торцевой поверхности после резки заготовок из горячекатаного проката (размеры в мм)

Способ резки	Диаметр отрезаемой заготовки $D$	Допускаемое отклонение размеров по длине заготовки	$R_z + T$	Отклонение от перпендикулярности торца к оси заготовки
По упору на ножницах, дисковыми пилами и приводными ножовками	5—25	$\pm 1,0$	0,3	0,01D
	26—75	$\pm 1,3$		
	80—150	$\pm 1,8$		
	> 150	$\pm 2,3$		
На прессах и дисковыми фрезами на отрезных станках	5—25	$\pm 0,3$	0,2	0,0007D
	26—75	$\pm 0,4$		
Отрезными резцами на станках токарного типа	5—25	$\pm 0,25$	0,2	0,045D
	26—75	$\pm 0,35$		
	80—150	$\pm 0,40$		
	160—250	$\pm 0,50$		

Примечание. При резке на ножницах получаются вмятина и скос; величина вмятины в направлении, перпендикулярном к поверхности среза, достигает 0,2D, а величина скоса по торцу 3°. Величину вмятины и скоса необходимо учитывать при последующей обработке отрезанной заготовки соответственно по диаметру и торцу.

29. Параметры, достигаемые после механической обработки наружных поверхностей

Вид обработки	Класс чистоты	$R_z$	$T$
		мкм	
Обдирочная обработка лезвийным инструментом отливок II класса, горячего проката обычной точности, нежестких валов, поковок с большими припусками и т. п.	2—3	100	100
Черновая обработка лезвийным инструментом заготовок всех видов	3—4	50	50
Чистовая обработка лезвийным инструментом и однократная обработка заготовок с малыми припусками	4—5	30	30
Чистовое торцевое фрезерование	5—6	10	15
Протягивание наружное	6—7	5	10
Тонкая обработка лезвийными инструментами	7—9	3	
Шлифование:			
предварительное	6	10	20
чистовое	7—8	5	15
Бесцентровое шлифование калиброванного проката 3—3а классов точности: до термообработки	7	6	12
после термообработки	8—10	3—0,8	

30. Параметры, достигаемые после механической обработки отверстий

Вид обработки	Класс чистоты	$R_z$	$T$
		мкм	
Сверление спиральными сверлами	3—4	40	60
Глубокое сверление	5	20	30
Зенкерование черновое	3	50	50
» чистовое	4—5	30	40
Растачивание черновое	3	50	50
» чистовое	5	20	25
Развертывание нормальное	6	10	25
» точное	7	5	10
» тонкое	8	3	—
Протягивание	7	4	6
Калибрование шариком или оправкой	10	0,6	

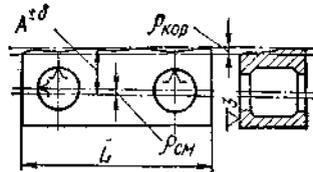
Примечание. Виды развертывания (нормальное, точное и тонкое) определяются допусками на диаметральные размеры разверток.

31. Суммарное значение пространственных отклонений для различных видов заготовок и механической обработки

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
--------------------------------	-------	-------------------

I. Литые заготовки

Корпусные детали, по отверстиям с параллельными осями и перпендикулярной к ним плоскости



$$\rho = \sqrt{\rho_{kop}^2 + \rho_{cm}^2}$$

$$\rho = \rho_{kop} + \rho_{cm}$$

$$\rho_{cm} = \delta$$

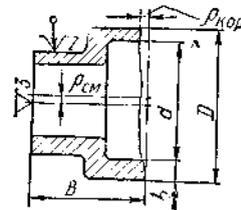
$$\rho_{kop} = \Delta_k L$$

То же, по плоскости, противоположной обрабатываемой



$$\rho = \rho_{kop}$$

Детали — тела вращения, в самоцентрирующих патронах по наружному диаметру с прижимом к торцевой поверхности



$$\rho_D = \rho_{kop} = \Delta_k D$$

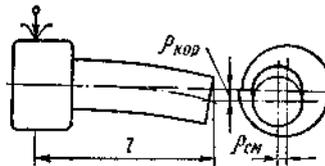
$$\rho_d = \sqrt{\rho_{kop}^2 + \rho_{cm}^2}$$

$$\rho_{cm} = \delta_v$$

$$\rho_v = \Delta_k B$$

II. Штампованные заготовки

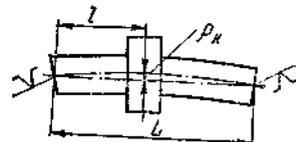
Стержневые детали (валы ступенчатые, рычаги и т. п.) с базированием по крайней ступени (поверхности)



$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{kop}^2}$$

$$\rho_{kop} = \Delta_k l$$

Стержневые детали при обработке в центрах



$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{kop}^2 + \rho_{ц}^2}$$

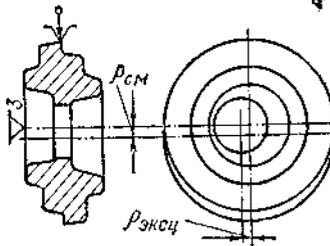
$$\rho_{kop} = \Delta_k l$$

при  $l \leq \frac{L}{2}$

Продолжение табл. 31

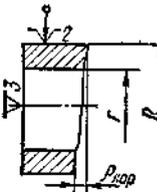
Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
--------------------------------	-------	-------------------

Детали типа дисков с прошиваемым центральным отверстием (шестерни, диски и т. п.) с установкой по наружному диаметру и торцу



$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{вкц}^2}$$

То же, при обработке торцевых поверхностей

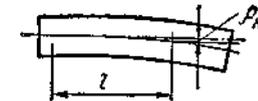


$$\rho = \rho_{kop}$$

$$\rho_{kop} = \Delta_k D = \Delta_k 2R$$

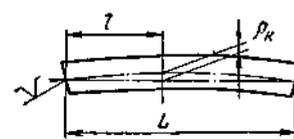
III. Заготовки из сортового проката

При консольном закреплении в самоцентрирующих патронах



$$\rho_k = \Delta_k l$$

При обработке в центрах



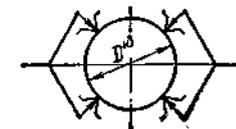
$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{ц}^2}$$

$$\rho_k = \Delta_k l$$

при  $l \leq \frac{L}{2}$

IV. Зацентровка заготовок

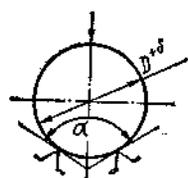
При установке в самоцентрирующих зажимных устройствах



$$\rho_{ц} = 0,25 \text{ мм}$$

Тип детали и метод базирования	Эскиз	Расчетные формулы
--------------------------------	-------	-------------------

При установке на призмах с односторонним прижимом



$$r_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{\delta^2}{2} + 0,25^2}$$

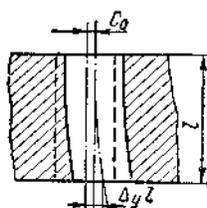
(при  $\alpha = 90^\circ$ )

$$r_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{\delta^2}{3} + 0,25^2}$$

(при  $\alpha = 120^\circ$ )

V. Сверление отверстий

Детали всех типов, при обработке отверстия в неподвижной детали



$$r = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y l)^2}$$

Для литых заготовок при обработке плоской поверхности корпусной детали с отверстиями, оси которых параллельны обрабатываемой поверхности, существенное значение приобретает способ базирования этой детали на первой операции. Если деталь базируется на отверстия и перпендикулярную к ним поверхность, то суммарное пространственное отклонение складывается из величины коробления обрабатываемой поверхности и погрешности расположения базовых отверстий относительно той же обрабатываемой поверхности, т. е. смещения этих отверстий к наружной поверхности отливки.

Смещение в данном случае обусловлено неточностью расположения стержня к наружной поверхности и регламентируется допуском на размер от обрабатываемой поверхности до оси базовых отверстий ( $A \pm \delta$ ).

На эскизе в таблице векторы коробления и смещения базовых отверстий по отношению к направлению выдерживаемого размера — коллинеарны и для определения суммарного пространственного отклонения можно принять алгебраическую сумму составляющих  $r_{\text{кор}}$  и  $r_{\text{см}}$ , однако эта сумма является крайним случаем, поэтому для получения значений с большей вероятностью, учитывая нормальный закон распределения действительных размеров, следует производить геометрическое сложение векторных составляющих  $r_{\text{кор}}$  и  $r_{\text{см}}$ .

При установке деталей на плоскость, противоположащую и параллельную обрабатываемой, суммарное значение пространственных отклонений обрабатываемой поверхности выражается величиной ее коробления. Общая величина коробления поверхности отливки

определяется как произведение удельной кривизны на наибольший размер обрабатываемой поверхности в направлении обработки.

Для литых деталей типа тел вращения при обработке участков наружной поверхности и базировании по наружной поверхности пространственное отклонение — овальность — выражается произведением удельной кривизны на соответствующий диаметр отливки. Если базирование при обработке наружной поверхности осуществляется по внутреннему диаметру, то для суммарного значения пространственного отклонения следует, так же как и для коробчатых деталей, учитывать смещение стержня отливки относительно наружной поверхности. Величину смещения можно принимать равной допуску на толщину стенки отливки. Так как направление векторов коробления и смещения неопределенны друг относительно друга, то производится геометрическое сложение векторов. Значения удельной кривизны заготовок (коробления) приведены в табл. 32. Для двух последних случаев, так же как и для корпусных деталей, базирующих по отверстиям, величину удельного коробления следует принимать как для корпусов.

При обработке торцевых поверхностей отливок тел вращения пространственное отклонение обрабатываемой поверхности выражается в виде коробления и определяется так же, как произведение удельной кривизны на диаметр обрабатываемой поверхности.

Для штампованных заготовок (при обработке цилиндрических поверхностей деталей типа ступенчатых валов и консольном их закреплении по крайней ступени) суммарное значение пространственных отклонений выражается в виде коробления детали и смещения одних участков поверхностей относительно других. Это смещение обусловлено несовпадением верхней и нижней частей штампов при штамповке заготовок поперек оси, а также несовпадением полуматриц по горизонтально-ковочных машинах и, наконец, смещением штампуемой части заготовки относительно стержня исходного материала.

В табл. 30 приводятся данные по общей или наибольшей кривизне штампованных заготовок, которую следует принимать в расчет при консольном закреплении заготовок. При обработке штампованных заготовок в центрах для расчетов кривизны или стрелы прогиба в обрабатываемом сечении следует брать произведение удельной кривизны после правки или термообработки на расстояние от обрабатываемого сечения до ближайшей опоры. В этом случае следует, кроме вышеприведенных факторов, учитывать радиальное биение обрабатываемой поверхности в результате погрешности зацентровки. Способ определения погрешности зацентровки приводится ниже.

Так как векторы всех перечисленных погрешностей имеют неопределенное положение в пространстве относительно оси обрабатываемой детали, следует определять их геометрическую сумму.

Для заготовок типа дисков с прошиваемыми при штамповке центральными отверстиями (зубчатые колеса, фланцы и т. п.) суммарное значение пространственных отклонений (при бази-

ровании детали на первой операции по наружному диаметру) складывается из смещения частей штампов, формирующих заготовку по обе стороны разъема, и эксцентricности прошироженного центрального отверстия по отношению к наружному контуру заготовки. Величины погрешностей заготовок по эксцентricности приводятся в табл. 33, а по смещению в табл. 34. Так же, как и в предыдущем случае из-за неопределенного положения в пространстве векторов погрешностей, суммарное пространственное отклонение определяется геометрическим сложением.

32. Удельная кривизна заготовок  $\Delta_k$  в мкм на 1 мм длины

Материал в состоянии	Диаметр заготовки, мм					
	5—25	25—50	50—75	75—120	120—150	> 150

1. Прокат калиброванный:						
2-й класс точности	0,50	0,50				
3-й » »	1	0,75	0,5			
3а—4-й » »	2	1	1			
5-й » »	3	2	1			
Прокат калиброванный после термообработки	2	1,3	0,6			
Горячекатаный прокат:						
после правки на прессе	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
после термообработки	2,0	1,3		0,6		0,3
2. Штампованные заготовки:						
после правки	2,0	1,5		1,0		
после термообработки	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	
3. Отливки плиты корпуса			2—3	0,7—1		

Примечания: 1. Общая кривизна прутка не должна превышать прогибания допускаемой удельной кривизны на длину прутка.

2. Кривизну отрезанной заготовки определяют в зависимости от способа базирования при обработке (см. табл. 31).

3. При термообработке проката т. в. ч. табличные значения принимать с коэффициентом 0,5.

4. Для ступенчатых валов средний диаметр

$$d_{\text{ср}} = \frac{d_1 l_1 + d_2 l_2 + \dots + d_n l_n}{l}$$

где  $d_1, d_2, \dots, d_n$  — диаметры ступеней;  
 $l_1, l_2, \dots, l_n$  — длины ступеней;  
 $l$  — общая длина вала.

5. Для стержневых деталей типа рычагов и пластин  $d_{\text{ср}}$  рассчитывают по среднему сечению стержня.

33. Погрешности штампованных заготовок по эксцентricности  $P_{\text{эксц}}$  и короблению  $P_{\text{кор}}$  получаемых на прессах и ГКМ, мм

Толщина, (высота) длина или ширина штампованных заготовок, мм	По эксцентricности отверстий для группы точности			По кривизне (стреле прогиба) и короблению для группы точности		
	1	2	3	1	2	3
≤ 50	0,5	0,8	1,0	0,25	0,5	0,5
50—120	0,63	1,4	1,5	0,25	0,5	0,5
120—180	0,8	2,0	2,5	0,32	0,5	0,7
180—260	1,0	2,8	3,5	0,32	0,6	0,9
260—360	1,5	3,2	4,5	0,4	0,7	1,0
360—500	2,5	3,6	5,5	0,5	0,8	1,1

34. Погрешности заготовок, штампованных на прессах и ГКМ, по смещению  $P_{\text{см}}$ , мм

Класс заготовок, кг	Для групп точности		
	1	2	3
≤ 0,25	0,2	0,3	0,5
0,25—0,63	0,25	0,4	0,6
0,63—1,6	0,3	0,5	0,7
1,6—2,5	0,35	0,6	0,8
2,5—4,0	0,4	0,7	0,9
4,0—6,3	0,5	0,8	1,0
6,3—10,0	0,6	0,9	1,2
10,0—16,0	0,6	1,0	1,3
16,0—25,0	0,7	1,1	1,4
25,0—40,0	0,7	1,2	1,6

35. Удельный увод  $\Delta_k$  и смещение  $S_0$  оси отверстий при сверлении

Диаметр отверстия, мм	Сверление спиральными сверлами		Глубокое сверление	
	$\Delta_k$ , мкм/мм	$S_0$ , мкм	$\Delta_k$ , мкм/мм	$S_0$ , мкм
3—6	2,1	10	1,6	10
6—10	1,7	15	1,3	15
10—18	1,3	20	1,0	20
18—30	0,9	25	0,7	25
30—50	0,7	30		

При обработке торцевых поверхностей штампованных заготовок в качестве пространственных отклонений учитывается коробление обрабатываемой поверхности. Оно определяется, как и для литых заготовок, произведением удельной кривизны (берется из табл. 32 для штампованных заготовок после правки) на диаметр обрабатываемой поверхности.

Для заготовок из сортового проката определение суммарного значения пространственных отклонений производится

аналогично штампованным заготовкам типа валов в зависимости от способа базирования. При консольном закреплении в расчет принимается только кривизна в обрабатываемом сечении, а при обработке в центрах в векторную сумму включается погрешность зацентровки. Кривизна в обрабатываемом сечении определяется на основании удельной кривизны (табл. 32) с учетом правки или термической обработки в соответствии с состоянием заготовки.

Погрешность зацентровки заготовок из сортового проката, а также штампованных стержневых заготовок возникает вследствие погрешности базирования на этой операции и приводит к радиальному биению наружной поверхности заготовки относительно оси центровых отверстий.

При использовании на операции зацентровки для закрепления заготовок самоцентрирующих зажимных устройств допуск на наружный диаметр не оказывает влияния на погрешность зацентровки, которая в этом случае определяется погрешностью настройки центрального станка (0,25 мм). При установке деталей на призму с односторонним прижимом погрешность зацентровки, кроме того, зависит от допуска на наружный диаметр заготовки и угла призмы. Для определения суммарного значения погрешности зацентровки следует брать геометрическую сумму указанных составляющих.

Обработка отверстий в неподвижной детали сверлением характеризуется в отношении пространственных отклонений смещением отверстия и уводом — искривлением — его оси вследствие жесткости сверл. Суммарное пространственное отклонение равно векторной сумме этих составляющих, величины которых приведены в табл. 35.

Остаточные пространственные отклонения на обработанных поверхностях, имевших исходные отклонения, являются следствием копирования погрешностей при обработке. Величина этих отклонений зависит как от режимных условий обработки, так и от параметров, характеризующих жесткость технологической системы и механические свойства обрабатываемого материала.

При выполнении курсового проекта для определения промежуточных значений припусков на механическую обработку можно с достаточной для практических целей точностью воспользоваться приведенной ниже эмпирической формулой

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \rho_{\text{заг}}, \quad (30)$$

где  $k_y$  — коэффициент уточнения формы.

Значения коэффициента уточнения для различных видов заготовок и методов обработки можно принять следующими.

Однократное и черновое точение штампованных заготовок, заготовок из горячекатаного проката, предварительное шлифование проката 3а и 4-го классов точности . . . . . 0,06

Получистовая обработка заготовок из проката, штампованных заготовок, рассверливание отверстий, смещение оси отверстия после черновой обработки . . . . . 0,05

Чистовое точение заготовок из сортового проката обыкновенного качества, штампованных заготовок, после первого технологического

перехода обработки литых заготовок, после чистового шлифования проката 3а и 4-го классов точности . . . . .	0,04
Двукратное обтачивание калиброванного проката или двукратное шлифование заготовок после токарной обработки . . . . .	0,02
Получистовая обработка (сенкерование и черновое развертывание отверстий) . . . . .	0,005
Чистовая обработка — развертывание отверстий . . . . .	0,002

При обработке торцевых поверхностей штампованных заготовок с центральным отверстием остаточную величину пространственного отклонения (коробления) можно определять:

после черновой обработки

$$\rho_{\text{ост}} = 1,2 [0,06\rho_{\text{кор}} + 0,15(R - r)]; \quad (31)$$

после получистовой обработки

$$\rho_{\text{ост}} = 1,1 [0,003\rho_{\text{кор}} + 0,1(R - r)]; \quad (32)$$

после чистовой обработки

$$\rho_{\text{ост}} = 0,003\rho_{\text{кор}} + 0,1(R - r), \quad (33)$$

где  $R$  и  $r$  — радиусы наружной поверхности и отверстия (см. табл. 31).

Погрешность установки  $\epsilon_y$  на выполняемом переходе при определении промежуточного припуска характеризуется величиной смещения обрабатываемой поверхности, которое должно компенсироваться дополнительной составляющей промежуточного припуска.

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (34)$$

где  $\epsilon_6$  — погрешность базирования;

$\epsilon_3$  — погрешность закрепления;

$\epsilon_{\text{пр}}$  — погрешность положения заготовки.

Все составляющие представляют поля рассеивания случайных величин, поэтому суммируются в общем случае по правилу геометрического сложения.

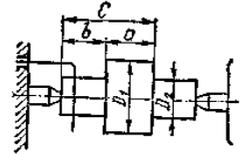
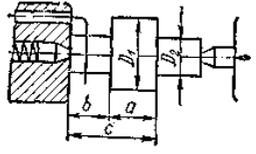
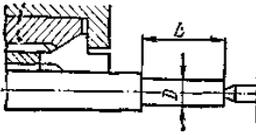
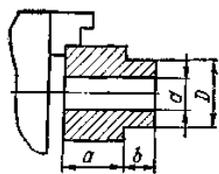
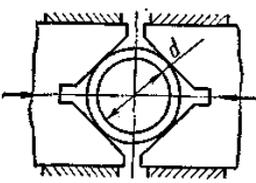
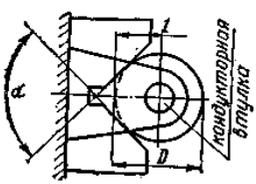
Погрешность базирования  $\epsilon_6$  имеет место при несовмещении установочной и измерительной баз и зависит также от допуска и погрешности формы базовых поверхностей. В табл. 36 приводятся формулы для определения погрешности базирования при обработке заготовок в приспособлениях.

Погрешность закрепления  $\epsilon_3$  возникает в результате смещения обрабатываемых поверхностей заготовок от действия зажимной силы. Это смещение может быть учтено настройкой станка, если оно и велико, но постоянно по величине. В ряде случаев, особенно, когда применяются пневматические, гидравлические, электромеханические и другие зажимные устройства, обеспечивающие постоянство усилий зажима, погрешность закрепления можно исключить из расчетов.

Погрешность положения заготовки  $\epsilon_{\text{пр}}$  является следствием неточности изготовления станочного приспособления и износа его установочных элементов, а также погрешности установки самого приспособления на станке. Сюда относится также погрешность индек-

36. Погрешности базирования при обработке в приспособлениях [3]

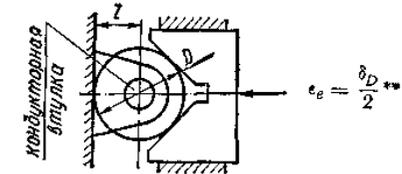
Базирование	Схема установки	Погрешность базирования $\epsilon$ для размеров
1	2	3

По центральным отверстиям: на жесткий передний центр		$\epsilon_{D_1} = 0; \epsilon_{D_2} = 0;$ $\epsilon_a = 0; \epsilon_b = \Delta_{\text{ц}}^*;$ $\epsilon_c = \Delta_{\text{ц}}^*$
На плавающий передний центр		$\epsilon_{D_1} = 0; \epsilon_{D_2} = 0;$ $\epsilon_a = 0; \epsilon_b = 0; \epsilon_c = 0$
По внешней поверхности: в зажимной цапге по упору		$\epsilon_D = 0; \epsilon_L = 0$
В самоцентрирующем патроне с упором торцом		$\epsilon_D = 0; \epsilon_d = 0;$ $\epsilon_a = 0; \epsilon_b = 0$ (при параллельном подрезании торцов)
В самоцентрирующих призмах		$\epsilon_d = 0; \epsilon_e = 0^{**}$
В призме при обработке отверстий по кондуктору		$\epsilon_e = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}^{**}$

Продолжение табл.

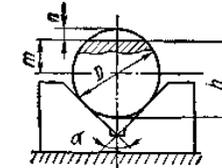
1	2	3
---	---	---

На плоской поверхности при обработке отверстия по кондуктору



$$\epsilon_e = \frac{\delta_D}{2}^{**}$$

В призме при обработке плоскости или паза

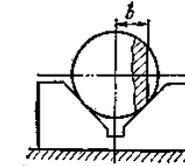


$$\epsilon_h = \frac{\delta_D}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right);$$

$$\epsilon_n = \frac{\delta_D}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right);$$

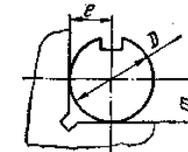
$$\epsilon_m = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}^{**}$$

То же



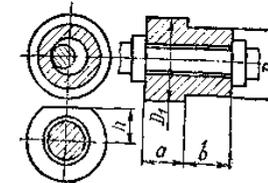
$$\epsilon_b = 0$$

» »



$$\epsilon_e = \frac{\delta_D}{2}; \epsilon_m = 0$$

По отверстию: на жесткой оправке со свободной посадкой



$$\epsilon_{D_1} = s_{\text{min}} + \delta_B + \delta_A;$$

$$\epsilon_{D_2} = s_{\text{min}} + \delta_B + \delta_A;$$

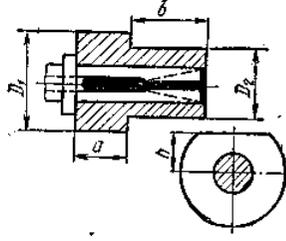
$$\epsilon_h = s_{\text{min}} + \delta_B + \delta_A^{***}$$

При установке оправки на плавающий передний центр, в гильзу или патрон по упору

$$\epsilon_a = 0; \epsilon_b = 0$$

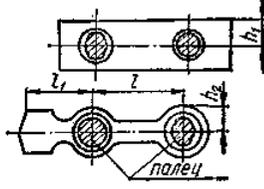
1	2	3
---	---	---

На разжимной оправке:  
на жесткой оправке с  
натягом



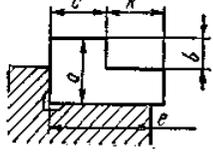
При установке оправки на  
жесткий передний центр  
 $\epsilon_b = 0; \epsilon_a = \Delta_{ц}^*$   
 $\epsilon_{D_1} = 0; \epsilon_{D_2} = 0; \epsilon_h = 0;$   
 $\epsilon_b = \delta_a; \epsilon_a = 0$

По двум отверстиям на  
пальцах:  
при обработке верхней  
поверхности



$\epsilon_{h_1} = s_{min} + \delta_B + \delta_A; ***$   
 $\epsilon_{h_2} = (s_{min} + \delta_B + \delta_A) \times$   
 $\times \left( \frac{2L_1 + l}{l} \right)$

По плоскости:  
при обработке уступа



$\epsilon_b = \delta_a$   
 $\epsilon_h = \delta_a;$   
 $\epsilon_c = 0$

\*  $\Delta_{ц}$  — просадка центров.  
Значения  $\Delta_{ц}$  принимать следующие:

Наибольший диаметр центрального отверстия, мм	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7,5; 10	12,5; 15	20; 30
Просадка центров $\Delta_{ц}$ , мм	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25

\*\*  $\epsilon_a$  — смещение оси отверстия относительно оси внешней поверхности (отклонение от концентричности)  
 $\delta_D$  — допуск на диаметр внешней поверхности.  
 $s_{min}$  — минимальный гарантированный зазор.  
 $\delta_A$  — допуск на размер базового отверстия.  
 $\delta_B$  — допуск на размер оправки.

37. Погрешность закрепления заготовок 3 при установке в радиальном направлении для обработки на станках, мм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки, мм										
	6—10	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260	260—360	360—600	
Холоднокатаная калиброванная Предварительно обработанная Чисто обработанная	40	50	60	70	80	80	80	80	80	80	900
	150	175	200	250	300	350	400	450	550	650	
	50	60	70	80	100	120	140	160	—	—	
	25	30	35	40	50	60	70	80	—	—	
	220	270	320	370	420	500	600	700	800	900	
Литье: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели в постоянную форму по выплавляемой модели под давлением Горячая штамповка Горячекатаная Предварительно обработанная Чисто обработанная	220	270	320	370	420	500	600	700	800	900	
	150	175	200	250	300	350	400	450	550	650	
	50	60	70	80	100	120	140	160	—	—	
	25	30	35	40	50	60	70	80	—	—	
	220	270	320	370	420	500	600	700	800	900	
Литье: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели по выплавляемой модели под давлением Горячая штамповка Предварительно обработанная Чисто обработанная	180	220	260	320	380	440	500	580	660	760	
	120	140	170	200	240	280	320	380	440	500	
	40	50	60	70	80	90	100	120	—	—	
	20	25	30	35	40	45	50	60	—	—	
	180	220	260	320	380	440	500	580	660	760	

Установка в зажимной гильзе (цанге)

Установка в трехшлицевой патроне

Установка в пневматическом патроне

Примечания: 1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или базовом приспособлении в радиальном направлении. Погрешность закрепления, получающаяся при установке в плавающей передней и вращающейся задней центрах, не учитывается, так как перекрывается отклонением заготовки под действием силы резания.



38. Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon_3$  при установке в осевом направлении для обработки на станках,  $\mu\text{м}$ 

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, $\mu\text{м}$									
	6—10	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260	260—300	300—500
<i>Установка в зажимной гильзе (цанге) по упору</i>										
Холоднотянутая калиброванная	40	50	60	70	80	—	—	—	—	—
Предварительно обработанная	40	50	50	70	80	—	—	—	—	—
Чисто обработанная	20	25	30	35	40	—	—	—	—	—
<i>Установка в трехлапчатом самоцентрирующем патроне</i>										
Литье:										
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
в постоянную форму по выплавляемой модели	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
под давлением	50	60	70	80	90	100	110	120	—	—
Горячая штамповка	30	40	50	60	70	80	90	100	—	—
Горячекатаная	70	80	90	100	110	120	130	140	150	—
Предварительно обработанная	70	80	90	100	110	120	130	—	—	—
Чисто обработанная	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>Установка в пневматическом патроне</i>										
Литье:										
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
в постоянную форму по выплавляемой модели	55	60	65	75	80	90	100	110	120	130
под давлением	45	50	55	65	75	80	85	90	—	—
Горячая штамповка	25	35	45	50	55	65	70	80	—	—
Горячекатаная	55	60	70	80	90	100	110	120	130	—
Предварительно обработанная	55	60	70	80	90	100	110	—	—	—
Чисто обработанная	40	50	60	70	80	90	90	100	110	120
	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100

Примечания: 1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или зажимном приспособлении.

2. Установка в центрах не дает погрешности закрепления, но дает погрешность базирования в осевом направлении.

39. Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon_3$  при установке на опорные штифты приспособлений,  $\mu\text{м}$ 

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, $\mu\text{м}$									
	6—10	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260	260—360	360—500
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Установка в зажимное приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами</i>										
Литье:										
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	—	100	125	150	175	200	225	250	300	350
в постоянную форму по выплавляемой модели	—	100	110	120	130	140	150	160	180	200
под давлением	80	90	100	110	120	130	140	150	—	—
Горячая штамповка	70	80	90	100	110	120	130	140	—	—
Горячекатаная	—	100	125	150	175	200	225	250	300	—
Предварительно обработанная	90	100	125	150	175	200	225	—	—	—
Чисто обработанная	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Шлифованная	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
<i>Установка в зажимное приспособление с пневматическим зажимом</i>										
Литье:										
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	—	90	100	120	140	160	180	200	240	280
в постоянную форму по выплавляемой модели	—	80	90	100	110	120	130	140	160	180
под давлением	65	70	75	80	90	100	110	120	—	—
Горячая штамповка	40	45	50	60	70	80	90	100	—	—
Горячекатаная	—	90	100	120	140	160	180	200	240	—
Предварительно обработанная	70	80	100	120	140	150	180	—	—	—
Чисто обработанная	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140
Шлифованная	50	60	70	80	90	90	100	110	120	130
	40	50	60	70	80	80	90	100	110	120

Примечания: 1. Установка на магнитной плите не дает погрешности закрепления.

2. Поперечный размер заготовки принимать наибольшим в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.

3. Погрешность закрепления дана по нормали к обрабатываемой поверхности.



40. Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon_z$  при установке на опорные пластины приспособлений, мм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм									
	6—10	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260	260—360	360—500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Установка в зажимное приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами

Литье:										
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	—	100	110	120	135	150	175	200	240	280
в постоянную форму по выплавляемой модели	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
под давлением	40	50	60	70	80	90	100	110	—	—
Горячая штамповка	30	40	50	60	70	80	90	100	—	—
Горячекатаная	—	100	110	120	135	150	175	200	240	—
Предварительно обработанная	90	100	110	120	135	150	175	—	—	—
Чисто обработанная	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Шлифованная	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110

Установка в зажимное приспособление с пневматическим зажимом

Литье:										
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	—	80	90	100	110	120	140	160	190	220
в постоянную форму по выплавляемой модели	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120
под давлением	35	40	50	55	60	70	80	90	—	—
Горячая штамповка	25	30	35	40	50	60	70	80	—	—
Горячекатаная	—	80	90	100	110	120	140	160	190	—
Предварительно обработанная	70	80	90	100	110	120	140	—	—	—
Чисто обработанная	35	40	50	55	60	70	80	90	100	110
Шлифованная	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90

- Примечания: 1. Установка на магнитной плите не дает погрешности закрепления.  
2. Поперечный размер заготовки принимать наибольшим в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.  
3. Погрешность закрепления дана по нормали к обрабатываемой поверхности.

сацией — поворота зажимных устройств при обработке заготовок на многопозиционных станках, которая в большинстве случаев принимается равной 0,05 мм. За исключением последней составляющей элементы погрешности положения заготовки часто затруднительно выявить как самостоятельные значения, поэтому их учитывают входящими в погрешность закрепления. С учетом сказанного, для однопозиционной обработки формула (34) примет вид

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_0^2 + \epsilon_s^2} \quad (35)$$

Если векторы  $\epsilon_0$  и  $\epsilon_y$  коллинеарны, как это имеет место при обработке плоских поверхностей, параллельных установочной базе, то

$$\epsilon_y = \epsilon_0 + \epsilon_s \quad (36)$$

Значения погрешностей закрепления для различных видов обработки в зависимости от обрабатываемого материала и технологической оснастки приводятся в табл. 37—40.

Определение значений допусков на заготовки производится по соответствующим для каждого метода ГОСТам, указанным в разделе «Выбор заготовки» настоящего пособия.

Для первого технологического перехода при обработке черных заготовок всех видов и при выдерживании размера от черной базы допуск  $\delta$  следует принимать не табличный, а определять по формуле

$$\delta = \frac{\delta_{\text{заг}} + \delta_{\text{обр}}}{2} \quad (37)$$

где  $\delta_{\text{заг}}$  — допуск на размер черной заготовки;

$\delta_{\text{обр}}$  — допуск по классу точности, указанному в таблице для соответствующего метода обработки.

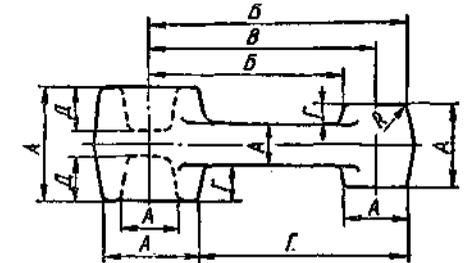


Рис. 14. Штампованная заготовка

При определении допусков штампованных заготовок следует учитывать следующие факторы: недоштамповку  $Нед$ , допускаемый износ окончательного ручья штампа  $И_{ш}$ , колебания усадки заготовки по температурному интервалу штамповки  $K_y$  и элемент допуска, не зависящий от износа штампов и недоштамповки  $Нез$ . Размеры штампованных заготовок (рис. 14) по-разному зависят от перечисленных факторов.

Допуски на размеры, зависящие от недоштамповки или двустороннего износа штампов, определяются как (размеры  $A$  на рис. 14)

$$\delta = Нед + И_{ш} + K_y \quad (38)$$

при этом верхнее отклонение (плюс)

$$B_0 = Нед + \frac{K_y}{2} \quad (39)$$

нижнее отклонение (минус)

$$H_0 = I_{ш} + \frac{K_y}{2} \quad (40)$$

Допуски на размеры углублений и внутренних поверхностей (размеры *D* и *A*) также рассчитываются по формуле (38), при этом верхнее отклонение (плюс)

$$B_0 = I_{ш} + \frac{K_y}{2} \quad (41)$$

а нижнее отклонение (минус)

$$H_0 = H_{ед} + \frac{K_y}{2} \quad (42)$$

Допуски на наружные размеры поверхностей, зависящие от одностороннего износа штампов (параллельные плоскости разреза — размеры *B*),

$$\delta = \frac{H_{ед} + I_{ш}}{2} + K_y \quad (43)$$

При этом верхнее отклонение (плюс)

$$B_0 = \frac{H_{ед} + K_y}{2} \quad (44)$$

нижнее отклонение (минус)

$$H_0 = \frac{I_{ш} + K_y}{2} \quad (45)$$

Для размеров внутренних поверхностей в этом случае (размеры *B*) верхнее отклонение (плюс)

$$B_0 = \frac{I_{ш} + K_y}{2} \quad (46)$$

нижнее отклонение (минус)

$$H_0 = \frac{H_{ед} + K_y}{2} \quad (47)$$

Допуски на размеры, определяющие расстояние между осями бобышек или других элементов, не выходящих к периферии заготовки, не зависящие от износа ручьев штампов (размеры *B*), и на размеры, зависящие от одностороннего равномерного износа ручьев (размеры *Г*),

$$\delta = H_{ез} + K_y \quad (48)$$

При этом верхнее (плюс) и нижнее (минус) отклонения равны

$$B_0 = H_0 = \frac{H_{ез} + K_y}{2} \quad (49)$$

Элементы допусков по недоштамповке *Hед*, износу штампов *Iш* и не зависящие от износа штампов *Hез* приводятся в табл. 41 и 42.

41. Элементы допусков по недоштамповке *Hед* и износу штампов *Iш*, определяемые по весу штампованных заготовок *мм*

Масса штампованных поковок, кг	По недоштамповке для групп точности			По износу штампов для групп точности		
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
≤ 0,25	0,40	0,6	1,0	0,20	0,3	0,5
0,25—0,63	0,50	0,8	1,5	0,25	0,4	0,7
0,63—1,60	0,63	1,2	2,0	0,32	0,5	1,0
1,60—2,50	0,80	1,4	2,5	0,40	0,6	1,3
2,50—4,00	0,90	1,6	2,7	0,45	0,7	1,4
4,00—6,30	1,00	1,7	3,0	0,50	0,8	1,6
6,30—10,00	1,10	1,8	3,5	0,55	0,9	1,9
10,00—16,00	1,20	2,0	3,7	0,60	1,0	2,0
16,00—25,00	1,40	2,2	4,0	0,70	1,1	2,2
25,00—40,00	1,60	2,5	5,0	0,80	1,2	2,5
40,00—63,00	2,00	3,0	6,0	1,00	1,3	2,8
63,00—100,00	2,60	4,0	8,0	1,30	1,4	3,4
100,00—125,00	3,00	4,6	9,0	1,50	1,5	3,7
125,00—160,00	3,60	5,4	11,0	1,80	1,6	4,3
160,00—200,00	4,10	6,4	13,0	2,00	1,8	4,9

42. Элементы допусков *Hез*, не зависящие от износа штампов, определяемые по размерам штампованных поковок, *мм*

Толщина (высота), длина или ширина штампованных поковок, мм	Для групп точности		
	1-й	2-й	3-й
≤ 50	±0,10	±0,2	±0,3
50—120	±0,16	±0,4	±0,6
120—180	±0,20	±0,5	±0,7
180—260	±0,32	±0,6	±0,9
260—360	±0,40	±0,7	±1,1
360—500	±0,63	±0,8	±1,2
500—630	±0,80	±0,9	±1,3
630—800	±1,00	±1,0	±1,5
800—1000	±1,15	±1,2	±1,8
1000—1250	±1,25	±1,5	±2,1
1250—1600	±1,40	±1,8	±2,5
1600—2000	±1,60	±2,2	±3,0
2000—2500	±1,80	±2,7	±3,5

Колебания усадки принимают  $K_y = 1,0$  *мкм/мм*.

Суммарные значения расчетных допусков следует округлять с точностью до 0,1 *мм* для 1-й и 2-й групп точности и с точностью 1,0 *мм* для 3-й группы точности штампованных заготовок.

Значения промежуточных допусков для различных видов механической обработки определяются по классам точности, приведенным в таблицах экономической точности обработки (приложение III).

**Пример 1.** Рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для диаметра  $50^{+0,05}$  отверстия корпуса, показанного на рис. 15. На остальные поверхности (1, 2, 3) назначить припуски и допуски по ГОСТ 1855—55.

Заготовка представляет собой отливку 1-го класса точности, массой 3,5 кг.

Технологический маршрут обработки отверстия  $50^{+0,05}$  состоит из двух операций: чернового и чистового растачивания, выполняемых при одной установке обрабатываемой детали. Заготовка базируется на данной операции на плоскость основания 2 и два отверстия  $\varnothing 10A$ , изготовленные предварительно. Схема установки при обработке ясна из рис. 15.

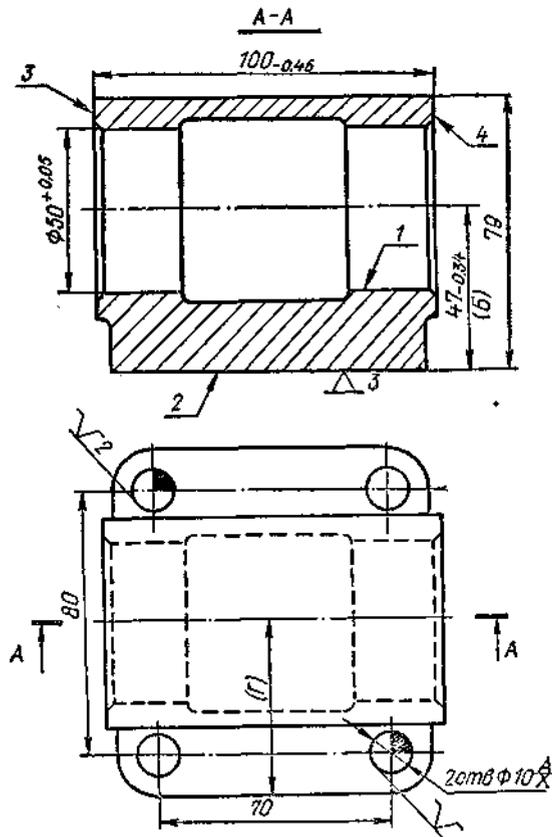


рис. 15. Корпус (чертеж и схема установки при обработке отверстия  $\varnothing 50^{+0,05}$ )

Расчет припусков на обработку отверстия  $\varnothing 50^{+0,05}$  ведем путем составления табл. 43, в которую последовательно записываем технологический маршрут обработки отверстия и все значения элементов припуска.

Суммарное значение  $R_2$  и  $T$ , характеризующее качество поверхности литых заготовок, составляет 600 мкм (табл. 27). После первого технологического перехода величина  $T$  для деталей из чугуна исключается из расчетов, поэтому для чернового и чистового растачивания находим по табл. 29 только значения  $R_2$ , соответственно 50 и 20 мкм, и записываем их в расчетную таблицу.

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного типа определится по формуле

$$P_3 = \sqrt{P_{кор}^2 + P_{см}^2}$$

#### 43. Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку отверстия $\varnothing 50^{+0,05}$ корпуса (рис. 15)

Технологические переходы обработки поверхности $\varnothing 50^{+0,05}$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $\delta_{пр}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мкм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельный размер, мкм		Предельные значения припусков, мкм	
	$R_2$	$T$	$\rho$	$\lambda$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2\sigma_{пр min}$	$2\sigma_{пр max}$
Заготовка . . . . .	600	294			48,078	100	47,68	48,08			
Растачивание:											
черновое . . . . .	50	—	15	127	2,920	49,918	170	49,75	49,92	1840	2070
чистовое . . . . .	20	—	—	6	2,66	50,05	50	50,05	50,05	130	250
Итого . . . . .										1970	2320

Величину коробления отверстия следует учитывать как в диаметральном, так и в осевом его сечении, поэтому

$$P_{кор} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 50)^2 + (0,7 \cdot 100)^2} = 78 \text{ мкм.}$$

Величину удельного коробления для отливок находим по табл. 32 ( $d$  и  $l$  — диаметр и длина обрабатываемого отверстия).

При определении  $\rho_{см}$  в данном случае следует принимать во внимание точность расположения базовых поверхностей, используемых при данной схеме установки и полученных на предыдущих операциях относительно обрабатываемой в данной установке поверхности.

Так, если бы для получения размера (Б) ( $47_{-0,34}$ ) при обработке плоскости основания 2 использовалось отверстие, то последующая погрешность расположения отверстия относительно поверхности 2 была бы равна допуску, который выдерживался при обработке поверхности 2 от отверстия, т. е. 0,34 мкм.

Если же при обработке поверхности 2 в качестве базы использовалась, как это и бывает в большинстве случаев, какая-то наружная поверхность, то следует учитывать смещение стержня, который формирует отверстие относительно наружной поверхности. Последнее принято определять как отклонение от номинального размера в отливке, определяемое допуском, на размер соответствующего класса точности.

Эти же соображения следует принимать во внимание при определении погрешности размера (Г) в горизонтальной плоскости, т. е. смещения положения отверстия заготовки относительно наружной ее поверхности. Так как в качестве базы при сверлении и развертывании отверстий  $\varnothing 10A$  использовалась боковая поверхность отливки, то для определения погрешности расположения обрабатываемого в данной установке отверстия  $50^{+0,05}$  относительно базовых отверстий  $\varnothing 10A$  следует принять смещение стержня относительно наружной поверхности отливки, определяемое допуском на размер (Г) в отливке.

Учитывая, что суммарное смещение отверстия в отливке относительно наружной ее поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, получаем

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_G}{2}\right)^2} = \sqrt{200^2 + 200^2} = 284 \text{ мкм,}$$

где  $\delta_B$  и  $\delta_G$  — допуски на размеры (Б) и (Г) по классу точности, соответствующему данной отливке (табл. 7).

Таким образом, суммарное значение пространственного отклонения заготовки составит

$$P_3 = \sqrt{284^2 + 78^2} = 294 \text{ мкм.}$$

Величина остаточного пространственного отклонения после черного растачивания

$$\rho_1 = 0,05\rho_n = 0,05 \cdot 294 = 15 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки при черном растачивании

$$\epsilon_1 = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2}$$

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на штыре приспособления. Перекос при этом происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром штырей.

Наибольший зазор между отверстиями и штырями определится как

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + s_{\min}$$

где  $\delta_A$  — допуск на отверстие;  $\delta_A = 16 \text{ мкм} = 0,016 \text{ мм}$ ;

$\delta_B$  — допуск на диаметр штыря;  $\delta_B = 14 \text{ мкм} = 0,014 \text{ мм}$ ;

$s_{\min}$  — минимальный зазор между диаметрами штыря и отверстия;

$$s_{\min} = 13 \text{ мкм} = 0,013 \text{ мм.}$$

Тогда наибольший угол поворота заготовки на штырях может быть найден из отношения наибольшего зазора при повороте в одну сторону от среднего положения к расстоянию между базовыми отверстиями:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,016 + 0,014 + 0,013}{\sqrt{70^2 + 80^2}} = 0,0004.$$

Погрешность базирования на длине обрабатываемого отверстия в этом случае составит

$$\epsilon_6 = l \operatorname{tg} \alpha = 100 \cdot 0,0004 = 0,04 \text{ мм} = 40 \text{ мкм.}$$

где  $l$  — длина обрабатываемого отверстия.

Погрешность закрепления заготовки (табл. 40)  $\epsilon_3$  принимаем равной 120 мкм.

Тогда погрешность установки при черном растачивании

$$\epsilon_1 = \sqrt{40^2 + 120^2} = 127 \text{ мкм.}$$

Остаточная погрешность установки при чистовом растачивании

$$\epsilon_2 = 0,05\epsilon_1 + \epsilon_{\text{вид}} \approx 6 \text{ мкм.}$$

Так как черновое и чистовое растачивание производится в одной установке, то  $\epsilon_{\text{вид}} = 0$ .

На основании записанных в таблице данных производим расчет минимальных значений межоперационных припусков, пользуясь основной формулой

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2}).$$

Минимальный припуск под растачивание: черновое

$$2z_{\min_1} = 2(600 + \sqrt{294^2 + 127^2}) = 2 \cdot 920 \text{ мкм.}$$

чистовое

$$2z_{\min_2} = 2(50 + \sqrt{15^2 + 6^2}) = 2 \cdot 57 \text{ мкм.}$$

Графа «Расчетный размер» ( $a_p$ ) заполняется, начиная с конечного, в данном случае чертежного, размера последовательным вычитанием расчетного минимального припуска каждого технологического перехода.

Таким образом, имея расчетный (чертежный) размер, после последнего перехода (в данном случае чистового растачивания 50,05) для остальных переходов получаем:

для чернового растачивания

$$d_{p_1} = 50,05 - 0,132 = 49,918 \text{ мм.}$$

для заготовки

$$d_{p_n} = 49,918 - 1,84 = 48,078 \text{ мм.}$$

Значения допусков каждого перехода принимаются по таблицам в соответствии с классом точности того или иного вида обработки.

Так, для чистового растачивания значение допуска составляет 50 мкм (чертежный размер); для чернового растачивания  $\delta = 170 \text{ мкм}$ ; допуск на отверстие в отливке 1-го класса точности по ГОСТ 1855—55 составляет  $\delta = 400 \text{ мкм}$ .

В графе «Предельный размер» наибольшее значение ( $d_{\max}$ ) получается по расчетным размерам, округленным до точности допуска соответствующего

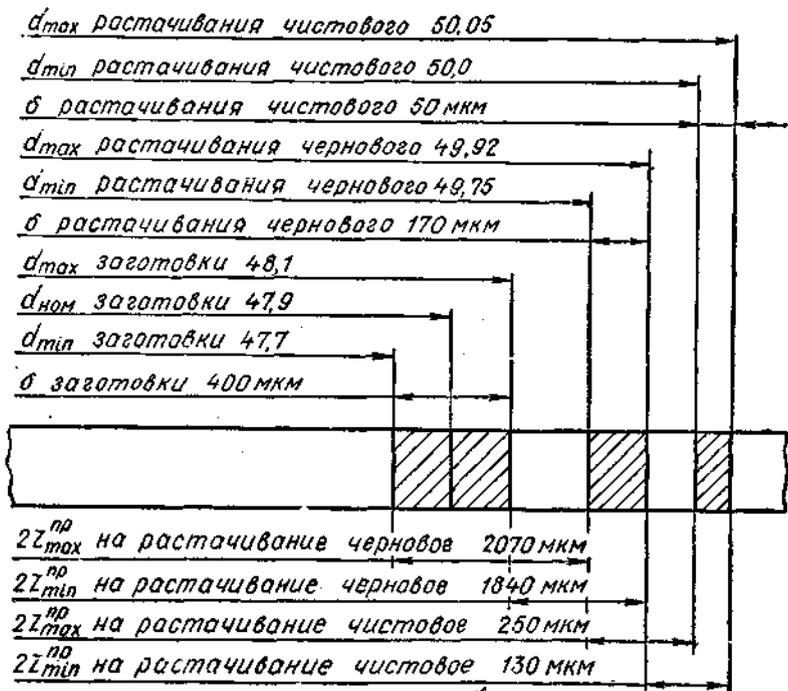


Рис. 16. Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия  $\varnothing 50^{+0,05}$  корпуса (рис. 14)

перехода. Наименьшие предельные размеры ( $d_{\min}$ ) определяются из наибольших предельных размеров вычитанием допусков соответствующих переходов.

Таким образом, для чистового растачивания наибольший предельный размер — 50,05 мм, наименьший —  $50,05 - 0,05 = 50 \text{ мм}$ ; для черного растачивания наибольший предельный размер — 49,92 мм, а наименьший —  $49,92 - 0,17 = 49,75$ ; для заготовки наибольший предельный размер — 48,08 мм, наименьший —  $48,08 - 0,4 = 47,68 \text{ мм}$ .

Минимальные предельные значения припусков  $z_{\min}^{\text{пр}}$  равны разности наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов, а максимальные значения  $z_{\max}^{\text{пр}}$  — соответственно разности наименьших предельных размеров.

Тогда для чистового растачивания

$$2z_{\min}^{\text{пр}} = 50,05 - 49,92 = 0,13 = 130 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max}^{\text{пр}} = 50 - 49,75 = 0,25 = 250 \text{ мкм};$$

для черного растачивания

$$2z_{\min}^{\text{пр}} = 49,92 - 48,08 = 1840 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max}^{\text{пр}} = 49,75 - 47,68 = 2,07 = 2070 \text{ мкм}.$$

Все результаты произведенных расчетов сведены в табл. 43

На основании данных расчета строим схему графического расположения припусков и допусков по обработке отверстия  $50^{+0,05}$  (рис. 16).

Общие припуски  $z_{\min}$  и  $z_{\max}$  определяем, суммируя промежуточные припуски и записываем их значения внизу соответствующих граф:

$$2z_{\min} = 130 + 1840 = 1970 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max} = 250 + 2070 = 2320 \text{ мкм}.$$

Общий номинальный припуск

$$z_{\text{ном}} = z_{\min} + B_3 - B_4 = 1970 + 200 - 50 = 2120 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{ном}} = d_{\text{ном}} - z_{\text{ном}} = 50 - 2,1 = 47,9 \text{ мм}.$$

Производим проверку правильности выполненных расчетов:

$$z_{\max}^{\text{пр}} - z_{\min}^{\text{пр}} = 250 - 130 = 120 \text{ мкм}; \delta_1 - \delta_2 = 170 - 50 = 120 \text{ мкм};$$

$$z_{\max}^{\text{пр}} - z_{\min}^{\text{пр}} = 2070 - 1840 = 230 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 400 - 170 = 230 \text{ мкм}.$$

На остальные обрабатываемые поверхности корпуса припуски и допуски выбираем по таблицам (ГОСТ 1855—55) и записываем их значения в табл. 44.

44. Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности корпуса (рис. 15) по ГОСТ 1855—55 (размеры в мм)

Поверхность	Размер	Припуск		Допуск
		табличный	расчетный	
1	ø50	2,2,0	2,1,06	±0,2
2	99	2,0	—	±0,3
3,4	100	2,0	—	±0,3

На рис. 17 показан чертеж заготовки корпуса с припусками на механическую обработку.

Пример 2. Рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры на поверхность  $\varnothing 60^{+0,03}_{-0,01}$  шестерни ведущей (рис. 18). На остальные обрабатываемые поверхности назначить припуски и допуски по таблицам ГОСТ 7505—55.

Заготовки — штамповка на ГКМ, группа точности — 2-я. Масса заготовки 11,3 кг.

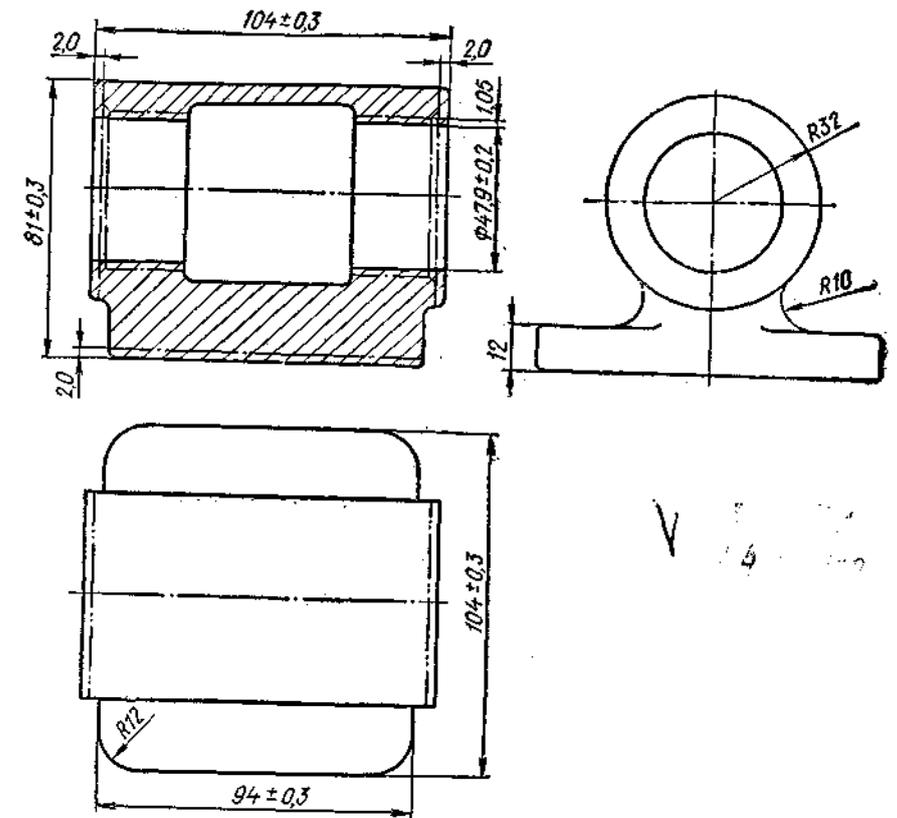


Рис. 17. Заготовка корпуса (рис. 15) с начисленными припусками и допусками

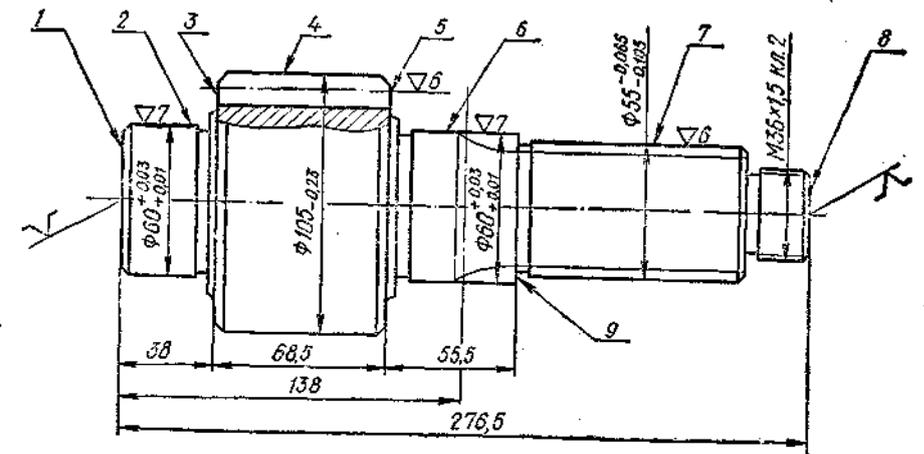


Рис. 18. Шестерня ведущая (чертеж и схема установки при обработке поверхностей  $\varnothing 60^{+0,03}_{-0,01}$ )



Технологический маршрут обработки поверхности  $\varnothing 60^{+0,03}_{-0,01}$  состоит из обтачивания предварительного и окончательного и шлифования предварительного и окончательного. Обтачивание и шлифование производится в центрах, схема установки показана на рис. 18.

Так же как и в предыдущем примере, записываем технологический маршрут обработки в расчетную табл. 45. В таблицу также записываем соответствующие заготовке и каждому технологическому переходу значения элементов припуска. Так как в данном случае обработка ведется в центрах, то погрешность установки в радиальном направлении равна нулю, что имеет значение для рассчитываемого размера. В этом случае эта величина исключается из основной формулы для расчета минимального припуска, и соответствующую графу можно не включать в расчетную таблицу.

Суммарное отклонение

$$P_3 = \sqrt{P_{см}^2 + P_{кор}^2 + P_{ц}^2}$$

$$P_{см} = 1,0 \text{ мм}; P_{кор} = \Delta_k l = 1 \cdot 138 \approx 0,14 \text{ мм};$$

$$P_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2}$$

Допуск на поверхности, используемые в качестве базовых на фрезерно-центровальной операции, рассчитываем по формуле

$$\delta_3 = H_{ед} + H_{ш} + K_y;$$

$$H_{ед} = 2,0 \text{ мм}; H_{ш} = 1,0 \text{ мм}; K_y = 1,0 \cdot 60 = 60 \text{ мкм} = 0,06 \text{ мм}; \delta_3 = 3,06 \text{ мм} \approx 3,0 \text{ мм};$$

$$P_{ц} = \sqrt{1,5^2 + 0,25^2} = 1,52 \text{ мм};$$

$$P_3 = \sqrt{1,0^2 + 0,14^2 + 1,52^2} = 1,82 \text{ мм}.$$

Остаточная величина пространственного отклонения: после предварительного обтачивания

$$p_1 = 0,06 \cdot 1820 = 109 \text{ мкм};$$

после окончательного обтачивания

$$p_2 = 0,04 \cdot 1820 = 73 \text{ мкм};$$

после предварительного шлифования

$$p_3 = 0,02 \cdot 1820 = 36 \text{ мкм}.$$

Расчет минимальных значений припусков производим, пользуясь основной формулой:

$$2z_{\min i} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + p_{i-1}).$$

Минимальный припуск: под предварительное обтачивание

$$2z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 1820) = 2 \cdot 2220 \text{ мкм};$$

под окончательное обтачивание

$$2z_{\min 2} = 2(50 + 50 + 109) = 2 \cdot 209 \text{ мкм};$$

под предварительное шлифование

$$2z_{\min 3} = 2(30 + 30 + 73) = 2 \cdot 133 \text{ мкм};$$

под окончательное шлифование

$$2z_{\min 4} = 2(10 + 20 + 36) = 2 \cdot 66 \text{ мкм}.$$

Аналогично предыдущему примеру производим расчет по остальным графам таблицы.

9:

Таблица 45  
Технологические размеры по технологическим переходам на обработку поверхности  $\varnothing 60^{+0,03}_{-0,01}$  шестерни ведущей (рис. 17)

Элементы припуска, мкм	Предельный размер, мкм		Допуск $\delta$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мкм	Расчетный припуск $2z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мкм	Предельные значения припусков, мкм	
	$R_2$	$T$					$p$	$d_{\min}$
Заготовка	150	250	1820	65,27	3000	65,3	68,3	
Предварительное	50	50	109	60,83	400	60,9	61,3	4400
Окончательное	30	30	73	60,41	120	60,41	60,53	490
Шлифование:								
Предварительное	10	20	30	60,14	30	60,14	60,17	270
Окончательное	6	15	20	60,01	20	60,01	60,03	120

Графа «Расчетный размер» ( $d_p$ ) заполняется, начиная с конечного (чертежного) размера, путем последовательного прибавления расчетного минимального припуска каждого технологического перехода.

$$d_{p_2} = 60,01 + 0,132 = 60,142 \approx 60,14 \text{ мм};$$

$$d_{p_3} = 60,14 + 0,266 = 60,406 \approx 60,41 \text{ мм};$$

$$d_{p_4} = 60,41 + 0,418 = 60,828 \approx 60,83 \text{ мм};$$

$$d_{p_5} = 60,83 + 4,444 = 65,274 \approx 65,27 \text{ мм}.$$

Записав в соответствующей графе расчетной таблицы значения допусков на каждый технологический переход и заготовку, в графе «Наименьший предельный размер» определим их значения для каждого технологического перехода, округляя расчетные размеры увеличением их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода. Наибольшие предельные размеры вычисляем прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру:

$$d_{\max_1} = 60,01 + 0,02 = 60,03 \text{ мм};$$

$$d_{\max_2} = 60,14 + 0,03 = 60,17 \text{ мм};$$

$$d_{\max_3} = 60,41 + 0,12 = 60,53 \text{ мм};$$

$$d_{\max_4} = 60,9 + 0,4 = 61,3 \text{ мм};$$

$$d_{\max_5} = 65,3 + 3,0 = 68,3 \text{ мм}.$$

Предельные значения припусков  $z_{\max}^{пр}$  определяем как разность наибольших предельных размеров и  $z_{\min}^{пр}$  — как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов:

$$z_{\max_1}^{пр} = 60,17 - 60,03 = 0,14 \text{ мм} = 140 \text{ мкм};$$

$$z_{\max_2}^{пр} = 60,53 - 60,17 = 0,36 \text{ мм} = 360 \text{ мкм};$$

$$z_{\max_3}^{пр} = 61,3 - 60,53 = 0,77 \text{ мм} = 770 \text{ мкм};$$

$$z_{\max_4}^{пр} = 68,3 - 61,3 = 7,00 \text{ мм} = 7000 \text{ мкм};$$

$$z_{\min_1}^{пр} = 60,14 - 60,01 = 0,13 \text{ мм} = 130 \text{ мкм};$$

$$z_{\min_2}^{пр} = 60,41 - 60,14 = 0,27 \text{ мм} = 270 \text{ мкм};$$

$$z_{\min_3}^{пр} = 60,9 - 60,41 = 0,49 \text{ мм} = 490 \text{ мкм};$$

$$z_{\min_4}^{пр} = 65,3 - 60,9 = 4,4 \text{ мм} = 4400 \text{ мкм}.$$

Общие припуски  $z_{o\min}$  и  $z_{o\max}$  рассчитываем так же, как и в предыдущем примере, суммируя промежуточные припуски и записывая их значения внизу соответствующих граф.

Аналогично проверяется правильность произведенных расчетов и физическое расположение полей припусков и допусков, учитывая в данном случае, что построение производится на наружную, а не на внутреннюю поверхность.

Величину номинального припуска в данном случае определяем с несимметричного расположения поля допуска заготовки:

$$z_{o\text{ном}} = z_{o\min} + H_s - H_d;$$

$$H_s = H_{ш} + \frac{K_y}{2} = 1,0 + \frac{0,06}{2} = 1,03 \text{ мм} = 1030 \text{ мкм};$$

$$z_{o\text{ном}} = 5290 + 1030 - 20 = 6400 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{ном}} = 60,01 + 6,4 = 66,4 \text{ мм}.$$

Таб.

9.

На остальные обрабатываемые поверхности детали припуски и допуски принимаем по таблице (ГОСТ 7505—55) и записываем их значения в табл. 46.

46. Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности шестерни ведущей (рис. 18) по ГОСТ 7505—55 (размеры в мм)

Поверхность	Размер	Припуск		Допуск
		табличный	расчетный	
1,8	276,5	2,4	—	+2,7 -1,7
2,6	$\varnothing 60_{-0,01}^{+0,03}$	2,3,7	2,3,2	+2,0 -1,0
3,5	68,5	2,3,7	—	+2,0 -1,0
4	$\varnothing 105_{-0,23}$	2,3,7	—	+2,0 -1,0
7	$\varnothing 55_{-0,103}^{+0,065}$	2,3,7	—	+2,0 -1,0
9	55,5	3,7	—	+2,0 -1,0

Чертеж заготовки (штамповки на ГКМ) шестерни ведущей показан на рис. 19.

Так же, как и другие расчеты в курсовом проекте, расчет припусков удобно построить в виде расчетного формуляра, пример которого дан в приложении XIV.

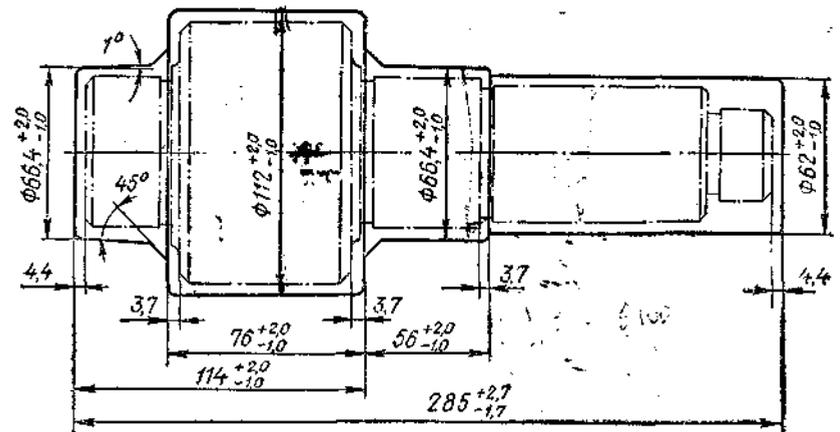


Рис. 19. Заготовка шестерни ведущей (рис. 17) с численными припусками и допусками

Наряду с необходимыми исходными данными в начале расчета приводится схема установки обрабатываемой заготовки; на ней должны быть показаны все те поверхности, для которых рассчитываются или назначаются по таблицам припуски на обработку. На схеме условными обозначениями, принятыми для

технологических операционных эскизов, показывается также базирование заготовки в данной установке.

Следует иметь в виду, что в один расчет можно включать только последовательно выполняемые переходы при одной и той же (неизменной) установке обрабатываемой заготовки. В том случае, если обработка даже одной поверхности производится за несколько различных установок, необходимо для каждой установки, показав ее схему, произвести самостоятельный расчет.

В заголовках вертикальных граф расчетной таблицы, как показано в приведенном примере формуляра, достаточно записать только индексы рассчитываемых параметров, например  $z_{\max}^{\text{пр}}$ .

Цифровые индексы составляющих элементов припуска по переходам, например,  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  и т. д. соответствуют порядковым номерам выполняемых переходов.

В том случае, когда расчет какого-то элемента, как, например,  $z_{\min}^{\text{пр}} = d_{\max} - d_{\max(\_)}$ , представляет несложное вычисление суммы или разности двух-трех составляющих, то в формуляре следует привести только формулу в общем виде, а расчет при наличии исходных данных, уже записанных в таблицу, для каждого из переходов в формуляре можно не производить, записывая только результаты расчета в соответствующую графу таблицы.

Номинальные значения припусков рассчитываются только для сопоставления с табличными или производственными величинами.

При расчете номинальных припусков значения  $B_3$ ,  $H_3$  и т. п. на заготовке берутся из таблиц соответствующих стандартов, а для штамповок рассчитываются по приводимым выше формулам.

Эскиз заготовки с начисленными припусками и допусками дан в вышеприведенных расчетах и формуляре в качестве примера, который может быть использован для оформления чертежа заготовки. Так как выполнение в курсовом проекте чертежа заготовки со всеми размерами, а также припусками на обработку обязательно, то эскиз заготовки в расчетном формуляре можно не делать, а нанести все результаты аналитического и табличного расчетов припусков непосредственно на чертеж заготовки.

### Расчет режимов резания

**Расчет режимов резания по таблицам.** Расчет ведется одновременно с заполнением операционных или маршрутных карт технологического процесса. Совмещение этих работ исключает необходимость дублирования одних и тех же сведений в различных документах, так как в операционных (или маршрутных для серийного производства) картах должны быть записаны данные по оборудованию, способу обработки, характеристике обрабатываемой детали и др., которые используются для расчетов режимов резания и не должны вторично записываться как исходные данные для выполнения расчета. Наконец, элементом, в значительной мере поясняющим ряд исходных данных для расчета элементов режима резания, является операционный эскиз.

Расчет должен выполняться в той форме и последовательности, которые, дополняя технологическую карту, позволяют сократить время, необходимое для выполнения самого расчета, и, самое главное, свести его в такую систему, которая дает возможность легко проверить отдельные элементы произведенного расчета. С этой целью расчет режимов резания, так же как и другие расчеты в курсовом проекте, предлагается вести в виде карт расчета, или, как их называют, расчетных формуляров.

В приложении дан ряд формуляров для расчета элементов режима резания и основного времени. Приведенные формуляры не являются совершенно обязательными по форме, так как их построение зависит от конкретных рекомендаций справочной литературы, которой пользовался проектант при расчетах, но порядок выполнения расчетов, предлагаемый в них, в основном будет именно таким, так как это определяется последовательностью расчета режимов резания вообще.

Приведенные формуляры расчетов составлены на основании общемашиностроительных нормативов режимов резания [18, 19, 20, 21]. Однако, как уже говорилось, не исключено использование и другой справочной литературы, поэтому во всех случаях составления формуляра расчета или даже расчета в произвольной форме сразу же за заголовком расчета необходимо, как это сделано и в предлагаемых формулярах, дать ссылку на источник, на основании которого выполнен расчет.

По предлагаемым формулярам представляется целесообразным дать некоторые пояснения.

**Одноинструментная обработка на токарных станках.** Все исходные данные для расчета по операции, как уже сказано, содержатся в операционной карте и эскизе, поэтому здесь должны быть приведены только дополнительные сведения по режущему инструменту. Ход расчета ясен из формуляра и не требует дополнительных пояснений. Период стойкости реза в расчете не используется и приводится только в сводной таблице по режимам резания. Выбирается период стойкости по таблицам с учетом организационных факторов, как, например, удобные для обслуживания станочного парка сроки смены режущего инструмента.

Расчетное число оборотов, так же как и расчетную величину подачи, согласовывают с паспортом станка, выбирая ближайшее меньшее число.

Если в справочниках или каталогах станков не указаны все значения оборотов шпинделей, величин подач и чисел двойных ходов, то пользуются следующим положением.

Числа оборотов в минуту шпинделей металлорежущих станков в СССР нормализованы, поэтому полученные расчетом значения округляются до ближайших величин, имеющих в нормальных рядах. Эти ряды распространяются на числа двойных ходов в минуту и на величины подач. Каждый из таких рядов построен по закону геометрической прогрессии.

В справочниках по металлорежущим станкам указываются обычно числа  $n_{\max}$  и  $n_{\min}$  оборотов шпинделей, двойных ходов и подач. Из определения геометрической прогрессии следует, что

$$n_{\max} = n_{\min} \varphi^{m-1}, \quad (50)$$

где  $m$  — общее число ступеней скорости соответствующего элемента станка — шпинделя токарного или фрезерного станка, стола продольно-строгального станка и т. д.;

$\varphi$  — знаменатель ряда.

Отсюда можно определить любую из четырех величин —  $n_{\max}$ ,  $n_{\min}$ ,  $\varphi$  или  $m$ , если известны или выбраны значения всех остальных.

Чаще всего необходимо для построения ряда по известным  $n_{\max}$ ,  $n_{\min}$  и  $m$  определить  $\varphi$ . В станкостроении принято семь нормализованных геометрических рядов соответственно следующим значениям знаменателя  $\varphi$ : 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2. В современных станках чаще всего применяются средние значения знаменателя  $\varphi$ : 1,26; 1,41 или 1,58; другие значения  $\varphi$ , особенно меньше 1,26, используются реже.

В тех случаях, когда ряды чисел оборотов, подач или двойных ходов построены на вышеуказанных нормализованных значениях знаменателя, можно воспользоваться следующей методикой для определения значения  $\varphi$  и принятого значения числа оборотов, подачи или двойных ходов.

Из формулы (50) следует

$$\varphi^{m-1} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}. \quad (51)$$

Значения нормализованных знаменателей рядов  $\varphi$ , возведенные в степень, приведены в приложении XVII. Пользуясь таблицей, можно легко определить значение  $\varphi$  на основании заданных в технической характеристике станка  $n_{\max}$ ,  $n_{\min}$  и  $m$ .

Для этого вычисляем частное  $\frac{n_{\max}}{n_{\min}}$  и в строке таблицы, соответствующей степени  $m-1$ , находим то числовое значение  $\varphi^{m-1}$ , которое равно или близко вычисленному. В головке графы, в которой найдено это число, указано соответствующее данному ряду значение  $\varphi$ .

Затем делим расчетное значение числа оборотов, двойных ходов или подачи на минимальное, получая, таким образом, расчетное значение  $\varphi$  в какой-то степени  $x$ .

В той же графе таблицы для найденного ранее значения  $\varphi$  находим ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному  $\varphi^x = \frac{n_{\text{расч}}}{n_{\text{мин}}}$ . Умножив затем найденное в таблице значение  $\varphi^x$  на  $n_{\text{мин}}$ , получим принятое число оборотов, двойных ходов или подачи.

**Пример.** Станок 1А730:  $n_{\max} = 710$  об/мин;  $n_{\min} = 56$  об/мин;  
 $m = 12$ ;  $n_{\text{расч}} = 250$  об/мин. Найти  $n_{\text{прин}}$ .

$$\varphi^{m-1} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}; m-1 = 11; \varphi^{11} = \frac{710}{56} = 12,7.$$

По таблице находим  $\varphi^{11} = 12,64$ , что соответствует  $\varphi = 1,26$ .

$$\varphi^x = \frac{n_{\text{расч}}}{n_{\min}} = \frac{250}{56} = 4,5.$$

В графе таблицы, соответствующей  $\varphi = 1,26$ , находим ближайшее меньшее значение  $\varphi^x = 4,00$ .

Тогда  $n_{\text{прин}} = 56 \times 4,00 = 224$  об/мин.

Иногда из-за конструктивных особенностей станков в результате таких вычислений не удается получить нормализованные значения знаменателя  $\varphi$ . В этих случаях величину  $\varphi$  удобно определить с помощью таблиц чисел в дробных показателях степеней (приложение XVII) по формуле

$$\varphi = \left( \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \right)^{\frac{1}{m-1}}. \quad (52)$$

Подсчитанную по формулам эффективную мощность резания  $N_z$  (в кВт) сопоставляют с паспортными данными выбранного станка. Необходимая мощность на приводе станка

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_z}{\eta}, \quad (53)$$

где  $\eta$  — к. п. д. станка.

Величина к. п. д.  $\eta$  берется по паспорту станка (в среднем  $\eta = 0,80-0,85$ ).

При сопоставлении расчетной мощности резания с мощностью станка принимается во внимание мощность на шпинделе, допускаемая прочностью слабых звеньев кинематической цепи станка.

**Многоинструментная обработка на одношпиндельных токарных станках.** Первоначальные данные по всем инструментам наладки, так же как и данные по мощности резания, целесообразно оформить в виде таблицы. В первой части таблицы записываются элементы, определяющие длину рабочего хода каждого суппорта. Все элементы до  $l_{\text{доп}}$  определяются по таблицам справочников по расчету режимов резания. Величина  $l_{\text{доп}}$  — дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали, например, величина, на которую необходимо отвести суппорты (инструменты) для того, чтобы можно было свободно извлечь обрабатываемую деталь из рабочей зоны. Для сложных наладок эту величину лучше всего определить графическим построением.

Формуляр построен исходя из предположения, что лимитирующим производительность обработки суппортом является продольный суппорт. В том случае, когда лимитирующим суппортом является поперечный суппорт, данные этого суппорта по табличному и паспортному значениям подачи следует записать в первую строку расчета вслед за определением длины рабочего хода. Затем так же, как и в приведенном случае, определяется расчетное и паспортное значения подачи для нелIMITирующего суппорта.

Далее весь ход расчета понятен из формуляра и не требует дополнительных пояснений.

В графы таблиц как в этом, так и в других формулярах, обведенные жирными линиями, записывается значение (в данном случае  $L_p \cdot x$ ), общее для всех строк (инструментов). Запись делается только один раз в средней строке.

**Многоинструментная обработка на многошпиндельных полуавтоматах последовательного действия.** Пример формуляра не приводит-

ся. Расчет ведется так же и в такой же последовательности, как и для многоинструментной обработки на одношпиндельных станках [18], для каждого из шпинделей многошпиндельного станка. Далее определяется лимитирующий шпиндель и производится корректирование (уменьшение) числа оборотов шпинделя и подач на нелимитирующих позициях с учетом установленного машинного времени работы станка.

**Одноинструментная обработка на сверлильных станках.** Последовательность и ход расчета достаточно ясны из формуляра и не требуют дополнительных пояснений. В некоторых случаях может оказаться необходимым в качестве исходных данных поместить в формуляре дополнительные, кроме тех, что указаны в технологических картах, сведения по инструменту.

**Многоинструментная обработка на сверлильных станках с одной многошпиндельной головкой.** В данном случае имеется в виду использование вертикально-сверлильных станков для специальных наладок (2С150, 2С170) или многошпиндельных вертикально-сверлильных станков с колескольной головкой (2150М, 2170М).

Расчет, так же как и для многоинструментной обработки на токарных станках, целесообразно выполнить в виде таблицы. Таблица содержит столько горизонтальных строк, сколько различных инструментов имеется в многошпиндельной головке. Инструменты обозначаются на эскизе операционной карты номерами, которые записываются в таблицу. Порядок расчета определяется последовательностью граф таблицы, и сущность расчета сводится к заполнению граф для каждого инструмента в последовательности, определяемой построением таблицы. Нормативные данные по подачам, скоростям резания, усилиям и мощностям, а также поправочные коэффициенты приведены в справочниках, например [18]. Там же даются необходимые пояснения, а формулы для расчета остальных величин приводятся внизу таблицы. Следует иметь в виду, что передаточное отношение в головке между шпинделем станка и шпинделями инструментов может быть либо задано заранее, если, например, используется нормализованная или уже спроектированная многошпиндельная головка, либо выбирается произвольно, исходя из наибольшего приближения скоростей резания инструментальных шпинделей к расчетным.

Осевая сила резания при обработке отверстий проверяется только для сверл. Мощность резания при обработке отверстий должна соответствовать мощности станка только для сверл (из быстрорежущей стали и оснащенных пластинками твердого сплава) и для зенкоров, оснащенных пластинками твердого сплава.

**Многоинструментная обработка одной головкой на агрегатном станке.** Расчет ведется так же, как и для многоинструментной обработки, путем последовательного заполнения таблицы, составленной на все инструменты. В отличие от обработки на сверлильном станке в агрегатных станках привод подач осуществляется с помощью механизмов силовых столов, кинематически не зависящих от вращения инструментов, приводимых от силовых бабок. Поэтому уточнение принятых значений подач после их выбора по таблицам с учетом поправоч-

ных коэффициентов не производится. Также нет необходимости после расчета скоростей резания инструментов по таблицам и определения по ним чисел оборотов шпинделей и значений минутной подачи инструментов уточнять значения чисел оборотов шпинделей. Таким образом, расчет становится проще, чем для многошпиндельной головки, смонтированной на сверлильном станке.

При расчете многоинструментной обработки на агрегатном станке необходимо также выбрать силовую бабку и силовой стол. Указания по этому поводу приводятся в расчетном формуляре.

**Многоинструментная обработка несколькими головками на агрегатном станке.** Расчет производится так же, как и при обработке одной головкой, только в данном случае расчетная таблица составляется на каждую головку в отдельности. После определения основного машинного времени по каждой головке необходимо по времени головки с наибольшей продолжительностью цикла произвести корректирование режимов на всех остальных головках для того, чтобы уравнять время их цикла до принятого (цикла лимитирующей головки). Рекомендации по такой корректировке режимов приведены в справочной литературе.

**Одноинструментная обработка на фрезерных станках.** Расчетный формуляр в данном случае не требует дополнительных пояснений, кроме тех, которые были даны для построения расчетов при других видах одноинструментной обработки. В некоторых справочниках по режимам резания в таблицах приводятся данные по скорости резания, числу оборотов шпинделя и минутной подаче [18], так что нет необходимости по выбранной скорости резания затем рассчитывать число оборотов шпинделя и минутную подачу фрезы. Это сокращает расчет.

**Многоинструментная обработка на одношпиндельных фрезерных станках с прямолинейной подачей.** Так же, как и для других видов многоинструментной обработки, расчет удобно вести в виде таблицы, выделив из нее только некоторые данные, общие для всех фрез. Определение подачи на зуб для каждого инструмента по подаче на оборот является предварительным. Окончательное определение подачи на зуб для фрез производится на основании принятого числа оборотов шпинделя.

При многоинструментной обработке на многошпиндельных станках с прямолинейной подачей и на многошпиндельных станках с круговой подачей расчетные формуляры строятся так же, как и при многоинструментной обработке на одношпиндельных станках.

При обработке червячными фрезами на зубофрезерных станках расчетный формуляр составляется аналогично формуляру при одноинструментной обработке на фрезерных станках. Подача в данном случае определяется на оборот обрабатываемого зубчатого колеса. Минутная подача рассчитывается только в тех случаях, когда в паспортных данных станка отсутствует подача на оборот. При этом расчетная минутная подача сопоставляется с паспортной, а основное время рассчитывается исходя из минутной подачи.

Обработка на зубодолбежных станках многорезцовой головкой. В ряде случаев этот способ зубообработки оказывается производительнее других, особенно при нарезании зубьев закрытых венцов, однако справочные данные по расчету режимов резания для этого способа почти отсутствуют в литературе. Поэтому здесь приводится методика расчета элементов режима резания, основного времени и экономической эффективности процесса по сравнению с другими способами. В приложении дан пример расчетного формуляра.

Усилие резания, приходящееся на один резец,

$$P_{рез} = \frac{P_{э_{max}} k_{мр}}{z} \text{ кг/зуб}, \quad (54)$$

где  $P_{э_{max}}$  — суммарное наибольшее усилие резания (берется из технической характеристики станка);

$k_{мр}$  — поправочный коэффициент на силы резания в зависимости от обрабатываемого материала (табл. 48);

$z$  — число зубьев нарезаемой заготовки.

Подсчитанное усилие сопоставляется со значениями, приведенными в табл. 47 для данного модуля.

Если полученное в результате расчета усилие, приходящееся на один резец, меньше значения, обведенного рамкой, то число резцов  $R$  выбирается в соответствии с ближайшим меньшим усилием, указанным в таблице. В том случае, когда расчетное усилие на один резец получилось большим или равным максимальному усилию для одного резца, число резцов принимается соответственно последнему.

Далее определяется длина хода штосселя станка:

$$L = l_{рез} + (10 \div 15) \text{ мм}, \quad (55)$$

где  $l_{рез}$  — длина резания, принимаемая равной ширине нарезаемой заготовки.

Для подсчета скорости резания на станке 5A110 можно воспользоваться эмпирической формулой

$$v = \frac{L k_{мв}}{6,25} \text{ м/мин}, \quad (56)$$

где  $k_{мв}$  — поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от обрабатываемого материала (табл. 48).

При обработке стальных заготовок не рекомендуется назначать скорости свыше 9 м/мин.

Число двойных ходов штосселя в минуту определяется по формуле

$$n = \frac{1000v}{2L} \text{ дв. ход/мин.} \quad (57)$$

Основное время для нарезания зубчатого венца подсчитывается так:

$$T_0 = \frac{R \cdot 60}{n} + K \text{ сек}, \quad (58)$$

где  $K$  — время опускания и подъема салазок (берется из технической характеристики станка).

47. Силы резания на один резец в зависимости от числа резцов и модуля, кг

Число резцов, $R$	Модуль нарезаемого зубчатого колеса, мм							
	1,5	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
30		327		600				
40		259						
50		231	318	420				
60	58	193	300	365	463			
70	40	170	240	330	394			
80		124	215	296	352		521	716
90			200	257	330	406		
100			190	250	309	384	453	609
110				217	296	365	424	620
120				230	278	329	395	576
130					250	309	378	508
140					233	288	336	477
150						268	320	450
170						220	297	429
200							251	387

Примечания: 1. Обведенные цифры являются максимальными для одного резца.

2. Материал резцов — быстрорежущая сталь P18Ф.

48. Поправочные коэффициенты на силы и скорость резания в зависимости от обрабатываемого материала.

Поправочный коэффициент	Твердость материала заготовки HB		
	150—170	200—220	230—250
$k_{мр}$	0,7—0,8	1,0	1,2—1,3
$k_{мв}$	1,28	1,0	0,75

При выполнении курсового проекта формулу (56) можно с достаточной точностью использовать также для станков 5120 и 5А130.

**Наружное круговое шлифование с продольной подачей.** Формуляр прост и не требует особых пояснений, последовательность расчета одинакова во всех справочниках, с той лишь разницей, что коэффициентами может учитываться большее или меньшее число факторов. В приведенном примере, составленном на основании вышеуказанных общемашиностроительных нормативов, кроме прочих факторов, учитывается состояние шлифовального станка поправочным коэффициентом  $k_t$ , который определяется из справочных таблиц, исходя из срока эксплуатации станка.

Формуляр составляется одновременно с заполнением операционной карты, поэтому в качестве исходных не приводятся те данные, которые записываются непосредственно в операционную карту.

Рассчитанная мощность резания при шлифовании сопоставляется с допустимой при бесприжоговом шлифовании мощностью.

**Наружное круговое шлифование с радиальной подачей.** Расчет ведется в той же последовательности, что и с продольной подачей, но несколько проще. Вместо ширины шлифовального круга при определении предельно допустимой мощности исходя из режима бесприжогового шлифования в расчет принимается ширина шлифования, т. е. ширина контакта круга с изделием.

Подобным же образом составляется расчетный формуляр и для бесцентрового шлифования с радиальной подачей. При шлифовании на бесцентрово-шлифовальных станках срок эксплуатации станка не принимается во внимание и коэффициент, зависящий от точности и жесткости станка, независимо от срока эксплуатации принимается равным единице.

**Бесцентровое шлифование с продольной подачей.** Формуляр составляется аналогично рассмотренным выше способам шлифования. В отличие от рассмотренных случаев здесь принимается во внимание число проходов. Несмотря на то что распределение общего припуска (удвоенной глубины шлифования —  $2i$ ) по проходам не является фактором, определяющим основное технологическое время, а учитывается только при настройке станка, его следует определять именно в расчетном формуляре, так как в операционных картах эти данные не указываются.

Для ряда сравнительно простых технологических операций составление расчетных формуляров не имеет смысла, так как достаточные для определения режимов резания и нормирования процесса данные содержатся в технологических картах. К числу таких операций относятся, например, зубозакругление и снятие фасок на торцах зубчатых колес, некоторые виды зубообработки, для которых устанавливается время обработки на один зуб, слесарная обработка, когда ее невозможно избежать, и т. п.

Результаты расчетов элементов режимов резания целесообразно оформить в виде сводной таблицы, форма которой приведена в приложении V. Таблица должна быть составлена на основании расчетных формуляров и технологических карт. В тех случаях, когда формуляры

имеются для большинства технологических операций, сводную таблицу можно не давать. Во всяком случае сводная таблица не может полностью заменить расчетные формуляры, так как именно они дают представление об исходных данных, последовательности расчета и позволяют, как уже говорилось выше, проверить правильность расчетов. Таким образом, таблицу следует поместить как сводный документ после всех расчетных формуляров.

Следует также иметь в виду, что в тех случаях, когда это возможно, на одном бланке расчетного формуляра можно разместить не один, а два расчета: это относится к несложным расчетам, которые тем не менее должны быть обязательно выполнены. Вообще же, как правило, для каждого вида обработки расчетный формуляр следует оформлять на отдельном бланке (листе) расчетно-пояснительной записки.

**Аналитический расчет режимов резания.** Этот расчет обычно выполняется по курсу «Теория резания», поэтому в курсовом проекте по технологии машиностроения может быть не обязательным. Однако для сопоставления табличных значений режимов резания с полученным аналитическим расчетом последний может быть выполнен на единственном переходе по следующим видам обработки:

- 1) точение;
- 2) сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание;
- 3) фрезерование;
- 4) нарезание резьбы;
- 5) протягивание;
- 6) зубонарезание;
- 7) шлифование и др.

Методика и последовательность ведения аналитических расчетов достаточно полно изложены в учебной и справочной литературе, поэтому нет необходимости подробно останавливаться на этих вопросах. Следует лишь привести некоторые методические указания по видам обработки, для которых сопоставление данных табличного и аналитического расчетов наиболее целесообразно.

**Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание.** Аналитически режимы резания рассчитываются по справочнику [17].

Величину подачи можно выбирать по таблицам. Однако при сверлении целесообразнее подачу рассчитывать по формуле

$$s_0 = CD^{0,6} \text{ мм/об}, \quad (59)$$

где  $D$  — диаметр сверла, мм;

$C$  — коэффициент (табл. 49).

При обработке отверстий большое значение имеет осевая сила, которая должна быть определена по формулам и наряду с крутящим моментом сопоставлена с паспортными данными выбранного станка.

В конечном счете, так же как и при точении, должна быть рассчитана эффективная мощность резания и сопоставлена с мощностью станка путем определения коэффициента использования станка по мощности.

**Фрезерование, разрезание, нарезание резьбы, протягивание и зубонарезание.** Определение режимов резания расчетом для этих

49. Коэффициент  $C$

Обрабатываемый металл	HB	Группа подач, определяемая технологическими факторами		
		I	II	III
Сталь . . . . .	≤160	0,085	0,063	0,042
	160—240	0,063	0,047	0,031
	240—300	0,046	0,038	0,023
Чугун . . . . .	>300	0,038	0,028	0,019
	≤170	0,130	0,097	0,065
Цветные металлы . . . . .	>170	0,078	0,058	0,039
	Мягкие	0,170	0,130	0,085
	Твердые	0,130	0,097	0,065

Примечания: 1. Первая группа подач относится к сверлению глухих отверстий или рассверливанию без допуска по 5-му классу точности или под последующее рассверливание.

2. Вторая группа подач относится к сверлению глухих и сквозных отверстий в деталях жесткой конструкции, сверлению под резьбу и рассверливанию отверстий под последующую обработку зенкером или двумя развертками.

3. Третья группа подач относится к сверлению глухих и сквозных отверстий или рассверливанию под дальнейшую обработку зенкером или одной разверткой.

видов обработки производится по методике и формулам справочника [17].

**Шлифование.** Для круглого наружного шлифования в центрах режимы резания, кроме скорости вращения обрабатываемой детали, подсчитываются по данным справочника [17].

Скорость вращения обрабатываемой детали можно определить по формуле

$$v = \frac{C_v d^q}{T^{m_1} x^m y^u} \text{ м/мин,} \quad (60)$$

где  $T$  — период стойкости шлифовального круга в минутах машинного времени ( $T = 15 \text{ мин}$ );

$d$  — диаметр обрабатываемой детали, мм;

$t$  — глубина резания, или поперечная подача, мм;

$\beta$  — коэффициент продольной подачи; при круглом шлифовании методом врезания  $\beta$  в формулу (60) не входит:

$$s = \beta B \text{ мм/об;}$$

$B$  — ширина шлифовального круга, мм.

Коэффициент  $C_v$  и показатели степени  $q, m, x, y$  даны в табл. 50.

Величины поперечных подач и коэффициентов продольной подачи приведены в табл. 51, 52.

Для круглого бесцентрового шлифования режимы резания в основном принимаются по таблицам справочника [22].

50. Коэффициент  $C_v$  и показатели степени  $q, m, x, y$

Вид шлифования	Характеристика круга и связи	Материал детали	$C_v$	$q$	$m$	$x$	$y$
Круглое: с поперечной подачей на двойной ход стола	Электрокорунд 50-СМ1, керамическая	Незакаленная сталь	0,27	0,3	0,5	1	1
		Закаленная сталь	0,24				
с поперечной подачей на каждый ход стола	Электрокорунд 50-СМ2, керамическая	Незакаленная сталь	0,055	0,3	0,5	1,2	1
		Закаленная сталь	0,05				
врезанием	Электрокорунд 50-С1, керамическая	Незакаленная сталь	0,95	0,3	0,35	0,7	—
		Закаленная сталь	0,85				

51. Поперечные подачи при круглом внешнем шлифовании методом продольной подачи, мм/дв. ход

Обрабатываемый материал	Отношение длины шлифованной к диаметру	Диаметр шлифования, мм							
		15	30	50	70	90	110	120	200
Сталь незакаленная	3	0,010	0,015	0,020	0,025	0,027	0,032	0,035	0,037
	4—6	0,009	0,012	0,017	0,020	0,022	0,025	0,028	0,030
	7—10	0,006	0,010	0,012	0,016	0,018	0,020	0,022	—
Сталь закаленная	3	0,009	0,013	0,018	0,022	0,024	0,029	0,032	0,033
	4—6	0,008	0,011	0,015	0,018	0,020	0,020	0,025	0,027
	7—10	0,005	0,009	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020	—
Чугун серый и бронза	3	0,014	0,021	0,028	0,035	0,038	0,045	0,049	0,052
	4—6	0,013	0,017	0,024	0,028	0,031	0,035	0,039	0,042
	7—10	0,008	0,014	0,017	0,022	0,025	0,028	0,031	—

52. Коэффициент продольной подачи

Обрабатываемый материал	$\beta$ при глубине шлифования, мм							
	<0,01	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,060
Сталь незакаленная . . . . .	0,55	0,50	0,45	0,42	0,37	0,35	0,32	0,28
Сталь закаленная . . . . .	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,30	0,25
Чугун и бронза . . . . .	0,65	0,58	0,53	0,48	0,45	0,42	0,38	0,35

Скорость вращения обрабатываемой детали, кроме того, может быть определена по следующим формулам: при бесцентровом шлифовании на проход

$$v = \frac{C_0 d^{0.3}}{T^{0.5} 2t^s} \text{ м/мин}; \quad (61)$$

при бесцентровом шлифовании врезанием

$$v = \frac{C_0 d^{0.3}}{T^{0.5} (2t)^{0.65}} \text{ м/мин}, \quad (62)$$

где  $C_0$  — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и характеристики шлифующего круга (табл. 53);

$d$  — диаметр шлифуемой детали, мм;

$T$  — период стойкости шлифующего круга ( $T = 15$  мин);

$2t$  — удвоенная глубина шлифования, мм;

$s$  — подача на один оборот шлифуемой детали, мм.

53. Коэффициент  $C_0$

Вид шлифования	Характеристика круга		Материал детали	
	материал, связка	зернистость, твердость	незакаленная сталь	закаленная сталь
Бесцентровое на проход	Электрокорунд, керамическая	40С1	31	27
		25СТ1		
		40СТ1	26	
		25СМ2	28	
		40СМ1		33
Бесцентровое врезанием	Электрокорунд, керамическая	25СМ1		23
		25С1		21
		40СМ2	1,0	
Внутреннее	Электрокорунд белый, керамическая	40С1	0,90	0,84
		40СМ1		0,90
		50СМ1	0,054	
		50С1		0,058
		50СМ1		0,05

Для внутреннего шлифования глубина шлифования  $t$  и продольная подача  $s_d$  выбираются по данным «Справочника технолога-машиностроителя» [17], а окружная скорость детали рассчитывается по формуле

$$v = \frac{C_0 d^{0.5}}{T^{0.6} s^{0.9}} \text{ м/мин}, \quad (63)$$

где  $C_0$  — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и характеристики круга (табл. 54);

$d$  — диаметр шлифуемого отверстия, мм;

$\beta$  — коэффициент продольной подачи (табл. 55).

54. Поперечные подачи (глубина шлифования), мм/дв. ход

Обрабатываемый материал и вид шлифования	Диаметр шлифуемого отверстия, мм		
	20—40	40—70	70—100
Сталь закаленная: предварительное окончательное	0,0025—0,0030	0,0025—0,0035	0,0025—0,0040
	0,0015—0,0020	0,0015—0,0020	0,0015—0,0020
Сталь незакаленная и чугун: предварительное окончательное	0,0025—0,0030	0,0025—0,0040	0,0025—0,0050
	0,0015—0,0020	0,0015—0,0020	0,0015—0,0020

55. Коэффициент продольных подач  $\beta$  в долях ширины шлифовального круга

Обрабатываемый материал и вид шлифования	Отношение диаметра шлифуемого отверстия к длине				
	4:1	2:1	1:1	1:2	1:3
Сталь: предварительное окончательное	0,75—0,60	0,70—0,60	0,60—0,50	0,50—0,45	0,45—0,40
	0,25—0,40	0,25—0,40	0,25—0,35	0,25—0,35	0,25—0,35
Чугун и бронза: предварительное окончательное	0,80—0,70	0,70—0,65	0,65—0,55	0,55—0,50	0,50—0,45
	0,30—0,45	0,30—0,45	0,30—0,40	0,30—0,40	0,30—0,40

Определение эффективной мощности при шлифовании производится по формулам справочника [17].

Плоское шлифование на станках, работающих торцом круга с круглым столом, имеет наибольшее распространение в условиях массового производства (например, в шарикоподшипниковой промышленности). Глубина шлифования в этом случае на каждый оборот стола принимается в пределах:

для черного шлифования  $t = 0,015 - 0,030$  мм;

для чистового шлифования  $t = 0,005 - 0,010$  мм.

Скорость вращения стола обрабатываемых деталей по его среднему диаметру (удвоенное расстояние от центра стола до оси шлифовального шпинделя) определяется:  
для закаленной стали

$$v_d = \frac{C_v}{T^{0.65} B_n^{0.7} t} \text{ м/мин}; \quad (64)$$

для незакаленной стали

$$v_d = \frac{C_v}{T^{0.83} B_n^{0.9} t} \text{ м/мин}; \quad (65)$$

для чугуна

$$v_d = \frac{C_v}{T B_n t^{0.75}} \text{ м/мин}, \quad (66)$$

где  $T$  — стойкость круга между правками, мин;

$B_n$  — приведенная (сплошная) ширина шлифования, мм;

$t$  — вертикальная подача (глубина шлифования), мм.

Эффективная мощность на шлифование находится по следующим формулам:

для закаленной стали

$$N_s = C_N v_d^{0.5} t^{0.25} B_n^{0.3} \text{ кВт}; \quad (67)$$

для незакаленной стали

$$N_s = C_N v_d^{0.5} t^{0.5} B_n^{0.6} \text{ кВт}; \quad (68)$$

для чугуна

$$N_s = C_N v_d^{0.4} t^{0.4} B_n^{0.45} \text{ кВт}; \quad (69)$$

Коэффициенты  $C_N$  и  $C_v$  приведены в табл. 56.

56. Коэффициенты  $C_v$  и  $C_N$

Обрабатываемый материал	Характеристика круга			$C_v$	$C_N$
	форма	материал, связка	зернистость, твердость		
Незакаленная сталь	Кольцевой	Электрокорунд нормальный, керамическая	80M1	90	1,81
		То же	50CM2	92	2,01
Закаленная сталь	Сегментный	»	50M3	106	1,31
	»	Электрокорунд белый, керамическая	50M3	15	3,4
	Кольцевой	То же	80M3	17	4,01
		»	»	80M1	21
Чугун	Сегментный	Карбид кремния черный, керамическая	50CM2	570	4,8
			80CM2	594	3,92
	Кольцевой	То же	»	50CM2	2,60
			»	50CM1	4,03
			»	»	»

## НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Технические нормы времени в условиях массового и серийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом. При массовом производстве определяется норма штучного времени:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обсл} + T_{отд}. \quad (70)$$

При серийном производстве дополнительно рассчитывается подготовительно-заключительное время  $T_{п.з}$  и штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}, \quad (71)$$

После определения содержания операций, выбора оборудования, инструментов и расчета режимов резания нормы времени определяются в такой последовательности.

1. На основании рассчитанных режимов работы оборудования по каждому переходу вычисляется основное (технологическое) время  $T_o$ .

2. По содержанию каждого перехода устанавливается необходимый комплекс приемов вспомогательной работы и определяется вспомогательное время  $T_v$  с учетом возможных и целесообразных совмещений и перекрытий.

3. По нормативам в зависимости от операций и оборудования устанавливается время на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности  $T_{обсл}$  и  $T_{отд}$ .

4. Определяется норма штучного времени  $T_{шт}$ .

5. Для серийного производства устанавливается состав подготовительно-заключительной работы, вычисляется подготовительно-заключительное время  $T_{п.з}$  и штучно-калькуляционное время  $T_{шк}$ .

### Определение основного (технологического) времени

Основное (технологическое) время  $T_o$  затрачивается на непосредственное осуществление технологического процесса, т. е. на изменение формы, размеров и качества обрабатываемой поверхности детали. Расчет основного времени производится по формулам, установленным на основании кинематики данного метода обработки и выбранных режимов резания. В некоторых случаях основное время принимается по нормативам или данным хронометража для определенных методов обработки исходя из кинематической настройки станка (закругление и притирка зубьев зубчатых колес, зубостроение, круговое протягивание, суперфиниш, внутреннее бесцентровое шлифование и некоторые другие методы обработки). Формулы для расчета основного (технологического) времени приводятся во многих работах по нормированию и по технологии машиностроения [22, 23, 24].

При определении основного времени многоинструментных работ и работ на многошпиндельных станках следует внимательно относиться к корректированию (в сторону уменьшения) режимов для нелIMITирующей

щих по продолжительности работы инструментов на одношпиндельных станках и нелIMITирующих позиций на многошпиндельных станках. Это корректирование нужно осуществлять в первую очередь за счет изменения скорости резания, хотя не следует снижать скорость резания ниже 45—50 м/мин для твердосплавного инструмента при работах по черным металлам. Снижение режимов на нелIMITирующих позициях значительно облегчает условия работы инструмента и экономит время на его смену и переточку. Рассчитывая основное время, нужно учитывать одновременность работы суппортов и не включать в расчет перекрывающихся времен.

Основное время лIMITирующих позиций и инструментов, а также время при одноинструментной обработке должно быть рассчитано исходя из режимов резания, обеспечивающих наиболее экономичную работу при безусловном выполнении заданной производительности. В отдельных случаях, когда данная операция является «узким» местом в линии, скорость резания может быть повышена на 15—20% против расчетной. При этом за счет снижения стойкости и увеличения стоимости обработки повышается производительность.

#### Определение вспомогательного времени

Вспомогательное время  $T_a$  расходуется рабочим на действия, обеспечивающие выполнение основной работы. Вместе с основным (технологическим) временем оно составляет оперативное время. При расчете нормы штучного времени учитывается только часть вспомогательного времени, не перекрываемая машинным временем.

При определении нормы вспомогательного времени суммируют следующие его элементы:

время на установку и снятие детали (если оно не перекрывается машинным временем при работе на многопозиционных станках);

время на приемы управления станком. Сюда входит время, затрачиваемое на пуск и остановку станка, включение и выключение подачи, изменение числа оборотов шпинделя или величины подачи, поворот и перемещение частей станка и приспособлений, смену инструмента в быстросменном патроне, смену быстросменных кондукторных ступок и другие приемы непосредственно обеспечивающие выполнение обработки;

время на измерение деталей (если оно не может быть перекрыто машинным временем). Это время зависит от ряда факторов: измеряемого размера (его величины) и применяемого инструмента; способа достижения размера (терным инструментом, настройкой системы СПИД на размер или пробными промерами) и, наконец, от точности измерения.

При назначении времени на измерение деталей следует учитывать периодичность измерений (в зависимости от вида и точности обработки), принимая во внимание коэффициент периодичности (табл. 57).

Устанавливая норму, вспомогательного времени, студент должен определить комплекс приемов, необходимых для выполнения опера-

57. Периодичность контрольных измерений детали на операцию, % [23]

Наименование операции	Точность измерения	Измеряемый размер, мм	Способ достижения размеров обработки		
			обеспечивается конструктивными размерами инструмента	работа инструментом, установленным на размер	работа с пробным промером
Тошение, растачивание, круглое шлифование, наружное и внутреннее	4—5-й класс	50	20	25	60
		200	25	30	70
	>200	30	40	80	
		50	30	40	100
2—3-й класс	200	40	50	100	
	>200	50	60	100	
Бесцентровое шлифование	4—5-й класс 2—3-й класс	100		1	
				2	
Хонингование и суперфиниш				100	
Плоское шлифование	0,01 мм	200			100
		50			80
		200			90
	0,05 мм	>200			100
		50			70
		200			80
0,1 мм	>200			90	
	50			40	
	200			60	
0,2 мм	>200			80	
	50			40	
	200			60	
Плоское фрезерование	< 0,1 мм	50		10	
		200		20	
		>200		30	
Сверление		100	1		
		250	2		
		500	3		
		> 500	4		
Накатывание резьбы		100		1	
		250		2	
		500		3	
Нарезание резьбы: плашками, метчиками и головками		100	10		
		250	20		
		500	30		
		> 500	40		
Фрезерование резьбы		1000		20	
Шлифование резьбы		500		100	

нии. При этом нужно исходить из веса и габаритов детали и оснащенности рабочего места подъемно-транспортными устройствами, способа установки и закрепления детали, а также из тех действий, которые должен осуществить рабочий в процессе обработки детали.

В массовом производстве рассчитанное по нормативам [23] вспомогательное время умножается на коэффициент, зависящий от такта работы поточной линии (табл. 58).

58. Поправочные коэффициенты на вспомогательное время

Такт работы поточной линии $t_B$ , мин, до	0,5	1,0	2,0	4,0	$\geq 8,0$
Коэффициент на вспомогательное время, $k_{t_B}$	0,81	0,90	1,0	1,11	1,23

#### Определение времени обслуживания рабочего места

Время на обслуживание рабочего места  $T_{обсл}$  состоит из двух частей:

1) времени на техническое обслуживание рабочего места  $T_{тех}$ , которое затрачивается на смену затупившегося режущего инструмента или правку шлифовального круга, на регулировку и подналадку станка во время работы и на уборку стружки на рабочем месте во время работы.

Эта часть времени обслуживания рабочего места зависит от типа станка и характера выполняемой работы. В массовом производстве оно задается в минутах и пересчитывается в соответствии со стойкостью инструмента и основным (технологическим) временем. В серийном производстве оно не отделяется от другой части (времени организационного обслуживания) и задается в процентах от оперативного времени;

2) времени на организационное обслуживание рабочего места  $T_{орг}$ , которое требуется для раскладки инструмента в начале смены и уборки его в конце смены, осмотра и опробования оборудования, получения инструктажа в течение рабочего дня, смазки и чистки станка в течение смены и уборки рабочего места в конце смены. Это время зависит от типа оборудования и условий работы и задается в процентах от оперативного времени как в массовом, так и в серийном производстве.

#### Определение времени перерывов на отдых и личные надобности

Время перерывов на отдых и личные надобности  $T_{отд}$  зависит от веса обрабатываемой детали, процента машинного времени, величины оперативного времени, характера подачи (ручная или механическая) и определяется в процентах от оперативного времени как в массовом, так и в серийном производстве.

#### Определение подготовительно-заключительного времени

Подготовительно-заключительное время  $T_{п.з}$  нормируется на партию деталей, и часть его, приходящаяся на одну деталь, включается в норму штучно-калькуляционного времени (только при серийном и единичном производстве).

В состав подготовительно-заключительного времени входит ознакомление с работой, настройка оборудования на выполнение данной работы и на требуемые режимы резания, пробная обработка деталей, получение на рабочем месте заданий, заготовок, инструмента, приспособлений, сдача продукции и (иногда) доставка на рабочее место инструмента и приспособлений и сдача их в кладовую после окончания работы. Подготовительно-заключительное время задается по нормативам в минутах и зависит от характера и объема подготовительных работ.

#### Методика разработки норм времени

Нормирование при курсовом проектировании рекомендуется выполнять в такой последовательности:

- основное (технологическое) время вычисляется по каждой операции в разделе расчетов режимов резания;
- расчет остальных элементов нормы времени удобно свести в табл. 59.

59. Расчет штучного времени по операциям технологического процесса (время в минутах)

Номер и наименование операции	Основное время	Вспомогательное время			Оперативное время	Время обслуживания		Время на отдых	Штучное время	Подготовительно-заключительное время	Величина партии, шт.	Штучно-калькуляционное время
		установка и снятие детали	управление станком	измерение деталей		техническое	организационное					

Расчет режимов резания и машинного времени рекомендуется выполнять для массового производства по пособию [22], а остальных элементов нормы времени — по общемашиностроительным нормативам вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места для технологического нормирования станочных работ в механических цехах [23].

Для серийного производства все расчеты можно производить по литературе [24].

Разрешается выполнять расчеты норм времени по пособию [24] и для массового производства, но в этом случае вспомогательное время должно быть взято с коэффициентом, зависящим от такта работы поточной линии (табл. 60).

60. Поправочные коэффициенты на вспомогательное время (при расчете  $t_B$  для массового производства по «Справочнику нормировщика-машиностроителя», т. II)

Такт работы поточной линии $t_B$ , мин, до	0,5	1,0	2,0	4,0	$\geq 4,0$
Коэффициент на вспомогательное время, $k_{t_B}$	0,66	0,73	0,81	0,90	1,0

Так как в указанной литературе нет режимов резания на некоторые новые виды инструмента и инструментальных материалов, следует в этих случаях пользоваться периодической литературой, а также некоторыми данными, приведенными в настоящем пособии.

**Пример.** Рассчитать норму штучного времени для токарной операции, выполняемой на горизонтальном шестипищидельном токарном автомате 1А290-6. Основное время на лимитирующей позиции 1,17 мин, производство массовое, такт работы линии 1,66 мин.

Расчет ведем по пособию [23]. Подсчитываем объем вспомогательной работы и время, потребное для ее выполнения.

Установить прутки в патрон и снять остаток прутка со станка (один раз на 45 деталей):  $1,465 \cdot 5 : 45 = 0,033$  мин.

Промерить деталь (так как точность — 4-й класс, принимаем коэффициент 0,3):  $0,06 \cdot 0,3 = 0,018$  мин.

Так как время поворота шпиндельного блока на следующую позицию составляет 0,1 мин и время на контрольные промеры перекрывается, то полное вспомогательное время составит  $0,033 + 0,1 = 0,133$  мин. Оперативное время  $1,17 + 0,133 = 1,303$  мин.

При определении времени технического обслуживания рабочего места включаем в него только время на смену затупившегося инструмента, так как время на уборку стружки перекрывается машинным временем. В комплекте инструмента — 10 резцов, сверло, зенкер и две развертки.

Время на смену четырех проходных и подрезных резцов составляет  $1,7 \cdot 4 = 6,8$  мин.

Время на смену шести отрезных, канавочных и фасонных резцов составляет  $1,5 \cdot 6 = 9$  мин.

Время на смену сверла, зенкера и двух разверток составляет  $0,5 \cdot 4 = 2$  мин. Время на смену комплекта инструмента  $T_{см} = 6,8 + 9 + 2 = 17,8$  мин.

Производим пересчет по стойкости и основному времени:

$$T_{тех} = \frac{T_{см} T_o}{T} = \frac{17,8 \cdot 1,17}{200} = 0,104 \text{ мин.}$$

Время на организационное обслуживание рабочего места принимаем 2,4% от оперативного времени:

$$T_{орг} = \frac{1,303 \cdot 2,4}{100} = 0,031 \text{ мин.}$$

Время на отдых и личные надобности принимаем 6% от оперативного времени:

$$T_{отд} = \frac{1,303 \cdot 6}{100} = 0,078 \text{ мин.}$$

Штучное время на операцию

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{тех} + T_{орг} + T_{отд} = 1,303 + 0,104 + 0,031 + 0,078 = 1,516 \text{ мин.}$$

Полученные результаты можно занести в табл. 59.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ

**Использование оборудования во времени.** Правильный выбор оборудования определяет его рациональное использование во времени. При выборе станков для разработанного технологического процесса этот фактор должен учитываться таким образом, чтобы исключить их простои, т. е. нужно выбирать станки по производительности. С этой целью определяют наряду с другими технико-экономическими показателями критерии, показывающие степень использования каждого станка в отдельности и всех вместе по разработанному технологическому процессу.

Для каждого станка в технологическом процессе должны быть подсчитаны коэффициент загрузки и коэффициент использования станка по основному времени.

Коэффициент загрузки станка  $\eta_z$  определяется как отношение расчетного количества станков  $m_p$ , занятых на данной операции процесса, к принятому (фактическому) числу станков  $m_n$ :

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n} \quad (72)$$

В свою очередь расчетное количество станков определяется как отношение штучного времени на данной операции  $T_{шт}$  к такту выпуска  $t_B$ :

$$m_p = \frac{T_{шт}}{t_B} \quad (73)$$

Коэффициент использования оборудования по основному (технологическому) времени  $\eta_o$  свидетельствует о доле машинного времени в общем времени работы станка. Он определяется как отношение основного времени к штучному (для массового) или штучно-калькуляционному времени (для серийного производства):

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт}}; \quad \eta_{io} = \frac{T_o}{T_{шк}} \quad (74)$$

**Использование станков по мощности привода.** Этот фактор характеризуется коэффициентом использования оборудования  $\eta_m$ , который представляет собой отношение необходимой мощности на приводе станка  $N_{пр}$  к мощности установленного электродвигателя  $N_{ст}$ :

$$\eta_m = \frac{N_{пр}}{N_{ст}} \quad (75)$$

Вычисление коэффициентов использования оборудования по времени и по мощности удобно выполнить также в виде формуляра, пример которого приведен в приложении XIV. Здесь же должны быть определены средние значения коэффициентов по технологическому процессу.

### Построение графиков

Графики служат наиболее наглядным средством оценки технико-экономической эффективности разработанного технологического процесса.

Очевидно, что для оценки процесса подсчитывается значительное количество показателей, но не все следует изображать графически. Поэтому для достаточно наглядного представления о процессе строятся следующие графики:

- 1) загрузки оборудования;
- 2) использования оборудования по основному времени;
- 3) использования станков по мощности;
- 4) стойкости инструментов по операциям процесса.

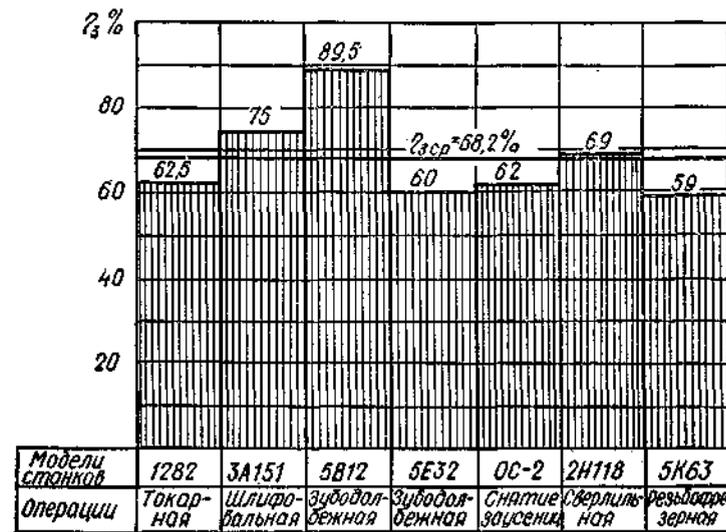


Рис. 20. График загрузки оборудования

Все четыре графика целесообразно оформлять на одном листе чертежной бумаги формата 24 (594 × 841 мм) с горизонтальным расположением формата. Лист делится на четыре части и в каждой части строится отдельный график. Разрешается также помещать графики в расчетно-пояснительной записке.

По горизонтальной оси графика загрузки оборудования (рис. 20) равными интервалами условно изображаются станки технологического процесса. Станки указываются обозначением моделей. Целесообразно также указать наименование операций.

По высоте в виде прямоугольников в процентах или относительных единицах откладывается коэффициент загрузки.

Таким образом, график выполняется в виде гистограммы, т. е. прямоугольников с различными высотами, соответствующими коэффициентам загрузки станков, расположенных последовательно по горизонтальной оси в порядке выполнения технологического процесса.

На графике линией, параллельной горизонтальной оси, показывается средний коэффициент загрузки оборудования. Значение среднего коэффициента загрузки обычно колеблется в следующих пределах: для массового производства  $\eta_3 \geq 0,65 - 0,77$ ; для серийного производства  $\eta_3 \geq 0,75 - 0,85$ ; для мелкосерийного и единичного  $\eta_3 \geq 0,8 - 0,9$ .

Анализ построенного графика загрузки оборудования выявит причины, вызвавшие значительные колебания коэффициентов загрузки отдельных станков, а следовательно, и отклонений среднего коэффициента загрузки. На основании анализа должны быть внесены предложения по технологическому процессу.

Следует учесть, что приведенный средний коэффициент загрузки для серийного и единичного производства предусматривает загрузку станков несколькими деталями, в то время как проект обычно разрабатывают на одну деталь. Поэтому в проекте коэффициенты загрузки могут быть меньше приведенных средних.

При анализе технологического процесса на основании коэффициента загрузки оборудования по отдельным операциям и процессу в целом следует учитывать, что иногда экономически более целесообразно применять станки высокой производительности даже в том случае, когда загрузка их по времени получается ниже, чем на станках менее производительных, хотя бы и полностью загруженных. Иными словами, необходимо экономически обосновывать применение высокопроизводительных специальных, агрегатных и других станков. Использование их в крупносерийном и массовом производстве, как правило, целесообразно и экономически оправдывается. Необходимо также, чтобы принятое количество станков обусловило реальный для производственных условий коэффициент загрузки оборудования, который не должен быть слишком высоким.

График использования оборудования по основному времени, так же как и график загрузки оборудования, строится для каждого станка (каждой операции) технологического процесса. На основании коэффициента по отдельным станкам определяется и показывается на графике средний коэффициент использования оборудования. Высокий коэффициент использования оборудования по основному времени характеризует рациональное построение операций. Низкий коэффициент свидетельствует о значительных затратах времени на вспомогательные приемы (установку и снятие заготовок, на подналадку и смену инструмента и т. п.). Необходимо, чтобы этот коэффициент был возможно выше, т. е. ближе к единице. Коэффициент основного времени колеблется в широких пределах: от 0,35—0,45 для обработки на протяжных станках — до 0,85—0,90 для непрерывного фрезерования на карусельных и барабанных

фрезерных станках. Внедрение автоматических загрузочно-разгрузочных устройств — автооператоров для установки и снятия обрабатываемых деталей, автоматизации цикла станков и других мероприятий — способствует увеличению коэффициента основного времени.

Построенный график, так же как и график загрузки оборудования, следует проанализировать по всем операциям технологического процесса и дать свои предложения по его улучшению.

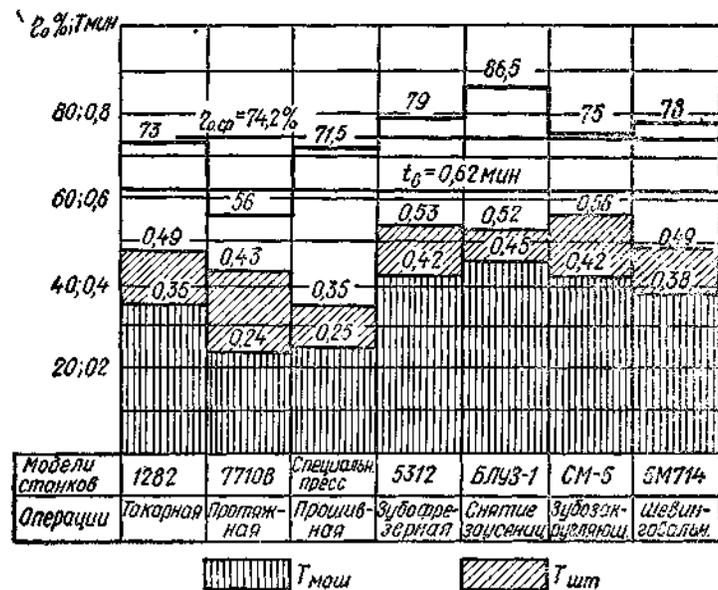


Рис. 21. График использования оборудования по основному времени

Пример построения графика дан на рис. 21.

График использования станков по мощности строится для всех станков технологического процесса и свидетельствует о правильности выбора оборудования. Необходимо стремиться к получению высокого коэффициента использования оборудования по мощности и выбирать для выполнения всех операций технологического процесса станки оптимальной мощности (см. раздел «Расчет режимов резания»). Пример графика дан на рис. 22.

Мощность резания удобно определять по таблицам [22]. В ряде случаев данные по мощности на резание отсутствуют в справочной литературе. Это в основном касается таких процессов, как, например, шевингование, где мощность привода невелика и значительная часть ее расходуется на холостом ходу станка. Для подобных случаев разрешается не определять коэффициент использования мощности.

График стойкости инструментов (рис. 23). Равномерная стойкость инструмента приобретает особенно важное значение в тех случаях, когда создаются благоприятные предпосылки для

автоматизации технологического процесса и одновременной работы значительного числа режущих инструментов. В этих случаях организуется принудительная смена режущих инструментов, с тем чтобы одновременно менять целые группы инструментов, уменьшая таким образом потери времени на смену инструмента и настройку станков. Принудительную смену инструментов целесообразно практиковать не только в условиях автоматической обработки, но также в поточных линиях и станках с многоинструментальными наладками. График стойкости режущих инструментов дает наглядное представление о периодах

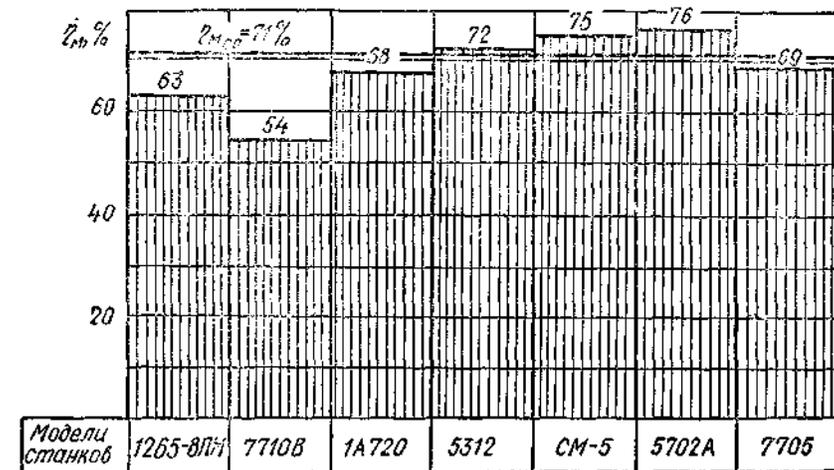


Рис. 22. График использования оборудования по мощности

стойкости инструментов, об инструментах, наиболее часто подлежащих смене и, таким образом, лимитирующих стабильность процесса о предпосылках для внедрения принудительной смены режущих инструментов.

На этом графике по горизонтальной оси равными промежутками изображаются все инструменты, примененные в технологическом процессе, а по вертикали прямоугольниками в масштабе откладываются периоды стойкости инструментов по машинному времени. На графике показан также способ условного изображения периода стойкости, когда последний выходит за пределы сетки графика (стойкости червячной фрезы, шевера и прошивки).

### ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

В составе курсового проекта предусматривается оформление разработанного технологического процесса путем заполнения следующих видов документов, предусмотренных ГОСТ 3.1102—70.

1. *Маршрутная карта* (МК) содержит описание технологического процесса изготовления и контроля детали по всем операциям в техно-

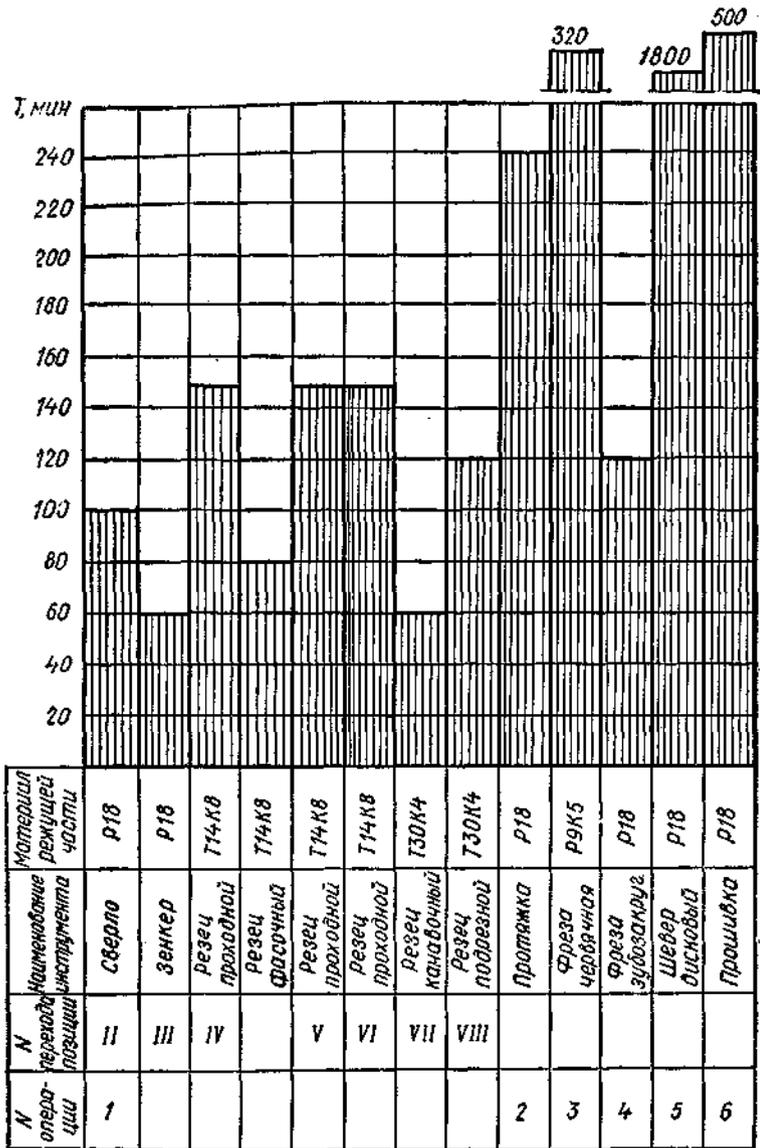


Рис. 23. График стойкости инструментов

логической последовательности с указанием соответствующих данных по оборудованию, оснастке, материальным, трудовым и другим нормативам.

2. *Операционные карты* — для операций механической обработки и технического контроля — содержат описание операций технологи-

ческого процесса с расчленением операций по переходам и с указанием режимов работы, расчетных норм и трудовых нормативов.

3. *Карты эскизов и схем (КЭ)* графически иллюстрируют технологический процесс для операций механической обработки и технического контроля.

Заполнение маршрутных и операционных карт производится в соответствии с общими требованиями (ГОСТ 3.1104—71) заполнения текстовых документов, разбитых на графы.

Маршрутная карта заполняется также в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104—71. Пример заполнения маршрутной карты приведен в приложении VI, поэтому здесь приводятся только некоторые пояснения. Имеется в виду, что проектант располагает для заполнения технологических документов, разбитых на графы, бланками, изготовленными типографским или иным способом. Это, во-первых, избавляет студента от нецелесообразной и весьма трудоемкой работы по вычерчиванию бланков и, во-вторых, дает ему представление о документации, с которой он встретится на производстве. Тем не менее при выполнении курсового проекта в учебном заведении нет необходимости в заполнении некоторых граф документов, которые используются только в производственных условиях.

Так, например, во всех технологических и конструкторских документах не заполняются дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68, предназначенные для архивного учета документации на производстве. Не заполняются некоторые графы основной надписи технологических документов по ГОСТ 3.1103—70, например графы, предназначенные для внесения изменений, а также графы «Обозначение документа по ГОСТ» и «Технологический шифр по ГОСТ». Допускается (если не предусмотрено) не указывать в графах «Обозначение» по материалу, заготовке, профессии, тарифной сетке, виды нормы, единицы нормирования, т. е. такие показатели, по которым предусматривается разработка обозначений в виде шифров.

В маршрутной карте разрешается не указывать номер цеха и номер участка, так как при разработке технологического процесса в учебном заведении эти данные, несмотря даже на ориентацию на конкретное предприятие, проектанту могут быть неизвестны.

Номера операций указывают арабскими цифрами в последовательности, соответствующей технологическому процессу. Нумерацию в производственных условиях ведут через 5: например, первой операции присваивают номер 5, второй 10, третьей 15 и т. д. Это позволяет в дальнейшем при необходимости вводить дополнительные операции, присваивая им промежуточные номера. Такую нумерацию целесообразно применять и в учебных проектах.

В графе «Наименование и содержание операции» допускается записывать сокращенное наименование операции, которое может выражаться именем прилагательным, производным от вида оборудования, или именем существительным, например, «Токарная», «Шлифовальная» или «Фрезерование», «Хонингование» и т. д. При необходимости указывают обозначения операционных карт, карт эскизов и схем, до-

полняющих содержание операций. Наименования записывают строчными буквами, кроме первой прописной.

В графе «Оборудование» записывают для каждой операции наименования станков и их обозначения как для универсальных, так и для специальных, которые изготавливаются станкостроительными заводами серийно. Для станков, которые должны быть изготовлены по специальному заказу и обозначение модели которых заранее неизвестно, указывают в самом кратком виде их характеристику, например: «Агрегатный, сверлильный 24-шпиндельный, вертикальный с четырехпозиционным столом». Инвентарные номера оборудования в курсовом проекте указывать не нужно.

В графе «Приспособление и инструмент» последовательно записываются краткое наименование и обозначение по ГОСТам или стандартам предприятий приспособления, режущие, вспомогательные и измерительные инструменты. Запись данных производят в порядке их перечисления в отдельных строках.

В графе «Коэффициент штучного времени» указывается коэффициент, устанавливающий величину изменения штучного времени при многостаночном обслуживании. Расценки в карте даны за 100 деталей.

Заполнение остальных граф ясно из приведенного примера.

Операционная карта технологического процесса механической обработки заполняется также в соответствии с общими требованиями к текстовым документам, разбитым на графы. Заполнение граф производится в соответствии с таблицей, приведенной в ГОСТ 3.1404—71.

Так же, как и при заполнении маршрутной карты технологического процесса, допускается не заполнять ряд граф, которые могут быть заполнены только при наличии шифров обозначений. Обозначения количественных показателей, таких, как единица измерения массы и т. п., а также обозначение моделей оборудования, видов инструментов по ГОСТам или стандартам предприятий обязательны.

Операционная карта — это документ попереходной разработки технологического процесса, поэтому здесь дается более подробное описание содержания переходов. Содержание переходов включает:

- а) наименование метода обработки, выраженное глаголом в повелительной форме (например, точить, сверлить и т. д.);
- б) наименование обрабатываемой поверхности, материала или детали (например, торец, галтель, отверстие и т. д.);
- в) номер обрабатываемой поверхности, указанный в скобках. (Допускается номер обрабатываемой поверхности не указывать, например: «Зачистить облой»);
- г) размеры и предельные отклонения обработанной поверхности, например: «Развернуть отверстие  $I \varnothing 34,96$ ».

Если операционная карта сопровождается эскизом, выполненным на карте эскизов и схем, на котором указаны окончательные размеры, получаемые при обработке в данной операции, то размеры в описании перехода, в котором они получаются, не указывают, например: «Фрезеровать плоскость  $I$  в размер  $H$ ».

В описании перехода указывают количество одновременно обрабатываемых поверхностей, например: «Фрезеровать четыре пазы ( $Z$ )».

При одновременной обработке на определенной операции (переходе) нескольких поверхностей в описании перечисляются все обрабатываемые поверхности, например: «Обточить поверхность  $I$  на длину  $L$ , сверлить отверстие  $2$  на глубину  $h$ ».

Содержание переходов установки, закрепления, раскрепления и снятия детали допускается записывать только в особо сложных случаях. Во всех остальных случаях в качестве содержания первого перехода необходимо записывать непосредственно основной переход обработки, начиная со второй строки. Между записями содержания переходов следует оставлять промежутки по одной строке.

Графа «Номер позиции» заполняется в случаях обработки на многопозиционных станках, например агрегатных и т. п.

В графе «Инструмент» указывают краткое наименование режущих вспомогательных и мерительных инструментов и обозначения по ГОСТам или стандартам предприятия. Данные записывают в отдельных строках.

В графе «Расчетные размеры» указывают диаметр обрабатываемого элемента изделия, принимаемый в расчетах режимов резания, или величину рабочего хода инструмента в направлении ширины (ширина) изделия, а также величину рабочего хода инструмента в направлении длины (длина) обрабатываемого элемента изделия, учитываемые при нормировании. При определении диаметра учитывают наибольший размер, по которому рассчитывают скорость резания.

Для станков с вращательным движением обрабатываемой детали при обточке указывают исходный диаметр заготовки или диаметр, полученный на предыдущем переходе; при расточке отверстий приводят диаметр получаемого отверстия. При обработке вращающимся инструментом — сверлом, фрезой, шлифовальным кругом и т. п. — указывают диаметр инструмента. При обработке на станках с поступательным движением стола или инструмента — длину хода для определения числа двойных ходов при назначении скорости резания.

В графе «Режимы обработки» последовательно записывают элементы режима резания, полученные расчетом на основании нормативов или аналитическим методом для каждого из переходов данной операции.

В графе  $t$  указывают глубину резания, соответствующую данному переходу.

Подачу в технологических картах дают в зависимости от вида обработки и типа станка. Для токарных работ — на один оборот шпинделя, для строгальных — на один двойной ход стола или резца, для сверлильных, расточных, резьбонарезных и других работ обработки отверстий с вращением инструмента — на один оборот шпинделя. При фрезеровании указывается подача на один зуб фрезы и минутная подача изделия.

При фрезеровании шпоночных пазов (маятниковой подачей) дуперьми фрезами дробью указывают вертикальную и продольную подачу: в числителе — вертикальную на двойной ход фрезы, в знаменателе — продольную в минуту. Для зубодолбежных станков 5M14,

5В12 в числителе — радиальную подачу на один двойной ход долбяка (подача врезания), в знаменателе — круговую на двойной ход долбяка (подача обкатки). Для зубофрезерных станков, работающих червячными фрезами, при нарезании цилиндрических зубчатых колес (с прямыми и спиральными зубьями) — подачу фрезы на один оборот заготовки.

При нарезании червячных колес методом радиальной подачи указывается радиальная подача стола на один его оборот, а при нарезании методом тангенциальной подачи — осевая подача фрезы.

При круглом шлифовании методом продольной подачи и внутреннем шлифовании отверстий подачу обозначают дробью: в числителе — продольную на один оборот детали, в знаменателе — поперечную на один двойной ход стола.

При шлифовании методом врезания дается только поперечная подача на один оборот детали. Плоское шлифование торцом круга (для станков с круглым и прямоугольным столом) включает вертикальную подачу на один оборот или двойной ход стола.

Так же, как и при определении геометрических параметров обрабатываемой поверхности, поступают, рассчитывая скорость резания. При расчете всегда принимается во внимание наибольший диаметр либо обрабатываемой поверхности, либо инструмента, в зависимости от того, что является элементом, определяющим скорость резания.

Для шлифовальных работ в карты вносят скорость вращения обрабатываемой детали в  $л/мин$  и число ее оборотов.

В графе  $T_0$  на одну деталь основное или машинное время подсчитывают по формулам и указывают суммарную его величину для всей операции. Время на врезание и перебеги инструмента для всех станков, на обратный ход для станков с возвратно-поступательным движением (строгальный, протяжный, зубострогальный) включают в основное время.

Если в одном переходе одновременно работает несколько инструментов, например при работе на карусельных, револьверных или многолезцовых станках, время работы одних инструментов перекрывается временем работы других. В этом случае подсчитывают время работы каждого инструмента в отдельности, в карту заносится наибольшая длительность работы инструмента, а время работы остальных инструментов данного перехода не учитывают. После нормирования всех переходов операций подводят итог машинного и вспомогательного времени, при этом суммируют только несовмещенные переходы.

Дополнительное время на отдых и личные надобности определяют по нормативам [23, 24] в процентах от оперативного времени.

В графе  $T_{шт}$  приводят сумму основного, вспомогательного и дополнительного времени на всю операцию. Если обрабатывается не одна, а несколько деталей одновременно, время рассчитывают для всех деталей, а в графе  $T_{шт}$  записывают на одну деталь.

Вспомогательное время на переход  $T_в$  (время на установку, закрепление, раскрепление и снятие детали) дается в соответствующей графе карты на строку выше времени первого основного перехода обработки.

Пример заполнения операционной карты технологического процесса механической обработки приведен в приложении VI. На операционных картах технологических процессов механической обработки и контроля в курсовых проектах выполняются, как правило, операционные эскизы и схемы (КЭ) по ГОСТ 3.1105—71.

Эскизы как для операций, так и для переходов должны содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и испытания изделия. На операционном эскизе обрабатываемая деталь показывается в том состоянии, которое она приобретает в результате выполнения данной операции. На эскизах указывают размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости поверхностей, технологические базы, технические требования и другие данные, необходимые для выполнения операций (переходов) и для технического контроля в соответствии с требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации.

Таблицы, дополняющие эскизы и схемы, помещают ниже графического изображения. Технические требования размещают на свободном поле эскиза справа от изображения или под ним. Технические требования оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.316—68.

Эскизы изделий выполняют в масштабах, установленных ГОСТ 2.302—68. Допускается при необходимости вычерчивать эскизы в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление об изделии.

Необходимое количество изображений (видов, разрезов и сечений) на эскизе обрабатываемой детали должно быть достаточным для наглядного и ясного представления обрабатываемых поверхностей и возможностей простановки размеров, технологических баз и зажимных усилий.

Обрабатываемые поверхности обводят сплошной основной линией, в 2—3 раза толще сплошной линии, по ГОСТ 2.303—68.

Обрабатываемые поверхности нумеруют на эскизе арабскими цифрами. Номер обрабатываемой поверхности проставляют в окружности (кружке) диаметром 6—8 мм и соединяют выносной линией с изображением этой поверхности.

Для обозначения баз и зажимных усилий пользуются условными знаками, приведенными в табл. 61. На рис. 24 приведены размеры условных знаков.

На эскизах в том же масштабе, что и обрабатываемое изделие, должны быть упрощенно изображены режущие инструменты в конечном для обработки положении, а инструменты для обработки отверстий (сверла, зенкеры, метчики и т. п.) в исходном положении.

При многоинструментной обработке на операционном эскизе должны быть показаны все режущие инструменты. Исходное или конечное положение инструментов необходимо также выдержать в соответствии с выбранными (табличными) значениями величин врезания, перебега и дополнительных величин рабочего хода инструментов. Все инструменты должны быть обозначены цифрами, например, для токарной обработки — для каждого из суппортов в отдельности, в порядке возрастания чисел слева направо или при вертикальных наладках — сверху вниз.

Для определения длины рабочего хода по каждому из инструментов должны быть указаны размеры (длины) каждой из обрабатываемых поверхностей.

При сверлильных работах, особенно в тех случаях, когда из-за конструктивных особенностей наладки приходится дополнительно

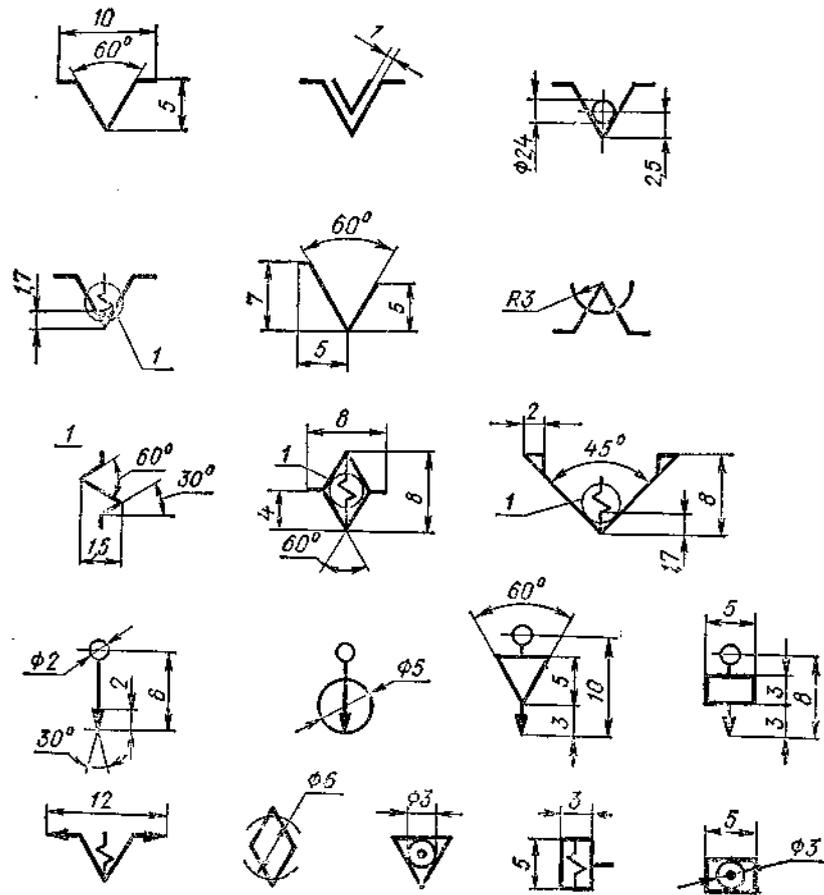


Рис. 24. Размеры условных знаков

отводить режущий инструмент, необходимо на операционном эскизе показать циклограмму — схему движений режущего инструмента.

В табл. 62 приводятся некоторые примеры выполнения операционных эскизов. В примерах основное внимание обращается на полноту графических данных, иллюстрирующих операцию. Благодаря изображению в масштабе геометрических параметров обрабатываемых деталей и режущего инструмента, особенно когда показываются крайние положения инструмента, облегчается процесс нормирования операции. Это наглядно проиллюстрировано в приведенных примерах

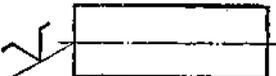
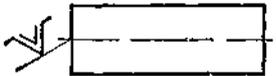
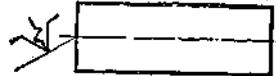
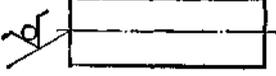
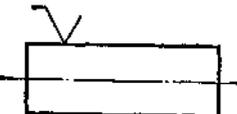
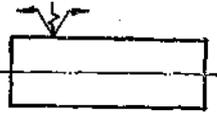
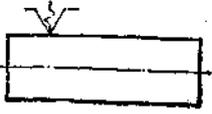
61. Условные обозначения опор, зажимов и примеры нанесения знаков по ГОСТ 3.1107—73

Наименование	Вид спереди	Вид сверху
<i>Опоры неподвижные</i>		
Штыри, пальцы, пластины		
Опоры призматического типа		
<i>Опоры подвижные</i>		
Опоры регулируемые, самоустанавливающиеся, подводимые одиночные		
Опоры заблокированные		
Опоры призматического типа		
Опоры плавающие		
<i>Зажимные элементы и устройства</i>		
Зажим одиночный (механический)		
Зажим заблокированный двойной (механический)		
Зажим гидравлический		
Зажим пневматический		

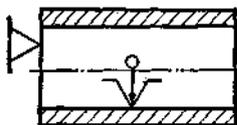
Продолжение табл. 61

Наименование	Вид спереди	Вид сверху
Зажим магнитный и электромагнитный		

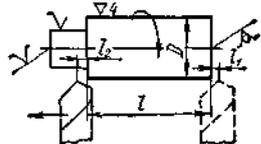
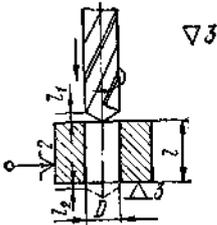
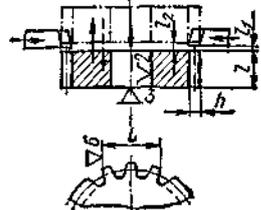
Примеры нанесения знаков базирования и зажимов

Центр гладкий	
Центр рифленый	
Центр плавающий	
Центр вращающийся	
Центр обратный	
Патрон поводковый	
Люнет подвижный	
Люнет неподвижный	

Продолжение табл. 61

Наименование	Эскиз
Патрон пневматический	
Патрон двух-, трех-, четырехкулачковый	
Разжимная цилиндрическая оправка с упором в торец	

62. Примеры выполнения операционных эскизов на чертежах

Наименование операции	Эскиз
Обточить до $D$ на длину $L$ начерно (начисто)	
Сверлить отверстие $D$ на глубину $l$	
Долбить зубья зубчатого колеса $m \dots$ и $z \dots$ контурным зубодолблением	

Наименование операции	Эскиз
Шевинговать зубья зубчатого колеса $m \dots n z \dots$ методом диагональной подачи	
Протянуть отверстие $D$ начисто	
Нарезать резьбу $D \times t$ метчиком начерно (начисто)	
Фрезеровать плоскость в размер $H$ начерно (начисто)	
Фрезеровать торцы в размер $L$ и центровать $d$ с двух сторон одновременно	

Наименование операции	Эскиз
Фрезеровать зубья зубчатого колеса $m \dots n z \dots$ пакетом из двух штук под шевингование	

на таких операциях, как фрезерование, зубофрезерование, зубошевингование и др. Например, на операции фрезерования видно, как выбран диаметр фрезы в зависимости от ширины фрезеруемой поверхности. На операции фрезерования торцов заготовки со сверлением центровых отверстий, кроме изображенного, следует также показать крайние положения обрабатываемой детали относительно инструментов (фрез). Рекомендуется во второй проекции показать, так же как и на предыдущем эскизе, соотношение диаметров фрезы и заготовки. Геометрические параметры центровых отверстий более сложной конфигурации целесообразно вынести отдельным сечением в более крупном масштабе.

На чертеже операции зубофрезерования показаны крайние положения фрезы относительно пакета зубчатых колес, таким образом, наглядно представлены составляющие рабочего хода фрезы (врезание с осевой подачей, путь резания и перебег).

На чертеже операции зубошевингования изображены два положения обрабатываемой детали относительно инструмента-шевера при шевинговании с диагональной подачей. Такое изображение, хотя инструмент показан и схематично, особенно полезно для представления проектантом относительных перемещений обрабатываемой детали и инструмента.

Если изображение режущего инструмента сложное для таких видов обработки, как зубострогание конических зубчатых колес с прямыми зубьями, фрезерование прямозубых зубчатых колес на станках типа 5230, фрезерование конических зубчатых колес со спиральными (круговыми) зубьями и т. п., разрешается (по согласованию с консультантом проекта) инструмент на операционных эскизах не изображать. Для приведенных случаев нормирование операции определяется, как правило, не крайними положениями режущего инструмента, а факторами, обусловленными технической характеристикой станка и геометрическими параметрами обрабатываемой поверхности. Например, для зубострогальных станков в паспорте станка указывается время обработки одной впадины в зависимости от модуля зубчатого колеса и принятой скорости резания. Это допущение не освобождает проектанта от необходимости глубоко изучить и обоснованно применить инструмент для данной технологической операции.

При обработке на станках с полуавтоматическим и автоматическим циклом работы или на агрегатных станках и автоматических линиях следует на поле операционного эскиза изобразить в виде стрелок циклограмму перемещений инструментов с указанием величин ускоренного подвода, движения с рабочей подачей и ускоренного отвода. Полезно здесь же указать скорости ускоренных перемещений, так как эти факторы существенно влияют на продолжительность операции. Стрелки должны быть определенным образом ориентированы относительно изображений инструмента.

Операционный эскиз выполняется в минимально необходимом и достаточном количестве проекций обрабатываемой детали. Если для полного представления требуется больше одной проекции, то инструменты и обозначения базирования следует показывать также в минимальных и достаточных количествах проекций, избегая ненужных повторений.

При обработке на многопозиционных станках на поле первого эскиза (первой позиции) или на отдельной гранке показывается схема расположения позиций станка и характера индексации, т. е. перехода одной позиции в другую.

Пример заполнения эскиза операционной карты технологического процесса механической обработки приведен в приложении VIII.

Операционная карта технического контроля (ГОСТ 3.1410—71) предназначена для описания содержания и последовательности выполнения контрольных переходов, методов и приемов их выполнения, а также для описания необходимых средств контроля (инструментов, приспособлений и приборов.). Карта составляет на операции технического контроля, отдельно выделенные в технологическом процессе изготовления изделия, помимо тех элементов контроля, которые предусматриваются в операциях механической обработки и выполняются самим рабочим.

При заполнении карты принимаются во внимание все вышеописанные допущения и упрощения, которые были высказаны применительно к заполнению маршрутных и операционных карт технологического процесса механической обработки. В частности, в операционной карте технического контроля не заполняются графы обозначений операции, специальность исполнителя и графа «Особые указания», если в ней не возникает необходимость.

Графы карты технического контроля заполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1410—71. Карта технического контроля, как правило, должна сопровождаться операционным эскизом, выполненном так же, как и для технологического процесса механической обработки на карте эскизов схем (КЭ).

На эскизе деталь показывают в состоянии, в котором она поступает на данную контрольную операцию. На эскизе показываются только те данные, которые необходимы для выполнения контрольной операции, т. е. размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости поверхностей. На свободном поле эскиза, в случае невозможности или нецелесообразности графического изображения, записываются технические требования. При необходимости на эскизе изображают-

ся схема измерительной установки, тогда положение контролируемой детали необходимо показать условными обозначениями базирования, а измерительные средства — с ориентацией их на те поверхности, которые ими контролируются. В тех случаях, когда положение контролируемой детали при контроле безразлично, например, когда контролер при выполнении замеров удерживает деталь в руках, то базирование можно на эскизе не показывать.

Целесообразно так же, как и при механической обработке, применять буквенные или цифровые обозначения контролируемых поверхностей и при записи в графе «Содержание перехода, контролируемый параметр» карты технического контроля давать ссылки, пользуясь этими обозначениями.

Графа «Процент контроля» в картах заполняется на основании нормативов, приведенных в табл. 57, исходя из способа достижения заданного размера, точности обработки и размеров обрабатываемых поверхностей.

Примеры выполнения операционной карты технического контроля и эскиза к ней даны в приложении VI.

В настоящее время все большее внимание уделяется применению в производстве методов статистического контроля качества, значительно снижающих трудоемкость контроля и, кроме того, способствующих предупреждению брака при обработке. Кроме разработанных руководящих материалов по организации статистического регулирования технологических процессов, разработаны и введены в действие стандарты по статистическому регулированию технологических процессов. Перечень наиболее важных стандартов приводится в списке литературы.

Одна-две операции разрабатываемого технологического процесса при выполнении курсового проекта должны быть проработаны таким образом, чтобы показать целесообразность применения методов статистического контроля.

С этой целью во время прохождения производственной практики необходимо, как указывалось в разделе «Анализ существующего технологического процесса», установить на аналогичных операциях стабильность и точность процесса путем контрольных измерений партий деталей (ГОСТ 16467—70). На основании выявленных показателей точности и стабильности делают вывод о возможности ведения статистического контроля на этих операциях. Далее, наметив и обосновав применение какого-то определенного метода статистического контроля, составляют карту в соответствии с формами, предусмотренными в соответствующих выбранному методу стандартах.

В том случае, если во время прохождения производственной практики не представилось возможным изучить стабильность и точность существующего технологического процесса, намечают операции для разработки статистического контроля по согласованию с консультантом проекта. Далее разработку данных по операциям и составление карт регулирования процесса производят в том же порядке.

Карты регулирования, качества, или контрольные карты статистического контроля, должны являться составной частью разрабаты-

ваемого технологического процесса. Исключение может быть сделано только для тех случаев, когда обоснованно будет доказано, что применение методов статистического контроля нецелесообразно ввиду, например, необходимости сплошного или стопроцентного контроля или при мелкосерийном производстве. В этих случаях, однако, должны быть проработаны такие вопросы, как, например, возможность применения, приемочного статистического контроля качества с учетом принятых партий с первого предъявления (ГОСТ 16490—70), статистического приемочного контроля по альтернативному признаку (ГОСТ 16493—70) и т. п.

Карты технологического процесса должны быть сброшюрованы в отдельном альбоме, который является частью расчетно-пояснительной записки и прилагается к ней.

Альбом технологического процесса комплектуется в такой последовательности.

1. Титульный лист, оформленный на листе формата А1 по ГОСТ 2.301—68.

2. Маршрутные карты технологического процесса.

3. Операционные карты технологического процесса механической обработки.

4. Операционные карты технического контроля. В том случае, если операции технического контроля предусматриваются не только в конце механической обработки, но и на других стадиях процесса, то карты технического контроля помещаются в соответствующих местах.

Все названные выше документы выполняются на формате А1, горизонтального расположения, при этом поле для подшивки расположено с левой, короткой, стороны. Исключения могут составлять карты эскизов и схем, если они выполняются на форматах больших, чем А1, и операционные карты обработки на многошпиндельных автоматах и полуавтоматах, которые выполняются на бланках формата А2. В этом случае сшитые в альбоме документы большого формата складываются до формата А1.

Карты технологического процесса и титульный лист подписываются исполнителем в графе «Разраб» и консультантом проекта в графе «Провер» и обязательно проходят нормативный контроль и подписываются в графе «Н. контр» лицом, ответственным за эту работу. Титульный лист подписывается только исполнителем и консультантом.

## ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### Чертеж готовой детали и заготовки

Чертеж заданной детали выполняется карандашом на листе чертежной бумаги формата А4 (594 × 841 мм) по ГОСТ 2.301—68. Если выполнить чертеж на данном формате невозможно или нежелательно (значительные размеры детали и невозможность уменьшения масштаба или нецелесообразность их увеличения), применяют другие чертежные форматы, предусмотренные ГОСТ 2.301—68. При выполне-

нии рабочих чертежей длинных валов и применяются горизонтально увеличенные форматы. В качестве исходного материала для выполнения чертежа готовой детали служит, как правило, заводской чертеж. Поэтому работа по выполнению чертежа готовой детали сводится к перечерчиванию данных заводского чертежа и осмысливанию всех элементов, составляющих конструкцию данной детали. Окончательное оформление чертежа должно производиться только после изучения работы детали в узле и анализа технологичности конструкции, так как в результате этой работы в конструкцию иногда могут быть внесены значительные изменения.

Годовая программа по курсовому проекту в случае значительного отличия от существующего на производстве тоже может быть основанием для пересмотра конструкции детали.

Оформление чертежа должно производиться с учетом последних рекомендаций ГОСТ «Единая система конструкторской документации».

Рекомендуется также пользоваться чертежами, приведенными в справочной литературе [30].

Следует применять упрощенные изображения резьбовых, шлицевых, зубчатых и других поверхностей в соответствии с ГОСТами.

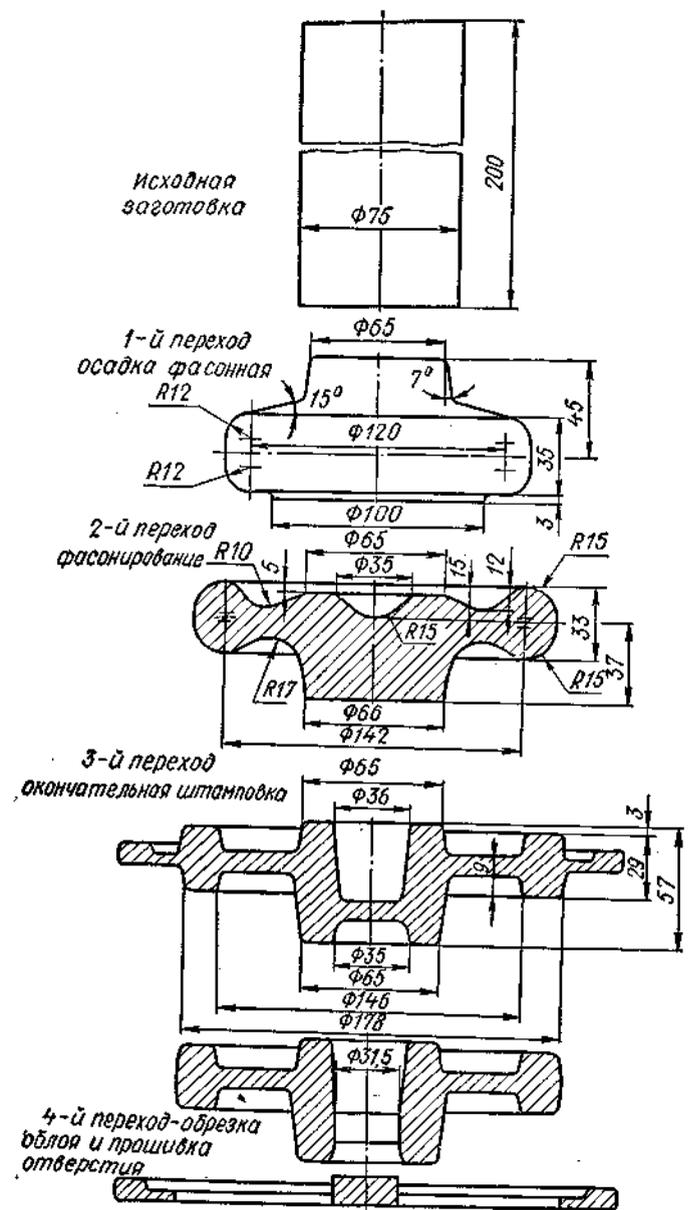
Чертеж заготовки выполняется на отдельном листе после расчета припусков на обработку в масштабе, принятом для детали. На этом листе для штамповки и поковок, кроме окончательного вида заготовки в соответствии с выбранным методом ее получения, последовательно изображаются все переходы, начиная от исходной заготовки (отрезанного от прутка куска сортового проката). Поэтому студент должен представлять работу оборудования, применяемого для получения заготовки, а также характер и конструкцию оснастки (штампов, прессформ, моделей и т. п.).

На рис. 25, 26 и 27 показаны примеры изображения переходов получения заготовки на горизонтально-ковочной машине ГКМ и кривошипном горячештамповочном прессе от исходной заготовки до окончательной штамповки и обрезки облоя. При изображении переходов получаемые размеры следует указывать только в тех переходах, где они формируются. В чертеже заготовки указываются все без исключения размеры, полученные в результате окончательного формирования заготовки. При этом если при изображении переходов допускается не проставлять допуски на размерах, то на чертеже заготовки размеры припусков и допусков на размеры указываются обязательно.

Переходы получения заготовок методами пластической деформации можно изображать в соответствующем разделе расчетно-пояснительной записки курсового проекта.

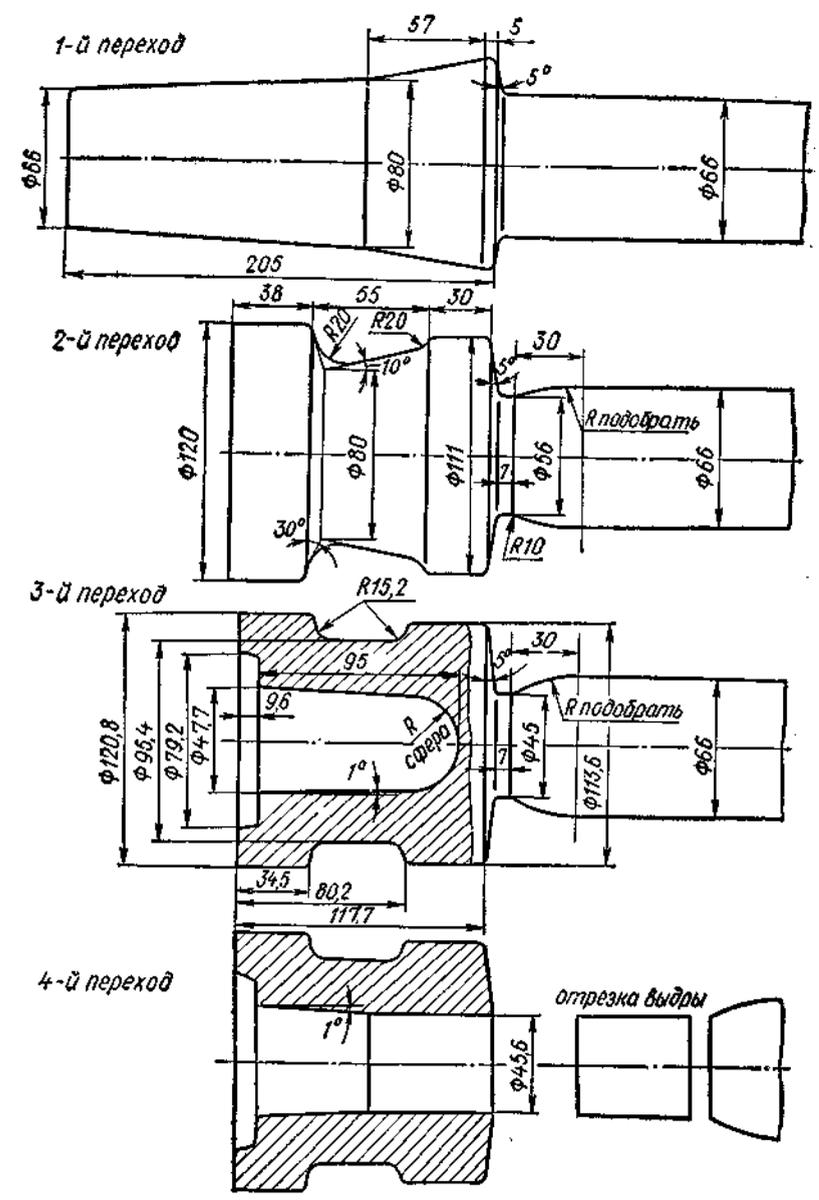
На чертежах штампованных заготовок, кроме того, должны быть указаны:

- а) линии разреза штампов;
- б) штамповочные уклоны;
- в) классы чистоты поверхности, с которыми заготовка выходит из кузнечно-штамповочного цеха;
- г) технические требования к заготовке;
- д) термическая обработка и т. п.



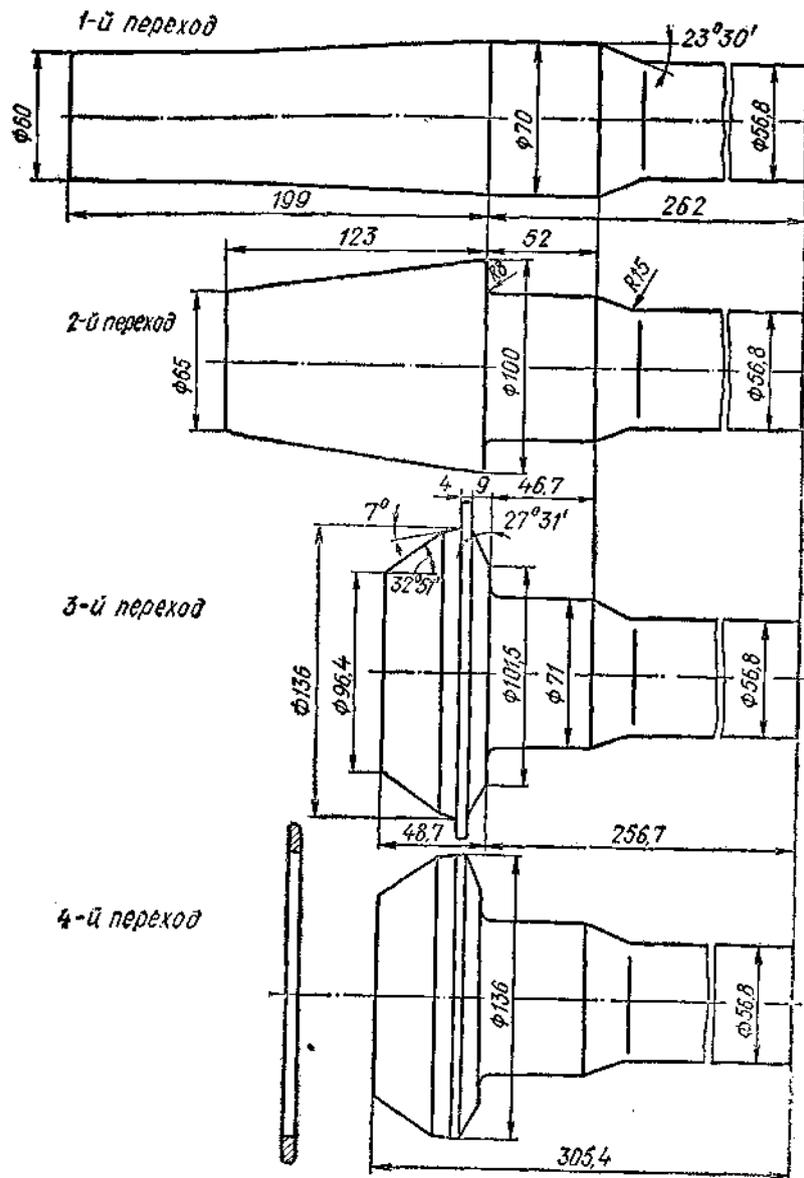
Технические требования:  
 1. Неуказанные радиусы закруглений 3-5 мм  
 2. Неуказанные штамповочные уклоны: наружные  $3^\circ$ , внутренние  $5^\circ$

Рис. 25. Переходы штамповки на прессе заготовки шестерни



Технические требования:  
 1. Неуказанные радиусы закруглений 3-5 мм  
 2. Усадка учтена -1,5%

Рис. 26. Переходы на ГКМ для заготовки шестерни



*Технические требования*

1. Неуказанные радиусы закруглений 3-5 мм
2. Усадка учтена -1,5%

Рис. 27. Переходы на ГКМ для заготовки вала-шестерни

Для деталей, непосредственно получаемых из сортового проката, заготовка изображается в виде отрезка, отделенного от прутка. Здесь же, на чертеже показывается ширина реза в соответствии с выбранным способом резки сортового проката. Внутри заготовки из проката вычерчивается основной контур обработанной детали.

В чертежах литых заготовок, кроме размеров с допускаемыми отклонениями, указываются:

- а) линии разъемов опок и пресс-форм;
- б) расположение самой заготовки в опоке или пресс-форме;
- в) классы чистоты поверхностей, с которыми заготовка выходит из литейного цеха;
- г) припуски на механическую обработку.

Чертеж литой заготовки может быть выполнен двумя способами.

1. Как правило, для чертежей литых деталей, выдаваемых в качестве задания на курсовое проектирование, целесообразно совмещать чертеж заготовки с чертежом готовой детали, при этом основным изображением является готовая деталь. Деталь изображается жирными линиями, а припуски на механическую обработку показываются на обрабатываемых поверхностях, при этом штриховка полей припусков выполняется как продолжение основной штриховки детали в разрезах и сечениях, но другим (красным) цветом. Величины припусков на обработку оговариваются размерами с допускаемыми отклонениями соответственно той точности, с которой получается заготовка данным методом.

Основным условием совмещения чертежей заготовки и готовой детали является чтение чертежа без затруднений. Пример выполнения чертежа литой заготовки показан на рис. 28.

Если припуск на механическую обработку однозначно определяется какой-то одной проекцией, то нет необходимости переносить его изображение на остальные проекции.

2. Если чертеж заготовки-отливки выполняется на отдельном листе и не совмещается с чертежом готовой детали, внутри чертежа заготовки необходимо так же, как и для штамповок, изобразить основные контуры готовой детали для того, чтобы были видны припуски на обрабатываемых поверхностях. Изображение контуров готовой детали также следует выполнять в минимально необходимом количестве проекций, избегая вычерчивания мелких второстепенных элементов (фасок, мелких отверстий, не получаемых в отливке, и т. п.).

Особое внимание должно быть уделено техническим требованиям как к готовой детали, так и к заготовке. Эти требования должны быть изложены на свободном поле чертежа, обычно в правом верхнем углу, и содержать те условия, которые, как правило, невозможно изобразить графически. Если чертеж готовой детали и заготовки выполнены на одном листе, то требования к готовой детали и заготовке формулируются отдельно. В технических требованиях указываются:

- а) отклонения от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей;
- б) технологические указания и рекомендации по характеру обработки отдельных поверхностей;

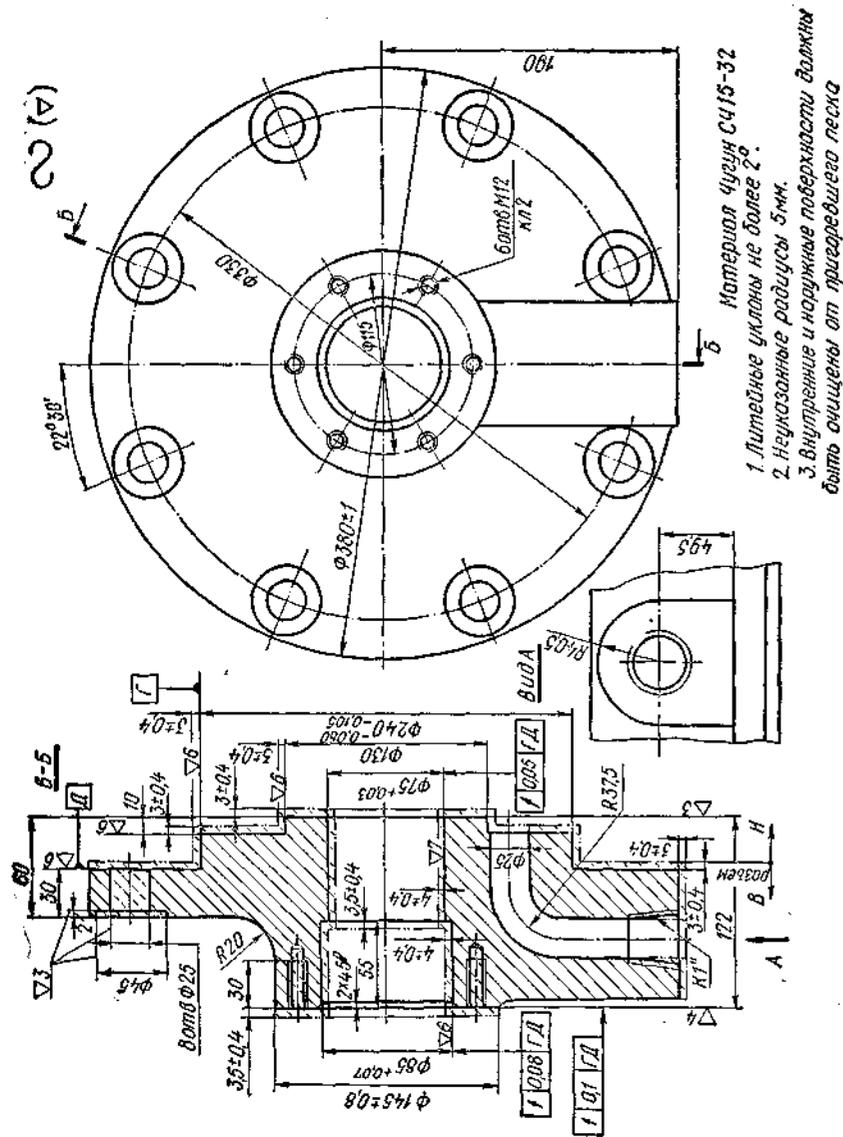


Рис. 28. Крышка гидроцилиндра с указанными припусками на механическую обработку

- в) рекомендуемые методы контроля отдельных точностных параметров;
- г) указания относительно термообработки и твердости;
- д) указания относительно покрытий и консервации деталей;
- е) неуказанные на чертеже общие радиусы закруглений, штамповочные и литейные уклоны;
- ж) допустимые поверхностные дефекты и т. п.

Из сказанного выше следует, что технические требования подлежат тщательному изучению при технологическом контроле и анализе технологичности конструкции с точки зрения возможности и методов их выполнения, обоснованности этих требований, методов их контроля, правильности указания или изображения.

В правом нижнем углу листа чертежа готовой детали и заготовки помещается основная надпись, выполненная в соответствии с формой, приведенной в приложении XI. Заполнение граф основной надписи в случае, когда чертежи детали и заготовки совмещены, производится в соответствии с данными чертежа готовой детали, а не заготовки. Дополнительные сведения, относящиеся к заготовке, могут быть даны в примечаниях, помещенных под техническими требованиями к заготовке.

Если чертеж заготовки выполняется на отдельном листе, то угловой штамп каждого из чертежей (детали и заготовки) соответственно содержит сведения по детали или заготовке в отдельности.

При выполнении графической части курсового проекта особое внимание следует обращать на качественное графическое выполнение всех чертежей. Чертежи должны быть выполнены аккуратно с соблюдением всех правил ГОСТ «Единая система конструкторской документации».

Следует отметить, что последнее обстоятельство имеет исключительное важное значение не только в отношении чисто внешнего вида чертежей, но и совершенно определенной взаимосвязи между формой и содержанием любой работы. Аккуратно выполненные чертежи, как показывает практика, содержат значительно меньше ошибок, легче контролируются и читаются, а следовательно, в свою очередь являются залогом качества. Кроме того, на машиностроительных предприятиях получили широкое распространение бескопировочные методы размножения технической документации. Один из таких способов — электрографическое копирование чертежей с помощью приборов «ЭРА», «Электрофот», «РЭМ-300» и др. При этом исключается стадия копирования чертежей на кальку и оригиналом служат документы, выполненные конструктором и технологом. Поэтому очевидна важность аккуратного выполнения этих документов.

На основании изучения некоторых общих тенденций выполнения графической части курсового проекта в течение ряда лет можно обратить внимание на следующие вопросы техники выполнения чертежей.

1. Видимые контуры вычерчиваемых деталей, эскизов, проекций и сечений должны быть выполнены четкими сплошными линиями толщиной 0,8—1,2 мм; это придает чертежам выразительность и позволяет легко ориентироваться в их сущности.

2. Следует избегать густой штриховки в разрезах и сечениях. Расстояния между наклонными штриховыми линиями должны быть одинаковыми для всех разрезов детали и в пределах 3—5 мм, иметь наклон в одну и ту же сторону, толщина линий штриховки должна составлять не более 0,3 мм.

3. Классы чистоты обработанной поверхности обозначаются треугольниками, выполненными с помощью угольников, чертежных приборов или лучше всего специальных шаблонов. Размеры всех треугольников на поле чертежа должны быть одинаковыми, за исключением знака обработки, общего для ряда поверхностей, изображаемого в правом верхнем углу чертежа. Высоты треугольников, наносимых непосредственно на обрабатываемые поверхности, должны быть в пределах 3—5 мм, высота треугольника общего класса обработки — 4—6 мм.

4. От руки разрешается выполнять только надписи на чертеже и линии излома (обрыва) и вырыва. Все остальные элементы чертежа должны быть выполнены с помощью чертежных инструментов и принадлежностей.

5. Все надписи на чертежах должны выполняться чертежными шрифтами по ГОСТ 2.304—68. Высоту цифр и букв следует принимать в зависимости от размеров самих изображений на проекциях, разрезах и сечениях. Размеры букв и цифр должны выбираться из ряда 7; 5; 3,5 мм.

6. Правильно должны быть указаны предельные отклонения размеров. Требования по нанесению размеров и предельных отклонений регламентируются ГОСТ 2.307—68.

7. Особое внимание в связи с действием стандартов «Единой системы конструкторской документации» должно быть уделено правилам нанесения на чертежах технических требований (ГОСТ 2.316—68).

Указанными замечаниями, безусловно, не исчерпываются все требования к оформлению графической части курсового проекта; приведенный перечень представляет только весьма малую часть требований, которые определяются стандартами ЕСКД. Тем не менее эти замечания вызваны тем, что проектанты во многих случаях не придают должного внимания указанным требованиям.

### Операционные эскизы

В связи с тем что по стандартам «Единой системы технологической документации» операционные эскизы, сопровождающие карты технологического процесса, выполняются на отдельных картах эскизов и схем, можно считать нецелесообразным вообще дублирование этих эскизов на листах чертежной бумаги. Последнее, однако, выполняется, так как служит проектанту иллюстрационным материалом при сообщении комиссии о выполненной им работе во время защиты курсовых проектов. Поскольку в каждом учебном заведении в этом отношении может быть принят свой порядок, остановимся на некоторых указаниях методического характера по выполнению операционных эскизов на листах.

В зависимости от объема задания на курсовое проектирование и сложности технологического процесса эскизы выполняются на двух или трех листах формата А4. Они вычерчиваются после того, как технологический процесс полностью разработан и оформлен в технологических картах. Технологические операции, для которых выполняются операционные эскизы на листах, назначаются консультантом по курсовому проектированию после оформления и подписания технологического процесса. Это обычно наиболее характерные и разнообразные для данного процесса операции, а также те, в которых, по мнению проектанта, приняты наиболее интересные и прогрессивные решения. Необходимо, чтобы представленные эскизы отражали основную сущность проделанной проектантом работы. Лист формата А4 в зависимости от числа эскизов, которые на нем можно разместить, делится на 4 или 6 частей, как это показано в приложении VIII. В правом нижнем углу каждой гранки помещается табличка, выполненная по форме, приведенной в приложении IX. Табличка для каждого отдельного случая имеет столько горизонтальных строк, не считая нижней, сколько различных инструментов участвует в данной операции. Для одноинструментной обработки графа «№ инструмента» отсутствует (приложение X).

В таблицу на основании сведений из технологических карт записываются данные по режимам резания и нормированию. Модели станков, так же как и в технологических картах, указываются в соответствии с общепринятыми обозначениями только для станков общего назначения. Для специальных станков дается только их основная характеристика.

Требования, которые предъявляются к операционным эскизам, выполняемым на чертежах, во многом схожи с требованиями к эскизам, выполняемым на картах эскизов и схем. В данном случае лишь учитывается дополнительно условие большей наглядности чертежей и возможность их чтения с некоторого расстояния (1,5—2 м), так как проектант, докладывая о проекте, сопровождает рассказ показом эскизов, прикрепленных к специальной рамке вместе с другими чертежами проекта.

Пример выполнения операционного эскиза на одну из операций со всеми надписями и заполнением таблички приведен в приложении VI. Эскиз выполнен для многоинструментной обработки.

## РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### Общие указания

При выполнении курсового проекта по технологии машиностроения проектирование приспособлений производится в тех случаях, когда эта работа не предусмотрена учебным планом по курсу «Основы проектирования приспособлений». Если в качестве задания студент получает чертеж детали для существующего производства, в котором уже разработана технологическая оснастка, то повторять уже выполненную в производственных условиях работу нецелесообразно. Поэтому

задача по проектированию приспособлений в процессе выполнения курсового проекта может быть сведена к следующим вариантам.

1. Проектирование приспособления для условий серийного производства сравнительно простых деталей, где подобная оснастка не была разработана.

2. Модернизация существующих конструкций приспособлений на основе изучения их работы в производственных условиях при прохождении технологической практики.

3. Проектирование приспособления на деталь, полученную в качестве дополнительного задания к курсовому проекту. Студенту может быть поставлена сравнительно несложная задача, основной целью которой должна быть не столько разработка совершенной конструкции, сколько изучение вопросов методики и последовательности проектирования.

В этом отношении значительное внимание в проекте следует уделить расчетам, связанным с проектированием приспособлений: расчетам экономической эффективности применения приспособления, расчетам усилий зажима обрабатываемой заготовки в приспособлении и расчетам допустимой погрешности изготовления и сборки приспособления. По указанным расчетам имеется достаточное количество учебной, справочной, методической литературы и руководящих материалов, поэтому здесь будут приведены только некоторые указания и примеры.

Необходимо также иметь в виду, что элементы конструкций приспособлений в настоящее время широко стандартизованы и, кроме того, разработаны типовые конструкции приспособлений для множества типоразмеров и видов обработки, поэтому проектированию конструкций специальных приспособлений должно предшествовать самое тщательное изучение уже разработанных типовых конструкций, а собственно проектирование должно сводиться к разработке конструкции, состоящей из стандартных деталей и узлов с минимальным числом оригинальных деталей.

Перечень ряда действующих стандартов на детали и узлы приспособлений приведен в приложении XII.

К проектированию приспособления приступают только после окончательной разработки технологического процесса на обрабатываемую деталь. Для операции, на которую необходимо разработать приспособление, должен быть установлен метод базирования детали, произведен расчет режимов резания и определены все составляющие усилий резания. Далее необходимо построить схему приспособления, которая отличается от операционного эскиза механической обработки конкретными данными по координатам точек базирования и точек приложения зажимных усилий. На схеме должны быть также показаны необходимые составляющие усилий резания и места их приложения.

При построении схемы приспособления нужно учитывать также производительность, которая должна быть обеспечена на данной операции. В этом отношении приспособление может быть выбрано одно- или многоместным, одно- или многопозиционным, с ручным или механизированным зажимом. Фактором, определяющим достижение

заданной производительности и конструкции приспособления, является соотношение такта выпуска и штучного времени с учетом составляющих последнего, из которых в данном случае важнейшими являются основное технологическое и вспомогательное время, затрачиваемое на установку и снятие детали и управление приспособлением. Итак, на данном этапе проектирования приспособления принятие решения о его конструкции тесно связано с нормированием технологического процесса.

Построив схему приспособления, необходимо рассчитать усилие зажима обрабатываемой детали и выбрать конструкцию зажимного устройства с учетом производительности. После этого следует рассчитать погрешность обработки в приспособлении при выбранном способе базирования.

Если расчет покажет, что конструкция приспособления и принятая схема базирования не обеспечивают требуемой точности обработки, нужно изменить схему базирования или конструкцию приспособления, заново произвести расчет на точность и, если при новых условиях требуемая точность обработки не обеспечивается, изменить метод обработки.

Целесообразность применения приспособления должна быть доказана технико-экономическим расчетом. Методика расчета излагается ниже.

После выполнения всех необходимых расчетов приступают к вычерчиванию сборочного чертежа приспособления. Сборочный чертеж приспособления обычно вычерчивается на листе чертежной бумаги формата 24. Больших форматов требуют конструкции сравнительно сложных приспособлений, которые в курсовых проектах не разрабатываются.

Обычно вычерчивается две-три проекции общего вида с указанием габаритов и посадочных размеров приспособлений и размеров (с отклонениями), определяющих размеры обрабатываемых деталей, например расстояний от установочных поверхностей, расстояний между центрами обрабатываемых отверстий, размеров, определяющих положение мерительных поверхностей, установов для настройки на размер режущих инструментов и т. п.

Для сверлильных приспособлений указываются диаметры кондукторных втулок с допусками, расстояния между их осями и от осей до установочных базовых поверхностей. На чертеже фрезерного приспособления проставляется размер от поверхности установа (габарита) до установочных элементов приспособления, а также размеры под шуп, т. е. от поверхности установа до режущих лезвий фрезы.

На чертежах изображаются необходимые разрезы, сечения или вырывы в соединениях деталей и указываются размеры и посадки в этих соединениях. Для каждого приспособления на отдельном листе по форме, приведенной в ГОСТ 2.108—68, выполняется спецификация. На поле чертежа записываются технические требования на изготовление приспособлений. Линиями красного цвета (или штрих-пунктирными) показываются обрабатываемые детали, а линиями синего цвета — режущий инструмент.

Проектирование приспособлений рекомендуется производить в такой последовательности.

1. Установить длину рабочего и холостого хода станка, размеры стола и шпинделя станка, расстояние от стола до шпинделя, расстояние между центрами и высоту центров. Эти данные нужны для определения габаритов приспособления, размеров, зависящих от станка (ширину шпонок, основания корпуса, расстояния между проушинами для крепления приспособления на станке и т. д.), для увязки размеров режущего и вспомогательного инструмента. Например, при проектировании расточных и сверлильных приспособлений следует высоту приспособлений, длину режущего и вспомогательного инструмента сверять с длиной хода станка, который должен обеспечить установку и смену расточных борштанг. Станочные данные можно взять из пособия [31].

2. Определить метод базирования детали с учетом выбранных базовых поверхностей.

3. При наличии заготовок деталей, подлежащих обработке, следует ознакомиться с конструкцией и состоянием базовых поверхностей заготовок и установить действительные размеры и их отклонения, что нужно для выбора конструкции опор (постоянных или регулируемых).

4. На листе бумаги вычертить контуры детали в таком виде, в каком она поступает для обработки на данной операции, придерживаясь по возможности масштаба 1 : 1. Контур детали следует изображать тонкими красными или черными штрих-пунктирными линиями в необходимом количестве проекций, расположенных на расстоянии, достаточном для дальнейшего нанесения деталей приспособления. Чертеж детали в первой проекции должен соответствовать рабочему положению деталей при обработке на станке. На поверхностях, подлежащих обработке, указать припуск или обвести их жирными линиями.

5. Определить направление действия усилий резания, место приложения и направления усилий зажима.

6. Определить местоположение установочных деталей приспособлений, их количество и вычертить их контур. При расположении опор следует учитывать направление действия сил и зажимов и располагать их так, чтобы действие сил резания воспринималось опорами, а не зажимными устройствами.

7. Выбрать тип зажимного устройства, руководствуясь выбранным типом приспособления (одноместным, многоместным, одно- или многопозиционным), тактом выпуска деталей, величиной зажимной силы и т. д.

8. Вычертить направляющие детали приспособления, определяющие положения режущего инструмента (кондукторные втулки или установки для настройки фрез).

9. Выбрать вспомогательные детали и механизмы приспособлений. При определении их конструкции, габаритов, размеров необходимо стремиться к получению наименьшего веса и габаритов приспособления, при этом оно должно сохранять необходимую жесткость и прочность.

10. Нанести контуры корпуса приспособления с использованием стандартных форм заготовок корпусов.

11. Нанести координатные и основные размеры с допусками и отклонениями, зависящими от размеров обрабатываемых деталей, определяющими точность обработки, наладочные размеры, а также размеры приспособлений.

12. Вычертить три проекции приспособлений и определить правильность расположения всех элементов и механизмов приспособления с учетом удобства сборки и разборки приспособления и его ремонта, а также установки и снятия детали, удаления стружки и т. п.

13. Вычертить необходимые проекции разрезов и сечений, поясняющие конструкцию приспособления.

14. Для многоместных и многопозиционных крупных приспособлений рекомендуется условными тонкими или штрих-пунктирными линиями схематично изображать части станка, на которых базируется и закрепляется приспособление, инструмент и их размеры. Например, на чертежах приспособлений для фрезерных станков вычерчиваются контуры стола с лапами под установочные шпонки, расстояние от стола до шпинделя станка; на чертежах сверлильного приспособления для многошпиндельного сверления — контуры многошпиндельной головки, контуры головки шпинделя станка и соединение его с многошпиндельной головкой.

15. Составить спецификацию приспособления с указанием использованных ГОСТов. На поле чертежа записать технические требования на изготовление и сборку приспособления.

Если не имеется данных по стоимости приспособлений, можно воспользоваться укрупненными нормативами стоимости специальных приспособлений, приведенными в табл. 63.

При отнесении приспособлений к той или иной группе сложности можно воспользоваться следующими признаками [32].

**I группа** — мелкие приспособления (с габаритами до  $200 \times 200 \times 200$  мм) с простым корпусом (в виде плиты, стержня), предназначенные только для закрепления деталей или перемещаемые вместе с деталью, с закреплением детали одной-двумя гайками или рукоятками, с количеством наименований деталей до 5 (различные подставки, простые оправки, сменные губки, кулачки и т. п.).

**II группа** — мелкие приспособления с корпусами средней сложности (в виде П-, Т- и Г-образных стенок или в виде комбинации двух-трех цилиндров или плоскостей с цилиндрами) или средние по габаритам (от  $200 \times 200 \times 200$  до  $500 \times 500 \times 500$  мм) с простыми корпусами, предназначенные только для закрепления детали одной-двумя гайками или рукоятками, с числом наименований деталей от 3 до 15. К ним относятся патроны для инструментов, двусторонние цанговые оправки, простые фрезерные приспособления, державки поворотные для резцов и т. п.

**III группа** — мелкие приспособления с корпусами средней сложности со сложным принципом действия (с делительными, поворотными механизмами, с относительным движением подвижных частей), с простыми или средней сложности зажимами (несколько

63. Укрупненные нормы стоимости специальных приспособлений

Группа сложности	Количество наименований деталей	Стоимость приспособлений, руб.	Группа сложности	Количество наименований деталей	Стоимость приспособлений, руб.
I	<5	≤8,5	V	35—40	300—335
	3—5	8,5—17		40—45	335—360
II	5—10	17—30	VI	45—50	360—390
	10—15	30—45		50—55	390—415
III	10—15	45—62	VI	50—55	610—640
	15—20	62—80		55—60	640—690
	20—25	80—95		60—65	690—735
				65—70	735—765
IV	20—25	125—145		70—75	765—810
	25—30	145—175		75—80	810—850
	30—35	175—190		80—85	850—880
	35—40	190—215		85—90	880—925
				90—95	925—965

отдельных зажимов или фиксаторов) или мелкие приспособления со сложными корпусами (в виде коробок или иных сложных фигур с числом стенок более трех).

Средние по габаритам приспособления с корпусами средней сложности, простым принципом действия (только для закрепления детали), простыми или средней сложности зажимами.

Количество наименований деталей в приспособлениях III группы 10—25.

IV группа — мелкие приспособления со сложными корпусами и средние приспособления с двух-, трехстенными корпусами, со сложным или средней сложности принципом действия, с простыми и средней сложности зажимами.

Крупные приспособления со средней сложностью корпусами, а также средние приспособления со сложными корпусами, простого действия с различными зажимами.

Количество наименований деталей 20—40.

V группа — средние по габаритам приспособления со сложными корпусами и сложным принципом действия, сложными зажимами (комбинированными, приводимыми в действие одной рукояткой).

Крупные приспособления со сложными корпусами, простого действия, с зажимами средней сложности или простыми.

Крупные приспособления с двух-, трехстенными корпусами, сложного действия с зажимами средней сложности и простыми.

Количество наименований деталей 35—55.

VI группа — крупные приспособления со сложными корпусами, сложного действия, со сложными зажимами, крупные многошпиндельные головки. Крупные и средние приспособления с электро-, гидро- и пневмоприводом.

Количество наименований деталей свыше 50.

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Расчет экономической целесообразности применения приспособления основывается на сопоставлении затрат и получаемой экономии.

Условие эффективного применения приспособления выражается формулой

$$\mathcal{E}_n \geq P, \quad (76)$$

где  $\mathcal{E}_n$  — годовая экономия (без учета годовых затрат на приспособление), руб.;

$P$  — годовые затраты на приспособление, руб.

Годовая экономия в свою очередь может быть определена как

$$\mathcal{E}_n = (T_{шт} - T_{шт}^n) \frac{C_{ч.з} N}{60} \text{ руб.}, \quad (77)$$

где  $T_{шт}$  — штучное время при обработке детали без приспособления или в универсальном приспособлении, мин;

$T_{шт}^n$  — штучное время на операции после внедрения проектируемого приспособления, мин;

$C_{ч.з}$  — часовые затраты по эксплуатации рабочего места, коп/ч;

$N$  — годовая программа, шт.

Расчет  $C_{ч.з}$  производится по методике, изложенной в разделе «Выбор варианта технологического маршрута и его технико-экономическое обоснование» настоящего пособия.

Годовые затраты на приспособление

$$P = S_{пр}(A + B) \text{ руб.}, \quad (78)$$

где  $S_{пр}$  — стоимость приспособления (табл. 63), руб.;

$A$  — коэффициент амортизации: при окупаемости в два года  $A = 0,5$ ; при окупаемости в три года  $A = 0,33$ ;

$B$  — коэффициент, учитывающий ремонт и хранение приспособления;  $B = 0,1 \div 0,2$ .

Экономический эффект от применения приспособления представляет собой разность между годовой экономией и годовыми затратами на приспособление:

$$\Delta_n = \mathcal{E}_n - P. \quad (79)$$

### Методика расчета сил зажима

Перед расчетом величины сил зажима определяется схема установки и закрепления заготовки в приспособлении, место приложения и направление действия сил и их моментов. Расчет сил зажима сводится к решению задачи статики на равновесие заготовки, находящейся под действием приложенных к ней всех внешних сил, а также моментов, возникающих в результате действия этих сил (сил резания, зажима, веса, инерционных сил, центробежных сил, реакции опор, сил трения).

Величину сил резания и их моментов определяют из условий обработки по формулам теории резания металлов или пользуясь таблицами из нормативных справочников. Чтобы обеспечить надежность зажима, силы резания увеличивают на коэффициент запаса  $k$ , который определяется в зависимости от условий обработки по данным, приведенным в табл. 64. Этот коэффициент учитывает изменение условий в процессе обработки, прогрессирующее затупление инструмента и связанное с ним увеличение сил резания, изменение величины припуска на обрабатываемых поверхностях, неоднородность обрабатываемого материала, изменение условий установки и закрепления заготовки.

Коэффициент  $k$  может быть представлен как произведение первичных коэффициентов  $k_0, k_1, \dots, k_6$ .

$k_0$  — гарантированный коэффициент запаса — рекомендуется принимать для всех случаев равным 1,5.

$k_1$  — коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при затуплении инструмента. Значения его выбираются в зависимости от условий обработки из табл. 64.

64. Коэффициент запаса  $k_1$

Метод обработки	Компоненты сил резания	$k_1$	Примечание
Сверление	Крутящий момент	1,15	Для чугуна
	Осевая сила	1,10	
Предварительное (по корке) зенкерование	Крутящий момент	1,3	Для чугуна при износе по задней поверхности 1,5 мм
	Осевая сила	1,2	
Чистовое зенкерование	Крутящий момент и осевая сила	1,2	Для чугуна при износе по задней поверхности 0,7—0,8 мм
Предварительное точение и растачивание	$P_z$	1,00	Для стали
		1,00	Для чугуна
	$P_y$	1,4	Для стали
		1,2	Для чугуна
	$P_x$	1,6	Для стали
Чистовые точение и растачивание	$P_z$	1,25	Для чугуна
		1,00	Для стали
		1,05	Для чугуна
	$P_y$	1,05	Для стали
	$P_x$	1,4	Для чугуна
Цилиндрическое предварительное и чистовое фрезерование	Окружная сила	1,6—1,8	Для вязких сталей
		1,2—1,4	Для твердых сталей и чугуна
Торцевое предварительное и чистовое фрезерование	Тангенциальная сила	1,6—1,8	То же
		1,2—1,4	
Шлифование	Окружная сила	1,15—1,20	—
Протягивание	Сила протягивания	1,50	При износе по задней поверхности до 0,5 мм

Значения коэффициентов  $k_2 — k_6$  приведены в табл. 65.

Для получения более точных результатов рекомендуется определять силу зажима с учетом упругих характеристик зажимных механизмов приспособлений [33].

65. Коэффициенты  $k_2 — k_6$

Обозначение коэффициентов	Условия обработки, учитываемые коэффициентом	Значение коэффициента	Примечание
$k_2$	Изменение величины припуска черновых заготовок	1,0	Для чистовой и отделочной обработки
$k_3$	Увеличение сил резания при прерывистом резании	1,2	Для черновой обработки
		1,2	При точении
$k_4$	Род привода	1,0	Для пневматических, гидравлических и других приводов
$k_5$	Учитывается удобное расположение рукоятки для ручных зажимных устройств	1,3	Для ручных зажимов
		1,0	Рукоятка удобно расположена с малым диапазоном угла ее отклонения
$k_6$	Учитывается наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку на спорах	1,2	С большим диапазоном угла ее отклонения (более 90°)
		1,0	Установка на опоры с ограниченной плоскостью контакта (штыри и др.)
		1,5	Установка на пластины и другие элементы с большей поверхностью

Величину необходимых сил зажима следует рассчитывать с наибольшей точностью. При завышенном ее значении увеличивается стоимость изготовления и эксплуатации приспособлений за счет увеличения его габаритов и веса, диаметра пневматических цилиндров, расхода сжатого воздуха и т. д.

Заниженные значения сил не обеспечивают надежного зажима заготовки.

Рассмотрим основные случаи воздействия на заготовку сил резания, сил зажима и их моментов.

1. Сила зажима  $Q$  и сила резания  $P$  действуют в одном направлении и прижимают заготовку  $I$  к опорам приспособления (рис. 29, а). Если сила  $P$  не вызывает сдвигающих сил  $N$ , то  $Q = 0$ ; это наиболее благоприятный случай расположения сил. Такой случай имеет место при протягивании отверстий на протяжном станке. Когда возникают сдвигающие силы  $N$ , не совпадающие с направлением зажимных сил, тогда  $Q = kN$ .

2. Действия сил зажима  $Q$  и силы резания  $P$  взаимно противоположны (рис. 29, б). Величины силы зажима определяются из равенства  $Q = kP$ .

3. Заготовка  $I$  базируется на установочных элементах приспособления и прижимается к ним силой зажима  $Q$ , а сила резания  $P$  действует в перпендикулярном направлении (рис. 29, в). Силе резания  $P$

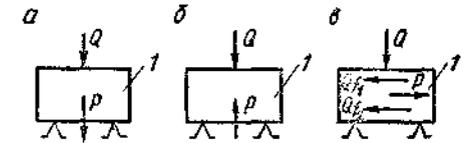


Рис. 29. Схема взаимодействия сил резания и сил зажима на обрабатываемую деталь  $I$

противодействуют силы трения  $T$  между опорной поверхностью приспособления и нижней базовой плоскостью детали, а также между верхней плоскостью детали и поверхностью зажима.

Требуемая сила зажима  $Q$  определяется по формуле

$$Qf_1 + Qf_2 = kP. \quad (80)$$

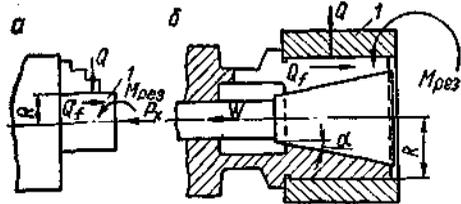
Отсюда

$$Q = \frac{kP}{f_1 + f_2}, \quad (81)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  — коэффициенты трения заготовок в местах зажима и на опорах.

При  $f_1 = f_2 = 0,1$  сила зажима  $Q = 5kP$ .

4. Заготовка установлена и закреплена в трехкулачковом патроне (рис. 30, а). На заготовку действует крутящий момент  $M_{рез}$ , стремящийся повернуть ее вокруг оси, и осевая составляющая усилия резания  $P_x$ , направленная по оси и стремящаяся ее сдвинуть. Сила зажима определяется из равенства



$Q_{сум} fR = kM_{рез}. \quad (82)$

Рис. 30. Схема взаимодействия сил резания и сил зажима на обрабатываемую деталь 1 при установке

Отсюда

$$Q_{сум} = \frac{kM_{рез}}{fR}; \quad (83)$$

$$Q = \frac{Q_{сум}}{z}, \quad (84)$$

где  $Q_{сум}$  — суммарная сила зажима всеми кулачками, н;  
 $f$  — коэффициент трения между поверхностями детали и кулачков;  
 $R$  — радиус заготовки, мм;  
 $k$  — коэффициент запаса;  
 $M_{рез}$  — момент силы резания, н · м;  
 $Q$  — сила зажима, развиваемая одним кулачком, н;  
 $z$  — число кулачков, шт.

При большом значении  $P_x$  полученная сила проверяется на продольный сдвиг по формуле

$$Q_{сум}f > kP_x. \quad (85)$$

Тогда

$$Q_{сум} > \frac{kP_x}{f}. \quad (86)$$

Коэффициент  $f$  в зависимости от материала кулачков рекомендуется брать из табл. 66.

5. Заготовка установлена и закреплена на цанговой оправке (рис. 30, б). При обработке возникает момент резания  $M_{рез}$ , стремящийся повернуть деталь вокруг оси. Ему противодействует момент силы трения  $M_{тр}$ , возникающий между базирующей поверхностью заготовки

и установочной поверхностью цанги. Суммарная сила зажима, развиваемая всеми лепестками цанги, определяется по формуле

$$Q_{сум}fR = kM_{рез}, \quad (87)$$

откуда

$$Q_{сум} = \frac{kM_{рез}}{fR}. \quad (88)$$

При расчете величины сил зажима для приспособлений, где применяются передаточные механизмы, необходимо учитывать передаточные отношения этих механизмов. Значение зажимной силы будет зависеть от величины исходной силы  $N$ , развиваемой приводом, и передаточного отношения между исходной силой  $N$  и силой  $Q$ :

$$Q = Ni, \quad (89)$$

где  $i$  — передаточное отношение механизма:

$$i = \frac{Q}{N}.$$

### Расчет сил зажима при сверлильных работах

При выполнении сверлильной операции на обрабатываемую деталь действуют различно направленные силы и моменты. В зависимости от характера и направления взаимодействия сил зажима, резания и их моментов наиболее характерны следующие случаи.

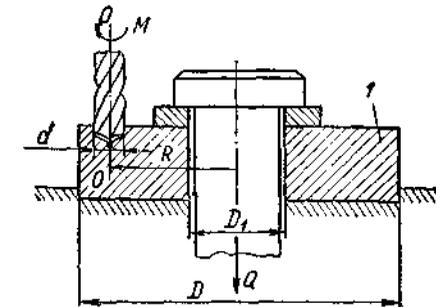


Рис. 31. Схема установки детали и расположения сил при сверлении с торцевым зажимом

1. Сила зажима и сила подачи действуют в одном направлении, прижимая заготовку к установочным поверхностям приспособления

Деталь 1 устанавливается на нижнюю базирующую поверхность и прижимается торцевым зажимом (рис. 31). Возникающая сила резания  $P$  создает момент, который стремится повернуть заготовку вокруг оси  $OO$ . Этому моменту противодействует момент трения, создаваемый силой зажима  $Q$  и осевой силой  $P_0$ . Поэтому величина силы зажима будет незначительна, она должна надежно зажать деталь только в момент засверливания.

Сила зажима определяется по формуле

$$(Q + P_0)fr = \frac{2M}{d}kR, \quad (90)$$

откуда

$$Q = \frac{2kMR}{dfr} - P_0, \quad (91)$$

где  $f$  — коэффициент трения;  
 $P_0$  — усилие подачи, н;

$$r = \frac{D - D_1}{2};$$

$k$  — коэффициент запаса;

$M$  — крутящий момент, создаваемый сверлом, н · м;

$R$  — расстояние от оси сверла до оси детали, м.

2. Заготовка устанавливается в призме и прижимается прихватом:  
 а) усилие подачи и сила зажима одинаково направлены и прижимают заготовку к установочным поверхностям призмы (рис. 32). Воз-

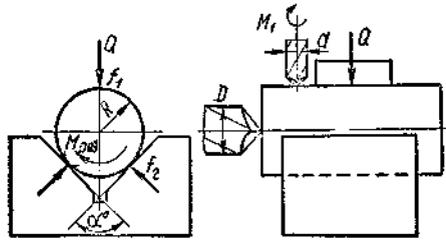


Рис. 32. Схема установки детали в призму и расположения сил при сверлении

никающая окружная сила резания  $P$  в начальный момент сверления может сдвинуть деталь в осевом направлении, а при дальнейшем сверлении деталь может проворачиваться вокруг оси и одновременно приподниматься на призме.

Сила зажима без учета силы подачи определяется по формуле

$$Qf_1 + Qf_2 \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{2kM_{рез}}{d} \quad (92)$$

или

$$Q = \frac{2kM_{рез}}{(f_1 + f_2 \sin \frac{\alpha}{2})d}, \quad (93)$$

где  $\alpha$  — угол при вершине призмы, град;

б) осевая сила при сверлении направлена вдоль оси заготовки и перпендикулярна к силе зажима.

Крутящий момент резания  $M_{рез}$ , возникающий при сверлении, будет стремиться повернуть деталь вокруг оси, а момент трения, создаваемый силой зажима, — препятствовать этому. Сила подачи  $P_0$  будет стремиться сдвинуть заготовку вдоль оси.

Необходимую величину силы зажима определяют по формуле

$$Q \frac{D}{2} (f_1 + f_2 \sin \frac{\alpha}{2}) = kM_{рез} \quad (94)$$

или

$$Q = \frac{2kM_{рез}}{D(f_1 + f_2 \sin \frac{\alpha}{2})}. \quad (95)$$

Полученное значение  $Q$  также следует проверить на отсутствие осевого смещения заготовки:

$$Qf_1 + Qf_2 \sin \frac{\alpha}{2} = kP_0 \quad (96)$$

или

$$Q = \frac{kP_0}{f_1 + f_2 \sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (97)$$

#### Расчет сил зажима при обработке деталей фрезерованием

Фрезерование включает различные методы обработки с различными по величине и направлению силами резания. Это усложняет определение потребной силы зажима с использованием одной методики. Поэтому при расчете силы зажима используются упрощенные способы с применением поправочных коэффициентов.

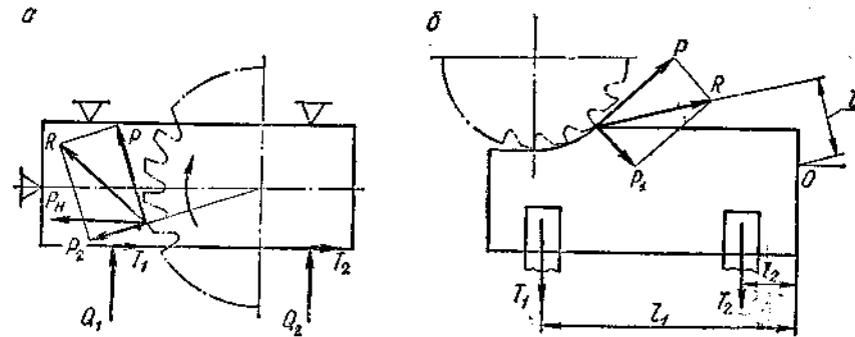


Рис. 33. Схема сил, действующих при фрезеровании

Рассмотрим методику расчета сил зажима для наиболее распространенных методов фрезерования с прямолинейной подачей.

При фрезеровании торцевой фрезой деталь базируется основанием и боковой плоскостью с упором в торец (рис. 33, а). Применяемые два зажима, действующие нормально к поверхности заготовки, должны создать силу зажима, препятствующую перемещению обрабатываемой заготовки под действием горизонтальной составляющей силы резания  $P_n$ . Обычно силы  $Q_1$  и  $Q_2$  зажима обоих прихватов равны, и, следовательно, силы трения  $T_1$  и  $T_2$  тоже равны. Как известно, сила трения равна произведению силы зажима на коэффициент трения  $Qf$ . Тогда можно записать

$$T_1 = T_2 = T = fQ.$$

Надежный захжим заготовки обеспечивается при условии, если

$$2fQ \geq kP_n \quad (98)$$

или

$$Q = \frac{kP_n}{2f}, \quad (99)$$

где  $f$  — коэффициент трения (табл. 66);  
 $k$  — коэффициент запаса.

66. Коэффициент трения между контактирующими поверхностями

Состояние контактирующих поверхностей (базирующие поверхности детали и установочные поверхности приспособления)	$f$
Обработанные базирующие поверхности детали и установочные пластинки	0,1—0,15
Необработанные базирующие поверхности детали и установочные штыри со сферической головкой	0,2—0,3
Необработанные базирующие поверхности детали и рифленые установочные элементы приспособления (опоры, губки, кулачки)	0,5—0,7

Действие окружной силы  $P$  воспринимается боковыми опорами приспособления и при расчете зажимной силы не учитывается.

При фрезеровании цилиндрической фрезой (рис. 33, б) на деталь действует равнодействующая сила резания  $R$ , которая создает момент  $Rl$ , стремящийся повернуть обрабатываемую заготовку вокруг точки опоры  $O$ . Противодействием этому оказывают моменты, создаваемые силами трения  $T_1$  и  $T_2$  зажимных прихватов приспособления.

Для определения сил трения составим уравнение моментов сил относительно точки опоры  $O$ :

$$Rl - T_1l_1 - T_2l_2 = 0, \quad (100)$$

Принимая, что силы трения  $T_1$  и  $T_2$ , которые создаются прихватами, действующими от одного привода, обычно равны, т. е.  $T_1 = T_2 = T$ , получим уравнение моментов в виде

$$Rl - T(l_1 + l_2) = 0, \quad (101)$$

тогда

$$T = \frac{Rl}{l_1 + l_2}, \quad (102)$$

Сила зажима на каждом прихвате

$$Q = \frac{kT}{f}. \quad (103)$$

#### Расчет допустимой погрешности изготовления приспособления

Чтобы обработать деталь на станке, необходимо выдержать заданную точность размеров, формы поверхностей и их взаимного расположения (непараллельность отдельных поверхностей у деталей типа

плит, корпусов, несоосность отверстий, неперпендикулярность оси цилиндрической поверхности к ее торцу и т. д.).

При построении технологического процесса и выборе оборудования, приспособлений и другой оснастки учитывается возможность обеспечения заданной точности в зависимости от применения различных методов обработки.

В условиях серийного и массового производства точность обеспечивается автоматически на предварительно настроенных станках. При таком методе обработки для установки обрабатываемой детали в ряде случаев используются многоместные приспособления.

Наряду с прочими факторами на погрешность обработки оказывает влияние погрешность изготовления приспособления. Неточность последнего приводит к погрешности обработки по выдерживаемому размеру и в большинстве случаев к погрешности взаимного положения обработанной и базовой поверхностей.

При установке деталей в многоместных приспособлениях из-за взаимного смещения установочных элементов обрабатываемые детали могут получиться разных размеров.

Если деталь обрабатывается мерным или фасонным инструментом, то погрешность приспособления не оказывает влияния на точность выполненного размера и не вызывает искажения формы обрабатываемых поверхностей.

Чтобы определить погрешность приспособления, надо учитывать метод обработки, тип приспособления, конструкцию инструмента и способ его связи со станком. Обработка в кондукторах, имеющих погрешность изготовления, вызывает погрешности межцентровых расстояний обрабатываемых отверстий и расстояния от установочной базы до оси обрабатываемого отверстия. Если обработка ведется мерным инструментом, шарнирно соединенным со шпинделем станка и получающим направление через кондукторную втулку, то неперпендикулярность оси втулки к установочным элементам приспособления вызовет неперпендикулярность оси обрабатываемого отверстия к опорному торцу заготовки.

Точность диаметральных размеров обрабатываемых отверстий не зависит от точности приспособления, а положение оси заготовки — от геометрической точности станка. При использовании поворотных и делительных устройств их погрешность даст погрешность углового расположения обрабатываемых поверхностей.

При обработке фрезерованием, строганием, протягиванием в многоместном приспособлении точность заданного размера и точность положения обрабатываемых и базовых поверхностей детали зависит от положения установочных элементов приспособления относительно друг друга и режущего инструмента. Непараллельность установочных элементов относительно плоскости основания приспособления вызывает непараллельность установочной и обрабатываемой поверхностей детали. При наличии делительных и поворотных устройств их неточность вызывает погрешность взаимного положения обрабатываемых поверхностей.

Неточность токарных, расточных, шлифовальных приспособлений

(для круглошлифовальных и внутришлифовальных станков) влияет на взаимное положение обрабатываемой и установочной поверхностей заготовки, однако не влияет на погрешность формы обрабатываемых поверхностей и точность диаметральных размеров.

В условиях единичного или мелкосерийного производства при использовании универсальных или одноместных специальных приспособлений, когда заданный размер обеспечивается за счет последовательного снятия стружек пробными проходами, погрешность приспособлений не влияет на точность выполняемого размера и погрешность формы, а лишь вызывает изменение взаимного положения поверхностей заготовки.

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, которые вызывают суммарную погрешность. В нее входят:

- $\epsilon_6$  — погрешности базирования заготовки в приспособлении;
- $\epsilon_a$  — погрешности, возникающие в результате деформации заготовки и приспособления при закреплении;
- $\epsilon_{уст}$  — погрешности установки приспособления на станке;
- $\epsilon_{пр}$  — погрешности, возникающие в результате неточности изготовления приспособления;
- $\epsilon_n$  — погрешность установки и смещения режущего и вспомогательного инструмента на станке, вызываемая неточностью изготовления направляющих элементов приспособления;
- $\epsilon_{изн}$  — погрешности, возникающие в результате износа деталей приспособления;
- $\Delta_y$  — погрешности обработки, возникающие в результате упругих деформаций технологической системы станок — приспособление — заготовка — инструмент под влиянием сил резания;
- $\Delta_n$  — погрешности обработки, вызываемые размерным износом инструмента;
- $\Delta_{н1}$  — погрешности настройки станка;
- $\Sigma \Delta_{\phi}$  — погрешности, возникающие в результате геометрической неточности станка;
- $\Delta_T$  — погрешности, возникающие в результате температурных деформаций отдельных звеньев технологической системы.

Все указанные составляющие входят в суммарную погрешность обработки. Методика их расчета достаточно подробно излагается в учебной и справочной литературе [33, 34, 35, 36].

Рассмотрим определение погрешностей, вызванных неточностью изготовления приспособления. Следует отметить, что до настоящего времени нет общепринятой методики расчета допустимой погрешности изготовления приспособления, а также обоснованных регламентированных данных. Этим объясняется тот факт, что до сих пор при определении точности изготовления приспособления пользуются практическими рекомендациями, которые не являются строго обоснованными, и пользование ими приводит к ошибочным результатам. Более правильно находить погрешности расчетно-аналитическим способом.

Суммарная погрешность обработки определяется как сумма всех составляющих, оказывающая влияние на точность получения заданных

размеров, и должна быть меньше допуска на соответствующий заданный размер заготовки:

$$\Sigma \epsilon_{00} \leq \delta, \quad (104)$$

где  $\delta$  — допуск на соответствующий размер расположения обрабатываемых поверхностей заготовки, заданный по чертежу, мм.

При расчете погрешности базирования  $\epsilon_6$  для деталей, обрабатываемых на настроенных станках в серийном и массовом производстве, можно принимать часть значения  $\epsilon_6$ . Это объясняется тем, что при определении погрешности базирования принимается полное поле допуска и расчет ведется по наибольшему и наименьшему предельным размерам  $D$ . Вероятность появления деталей с такими размерами при обработке их в условиях массового или серийного производства незначительна. Учитывая, что характер распределения размеров обрабатываемых деталей близок к нормальному, для расчета погрешности базирования можно принимать коэффициент  $k = 0,8$ — $0,85$ . При этом процент риска будет равен  $1$ — $1,3$ . Тогда погрешность базирования будет равна  $(0,8$ — $0,85)\epsilon_6$ . Погрешность базирования  $\epsilon_6$  может быть рассчитана по формулам исходя из схем базирования (табл. 36).

Погрешность закрепления принимается по таблицам, приведенным в разделе «Расчет припусков на обработку».

Суммарная погрешность приспособления  $\epsilon_{пр}$  возникает из-за неточности изготовления деталей приспособления сборки. Допустимую величину погрешности необходимо определять при проектировании.

Погрешность установки приспособления на станок  $\epsilon_{уст}$  возникает в результате зазоров между направляющими шпонками приспособлений и Т-образными пазами стола для фрезерных, расточных и других приспособлений.

Для уменьшения этих погрешностей рекомендуется точнее изготавливать посадочные места, а направляющие шпонки располагать по краям корпуса приспособления. Для вращающихся приспособлений, устанавливаемых на токарных, зубофрезерных и других станках, погрешность зависит от точности выверки по установочным поверхностям и точности установки в базирующие гнезда станка (конусное отверстие шпинделя станка, центральное отверстие стола и т. д.). Например, если приспособление устанавливается на центрирующий поясок шпинделя, то погрешность установки возникает из-за гарантированного зазора между корпусом и центрирующим пояском шпинделя. Расчет величины погрешностей  $\epsilon_{уст}$  надо вести согласно схеме установки приспособления на станке и руководствоваться материалами пособия [36].

Погрешность перекоса и смещения режущего инструмента  $\delta_n$  возникает из-за неточности изготовления направляющих элементов приспособления. При расчете величины погрешности руководствуются схемой направления режущего инструмента. При отсутствии направляющих элементов погрешность не учитывается.

Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции размера, необходимо суммировать все составляющие погрешности, влияющие на точность этого размера. Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения, поэтому суммирование их производится геометрическим сложением. Таким образом, для расчета точности изготовления приспособления можно воспользоваться уравнением

$$\epsilon_{пр} = \delta - k \sqrt{(k_1 \epsilon_0)^2 + \epsilon_s^2 + \epsilon_{уст}^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{изн}^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + \Delta_{н'}^2 + \sum \Delta_{\phi}^2 + \Delta_{\tau}^2}, \quad (105)$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий возможное отступление от нормального распределения отдельных составляющих:  $k = 1,2$ ;  
 $k_1$  — коэффициент, принимаемый во внимание в случаях, когда погрешность базирования  $\epsilon_0 \neq 0$ ; в условиях серийного производства можно принимать  $k_1 = 0,8-0,85$ .

Если аналитическим методом составляющие  $\Delta_y$ ,  $\Delta_n$ ,  $\Delta_{н'}$ ,  $\sum \Delta_{\phi}$  и  $\Delta_{\tau}$  до запуска деталей в производство рассчитать затруднительно, суммарную величину этих погрешностей  $\Delta_{об}$  определяют, приравнявая их к некоторой части средней экономической точности обработки  $\omega$ , пользуясь [16, 36]. Тогда

$$\Delta_{об} = k_2 \omega, \quad (106)$$

где  $k_2$  — коэффициент, который рекомендуется принимать равным 0,6—0,8 [36];  
 $\omega$  — значение погрешности обработки исходя из экономической точности для данного метода.

При этих допущениях уравнение (105) примет вид

$$\epsilon_{пр} \leq \delta - k \sqrt{(k_1 \epsilon_0)^2 + \epsilon_s^2 + \epsilon_{уст}^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{изн}^2 + \epsilon_{\tau}^2 + (k_2 \omega)^2}. \quad (107)$$

В некоторых случаях, когда требуется получить приспособление для обеспечения повышенной точности обработки, суммирование составляющих можно вести арифметическим сложением.

**Пример.** Рассмотрим расчет точности приспособления, применяемого при фрезеровании верхней плоскости и паза детали (рис. 33) на горизонтально-фрезерном станке. Обработка ведется набором фрез на настроенном станке способом автоматического получения заданного размера. Обрабатываемая заготовка базируется на нижнюю боковую и торцевую плоскости, как показано на эскизе.

При фрезеровании набором фрез размеры  $10A_3$  и  $12A_4$  выдерживаются фрезами за счет настройки, а размеры  $8C_5$  и  $20C_4$  — за счет приспособления.

Чтобы выдержать параллельность нижней плоскости паза установочной плоскости обрабатываемой детали и боковой плоскости паза боковой плоскости детали в пределах заданных допусков на размеры, нужно определить допустимую непараллельность установочной плоскости  $B$  в приспособлении опорной плоскости  $A$  его корпуса и допустимую непараллельность боковой установочной плоскости  $G$  относительно боковых поверхностей направляющих шпонок  $B$ . Для расчета применяем формулу (107).

Определяем требуемую точность приспособления для выдерживаемого размера  $8C_5$ .

1. Погрешность базирования  $\epsilon_0 = 0$  для всех размеров, так как совмещаются установочные и измерительные базы.

2. Погрешность закрепления (табл. 40)  $\epsilon_s = 0,05$  мм.

3. Погрешность износа установочных элементов приспособления для данного случая [36] составит  $\epsilon_{изн} = 0,04$  мм.

4. Погрешность установки приспособления  $\epsilon_{уст}$  определяем по формуле исходя из схемы установки:

$$\epsilon_{уст} = \frac{L_d s}{l},$$

где  $L_d$  — длина обрабатываемой детали, мм;

$s$  — наибольший зазор между направляющей шпонкой приспособления и пазом стола станка (рис. 34),  $s = 0,07$  мм;

$l$  — расстояние между шпонками, мм;

$$\epsilon_{уст} = \frac{37 \cdot 0,070}{115} = 0,02 \text{ мм.}$$

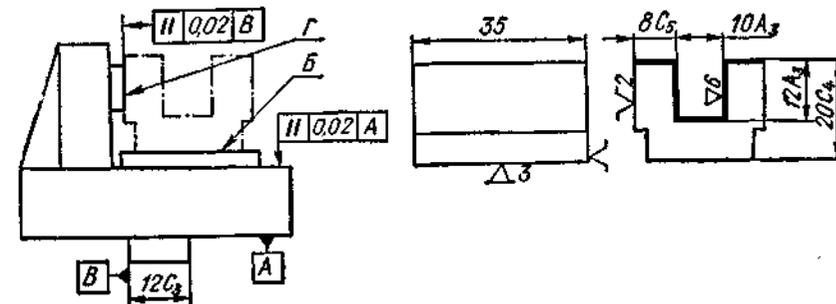


Рис. 34. Схема для расчета допуска на изготовление фрезерного приспособления

5. Погрешность смещения режущего инструмента  $\epsilon_n = 0$ , так как отсутствуют направляющие элементы приспособления.

6. Экономическую точность обработки находим по справочнику [16];  $\omega = 0,1$  мм.

Принимая  $k_2 = 0,7$ , находим  $k_2 \omega = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07$ .

Подставив в формулу (107) полученные значения погрешностей, получим

$$\epsilon_{пр} = 0,160 - 1,2 \sqrt{0^2 + 0,05^2 + 0,02^2 + 0,04^2 + 0^2 + 0,07^2} = 0,044.$$

Таким образом, на размер  $8C_5$   $\epsilon_{пр} = 0,044$  мм.

Погрешность на размер  $20C_4$

$\epsilon_0 = 0$ ;  $\epsilon_s = 0,05$  мм;  $\epsilon_{уст} = 0,01$  мм [36];

$\epsilon_{изн} = 0,04$  (значение то же, что и для размера  $8C_5$ ).

Подставив значения составляющих погрешностей в формулу (107), получим  $\epsilon_{пр} = 0,02$  мм.

Найденные значения погрешности записываем в технические требования на чертеже общего вида приспособления. Типовые технические требования для некоторых видов приспособлений приводятся в литературе [37].

### Модернизация существующих конструкций приспособлений

Модернизация конструкции приспособления производится в тех случаях, когда (как это имеет место при курсовом проектировании) действующее для данного технологического процесса приспособление нуждается в усовершенствовании. Работе по модернизации и усовершенствованию конструкции должен предшествовать тщательный анализ существующего приспособления, в процессе которого обращается внимание на следующие вопросы.

1. Обеспечивает ли данная конструкция приспособления требуемую производительность с учетом изменений годовой программы, предусмотренных заданием на курсовое проектирование.

2. Обеспечивается ли приспособлением точность обработки на данной операции. Данные о точности обработки могут быть получены как расчетным путем, так и на основании изучения работы в производственных условиях.

3. Насколько совершенна и современна конструкция приспособления с точки зрения использования в ней стандартных и нормализованных деталей и узлов приспособлений, новых материалов и т. п.

4. Обеспечивает ли приспособление удобство обслуживания, установки и снятия деталей, управления зажимными устройствами и не вызывают ли эти приемы чрезмерного утомления рабочего. При этом следует руководствоваться существующими нормативами для определения допустимых физических усилий, а также данными, основанными на личных наблюдениях в производственных условиях.

5. Обеспечивается ли удобное, быстрое и надежное удаление стружки из приспособления и не оказывает ли влияния этот фактор на точность обработки и безотказность работы приспособления.

Предлагаемый перечень вопросов, естественно, не является исчерпывающим: при изучении конструкции приспособления могут возникнуть и другие, однако эти важнейшие вопросы должны быть обязательно проработаны.

Анализ конструкции приспособления, как правило, дает возможность выявить недостатки конструкции и наметить пути их устранения.

Совершенствование конструкции может производиться самыми различными путями и дать здесь общие рекомендации затруднительно. В каждом отдельном случае эти пути должны определяться на основании анализа.

Предлагаемые решения по модернизации существующей конструкции должны быть обоснованы как в технико-экономическом, так и в эксплуатационном отношении. Не следует принимать решений относительно механизации каких-либо манипуляций, связанных с управлением приспособления, не выявив относительной трудоемкости их во времени. Так, например, иногда предлагают механизировать зажимные устройства установкой вместо ручного привода гидравлических, пневматических и т. п. механизмов. Однако при детальном рассмотрении всего процесса, связанного с обслуживанием рабочего места, и, в частности, приспособления, оказывается, что самым тру-

доемким элементом этого процесса является установка и снятие обрабатываемой заготовки, а зажимное устройство, хотя и управляемое вручную, не требует приложения значительных усилий, и время, затрачиваемое на закрепление и раскрепление заготовки, относительно мало. Значит, изучая существующую конструкцию, при нормировании времени обслуживания нужно выделить элементы, на которые тратится значительное время. В дальнейшем необходимо попытаться модернизировать приспособление с целью сокращения потерь времени именно по этим элементам.

Если усилие, прилагаемое рабочим для совершения тех или иных манипуляций, больше допустимого по существующим нормативам, то оправдываются любые решения по механизации, даже если в некоторых случаях они не будут экономически обоснованы. Еще в большей мере следует обращать внимание на вопросы техники безопасности, связанные с эксплуатацией приспособлений.

Однако следует иметь в виду, что перечерчивание заводских конструкций приспособлений без внесения в них целесообразных изменений не допускается. В этом случае для курсового проекта следует выбрать другую существующую конструкцию или спроектировать новое, целесообразное для данного процесса приспособление.

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРАБОТАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В конце расчетно-пояснительной записки должны быть помещены расчет и сводная таблица технико-экономических показателей разработанного проекта. Этот раздел оформляется в виде формуляра, образец которого приводится в приложении XIV. В формуляре указываются источники или расчетные формулы по всем показателям. Здесь же необходимо дать пояснения по тем показателям, которые должны быть рассчитаны перед составлением сводной таблицы.

Технологическая себестоимость детали для спроектированного технологического процесса определяется как сумма затрат на заготовку и на выполнение всех операций механической обработки:

$$C_T = S_{\text{заг}} + \sum_1^n C_{\text{оп}} \quad (108)$$

Стоимость заготовки определена в разделе «Выбор заготовки», при этом расчет может быть оформлен, как указывалось выше, или самостоятельно, или в совокупности с выбором варианта технологического процесса (см. расчетный формуляр «Сопоставление и выбор варианта технологического процесса при различных способах получения заготовки»). Дополнительных расчетов в данном разделе по стоимости заготовки не требуется.

Стоимость операций механической обработки определяется в соответствии с методическими положениями, изложенными в разделе «Выбор варианта технологического маршрута и его технико-экономическое обоснование» с той лишь разницей, что при расчете стоимости обработки по каждой операции в расчет принимается не приближен-

ное значение нормы времени  $T_{шт}$  по операциям, как это допускалось в предварительном расчете, а величина  $T_{шт}$ , полученная на основании расчетов элементов режима резания и нормирования каждой операции (табл. 59). Кроме того, расчет стоимости операций механической обработки производится в данном случае по всем операциям. Результаты расчетов сводятся в таблицу.

Для расчета заработной платы по операциям спроектированного технологического процесса, а также для определения численности рабочих-станочников на участке в условиях поточно-массового производства требуются данные о норме обслуживания станков (коэффициент многостаночности  $M$ ).

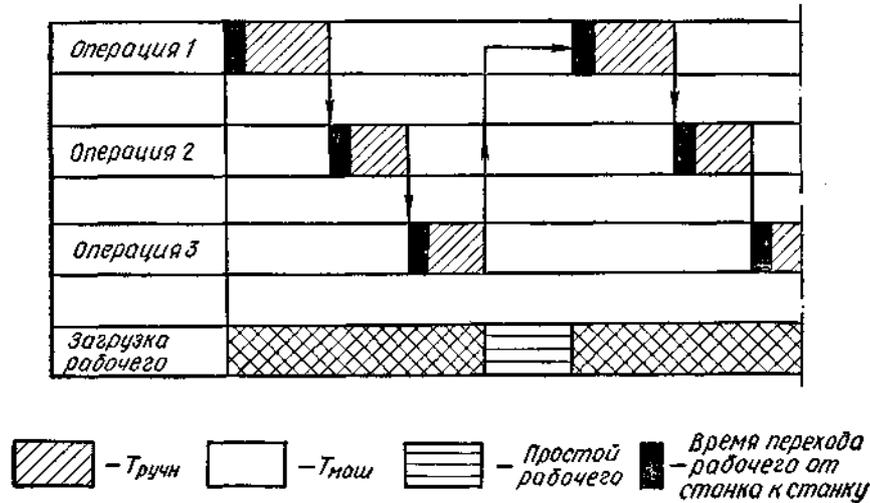


Рис. 35. Пример построения циклограммы для многостаночного обслуживания

При расчете числа рабочих-станочников и заработной платы в условиях работы на универсальном оборудовании, требующем постоянного присутствия рабочего, следует принимать  $M = 1$ . В этом случае число рабочих-станочников для выполнения заданной программы может быть определено по общему нормативному времени:

$$P = \frac{\sum T_{шт} N}{F_{д.р} M 60}, \quad (109)$$

где  $\sum T_{шт}$  — суммарное штучное время по операциям процесса, мин;  
 $N$  — годовая программа, шт.;

$F_{д.р}$  — действительный годовой фонд времени рабочего.

При работе на станках полуавтоматах и автоматах численность рабочих-станочников устанавливают исходя из количества рабочих мест, определенных с учетом многостаночного обслуживания оборудования.

При выполнении курсового проекта коэффициент многостаночности для станка находят построением циклограммы обслуживания станков, на основании которой можно наглядно установить возможность обслуживания рабочим-станочником нескольких станков, т. е. многостаночного обслуживания.

Методика построения циклограмм достаточно подробно излагается в литературе [38], поэтому останавливаться на этом вопросе здесь нет необходимости. Пример циклограммы приведен на рис. 35. Построение циклограммы следует начинать с наиболее трудоемких операций. При этом в циклограмме рассматривают только операции, которые по расположению оборудования в потоке могут выполняться одним рабочим, например соседние в поточной линии станки или группа станков одной модели.

Многостаночное обслуживание возможно при условии

$$T_{ручн} \leq T_{маш}, \quad (110)$$

где  $T_{маш}$  — время работы станка, не требующее присутствия рабочего; для курсового проектирования это время можно принять равным основному времени ( $T_0$ ) на операции;

$T_{ручн}$  — время обслуживания станка, наблюдения за его работой, время перехода от станка к станку, время на отдых и личные надобности (при отсутствии регламентированных перерывов); при курсовом проектировании с достаточной точностью его можно принять равным разности  $T_{ручн} \approx T_{шт} - T_0$ .

Если на основании построенной циклограммы окажется возможным обслуживание одним рабочим нескольких станков, тогда число рабочих-станочников для рассматриваемой группы оборудования будет меньше числа единиц установленного оборудования и

$$M = \frac{m}{p}, \quad (111)$$

где  $m$  — число единиц оборудования;

$p$  — численность рабочих-станочников на участке.

Полученное значение коэффициента многостаночности подставляется в формулу для расчета фонда заработной платы операторов и наладчиков.

Число наладчиков на проектируемом участке может быть принято из условия, что один наладчик обслуживает 8—10 станков в смену.

### ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту оформляется в соответствии с общими требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.105—68. Текстовую часть записки пишут чернилами на бланках формата И1 с рамками и основной надписью по ГОСТ 2.106—68 (формы 5 и 5а).

Общее содержание расчетно-пояснительной записки должно соответствовать формулировке «расчетно-пояснительная», т. е. она дол-

жна состоять из расчетов, выполненных по проекту, с необходимыми обоснованиями и пояснениями по принятым решениям.

Как уже говорилось выше, расчеты в проекте целесообразно оформить на расчетных листах — формулярах. Такое выполнение расчетов позволяет выдержать наиболее целесообразную последовательность проекта, сократить время, необходимое для его выполнения, свести расчет в систему, позволяющую осуществить простую и быструю проверку его правильности. Кроме того, оформление расчетов в виде формуляров исключает излишний описательный текст, способствуя, таким образом, краткости расчетно-пояснительной записки вообще.

Пояснительный и описательный материал записки может касаться таких вопросов, как обоснование выбора метода получения заготовки, выбора варианта технологического процесса, анализ технологичности конструкции обрабатываемой детали и некоторых других. Однако во всех случаях необходимо сделать выводы на основании сопоставления количественных показателей, т. е. свести рассуждения к расчетам, считая расчет главным элементом любого вопроса, поэтому пояснения к расчету должны быть по возможности краткими.

Иллюстрировать изложенный материал при необходимости можно фотографиями, графиками, схемами, поясняющими и облегчающими восприятие текста. Поэтому в настоящем пособии значительное место отводится построению таблиц и графиков, иллюстрирующих сущность тех или иных вопросов и способствующих предельно кратко их изложению в расчетно-пояснительной записке.

Не допускается переписка из учебников общих определений и формулировок, например: что такое операция, переход, припуск и т. п.

Таким образом, записка отражает сущность проделанной работы, дает обоснования принятым решениям, содержит необходимые расчеты, результаты которых сводятся в таблицы или графики.

Расчетно-пояснительная записка начинается титульным листом, выполненным как одно целое с обложкой на чертежной бумаге по форме, приведенной в приложении XIV (повторение титульного листа не допускается). Надписи на титульном листе выполняются тужею чертежным шрифтом.

Вслед за заглавным листом помещается ведомость курсового проекта, в которой перечисляются все документы, входящие в разработанный проект. Ведомость выполняется по форме 4 (ГОСТ 2.106—68). Пример заполнения ведомости курсового проекта приведен в приложении XIV.

Далее, в записке помещается задание на курсовое проектирование, выданное студенту. Бланк задания — обязательный документ, на основании которого можно судить о правильности и полноте разработки вопросов, выполненных проектантом.

Затем идет оглавление. В оглавлении и в самой записке должны содержаться следующие разделы.

1. В в е д е н и е (1—2 страницы). В нем нужно описать: а) значение машины, в которую входит обрабатываемая деталь, для народного хозяйства СССР; б) перспективы развития данной отрасли маши-

ностроения; в) особенности задачи, поставленной перед студентом при выполнении курсового проекта, если они имели место.

В этом разделе также следует по возможности прибегнуть к графической иллюстрации таких, например, вопросов, как рост показателей развития отрасли промышленности за какой-то промежуток времени.

2. Назначение и конструкция детали (1,5—2 страницы). Сущность и объем вопросов, которые должны быть описаны в этом разделе, изложены выше.

3. Анализ конструкции обрабатываемой детали (1—2 страницы). Этот вопрос также достаточно подробно изложен в настоящем пособии.

4. Определение типа производства (1—2 страницы). Этот раздел должен быть выполнен в соответствии с вышеизложенными рекомендациями. Для серийного производства рассчитывается, кроме того, размер партии.

5. Выбор заготовки (1—2 страницы). Раздел может быть выполнен отдельно от выбора варианта технологического маршрута либо как часть следующего раздела пояснительной записки. Последнее целесообразно в том случае, если эффективность технологического процесса не может быть определена без учета метода получения заготовки, т. е. припуски на обработку при различных методах получения заготовки оказывают существенное влияние на выбор варианта технологического маршрута.

6. Анализ существующего технологического процесса (1—2 страницы). Этот раздел, хотя и выделяется в самостоятельный, но может быть связан как с предыдущим, так и с последующим. Иногда дается сравнение разрабатываемого варианта технологического процесса с существующим.

7. Выбор варианта технологического маршрута и предварительный технико-экономический расчет (2—3 страницы). Роль этого раздела исключительно велика, так как здесь дается технико-экономическое обоснование выбранного варианта технологического маршрута. Следует также отметить, что для наглядного сравнения сопоставимых вариантов целесообразнее всего производить это сравнение в форме таблиц или графиков. В этом же разделе необходимо обосновать технологический процесс, т. е. высказать те соображения, которые не содержатся в технологических картах.

Для каждой операции технологического процесса следует дать обоснование выбора баз, оборудования, последовательности выполнения операций, примененного инструмента и оснастки.

8. Расчет припусков (2—3 страницы). Расчет припусков производится по приведенной выше методике с обязательным графическим изображением полей общих и межоперационных припусков и допусков. Для припусков, выбранных по таблицам, следует указать их величины, поверхности, для которых они выбраны, и источники.

9. Режимы резания (3—4 страницы). Раздел излагается

в соответствии с рекомендованными выше методиками с обязательным оформлением результатов расчетов в виде сводной таблицы.

В этом же разделе под соответствующим параграфом необходимо вычислить и свести в таблицы коэффициенты загрузки оборудования, коэффициенты использования оборудования по основному времени, коэффициенты использования оборудования по мощности и значение выбранных периодов стойкости режущего инструмента. Эти данные используются затем для построения соответствующих графиков.

Графики можно привести в этом же разделе расчетно-пояснительной записки.

10. Нормирование технологического процесса (1—2 страницы). Здесь приводятся только пояснения и обоснования с указанием источников для выбора составляющих норм штучного времени для операций технологического процесса. Все данные по нормированию записываются в технологические операционные карты, а также сводятся в таблицу.

11. Приспособление и режущий инструмент (2—3 страницы). По возможности следует применять универсальные и быстросействующие приспособления. В случае применения специальных приспособлений в этом разделе приводится обоснование выбора данной конструкции. Кроме того, здесь приводятся прочностные и точностные расчеты элементов, приспособления и краткое описание его работы. Для пояснения расчетов усилий зажима и точности работы приспособления целесообразно в этом разделе привести схематическое изображение рассчитываемых элементов и конструкций, например схемы передачи усилия от пневматического цилиндра до элементов, осуществляющих зажим детали, и т. п. Необходимо указать источники, из которых взяты формулы и цифровые данные. По окончании расчетов обязательно сделать выводы. Например, производя расчеты погрешностей, необходимо указать на годность или негодность приспособления и на изменения в конструкции и посадках для обеспечения требуемой точности.

Расчеты режущего инструмента производятся в тех случаях, когда по условиям проектирования невозможно использовать стандартизованные или нормализованные инструменты и должен быть применен специальный инструмент.

12. Определение потребного количества оборудования и построение графиков (2—3 страницы). Данные для определения потребного количества станков рассчитываются при нормировании технологического процесса и расчете режимов резания. В этом разделе целесообразно свести в форму таблиц все сведения, необходимые для построения графиков загрузки оборудования, использования оборудования по основному времени, использования оборудования по мощности и периодов стойкости инструмента. Графики, как уже говорилось выше, можно строить как на отдельном чертеже формата 24, так и в тексте расчетно-пояснительной записки.

13. Технико-экономический расчет (3—4 страницы). В этом разделе в сжатой форме со ссылками на источники при-

водятся расчеты затрат всех статей себестоимости изготовления детали по курсовому проектированию при заданной годовой программе. Методика приведена в разделе «Определение затрат по статьям себестоимости».

Основные технико-экономические показатели технологического процесса в сравнении с существующим на производстве или другим его вариантом в конце этого раздела сводятся в таблицу, форма которой прилагается. В таблице указаны также источники или расчетные формулы.

14. Список использованной литературы. Список составляется в той последовательности, которая определяется ходом курсового проекта. Вслед за порядковым номером литературного источника указывается автор, затем его инициалы, наименование источника, том, город, в котором издана книга, издательство и год издания.

Например: 6. Чарко Д. В. Основы выбора технологического процесса механической обработки. М., Машгиз, 1963.

Указание городов Москва и Ленинград дается сокращенно, начальными буквами (М. и Л.), остальные города указываются полным наименованием.

В тексте расчетно-пояснительной записки ссылки на литературные источники следует делать в виде квадратных скобок с цифрой внутри, соответствующей номеру этого источника в списке литературы.

Целесообразно раньше составлять список литературы, а затем приступать к окончательному оформлению расчетно-пояснительной записки. В списке литературы должны быть обязательно указаны те источники, которые послужили основанием для высказывания предложений по применению новых методов обработки, способов получения заготовок, прогрессивным режимам резания, новым маркам режущих инструментов и т. п.

Все листы расчетно-пояснительной записки необходимо пронумеровать в специально отведенных для этого графах, в оглавлении должны быть проставлены страницы всех разделов.

Пример построения оглавления и ряда формуляров расчетно-пояснительной записки приведен в приложении XIV.

Приложения

I. ПРИБЛИЖЕННЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ НОРМ ВРЕМЕНИ ПО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ [11]

Основное технологическое время  $T_0$ , мин

Черновая обточка за один проход	$0,00017dl$
Чистовая обточка по 4-му классу точности	$0,00010dl$
Чистовая обточка по 3-му классу точности	$0,00017dl$
Черновая подрезка торца $\nabla 4$	$0,000037(D^2 - d^2)$
Чистовая подрезка торца $\nabla 6$	$0,000052(D^2 - d^2)$
Отрезание	$0,00019D^2$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$0,00063(D^2 - d^2)$
Шлифование грубое по 4-му классу точности	$0,00007dl$
Шлифование чистовое по 3-му классу точности	$0,00010dl$
Шлифование чистовое по 2-му классу точности	$0,00015dl$
Растачивание отверстий на токарном станке	$0,00018dl$
Сверление отверстий	$0,00052dl$
Расверливание $d = 20 \div 60$	$0,00031dl$
Зенкерование	$0,00021dl$
Развертывание черновое	$0,00043dl$
Развертывание чистовое	$0,00086dl$
Внутреннее шлифование отверстий 3-го класса точности	$0,0015dl$
Внутреннее шлифование отверстий 2-го класса точности	$0,0018dl$
Черновое растачивание отверстий за один проход $\nabla 3$	$0,0002dl$
Черновое растачивание под развертку	$0,0003dl$
Развертывание плавающей разверткой по 3-му классу точности	$0,00027dl$
Развертывание плавающей разверткой по 2-му классу точности	$0,00052dl$
Здесь $d$ — диаметр, $l$ — длина обрабатываемой поверхности, $D$ — диаметр обрабатываемого торца, $D - d$ — разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца.	
Протягивание отверстий и шпоночных канавок, где $l$ — длина протяжки, мм.	$T_0 = 0,0004l$
Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$T_0 = 0,000065Bl$
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	$T_0 = 0,000034Bl$
Фрезерование черновое торцевой фрезой: за проход	$T_0 = 0,006l$
чистовое	$T_0 = 0,004l$
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$T_0 = 0,007l$
Шлифование плоскостей торцом круга	$T_0 = 0,0025l$
Здесь $B$ — ширина обрабатываемой поверхности, мм; $l$ — длина обрабатываемой поверхности, мм.	
Фрезерование зубьев червячной фрезой ( $D = 80 \div 300$ )	$T_0 = 0,0022Db$
Обработка зубьев червячных колес ( $D = 100 \div 400$ )	$T_0 = 0,0603D$
Здесь $D$ — диаметр зубчатого колеса, мм; $b$ — длина зуба, мм.	
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$T_0 = 0,0090/z$
Шлицешлифование	$T_0 = 0,0046/z$
Здесь $l$ — длина шлицевого валика, мм; $z$ — число шлицев.	

Нарезание резьбы на валу ( $d = 32 \div 120$ )  $T_0 = 0,019dl$ .  
Нарезание метчиком отверстий ( $d = 10 \div 24$ )  $T_0 = 0,0001dl$   
Здесь  $d$  — диаметр резьбы, мм;  
 $l$  — длина резьбы, мм;  
Штучно-калькуляционное время

$$T_{шк} = \varphi_K T_0$$

Величина коэффициента  $\varphi_K$

Виды станков	Производство	
	единичное и мелкосерийное	крупносерийное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,93	1,35
Токарно-многолезцовые	—	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	—
Круглошлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	—
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

II. СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ  $k_M$  и  $\alpha$  ПО ГРУППАМ ОБОРУДОВАНИЯ [39]

Наименование группы оборудования	Характеристика станка	$k_M$	$\alpha$
		3	4

Высота центров, мм:

Токарно-винторезные	$\leq 200$	0,9	0,23
	200—300	1,3	0,26
	300—400	1,6	0,30
	400—500	3,0	0,47
	500—600	3,5	0,47

Диаметр планшайбы, мм:

Токарно-карусельные	$\leq 1120$	2,7	0,40
	1120—1400	3,6	0,41
	1400—2000	4,9	0,57
	2000—2500	6,4	0,65
	2800—4000	13,4	0,47

Высота центров, мм

Токарные многолезцовые полуавтоматы	$\leq 150$	1,4	0,37
	150—200	1,8	0,39
	200—250	2,8	0,44

Продолжение прилож. II

1	2	3	4
<i>Диаметр обрабатываемых изделий, мм</i>			
Токарно-револьверные	18—36	0,9	0,32
	36—65	1,3	0,34
	≥65	1,5	0,35
	в патроне 500	0,9	0,46
<i>Наибольший диаметр сверла, мм:</i>			
Вертикально-сверлильные	≤12	0,5	0,19
	12—35	0,7	0,22
	35—70	1,2	0,30
	≥70	0,7	0,36
<i>Наибольший диаметр сверла, мм:</i>			
Радиально-сверлильные	≤35	1,4	0,29
	35—75	1,6	0,34
	75—100	2,2	0,42
	≥100	3,3	0,47
<i>Диаметр выдвижного шпинделя, мм:</i>			
Горизонтально-расточные	≤80	1,7	0,42
	80—110	3,1	0,56
	110—150	4,4	0,65
	150—175	8,5	0,70
	175—200	13,6	0,72
<i>Высота центров</i>			
Круглошлифовальные	≤100	2,5	0,25
	100—200	1,8	0,36
	200—275	2,4	0,37
	275—370	3,2	0,48
	≥370	6,5	0,50
<i>Размеры горизонтального стола, мм:</i>			
Плоскошлифовальные	≤1000×300	1,4	0,24
	1000×300—2000×400	1,6	0,25
	2000×400—2000×800	3,4	0,40
<i>Диаметр изделия, мм:</i>			
Зубофрезерные	750—1250	2,4	0,26
<i>Диаметр изделия, мм:</i>			
Зубодолбежные	≤500	1,7	0,25
	500—1250	2,7	0,40

Продолжение прилож. II

1	2	3	4
<i>Диаметр изделия, мм:</i>			
Зубошлифовальные	≤320	2,6	0,60
	700—800	3,6	0,66
	≥800	7,8	0,77
<i>Поверхность стола, мм:</i>			
Горизонтально-фрезерные	≤1000×250	1,1	0,26
	1000×250—1600×400	1,5	0,29
<i>Поверхность стола, мм:</i>			
Вертикально-фрезерные	≤1000×250	1,1	0,23
	1000×250—1250×300	1,5	0,28
	1250×300—1600×400	1,8	0,31
	1600×400—2000×800	1,9	0,31
	≥2000×800	5,5	0,57
<i>Поверхность стола, мм:</i>			
Универсально-фрезерные	≤1000×250	1,1	0,29
	1000×250—1200×300	1,2	0,30
	1250×300—1600×400	1,5	0,30
<i>Поверхность стола, мм:</i>			
Продольно-строгальные	(3000×900)—(4000×1250)	5,0	0,44
	4000×1250—6000×2500	6,3	0,47
	≥8000×2400	9,0	0,65
<i>Наибольший ход ползуна, мм:</i>			
Поперечно-строгальные	≤700	1,1	0,33
	700—900	1,3	0,34
<i>Ход долбяка, мм:</i>			
Долбежные	≤200	1,1	0,37
	200—320	1,4	0,44
<i>Максимальное усилие, Т:</i>			
Горизонтально-протяжные	≤20	3,0	0,20
	20—40	3,6	0,24
<i>Масса падающих частей, кг</i>			
Молоты пневматические ковочные	≤150	1,5	0,39
	150—400	2,7	0,34
	750—1000	6,0	0,32
	≥1500	21,7	0,21

Продолжение прилож. II

1	2	3	4
<i>Максимальное усилие, Т:</i>			
Прессы механические	≤ 25	0,5	0,51
	25—50	0,7	0,53
	50—100	1,0	0,53
	100—160	2,5	0,53
	160—250	3,5	0,56
	400—630	4,2	0,54
	2000—2500	17,7	0,70
<i>Максимальное усилие, Т:</i>			
Горизонтально-поворотные машины	≤ 100	2,1	0,4
	100—250	4,4	0,51
	250—630	6,3	0,70
	630—800	9,6	0,76
<i>Толщина разрезаемого листа, мм:</i>			
Гильотинные ножницы	≤ 3	0,6	0,52
	» 6,3	1,1	0,54
	» 10	2,2	0,61
	» 16	2,9	0,63

**III. ТАБЛИЦЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ**

**III. 1. Средняя точность и чистота обработки наружных поверхностей тел вращения**

Способ обработки	Класс точности	Класс чистоты
Обтачивание однократное . . . . .	5	4
Обтачивание предварительное . . . . .	4—3а	5
Обтачивание чистовое . . . . .		
Обтачивание однократное . . . . .	3а—3	6—7
Шлифование однократное . . . . .		
Обтачивание предварительное . . . . .	3—2	7
Обтачивание чистовое . . . . .		
Шлифование однократное . . . . .		
Обтачивание предварительное . . . . .	2а—2	8
Обтачивание чистовое . . . . .		
Обтачивание тонкое . . . . .		
Обтачивание однократное . . . . .	2а—2	8
Шлифование предварительное . . . . .		
Шлифование чистовое . . . . .		
Обтачивание предварительное . . . . .	2	8
Обтачивание чистовое . . . . .		
Шлифование предварительное . . . . .		
Шлифование чистовое . . . . .		

Продолжение табл. III. 1

Способ обработки	Класс точности	Класс чистоты
Обтачивание предварительное . . . . .		
Обтачивание чистовое . . . . .	2—1	9
Шлифование предварительное . . . . .		
Шлифование тонкое . . . . .		
Обтачивание предварительное . . . . .		
Обтачивание чистовое . . . . .	1	9—10
Шлифование предварительное . . . . .		
Шлифование чистовое . . . . .		
Шлифование тонкое . . . . .		

**III. 2. Средняя точность и чистота обработки цилиндрических отверстий**

Способы обработки	Класс точности	Класс чистоты
<i>В сплошном металле</i>		
Сверление . . . . .	5	2—4
Сверление и зенкерование . . . . .	4	4—5
Сверление и развертывание . . . . .	3	5—6
Сверление и протягивание . . . . .	3	5—8
Сверление, зенкерование и развертывание . . . . .	3	6—7
Сверление и двукратное развертывание . . . . .	2а—2	6—8
Сверление, зенкерование и двукратное развертывание . . . . .	2а—2	7—8
Сверление, зенкерование и шлифование . . . . .	2а—2	7—8
Сверление, протягивание и калибрование . . . . .	2а—2	7—8

*В заготовках с отверстием*

Зенкерование или растачивание . . . . .	5	4—5
Рассверливание . . . . .	5	2—4
Двукратное зенкерование или двукратное растачивание . . . . .	4	3—4
Зенкерование или растачивание и развертывание . . . . .	3	5—6
Зенкерование и растачивание . . . . .	3	4—5
Двукратное зенкерование и развертывание или двукратное растачивание и развертывание . . . . .	3	6—7
Зенкерование или растачивание и двукратное развертывание . . . . .	2а—2	7—8
Зенкерование или двукратное растачивание и двукратное развертывание или тонкое растачивание . . . . .	2а—2	7—9
Зенкерование или двукратное растачивание и хонингование . . . . .	2а—2	9—11
Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание и хонингование . . . . .	2а—2	10—12
Прогрессивное протягивание и шлифование . . . . .	2а—2	7—9

### III. 3. Средняя точность обработки плоских поверхностей

Способы обработки	Класс точности	Класс чистоты
Строгание и фрезерование цилиндрическими и торцевыми фрезами:		
черновое	7-4	3-6
получистовое и однократное	5-4	5-6
чистовое	3а	6-7
тонкое	3-2	6-9
Протягивание:		
черновое литых и штампованных поверхностей	4-3а	5-7
чистовое	3-2	6-8
Шлифование		
однократное	3-2а	6-9
предварительное	3	6-8
чистовое	2а	8-10
тонкое	2	9-11

Примечания: 1. Данные относятся к обработке жестких деталей с габаритными размерами не более 1 м при базировании по чисто обработанной поверхности и использовании ее в качестве измерительной базы.

2. Точность обработки торцевыми фрезами при сопоставимых условиях выше, чем цилиндрическими, примерно на один класс.

3. Тонкое фрезерование производят только торцевыми фрезами.

### III. 4. Средняя точность и чистота обработки резьбовых поверхностей

Способы обработки	Класс точности	Класс чистоты
Круглыми плашками	3	4-3
Метчиками	2	5-4
Фрезерование:		
дисковыми фрезами	2	6-4
гребенчатыми фрезами	2	5-4
Точение:		
резцами	1	7-5
гребенками	2	7-4
Вращающимися резцами (вихревой метод)	2	6-5
Самораскрывающимися головками	1	6-4
Накатывание:		
плоскими плашками	2	7-8
резьбонакатными роликами	2-1	7-9

### III. 5. Средняя точность обработки зубчатых колес

Способы обработки	Степень точности	Класс чистоты
Фрезерование		
предварительное	9-10	5-3
чистовое дисковой фрезой	8-9	6-4
чистовое червячной фрезой	7-8	6-4
Доблание чистовое	6-8	7-5
Протягивание	6-7	7-5
Строгание чистовое	5-7	7-5
Шевингование	6-7	8-6
Шлифование	4-5	9-7

## IV. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ АВТОМАТЫ, ПОЛУАВТОМАТЫ И ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЕ СТАНКИ

### IV. 1. Одношпиндельные токарно-револьверные автоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка					
	1Д112	1Д118	1Б124	1Б136	1Б140	6
Цена, руб.	2680	2680	3940	3940	3940	7000
Наибольший обрабатываемый диаметр прутка, мм	12	18	24	36	40	40
Наибольшая длина подачи прутка, мм	60	60	90	90	100	100
Наибольший диаметр нарезаемой резьбы по стали, мм	10	12	18	22	27	27
Число ступеней чисел оборотов	11	11	13	13	13	13
Пределы чисел оборотов в минуту:						
правое	160-1600	125-1250	80-1250	63-1000	63-1000	63-1000
левое	500-5000	400-4000	200-3150	160-2500	160-2500	160-2500
Количество отверстий в головке под инструмент	32	32	40	40	40	45
Наибольший поперечный ход суппортов, мм:						
переднего и заднего	26	26	30	30	30	45
вертикального	2,2	3	4	4	4	5,5 или 7,5
Мощность электродвигателя, кВт	1630×740	1540×625	2000×800	2000×800	2000×800	1400×800
Габариты станка, мм	23	23	27	26	26	32
Категория ремонтной сложности						

Примечание. Категория ремонтной сложности станка по всем таблицам дана суммарная:

$$R = R_M + R_S + R_T$$

где  $R_M$  — категория ремонтной сложности механической части;

$R_S$  — категория ремонтной сложности электрической части;

$R_T$  — категория ремонтной сложности гидравлической части.

## IV. 2. Токарные многошпиндельные горизонтальные автоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка						
	1A225-6	1240-0	1A240-4	1A240-6	1A240-8	1265M-6	1A290-6
1	2	3	4	5	6	7	8
Цена, руб.	13950	7227	10000	10150	13920	16580	23880
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	25	40	50	40	32	65	100
Наибольшая длина подачи прутка, мм	150	300	180	190	200	200	До 250
Наибольший диаметр нарезаемой резьбы по стали, мм	18	—	30	27	32	36	36
Количество шпинделей	6	4	4	6	8	6	6
Диаметр отверстия шпинделя, мм	46	64	64	64	64	90,8	130
Пределы чисел оборотов шпинделей в минуту	180—2560	168—1483	125—1250	142—1600	177—1730	73—1590	70,5—567
Количество ступеней чисел оборотов шпинделя	24	20	21	22	21	28	19
Наибольший ход продольного суппорта, мм	215	—	180	80	160	180	210
Выполняемая работа на позициях:							
нарезание резьбы	3, 4, 5, 6	—	3, 4	5, 6	3, 4, 5, 6, 7, 8	3, 4, 5, 6	3, 4, 5, 6
быстрое сверление	На всех	—	2, 3, 4	На всех	3, 4, 5, 6, 7, 8	2, 3, 4, 5, 6	2, 3, 4, 5, 6
подача материала	3, 4	На всех	4	6	—	6	6
отрезка	3, 4	»	4	6	—	6	6
Число поперечных суппортов	6	2	4	6	6	6	6
Наибольший ход поперечных суппортов, мм	24	25	40—65	22	30—65	70—90	125
Мощность электродвигателя, кВт	13	10	13	22	13	30	30 или 40
Габариты станка, мм	5705×1320	6000×1350	5685×1580	5685×1580	5880×1790	5570×1520	8700×2000
Категория ремонтной сложности	31	34	64	69	76	42	42

Примечание. Станок модели 1240—0 является отрезным автоматом.

## IV.3. Токарные многорезцовые горизонтальные патронные полуавтоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка								
	1A240П-4	1A240П-6	1A240П-8	1A265ПМ-4	1A265ПМ-6	1A265ПМ-8	1A290П-4	1A290П-6	1A290П-8
Цена, руб.	9230	9900	13150	14825	16500	17630	18320	22770	25100
Наибольший диаметр обработки, мм:									
под продольным суппортом	130	130	125	160	160	130	250	250	160
под поперечным суппортом	150	150	—	—	—	—	—	—	—
Наибольшая длина обработки, мм	160	160	160	190	190	175	200	200	200
Наибольшая длина нарезаемой резьбы, мм	20	20	30	35	35	30	60	60	36
Количество суппортов:									
продольных	1	1	1	1	1	1	1	1	1
поперечных	4	5	6	4	5	6	4	5	5
Общий ход продольного суппорта, мм	180	180	180	200	200	200	275	275	275
Наибольший ход поперечных суппортов, мм	95, 70, 40	95, 70	95, 70	80, 90	80, 90	80, 90	123, 125	100, 123, 125	100, 123, 125
Позиция зажатия заготовки	4	6	8	4	5, 6	7, 8	4	6	8
Позиция для нарезания резьбы, быстрого сверления и развертывания	3, 4	3, 4, 5	3, 4, 5, 6, 7	3, 4	При двойной индексации 3, 4, 5	3, 4, 5, 6, 7	3, 4	3, 4, 5, 6	4, 5, 6, 7
Количество скоростей рабочих шпинделей	25	24	24	23	24	21	23	24	23
Число оборотов рабочих шпинделей в минуту	63—1048	80—1140	101—1440	61—755	78—805	97—714	42—533	42—610	48—621
Длительность цикла обработки, мин	0,16—10,3	0,16—8,5	0,13—6,8	0,25—10,6	0,25—10	0,20—6,5	0,3—28,9	0,3—28,9	0,3—28,8
Время холостого хода распределительного вала, сек	3, 4	3	3, 4	5, 15	3, 5	3, 5	4, 4	4, 4	4, 4
Мощность электродвигателя, кВт:									
привода главного движения	13	17	17	30	30	30	30	30	30
общая мощность	19,2	23, 2	23, 2	36, 9	36, 9	36, 9	37, 7	37, 7	37, 7
Габариты полуавтомата, мм:									
длина	4330	4330	4330	3885	3885	3885	5385	5385	5385
ширина	1600	1600	1600	1940	1940	1940	2260	2260	2260
Категория ремонтной сложности	68	75	82	42	45	48	54	58	61



IV. 4. Токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	1К282	1283Е	1284	1295 непрерывного действия
Цена, руб . . . . .	14344	10984	13730	37340
Диаметр обработки, мм . .	250	400	400	640
Длина цилиндрической обработки . . . . .	200	350	200	350
Расстояние от торца шпинделя до суппорта, мм . .	214—564	214—564	194—544	520
Количество шпинделей . . .	8	6	6	6
Количество суппортов . . . .	7	5	5	5
Наименьшее и наибольшее перемещение вертикального суппорта с горизонтальной подачей, мм . . .	100—200	100—350	100—200	
Наименьшее и наибольшее перемещение горизонтального суппорта (простого и универсального), мм . .	0—100	0—130	0—100	Наибольший ход суппортов 415 (простого)
Число скоростей шпинделя .	28	28	23	24
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту . . . .	66—980	43—635	21—184	19—269
Количество подач . . . . .	37	37	17	
Вертикальная и горизонтальная подача суппортов шпинделя, мм/об . . . . .	0,064—4,05	0,064—4,05	0,168—7,3	1
Скорость м/мин:				
быстрого подвода суппорта	3,0	2,89	2,89	1
быстрого отвода суппорта .	8,0	8,41	1	1
Мощность электродвигателей, кет:				
главного движения . . . .	20—55	До 75	22	До 55
насоса для смазки . . . . .	1,1	0,6	1,1	1,5
насоса для охлаждения . .	0,6	1,1	1,1	2,2
Габариты станка, мм . . . . .	3070×2945	3420×3150	3150×2985	3470×3080
Категория ремонтной сложности . . . . .	61	49	49	54

IV.5. Токарно-револьверные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка						
	1Г318	1Г325	1Г325	1Г325	1Г365	1Г371	7
Цена, руб.	3250	3350	3020	3160	3800	7360	
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	18	25	25	40	80	125	
Наибольший диаметр заготовки, мм над станиной	250	320	320	400	500	630	
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм над суппортом	130	100	—	—	320	420	
Пределы расстояния от шпинделя до револьверной головки, мм	85—250	107—400	140	150	275—1000	320—1400	
Пределы чисел оборотов в минуту	125—4000	80—3150	80—3150	60—475	34—1500	20—893	
Количество ступеней чисел оборотов	16	17	17	100—800	12	12	
Пределы, или число подач револьверного суппорта, мм/об	0,05; 0,12; 0,30	0,05; 0,12; 0,30	0,05; 0,12; 0,30	150—1180	0,09—2,7	0,09—2,7	
Количество ступеней подач револьверного суппорта				265—2000	6	18	
Пределы, или число поперечных подач, мм/об	0,05; 0,12; 0,30	0,05; 0,12; 0,30	0,05; 0,12; 0,30	0,03—0,48	0,045—1,35	0,045—1,35	
Количество ступеней поперечных подач, мм/об				5	18	18	
Наибольшее продольное перемещение револьверного суппорта, мм	165	293	325	548	725	1080	
Наибольшее перемещение поперечного суппорта, мм:							
продольное	—	—	—	—	725	1080	
поперечное до оси шпинделя	—	—	—	—	265	410	
Мощность электродвигателя, кет	2,2	3	3	4	13	22	
Габариты станка, мм	2990×830	3950×990	3980×1000	3000×1160	3320×1530	4230×1900	
Категория ремонтной сложности	19	28	28	26	32	35	

Примечание. Станки модели 1Г325 и 1341 с горизонтальной осью револьверной головки предназначены для прутковой и патронной работы.

#### IV.6. Токарные револьверные патронные полуавтоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка	
	1416	1425
Цена, руб.	5400	4200
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	160	250
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм	100	175
Число поперечных суппортов	2	2
Расстояние от оси шпинделя до торца поперечных суппортов, мм	120—220	165—305
Расстояние от торца шпинделя до оси поперечных суппортов, мм	169	
Расстояние от торца шпинделя до торца револьверной головки, мм	245—415	365—610
Тип головки (четырёхпозиционной)	Крестообразный	Крестообразный
Наибольшее перемещение револьверной головки, мм	170	245
Регулирование нормальными упорами, мм	100	
Скорость быстрого перемещения, м/мин	2	2
Диаметр отверстия в револьверной головке для крепления резцовых оправок, мм	40	
Ход поперечного суппорта, мм	100	
Величина регулирования упорами, мм	100	
Скорость быстрого перемещения, м/мин	2	2
Количество скоростей шпинделя	16	16
Число оборотов шпинделя в минуту	63—2000	40—1250
Подача суппортов, мм/мин:		
поперечных	25—100	20—230
револьверных	20—100	20—200
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	7,5
Габариты полуавтомата, мм:		
длина	2050	2680
ширина	1550	1900

Примечания: 1. Полуавтоматы предназначены для обработки поковок и отливок в условиях серийного и массового производства. Цикл, за исключением загрузки, полностью автоматизирован.

2. Зажим изделия гидросинхронизирован.

3. В процессе обработки автоматически изменяются число оборотов шпинделя и величина подачи согласно требованиям технологического процесса.

#### IV.7. Токарно-карусельные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	1508	1531M	1541	1525
Цена, руб.	14 500	17 640	18 410	37 000
Наибольший размер обрабатываемой заготовки, мм:				
боковым суппортом	710	1120	1400	2100
верхним суппортом с опущенным боковым суппортом	800	1250	1600	2300
Диаметр планшайбы, мм	710	1120	1400	2250
Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм	800	1000	1000	1600
Количество суппортов	2	2	2	2
Наибольшее вертикальное перемещение суппортов, мм:				
верхнего	630	700	700	Правого 865, левого 950
бокового	760	970	950	1520
Наибольшее горизонтальное перемещение суппортов, мм:				
верхнего	650	852		Правого 1215, левого 1315, 600
бокового	450	600		
Число ступеней подачи верхних и боковых суппортов	12	8	18	12
Наименьшая и наибольшая подача суппортов	0,06—6,3 мм/об	8,15—180 мм/мин	0,04—160 мм/мин	0,2—9,0 мм/об
Число скоростей планшайбы	18	18	18	18
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	10—500	6,3—315	4—200	1,6—80
Мощность электродвигателя, кВт	22	80	30	40
Габариты станка, мм	2270×2210	3000×2440	3440×3050	4345×5450
Категория ремонтной сложности	14	57	49	94

IV.8. Токарно-винторезные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка						
	1601	1A 616	1K62	1K625	1M63	1A64	165
1	2	3	4	5	6	7	8
Цена, руб.	660	1610	2000	2630	3420	7870	8580
Наибольший диаметр обработки над станиной, мм	125	320	400	500	630	800	1000
Расстояние между центрами, мм	180	750	710; 1000; 1400	1000; 1500; 2000	1400; 2800	2800	2800; 5000
Наибольший размер обрабатываемой заготовки над суппортом, мм	60	175	220	260	340	450	600
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	12	34	36	50	65	80	80
Количество ступеней чисел оборотов шпинделя	Бесступенчатый	21	23	23	22	24	24
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	530—5360	13—1800	12,5—2000	12,5—2000	10—1250	7,1—750	5—500
Конус Морзе шпинделя	№ 2	№ 5	№ 5	№ 6	Метрическая № 80	№ 6	№ 6
Наибольшее сечение реза резцедержателя суппорта, мм	8×8	20×20	25×25	30×30	30×40	45×45	45×45
Число ступеней подачи: продольных	Ручная	16	42	42	44	32	32
поперечных	Ручная	16	42	42	44	32	32
Пределы подач на один оборот шпинделя:							
продольных	Ручная	0,065—0,91	0,07—4,16	0,07—4,16	0,064—1,025	0,20—3,05	0,20—3,05
поперечных	Ручная	0,065—0,91	0,035—2,08	0,035—2,08	0,026—0,378	0,07—1,04	0,07—1,04
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	4	10	10	13	22	22
Габариты станка, мм	880×600	2335×852	2785×1165	3205×1216	4660×1690	5780×2000	5780×2000
Категория ремонтной сложности	9	15	19	18	19	30	35

Примечания: 1. Станок модели 1601 — повышенной точности без винторезного валика.  
2. В таблице указаны габариты, категория ремонтной сложности и стоимость станков моделей 1K62, 1M63 и 165 с наименьшим расстоянием между центрами.

IV.9. Токарно-копировальные многолезцовые полуавтоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	1708	1712	1713	1E732
Цена, руб.	4350	4720	5080	11 000
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной	320	410	400	610
над суппортом	200	180	250	320
Наибольшая длина обработки заготовки, мм	500	500	700	1000, 1400, 2000
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	160—1600	162—2040	125—1250	56—990
Число ступеней оборотов шпинделя	11	12	11	26
Количество автоматических переключений чисел оборотов шпинделя в цикле	4			4
Количество проходов копировального суппорта для многопроходного исполнения				До 7
из них по копирам				2
Число ступеней подачи копировального суппорта	8	Бесступенчатое регулирование	13	Бесступенчатое регулирование
Подача суппортов, мм/мин: копировального	0,063—1,6	20—700	0,063—1,6	20—450
подрезного	мм/об 10—630	15—400	мм/об	10—240
Наибольший продольный рабочий ход копировального суппорта	540	500	700	1010; 1410; 2010
Наибольший поперечный рабочий ход суппорта, мм: копировального	80	75		165
подрезного	120	80		155
Мощность электродвигателя, кВт	10	10	22	До 55
Габариты станка, мм: длина	2325	2500	2790	3700; 4100; 4700
ширина	1260	1200	1415	1800
Категория ремонтной сложности	17	19	19	35

IV.10. Токарные многорезцовые полуавтоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	1A720	1A730	1721
Цена, руб.	3710	4470	
Наибольший размер обрабатываемой заготовки, мм:			
над станиной	310	410	490
над суппортом	290	360	200
Расстояние между центрами, мм	0—300	200—500	150—828
Конус отверстия шпинделя	Морзе № 6	Метрический № 80	
Количество ступеней чисел оборотов шпинделя	12	12	14
Пределы чисел оборотов шпинделя	114—1400	50—710	71—1410
Количество передних и задних суппортов	1/1	1/1	1/1
Наибольшее перемещение, мм:			
переднего суппорта продольное	150	250	290
то же поперечное	75	80	85
заднего суппорта продольное	—	—	290
то же поперечное	90	135	85
Пределы продольных подач переднего суппорта, мм/об	0,12—1,38	0,12—1,38	0,12—1,38
Количество ступеней продольных подач переднего суппорта	8	8	8
Пределы поперечных подач заднего суппорта, мм/об	0,017—2,17	0,016—2,37	0,017—2,17
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	7	14	14,28
Габариты станка, мм	2190×1365	2335×1800	2930×1335
Категория ремонтной сложности	14	17	19

СВЕРЛИЛЬНЫЕ И РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

IV.11. Вертикально-сверлильные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка						
	2M112	2M118	2M125	2M135	2M150	2M170	2170
	1	2	3	4	5	6	7
Цена, руб.	200	790	1650	2150	3200	3280	
Наибольший диаметр сверления по стали, мм	12	18	25	35	50	75	
Наибольшее усилие подачи, кг	—	560	900	1600	2500	4000	
Расстояние от шпинделя до плиты, мм	20—400	555—565	630—1060	700—1120	700—1250	800—1300	
Расстояние от центра шпинделя до вертикальных направляющих станины, мм	180	200	250	300	350	400	
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	400	650	700	750	800	850	
Конус Морзе отверстия шпинделя	№ 2B	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	
Количество ступеней оборотов шпинделя	5	9	12	12	12	12	
Пределы чисел оборотов в минуту	450—4500	150—2000	45—20000	31,5—1400	22,4—1000	22—1018	
Наибольшее перемещение шпинделя, мм	100	150	200	250	300	500	
Количество ступеней подачи	—	6	9	9	12	9	
Пределы подач шпинделя, мм/об	Ручная	0,1—0,56	0,1—1,6	0,1—1,6	0,05—2,24	0,15—3,2	
Размеры стола, мм	—	320×360	400×450	450×500	500×560	600×750	
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	1,5	2,2	4	7,5	10	
Габариты станка, мм:							
длина	730	910	1130	1240	1290	1630	
ширина	365	550	805	810	875	1220	
Категория ремонтной сложности	7	11	12	13	16	20	

IV.12. Вертикально-сверлильные станки для специальных наладок с многошпиндельными головками

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	2С135	2С150	2С170
Цена, руб.	1360	2420	3483
Наибольший диаметр сверления по стали, мм	35	50	70
Наибольшее усилие подачи, допускаемое станком, кг	1600	2500	4000
Расстояние от торца бабки до стола, мм	350—1075	350—1075	500—1350
Расстояние от торца бабки до плиты, мм	1225—1625	1225—1625	1175—1675
Наибольшее перемещение шпиндельной бабки, мм	400	400	500
Число скоростей шпинделя	9	16	12
Пределы чисел оборотов приводного вала в минуту	68—1100	90—675	31—385
Число подач	8	8	8
Подачи на один оборот приводного вала, мм	0,1—2,24	0,1—2,24	0,1—2,24
Скорость быстрого перемещения шпиндельной бабки, м/мин	2,7	2,7	3,0
Размеры стола, мм	450×500	500×600	600×750
Мощность электродвигателя, квт	4	7,5	10
Габариты станка, мм	1700×1270	1700×1270	1700×1300
Категория ремонтной сложности	11	14	18

190

IV.13. Многошпиндельные вертикально-сверлильные станки с колокольной головкой

Цена и техническая характеристика	Модель станка	
	2150М	2170М
Цена, руб.	2585	3493
Наибольший диаметр сверления в чугуне НВ 180 каждым шпинделем, мм	18	22
Количество шпинделей (приводов)	24	28
Наибольшее усилие подачи, кг	2500	4000
Наибольшее количество одновременно работающих шпинделей при сверлении в чугуне НВ 180 с наибольшим диаметром сверл, мм	8	8
Расстояние от оси приводного вала до направляющих станины, мм	350	400
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	150—780	670—1170
Конус Морзе для крепления инструмента	№ 2	№ 2
Наибольшее перемещение шпиндельной бабки, мм	300	500
Раствор колокола шпиндельной бабки, мм	440×550	500×680
Наибольшее расстояние между крайними шпинделями, мм	430	600
Наименьшее расстояние между шпинделями, мм	57	57
Число скоростей приводного вала	12	12
Пределы чисел оборотов приводного вала в минуту	30—1380	22—1118
Число подач	8	4
Пределы подач, мм/об	0,1—0,19	0,1—0,4
Размеры стола, мм	500×600	500×600
Мощность электродвигателя, квт	7	10
Габариты станка, мм	1738×1355	1900×1500
Категория ремонтной сложности	12	15

191



IV.14. Радиально-сверлильные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	2Е52	2Н53	2Н55	2Н58
Цена, руб.	1140	3740	4590	6040
Наибольший диаметр сверления по стали, мм	25	35	50	75
Наибольшее усилие подачи, кг	400	1250	2000	3400
Расстояние от оси шпинделя до колонки, мм	313—813	320—1250	400—1600	500—2000
Расстояние от торца шпинделя до планты, мм	900	320—1400	450—1600	600—1750
Конус Морзе шпинделя	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Наибольшее вертикальное перемещение шпинделя, мм	130	300	350	450
Число ступеней скоростей	8	21	21	22
Пределы чисел оборотов в минуту	50—1400	25—2500	20—2000	12,5—1600
Число ступеней подачи	3	12	12	18
Пределы подачи шпинделя, мм/об	0,1; 0,15; 0,2	0,056—2,5	0,056—2,5	0,063—3,15
Мощность электродвигателя, кВт	2,2	3	4	7,5
Габариты станка, мм	1770×815	2140×870	2445×1000	3600×1550
Категория ремонтной сложности	9	29	31	38

IV.15. Горизонтально-расточные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	2615	26208	2636
Цена, руб.	12130	24090	40250
Диаметр выдвижного шпинделя, мм	80	90	125
Конус Морзе шпинделя	№ 5	№ 5	Метрический № 80
Размеры рабочей поверхности стола, мм	600×1000	944×1130	1600×1800
Расстояние от оси шпинделя до стола, мм	0—800	0—1000	0—1400
Наибольшее перемещение радиального суппорта планшайбы, мм	120	170	200
Число осевых подач шпинделя, продольных и поперечных подач стола и стойки шпиндельной бабки		Бесступенчатое регулирование	
Пределы подачи шпинделя, мм/мин	2,2—1760	2,2—1760	1,6—1600
Пределные подачи стола, стойки и шпиндельной бабки шпинделя, мм/мин	1,4—1110	1,4—1110	1—1030
Пределные подачи стола, стойки и шпиндельной бабки, планшайбы, мм/об	0,02—8	—	1—1000 мм/мин
Пределные подачи радиального суппорта планшайбы, мм/мин	0,89—710	—	0,63—630
Число скоростей выдвижного шпинделя и планшайбы	12/12	22/15	23/15
Пределы чисел оборотов выдвижного шпинделя в минуту	20—1600	12,5—2000	6,3—1000
Пределы чисел оборотов планшайбы в минуту	8—200	8—200	4—200
Мощность электродвигателя, кВт	5	7,5—10	19
Габариты станка, мм	4300×2735	5470×2985	8000×4500
Категория ремонтной сложности	19	24	30

## IV. 16. Алмазно-расточные станки, полуавтоматы горизонтальные и вертикальные

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	2705В	2706В	2712В	278 вертикальный
Цена, руб.	2530	3410	3740	1550
Диаметр растачиваемого отверстия, мм	8—250	10—200	8—200	65—165
Расстояние от оси шпинделя до стола, мм	225—265	225—265	300—340	270 до шпинделя бабки
Количество шпиндельных головок (в зависимости от типа головок) на каждом мостике	1—3	1—3	1—3	1
Расстояние между шпинделями, мм	140—260	140—260	140—260	—
Размер рабочего стола, мм	500×300	500×320	710×500	1000×500
Наибольший ход стола, мм	360	450	710	550 шпинделя
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	1000—4000	750—3000	750—3000	80—450
Подача стола (гидравлическая), мм/мин	10—500	10—500	10—500	0,05—0,2 мм/об
Скорость быстрого перемещения, м/мин	4	4	5	3
Мощность электродвигателя, кВт:				
привода шпинделя	1,5—5,5	1,5—5,5	1,5—5,5	2,2
привода гидросистемы	2,2	2,2	2,2	—
Габариты станка, мм:				
длина	1500	1950	2500	1405
ширина	1220	1300	1400	1900
Категория ремонтной сложности	21	21	21	15

Примечание. Станки модели 2705В, 2706В, 2712В выпускаются также в варианте с цикловым программным управлением. Система программирования обеспечивает быстрое изменение автоматического цикла перестановкой штекеров на коммутаторной панели и кулачков стола, что сводит к минимуму работы, связанной с переналадкой стола в серийном и крупносерийном производстве.

## ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

## IV. 17. Круглошлифовальные станки

Цена и техническая характеристика	Модели станка						
	3А110	3В12	3А151	3В151	3В161	3В153Т	3164А
Цена, руб.	7000	6200	5720	5500	5530	7850	9690
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм:							
диаметр	140	200	200	200	280	200	400
длина	180	500	750	750	1000	500	2000
Конус Морзе передней бабки	№ 3	№ 3	№ 4	№ 4	№ 4	№ 4	№ 6
Диаметр шлифовального круга, мм	250	300	450; 600	450; 600	450; 600	400—500	500; 750
Число оборотов шпинделя шлифовальной бабки в минуту	2340; 2860	2500	1080; 1240	1080; 1240	1080; 1240	1250	920; 1420
Скорость перемещения стола (регулируемое бесступенчатое), мм/мин	0,03—4	0,1—6	0,1—6	0,1—6	0,1—6	Ручное	0,1—5
Угол поворота стола, град	±10	±6	+3 —10	+3 —10	+3 —8	+6 —7	+2 —4
Наибольшее поперечное перемещение шлифовальной бабки, мм	125	215	200	200	200	160	305
Поперечная подача шлифовальной бабки на один ход стола, мм	0,001—0,038	0,002—0,038	0,1—0,5 мм/мин	0,1—0,03	0,01—0,03	0,05—5 мм/мин	0,01—0,03
Число скоростей поводкового патрона	Регулировка бесступенчатая						
Пределы чисел оборотов поводкового патрона в минуту	78—780	78—780	63—400	63—400	63—400	78—780	30—180
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	3	7,5	7,5	7,5	7,5	13
Габариты станка, мм	1750×1560	2600×1750	3100×2100	3100×2100	4100×2100	2260×1920	6040×2550
Категория ремонтной сложности	16	30	38	30	37	25	35

Примечания: 1. Станки модели 3А110, 3В12 являются универсальными. Поворотная шлифовальная бабка перемещается по салазкам, которые в свою очередь имеют поворот в обе стороны на 90°.

2. Станки модели 3А151 приспособлены для работы с врезной подачей.



IV.18. Бесцентровые круглошлифовальные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	3M182	3A184	3185
Цена, руб.	8250	10 750	14 650
Диаметр шлифования, мм	0,8—25	3—80	10—160
Наибольшая длина шлифования, мм: при врезном шлифовании при шлифовании в нормальном приспособлении	100 350	165 350	200 450
Число оборотов шлифовального круга в минуту	1910 и 2720	1337 и 1910	1086 и 1566
Число оборотов ведущего круга в минуту (бесступенчатое регулирование)	19—280	20—130	10—115
Скорость подвода при врезном шлифовании, м/мин	4,8	1,48	1,48
Размер шлифовального круга, мм			
Наибольший наружный диаметр	350	500	600
Наименьший наружный диаметр	250	400	480
Наибольшая ширина круга	150	200	250
Тип круга	ПП	ПВД	ПВД
Размер ведущего круга, мм: наибольший диаметр наименьший диаметр диаметр отверстия наибольшая ширина	250 170 127 150	300 260 127 200	350 300 127 250
Мощность электродвигателя, кВт: шлифовального круга ведущего круга	7 0,25	13 0,76	22 1,2
Габариты станка, мм: длина ширина	1800 1480	3500 2200	4000 3270
Категория ремонтной сложности	24	35	38

196

IV. 19. Внутршлифовальные станки с горизонтальным шпинделем

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	3A225	3A227	3A228Б	3A229Б
Цена, руб.	5020	6500	8530	9530
Наибольший диаметр изделия, мм	100	200	300	400
Размеры шлифуемого отверстия, мм: диаметр наибольшая длина	6—25 50	20—100 125	50—125 160	100—250 200
Наибольшее расстояние от опорного торца фланца шпинделя изделия до торца шлифовальной бабки, мм			900	1150
Наибольший угол поворотной бабки изделия, град	30	30	30	24
Наибольшее поперечное перемещение бабки изделия, мм	250	450	200	200
Поперечное перемещение шлифовальной бабки, мм: вперед назад	40 10	40 10	60 10	100 10
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм: диаметр высота	20 32	100 50	110 63	200 100
Поперечное перемещение шлифовального круга, мм: наибольшее (от гидрпривода) на одно деление лимба от рычага дозирования подачи			1,5 0,005 0,00125	1,5 0,005 0,00125
Наибольшее перемещение стола, мм	250	450	450	550

197

	1	2	3	4	5
Число оборотов шлифовального круга в минуту	24000	6250; 18250	14600; 13000; 10950; 8100; 4530; 7150; 6580	7250; 5950; 5370; 4530; 4350; 3350;	
Поперечная подача шлифовального круга в минуту (бесступенчатое регулирование), мм/мин	0,03—0,3	0,375—0,9	0,065—1,2	0,065—1,2	
Скорость быстрого поперечного подвода шлифовального круга к изделию, мм/мин	4	4	4	4	
Гидравлический отскок (подскок) шлифовального круга, мм			0,4—0,5	0,1—0,3	
Поперечная прерывистая подача шлифовального круга за один ход стола (бесступенчатое регулирование), мм	0,002	0,001	0,001—0,008	0,001—0,008	
Число оборотов изделия в минуту (бесступенчатое регулирование)	475—1500	125—1250	100—700	50—425	
Скорость перемещения стола (бесступенчатое регулирование), м/мин	0,25—5,5	0,2—12,0	1,5—8,0 10—12 0,1—2	1,5—8,0 10—12 0,1—0,2	
Пробег стола на сторону, мм			1,5—4	1,5—4	
Мощность электродвигателя, кВт:					
привода изделия	2,2	3	1,1	1,1	
привода шлифовальной бабки	1690	2300	4,0	7,5	
привода гидронасоса	840	1280	2,2	2,2	
Габариты станка, мм:					
длина	16	27	3000	3400	
ширина	16	27	1570	1800	
Категория ремонтной сложности			36	38	

## IV.20. Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	3Г71	3Б722	3Б732	3Б724
Цена, руб.	3100	7320	6990	15 020
Рабочая поверхность стола, мм	630×200	1000×320	800×320	2000×400
Скорость продольного перемещения стола (регулирование бесступенчатое), м/мин	5—20	2—40	3—30	3—33
Поперечная подача шлифовальной бабки за каждый ход стола (регулирование бесступенчатое), мм	0,3—4	0,5—30	—	3—50
Пределы вертикальной подачи шлифовального круга, мм	Ручная 0,01	0,005—0,05	0,005—0,05	0,005—0,1
Диаметр шлифовального круга, мм	250	450	400	500
Ширина шлифовального круга, мм	25	63	50—150	100
Число оборотов шлифовального круга в минуту	2700	1450	1450	1450
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	10	13	30
Габариты станка, мм	2500×1590	3505×1845	3450—1645	5660×1580
Категория ремонтной сложности	27	39	46	44

## IV.21. Плоскошлифовальные станки с круглым столом

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	3Б740	3Б756	3772Б
1	2	3	4
Цена, руб.	9810	12 490	18 820
Диаметр стола, мм	400	800	1000
Наибольшая высота заготовки, мм	175	350	170
Наибольший диаметр шлифуемой поверхности, мм	400	800	200
Пределы чисел оборотов стола в минуту	20—200	6—29,6	0,36—1,82
Число шлифовальных бабок	1	1	2



Продолжение прилож. IV.21

1	2	3	4
Вертикальная подача шлифовальной бабки, мм/мин	0,2—5	0,05—0,6 За ход стола в мм	0,05—0,1
Диаметр шлифовального круга, мм	350	500—350 (кольцевые или сегментные)	500—380
Число оборотов шлифовального круга	1450	975	975
Мощность электродвигателя, квт	7,5	30	30
Габариты станка, мм	2250×1585	3100×2300	3000×4500
Категория ремонтной сложности	22	40	56

Примечания: 1. Станок модели 3Б740 с горизонтальным шпинделем и круглым электромагнитным столом.  
2. Станок модели 3Б756 с одной вертикальной шлифовальной бабкой и электромагнитным столом.  
3. Станок модели 3772Б с двумя вертикальными шлифовальными бабками и чугунным круглым столом.

#### IV.22. Точильно-шлифовальные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка	
	3Б631	3Б634
Цена, руб.	400	825
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм	150×25×32 150×32×32	400×50×203
Расстояние между кругами, мм	390	630
Число шпинделей	2	2
Угол наклона поворотного столика, град	±20	+20 -10
Число оборотов шлифовального круга в минуту	1420; 2800	1420; 720
Мощность электродвигателя, квт	0,45/0,6	3,9/2,3
Габариты станка, мм: длина ширина	600 350	1000 665
Категория ремонтной сложности	7	7

200

#### IV. 23 Шлифовальные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	МШ-238	3451	3451Б	3451Г
Цена, руб.	10585	11090	11830	15200
Наибольший диаметр изделия, мм	60	320	320	320
Наибольшая длина изделия, мм	500	800	1000	2000
Диаметр обрабатываемых шлицевых валов, мм	10—60	25—125	25—125	25—125
Длина шлифования, мм	350	850	1350	1850
Диаметр шлифовального круга, мм	60—150	90—200	90—200	90—200
Числа оборотов шлифовального круга в минуту	4500, 6300, 7400	2880, 4550, 6300	2880, 4550, 6300	2880, 4550, 6300
Предел скоростей подачи стола, м/мин	1—15	1—15	1—15	1—15
Автоматическая подача круга, мм/об	0,005—0,070	0,005—0,070	0,005—0,070	0,005—0,070
Мощность электродвигателя, квт	3	3	3	3
Габариты станка, мм	2600×1513	2600×1513}	3450×1513	5250×1513
Категория ремонтной сложности	23	25	25	16

201



## IV. 24. Вертикально-хонинговальные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	3М82	3М83	3Г833	3Н84
Цена, руб.	6276	4803	4820	10780
Диаметр хонингуемого отверстия, мм	80	125	60—145	50—200
Размер стола, мм	500×800	500×800	460×1000	800×800
Вылет шпинделя, мм	280	360	300	360
Расстояние от нижнего торца шпинделя до стола, мм	690—1190	690—1190	650	2500
Длина хонингования, мм	60—500	60—500	150—400	125—1250
Конус Морзе отверстия шпинделя	№ 5	№ 5	№ 5	№ 5
Число ступеней оборотов шпинделя	8	4	3	8
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	64, 88, 116, 121, 165, 174 219, 328	90, 120, 160, 240	155, 280, 400	63—315
Пределы скорости подачи шпиндельной головки, м/мин	3—15	3—18	8.1—11.8 15.5	0—20
Мощность электродвигателя, кВт	4	4	3	7.5
Габариты станка, мм	1660×1580	1660×1580	1380×1120	2290×1820
Категория ремонтной сложности	13	14	15	15

## IV. 25. Электрохимические станки для удаления заусенцев и острых кромок

Техническая характеристика	Модель			
	4408Д	4420	4420Д	4450
Наибольший размер обрабатываемого изделия (длина × ширина × высота), мм	80×80×200	200×200×250	200×200×250	500×500×320
Число шпинделей	2	1	2	1
Наибольшая суммарная длина обрабатываемых кромок, мм	2×100	200	2×200	400
Размер рабочей поверхности стола (ширина × длина), мм	250×400	250×400	400×630	400×630
Рабочее перемещение инструмента, мм	110	140	140	180
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	110	70—320	70—320	100—400
Установочное перемещение гальзы, мм	90	110	110	120
Продолжительность обработки, сек	5—120	5—120	5—120	5—120
Емкость бака для электролита, л	220	220	450	450
Давление подачи электролита, кгс/см <sup>2</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0
Производительность насоса подачи электролита, л/мин	90—180	90—180	90—180	90—180
Рабочее напряжение	12—21	9, 12, 15, 18	9—18	9—18
Номинальный ток, а	600	600	600—1200	1000—1500
Габариты станка, мм	1150×900	1150×900	1350×1150	1350×1150
Вес станка, кг	1050	1000	1550	1500

Примечания: 1. Станки предназначены для снятия заусенцев с деталей машин, затупления острых кромок, а также могут быть использованы для снятия металла толщиной до 1 мм в труднодоступных местах; проточки канавки, углубления и т. п.

2. Станки применяются в крупносерийном и массовом производстве, обработка деталей ведется в специальных катодных ус-



### ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

#### IV.26. Вертикально-зубофрезные станки для цилиндрических колес

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	5К310	5А312	5К324А	5К32
Цена, руб.	8900	7720	7940	8790
Диаметр обрабатываемых колес с прямым зубом, мм	200	320	500	800
Наибольший модуль по стали, мм	3	6	5	10
Ширина обрабатываемого колеса, мм	200	160	250	350
Наибольший угол наклона зуба колеса, град	±60	±45	±30	±60
Наибольший диаметр колеса с винтовым зубом с углом наклона 45°, мм	140	180	320	475
Диаметр стола, мм	200	—	320	670
Диаметр отверстия в столе, мм	30	—	80	80
Наибольший диаметр червячной фрезы, мм	125	160	120	120
Конус Морзе шпинделя фрезы	№ 3	—	№ 4	№ 5
Число скоростей шпинделя фрезы	9	12	9	9
Пределы чисел оборотов шпинделя фрезы в минуту	63—400	94—415	50—315	50—315
Подача стола, мм/об:				
вертикальная	0,63—4	2,5—100	0,8—5,0	0,8—5,0
горизонтальная	0,1—1	—	0,3—1,7	0,3—1,7
тангенциальная	—	—	0,17—3,7	0,17—3,7
Мощность электродвигателя привода червячной фрезы, квт	1,5	7,5	3	7,5
Габариты станка, мм	1562×925	2060×1240	2175×1150	2650×1450
Категория ремонтной сложности	15	31	23	23

#### IV.27. Зубодолбежные вертикальные полуавтоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	5107	5В12	5М14	5В150
Цена, руб.	2400	2610	3460	13 540
Диаметр обрабатываемого колеса, мм:				
с наружным зацеплением	80	12—208	20—500	800
с внутренним зацеплением	100	220	550	800
Наибольшая ширина нарезаемого колеса, мм:				
при наружном зацеплении	20	50	105	170
при внутреннем зацеплении	15	30	75	170
Модуль, мм	0,2—1	1—4	2—6	3—12
Число двойных ходов в минуту	400; 700; 1200; 2000	200; 315; 425; 600	65—450	33—188
Пределы круговых подач на двойной ход долбяка, мм	0,0125—0,56	0,1—0,46	0,14—0,75	0,2—1,5
Пределы радиальных подач, мм	—	—	0,025—0,1	0,015—0,20
Наибольший диаметр долбяка, мм	30	75	125	200
Наибольший ход ползуна долбяка, мм	25	55	125	200
Расстояние от стола до торца ползуна, мм	35—60	70—140	75—225	300
Мощность электродвигателя, квт	0,6	1,5	3,7	4,8; 5,7; 7,5
Габариты станка, мм:				
длина	725	2050	1650	3100
ширина	650	1640	1285	1800
Категория ремонтной сложности	9	13	18	20

#### IV.28. Зубодолбежные станки, работающие многолезвцовой головкой

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	5А110	5А20	5А130
	1	2	4
Цена, руб.	27 500	30 000	30 000
Диаметр нарезаемого колеса, мм	25—105	100—250	100—250
Модуль нарезаемого колеса, мм	1,5—4	2,5—6	2,5—10,5
Ширина нарезаемого колеса, мм	50	50	105
Наибольший угол наклона спирали зуба, град	45	45	45

Продолжение прилож. IV.28

I	Модель станка		
	5A110	5120	5A130
Число проходов до полного нарезания зубьев	80—310	50—180	73—227
Вертикальное перемещение инструментальных салазок, мм	180	280	190
Скорость перемещения инструментальных салазок, мм/сек	33	43	10
Ход штосселя, мм	30—60	30—60	30—120
Пределы чисел двойных ходов в минуту	60—125	47—110	40—100
Допустимая сила резания, кг	12 000	18 000	20 000
Мощность электродвигателя, квт	13	17	22
Габариты станка, мм	2800×1975	2730×2480	2350×2900
Категория ремонтной сложности	15	18	20

IV.29. зубозакругляющие станки для цилиндрических колес, работающих пальцевой фрезой

Цена и техническая характеристика	Модель станка	
	5A580	5582
Цена, руб.	5610	2420
Диаметр обрабатываемого колеса, мм: с наружным зацеплением	50—320	50—500
с внутренним зацеплением	180	200
Модуль обрабатываемого колеса, мм	1,5—6	3—8
Число зубьев обрабатываемого колеса	10—160	10—160
Наибольший угол спирали, град	35	35
Наибольшее перемещение стола, мм	260	360
Угол поворота стола, град	±35	±35
Число скоростей шпинделя	6	3
Пределы числа оборотов шпинделя в минуту	1400—4760	1600; 1600; 2500
Мощность электродвигателя, квт: главного привода	1,1	0,6; 1,1
привода инструмента	1,5	1,5
Габариты станка, мм	1400×1145	1820×1500
Категория ремонтной сложности	17	11

IV.30. зубозакругляющий полуавтомат

Цена и техническая характеристика	Модель станка
	5D580
Цена, руб.	7000
Модуль обрабатываемого колеса, мм	2—6
Наружный диаметр колеса с наружным зубом, мм	75—320
Внутренний диаметр колеса с внутренним зубом, мм	100—250
Число зубьев	20—120
Диаметр фрезы	20—60
Число оборотов фрезы в минуту	154—750
Количество ступеней оборотов фрезы	8
Наибольшее вертикальное перемещение фрезерной головки, мм	100
Мощность электродвигателя, квт: цели деления	2,2
привода инструмента	3
Габариты станка, мм: длина	1730
ширина	1300

IV.31. Станок для снятия фасок, заусенцев и закругления зубьев зубчатых колес

Техническая характеристика	Модель станка
	3M2
Диаметр обрабатываемого зубчатого колеса, мм	15—400
Ширина обрабатываемого зубчатого колеса, мм	5—100
Наибольшая модель обрабатываемого колеса, мм	10
Величина снимаемой фаски	до 5 мм×45°
Наибольший угол обрабатываемых зубчатых колес с косым зубом, град	45
Наибольший радиус обрабатываемых некруглых деталей, мм	200
Число оборотов некруглых деталей в минуту (бесступенчатое регулирование)	0,4—2,4
Рабочее давление воздуха, атм	5
Мощность электродвигателя, квт (двухскоростной)	0,75
Габариты станка, мм: длина	960
ширина	1000
Вес станка, кг	500

- Примечания: 1. Станок работает по методу копирования.  
 2. Снятие фаски по контуру зуба зубчатого колеса производится конусной концевой фрезой, которая установлена перпендикулярно к торцу детали, вращается и подается к центру.  
 3. При обработке некруглых деталей (квадратов, многоугольников, эллипсов, кулачковых кривых и пр.) копирующий конец обходит по контуру детали.  
 4. Число оборотов фрезы устанавливается набором шкивов.  
 5. Зажим обрабатываемой детали и подача смазочно-охлаждающей жидкости осуществляется пневматическим путем.

IV.32. Зуборезные станки для обработки колес со спиральными (круговыми) зубьями

Цена и техническая характеристика	Модель станка				
	5П23А	5Б231	5Б232	525	525С
Цена, руб.	7440	22 649	22 352	13 920	22 430
Наибольший диаметр нарезаемого колеса, мм:					
при $i = 10:1$ и угле спирали $30^\circ$	125	320	320	500	800
при $i = 1:1$ и угле спирали $30^\circ$	100	290	290	350	600
Модуль нарезаемого колеса, мм	2,5	10	10	10	15
Ширина зубчатого венца, мм	20	65	65	65	100
Угол делительного конуса нарезаемого колеса, град	4—90	4—90	4—90	4—90	$5^\circ 30' - 84$
Угол спирали, град	0—30	0—50	0—50	0—50	0—45
Число зубьев нарезаемого колеса	5—200	15—100	15—100	15—100	4—100
Диаметр резцовых головок в дюймах	1/2—3,5	7,5—12	7,5—12	6—12	9—18
Число оборотов резцовой головки в минуту	137—820	25—252	3—52	25—325	21—300
Мощность главного электродвигателя, кВт	1,5	10	2,2—3	4	10,0
Габариты станка, мм	1080× ×590	2900× ×2050	2200× ×1600	2200× ×1600	2600× ×2100
Категория ремонтной сложности	12	21	21	22	24

Примечание. Зуборезный полуавтомат модели 5Б231 предназначен для чернового нарезания методом врезания резцовой головки. Зуборезный полуавтомат модели 5Б232 предназначен для чистового нарезания методом протягивания протяжной резцовой головкой (припуск на толщину зуба 0,4—0,8).

IV.33. Зубопротяжный полуавтомат

Техническая характеристика	Модель станка	
	1	2

Размеры нарезаемых зубчатых колес, мм	
Наибольший диаметр делительной окружности:	
при передаточном отношении 1:1	125
при передаточном отношении 4:1	250
Наибольшая длина образующего делительного конуса, мм	130
Наибольшая длина зуба, мм	25
Наибольший модуль, мм	5
Число зубьев	10—75

Продолжение прилож. IV.33

1	2
Угол делительного конуса, град	14—76
Продолжительность цикла, сек	3—6,7
Наибольшее перемещение инструментальной бабки, мм	100
Передаточное отношение нарезаемых колес при угле между осями $90^\circ$ :	
наименьшее	1:1
наибольшее	4:1
Диаметр резцовой головки, дюйм	21
Цена деления нониуса установки бабки изделия на упор, мм	1
Наибольшее перемещение стола, мм:	
поперечное	320
продольное	330
вертикальное	3,05
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	5,5
Габариты станка, мм:	
длина	2060
ширина	1650

Примечание. Полуавтомат предназначен для нарезания прямозубых конических колес методом кругового протягивания, при котором впадина шестерни обрабатывается за один двойной ход и один оборот протяжки.

IV.34. Зуборезный станок для предварительного прорезания конических колес с прямым зубом

Цена и техническая характеристика	Модель станка ЕЗ-40
Цена, руб.	6690
Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса, мм:	
при исполнении с двухшпindelной бабкой	315
при исполнении с трехшпindelной бабкой	155
Наибольший модуль нарезаемых колес, мм:	
с двухшпindelной бабкой	8
с трехшпindelной бабкой	6
Наибольшая длина фрезерования, мм	200
Вертикальный ход фрезы, мм	435
Число оборотов шпинделя фрезы	6
Пределы чисел оборотов шпинделя фрезы, мин	62—203
Скорость холостого вертикального хода, м/мин	2
Пределы скоростей вертикальной рабочей подачи, мм/мин	0—290
Время поворота стола на $180^\circ$ , сек	3—4
Наибольшее перемещение стола, мм	250
Мощность электродвигателя, кВт	4
Габариты станка, мм	2600×1390
Категория ремонтной сложности	30

IV.35. Зуборезные станки для обработки конических колес с прям.ми зубьями (зубофрезерные и зубострогальные)

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	5П23	5230	5А250	5282
Цена, руб.	6325	18 030	20 170	23 190
Диаметр обрабатываемого колеса, мм	125	320	500	800
Модуль обрабатываемого колеса, мм	2,5	8	8	16
Ширина зубчатого колеса, мм	20	50	80	150
Наименьший и наибольший угол делительного конуса, град	4—90	10—100	10—100	10—100
Пределы чисел двойных ходов резцов в минуту	—	—	76—450	27,5—218
Диаметр фрезы, мм	140	275	—	—
Пределы чисел оборотов шпинделя фрезы в минуту	71—426	25—170	—	—
Мощность электродвигателя, квт	3	3	3	7,5
Габариты станка, мм	1080×530	2200×1600	2200×1600	2700×2100
Категория ремонтной сложности	14	20	25	28

Примечание. Станки модели 5П23 и 5230 предназначены для черногого и чистового нарезания конических колес с помощью двух дисковых фрез прямолинейного профиля. Образование зуба производится методом обкатки одновременно обеих сторон зуба.

IV.36. Шлицефрезерные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	6350	5350А	6350В	5350В
1	2	3	4	5
Цена, руб.	5350	6000	6510	7160
Наибольший обрабатываемый диаметр, мм		500		
Высота центров, мм		250		
Расстояние между центрами, мм	750	1000	1500	2000
Наибольший нарезаемый модуль, мм		6		
Наибольший диаметр фрезы, мм		150		
Расстояние между осями шпинделей, изделия и фрезы, мм		40—140		

Продолжение прилож. IV.36

	1	2	3	4	5
Наибольшая длина фрезерования, мм		675	925	1425	1925
Число нарезаемых зубьев			4—20		
Пределы чисел оборотов шпинделя фрезы в минуту			80—250		
Количество ступеней чисел оборотов шпинделя фрезы			6		
Пределы подач, мм/об			0,63—5		
Число ступеней подач			10		
Диаметр отверстия шпинделя, мм			106		
Диаметр оправки фрезы, мм			27; 32; 40		
Скорость обратного хода каретки, мм/мин			1,92		
Мощность электродвигателя привода червячной фрезы, квт			7,5		
Габариты станка, мм:					
длина		2330	2580	3080	3580
ширина			1500		
Категория ремонтной сложности		15	15	16	16

IV.37. Полуавтомат для снятия заусенцев и фасок по контуру зубьев цилиндрических и конических колес

Цена и техническая характеристика	Модель станка
	5525
Цена, руб.	1420
Наибольший диаметр обрабатываемого колеса, мм	500
Модуль обрабатываемого колеса, мм	1,5—10
Наименьший и наибольший диаметр шлифовального круга, мм	50—125
Наибольшее перемещение шлифовальной головки, мм:	
вертикальное	500
горизонтальное	220
Число оборотов шлифовального круга в минуту	8500
Пределы чисел оборотов стола (регулирование бесступенчатое), мм	0,3—6
Мощность электродвигателя, квт:	
привода шлифовального круга	0,12
привода изделия	0,08
Габариты станка, мм	1000×550

IV.38. Зубошвинговальные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	5712	5702	5A703
Цена, руб.	2590	10 000	14 080
Диаметры обрабатываемых колес, мм	10—125	35—320	90—500
Наибольший модуль, мм	1,5	1,5—6	2—8
Ширина зубчатого венца, мм	25	10—100	10—125
Диаметр шевера, мм	120	300	300
Наибольшая ширина шевера, мм	32	40	40
Угол поворота шпиндельной головки, град	±25	±35	±35
Расстояние между центрами, мм	230	500	500
Расстояние между осями шевера и колеса, мм	106	120—305	78—398
Диаметр оправки шевера, мм	31,743	63,5	63,5
Угол поворота направляющих стола в обе стороны, град	—	0—90	0—90
Пределы чисел оборотов шпинделя шевера в минуту	125—500	78—395	78—395
Продольная подача, мм/мин	—	18,2—280	18,2—280
Радиальная подача, мм/ход стола	—	0,02—0,1	0,02—0,1
Мощность электродвигателя, кВт:			
привод шпинделя	1,1	3	3
привод подачи	1,1	0,6	0,6
Габариты станка, мм	850×1080	1400×1580	1580×1500
Категория ремонтной сложности	12	23	26

IV.39. Контрольно-обкаточные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	5B720	5A725	5B726
Цена, руб.	4026	9740	7260
Наибольший и наименьший диаметры проверяемого зубчатого колеса (с углом между осями 90°), мм	10—125	200—500	800
Наибольший модуль проверяемого колеса, мм	0,3—2,5	2,5—10	20
Наибольшее смещение гипондной головки, мм:			
вверх	35	175	175
вниз	35	125	125
Наибольший и наименьший углы между осями шпинделей ведущей и ведомой бабок, град	45—180	45—180	0—180
Пределы чисел оборотов ведущего шпинделя в минуту	800—1000	625—1250	220; 450; 625; 1250
Мощность электродвигателя, кВт	0,9	2,3/3,9	4,5/6,5
Габариты станка, мм	1000×780	2235×2305	2990×2640
Категория ремонтной сложности	6	10	10

IV. 40. Горизонтальные и вертикальные фрезерные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка								
	6M80Г	6M10	6M81Г	6M11	6M82Г	6M12П	6M83Г	6M13П	6M13П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	9
Цена, руб.	2750	2300	1970	2070	2330	2530	2890	3250	3250
Расстояние от оси или торца шпинделя до стола, мм	50—350	50—350	30—380	30—380	30—450	30—400	30—450	30—520	30—520
Расстояние от вертикальных направляющих до середины стола, мм	180—340	180—340	180—340	180—340	220—480	220—480	260—580	260—580	260—580
Расстояние от оси шпинделя до станины (вылет шпинделя), мм	—	270	—	280	—	350	—	450	450
Расстояние от оси шпинделя до хобота, мм	123	—	150	—	155	—	190	—	—
Размеры рабочего стола, мм:	800×200	800×200	1000×250	1250×250	1250×320	1250×320	1600×400	1600×400	1600×400
Наибольшее перемещение, мм:	500	500	600	600	700	760	900	900	900
продольное	100	100	200	200	240	260	300	300	300
поперечное	350	300	350	350	420	370	420	420	420
вертикальное	12	12	16	16	18	18	18	18	18
Число ступеней подачи	25—1120	35—1125	35—1125	25—1250	25—1250	25—1250	25—1250	25—1250	25—1250
Поддача стола, мм/мин:	18—800	35—765	35—765	25—1250	25—1250	25—1250	25—1250	25—1250	25—1250
продольная	9—400	12—390	12—390	8,3—416,6	8,3—416,6	8,3—416,6	8,3—416,6	8,3—416,6	8,3—416,6
поперечная	17	17	17	29	29	29	29	29	29
вертикальная	№ 2	№ 2	№ 2	№ 3	№ 3	№ 3	№ 3	№ 3	№ 3
Диаметр отверстия шпинделя, мм	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32
Конус Морзе шпинделя	№ 2	№ 2	№ 2	№ 2	№ 3	№ 3	№ 3	№ 3	№ 3
Размер оправки для инструмента, мм	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32	22; 27; 32
Количество скоростей шпинделя	12	12	16	16	18	18	18	18	18
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	50—2240	50—2240	63—1900	63—1900	31,5—1600	31,5—1600	31,5—1600	31,5—1600	31,5—1600
Мощность электродвигателя, кВт:									
главного движения	3	3	4	4	7,5	4,5	10,0	10	10
подачи стола	0,6	0,6	1,5	1,5	1,5	2,5	3	3	3
Габариты станка, мм	1720×1750	1720×1750	2100×1780	2100×1780	2100×2440	1745×2260	2370×3040	2245×3040	2245×3040
Категория ремонтной сложности	16	16	18	18	23	20	27	23	23

## IV.41. Продольно-фрезерные одностоечные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	6304	6305	6306	6Г308
Цена, руб.	9260	14750	22140	27630
Размеры стола, мм	400×1250	500×1250	630×2000	800×2500
Расстояние до стола, мм:				
от оси горизонтального шпинделя	0—400	15—600	0—600	0—700
от торца вертикального шпинделя	—	—	15—800	0—930
Расстояние до оси среднего паза, мм:				
от торца горизонтального шпинделя	160—290	170—370	235—435	275—525
от оси вертикального шпинделя влево и вправо			485 и 815	570 и 1080
Наибольшее перемещение гильзы шпинделя, мм	130	200		
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	1250	1250	2000	2500
Количество шпинделей:				
горизонтальных	1	1	1	1
вертикальных	—	—	1	1
Количество скоростей шпинделя	18	21	21	20
Число оборотов шпинделя в минуту	40—2000	16—1600	16—1600	16—1250
Подача шпиндельной бабки, мм/мин:				
рабочая (бесступенчатое регулирование)	10—500	10—750	10—750	10—750
быстрая	1500	1200	1200	1200
Подача стола, мм/мин	20—1000	10—750	10—750	10—750
		750—3000	750—3000	750—3000
Скорость быстрого перемещения стола, м/мин	3	2,25 и 4,5	4,5	4,5
Мощность электродвигателя главного движения, кат	4,0	7,5	10,0	13,0
Габариты станка, мм:				
длина	3635	4320	6000	7300
ширина	1690	2140	2750	3200
Категория ремонтной сложности	20	22	24	31

## IV. 42. Продольно-фрезерные двухстоечные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка				
	6604	6605	6606	6Г608	6610
I	2	3	4	5	6
Цена, руб.	5200	16 650	24 650	27 450	31 610
Расстояние от торца вертикального шпинделя до стола, мм	—	—	15—800	0—900	40—1180
Расстояние оси горизонтального шпинделя до стола, мм	0—400	15—600	0—600	0—700	0—960
Расстояние между торцами горизонтальных шпинделей, мм	320—580	340—740	470—870	550×1050	870×1270
Расстояние между осями вертикальных шпинделей, мм	—	—	—	—	440—1990
Размеры стола, мм	400×1250	500×1600	630×2000	800×2500	1000—4000
Наибольшее перемещение стола, мм	1250	1600	2000	2500	4550
Быстрое перемещение стола, м/мин	3	4,5	4,5	4,5	3,2
Число ступеней подачи стола		Бесступенчатое регулирование			
Пределы подачи стола	20—1000	10—3000	10—3000	10—3000	20—2000
Число шпиндельных бабок:					
вертикальных	—	—	1	1	2
горизонтальных	2	2	2	2	2
Конус Морзе шпинделя	3	3	3	3	3
Диаметр оправок инструмента, мм	40; 50	40; 50	40; 50	40; 50	40; 50
Наибольший диаметр фрезы, мм	200	300	350	400	400
Количество ступеней чисел оборотов	18	21	21	20	16
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	40—2000	16—1600	16—1600	16—1250	25—800
Число ступеней подачи бабок		Бесступенчатое регулирование			
Подача бабок, мм/мин:					
вертикальная	10—500	10—750	10—750	10—750	20—1250
горизонтальная	—	—	10—750	10—750	20—1250
Мощность электродвигателя, кат:					
шпинделя	4×2	7×2	10×3	13×3	13×4
подача стола	1,5	3,2	3,2	6	6
Габариты станка, мм	3635×2650	5200×3520	5850×4100	7300×4100	10490×4360
Категория ремонтной сложности	24	24	31	35	49

IV.43. Карусельно-фрезерные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	621M	623M	6M23B
Цена, руб.	5010	9230	9860
Число шпинделей	2	2	3
Расстояние, мм:			
от торца шпинделя до стола	125—500	100—600	100—600
от зеркала стойки до оси стола	500—800	800—1100	800—1100
между осями шпинделей	396	465	
Диаметр стола, мм	1000	1600	1600
Число круговых подач стола	12	12	12
Величины подач, отнесенных к $\varnothing 1000$ мм, мм/мин	100—1250	63—800	63—800
Осевое перемещение шпиндельной бабки, мм	300	350	350
Диаметр отверстия шпинделя, мм	29	29	29
Конус Морзе шпинделя	№ 3	№ 3	№ 3
Диаметр оправок инструмента, мм	40; 50	40; 50	40; 50
Наибольший диаметр фрезерной головки, мм	325	450	300/600
Число ступеней оборотов шпинделя	13	13	15
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту:			
чернового	63—1000	31,5—500	25—630
чистового	100—1600	50—800	25—630
Мощность электродвигателя, квт:			
шпинделя	10	13	13
подачи стола	1,5	1,5	1,5
Габариты станка, мм	2610×1530	2090×3940	2090×3940
Категория ремонтной сложности	20	25	27

IV.44. Шпоночно-фрезерные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	692M	ДФ8СГ	ДФ88А
1	2	3	4
Цена, руб.	2320	3824	3000
Ширина фрезеруемого паза, мм	4—24	20	6
Длина фрезеруемого паза без перестановки, мм	5—300	100	38
Размеры стола, мм	800×200	680×225	

Продолжение прилож. IV.44.

1	2	3	4
Число шпинделей	1	2 (горизонтальные)	1
Расстояние от оси шпинделя, мм: до вертикальных направляющих станины до поверхности стола (станины)	205	116—120	160
Наибольшее расстояние от торца шпинделя, мм: до рабочей поверхности стола до середины паза стола конуса отверстия шпинделя	500 29° 50'	30—85	20—35 Морзе № 3
Установочное перемещение стола, мм: продольное поперечное вертикальное	440 160 300		
Наибольшее перемещение пиноли, мм: гидравлическое ручное	40 100		
Вертикальная подача шпинделя на каждый ход бабки (бесступенчатое регулирование), мм	0,05—0,5		
Количество скоростей шпинделя	12	4	1
Число оборотов шпинделя в минуту	375—3750	400—1275	270
Продолжительность двойного хода бабки, сек			45
Продольная подача шпиндельной бабки (бесступенчатое регулирование), мм/мин	450—1200		

Продолжение прилож. IV.44.

1	2	3	4
Наибольшее автоматическое перемещение шпиндельной бабки, мм: общее при рабочей подаче быстрое			50 12 38
Наибольшее установочное перемещение шпиндельной бабки, мм			15
Мощность электродвигателя, кВт	1,6/2,3	2,8	1
Габариты станка, мм: длина ширина	1520 1400	1400 750	780 690
Категория ремонтной сложности	II	18	9

Примечание. Станок модели ДФ88А предназначен для фрезерования пазов на валах под сегментные шпонки.

### ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ

#### IV.45. Горизонтально-протяжные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	7Б510	7Б520	7А540
Цена, руб.	4250	5530	6520
Номинальное тяговое усилие, Т	10	20	40
Длина хода ползуна, мм: наибольшая наименьшая	1250 100	1600 100	2000 100
Скорость рабочего хода, м/мин: наибольшая наименьшая	9 1	11 1,5	6,8 1,0
Скорость обратного хода, м/мин	25	25	25
Мощность электродвигателя, кВт	13	22	40
Габариты станка, мм	6000×1430	6800×1500	8350×2000
Категория ремонтной сложности	19	34	43

#### IV.46 Вертикально-протяжные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка							
	774	7Б705В	775	7710.3	775Д	776		
Цена, руб.	5460	5470	4250	5010	6556	7550	8010	9467
Номинальное тяговое усилие, Т	5	5	10	10	10	20	20	20
Наибольший ход салазок	800	800	1000	1000	1000	1250	1250	1250
Скорость рабочего хода, м/мин	1,5—11	2,3—14	1,5—9	1,5—13	1,5—9	1,5—8,5	1,5—8,5	1,5—8,5
Скорость обратного хода салазок, м/мин	20	20	20	20	20	20	20	20
Ход стола, мм		50	125	125	125	125	125	125
Мощность электродвигателя, кВт	10	10	13	13	22	22	22	22
Габариты станков, мм	2210× ×1440	2650× ×1400	2840× ×1600	2900× ×1350	2935× ×1870	3440× ×1735	3440× ×1735	3780× ×2165
Категория ремонтной сложности	14	13	16	20	19	22	24	23

Примечания: 1. Станки модели 774, 775, 776 предназначены для наружного протягивания.  
2. Станки модели 7Б705В, 775, 776 предназначены для внутреннего протягивания.  
3. Станки модели 775Д, 776Д — двойные для наружного протягивания.

### РЕЗЬБОНАРЕЗНЫЕ СТАНКИ

#### IV.47. Станки для накатывания резьбы с помощью резьбонакатных роликов

Техническая характеристика	Модель станка		
	5A933	5964-M	ГД-4
Диаметр накатываемой резьбы, мм	6—38	12—80	15—125
Длина накатываемой резьбы, мм	40	120	120
Наибольший шаг резьбы, мм	2,5	3,5	6
Диаметр роликов, мм	87—106	120—170	До 300
Расстояние между осями шпинделей, мм	135—235	138—260	—
Диаметр шпинделя, мм	45	54	130
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	63—355	40—60	31—250
Мощность электродвигателя привода, кВт	3	4	13
Габариты станка, мм	1100×610	2243×1460	2550×1520
Категория ремонтной сложности	10	14	17

#### IV.48. Резьботокарные полуавтоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка				
	КТ38А	КТ38Б	КТ38В	1A922	КТ-84
Цена, руб.	5440	5440	6120	7020	7080
Наибольший диаметр обрабатываемых изделий, мм:					
над станиной			550		330
над суппортом			250		220
Расстояние между центрами, мм	500	1000	1500	2000	—
Число ступеней скоростей шпинделя			9		
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту			160—1000		
Наименьший и наибольший диаметры нарезаемой резьбы, мм:					
наружной			30—200		
внутренней			40—200		
Наибольшая длина нарезаемой резьбы, мм			140		
Пределы нарезаемой метрической резьбы по шагу, мм			1—6		1,5—6
Наибольший угол наклона нарезаемой метрической резьбы, град			7,5		
Число проходов резца за цикл			5—25		
Мощность электродвигателя, кВт			7,5		
Габариты станка, мм:					
длина	2400	2980	3480	3980	2580
ширина			1150		1290
Категория ремонтной сложности	13	13	14	14	13

Примечание. Станок КТ-84 предназначен для обточки поверхности под резьбу, подрезки торцов заготовки и нарезания резьб в деталях, закрепленных в патроне.

### IV.49. Болторезный станок

Цена и техническая характеристика	Модель станка 5Д07
Цена, руб.	1730
Диаметр нарезаемой резьбы, мм	10—39
Наибольшая длина нарезаемой резьбы, мм	320
Наибольший и наименьший диаметры изделия, устанавливаемого в тисках, мм	8—70
Число скоростей шпинделя	6
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	63—355
Мощность электродвигателя, кВт	3
Габариты станка, мм	1500×700
Категория ремонтной сложности	15

#### IV.50. Резьбофрезерные станки (полуавтоматы)

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	5К63	КТ-86 патронный	КТ-44А
Цена, руб.	3340	2650	4720
Наибольший диаметр изделия, мм	320	160	160
Наибольший диаметр фрезеруемой резьбы, мм:			
наружной	100	50	140
внутренней	80	30	140
Расстояние между центрами, мм	750	—	500
Наибольшая длина фрезеруемой резьбы, мм:		при шаге до	при шаге
наружной при шаге от 1 до 3	75	3 мм	0,5—4 мм
внутренней при шаге от 1 до 6	50	30	50
Диаметр фрезы, мм:			
при наружном фрезеровании	80—115		50
при внутреннем фрезеровании	20		80
Число скоростей шпинделя фрезы	8	8	13
Пределы чисел оборотов шпинделя фрезы в минуту	75—375	125—630	710—4750
Число скоростей шпинделя изделия	16	8	

Продолжение прилож. IV.50

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	5К62	КТ-86 патронный	КТ-44А
Пределы чисел оборотов шпинделя изделия в минуту	0,15—4,75	0,2—6	0—8
Мощность электродвигателя, квт:			
привода фрезы	1,5	1,5	1,5
привода подачи	1,1	1,5	1,5
Габариты станка, мм	2105×1180	1600×1130	2330×1880
Категория ремонтной сложности	18	11	13

Примечание. На станке модели 5К63 можно установить изделие в центрах, в патроне и цапге.

IV.51. Вертикальный полуавтомат для нарезки резьбы метчиком

Цена и техническая характеристика	Модель станка 2056(5А05)
Цена, руб.	1160
Наибольший диаметр нарезаемой резьбы в стали, мм	18
Конус Морзе шпинделя	№ 2
Вылет шпинделя, мм	200
Вертикальное перемещение шпинделя, мм	90
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	650
Величина перемещения головки, мм	300
Рабочая поверхность стола, мм	320×360
Число скоростей	6
Число оборотов шпинделя в минуту	112—1120
Пределы шагов нарезаемых резьб, мм	0,5—3
Возможность нарезания резьбы	Правых и левых
Мощность электродвигателя, квт	1,5
Габариты станка, мм	870—590
Категория ремонтной сложности	13

ОТРЕЗНЫЕ И ПРОЧИЕ СТАНКИ

IV.52. Отрезной круглопильный полуавтомат

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	8А631	8А641	8В66	8Б67
Цена, руб.	1518	3860	3400	7520
Наибольший диаметр разрезаемого материала, мм	110	160	240	350
Диаметр пилы, мм	350	510	710	1010
Число оборотов шпинделя в минуту	6,6 19,7 9,7 27,2 13,1 39,7	4,3 14,4 6,3 21,1 9,6 31,2	3,3 11,5 5,15 16,6 7,5 25,5	2,2 7,8 3,3 13,5 5,2 20,3
Пределы горизонтальных подач дисковой пилы (бесступенчатая)	10—600	12—550	12—500	12—450
Скорость быстрого хода бабки, м/мин:				
подвода	3,3	3,3	2	2,75
отвода	2,3	3,5	3,5	3
Мощность электродвигателя, квт	3	5,5	7,5	10
Габариты станка, мм	1850×980	2100×1100	2550×1260	3110×1575
Категория ремонтной сложности	7	9	12	15

IV.53. Двусторонние центральные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка	
	ВС-150	ВС-110
Цена, руб.	2695	2410
Высота центров, мм	225	225
Наибольшее расстояние между шпинделями, мм	750	2350
Наименьшая и наибольшая длина зажимной заготовки, мм	600	450—2200
Наименьший и наибольший диаметры зажимаемых заготовок, мм	15—150	15—150
Число скоростей шпинделя	4	4
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	620—1365	620—1365
Пределы подач, мм/об	0,06—0,13	0,06—0,13
Ход шпинделя, мм	70	70
Мощность электродвигателя, квт	3	3
Габариты станка, мм	2170×825	3800×825
Категория ремонтной сложности	6	7

## IV.54. Фрезерно-центровальные полуавтоматы

Цена и техническая характеристика	Модель станка					
	MP-71M	MP-73M	MP-76M	MP-77	MP-78	
1	2	3	4	5	6	
Цена, руб.	7040	7150	9900	9790	10340	
Диаметр обрабатываемой заготовки, мм	25—125	25—125	25—80	20—60	20—60	
Длина обрабатываемой заготовки, мм	200—500	500—1250	500—1000	100—200	200—825	
Число скоростей шпинделя фрезы	6	6	7	7	7	
Пределы чисел оборотов шпинделя фрезы в минуту	125—712	125—712	270—1255	270—1255	270—1255	
Наибольший ход головки фрезы (стола), мм	220	220	230	160	160	
Пределы рабочих подач фрезы (бесступенчатое регулирование), мм/мин	20—400	20—400	20—400	20—400	20—400	
Число скоростей сверлильного шпинделя	6	6	6	6	6	
Пределы чисел оборотов сверлильного шпинделя в минуту	238—1125	238—1125	238—1125	250—1410	250—1410	
Ход сверлильной головки, мм	75	75	75	60	60	
Пределы рабочего подач сверлильной головки (бесступенчатое регулирование), мм/мин	20—300	20—300	20—300	20—300	20—300	
Продолжительность холостых ходов, мин	0,3	0,3	0,3	0,15	0,2	
Мощность электродвигателей, кВт:						
фрезерной головки	7,5/10	7,5/10	5,5	4	4	
сверлильной головки	2,2/3	2,2/3	1,1	1,1	1,1	
Габариты станка, мм:						
длина	3140	3790	3300	2345	2845	
ширина	1630	1630	1575	1265	1265	
Категория ремонтной сложности	7	7	7	6	6	

Примечания: 1. Станки модели MP-71M и MP-73M — последовательного действия.

2. Станки модели MP-76M, MP-77 и MP-78 — барабанного типа (MP-76M — трехпозиционный, MP-77 и MP-78 — четырехпозиционные).

## IV.55. Трубоотрезные станки

Цена и техническая характеристика	Модель станка		
	9A151	9152	9Д157
Цена, руб.	3685	5225	15400
Диаметр отрезаемой трубы, мм	20—114	38—152	114—426
Наименьшая и наибольшая длина отрезка трубы, мм.	50—500	100—450	80—500
Число отрезных суппортов	2	2	2
Наибольшее перемещение суппорта, мм	75	75	210
Число скоростей шпинделя	10	11	10
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	75,5—600	36,5—375	21—170
Пределы рабочих подач, мм/мин	15—150	10—80	5—35
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	7,5	10	13
Габариты станка, мм	1950×1300	2150×1565	3025×2370
Категория ремонтной сложности	8	9	18

## IV.56. Станок для нарезания смазочных канавок в отверстиях втулок и других деталей

Цена и техническая характеристика	Модель станка КТ-2
Цена, руб.	3550
Диаметр обработки, мм	10—120
Наибольшая глубина нарезаемой канавки, мм	3
Наименьшее и наибольшее число проходов	3—9
Наибольший ход шпинделя, мм	220
Число скоростей шпинделя	3
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	57,5—230
Число двойных ходов шпинделя в минуту	4
Пределы чисел двойных ходов шпинделя в минуту	14,37—115
Мощность электродвигателя, кВт	1,5
Габариты станка, мм	920×750
Категория ремонтной сложности	6

IV.57. Токарный патронный вертикальный полуавтомат с числовым программным управлением

Техническая характеристика	Модель станка		
	1723Ф3	1734Ф3	1751Ф3
1	2	3	4
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	200	320	500
Наибольшая высота обрабатываемой детали, мм	160	200	200
Количество скоростей шпинделя	12/12	12/12	12/12
Число оборотов шпинделя в минуту (при двухскоростном двигателе)	50—630 100—1250	50—630 100—1250	50—630 100—1250
Количество крестовых суппортов	2	2	2
Количество инструментов	8	8	8
Количество позиций резцедержателя:			
правого суппорта	4	4	4
левого суппорта	4	4	4
Число управляемых осей координат (всего/одновременно)	4/2	4/2	4/2
Пределы рабочих подач по осям координат $x, z, v, w$ , мм/мин	5—500	5—500	5—500
Число подач	Бесступенчатое регулирование		
Скорость быстрого перемещения по осям координат, мм/мин:			
$x, v$	2400	2400	2400
$z, w$	4800	4800	4800
Наибольшая длина перемещения по осям координат, мм:			
$x$ — горизонтального левого суппорта	240	240	320
$z$ — вертикального левого суппорта	520	520	520
$v$ — горизонтального правого суппорта	180	240	320
$w$ — вертикального правого суппорта	420	520	520
Дискретность отсчета по осям координат, мм:			
$x, v$	0,005	0,005	0,005
$z, w$	0,010	0,010	0,010

Продолжение прилож. IV.57

1	2	3	4
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7/10,8	13,8/20,4	13,8/20,4
Габариты полуавтомата, мм:			
длина	1700	2050	2250
ширина	2000	2310	2400
высота	2700	3050	3050
Вес полуавтомата (без станции управления), кг	5000	4000	7150
Изготовитель	Минский завод автоматических линий		

Примечания: 1. Полуавтоматы предназначены для использования в мелкосерийном производстве на деталях типа дисков, фланцев, чашек, стаканов, шестерен и т. д. На полуавтомат устанавливается два суппорта с четырехпозиционными поворотными резцедержателями.  
2. Каждый суппорт имеет крестовое программированное движение.  
3. Класс точности станков П.

IV.58. Токарно-карусельные станки с числовым программным управлением

Техническая характеристика	Модель станка			
	1512Ф2	1516Ф2	1525Ф2	1Л532Ф
1	2	3	4	5
Наибольшие размеры обрабатываемой детали, мм:				
диаметр	1250	1600	2500	3200
высота	1000	1000	1600	1600
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	3200	5000	13 000	16 000
Диаметр планшайбы, мм	1120	1400	2250	2800
Наибольшее перемещение вертикального суппорта (механическое и ручное), мм:				
горизонтальное (каретки)	775	950	950	1720
вертикальное (ползуна)	700	700	700	1200
Наибольший угол поворота вертикального суппорта, град	±45	±45	±45	±30
Диаметр отверстия револьверной головки, мм	70А	70А		

Продолжение прилож. IV.58

1	2	3	4	5
Наибольшее перемещение бокового суппорта (механическое и ручное), мм: горизонтальное (ползуна) вертикальное (каретки)	630 1000	630 1000		
Наибольшие размеры сечения резца, мм	25×40	25×40		40×60
Число оборотов в минуту	5—250	4—200	1,6—8,0	1,25—63
Число скоростей привода главного движения (общее) по программе	18/18	18/18	18/18	18/18
Пределы вертикальных и горизонтальных подач суппортов, мм/об	0,07—12,5	0,07—12,5	0,09—16	0,09—16
Количество подач суппортов	16	16	16	16
Скорость установочных перемещений суппортов, мм/мин	10—1800	10—1800	10—1780	10—1780
Скорость установочного перемещения поперечины, мм/мин	400	400	300	360
Число управляемых осей координат (всего/одновременно)	2/2	2/2	4/2	4/2
Дискретность: горизонтальная вертикальная	0,005 0,010	0,005 0,010	0,005 0,010	0,010 0,020
Мощность электродвигателя, кВт	30	30	40	55
Габариты станка, мм: длина ширина высота	2750 2975 4100	3190 3360 4100	5065 5340 4910	5483 6000 4911
Вес станка, кг	16 250	19 500	35 500	43 000
Изготовитель	Краснодарский станкостроительный завод имени Седина			

Примечания: 1. Станки модели 1512Ф2, 1516Ф2 — одноосевные, остальные модели — двухосевные.  
2. Класс точности станков Н.  
3. Станки предназначены для обработки деталей в условиях единичного и мелкосерийного производства.

228

IV.59. Токарные патронно-центровые станки с числовым программным управлением

Техническая характеристика	Модель станка							
	16Б16Ф3	16К20Ф3	16П20М3Ф	16К30Ф3	16К50Ф3	16К60Ф3	16К70Ф3	16К80Ф3
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм:	320	400	400	500	630	1000	1250	1250
над станком	160	200	200	210	300	570	800	800
над суппортом	710	1000	1000	1000	1400	2000; 2800; 5000	6000	6000
Расстояние между центрами, мм	20—2000	35—1600	35—1600	50—1600	6,3—1250	2,5—500	1,0—200	1,0—200
Число оборотов шпинделя	21/6	12/9	12/9	11/6	24/9	24/24	Бесступенчатое регулирование	Бесступенчатое регулирование
Число скоростей (общее/по программе)	0—600 0—1200	0—600 0—1200	0—600 0—1200	3—800 3—800	1—600 1—1200	0—500 0—1000	0—500 0—1000	0—500 0—1000
Пределы рабочих подач, мм/мин: поперечная продольная	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	4/2	3/2	3/2
Число подач	6	6	6	4	6	6	4	4
Число управляемых осей координат (всего/одновременно)	2400 4800	2400 4800	2400 4800	3000 3000	2400 4800	2400 4800	2400 4800	1000 2000
Количество инструментов	170 660	210 930	210 930	210 900	320 1200	600 1800; 2600 4800	900 5000	900 5000
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин: поперечное продольное								
Наибольшее перемещение суппорта, мм: поперечное продольное								

229

		1	2	3	4	5	6	7	8
Дискретность отсчета, мм:									
в поперечном направлении		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
в продольном направлении		0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Цифровая индикация			Положения инструмента, № кадра, № инструмента						Положения инструмента, № кадра, № инструмента
Коррекция			Длины или положения инструмента, изменения подачи на 20%						Длины или положения инструмента, изменения подачи на 20%
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт			5,5	10,0	10,0	7,5/5	7/4,8/17,0	30,0	55,0
Габариты станка, мм:									
длина		2200	3000	3000	3000	3326	6000	4730	12 200
ширина		1300	1600	1600	1600	1687	3450	2160	2880
высота		1450	1600	1600	1600	1660	2150	1860	2005
Вес станка, кг		1700	3000	3000	3000	3700	7000	11 000	40 500
Изготовитель		Средневожский станко-строительный завод	Московский станко-строительный завод «Красный пролетарий»	Рязанский станко-строительный завод	Рязанский станко-строительный завод	Краматорский завод	Краматорский завод	Краматорский завод	Краматорский завод

Примечания: 1. Станки могут быть использованы в мелкосерийном и серийном производстве.  
 2. Станок модели 16П20МФ3 оборудован крестовым суппортом с десятипозиционным инструментом.  
 3. Класс точности станков П. позволяет обрабатывать детали по 2—3-му классам точности.

#### IV.66. Радиально-сверлильный станок с накладным крестовым столом и числовым программным управлением

Цена и техническая характеристика	Модель станка	
	2Н55Ф2	2М57Ф2
Цена, руб.	48050	17000
Диаметр обрабатываемого отверстия	50	75
Размер стола (ширина × длина), мм	630 × 800	1250 × 800
Конус Морзе отверстия шпинделя	5	6
Число оборотов шпинделя	20—2000	12,5—1600
Число ступеней механической подачи	21	22
Число управляемых осей координат (все-го/одновременно)	2/2	2/2
Наибольшее усилие подачи, кгс	2000	3200
Пределы подач шпинделя, об/мин	0,056—2,5	0,063—3,15
Число ступеней подач	12	18
Скорость быстрого хода по осям координат, мм/мин:		
x — продольное; y — поперечное	4000	4000
z — вертикальное	2000	2000
Наибольшая длина хода по осям координат, мм		
x	670	1000
y	530	630
z	350	450
Дискретность отсчета по осям координат x, y, z, мм	0,05	0,08
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4,0	7,5
Габариты станка, мм		
длина	3075	4550
ширина	2730	2730
высота	3350	3750
Вес станка, кг	7000	16000
Изготовитель	Одесский завод радиально-сверлильных станков	

Примечание. Станки предназначены для бескондукторной и безразметочной обработки в единичном и мелкосерийном производстве

**IV.61. Агрегатный вертикально-сверильно-резьбонарезной станок с автоматической сменой инструмента и числовым программным управлением**

Цена и техническая характеристика	Модель станка	
	СМ21ГФ2	
Цена, руб.		
Наибольший диаметр сверления в стали, мм	50	
Размеры стола (ширина, длина), мм	630×1320	
Наибольшие размеры обрабатываемых деталей, мм	1250×750×320	
Число оборотов шпинделя в минуту	63—710	
Число скоростей привода главного движения	8	
Число управляемых осей координат (всего/одновременно)	8/2	
Емкость инструментального магазина	30	
Наибольшее количество инструмента	199	
Мощность привода подачи, кВт	1,0	
Пределы рабочих подач по осям координат, мм/мин: продольная — $x$ ; поперечная — $y$ ; вертикальная — $z$	10—400	
Число ступеней подач по осям координат: $x, y$ $z$	Сменные колеса Бесступенчатое регулирование	
Скорость быстрого перемещения по осям координат, мм/мин: $x, y$ $z$	3000 5000	
Наибольшая длина перемещения по осям координат, мм: $x$ $y$ $z$	1250 750 500	
Дискретность отсчета по осям координат $x, y, z$ , мм	0,05	
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5	
Габариты станка, мм	3500×3000×4000	
Вес станка, кГ	1000	
Изготовитель	Минский завод автоматических линий	

Примечания: 1. Станок с координатным крестовым столом и автоматической сменой инструментов предназначен для обработки пластин деталей типа плит, планок, павелей и т. п. без применения кондукторной оснастки в мелкосерийном производстве.

2. Система кодирования инструмента позволяет располагать инструменты в инструментальном магазине в любом порядке и исключает необходимость программирования режимов резания, так как заданный режим автоматически передается шпиндельной бабке при прочтении кода инструмента на оправках.

**IV.62. Горизонтально-расточные станки с числовым программным управлением**

Техническая характеристика	Модель станка				
	2611Ф2	2Б622ПМФ2	2636ГФ2	2637ГФ2	2651ГФ2
	120 000				
Диаметр шпинделя, мм	80	110	125	160	200
Размер стола (ширина × длина), мм	800×900	1120×1250	1600×1800	2250×2250	
Конусность отверстия в шпинделе	7:24	7:24	7:24	7:24	7:24
Количество скоростей шпинделя	21	23	23	23	24
Число оборотов шпинделя в минуту	12,5—1250	6,3—1250	6,3—1000	5—800	4—800
Количество инструментов	1	100	1	1	1
Число управляемых осей координат (всего/одновременно)	5/2	5/2	4/2	4/2	4/2
Пределы подач, мм/мин: стола — $x'$ ; шпиндельной бабки — $y$ ; выдвижного шпинделя — $z$	2—1500	1,25—1250	1—1000	1—1000	1,25—800
стойки — $w$ нижнего стола — $w'$ поворота стола — $\beta'$	2—1500	1,25—1250	1,6—600	1—1000	2—1250
Число подач	Бесступенчатое регулирование	31	31	31	Бесступенчатое регулирование
Скорость быстрого перемещения по осям координат, мм/мин: $x', y, z$ $w$ $w'$	5000 5000	5000	2000	2000	4000 2500
$\beta'$ , об/мин	2,7	4,0	0,64	0,64	
Наибольшая длина перемещения по осям координат, мм: $x'$ $y$ $z$ $w$ $w'$ $\beta'$	900 710 500 630 360 <sup>9</sup>	1000 1000 710 1000 360 <sup>9</sup>	1600 1400 1000 1000 360 <sup>9</sup>	1600 1400 1000 1120 360 <sup>9</sup>	3200 2000 1200 560 360 <sup>9</sup>

Продолжение прилож. IV.62

Цена и техническая характеристика	Модель станка				
	2611Ф2	2Б622ПМФ2	2636ГФ2	2637ГФ2	2651ГФ2
Дискретность отсчета по осям координат, мм: $x', y, z$ $w$ $w'$ $\beta'$	0,01 0,01 90°	0,01 0,01 15°	0,01 0,01	0,01 0,01	0,01 0,01
Цифровая индикация	Положение инструмента, № кадра, № инструмента				
Коррекция	Длины, положения инструмента по выбору		Длины диаметра	Длины положения инструмента	
Число скоростей привода главного движения (общее по программе)	Бесступенчатое регулирование	24/24	23/23	23/23	24/24
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	8,0	14,0	19,0	19,0	32,0
Габариты станка, мм:					
длина	4200	8750	10 790	10 790	12 000
ширина	5700	5250	5000	5000	9700
высота	2880	3105	4500	4500	6700
Вес станка, кг	12 800	27 300	37 800	37 000	70 000
Изготовитель	Ивановский завод точных станков	Ленинградский станкостроительный завод имени Свердлова	Ивановский завод расточных станков	Ленинградский станкостроительный завод имени Свердлова	

Примечания: 1. Класс точности станка модели 2Б622ПМФ2 П и остальных моделей Н.

2. Примененные станки наиболее эффективно в мелкосерийном и единичном производстве.

3. Все станки, за исключением модели 2611Ф2, оборудованы неподвижной стойкой, крестовым поворотным столом.

IV.63. Круглошлифовальные полуавтоматы повышенной точности с числовым программным управлением

Техническая характеристика	Модель станка			
	3М153Ф2	3А151Ф2	3Т162Ф2	3В164БФ2
Наибольший размер обрабатываемой детали, мм:				
диаметр	140	200	280	400
длина	500	700	1000	1400

Продолжение прилож. IV.63

Техническая характеристика	Модель станка			
	3М153Ф2	3А151Ф2	3Т162Ф2	3В164БФ2
Число оборотов шпинделя изделия в минуту	80—800	63—400	63—400	30, 40, 60, 90, 120, 180
Число скоростей патрона передней бабки	6	Бесступенчатое регулирование		
Размер шлифовального круга, мм	400×50××203	600×63××305	750×75××305	750×75××305
Наибольший угол поворота стола, град	±6	+3; -10	±7	+2; -5
Число управляемых осей координат (всего/одновременно)	2/1	2/1	3/1	2/1
Пределы подач по осям координат, мм/мин:				
поперечная	0,1—2	0,01—10	0,01—10	0,025—6
продольная	100—400	100—500	50—500	100—500
Число подач	Бесступенчатое регулирование		Дроссельное регулирование	
Скорость быстрого перемещения по осям координат, мм/мин:				
$x$	1000	1000	1000	1000
$z$	4000	5000	5000	5000
Наибольшая длина перемещения по осям координат, мм:				
$x$	140	225	340	235
$z$	500	700	1000	1250
Дискретность отсчета по осям координат, мм:				
$x$	0,001	0,001	0,001	
$z$	0,010	0,010	0,010	
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	5,5	7,5	22,0	22,0
Габариты полуавтомата, мм:				
длина	2500	4365	4500	4850
ширина	2500	2165	3000	2760
высота	1600	2170	2000	1765

Продолжение прилож. IV.63

Цена и техническая характеристика	Модель станка			
	3М153Ф2	3А151Ф2	3Т162Ф2	3В164БФ2
Вес полуавтомата, кг	3500	5100	7000	9300
Изготовитель	Вильнюсский завод шлифовальных станков Харьковский станкостроительный завод			

Примечания: 1. Полуавтоматы могут быть использованы в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства.  
2. Класс точности полуавтоматов П.

IV.64. Вертикально-фрезерные консольные станки с числовым программным управлением

Цена и техническая характеристика	Модель станка				
	6520Ф3	6Р11Ф3	ЛФ66Ф3	6Р13Ф3	654Ф3
Цена, руб.	14 000		13 940		
Размер рабочей поверхности стола, мм	250×630	250×1000	320×800	400×1600	630×1600
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	50—400		20—450	100—750	
Вертикальное перемещение шпинделя, мм			80	100	
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих станины, мм	320		500	640	
Конус Морзе отверстия шпинделя	№ 2	№ 3	№ 3	№ 3	№ 3
Наибольшая длина перемещения по осям координат, мм:					
	продольное — x				
	500	630	420	1000	1300
поперечное — y					
400	300	320	400	600	
вертикальное — z					
275	120	300	150	650	
Число скоростей шпинделя	18	16	15	18	18
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	315—1600	40—2000	80—1945	40—2000	25—1250
Число управляемых осей координат (всего/одновременно)	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3
Мощность привода подачи, квт	5,5	5,5	3,0	5,5	2,0
Пределы подач по осям координат, x, y, z, мм/мин	8—700	8—1200	8—700	7,5—600	8—1200
Число подач	Бесступенчатое регулирование				

Продолжение прилож. IV.64

Цена и техническая характеристика	Модель станка				
	6520Ф3	6Р11Ф3	ЛФ66Ф3	6Р13Ф3	654Ф3
Скорость быстрого перемещения по осям координат x, y, z, мм/мин	1200	2400	700	2400	4800
Дискретность отсчета по осям координат x, y, z, мм	0,010	0,010	0,025	0,010	0,010
Мощность электродвигателя привода главного движения, квт	4,0	5,5	3,0	7,5	14,0
Габариты станка, мм:					
	длина				
	1990	2320	1710	2575	4190
ширина					
1815	1650	1600	2080	2300	
высота					
2100	2330	2210	2480	4040	
Вес станка, кг	3500	3030	3000	5500	14 000
Изготовитель	Львовский завод фрезерных станков	Дмитровский завод фрезерных станков	Львовский завод фрезерных станков	Горьковский завод фрезерных станков	Ульяновский завод универсальных станков

Примечания: 1. Класс точности станков Н.  
2. Станки модели 6520Ф3, ЛФ66Ф3, 654Ф3 оборудованы крестовым столом.  
3. Станки эффективно используются в условиях мелкосерийного и единичного производства.

IV.65. Горизонтально-фрезерно-сверлильно-расточные станки с поворотным столом и числовым программным управлением

Техническая характеристика	Модель станка				
	6904Ф3	6904МФ3	6906УФ3	6906ПМФ3	6300Ф3
Размеры рабочей поверхности стола (ширина × длина), мм	400×500	400×500	630×800	630×800	630×1600
Диаметр поворотного стола, мм					630
Число скоростей шпинделя	19	19	18	18	18
Число оборотов шпинделя в минуту	31,5—2000	31,5—2000	32—1600	32—1600	32—1600
Число управляемых осей координат (всего/одновременно)	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3
Число подач	Бесступенчатое регулирование				

Продолжение прилож. IV.65

Цена и техническая характеристика	Модель станка				
	6904Ф3	6904МФ4	6906УФ3	6906ПМФ4	6306Ф3
Пределы рабочих подач по осям координат, мм/мин: продольная — x; поперечная — y; вертикальная — z вращательная стола — β, об/мин	3,15—2500	3,15—2500	8—1600	3,15—2500	8—1200
		0,00315—2,5			
Скорости быстрого перемещения по осям координат, x, y, z, мм/мин β, об/мин	5000 5	5000 5	5000	5000 5	4000 3
Наибольшая длина перемещения по осям координат, мм:					
x	500	500	630	630	1500
y	500	500	630	630	630
z	500	500	630	630	600
β	360°	360°	360°	360°	360°
Дискретность отсчета по осям координат, мм:					
x	0,01 (0,002)	0,01 (0,002)	0,002	0,01	0,01
y	0,10 (0,002)	0,01 (0,002)	0,002	0,01	0,01
z	0,10 (0,002)	0,01 (0,002)	0,002	0,01	0,01
β, обороты	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4,5	4,5	8,0	8,0	10,0
Габариты станка, мм:					
длина	2650	2650	3100	3100	
ширина	1950	1950	2500	2500	
высота	2070	2070	2500	2500	
Вес станка, кг		7000		10 000	11 000
Изготовитель	Одесский завод прецизионных станков				Горьковский завод фрезерных станков

- Примечания: 1. Станки оборудованы крестовым поворотным столом.  
2. Станок модели 6306Ф3 оборудован поворотным столом.  
3. Станки модели 6904МФ4, 6906ПМФ4 оборудованы инструментальными магазинами на 30 позиций.  
4. Станки используются в мелкосерийном и единичном производстве.

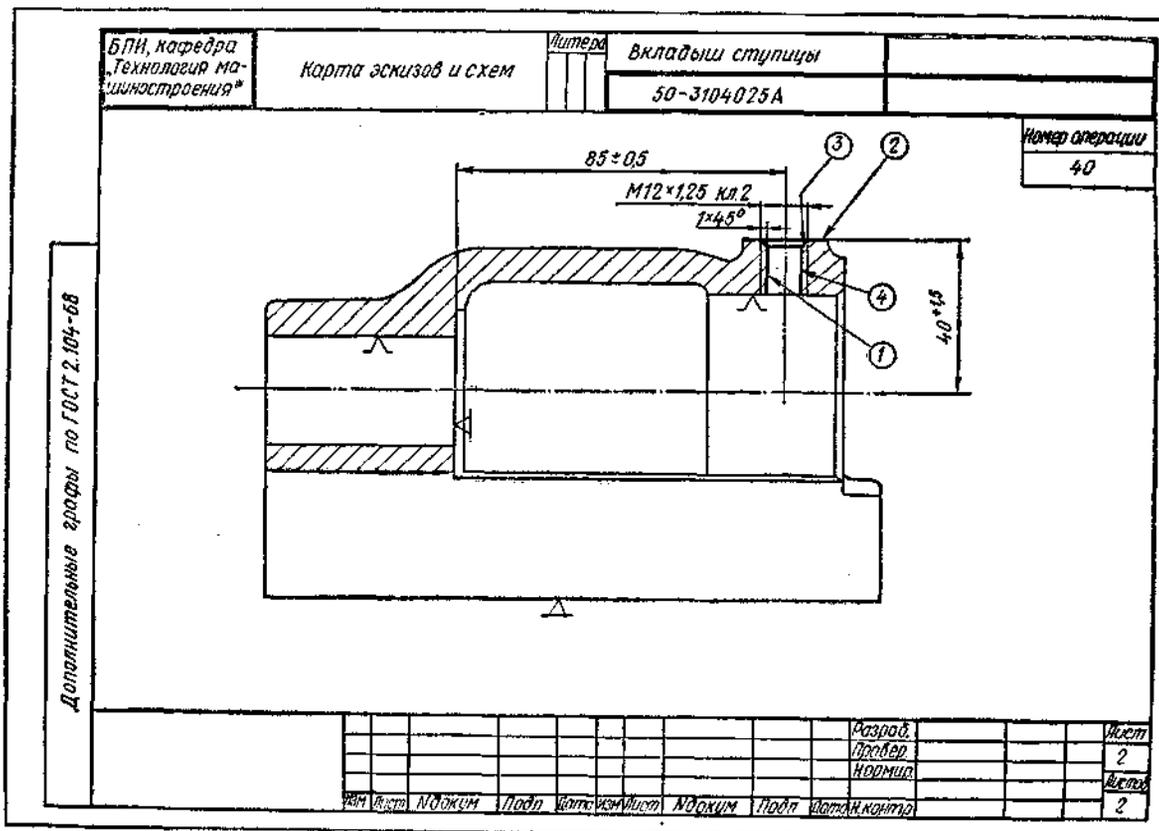
V. СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ

Наименование операции и перехода (для позиций)	Глубина резания t <sub>рез</sub>	Длина резания l <sub>рез</sub>	Длина рабочего хода L <sub>р. х</sub>	Стойкость инструмента		λ	Скорость резания в числе оборотов шпинделя	Минутная подача S <sub>м</sub>	V <sub>с</sub> , м/мин	M <sub>кр.</sub> , кг·мм	N <sub>с</sub>	λ пр							
				Г <sub>н</sub>	Г														
	мм			мин			по паспорту станка												
													расчетные	v <sub>н</sub> , м/мин					
														n, об/мин					
													принятые	v <sub>п</sub> , м/мин					
n <sub>п</sub> , об/мин																			
							по паспорту станка												
							(расчет)												

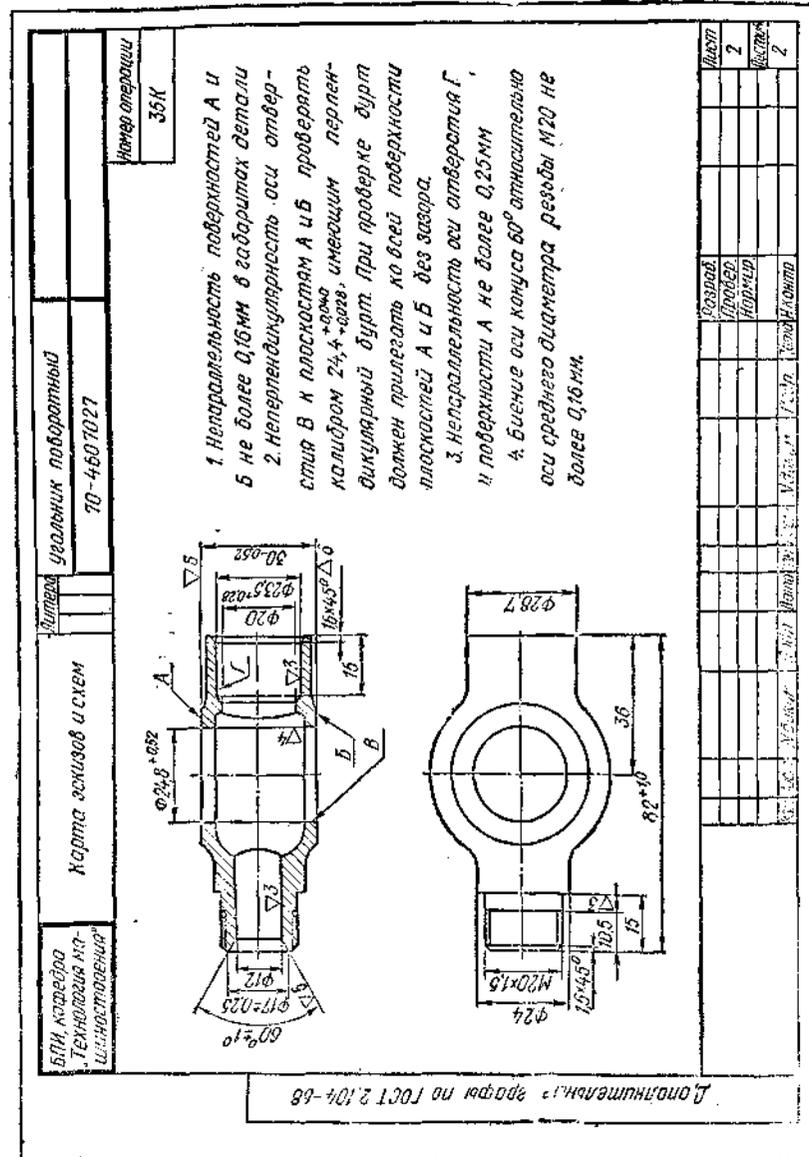
БПИ, кафедра "Технология ма- шиностроения"		Маршрутная карта		Литера						
Материал				Заготовка						
Наименование марка ГОСТа или ТУ		Твер- дость	Обозначение	масса деталей	вид и обозначение	профиль и размеры	масса	коэф- фици- ент	норма расхо- да	
Сталь 45Л1		HB163. .229								
Дополнительные графики по ГОСТ 2.104-68	05	Фрезерная	Горизонтально-фре- зерный БИ131						1,27	93
	10	Расточная	Горизонтально-рас- точный БС-28Б						0,71	57
	15	Протяжная	Вертикально-про- тяжной ТТ40						0,86	63
	20	Расточная	Вертикально-рас- точный БС-28Б						0,97	78
	25	Сверлильная	Вертикально-свер- лильная 2А150						0,77	56
	Разработчик: _____ Проверенный: _____ Нормировщик: _____									
Изм. Испол. Подп. Дата Испол. Испол. Подп. Дата Испол. Подп. Дата Испол. Подп. Дата										

И. Приемы заполнения технологических карт

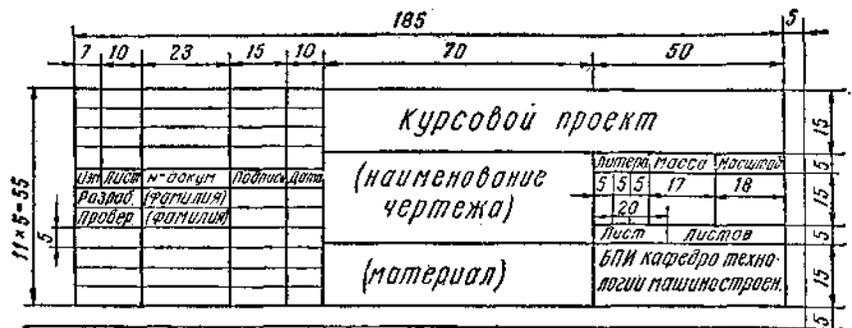
БПИ, кафедра "Технология ма- шиностроения"		Операционная карта механической обработки		Литера		Вкладыш ступицы					
Материал				Заготовка							
Наименование, марка ГОСТа или ТУ		Обозначение		Масса деталей	Наименование вида	Обозначение вида	Профиль и размеры	Твер- дость	коэф- фици- ент	Масса	
Чугун серый ГОСТ1412-70				кг 4650	Отливка			163- 179			
Дополнительные графики по ГОСТ 2.104-68	Оборудование		Инструмент								
	Наименование	Обозначение	Наименование		Обозначение	Расчет диаметра цилиндра	Режимы обработки				
	40 верт. сверл.	2А125				Т <sub>пз</sub>	Расценка	T <sub>0</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>шт</sub>	Расценка
	Наименование		специальное с механическим зажимом				Охлаждение				
	Обозначение						Эмульсия				
	Содержание перехода										
1	Сверлить отв(1)Ф106 на проход	сверло Ф107 патрон бисменн	ГОСТ10902-64	10,66	27	5,33	0,22 83,4	380	12,7	1	0,33
2	Цековать вкладыш(2)В.размер40 <sup>15</sup>	вставка градка 10,66 * 0,16	ГОСТ14811-69	22	4,0	5,7	0,22 83,4	380	3,7	1	0,05
3	Зенкеровать фаску(3) 1x45 <sup>0</sup>	зенкер фасочный патрон бисменн.		14	3	1,5	0,22 83,4	380	14,3	1	0,04
4	Нарезать резьбу (4) М12x125кл.2 в отверстиях(7)	метчик М12x125кл.2 втулка	ГОСТ3266-60	12	30	0,7	1,25 24,2	195	8,5	2	0,26
Разработчик: _____ Проверенный: _____ Нормировщик: _____											
Изм. Испол. Подп. Дата Испол. Испол. Подп. Дата Испол. Подп. Дата Испол. Подп. Дата											



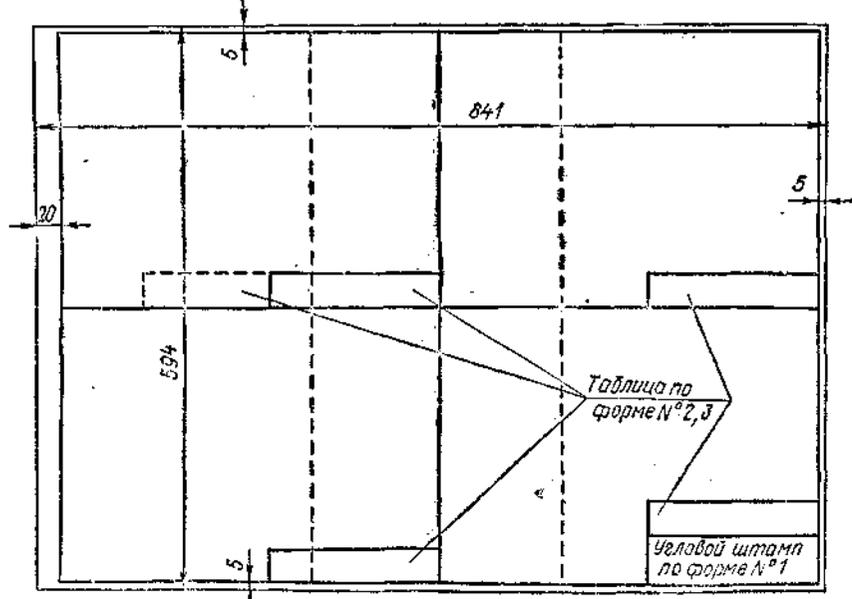
Б.П.И. кафедра "Технология ма- шиностроения"	Операционная карта технического контроля	Иштер	Узлыник поворотный		
			70-4607027		
Номер операции	35К	Обозначение операции	Обозначение должности профессии исполнителя	Разряд работы	Норма времени
Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68	Содержание перехода, контролируемый параметр		Средства контроля		Особые указания
	Наименование	Обозначение	Наименование и характеристика	Обозначение	
1	Шероховатость поверхностей А и Б ∇6	Образец шероховатости ∇6 по ГОСТ 9376-60	Пробка 23,5А <sub>5</sub>	Пробка ГОСТ 14811-69	50
2	Размер 23,5 <sup>+0,25</sup>	Скоба 30С <sub>3</sub>	Скоба 30С <sub>3</sub>	Скоба ГОСТ 2015-69	10
3	Размер 30 <sup>-0,52</sup>	Кальцо резьбы М20х1,5	Кальцо резьбы М20х1,5		
4	Резьба М20х1,5	Контрольное приспособление	Контрольное приспособление	9570-324	50
5	Технические требования п.1	Кальцёр	Кальцёр		50
	п.2	Контрольное приспособление	Контрольное приспособление		50
	п.3				
				Лист 1	
				Лист 2	
				Лист 2	
				Лист 2	



### VII. ФОРМА ОСНОВНОЙ НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖАХ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (форма № 1)



### VIII. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ЭСКИЗОВ НА ЛИСТЕ ФОРМАТА 24



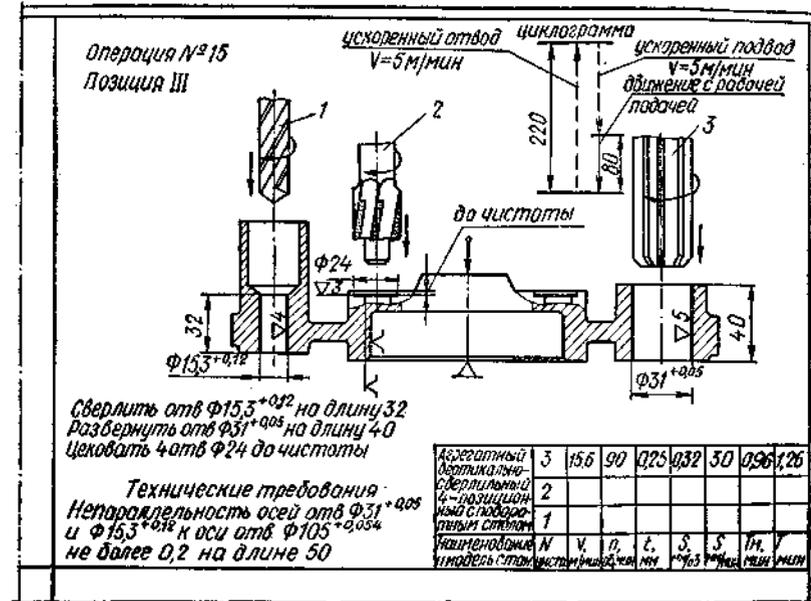
**IX. ФОРМА УГЛОВОЙ ТАБЛИЧКИ ЧЕРТЕЖЕЙ ОПЕРАЦИОННЫХ ЭСКИЗОВ  
МНОГОИНСТРУМЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ  
(форма № 3)**

									15
									15
									15
									20
Наименование и модель станка	№ инструмента	v, м/мин	n, об/мин	t, мм	s, мм/об	s, мм/мин	T <sub>н</sub> , мин	T <sub>шт</sub> , мин	
50		17	17	17	17	17	17	17	
185									

**X. ФОРМА УГЛОВОЙ ТАБЛИЧКИ ЧЕРТЕЖЕЙ ОПЕРАЦИОННЫХ ЭСКИЗОВ  
ОДНОИНСТРУМЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ  
(форма № 2)**

									15
									20
Наименование и модель станка	v, м/мин	n, об/мин	t, мм	s, мм/об	s, мм/мин	T <sub>н</sub> , мин	T <sub>шт</sub> , мин		
	18	18	18	18	18	18	18		
185									

**XI. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИОННОГО ЭСКИЗА**



**XII. ПЕРЕЧЕНЬ НЕКОТОРЫХ СТАНДАРТОВ НА ДЕТАЛИ  
И УЗЛЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

	ГОСТ или ОСТ	
Заготовки корпусов станочных приспособлений (прямоугольные, квадратные)	12947—67	12954—67
Винты нажимные с рукояткой	13430—68 13436—68	13431—68 13437—68
Опоры регулируемые	4081—68 4086—68	4085—68
Гайки шестигранные с накаткой, крыльчатые, фасонные	5931—62 14727—69 5985—69	8918—69 14726—69 4088—69
Гайки с рукояткой	13426—68	8921—69
Шайбы плоские, сферические, конические, быстросъемные	11371—68 13439—68 9060—69 14736—65	13438—68 4087—69 13735—69
Прихваты поворотные и передвижные, передвижные фасонные, Г-образные, двусторонние шарнирные, передвижные шарнирные	4734—69 14732—69 9057—69	4735—69 14733—69 9058—69
Стаканы Г-образных прихватов	9059—69	

Эксцентрики круглые, кулачки эксцентриковые одинарные и сдвоенные	9061—68 12189—66	12191—66 12190—66
Пластины опорные	4743—68	
Опоры постоянные	13440—68 13442—68	13441—68
Опоры шаровые	12216—66	
Опоры под эксцентрики и нажимные винты	9053—68	
Пяты для нажимных винтов	13436—68	13437—68
Призмы неподвижные и подвижные, опорные и с боковым креплением	12196—66 12195—66	12193—66 12197—66
Колодки направляющие для призм	12198—66	
Хвостовики посадочные	12206—66	
Пальцы установочные постоянные и сменные	12209—66 12211—66	12210—66 12212—66
Втулки кондукторные постоянные, сменные, и быстросменные	18429—73 18430—73 15362—73	18431—73 18432—73
Втулки резьбовые	12464—67	
Втулки с буртиком для фиксаторов и установочных пальцев	12214—66	
Вилки с резьбовым хвостовиком	4738—67	
Ушки	4739—68	
Рукоятки, рукоятки звездообразные с шаровой головкой, с шаровой ручкой	8923—69 3055—69	4742—68 8924—69
Ножки для кондукторов	12205—66	
Установы: высотный, угловой, торцовый угловой торцевой	13443—68 13445—68	13444—68 13446—68
Щупы — плоский, цилиндрический	8929—68	8926—68
Шпонки призматические привертные	14737—69	
Манжеты воротниковые, кольца круглого сечения	9833—61	6969—54

ХИИ.1. Значения нормализованных знаменателей рядов  $\varphi$ , возведенные в степени

$\varphi$	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,75	2,00	$\varphi$	1,06	1,12	$\varphi$	1,06
$\varphi^2$	1,12	1,26	1,58	2,00	2,50	3,16	4,00	$\varphi^{21}$	3,35	11,28	$\varphi^{40}$	10,08
$\varphi^3$	1,19	1,41	2,00	2,82	4,00	5,64	8,00	$\varphi^{22}$	3,55	12,64	$\varphi^{41}$	10,68
$\varphi^4$	1,26	1,58	2,50	4,00	6,32	10,08	16,00	$\varphi^{23}$	3,77	14,24	$\varphi^{42}$	11,28
$\varphi^5$	1,34	1,78	3,16	5,64	10,08	17,92	32,00	$\varphi^{24}$	4,00	16,00	$\varphi^{43}$	11,96
$\varphi^6$	1,41	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00	$\varphi^{25}$	4,24	17,92	$\varphi^{44}$	12,64
$\varphi^7$	1,49	2,24	5,04	11,28	25,28	56,80		$\varphi^{26}$	4,48	20,16	$\varphi^{45}$	13,40
$\varphi^8$	1,58	2,50	6,32	16,00	40,00			$\varphi^{27}$	4,75	22,56	$\varphi^{46}$	14,24
$\varphi^9$	1,67	2,81	8,00	22,56	64,00			$\varphi^{28}$	5,04	25,28	$\varphi^{47}$	15,09
$\varphi^{10}$	1,78	3,16	10,08	32,00				$\varphi^{29}$	5,34	28,48	$\varphi^{48}$	16,00
$\varphi^{11}$	1,89	3,55	12,64	45,12				$\varphi^{30}$	5,64	32,00	$\varphi^{49}$	16,96
$\varphi^{12}$	2,00	4,00	16,00	64,00				$\varphi^{31}$	5,98	35,84	$\varphi^{50}$	17,92
$\varphi^{13}$	2,12	4,48	20,16					$\varphi^{32}$	6,32	40,00		
$\varphi^{14}$	2,24	5,04	25,28					$\varphi^{33}$	6,70	44,96		
$\varphi^{15}$	2,36	5,64	32,00					$\varphi^{34}$	7,12	50,56		
$\varphi^{16}$	2,50	6,32	40,00					$\varphi^{35}$	7,55	56,80		
$\varphi^{17}$	2,65	7,12	50,65					$\varphi^{36}$	8,00	64,00		
$\varphi^{18}$	2,81	8,00	64,00					$\varphi^{37}$	8,48			
$\varphi^{19}$	2,98	8,96	80,64					$\varphi^{38}$	8,96			
$\varphi^{20}$	3,16	10,08	101,61					$\varphi^{39}$	9,50			

ХIII.2. Числа в дробных

Число	Число, возведенное в степень								
	0,1	0,125	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
0,02	0,671	0,613	0,556	0,458	0,376	0,309	0,256	0,209	0,175
0,03	0,704	0,645	0,591	0,496	0,416	0,349	0,293	0,246	0,200
0,04	0,725	0,669	0,617	0,525	0,448	0,381	0,327	0,276	0,240
0,05	0,741	0,687	0,638	0,549	0,476	0,407	0,358	0,302	0,270
0,06	0,755	0,703	0,656	0,570	0,498	0,430	0,380	0,325	0,290
0,07	0,766	0,717	0,671	0,587	0,514	0,450	0,400	0,345	0,305
0,08	0,777	0,730	0,685	0,603	0,532	0,469	0,420	0,364	0,320
0,09	0,786	0,740	0,697	0,618	0,548	0,486	0,430	0,382	0,340
0,1	0,794	0,750	0,708	0,631	0,562	0,501	0,450	0,400	0,370
0,2	0,852	0,818	0,785	0,725	0,702	0,617	0,570	0,530	0,490
0,3	0,886	0,860	0,835	0,786	0,749	0,697	0,650	0,620	0,580
0,4	0,913	0,892	0,872	0,833	0,795	0,760	0,720	0,690	0,660
0,5	0,933	0,917	0,901	0,870	0,841	0,812	0,790	0,760	0,730
0,6	0,950	0,938	0,926	0,903	0,880	0,858	0,840	0,820	0,800
0,7	0,965	0,956	0,948	0,931	0,915	0,899	0,880	0,870	0,850
0,8	0,978	0,972	0,967	0,956	0,946	0,935	0,920	0,910	0,900
0,9	0,990	0,987	0,984	0,979	0,971	0,969	0,964	0,960	0,953
1,25	1,02	1,03	1,04	1,05	1,058	1,07	1,08	1,09	0,10
2	1,07	1,09	1,11	1,15	1,19	1,23	1,28	1,32	1,37
3	1,12	1,15	1,18	1,25	1,32	1,39	1,43	1,55	1,64
4	1,15	1,19	1,23	1,32	1,41	1,52	1,57	1,74	1,86
5	1,18	1,22	1,27	1,38	1,50	1,62	1,69	1,90	2,06
6	1,20	1,25	1,31	1,43	1,57	1,71	1,80	2,05	2,24
7	1,21	1,28	1,34	1,48	1,63	1,79	1,90	2,18	2,39
8	1,23	1,30	1,37	1,52	1,68	1,87	1,98	2,30	2,54
9	1,25	1,32	1,39	1,55	1,73	1,93	2,16	2,41	2,68
10	1,26	1,33	1,41	1,59	1,78	2,00	2,24	2,51	2,82
20	1,35	1,45	1,57	1,82	2,11	2,46	2,68	3,31	3,89
30	1,41	1,53	1,67	1,97	2,34	2,77	3,29	3,90	4,62
40	1,45	1,59	1,74	2,09	2,52	3,02	3,38	4,37	5,25
50	1,48	1,63	1,80	2,19	2,66	3,24	3,93	4,78	5,55
60	1,51	1,65	1,85	2,275	2,78	3,42	4,19	5,14	6,30
70	1,53	1,71	1,89	2,33	2,89	3,58	4,42	5,47	6,79
80	1,55	1,74	1,93	2,40	2,99	3,72	4,64	5,77	7,18
90	1,57	1,76	1,96	2,45	3,08	3,86	4,82	6,10	7,60
100	1,59	1,78	1,99	2,52	3,16	3,98	5,00	6,30	7,94
120	1,62	1,82	2,05	2,60	3,31	4,22	5,35	6,75	8,61
140	1,64	1,86	2,10	2,68	3,44	4,40	5,70	7,22	9,24
160	1,66	1,89	2,14	2,76	3,58	4,58	5,90	7,61	9,81
180	1,68	1,92	2,18	2,82	3,65	4,74	6,15	7,98	10,30
200	1,70	1,94	2,21	2,89	3,77	4,91	6,40	8,33	10,80
220	1,72	1,96	2,25	2,94	3,86	5,05	6,61	8,65	11,30
240	1,73	1,98	2,28	2,99	3,94	5,18	6,81	8,96	11,80
260	1,74	2,00	2,30	3,04	4,01	5,29	6,98	9,26	12,20
280	1,76	2,02	2,33	3,09	4,08	5,44	7,18	9,55	12,60
300	1,77	2,04	2,35	3,13	4,16	5,53	7,35	9,80	13,00
350	1,80	2,08	2,42	3,22	4,34	5,80	7,80	10,40	13,90
400	1,82	2,12	2,46	3,32	4,47	6,02	8,11	11,10	14,80
450	1,84	2,15	2,50	3,30	4,60	6,25	8,43	11,70	15,60
500	1,86	2,18	2,54	3,46	4,75	6,45	8,78	12,01	16,40

показателях степеней

при показателе степени:									
0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	1,1	1,20
0,142	0,120	0,096	0,079	0,065	0,053	0,044	0,036	0,013	0,009
0,173	0,145	0,122	0,100	0,086	0,072	0,060	0,051	0,021	0,015
0,200	0,167	0,145	0,125	0,105	0,089	0,076	0,065	0,029	0,021
0,225	0,193	0,166	0,140	0,123	0,105	0,092	0,078	0,037	0,027
0,245	0,210	0,185	0,160	0,140	0,121	0,105	0,092	0,045	0,034
0,265	0,230	0,203	0,180	0,155	0,136	0,119	0,105	0,054	0,040
0,284	0,250	0,220	0,195	0,171	0,151	0,133	0,117	0,062	0,049
0,300	0,270	0,236	0,210	0,185	0,164	0,146	0,128	0,071	0,056
0,316	0,290	0,250	0,230	0,200	0,178	0,159	0,141	0,080	0,063
0,447	0,415	0,380	0,350	0,330	0,289	0,275	0,255	0,171	0,145
0,548	0,520	0,490	0,460	0,430	0,405	0,383	0,360	0,266	0,237
0,633	0,600	0,580	0,550	0,530	0,503	0,480	0,460	0,366	0,333
0,707	0,680	0,660	0,640	0,620	0,595	0,575	0,555	0,467	0,435
0,775	0,760	0,740	0,720	0,700	0,682	0,665	0,649	0,570	0,542
0,837	0,825	0,810	0,790	0,780	0,765	0,752	0,739	0,676	0,652
0,894	0,880	0,870	0,865	0,860	0,846	0,837	0,827	0,782	0,767
0,949	0,945	0,940	0,935	0,930	0,924	0,919	0,914	0,890	0,881
1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,18	1,19	1,20	1,28	1,31
1,41	1,46	1,51	1,57	1,62	1,68	1,74	1,81	2,14	2,30
1,73	1,84	1,93	2,05	2,17	2,28	2,43	2,57	3,35	3,82
2,00	2,08	2,17	2,246	2,40	2,55	2,92	3,29	4,59	5,28
2,24	2,45	2,63	2,84	3,10	3,34	3,66	3,99	5,87	6,90
2,50	2,87	3,00	3,21	3,50	3,84	4,24	4,67	7,18	8,58
2,65	2,95	3,25	3,54	3,90	4,31	4,74	5,23	8,50	10,30
2,83	3,26	3,55	3,86	4,30	4,75	5,30	5,98	9,85	12,15
3,00	3,40	3,80	4,20	4,70	5,19	5,85	6,62	11,21	13,95
3,16	3,60	4,00	4,47	4,90	5,62	5,90	7,24	12,59	15,90
4,47	5,40	6,30	7,01	8,00	9,02	11,00	13,15	27,00	36,40
5,48	6,70	7,90	9,12	11,00	12,80	15,00	18,64	42,30	59,10
6,33	7,61	9,15	11,00	13,00	15,00	19,50	23,87	58,00	83,50
7,07	9,00	10,80	12,90	15,70	18,60	23,50	28,91	74,00	108,00
7,74	9,46	11,60	14,20	17,50	21,40	26,30	32,40	90,50	136,00
8,40	10,40	12,80	15,80	19,60	24,20	30,10	38,00	107,00	164,00
8,95	11,10	13,00	17,20	21,40	26,70	33,30	43,00	124,00	191,00
9,50	11,80	14,80	18,50	23,10	29,00	36,30	48,00	141,00	219,00
10,00	12,60	15,80	20,00	25,10	31,60	39,80	52,00	159,00	251,00
10,90	13,80	17,50	22,30	28,20	35,80	45,50	64,00	194,00	309,00
11,85	15,10	19,30	24,70	31,70	39,90	50,30	66,71	230,00	376,00
12,65	16,30	21,00	27,00	34,70	44,70	57,60	78,00	265,00	442,00
13,40	17,30	22,40	29,00	37,60	48,90	63,10	86,90	303,00	502,00
14,10	18,40	24,00	31,30	40,80	50,20	69,10	95,00	340,00	575,00
14,80	19,40	25,40	33,20	43,60	57,00	74,30	102,00	378,00	646,00
15,50	20,40	26,80	35,30	46,30	61,00	80,00	110,00	415,00	717,00
16,10	21,00	28,00	37,00	48,70	64,00	85,00	117,00	453,00	780,00
16,70	22,30	29,30	39,00	52,00	69,00	91,20	127,00	494,00	870,00
17,30	23,00	30,30	40,20	53,70	71,00	95,00	135,00	531,00	923,00
18,70	25,10	33,50	45,10	60,30	81,20	108,00	150,00	630,00	1150,00
20,00	27,00	36,40	49,00	66,40	90,00	121,00	170,00	728,00	1324,00
21,20	29,00	39,00	53,00	72,00	97,10	132,00	190,00	828,00	1537,00
22,40	30,30	41,40	56,20	77,00	105,00	144,00	210,00	930,82	1732,90

**XIV. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ  
И РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЯРЫ**

БЕЛОРУССКИЙ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА  
ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Курсовой проект  
механической обработки  
детали \_\_\_\_\_

Исполнитель  
Студент \_\_\_\_\_ гр. МСФ

(Фамилия)

Консультант  
Доцент

(Фамилия)

МИНСК 1974

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	К-во листов		Примечание
				№ экз.	№ экз.	
1	11		Задание на проектирование	1		
2	11		Расчетно-пояснительная записка	27		
3	11		Технологический процесс механической обработки	14		
4	24		Чертежи операционных эскизов	2		
5	24		Чертеж приспособления для фрезерования шпоночного паза	1		
6	22		Чертеж зенкера комбинированного	1		
			(пример заполнения)			
				Расчетно-пояснительная записка		
				Изм.	Лист	№ докум.
				Подп.	Дата	
				Разраб.		
				Провер.		
				И. Контр.		
				Ведомость курсового проекта		Лист
						Лист
						Лист
				БЛИ КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»		

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Введение . . . . .
2. Назначение и конструкция детали . . . . .
3. Анализ конструкции обрабатываемой детали . . . . .
4. Определение типа производства . . . . .
- 4.1. Определение размера партии . . . . .
5. Выбор и определение стоимости заготовки
6. Выбор варианта технологического маршрута и предварительный технико-экономический расчет . . . . .
7. Расчет и определение по таблицам припусков на механическую обработку . . . . .
8. Расчет режимов резания . . . . .
9. Нормирование технологического процесса
10. Расчет и проектирование приспособления
11. Определение потребного количества оборудования и построение графиков . . . . .
12. Определение затрат по статьям себестоимости . . . . .
13. Литература . . . . .

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

					Расчетно-пояснительная записка

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

*Исходные данные:*

Годовая программа изделий  $N_1 = [ ]$  шт.  
 Количество деталей на изделии  $m = [ ]$  шт.  
 Процент запасных частей  $\beta = [ ]$  %  
 Режим работы предприятия [ ] смен в сутки  
 Годовая программа  $N = N_1 m \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) = \frac{N_1 m}{100} = [ ]$  шт. деталей  
 Действительный годовой фонд времени  $F_d = [ ]$  ч работы оборудования (табл. 4)  
 Такт выпуска деталей  $t_n = \frac{F_d \cdot 60}{N} = \frac{60}{[ ]} = [ ]$  мин/шт

Данные по существующему (аналогичному) заводскому технологическому процессу или по укрупненному нормированию операций

Операция	$T_{шт}$	Операция	$T_{шт}$	Операция	$T_{шт}$

Число операций  $n = [ ]$       Суммарное штучное время по всем операциям  
 Среднее штучное время  $\sum T_{шт} = [ ]$  мин

$$T_{шт. ср} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = \frac{[ ]}{[ ]} = [ ] \text{ мин}$$

Коэффициент серийности  $k_0 = \frac{t_n}{T_{шт. ср}} = \frac{[ ]}{[ ]} = [ ]$

Тип производства [ ]

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

	Расчетно-пояснительная записка	Лист
--	--------------------------------	------

**РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ В ПАРТИИ**

$N = [ \quad ]$  шт.;  $T_{шк. ср} = [ \quad ]$  мин

(данные из формуляра «Определение типа производства»)

Периодичность запуска-выпуска изделий  $a = [ \quad ]$  дней

Число рабочих дней в году  $F = [ \quad ]$  дней

Расчетное количество деталей в партии

$$n = \frac{Na}{F} = [ \quad ] \text{ шт.}$$

Расчетное число смен на обработку партии деталей на участке

$$c = \frac{T_{шк. ср} n}{480 \cdot 0,8} = \frac{[ \quad ]}{480 \cdot 0,8} = [ \quad ] \text{ смен}$$

Принятое число смен  $c_{пр} = [ \quad ]$  смен

Принятое число деталей в партии

$$n_{пр} = \frac{c_{пр} 480 \cdot 0,8}{T_{шк. ср}} = [ \quad ] \text{ шт.}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

*Handwritten calculations and notes:*  
 $T_{шк. ср} = 27 \text{ мин}$   
 $a = 1 \text{ день}$   
 $F = 270 \text{ дней}$   
 $N = 1000 \text{ шт.}$   
 $n = \frac{1000 \cdot 1}{270} = 3,7 \text{ шт.}$   
 $c = \frac{27 \cdot 3,7}{480 \cdot 0,8} = 0,26 \text{ смен}$   
 $c_{пр} = 1 \text{ смена}$   
 $n_{пр} = \frac{1 \cdot 480 \cdot 0,8}{27} = 14,1 \text{ шт.}$

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**СОПОСТАВЛЕНИЕ И ВЫБОР ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ**

Общие исходные данные

Материал детали [  $\quad$  ]  
 Масса детали  $q = [ \quad ]$  кг  
 Годовая программа  $N = [ \quad ]$  шт.  
 Такт выпуска  $t_v = [ \quad ]$   
 Производство [  $\quad$  ]

Эскиз заготовки

1-й вариант                      2-й вариант

Данные для расчетов стоимости заготовки по вариантам

Наименование показателей	1-й вариант	2-й вариант
Вид заготовки		
Класс точности		
Группа сложности		
Масса заготовки $Q$ , кг		
Стоимость 1 т заготовок, принятых за базу $C_1$ , руб.		
Стоимость 1 т стружки $S_{отх}$ , руб.		

Расчетно-пояснительная записка

Лист

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Стоимость заготовки по первому варианту

$$S_{заг1} = \left( \frac{C_1}{1000} Q k_T k_c k_n k_m k_p \right) - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000} \text{ руб.}$$

$k_T = [ ]$ ;  $k_c = [ ]$ ;  $k_n = [ ]$ ;  $k_m = [ ]$ ;  $k_p = [ ]$

$$S_{заг1} = \left( \frac{\quad}{1000} \right) - \left( \quad \right) \frac{\quad}{1000} = [ ] \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки по второму варианту

$$S_{заг2} = \frac{QS}{1000} - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000} = \frac{\quad}{1000} - \left( \quad \right) \frac{\quad}{1000} = [ ] \text{ руб.}$$

Стоимость механической обработки по первому варианту

Операция № [ ] [ (наименование) ] Станок [  $P_M, P_2$  ]

$\Pi = [ ]$ ;  $f = [ ] \text{ м}^2$ ;  $R = [ ]$ ;  $M_y = [ ] \text{ коп}$ ;  $T_{шт} [ ] \text{ мин}$ ;  $m_{пр} [ ]$ ;  $M = [ ]$ ;  $k_m = [ ]$ ;  $\alpha = [ ]$ ; Разряд работы [ ];

$C_{т.ф} = [ ] \text{ коп/ч}$ .

$$C_{п.з} = \frac{C_3}{M} + C_{ч.з} + E(K_c + K_3) \text{ коп/ч.}$$

$$\frac{C_3}{M} = \frac{C_{т.ф} \cdot 1,53 \cdot 1,15}{M} = \frac{1,53 \cdot 1,15}{\quad} = [ ] \text{ коп/ч.}$$

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^6 \cdot k_m \frac{\varphi}{1,14} \text{ коп/ч} \quad (C_{ч.з}^6 = [ ] \text{ коп/ч})$$

$$\varphi = 1 + \frac{\alpha(1 - \tau_a)}{\eta_a}; \quad \eta_a = \frac{T_{шт}}{T_{шт,пр}} = \frac{\quad}{\quad} = [ ]$$

$$\varphi = 1 + \frac{\quad}{\quad} = [ ]$$
;  $C_{ч.з}^6 = \frac{\quad}{\quad} = [ ] \text{ коп/ч.}$ 

$$K_c = \frac{6000 \Pi}{T_{шт} N} = \frac{100 \Pi}{\quad} = [ ] \text{ коп/ч.}$$

$$K_3 = \frac{6000 \cdot 75 \cdot F}{T_{шт} N} \text{ коп/ч}; \quad F = f \cdot k_f \text{ м}^2; \quad k_f = [ ]$$

$F = [ ] \text{ м}^2$ ;  $K_3 = [ ] \text{ коп/ч.}$

$$C_{п.з} = \frac{\quad}{\quad} = [ ] \text{ коп/ч}$$

$$C_0 = \frac{C_{п.з} T_{шт}}{60 \cdot \frac{1}{3}} = \frac{\quad}{60} = [ ] \text{ коп.}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

	Лист
Расчетно-пояснительная записка	Лист

Операция № [ ] [ (наименование) ] Станок [ ]

и т. д.  
Стоимость механической обработки по второму варианту

Операция № [ ] [ (наименование) ] Станок [ ]

и т. д.

Сравнение вариантов технологического процесса  
и методов получения заготовки

Наименование позиций	1-й вариант	2-й вариант
Вид заготовки		
Стоимость заготовки, коп.		
Отличающиеся операции механической обработки		
1-я операция		
Стоимость обработки, коп.		
2-я операция		
Стоимость обработки, коп.		
и т. д.		
Остальные операции по обоим вариантам одинаковы		
Технологическая себестоимость $C_0$ .		
коп.		
		Лист
Расчетно-пояснительная записка		Лист

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

### РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ

Схема установки

Исходные данные:

Наименование детал [ ]

Заготовка отливка

Масса [ ] кг; Класс точности [ ]

Рассчитать аналитически припуск на поверхности [ ]

$d$  на поверхности 1, 2, 3, 4, 5 назначить табличные значения припусков

Технологические переходы обработки поверхности [ ]	Элементы припуска, МКМ				$2z_{\min}^{\text{пр}}$	$d_{\text{пр}}$ , мм	$\delta$ , МКМ	$d_{\min}^{\text{пр}}$ , мм	$d_{\max}^{\text{пр}}$ , мм	$z_{\min}^{\text{пр}}$ , МКМ	$z_{\max}^{\text{пр}}$ , МКМ
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\epsilon$							
Заготовка											
1											
2											
i											
n-1											
n											

$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{СМ}}^2 + \rho_{\text{КОР}}^2}$  МКМ;  $\rho_{\text{СМ}} = \delta_{\text{В}} = [ ]$  МКМ;

$\rho_{\text{КОР}} = \sqrt{(\Delta_{\text{К}}d)^2 + (\Delta_{\text{К}}l)^2} = \sqrt{ } = [ ]$  МКМ;

$\rho_3 = \sqrt{ } = [ ]$  МКМ;

$\rho_1 = 0,05\rho_3 = [ ]$  МКМ;  $\rho_2 = 0,005\rho_3 = [ ]$  МКМ;

$\rho_3 = 0,002\rho_3 = [ ]$  МКМ;  $\rho_4 = 0$ ;

$\epsilon_1 = [ ]$  МКМ;  $\epsilon_2 = 0,06\epsilon_1 + \epsilon_{\text{ИПД}} = [ ]$  МКМ;

$\epsilon_3 = \epsilon_4 = \epsilon_n = \epsilon_{\text{ИПД}} = [ ]$  МКМ;

$\epsilon_{\text{ИПД}}$  принимается только при обработке на многопозиционных станках.

Расчетно-пояснительная записка

Лист

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

$2z_{\min_i} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2})$  МКМ

Для 1-го перехода

$$2z_{\min} = 2( ) = [ ]$$
 МКМ
 

Для 2-го перехода

$$2z_{\min} = ( ) = [ ]$$
 МКМ и т. д.

Расчетный размер для n-1-го перехода

$$d_{\text{р}n-1} = d_{\text{р}n} - 2z_{\min_n} = [ ]$$
 мм

Для n-2-го перехода

$$d_{\text{р}n-2} = d_{\text{р}n-1} - 2z_{\min_{n-1}} = [ ]$$
 мм

Для заготовки

$$d_{\text{р}3} = d_{\text{р}1} - 2z_{\min_1} = [ ]$$
 мм

$d_{\min_i} = d_{\max_i} - \delta$ , результаты записываются в таблицу

$z_{\min}^{\text{пр}} = d_{\max_i} - d_{\max_{i-1}}$  то же

$z_{\max}^{\text{пр}} = d_{\min_i} - d_{\min_{i-1}}$  » » »

$2z_{0\min}^{\text{пр}} = \sum_1^n 2z_{\min_i}^{\text{пр}} = [ ]$  МКМ

$2z_{0\max}^{\text{пр}} = \sum_1^n 2z_{\max_i}^{\text{пр}} = [ ]$  МКМ

Проверка правильности расчетов

$2z_{i\max}^{\text{пр}} - 2z_{i\min}^{\text{пр}} = \delta d_{i-1} - \delta d_i$  проверка производится по данным таблицы расчета

$2z_{0\max}^{\text{пр}} - 2z_{0\min}^{\text{пр}} = \delta d_3 - \delta d_n$

Номинальный расчетный припуск

$$2z_{0\text{НОМ}} = 2z_{0\min}^{\text{пр}} + Bd_3 - Bd_n$$
 МКМ

$Bd_3 = [ ]$  МКМ;  $Bd_n = [ ]$  МКМ

$2z_{0\text{НОМ}} = [ ]$  МКМ = [ ] мм

$d_{3\text{НОМ}} = d_{\text{р}1} - 2z_{0\text{НОМ}} = [ ]$  мм

Расчетно-пояснительная записка

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

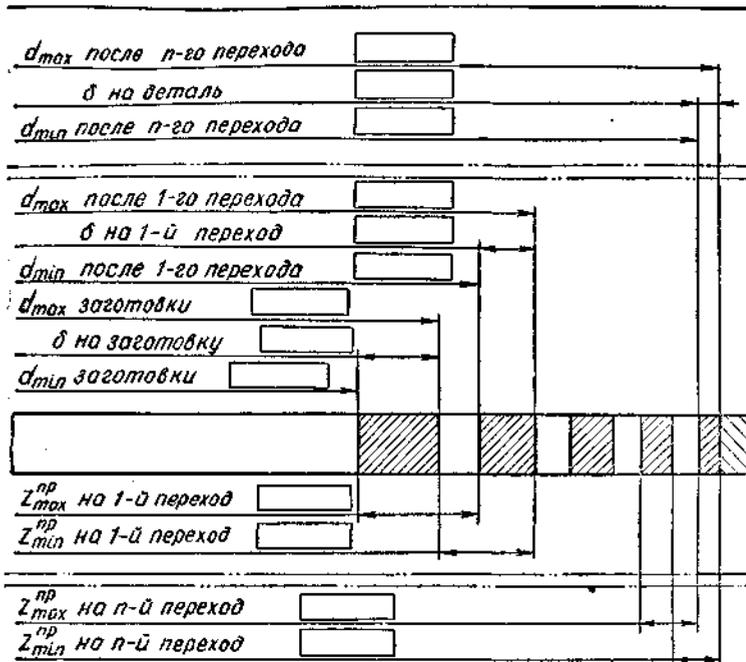
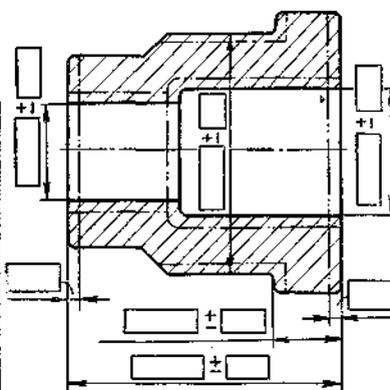


Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности [ ]

Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности детали по ГОСТ 1855—55, мм

Поверхность	Размер	Припуск	Допуск
1			
2, 4			
3			
2, 5			



Заготовка с начисленными припусками и допусками

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

### РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ

Одноинструментная обработка на токарных станках [ ]

Резец [ ]  $\varphi = [ ]^\circ$

Длина рабочего хода суппорта

$$L_{p.x} = l + l_1 + l_2 \text{ мм}; l_1 + l_2 = [ ] \text{ мм.}$$

$$L_{p.x} = [ ] \text{ мм.}$$

$$s_{0n} = [ ] \text{ мм/об}; s_{0np} = [ ] \text{ мм/об.}$$

При черновой обработке  $s_{0np}$  проверить по осевой силе резания допускаемой прочностью механизма подачи и по прочности державки резца

$$v = v_n k_{nv} k_{n\sigma} \text{ м/мин}$$

$$v_n = [ ] \text{ м/мин}; k_{nv} = [ ]; k_{n\sigma} = [ ]$$

$$v = [ ] \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D_{max}} = [ ] \text{ об/мин}$$

$$n_{np} = [ ] \text{ об/мин}$$

$$v_{np} = \frac{\pi D n_{np}}{1000} = [ ] \text{ м/мин}$$

$$N_{рез} = N_n k_N \text{ кВт}; N_n = [ ] \text{ кВт}; k_N = [ ]$$

$$N_{рез} = [ ] \text{ кВт.}$$

$$N_{ст} = [ ] \text{ кВт}; \eta_{ст} = [ ]$$

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{n_{np} s_{0np}} = [ ] \text{ мин.}$$

Для нескольких переходов, выполняемых последовательно, суммируются составляющие  $T_o$  по каждому переходу.

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ  
И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ**

Многоинструментная обработка на одношпиндельных  
токарных станках [ ]

Суппорт	№ инст- румента	$\varphi^\circ$	$l, \text{ мм}$	$l_1, \text{ мм}$	$l_{\text{доп}}, \text{ мм}$	$L, \text{ мм}$	$L_{р. х}, \text{ мм}$	$N_{рез}, \text{ кат}$	$k_N$	$N_{рез}, \text{ кат}$	проходный		поперечный	

$$L = l + l_1 + l_{\text{доп}} \text{ мм.}$$

Для сложных наладок  $L$  можно определить графически  
 $L_{р. х} = L_{пик}$

Для продольного суппорта  $s_{он} = [ ] \text{ мм/об.}$

$s_{опр} = [ ] \text{ мм/об.}$

Для поперечного суппорта  $s_{он} = [ ] \text{ мм/об.}$

Число оборотов за время работы лимитирующего суппорта

$$n_n = \frac{L_{р. хл}}{s_{он}} = [ ] \text{ об.}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

Продолжение

Расчетная подача для нелимитирующего суппорта

$$s_{он} = \frac{L_{р. хн}}{n_n} = [ ] \text{ мм/об.}; s_{опр} = [ ] \text{ мм/об.};$$

Предполагаемый лимитирующий инструмент-резец [ ]

$$\lambda = \frac{l}{L_{р. х}} = [ ]; T = T_m \cdot \lambda$$

$$T_m = [ ] \text{ мин}; T = [ ] \text{ мин}$$

$$v = v_n k_v k_{n_v} k_{T_v} \text{ м/мин}; v_n = [ ] \text{ м/мин}$$

$$k_v = [ ]; k_{n_v} = [ ]; k_{T_v} = [ ]$$

$$v = [ ] \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = [ ] \text{ об/мин}$$

$$n_{пр} = [ ] \text{ об/мин}$$

$$v_{пр} = \frac{\pi d n_{пр}}{1000} = [ ] \text{ м/мин}$$

$$\sum N_{рез} = \sum N_n k_N \text{ кат}; \sum N_n = [ ] \text{ кат}$$

$$\sum N_{рез} = [ ] \text{ кат.}$$

$$N_{ст} = [ ] \text{ кат}; \eta_{ст} = [ ]; \sum N_{рез} \leq 1.2 N_{ст} \eta_{ст}$$

$$T_o = \frac{L_{р. хл}}{n_{пр} s_{опр}} = [ ] \text{ мин}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Расчетно-пояснительная записка

Лист



Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Продолжение

$$s_{o.y} = \frac{s_{гпр}}{i} \text{ мм/об}; \quad \lambda = \frac{L_{рез}(l)}{L_{р.к}}; \quad T = T_m \lambda \text{ мин}$$

$v = v_n k_{гд} k_{мб} k_{lv} k_{lv}$  (коэффициенты только для сверл и зенкеров)

$$n = \frac{1000v}{\pi d} \text{ об/мин}; \quad s_m = ns_{o.y} \text{ мм/мин}$$

$$n_{ш} = \frac{s_m(\text{min})}{s_{гпр}} \text{ об/мин}; \quad n_{пр} = n_{пасп} i; \quad v_{пр} = \frac{\pi d n_{пр}}{1000} \text{ м/мин}$$

$$s_{мпр} = s_{гпр} n_{пр} \text{ мм/мин}; \quad T_o = \frac{L_{р.к}}{s_{мпр}} = \text{---} = [ \quad ] \text{ мин}$$

$$\sum P_x = [ \quad ] \text{ кг}; \quad P_{ст} = [ \quad ] \text{ кг}; \quad \sum N_{рез} = [ \quad ] \text{ квт};$$

$$N_{ст} = [ \quad ] \text{ квт.}$$

Расчетно-пояснительная записка

Лист

### РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ

Многоинструментная обработка одной головкой на агрегатном станке [ ]

№ инст.	$l, \text{ мм}$	$l_1, \text{ мм}$	$L_{р.п}, \text{ мм}$	$l_{y.п}, \text{ мм}$	$l_{y.о}, \text{ мм}$	$s_{o.н}, \text{ мм/об}$	$k_{i_s}$	$s_o, \text{ мм/об}$		

$T_m, \text{ мин}$	$\lambda$	$T, \text{ мин}$	$v_n, \text{ м/мин}$	$v, \text{ м/мин}$	$n, \text{ об/мин}$	$s_m, \text{ мм/мин}$	$s_{мпр}, \text{ мм/мин}$	$n_{пр}, \text{ об/мин}$	$v_{пр}, \text{ м/мин}$	

$L_{р.п}$  — величина перемещения головки с рабочей подачей  
 $L_{р.п} = (l + l_1)_{\text{стан}}$   
 $l_{y.п}$  — величина ускоренного подвода головки выбирается исходя из особенностей наладки и конфигурации детали (для агрегатных станков 150—200 мм);  
 $l_{y.о}$  — величина ускоренного отвода головки в исходное положение  
 $l_{y.о} = l_{y.п} + L_{р.п}$   
 $s_o = s_{o.н} k_{i_s} \text{ мм/об}$  ( $k_{i_s}$  только для сверл).

Расчетно-пояснительная записка

Лист

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Продолжение

$$\lambda = \frac{l}{L_{p.p}} \quad T = T_M \lambda \text{ мин}$$

$v = v_n k_{T_0} k_{M_0} k_{l_0} k_{n_0}$  м/мин (коэффициенты только для сверл и зенкеров)

$$n = \frac{1000v}{\pi d} \text{ об/мин}; \quad s_m = s_{0l} \text{ мм/мин.}$$

$$s_{m_{пр}} = s_{m_{min}}; \quad n_{пр} = \frac{s_{m_{пр}}}{s_0} \text{ об/мин.}$$

$$v_{пр} = \frac{\pi d n_{пр}}{1000} \text{ м/мин}$$

$$\sum P_x = [ \quad ] \text{ кг}; \quad \sum N_{рез} = [ \quad ] \text{ квт}$$

Выбираем: бабку силовую [ ] МН 5550—64  
стол силовой [ ] МН 2755—61

Выбор силовой бабки осуществляется по мощности электродвигателя, соответствующей  $\sum N_{рез}$ , числу оборотов выходного вала ближайшему  $n_{пр}$  инструментальных шпинделей, с учетом минимальной цены комплекта.

Выбор силового стола производится по наибольшему усилию подачи стола, соответствующему  $\sum P_x$ , диапазону рабочих подач, соответствующему  $s_{m_{пр}}$ , с учетом минимальной цены комплекта.

$$P_{x. \text{стола}} = [ \quad ] \text{ кг}; \quad N_{б.б.к.и} = [ \quad ] \text{ квт}$$

$$T_0 = \frac{L_{p.p}}{s_{m_{пр}}} + \frac{l_{y.p} + l_{y.o}}{s_{0.x} \cdot 1000} \text{ мин}$$

Скорость быстрого хода стола  $s_{0.x} = [ \quad ]$  м/мин

$$T_{\bullet} = \text{---} + \text{---} = [ \quad ] \text{ мин}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

### РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ

Одноинструментная обработка на фрезерных станках [ ]

$$L_{p.x} = l + l_1 + l_2, \text{ мм.}$$

$$l_1 = [ \quad ] \text{ мм}; \quad l_2 = [ \quad ] \text{ мм,}$$

$l_2$  учитывается для работы по методу пробных проходов и не учитывается при работе на предварительно настроенных станках

$$L_{p.x} = \text{---} = [ \quad ] \text{ мм}$$

$$s_{z_{п}} = [ \quad ] \text{ мм/зуб}; \quad \frac{D}{z} = [ \quad ]$$

$$(v; n; s_m) = (v, n, s_m) k \text{ м/мин; об/мин; мм/мин}$$

$$k = k_M k_n k_b k_\varphi k_n$$

$$v_n = [ \quad ] \text{ м/мин}; \quad n_n = [ \quad ] \text{ об/мин}; \quad s_{m_n} = [ \quad ] \text{ мм/мин}$$

$$k_M = [ \quad ]; \quad k_n = [ \quad ]; \quad k_b = [ \quad ]; \quad k_\varphi = [ \quad ]; \quad k_n = [ \quad ]$$

$$v = \text{---} = [ \quad ] \text{ м/мин}$$

$$n = \text{---} = [ \quad ] \text{ об/мин}$$

$$s_m = \text{---} = [ \quad ] \text{ мм/мин}$$

$$n_{пр} = [ \quad ] \text{ об/мин}; \quad s_{m_{пр}} = [ \quad ] \text{ мм/мин}$$

$$v_{пр} = \frac{\pi D n_{пр}}{1000} = \text{---} = [ \quad ] \text{ м/мин}$$

$$s_{z_{пр}} = \frac{s_{m_{пр}}}{n_{пр} z} = \text{---} = [ \quad ] \text{ мм/зуб}$$

$$N_{рез} = N_n k_{\varphi N} k_{TN} \text{ квт}$$

$$N_n = [ \quad ] \text{ квт}; \quad k_{\varphi N} = [ \quad ]; \quad k_{TN} = [ \quad ]$$

$$N_{рез} = \text{---} = [ \quad ] \text{ квт}$$

$$N_{ст} = N_n \eta_{ст}; \quad N_n = [ \quad ] \text{ квт}; \quad \eta_{ст} = [ \quad ]$$

$$N_{ст} = \text{---} = [ \quad ] \text{ квт}$$

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{s_{m_{пр}}} = \text{---} = [ \quad ] \text{ мин}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ**

Многоинструментная обработка на одношпиндельных фрезерных станках с прямолинейной подачей [ ]

$$L_{p, x} = l + l_1 + l_{доп} \text{ мм.}$$

$$l_1 = [ ] \text{ мм; } l_{доп} = [ ] \text{ мм.}$$

$$L_{p, x} = [ ] \text{ мм.}$$

$$b_{cp} = \frac{F}{l} \text{ мм; } F = [ ] \text{ мм}^2$$

$$b_{cp} = [ ] \text{ мм.}$$

№ инстру- мента	$s_{2н}^*$ мм/зуб	$s_0$ мм/об	$s_{0пр}^*$ мм/об	$s_{2пр}^*$ мм/зуб	$T_{мн}$ мин	$\lambda$	$T_{мн}$ мин	$v_{н'}$ м/мин	$n_{н'}$ м/мин	$s_{мн}^*$ мм/мин	$k_T$

Продолжение таблицы

$v$ м/мин	$n$ об/мин	$s_m^*$ мм/мин	$n_{пр}^*$ об/мин	$s_{мпр}^*$ мм/зуб	$s_{2пр}^*$ мм/зуб	$N_{рез}$ кат	$k_N$	$N_{рез}^*$ кат

$$s_{0пр} = s_{0min}; \quad s_{2пр} = \frac{s_{0пр}}{z_n} \text{ мм/зуб}$$

$$T = k_{\phi} (T_{M_1} + T_{M_2} + \dots + T_{M_n}) \lambda; \quad k_{\phi} = [ ]$$

$$(v; n; s_m) = k(v; n; s_m)_н \text{ м/мин; об/мин; мм/мин.}$$

$$k = 0.85 k_n k_v k_T; \quad k_n = [ ]; \quad k_v = [ ]; \quad k_T = \frac{T}{T_M}$$

$$s_{2пр} = \frac{s_{мпр}}{n_{пр} z_n} \text{ мм/зуб.}$$

$$N_{рез} = N_n k_N \text{ кат; } \sum N_{рез} = [ ] \text{ кат}$$

$$N_{ст} = N_d \eta_{ст} \text{ кат; } N_d = [ ] \text{ кат; } \eta_{ст} = [ ]$$

$$N_{ст} = [ ] \text{ кат}$$

$$T_o = \frac{L_{p, x}}{s_{мпр}} = [ ] \text{ мин}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ**

Обработка червячными фрезами на зубофрезерных станках [ ]

$$L_{p, x} = l + l_1 \text{ мм; } l_1 = [ ] \text{ мм}$$

$$L_{p, x} = [ ] \text{ мм}$$

$$s_0 = s_{0н} k_{M_3} k_{\beta_3} \text{ мм/об}$$

$$s_{0, н} = [ ] \text{ мм/об; } k_{M_3} = [ ]; \quad k_{\beta_3} = [ ]$$

$$s_0 = [ ] \text{ мм/об.}$$

$$v = v_n k_{M_v} k_{w_v} k_{\beta_v} k_{\Delta_v} \text{ м/мин}$$

$$v_n = [ ] \text{ м/мин; } k_{M_v} = [ ]; \quad k_{w_v} = [ ]$$

$$k_{\beta_v} = [ ]; \quad k_{\Delta_v} = [ ]$$

$$v = [ ] \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = [ ] \text{ об/мин}$$

$$n_{пр} = [ ] \text{ об/мин}$$

$$v_{пр} = \frac{\pi D n_{пр}}{1000} = [ ] \text{ м/мин}$$

$$N_{рез} = N_n k_{M_N} k_{w_N} k_{\beta_N} k_N \text{ кат}$$

$$N_n = [ ] \text{ кат; } k_{M_N} = [ ]; \quad k_{w_N} = [ ]; \quad k_{\beta_N} = [ ]$$

$$k_N = [ ]; \quad N_{рез} = [ ] \text{ кат}$$

$$N_{ст} = N_d \eta_{ст} \text{ кат; } N_d = [ ] \text{ кат; } \eta_{ст} = [ ]$$

$$N_{ст} = [ ] \text{ кат}$$

$$T_o = \frac{L_{p, x} z}{n_{пр} s_0 k} = [ ] \text{ мин}$$

или

$$T_o = \frac{L_{p, x}}{s_m} \text{ мин; } s_m = \frac{s_0 n k}{z} \text{ мм/мин}$$

$v$ м/мин	$n$ об/мин	$s_m^*$ мм/мин	$n_{пр}^*$ об/мин	$s_{мпр}^*$ мм/зуб	$s_{2пр}^*$ мм/зуб	$N_{рез}$ кат	$k_N$	$N_{рез}^*$ кат

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ  
И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ**

Обработка на зубодолбежных станках, работающих  
многолезцовой головкой

Усилие резания на один резец  $P_{рез} = \frac{P_{э\max} k_{мр}}{z}$  кг/зуб

$P_{э\max} =$  кг (из технической характеристики  
станка)  $k_{мр}$

$P_{рез} =$  [ ] кг/зуб; число резцов  $R =$  [ ]

Длина хода штосселя  $L = l_{рез} + (10 \div 15)$  мм = [ ] мм

$$V = \frac{L k_{мв}}{6,25} \text{ м/мин}; \quad k_{мв} = [ ]$$

$$V = \frac{\quad}{6,25} = [ ] \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{500 V}{L} = \frac{500}{\quad} = [ ] \text{ об./мин}$$

$$T_o = \frac{R \cdot 60}{n} + k \text{ сек}$$

Время опускания и подъема салазок  $k =$  сек (из  
технической характеристики станка)

$$T_o = \quad + \quad = [ ] \text{ сек} = [ ] \text{ мин}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ  
И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ**

Наружное круглое шлифование с продольной подачей [ ]

Способ подачи [ ]. Срок службы станка [ ] лет

$n_d =$  [ ] об/мин

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{\quad}{\quad} = [ ] \text{ м/мин}$$

$s_m =$  [ ] мм/мин.

$$s_{t_x} = s_{t_x \cdot n} k_m k_k k_{ш} k_{ф} k_n k_t \text{ мм/ход}$$

$s_{t_x \cdot n} =$  [ ] мм/ход

$k_m =$  [ ];  $k_k =$  [ ];  $k_{ш} =$  [ ];  $k_{ф} =$  [ ]

$k_n =$  [ ];  $k_t =$  [ ]

$$s_{t_x} = \quad = [ ] \text{ мм/ход}$$

$$N_{рез} = N_n k_1 k_2 \text{ квт}$$

$N_n =$  [ ] квт;  $k_1 =$  [ ];  $k_2 =$  [ ]

$$N_{рез} = \quad = [ ] \text{ квт}$$

Исходя из режима бесприжогового шлифования

$$N_{пред} = N_{н. уд} B_{кр} \text{ квт}; \quad N_{н. уд} = [ ] \text{ квт}$$

$$N_{пред} = \quad = [ ] \text{ квт}$$

$$T_o = \frac{L_n \Pi}{s_m s_{t_x}} = \frac{\quad}{\quad} = [ ] \text{ мин}$$

$\Pi$  — припуск на сторону, мм

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ  
И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ**

Бесцентровое шлифование с продольной подачей

$$n_d = [ \quad ] \text{ об/мин}$$

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = [ \quad ] \text{ м/мин}$$

$$s_m = s_{m.н} k_m k_k k_n \text{ мм/мин}$$

$$s_{m.н} = [ \quad ] \text{ мм/мин}; k_m = [ \quad ]; k_k = [ \quad ];$$

$$k_n = [ \quad ]; s_m = [ \quad ] \text{ мм/мин}$$

$$i = [ \quad ]; k_1 = [ \quad ]; k_2 = [ \quad ]; \dots k_l = [ \quad ]$$

$$\text{Для 1-го прохода } 2t_1 = 2tk_1 = [ \quad ] \text{ мм}$$

$$\text{Для 2-го прохода } 2t_2 = 2tk_2 = [ \quad ] \text{ мм}$$

$$\text{Для } i\text{-го прохода } 2t_i = 2tk_i = [ \quad ] \text{ мм}$$

$$N_{рез} = N_n k_1 k_2 \text{ кат}$$

$$N_n = [ \quad ] \text{ кат}; k_1 = [ \quad ]; k_2 = [ \quad ]$$

$$N_{рез} = [ \quad ] \text{ кат}$$

$$T_o = \frac{L_d i}{s_m} = [ \quad ] \text{ мин}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ  
И ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ**

Наружное круглое шлифование с радиальной подачей

Способ подачи [ \quad ] Срок службы станка [ \quad ] лет

$$n_d = [ \quad ] \text{ об/мин}$$

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = [ \quad ] \text{ м/мин}$$

$$s_{i.м} = s_{i.м.н} k_m k_k k_{ш} k_{\phi} k_n k_T \text{ мм/мин}$$

$$s_{i.м.н} = [ \quad ] \text{ мм/мин}; k_m = [ \quad ]; k_k = [ \quad ]$$

$$k_{ш} = [ \quad ]; k_{\phi} = [ \quad ]; k_n = [ \quad ]; k_T = [ \quad ]$$

$$s_{i.м} = [ \quad ] \text{ мм/мин}$$

$$N_{рез} = N_n k_i \text{ кат}; N_n = [ \quad ] \text{ кат}; k_i = [ \quad ]$$

$$N_{рез} = [ \quad ] \text{ кат}$$

Исходя из режима бесприжогового шлифования

$$N_{пред} = N_{н. уд} B_{шл} \text{ кат}; N_{н. уд} = [ \quad ] \text{ кат}$$

$$N_{пред} = [ \quad ] \text{ кат}$$

$$T_o = \frac{П}{s_{i.м}} = [ \quad ] \text{ мин}$$

П — припуск на сторону, мм

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**УКРУПНЕННЫЙ РАСЧЕТ ЦЕНЫ И КАТЕГОРИИ  
РЕМОНТНОЙ СЛОЖНОСТИ АГРЕГАТНОГО  
СТАНКА [ ]**

Компоновка   
 Число позиций  из них: рабочих   
 загрузочных

Поворотный стол  МН 4491—63

Диаметр планшайбы  мм

(эскиз размещения деталей на столе приведен на рис. 11)

Стол силовой  МН 2755—61

(данные по выбору стола силового приведены в карте расчета элементов режима резания и основного времени)

Приспособление высотой  мм

Вес комплектов, кг

Стол силовой К1 2970 × 1 2970

Стол поворотный К2 3040 × 1 3040

Приспособление К5 700 × 4 2800

Вес станка

Цена станка (табл. 23)  $S =$   тыс. руб.

$$P = uS + m$$

$$u =$$
   $m =$

$$P = 0,64 \times 19 + 2 =$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ОБОРУДОВАНИЯ**

Такт выпуска  $t_{\text{в}} =$  [ ] мин

Операция	$T_{\text{ср}}$ мин	$T_{\text{шт}}$ (штук), мин	$m_p$	$m_n$	$\eta_a$	$\eta_o$	$N_{\text{пр. кет}}$	$N_{\text{ст. кет}}$	$\eta_m$

$$\eta_{\text{эср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_a}{n} = \text{---} = [ \quad ]$$

$$\eta_{\text{оср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_o}{n} = \text{---} = [ \quad ]$$

$$\eta_{\text{мср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_m}{n} = \text{---} = [ \quad ]$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРАБОТАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

1. Расчет стоимости операций механической обработки

Операция № [ ] [ (наименование) ] Станок [ ]  
 $C = [ ] \cdot 1,1 = [ ] \text{ руб.}; f = [ ] \text{ м}^2;$   
 $R = [ ]; M_y = [ ] \text{ квт}; T_{шт} = [ ] \text{ мин}; m_{пр} = [ ];$   
 $M = [ ]; k_m = [ ]; a = [ ];$   
 разряд работы [ ];  $C_{т.ф} = [ ] \text{ коп/ч}$

$$C_{п.з} = \frac{C_3}{M} + C_{ч.з} + E(K_0 + K_3) \text{ коп/ч}$$

и т. д. (расчет ведется по методике раздела «Выбор варианта технологического маршрута и его технико-экономическое обоснование» по всем операциям)

2. Таблица подсчета технологической себестоимости детали по стоимости заготовки и операциям механической обработки

Наименование позиций	Стоимость, коп.	Наименование позиций	Стоимость, коп.
----------------------	-----------------	----------------------	-----------------

Заготовка  
 Операция № 5  
 (наименование)  
 Операция № 10  
 (наименование)  
 и т. д.

Стоимость заготовки берется из формуляра «Сопоставление и выбор технологического процесса при различных способах получения заготовки».  
 Технологическая себестоимость

$$C_T = S_{заг} + \sum_1^n C_{oi} = [ ] \text{ коп}$$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

**3. Циклограмма многостаночного обслуживания на проектируемом участке**

Операция	
Операция	
Операция	
Загрузка рабочего	

Число единиц оборудования  $m_{ст} = [ ]$   
 Число рабочих-станочников в одну смену  $P = [ ]$   
 Коэффициент многостаночности  $M = \frac{m_{ст}}{P} = [ ]$

4. Таблица основных технико-экономических показателей разработанного технологического процесса

Наименование показателей	Источник или расчетная формула
--------------------------	--------------------------------

Наименование детали	Задание на проектирование
Годовая программа, шт.	То же
Число смен работы	« »
Действительный годовой фонд времени работы оборудования	$F_{д.о} = [ ] \text{ ч (табл. 5)}$
Действительный годовой фонд времени рабочего	$F_{д.р} = [ ] \text{ ч (табл. 4)}$
Масса готовой детали, кг	$q = [ ] \text{ кг}$
Масса заготовки, кг	$Q = [ ] \text{ кг}$
Коэффициент использования металла заготовки, %	$\eta_m = \frac{q}{Q} = \frac{100}{[ ]} = [ ] \%$
Технологическая себестоимость детали	$C_T = S_{заг} + \sum_1^n C_{oi} = [ ] \text{ руб.}$

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104—68

Расчетно-пояснительная записка

Лист

Продолжение табл. 4	
Наименование показателей	Источник или расчетная формула
Годовой выпуск продукции по технологической себестоимости	$B = C_r N = [ ] \text{ руб.}$
Сумма основного времени по операциям	$T_{\text{ос}} = \sum_1^n T_{\text{от}_i} = [ ] \text{ мин}$
Сумма штучного времени по операциям	$T_{\text{шт}_2} = \sum_1^n T_{\text{шт}_i} = [ ] \text{ мин}$
Средний коэффициент использования оборудования по основному времени	$\eta_{\text{оср}} = \frac{T_{\text{ос}}}{T_{\text{шт}_2}} 100 = [ ]$
Средний коэффициент загрузки оборудования	$\eta_{\text{зср}} = \frac{\sum_1^n \frac{T_{\text{шт}_i}}{t_n m_{n_i}}}{n} 100 = [ ]$
Количество единиц производственного оборудования	$D = \sum_1^n m_n = [ ] \text{ ед.}$
Число наладчиков	$H = \frac{D}{8} = [ ] \text{ чел.}$
Фонд зарплаты рабочих-станочников и наладчиков	$\Phi = \sum_1^n \frac{C_{s_i} T_{\text{шт}_i}}{M_i 60} N = [ ] \text{ руб.}$
Среднемесячная зарплата одного рабочего	$Z_m = \frac{\Phi}{(P + H) 12} = [ ] \text{ руб.}$
Годовой выпуск продукции на одного производственного рабочего	$b_p = \frac{B}{P} = [ ] \text{ руб.}$
	Расчетно-пояснительная записка
	Лист

Дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68

### ЛИТЕРАТУРА

1. Чарико Д. В. Основы выбора технологического процесса механической обработки. М., 1963.
2. Технологичность конструкций. Под ред. С. Л. Афаньева, В. П. Купревича. М., 1969.
3. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. М., 1969.
4. Основы технологии машиностроения. Под ред. В. С. Корсакова. М., 1963.
5. Типовые решения по технологическим процессам производства заготовок (поковок) ОМТМ 2311-001-65, 2311-002-65. М., 1965.
6. Типовые технологические решения по изготовлению отливок. ОМТМ 1312-001-65.
7. Методика определения экономической эффективности внедрения новой техники, механизации и автоматизации производственных процессов в машиностроении. М., 1963.
8. Единый тарифно-квалификационный справочник рабочих (сквозные профессии). М., 1961.
9. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий. М., 1967.
10. Инструкция по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции на предприятиях машиностроения и металлообработки. М., 1964.
11. Гамрат-Курек Л. И., Иванов К. Ф., Червинская И. Ю. Выбор варианта изготовления изделий и коэффициенты затрат. М., 1968.
12. Металлорежущие станки. Каталог-справочник М., 1971.
13. Станки с программным управлением. Каталог-справочник. Под ред. П. М. Пенькова. М., 1967.
14. Спиридонов А. А., Федоров В. Б. Металлорежущие станки с программным управлением. М., 1972.
15. Росика А. И. Подготовка чертежей при программированном изготовлении деталей. М., 1967.
16. Справочник технолога-машиностроителя. Т. I, под ред. А. Г. Косилова, Р. К. Мещерякова. М., 1972.
17. Справочник технолога-машиностроителя. т. II, под ред. А. Н. Малова. М., 1972.
18. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. I. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. М., 1967.
19. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. II. Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбонакатные и отрезные станки. М., 1967.

20. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. М., 1967.
21. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на протяжных станках. М., 1969.
22. Режимы резания металлов. Справочник. Под ред. Ю. В. Барановского М., 1972.
23. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. М., 1970.
24. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т. II, М., 1961.
25. ГОСТ 16467—70. Статистические показатели точности и стабильности технологических операций. Методы расчета.
26. ГОСТ 15893—70. Статистическое регулирование технологических процессов. Метод медиан и индивидуальных значений.
27. ГОСТ 15894—70. Статистическое регулирование технологических процессов. Метод средних арифметических значений и размахов.
28. Методика. Качество продукции. Статистические методы управления. Регулирование технологических процессов методом групп качества. М., 1971.
29. ГОСТ 16490—70. Качество продукции. Контроль качества приемочный статистический с учетом процента принятых партий с первого предъявления.
30. Мамет О. П. Краткий справочник конструктора-станкостроителя. М., 1967.
31. Горошкин А. Н. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М., 1971.
32. Тиллес С. А. Экономика технологических процессов механической обработки. М., 1964.
33. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. М., 1971.
34. Уткин Н. Ф. Приспособления для механической обработки. Л., 1969.
35. Маталин А. А. Точность механической обработки и проектирование технологических процессов. Л., 1970.
36. Валитов А. М. Расчет точности станочных приспособлений. Методическое пособие. Л., 1965.
37. Зависляк Н. И. Современные приспособления к металлорежущим станкам. Л., 1967.
38. Болотин Х. Л., Костромин Ф. П. Станочные приспособления. М., 1973.
39. Антонюк В. Е., Королев В. А., Башеев С. М. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. Минск, 1969.
40. Разумов И. М. и др. Организация и планирование машиностроительного производства. М., 1967.
41. Гамрат-Курек Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов. М., 1968.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие к 3-му изданию	3
Введение	5
Состав курсового проекта	7
Последовательность выполнения курсового проекта	8
Назначение и конструкция детали	10
Анализ технологичности конструкции детали	11
Определение типа производства	19
Анализ существующего технологического процесса	24
Выбор заготовки	25
Общие рекомендации	25
Заготовки из калиброванного материала	26
Штампованные заготовки	27
Отливки	28
Экономическое обоснование выбора заготовки	31
Выбор варианта технологического маршрута и его технико-экономическое обоснование	40
Выбор металлорежущих станков	50
Методические указания	50
Применение агрегатных станков	52
Применение станков с программным управлением	58
Расчет припусков	62
Расчет режимов резания	96
Нормирование технологического процесса	111
Определение основного (технологического) времени	111
Определение вспомогательного времени	112
Определение времени обслуживания рабочего места	114
Определение времени перерывов на отдых и личные надобности	114
Определение подготовительно-заключительного времени	115
Методика разработки норм времени	115
Определение потребного количества оборудования и построение графиков	117
Построение графиков	118
Оформление технологических карт	121
Графическая часть курсового проекта	136
Чертеж готовой детали и заготовки	136
Операционные эскизы	144
	285

Расчет и проектирование приспособлений	145
Общие указания	145
Экономическое обоснование целесообразности применения специальных приспособлений	151
Методика расчета сил зажима	151
Расчет сил зажима при сверлильных работах	155
Расчет сил зажима при обработке деталей фрезерованием	157
Расчет допустимой погрешности изготовления приспособления	158
Модернизация существующих конструкций приспособлений	164
Основные технико-экономические показатели разработанного технологического процесса	165
Оформление расчетно-пояснительной записки	167
<b>Приложения</b>	172
I. Приближенные формулы для норм времени по обрабатываемой поверхности [11]	172
II. Средние значения $k_m$ и $\alpha$ по группам оборудования [39]	173
III. Таблицы экономической точности обработки на металлорежущих станках	176
IV. Технические характеристики металлорежущих станков. Автоматы, полуавтоматы и токарно-винторезные станки	179
V. Сводная таблица по режимам резания	239
VI. Примеры заполнения технологических карт	240
VII. Форма основной надписи на чертежах курсового проекта	245
VIII. Расположение операционных эскизов на листе формата 24	245
IX. Форма угловой таблички чертежей операционных эскизов многоинструментной обработки	246
X. Форма угловой таблички чертежей операционных эскизов одноинструментной обработки	246
XI. Пример выполнения операционного эскиза	247
XII. Перечень некоторых стандартов на детали и узлы станочных приспособлений	247
XIII. 1. Значения нормализованных знаменателей рядов $\phi$ , возведенные в степени	249
XIII. 2. Числа в дробных показателях степеней	250
XIV. Пример оформления расчетно-пояснительной записки и расчетные формуляры	252
Форма титульного листа	252
Ведомость курсового проекта	253
Содержание	254
Определение типа производства (расчетный формуляр)	255
Расчет количества деталей в партии	256
Сопоставление и выбор варианта технологического процесса при различных способах получения заготовки (расчетный формуляр)	257
Расчет припусков на обработку (РФ)	260
Расчет элементов режима резания и основного времени	263
Одноинструментная обработка на токарных станках (РФ)	263
Многоинструментная обработка на одношпиндельных токарных станках (РФ)	264
Одноинструментная обработка на сверлильных станках (РФ)	266
Многоинструментная обработка на сверлильных станках (с одной многошпиндельной головкой) (РФ)	267
Многоинструментная обработка одной головкой на агрегатном станке (РФ)	269
Одноинструментная обработка на фрезерных станках (РФ)	271

Многоинструментная обработка на одношпиндельных фрезерных станках с прямой подачей (РФ)	272
Обработка червячными фрезами на зубофрезерных станках (РФ)	273
Обработка на зубодолбежных станках, работающих многорезцовой головкой (РФ)	274
Наружное круглое шлифование с продольной подачей (РФ)	275
Бесцентровое шлифование с продольной подачей (РФ)	276
Наружное круглое шлифование с радиальной подачей (РФ)	277
Укрупненный расчет цены и категории ремонтной сложности агрегатного станка (РФ)	278
Расчет коэффициентов использования оборудования (РФ)	279
Расчет основных технико-экономических показателей разработанного технологического процесса (РФ)	280
<b>Литература</b>	283

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ.**  
Под ред. А. Ф. Горбачевича

Редактор *Л. Н. Базулько*  
Обложка *В. Л. Милевского*  
Худож. редактор *Г. И. Важнов*  
Техн. редактор *М. Н. Кислякова*  
Корректоры *С. С. Голод, Л. А. Барковская*

АТ 03012. Сдано в набор 30/V 1974 г. Подписано к печати  
31/I 1975. Бумага 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Типогр. № 1. Печ. л. 18.  
Уч.-изд. л. 23,67. Изд. № 72—76. Тираж 8000 экз.  
Цена 79 коп.

Издательство «Высшая школа» Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Редакция литературы по технике. 220600. Минск, ул. Кирова, 24.  
Набрано и заматрировано на книжной фабрике им. М. В. Фрунзе Республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, Харьков, Донец-Захаржевская, 6/8. Зак. 4-320.  
Отпечатано Минским полиграфическим комбинатом им. Я. Коласа Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Минск, Красная, 23. Зак. 1253.