

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра механики материалов, конструкций и машин

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Методические указания

Составитель
Г.А. Клещарева

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья, 20.03.01 Техносферная безопасность и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Оренбург
2021

УДК 621.82(076.5)

ББК 34.442я7

С48

Рецензент – профессор, доктор технических наук Ю.А. Чирков

С48 Структурный анализ плоских рычажных механизмов: методические указания / составитель Г.А. Клещарева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2021. – 29 с.

Методические указания содержат: цель работы, порядок выполнения лабораторной работы, теоретические основы теории механизмов и машин, пример выполнения лабораторной работы, варианты исследуемых механизмов, контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для выполнения структурного анализа в лабораторных работах по дисциплинам «Теория механизмов и машин», «Прикладная механика», для обучающихся направлений подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья, 20.03.01 Техносферная безопасность и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства.

Данные указания также могут быть полезны при выполнении отдельных разделов выпускных квалификационных работ.

УДК 621.82(076.5)

ББК 34.442я7

© Клещарева Г.А.,
составление, 2021

© ОГУ, 2021

Содержание

	Введение	4
1	Структурный анализ плоских рычажных механизмов	5
1.1	Цель работы.....	5
1.2	Оборудование.....	5
1.3	Порядок выполнения работы	5
2	Теоретические основы теории механизмов и машин	6
2.1	Основные понятия и определения	6
2.2	Классификация механизмов и кинематических пар.....	8
2.3	Группы Ассура.....	13
2.4	Последовательность структурного анализа.....	15
2.5	Выбор масштабного коэффициента	15
3	Пример выполнения лабораторной работы и оформления отчета.....	16
3.1	Цель работы.....	16
3.2	Оборудование.....	16
3.3	Последовательность проведения структурного анализа.....	16
3.4	Наименование звеньев и их количество.....	18
3.5	Кинематические пары и их классификация.....	19
3.6	Определение степени подвижности плоского рычажного механизма по формуле А.П. Малышева	19
3.7	Разделение механизма на группы Ассура.....	20
3.8	Структурная формула механизма	20
4	Варианты исследуемых механизмов.....	21
5	Вопросы для самопроверки	27
	Список использованных источников.....	29

Введение

В процессе изучения дисциплин «Теория механизмов и машин», «Прикладная механика» обучающиеся получают теоретические знания по расчету, анализу и синтезу встречающихся в практике различных механизмов. Полученные знания закрепляются при выполнении лабораторных работ, в которых обучающиеся на практике выполняют расчеты, анализ и синтез механизмов. Структурный анализ является первой частью расчетов, выполняемых обучающимися в процессе работы над курсовыми проектами. Результаты структурного анализа являются исходными данными для дальнейшей работы при выполнении проектов.

В настоящих методических указаниях даны рекомендации и рассмотрен пример структурного анализа плоского рычажного типового механизма.

Методические указания способствуют реализации компетенций: ОПК-1 способностью к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий – 15.03.02 Технологические машины и оборудование; ОПК-2 владением физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем – 15.03.06 Мехатроника и робототехника; ОПК-1 способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий – 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья; ПК-22 способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач – 20.03.01 Техносферная безопасность.

1 Структурный анализ плоских рычажных механизмов

1.1 Цель работы

Научиться составлять кинематические схемы механизмов в соответствии с ГОСТ 2.770-68 [1].

Научиться проводить структурный анализ и классификацию механизмов.

1.2 Оборудование

Для выполнения работы используются: реальные механизмы или их модели, чертежные инструменты.

1.3 Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с теоретической частью настоящих методических указаний.
- 2) Ознакомиться с механизмом.
- 3) Определить число и название звеньев, название механизма и его назначение, выбрать положение механизма, при котором хорошо видно относительное расположение его звеньев.
- 4) Замерить при помощи линейки длины всех звеньев и координаты неподвижных точек (основная единица измерения длины в системе СИ – м).
- 5) Выбрать масштабный коэффициент μ_e , (м/мм) и определить размеры звеньев на чертеже в мм.
- 6) Пользуясь условными обозначениями, вычертить кинематическую схему механизма.
- 7) Пронумеровать все звенья, начиная от входного, подсчитать число подвижных звеньев.
- 8) Подсчитать число кинематических пар, определить подвижность, класс и вид движения.
- 9) Определить степень подвижности механизма по формуле А.П. Малышева.
- 10) Разложить механизм на структурные группы Ассура, начертить каждую группу отдельно, указать ее класс, порядок и вид.
- 11) Определить класс механизма в целом и написать формулу его строения.

2 Теоретические основы теории механизмов и машин

2.1 Основные понятия и определения

Механизмом называется совокупность подвижно соединенных между собой звеньев, совершающих под действием приложенных к ним сил определенные целесообразные движения [2-4].

Машиной называется механизм или комплекс согласованно работающих механизмов, для преобразования чего-либо. В зависимости от выполняемых функций машины являются:

- 1) энергетическими (машина – двигатель) для преобразования энергии;
- 2) технологическими – для преобразования материалов:
 - машины – орудия, производящие работу (рабочие машины);
 - транспортные (автомобили);
 - транспортирующие (конвейеры);
- 3) вычислительными – для преобразования информации, с целью облегчения физического или умственного труда человека.

Совокупность машины-двигателя, передаточного механизма и рабочей машины образует машинный агрегат.

Если машинный агрегат снабжен системой автоматического управления, то имеем *автомат*. Совокупность нескольких автоматов образует *автоматическую линию*. Совокупность нескольких автоматических линий – *завод – автомат*.

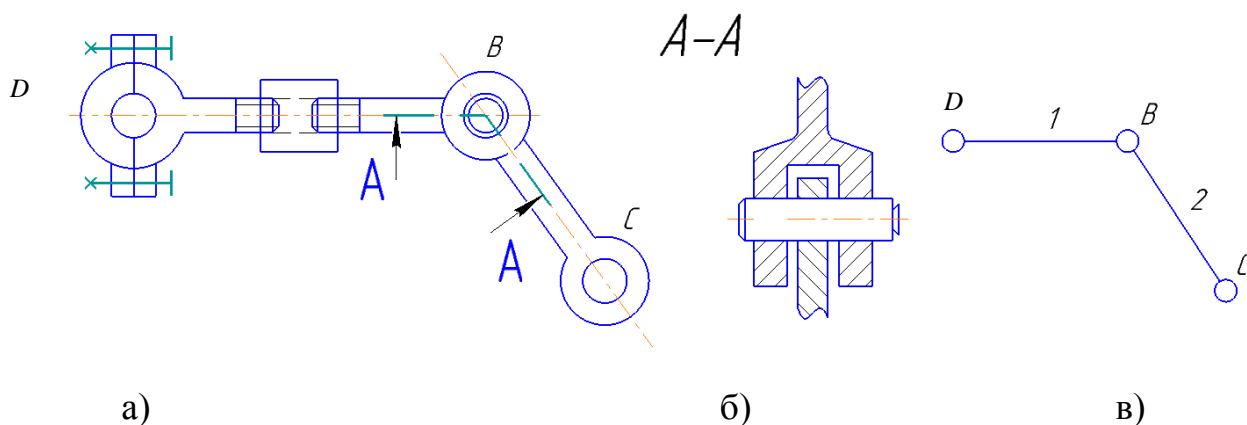
В теории механизмов и машин (ТММ) вместо понятия твердого тела введено понятие звено.

Звеном называется совокупность деталей, скрепленных друг с другом неподвижно.

Деталью машины называют простейшую ее часть, изготовленную без применения сборочных операций (изготовленную из одного куска материала).

Например, шатун в сборе – звено состоит из нескольких деталей (головка, серьга, болт, гайка) (рисунок 2.1 а).

Подвижное соединение двух звеньев, допускающее их относительное движение, называется *кинематической парой* (КП) (рисунок 2.1 б). Условное изображение звеньев и кинематических пар на рисунке 2.1 в.



а) структурная схема кинематической пары; б) шарнир в разрезе;
в) условное изображение звеньев и КП.

Рисунок 2.1 – Кинематическая пара

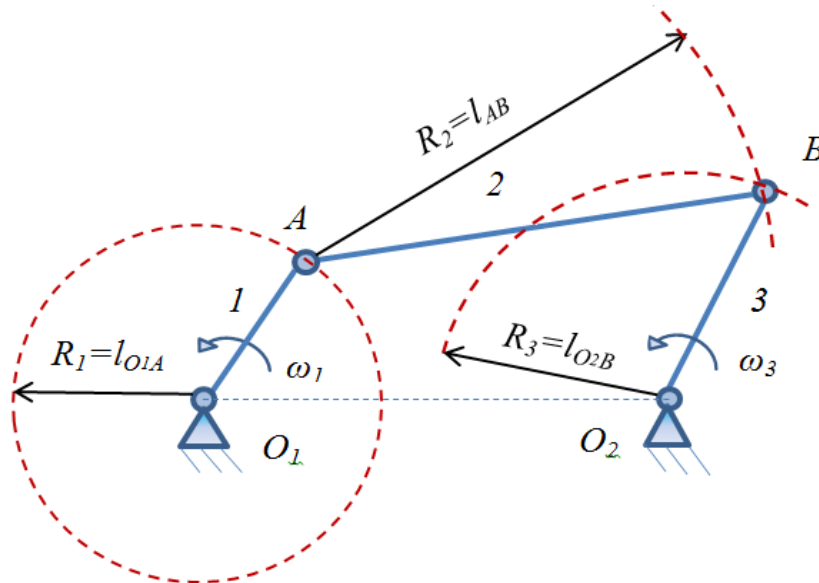
Звенья, к которым приложены силы, приводящие механизм в движение, называют *ведущими* или *входными (вход)*. Все остальные звенья, преобразующие движение ведущего звена, называются *ведомыми* или *выходными (выход)*. На схемах звенья нумеруются арабскими цифрами, начиная с входного.

Названия звеньев определяются видом их движения. На кривошипно-коромысловом механизме (рисунок 2.2) изображены следующие звенья:

- звено 1 – *кривошип*, совершающий полный оборот вокруг неподвижной точки стойки O_1 ;
- звено 2 – *шатун*, совершающий сложное плоскопараллельное движение, не связан со стойкой;
- звено 3 – *коромысло*, совершающее вращательно-качательное движение вокруг неподвижной точки стойки O_2 ;
- звено 4 – *стойка* (неподвижно).

2.2 Классификация механизмов и кинематических пар

Название механизма образуется из названий *первого и последнего подвижных* звеньев. Таким образом, на рисунке 2.2 изображена схема кривошипно-коромыслового механизма.



A, B – одноподвижные КП (точки промежуточного положения механизма);

O_1, O_2, O_3 – точки крепления механизма со стойкой (одноподвижные КП);

1 – кривошип O_1A длиной l_{O_1A} и радиусом вращения R_1 ;

2 – шатун AB длиной l_{AB} и радиусом вращения R_2 ;

3 – коромысло BO_2 длиной l_{BO_2} и радиусом вращения R_3 ; 4 – стойка O_1O_2 ;

ω_1 – угловая скорость кривошипа, $рад/с$; Ψ – угол качания коромысла, $град$.

Рисунок 2.2 – Кривошипно-коромысловый механизм

Крайние положения механизма определяют:

– крайнее левое положение

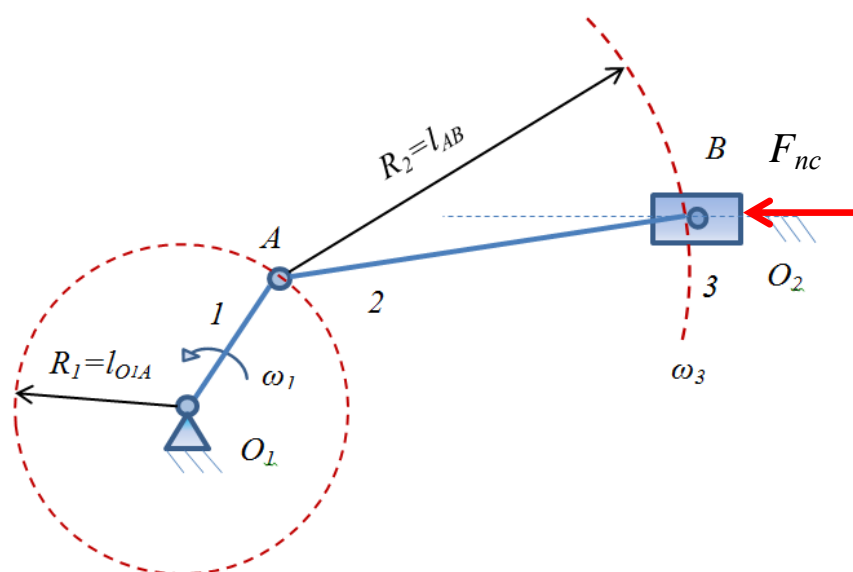
$$R = l_2 - l_1; \quad (2.1)$$

– крайнее правое положение

$$R = l_2 + l_1. \quad (2.2)$$

На кривошипно-ползунном механизме (рисунок 2.3) изображены следующие звенья:

- звено 1 – *кривошип*;
- звено 2 – *шатун*;
- звено 3 – *ползун*, звено, совершающее возвратно-поступательное движение.



$F_{n.c.}$ – сила полезного сопротивления.

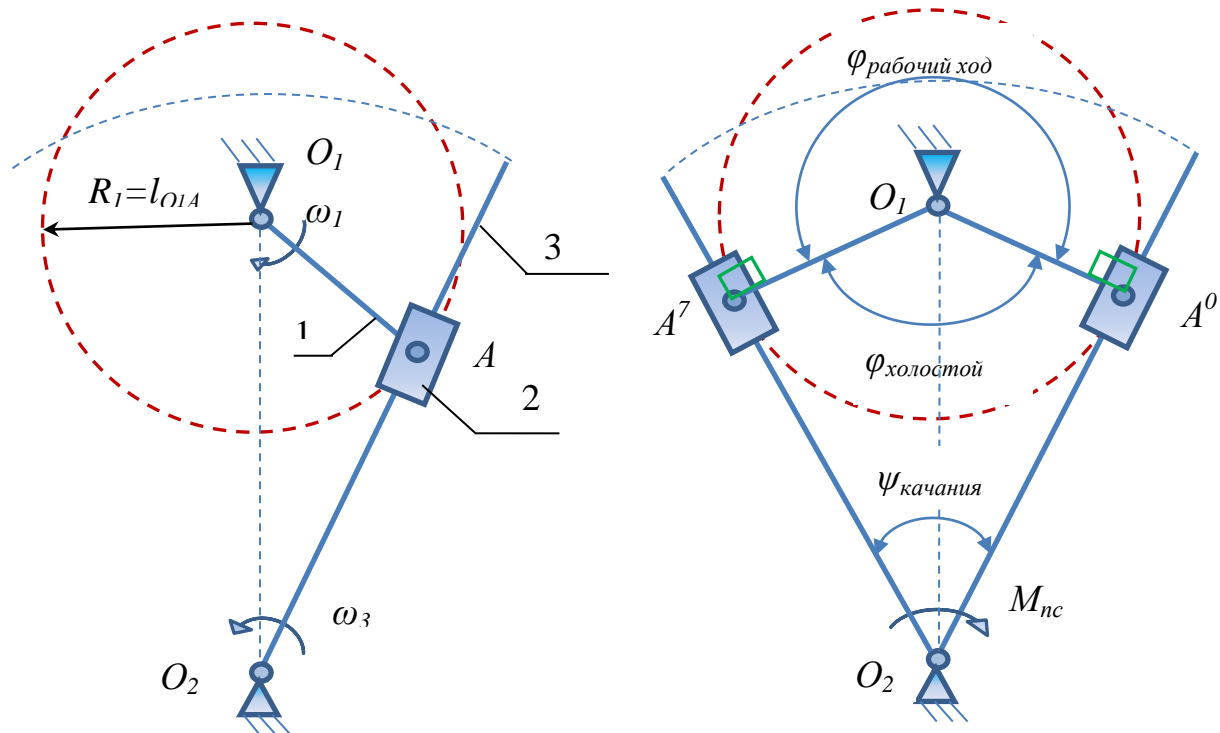
Рисунок 2.3 – Кривошипно-ползунный механизм

На кривошипно-кулисном механизме (рисунок 2.4) изображены звенья:

- звено 1 – *кривошип*;
- звено 2 – *ползун*;
- звено 3 – по виду движения *коромысло* (по назначению *кулиса* – является подвижной направляющей для ползуна).

На схемах кинематические пары обозначаются буквами латинского алфавита.

Поверхности, линии, точки соприкосновения звеньев называются *элементами кинематической пары*.



а) построение плана положений б) определение крайних положений
 $M_{n.c.}$ – момент полезного сопротивления.



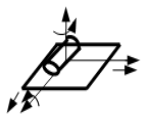

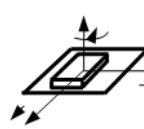

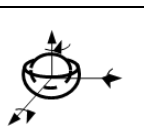

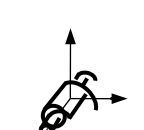

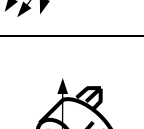
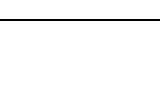
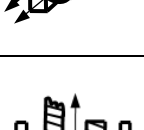
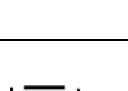
Рисунок 2.4 – Кривошипно-кулисный механизм

В зависимости от числа степеней свободы (количества возможных относительных движений) кинематические пары называются:

- одноподвижными (P_1) – имеющие одну степень свободы;
- двухподвижными (P_2) – имеющие две степени свободы;
- трехподвижными (P_3) – имеющие три степени свободы;
- четырехподвижными (P_4) – имеющие четыре степени свободы;
- пятиподвижными (P_5) – имеющие пять степеней свободы.

В таблице 2.1 даны примеры кинематических пар, их условные изображения, определены их подвижность и класс. Класс кинематической пары определяется числом связей (числом невозможных относительных движений).

Таблица 2.1 – Примеры КП (5классов по И.И. Артоболевскому)

Рисунок КП	Условное обозначение КП	Элемент КП	Вид движения*				Всего количество возможных движений	Всего количество возможных ограничений (класс КП)	Приме- чание
			посту- патель- ное		враща- тельное				
			Н	S	Н	S			
		точка	2	1	3	-	5(P5)	1 (I класс)	Высшая КП
		линия	2	1	2	1	4(P4)	2 (II класс)	Высшая КП
		поверх- ность (плос- кость)	2	1	1	2	3(P3)	3 (III класс)	Низшая КП враща- тельная.
		поверх- ность (сфера)	-	3	3	-	3(P3)	3 (III класс)	Низшая КП
		поверх- ность	1	2	1	2	2(P2)	4 (IV класс)	Низшая КП
		поверх- ность	1	2	-	3	1(P1)	5 (V класс)	Низшая КП поступа- тельная.
		поверх- ность	-	3	1	2	1(P1)	5 (V класс)	Низшая КП враща- тельная

*Н – вид движения (возможный)
S – вид движения (ограниченный)
стрелками указаны возможные относительные движения звеньев

По виду элементов кинематические пары классифицируются на высшие – элементы точки, линия (P_5 и P_4 – КП I и II класса) и низшие – элементы поверхности (P_3 , P_2 и P_1 – КП III, IV и V класса) (таблица 2.1).

Число степеней свободы (степень подвижности плоского рычажного механизма) определяется по формуле П.Л. Чебышева

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot P_1, \quad (2.3)$$

где n – число подвижных звеньев механизма;

P_1 – число одноподвижных кинематических пар.

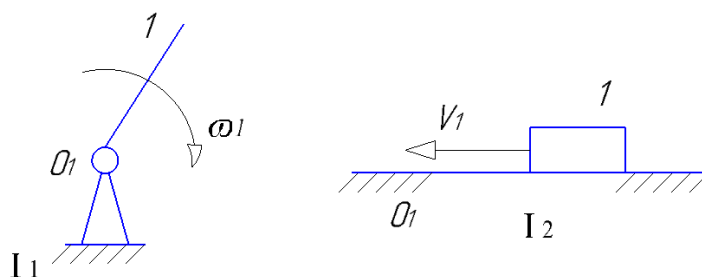
На рисунках 2.2 – 2.4 механизмы имеют три подвижных звена и четыре одноподвижных кинематических пар

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot P_1 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1.$$

Степень подвижности механизма показывает количество ведущих звеньев.

По классификации Л.В. Ассура – И.И. Артоболевского стойка и звено, образующие одноподвижную кинематическую пару P_1 – вращательную или поступательную, условно называют начальным механизмом первого класса (рисунок 2.5). К первому классу (I) относятся простейшие механизмы: электродвигатели, вентиляторы и так далее. Степень подвижности:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot P_1 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1.$$



- а) механизм I класса, первого вида – I_1 (первая модификация) б) механизм I класса, второго вида (первая модификация)

V_1 – скорость поступательного движения.

Рисунок 2.5 – Механизмы I класса

2.3 Группы Ассура

Более сложный механизм образуется присоединением к механизму I класса структурных групп с *нулевой степенью подвижности*, которые называются *группы Ассура*, то есть:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot P_1 = 0.$$

Откуда

$$3 \cdot n = 2 \cdot P_1,$$

$$P_1 = \frac{3}{2} \cdot n.$$

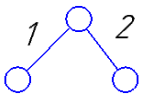
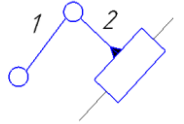
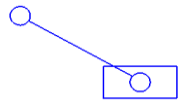
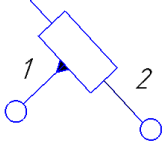
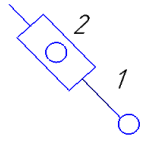
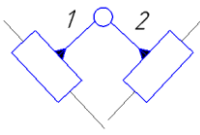
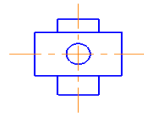
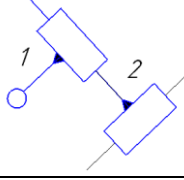
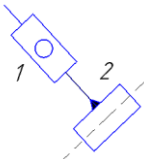
Так как число кинематических пар не может быть дробным, то число звеньев групп Ассура должно быть четным, тогда число кинематических пар будет кратно трем (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Возможные сочетания n и P_1 в группах Ассура

Класс механизмов	II	III	IV	...
Число звеньев групп Ассура n	2	4	6	...
Число кинематических пар P_1	3	6	9	...

Первое сочетание чисел $n = 2$, $P_1 = 3$. Группа, имеющая два звена и три одноподвижные кинематические пары – P_1 , называется группой II класса, второго порядка или *двухповодковой группой (диадой)*, так как присоединение этой группы к другим группам (или стойкам) производится двумя свободными поводками. Если все три кинематические пары вращательные, то двухповодковая группа будет первой модификации (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Группы Ассура второго класса

Обозначение группы Ассура	Условный рисунок группы Ассура	Класс группы Ассура	Порядок группы Ассура	Модификация группы Ассура
ВВВ*		II класс	2 порядок	1 модификация
ВВП**		II класс	2 порядок	2 модификация
				
ВПВ		II класс	2 порядок	3 модификация
				
ПВП		II класс	2 порядок	4 модификация
				
ВПП		II класс	2 порядок	5 модификация
				
<p>*В – вращательная кинематическая пара; **П – поступательная кинематическая пара</p>				

2.4 Последовательность структурного анализа

Основой структурного анализа служит структурная схема механизма.

Цель: определить количество и название подвижных звеньев, количество и класс кинематических пар, степень подвижности механизма, разбить механизм на структурные группы, составить структурную формулу механизма.

При проведении структурного анализа рекомендуется:

- отсоединять структурные группы, начинать с наиболее удаленных от ведущего звена;
- следить за тем, чтобы степень подвижности механизма до и после отделения каждой структурной группы оставалась неизменной;
- помнить, что каждое звено и каждая кинематическая пара может входить только в одну структурную группу.

2.5 Выбор масштабного коэффициента

В теории механизмов и машин при структурном анализе и построении плана положений пользуются понятием масштабного коэффициента длины.

Масштабом физической величины называют длину отрезка в мм, изображающую единицу измерения этой величины.

Например, длина звена ℓ_1 равна 400 мм, на чертеже изображается отрезком $\ell = 200$ мм (в два раза меньше), масштаб М (1:2).

Масштабный коэффициент $\mu_\ell = 0,001$ м/мм, соответствует М (1:1).

Выбор масштабного коэффициента рекомендуется производить из следующего ряда чисел (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Стандартный ряд чисел для значений масштабного коэффициента

0,001	0,002	0,0025	0,004	0,005
0,01	0,02	0,025	0,04	0,05
0,1	0,2	0,25	0,4	0,5
1	2	2,5	4	5
10	20	25	40	50
100	200	250	400	500 и так далее

3 Пример выполнения лабораторной работы и оформления отчета

3.1 Цель работы

Научиться составлять кинематические схемы механизмов в соответствии с ГОСТ2.770-68 [1].

Научиться проводить структурный анализ и классификацию механизмов.

3.2 Оборудование

Для проведения структурного анализа дан макет механизма (рисунки 3.1, 4.1 – 4.15).



Рисунок 3.1 – Изучаемый механизм 14

3.3 Последовательность проведения структурного анализа

1 Измеряем при помощи линейки длины подвижных звеньев заданного механизма и координаты неподвижных точек: $l_{O_1 A} = 140 \text{ мм} = 0,07 \text{ м}$ и т.д., результаты измерений сводим в таблицу 3.1.

2 Выбираем масштабный коэффициент построения (таблица 2.4) с таким расчетом, чтобы кинематическая схема уместилась на одном листе:

$$\mu_\ell = 0,005 \frac{\text{М}}{\text{мм}}$$

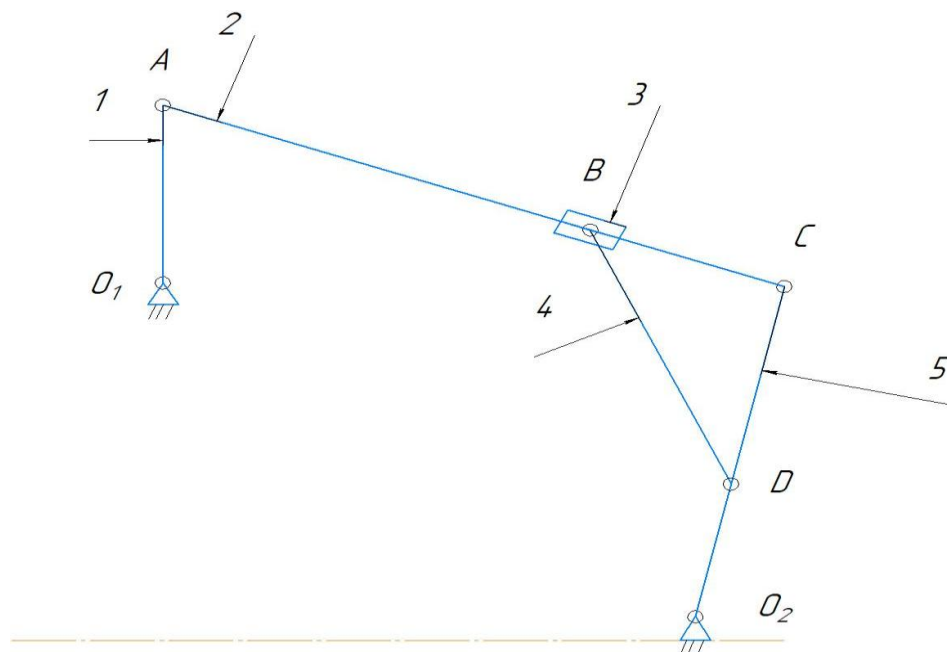
3 Определяем размеры звеньев на чертеже в выбранном масштабе:

$$\ell_1 = \frac{\ell_1}{\mu_\ell} = \frac{0,07}{0,005} = 14 \text{ мм.}$$

4 По полученным значениям вычерчиваем кинематическую схему механизма (рисунок 3.1). Для этого по горизонтальной оси X-Y отмечаем неподвижные точки: O_1, O_2 .

5 На схеме изображаем положение выходного звена BD, шатун кулисы AC и коромысло CO_2 .

Назначение данного механизма – преобразование вращательного движения входного звена O_1A в возвратно-поступательное движение (по AC) выходного звена BD с определенными параметрами движения.



1 – кривошип; 2 – шатун-кулиса; 3 – ползун; 4 – шатун;
5 – коромысло; 6 – стойка.

Рисунок 3.2 – Кинематическая схема плоского рычажного механизма

3.4 Наименование звеньев и их количество

Наименование и количество звеньев исследуемого механизма сводим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Наименование звеньев и их количество

№ звена	Наименование звена	Обозначение на схеме	Действительные размеры	Размеры в масштабе $\mu_\ell = 0,005\text{м/мм}$
1	Кривошип	O_1A	$\ell_{O_1A} = 70 \text{ мм} = 0,07 \text{ м}$	$\ell_{O_1A} = \frac{\ell_{O_1A}}{\mu_\ell} = \frac{0,07}{0,005} = 14 \text{ мм}$
2	Шатун-кулиса	AC	$\ell_{AB} = 220 \text{ мм} = 0,22 \text{ м}$	$\ell_{AB} = \frac{\ell_{AB}}{\mu_\ell} = \frac{0,22}{0,005} = 44 \text{ мм}$
3	Ползун	B	$\ell_B = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$	$\ell_B = \frac{\ell_B}{\mu_\ell} = \frac{0,02}{0,005} = 4 \text{ мм}$
4	Шатун	BD	$\ell_{BD} = 110 \text{ мм} = 0,11 \text{ м}$	$\ell_{BD} = \frac{\ell_{BD}}{\mu_\ell} = \frac{0,11}{0,005} = 22 \text{ мм}$
5	Коромысло	O_2C	$\ell_{O_2C} = 130 \text{ мм} = 0,13 \text{ м}$	$\ell_{O_2C} = \frac{\ell_{O_2C}}{\mu_\ell} = \frac{0,13}{0,005} = 26 \text{ мм}$
6	Стойка	O_1, O_2	$\ell_{O_1O_2} = 240 \text{ мм} = 0,24 \text{ м}$ ℓ_{O_1} по оси $y = 140 \text{ мм} = 0,14 \text{ м}$	$\ell_{O_1O_2} = \frac{\ell_{O_1O_2}}{\mu_\ell} = \frac{0,24}{0,005} = 48 \text{ мм}$ $\ell_{O_1} = \frac{\ell_{O_2O_3}}{\mu_\ell} = \frac{0,14}{0,005} = 28 \text{ мм}$

Всего звеньев – 6, подвижных звеньев – $n = 5$.

3.5 Кинематические пары и их классификация

Определяем количество, класс и вид кинематических пар. Результаты сводим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Кинематические пары и их классификация

Обозначение КП	Звенья составляющие КП	Вид движения КП	Подвижность КП (класс КП)	Высшая или низшая
O ₁	1-6	вращательное	P ₁ (5кл.)	низшая
A	1-2	вращательное	P ₁ (5кл.)	низшая
B	2-3	поступательное	P ₁ (5кл.)	низшая
D	4-5	вращательное	P ₁ (5кл.)	низшая
C	2-5	вращательное	P ₁ (5кл.)	низшая
O ₂	5-6	вращательное	P ₁ (5кл.)	низшая
B	3-4	вращательное	P ₁ (5кл.)	низшая

Одноподвижных КП 5 кл. P₁= 7, двухподвижных КП 4 кл. (P₂= 0).

3.6 Определение степени подвижности плоского рычажного механизма по формуле А.П. Малышева

Определяем степень подвижности плоского рычажного механизма по формуле А.П. Малышева

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot P_1 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1,$$

где n = 5 – число подвижных звеньев;

P₁ = 7 – число одноподвижных кинематических пар 5 класса;


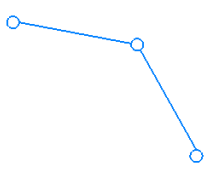
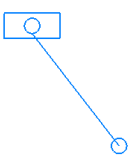
P₂ = 0 – число двухподвижных кинематических пар 4 класса.

3.7 Разделение механизма на группы Ассура

Разделяем исследуемый механизм на структурные группы и ведущую группу.

Результаты сводим в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Разделение механизма на группы Ассура

Группа	Эскиз группы Ассура	Звенья, составляющие группу	КП в группе		Степень подвижности	Класс, порядок, вид группы
			внутренние	внешние		
Ведущая группа		6 - 1	O_1	-	$W = 1$	1 кл. 1 вид
Группы Ассура		2 - 5	C	A, D, O_2	$W = 0$	2 кл. 2 пор. 1 вид
		3 - 4	B (3,4)	B (2,3), D	$W = 0$	2 кл. 2 пор. 2 вид

В целом механизм II класса.

3.8 Структурная формула механизма

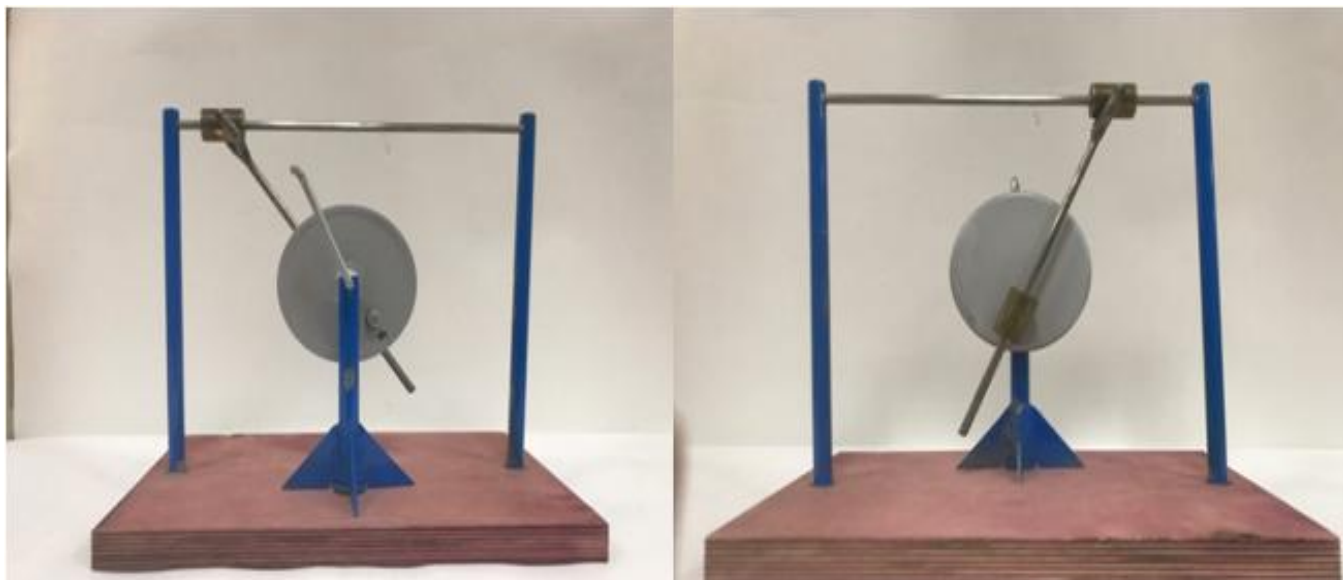
Составляем структурную формулу механизма (формулу сборки)

$$I_1 1 \rightarrow II_3 2 - 5 \rightarrow II_2 3 - 4 .$$

Это значит, что к механизму I класса, I вида, состоящего из звена 1, присоединяется группа Ассура II класса, 3 модификации, состоящая из звеньев 2 и 3. К этой группе присоединяется группа Ассура II класса, 2 модификации, состоящей из звеньев 4 и 5.

4 Варианты исследуемых механизмов

Для проведения структурного анализа используем макеты механизмов 1-16 лаборатории «Теория механизмов и машин», представленных на рисунках 4.1- 4.15.



а) вид спереди

б) вид сзади

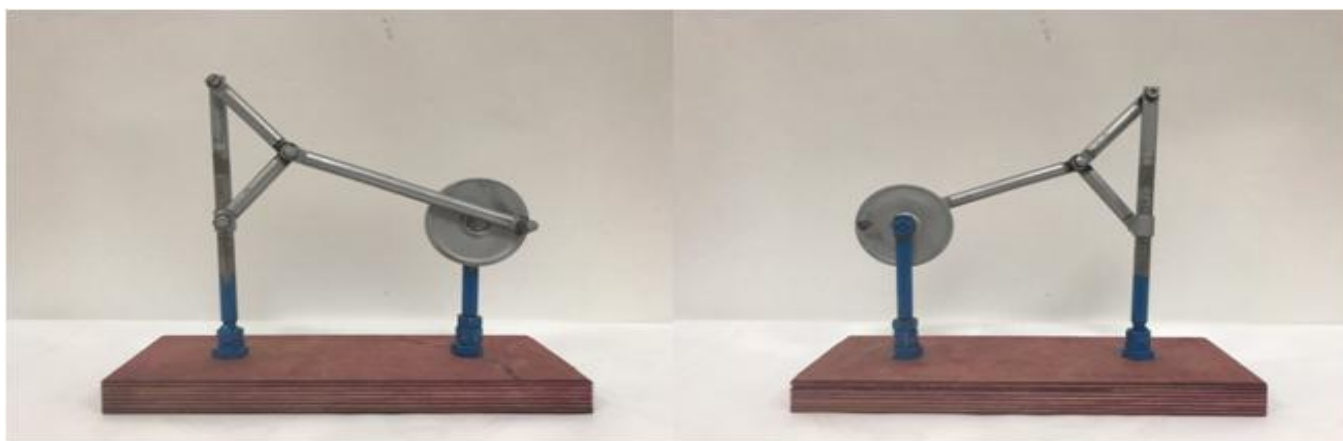
Рисунок 4.1 – Механизм 1



а) вид спереди

б) вид сзади

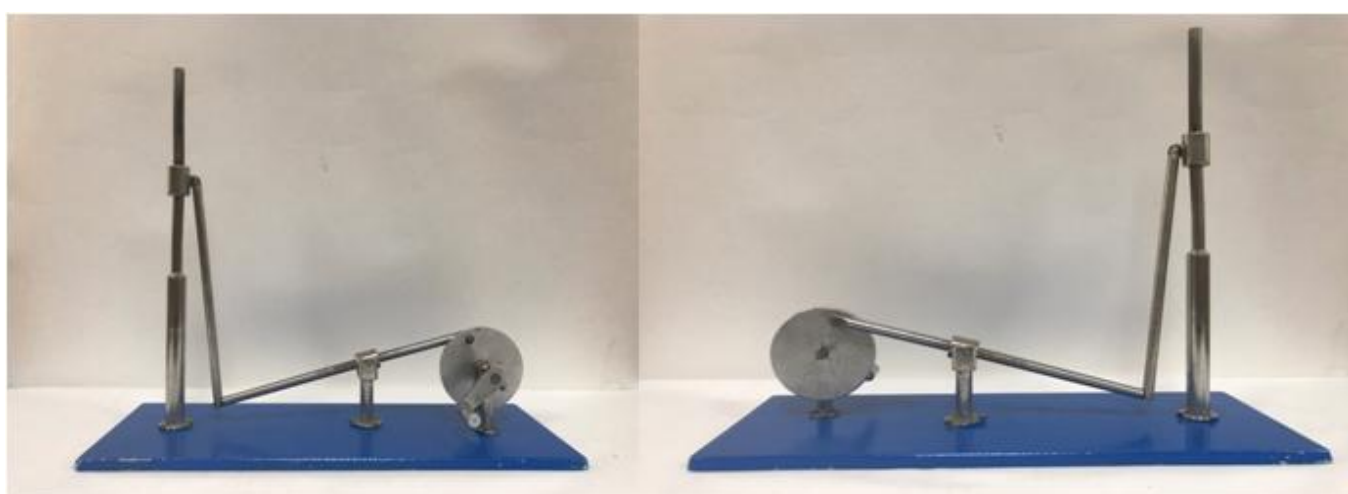
Рисунок 4.2 – Механизм 2



а) вид спереди

б) вид сзади

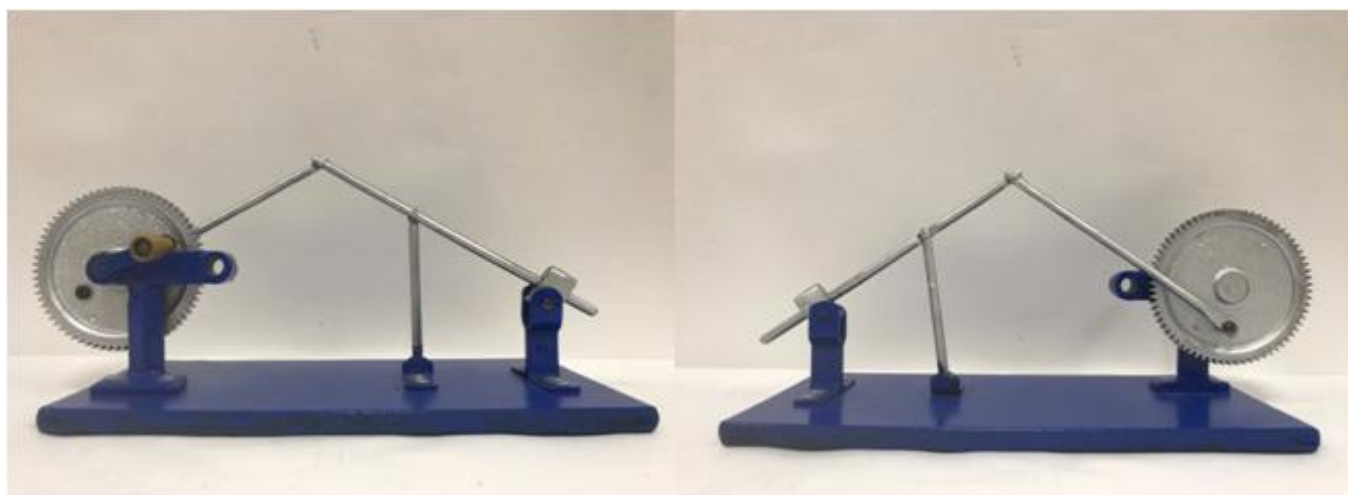
Рисунок 4.3 – Механизм 3



а) вид спереди

б) вид сзади

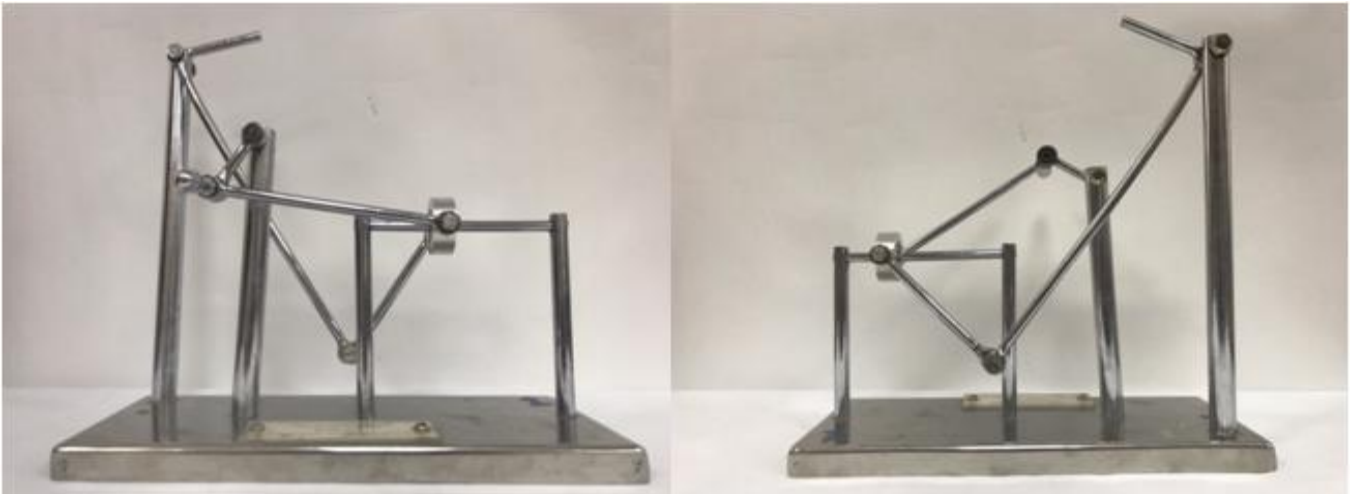
Рисунок 4.4 – Механизм 4



а) вид спереди

б) вид сзади

Рисунок 4.5 – Механизм 5



а) вид спереди

б) вид сзади

Рисунок 4.6 – Механизм 6



а) вид спереди

б) вид сзади

Рисунок 4.7 – Механизм 7



а) вид спереди

б) вид сзади

Рисунок 4.8 – Механизм 8



а) вид спереди

б) вид сзади

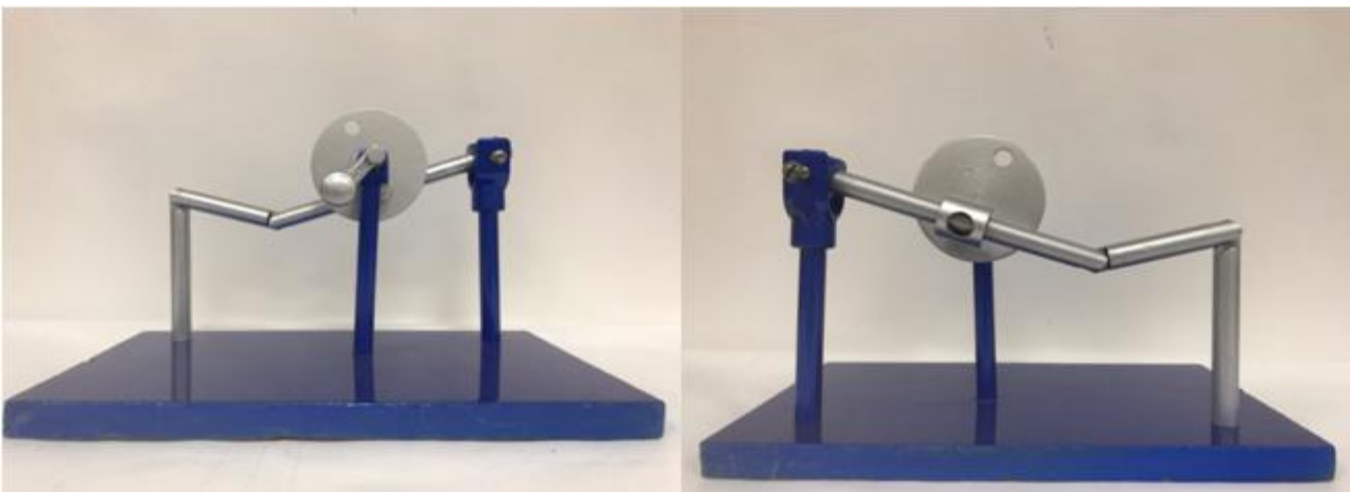
Рисунок 4.9 – Механизм 9



а) вид спереди

б) вид сзади

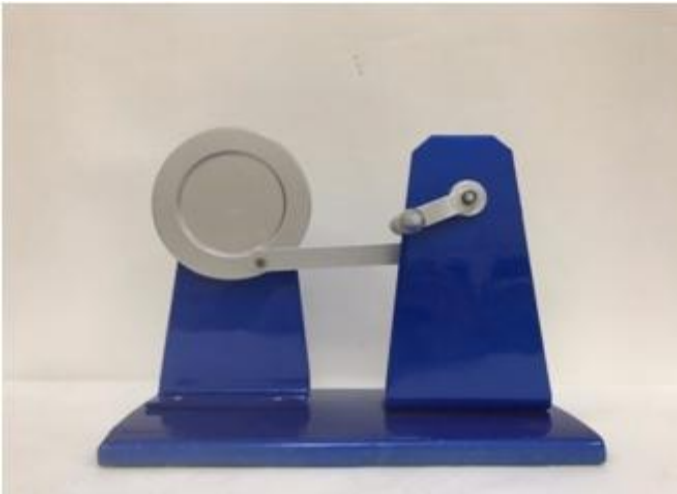
Рисунок 4.10 – Механизм 10



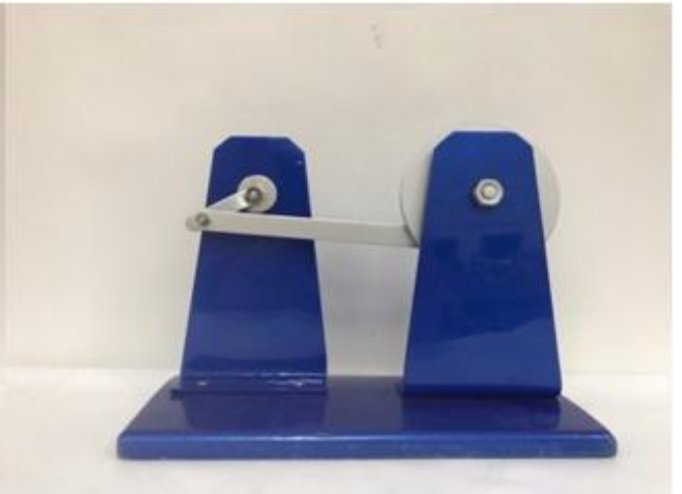
а) вид спереди

б) вид сзади

Рисунок 4.11 – Механизм 11



а) вид спереди



б) вид сзади

Рисунок 4.12 – Механизм 12



а) вид спереди



б) вид сзади

Рисунок 4.13 – Механизм 13



а) вид спереди



б) вид сзади

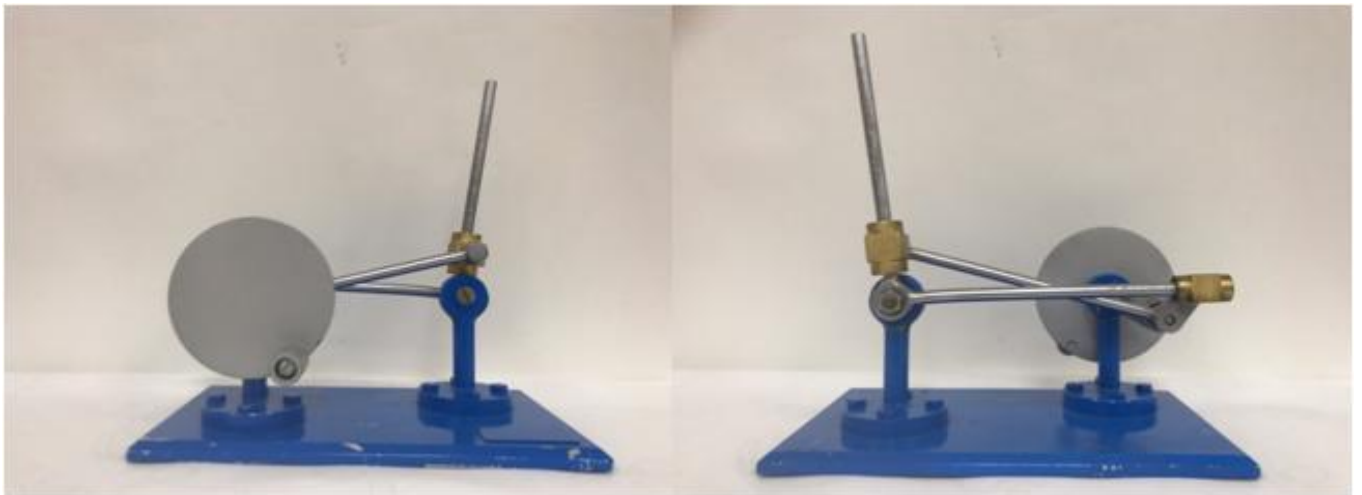
Рисунок 4.14 – Механизм 14



а) вид спереди

б) вид сзади

Рисунок 4.14 – Механизм 15



а) вид спереди

б) вид сзади

Рисунок 4.15 – Механизм 16

5 Вопросы для самопроверки

1. Структурный анализ заключается в ...
2. Кинематическая пара, накладывающая на звено в относительном движении одну геометрическую связь - это ... пара.
3. Кинематическая пара, имеющая две связи, - это ... пара.
4. Кинематическая пара, имеющая три связи, - это ... пара.
5. Кинематическая пара, имеющая четыре связи, - это ... пара
6. Кинематическая пара, имеющая пять связей, - это ... пара.
7. Число степеней свободы плоского механизма определяется по формуле: ...
8. Признаки классификации кинематических пар - ...
9. Степень подвижности механизма первого класса ...
10. Степень подвижности структурной группы Асура второго класса равна ...
11. Механизмы первого класса бывают ...
12. Формула Чебышева для определения подвижности плоского механизма: ...
13. Формула для определения подвижности плоского механизма: ...
14. Сочетание $n = 4$, $P_1 = 6$. Незамкнутая цепь из 4-х звеньев и шести одноподвижных кинематических пар – P_1 , является ...
15. Условия существования группы Асура имеет вид: ...
16. Сложный механизм образуется присоединением к механизму I класса структурных групп ...
17. Если все три кинематические пары вращательные, то двухповодковая группа будет ...
18. Если первые две кинематические пары вращательные, а третья поступательная, то двухповодковая группа будет ...
19. При структурном анализе НЕ определяют: ...
20. Групп Асура третьего порядка можно присоединить к механизму первого класса ...
21. Сочетание $n = 6$, $P_1 = 9$ означает, что это группа Асура ...

22. Присоединение диады второй модификации к механизму I класса образует ...
23. Присоединение диады второй модификации к начальному механизму I класса образует ...
24. Присоединение диады третьей модификации к начальному механизму I класса образует ...
25. Если в состав механизма входят группы различных классов, то класс механизма определяется ... входящей в него группы.
26. «Двухповодковая группа» означает, что присоединение этой группы к другим группам (или стойкам) производится двумя ...
27. «Диада» означает, что присоединение этой группы к другим группам (или стойкам) производится двумя ...
28. «Трехповодковая группа» означает, что эта группа ...
29. «Триада» означает, что эта группа ...
30. Высшие кинематические пары можно заменить низшими, если ...

Список использованных источников

1. ГОСТ 2.770-68 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения условные графические в схемах. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики (с Изменением N 1) – Взамен ГОСТ 3462-61; введ. 1971-01-01. – Москва : Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР; М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 15 с.

2. Клещарева, Г. А. Анализ рычажных механизмов [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Г. А. Клещарева; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург : ОГУ. – 2019. – ISBN 978-5-7410-2418-8. – 102 с. – Загл. с тит. экрана.

http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/116113_20200113.pdf.

3. Клещарева, Г. А. Структурный анализ рычажных механизмов [Электронный ресурс] : методические указания / Г. А. Клещарева; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. механики материалов, конструкций и машин. – Оренбург : ОГУ. – 2018. – 29 с. – Загл. с тит. экрана.

http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/84500_20181031.pdf.

4. Клещарева, Г. А. Разделение рычажных механизмов на структурные группы [Электронный ресурс] : методические указания / Г. А. Клещарева; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. механики материалов, конструкций и машин. – Оренбург : ОГУ. – 2019. – 23 с. – Загл. с тит. экрана.

http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/93874_20190426.pdf.