

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Б1.В.13 ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

**Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия
Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК
Форма обучения заочная**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Организация самостоятельной работы	3
2. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы	4
2.1 Цели и задачи курсовой работы.....	4
2.2. Порядок и сроки выполнения курсовой работы.....	4
2.3 Структура курсовой работы.....	7
2.4 Требования к оформлению курсовой работы.....	7
2.5. Критерии оценки.....	10
2.6. Рекомендованная литература.....	11
3. Методические рекомендации по выполнению индивидуального до- машнего задания...	12
4. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопро- сов.....	31
5. Методические рекомендации по подготовке к заняти- ям.....	34

1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы				
		подготовка курсового проекта	подготовка реферата/эссе	Контрольная работа	самостоятельное изучение вопросов (СИВ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
2	Тема 1 Введение. Структурный синтез и анализ механизмов.	1	x	1	0,5	0,5
4	Тема 2 Кинематический анализ шарнирно-рычажных механизмов методом планов скоростей и ускорений.	1	x	2		
5	Тема 3 Кинематический анализ шарнирно-рычажных механизмов аналитическим методом.	1	x			
6	Тема 4 Кинематический анализ зубчатых механизмов.		x		1,5	0,5
8	Тема 5 Синтез механизмов с низшими парами.		x		4	
10	Тема 6 Кинематический анализ и синтез кулачковых механизмов.	3	x		1	
12	Тема 7 Проектирование эвольвентных прямозубых колес.	2	x		1	
	Тема 8 Качественные параметры зацепления. Виды эвольвентных колес		x		2	2
	Тема 9 Силовой анализ механизмов.		x		8	
	Тема 10 Динамическая модель механизма.	8	x			
	Тема 11 Регулирование хода машин	8	x			2
	Тема 12 Механический коэффициент полезного действия.		x		6	
	Тема 13 Уравновешивание механизмов на фундаменте.		x		3	
	Тема 14 Уравновешивание вращающихся звеньев.		x		3	2
	Тема 15 Колебания в механизмах	12	x		11	
	Тема 16 Вибрация и виброзащита механизмов и машин.		x		12	

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1 Цели и задачи курсовой работы.

Основными целями при выполнении курсовой работы по теории механизмов и машин являются:

- изучение и освоение общих методов анализа и синтеза механизмов и машин;
- понимание принципов преобразования движения с помощью механизмов;
- применение системного подхода к проектированию машин и механизмов
- определение оптимальных параметров механизмов по известным (заданным) условиям работы.

Задачами данной работы являются проведение структурного и кинематического анализа и синтеза рычажного механизма, оптимального проектирования кулачкового механизма, расчет оптимальной геометрии и синтез зубчатого механизма, динамический анализ и синтез основного рычажного механизма.

2.2. Порядок и сроки выполнения курсовой работы

2.2.1. Задание на курсовую работу

Предлагаемые задания состоят из кинематической схемы машины, в состав которой входят шарнирно-рычажный механизм, кулачковый механизм и зубчатый механизм.

На каждом листе задания приведены: структурная схема шарнирно-рычажного механизма и структурная схема кулачкового механизма. Структурная схема зубчатого механизма не изображена, так как он образован всего парой эвольвентных зубчатых прямозубых колёс с неподвижными осями.

В верхней таблице каждого задания приведены параметры шарнирно-рычажного механизма. В верхней строке таблицы приведены обозначения параметров и единицы измерения, а в остальных строках – числовые значения параметров для десяти вариантов.

В нижней таблице последние три столбца содержат параметры зубчатого механизма, а остальные параметры относятся к кулачковому механизму.

Номер задания и вариант, за которые студент расписывается в ведомости, выдаются преподавателем.

Размеры звеньев на кинематической схеме шарнирно-рычажного механизма заданы в виде расстояния между точками, расположенными на осях вращательных кинематических пар и характерными точками механизма.

В задании приняты следующие условные обозначения:

- ω_1 – угловая скорость ведущего звена, с^{-1} ;
- m_i – масса i -го звена, кг;
- F_c – сила полезного сопротивления, Н;
- δ – коэффициент неравномерности хода машины;
- H – линейный ход толкателя, мм;
- ψ – угловой ход толкателя, град;
- e – дезаксиал (смещение оси поступательной кинематической пары относительно оси вращательной кинематической пары), мм;
- ℓ - длина поводка толкателя в кулачковом механизме с качающимся толкателем;

- $\frac{d^2S}{d\varphi^2}$ – тип диаграммы аналога линейного ускорения толкателя;
- $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}$ – тип диаграммы аналога углового ускорения толкателя;
- φ_y – фазовый угол удаления толкателя, град;
- φ_d – фазовый угол дальнего стояния толкателя, град;
- φ_b – фазовый угол возвращения толкателя, град;
- γ_{min} – минимально-допустимый угол передачи движения, при котором не происходит заклинивание толкателя, град;
- m – модуль зацепления, мм;
- z_1 – число зубьев шестерни;
- z_2 – число зубьев зубчатого колеса.

2.2.2. Кинематическое исследование основного рычажного механизма

1) Провести структурный анализ и классификацию механизма по Ассуру, определить его степень подвижности, разбить на группы, указать порядок присоединения групп, класс, порядок и вид каждой группы, класс всего механизма.

2) Вычертить на листе формата А1 кинематическую схему механизма для 12 равнотстоящих положений ведущего звена, начиная с положения, определяемого поворотом ведущего звена (AO_1) на 15^0 оси ОХ в сторону ОY первой системы координат. На плане положений механизма построить траекторию движения центров тяжести шатунов или точки приложения технологической силы на шатуне.

3) Подготовить исходные данные для расчёта кинематических параметров на ЭВМ, в которые входят:

- вид группы и порядок их присоединения;
- длины звеньев и их названия для каждой группы (ведущее звено, длина стойки, шатун, коромысло и т.д.);
- начальный угол ведущего звена для первой присоединённой группы (как правило, $\varphi_1^1 = 15^0$);
- приращение угла поворота ведущего звена (как правило, $\Delta\varphi_1 = 30^0$);
- число расчётных положений (как правило, $n = 12$);
- угловая скорость ведущего звена (для первой присоединённой группы);
- угловое ускорение ведущего звена;
- уравнение связи угла поворота звена, входящего в разные замкнутые контуры;
- номер звена, являющегося ведущим, для второй присоединённой группы.

4) Рассчитать кинематические параметры на ЭВМ.

5) По расчётным данным построить диаграммы кинематических параметров точки, лежащей на выходном звене.

6) Для двух расчетных положений механизма построить планы скоростей и планы ускорений, используя результаты аналитического расчета.

7) Сравнить скорости и ускорения выходного звена, полученных графически (методом планов скоростей и ускорений) и аналитически (с помощью ЭВМ). Ошибка не должна превышать 3%.

8) По результатам кинематического исследования механизма написать вывод.

2.2.3. Проектирование кулачкового механизма

1) По заданным параметрам кулачкового механизма и типу закона движения толкателя, используя таблицы коэффициентов законов движения толкателя, аналитически определить кинематические параметры толкателя в зависимости от угла поворота кулачка. По результатам вычислений построить диаграммы кинематических параметров (перемещение, аналог скорости и аналог ускорения) толкателя.

2) Определить графически минимальный радиус кулачка из условия не заклинивания толкателя в направляющих или из условия копируемости профиля кулачка башмаком толкателя в зависимости от типа башмака толкателя.

3) Построить теоретический профиль кулачка, а затем конструктивный профиль.

4) Определить размеры башмака толкателя.

5) Указать все определённые конструктивные размеры кулачкового механизма.

2.2.4. Проектирование зубчатого механизма

1) Определить по заданным числам зубьев z_1 и z_2 пары зубчатых колёс рекомендуемые коэффициенты смещения x_1 и x_2 (см. таблицу 2.1)

Таблица 2.1 – Рекомендуемые коэффициенты смещения у шестерни x_1 и у колеса x_2 , обеспечивающие наименьшее истирание профилей зубьев.

Z_1	Z_2	x_1	x_2	α_w , град
9	10	0,560	0,516	30,40
9	11	0,570	0,546	30,28
9	12	0,580	0,561	30,23
10	10	0,540	0,540	30,08
10	11	0,549	0,535	29,79
10	12	0,558	0,522	29,51
11	11	0,522	0,522	29,23
11	12	0,531	0,516	28,99
12	12	0,504	0,504	28,49

2) Вычислить на компьютере геометрические и качественные параметры зацепления, используя стандартные параметры зацепления и свои исходные данные.

3) По результатам вычислений качественных параметров зацепления сделать вывод.

2.2.5. Динамический анализ механизма. Определение момента инерции маховика по методу Н.И. Мерцалова

1) Используя метод замещающих масс, распределить массу звеньев механизма по точкам, скорости которых были определены при кинематическом исследовании механизма.

2) Определить проекции скоростей точек приложения сил полезного сопротивления на направление этих сил в каждом положении механизма.

3) Составить таблицу исходных данных для расчёта на ЭВМ динамических характеристик механизма и показать её преподавателю. Рассчитать динамические характеристики на ЭВМ.

4) По расчётным данным на листе формата А3 построить диаграммы приведённых моментов сил полезного сопротивления и сил движущих, работ сил полезного сопротивления и сил движущих, приращение кинетической энергии всего механизма, механизма без маховика и маховика.

5) Точками на оси ординат показать отрезок (KK_1), выражющий в масштабе разность максимальной и минимальной кинетической энергии маховика.

6) Применяя метод Н.И. Мерцалова, по диаграмме приращения кинетической энергии маховика, определить разность между максимальной и минимальной величиной кинетической энергии маховика, а затем и момент инерции маховика.

Таблица 2.2 - Порядок и сроки выполнения курсового проекта по ТММ

Наименование этапа работы	Объём работы в %	Срок сдачи
1. Получение задания. Общее ознакомление с механизмом и технологическим процессом.	5	5-й семестр
2. Кинематическое исследование основного рычажного механизма (1 лист).	35	
3. Проектирование кулачкового механизма (2 лист).	30	
4. Проектирование зубчатой передачи	10	
5. Расчёт маховика	10	
6. Окончательное оформление расчётно-пояснительной записки и чертежей.	5	
7. Защита курсового проекта.	5	

Примечание: Лист считается сданным после подписи его преподавателем.

2.3 Структура курсовой работы:

- титульный лист (Приложение А);
- содержание;
- задание;
- введение;
- основная часть:
 - 1) Кинематическое исследование шарнирно-рычажного механизма.
 - 2) Проектирование кулачкового механизма.
 - 3) Проектирование эвольвентного зубчатого зацепления.
 - 4) Расчет маховика по методу Н.И.Мерцалова.
- заключение;
- список использованной литературы;

2.4 Требования к оформлению курсовой работы.

Все графические построения выполняются на листах формате А1 с применением любого графического редактора (Компас - 3D, AUTOCAD) с обязательным соблюдением ЕСКД. построения выполняются тонкой линией и сохраняются на чертежах. Каждый лист должен быть снабжен в правом нижнем углу стандартной основной надписью (рисунок 1).

					КР.15.2506.К6				
Изм.	лист	№ документа	Подпись	дата	КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА		Лит.	Масса	Масштаб
Проект.	.Петров И.И.								1: 1
Консульт.	Иванов И.И.								
Н.контр.									
.									
Рук. пр	Иванов И.И.								
ОГАУ-Т.серв.									

Рисунок 1. Пример заполнения основной надписи для первого листа.
 В шифре документа основной надпись на листе разряды слева направо обозначают:
 КП – курсовой проект;
 15 – год выполнения работы;
 25 – номер задания (01 – первое задание, 13- тринадцатое задание и т.д.);
 06 – номер варианта (шестой вариант);
 К6 – кинематическая схема (1-ый лист, 2-ой лист и 3-ий лист). АГ - 4-ый лист. ПЗ
 – пояснительная записка;
 Диаграммы на листах строятся в соответствии с ГОСТ 2.319 – 81. Пример по-
 строения диаграмм приведен на рисунке 2.

1.4. Требования к оформлению расчетно-пояснительной записи

1. Все страницы записи должны быть одинакового размера 210x297мм (формат А4). Рукопись пишут на одной стороне листа чернилами или пастой аккуратно, разборчиво, по ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 7.32-81. Допускается использовать компьютер и принтер (шрифт Times New Roman № 14, междустрочный интервал – 1). Страницы должны иметь рамки и штампы (рисунок 3 и рисунок 4). Основная надпись на текстовых конструкторских документах выполняется по ГОСТ 2.104-68.

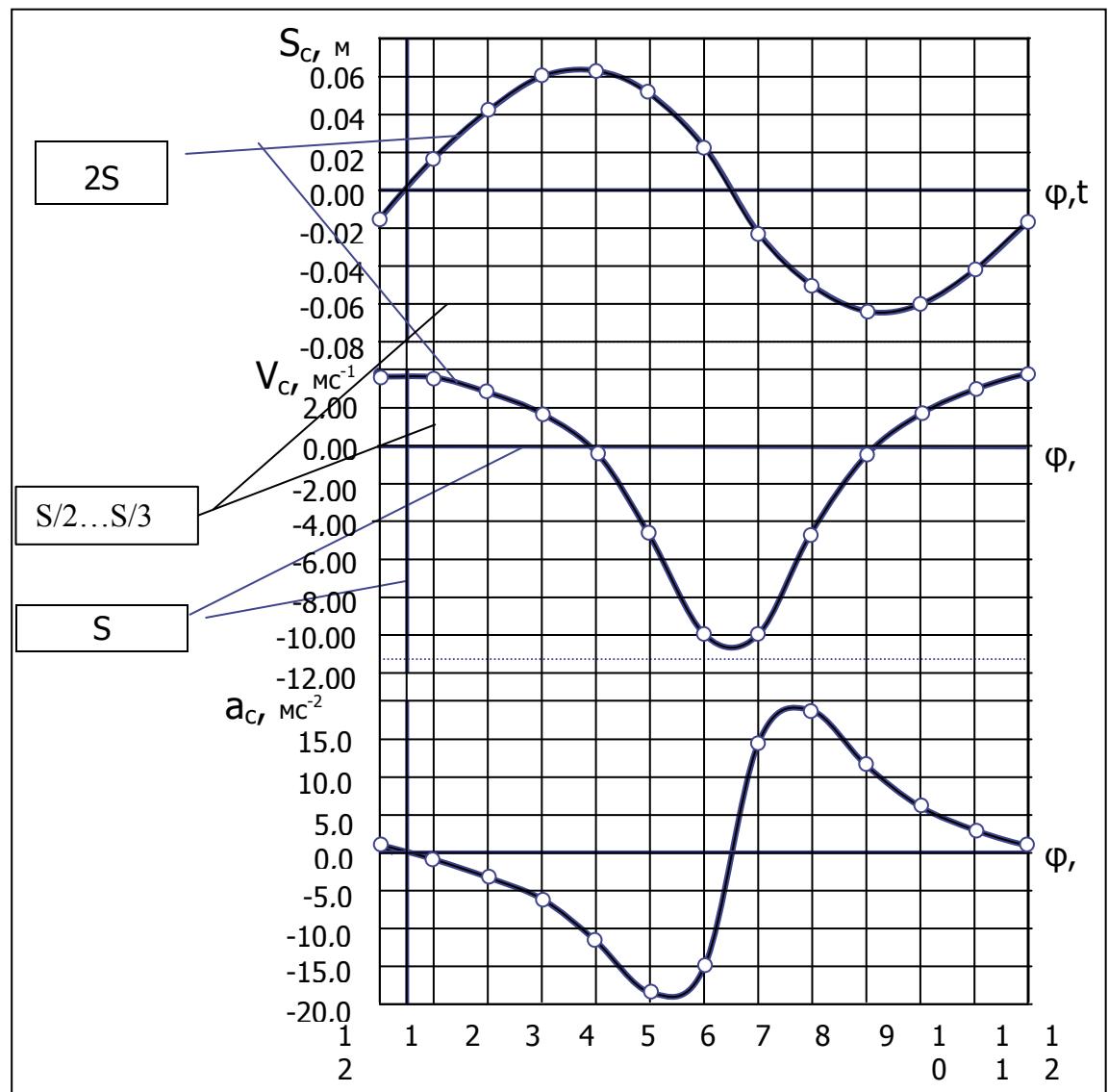


Рисунок 2. Диаграммы кинематических параметров выходного звена поперечно-строгального станка

					<p>КР.15.2506.ПЗ</p> <p>ДОЛБЁЖНЫЙ СТАНОК</p> <p>ОГАУ – 31 Т.серв.</p>			
Изм	лист	№ документа	Подп.	дата		Лит.	лист	листов
Проект.	.Петров И.И.						2	25
Консульт.	Иванов И.И.							
Н.контр.								
.								
Рук. пр	Иванов И.И.							

Рисунок 3. Пример заполнения основной надписи на первой странице расчетно-пояснительной записи

					<p>КР.15.2506.ПЗ</p>			Лист
Изм.	лист	№ документа	Подп.	дата				15

Рисунок 4. Пример заполнения основной надписи на всех страницах, кроме первой, расчетно-пояснительной записи

2. Основной текст записи должен быть технически грамотным, кратким, четким, но достаточным для точного и конкретного отражения содержания расчетов, графических построений и выводов по главам (Примерное содержание расчёто-пояснительной записи приведено в приложении Б). В тексте можно использовать общепринятые сокращения слов и словосочетаний по ГОСТ 7.12-77.

3. Титульный лист выполняется чертежным или печатным шрифтом. Пример заполнения титульного листа приведен в приложении Б.

4. План записи должен соответствовать последовательной работе над проектом. Заголовки разделов обозначаются арабскими цифрами. Подразделы должны иметь двузначную нумерацию. Подразделы могут иметь несколько пунктов.

5. Распечатки с ЭВМ должны соответствовать формату А4 и включаются в общую нумерацию страниц.

6. Математические формулы, если на них делаются ссылки в тексте, должны иметь сквозную нумерацию или нумерацию в пределах главы.

7. Цифровой и расчетный материал, как правило, должен оформляться в виде таблиц. Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте. Пример выполнения и обозначения таблиц см. на рисунке 5 и рисунке 6.

Таблица _____ - _____
номер название таблицы

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы болта, винта, шпильки	Внутренний диаметр шайбы	Толщина шайбы					
		легкой		нормальной		тяжелой	
		a	b	a	b	a	b
2,0	2,1	0,5	0,8	0,5	0,5	-	-
2,5	2,6	0,6	0,8	0,6	0,6	-	-
3,0	3,1	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	1,2

Рисунок 5. Пример оформления таблицы

Таблица 2.2 - Кинематические параметры толкателя на фазовом углу удаления
В миллиметрах

φ/φ_y	$S - S_o$	$dS/d\varphi$	$d^2S/d\varphi^2$	$S - S_0 + d^2S/d\varphi^2$
0	0,000	0,000	77,815	77,82
1/8	1,375	13,369	58,361	59,74
2/8	5,012	22,918	38,907	43,91
3/8	10,125	28,648	19,454	29,58
4/8	16,000	30,558	0,000	16,00
5/8	21,875	28,648	-19,454	2,43
6/8	27,000	22,918	-38,907	-11,91
7/8	30,625	13,369	-58,361	-27,73
1	32,000	0,000	-77,815	-45,81

Рисунок 6. Пример оформления таблицы

8. Ссылки в тексте на источники допускается приводить в подстрочном примечании, но лучше указывать порядковый номер по списку источников, выделенный в квадратные скобки.

9. Содержание включает наименование всех разделов, подразделов и пунктов (если они имеют наименование) с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала разделов (подразделов, пунктов). Само слово «страница» не пишется.

10. Список литературы должен содержать перечень источников, использованных при выполнении курсового проекта. Сведения об источниках приводить по ГОСТ 7.1-84.

Например:

1. Теория механизмов и машин. Анализ, синтез, расчет [Текст]: учебник / Ю. Ф. Лачуга [и др.] ; ред. Ю. Ф. Лачуга . - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Бибком, Транслог, 2015. - 416 с. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).
1. Кореняко А.С. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин [Текст]: учебное пособие для вузов / А.С. Кореняко, Кременштейн Л.И. [и др.]. 6-е изд. стер.- Москва; ООО «Медиа-Стар», 2006. – 332 с.

2.5. Критерии оценки:

- соблюдение сроков сдачи работы;
- правильность оформления работы;
- грамотность структурирования работы;
- наличие иллюстрирующего/расчетного материала;
- использование современной литературы;
- использование зарубежной литературы;
- сбалансированность разделов работы;
- правильная формулировка целей и задач исследования;
- степень самостоятельности выполнения;
- использование современных компьютерных технологий;
- умение докладывать результаты и защищать свою точку зрения.

2.6. Рекомендованная литература.

2.6.1 Основана литература:

1. Теория механизмов и машин. Анализ, синтез, расчет [Текст]: учебник / Ю. Ф. Лачуга [и др.] ; ред. Ю. Ф. Лачуга . - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Бибком, Транслог, 2015. - 416 с. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).
2. Кореняко А.С. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин [Текст]: учебное пособие для вузов / А.С. Кореняко, Кременштейн Л.И. [и др.]. 6-е изд. стер.- Москва; ООО «Медиа-Стар», 2006. – 332 с.

2.6.2 Дополнительная литература:

1. Теория механизмов и машин [Текст]: учебник / К.В. Фролов [и др.]; ред. К.В.Фролов.- Москва: Высшая школа, 1987.- 496 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин [Текст]: учебник / И.И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп.- Москва: Наука, 1988.-640 с.
3. Теория механизмов и машин: методические указания по курсовому проектированию для студентов инженерно-технических специальностей /М.А.Мазитов, В.В.Маликов, В.И.Сычев. – Оренбург: ГУ «РЦРО», 2007 – 44 с.
4. Полищук Ю.М. и др. Курсовое проектирование по ТММ с использованием персонального компьютера типа JBM PC.- Учеб. пособие для вузов.; Под общей ред. В.И. Сычёва..- Оренбург, Издат. центр ОГАУ, 1997 г.-82 с.: ил.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

3.1 Темы контрольных работ

В процессе выполнения контрольной работы студенты проводят структурный анализ, строят план положения, план скоростей и план ускорений механизма. Задание выбирают, в зависимости от шифра зачетной книжки из следующего состава:

1. Механизм грохота.
2. Механизм вязального аппарата.
3. Механизм поперечно-строгального станка.
4. Механизм долбежного станка.
5. Механизм качающегося конвейера.
6. Механизм компрессора.

3.2 Содержание контрольной работы

Номер своего задания (шарнирно-рычажный механизм) студент выбирает по последней цифре своего шифра, а параметры механизма (геометрические и кинематические) по вариантам, соответствующим трём буквам русского алфавита и первым трём цифрам своего шифра

Шифр	1	0	7	1
Буквы	а	б	в	

Из таблицы берутся данные, находящиеся на пересечении вертикальных столбцов, обозначенных буквами, и горизонтальных строк (вариантов), обозначенных цифрами, стоящими над соответствующими буквами. Для нашего примера по данному шифру студент берёт задание 1, для которого $\phi_0 = 20^\circ$, $\omega_1 = 40 \text{ с}^{-1}$, и все геометрические размеры берутся из седьмого варианта.

В задании приняты следующие условные обозначения:

ω_1 — угловая скорость ведущего звена, с^{-1} ;

Φ_0 – положение ведущего звена, при котором следует провести кинематический анализ;

AO_1 - длина ведущего звена;

$\frac{BO_3}{AO_1}, \frac{O_1O_3}{AO_1}, \dots$ - отношения длин звеньев.

Работы, выполненные не по своим данным, возвращаются студенту без рассмотрения.

Контрольную работу следует выполнять на листах формата А4. Допускается выполнение плана положения механизма, плана скоростей и плана ускорений для этого положения на формате А3 (ватман, писчая бумага). Рукопись пишут на одной стороне листа чернилами или пастой аккуратно, разборчиво, по ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 7.32-81. Допускается использовать компьютер и принтер (шрифт 14, интервал 1).

Контрольная работа должна содержать:

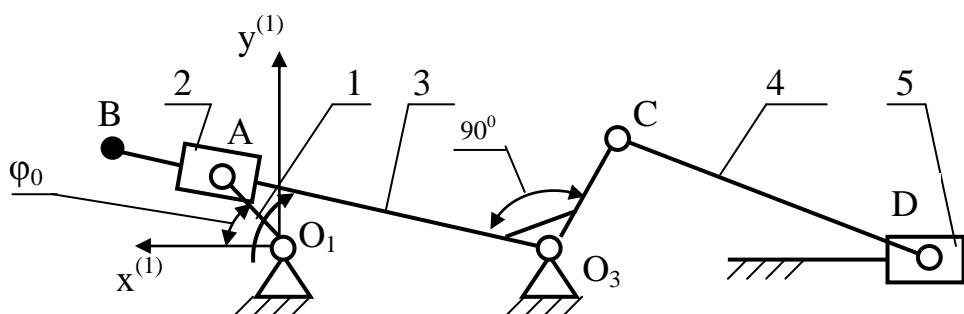
Задание (схема и расшифрованные данные)

1. Структурный анализ механизма

2. Кинематический анализ механизма методом планов скоростей и ускорений

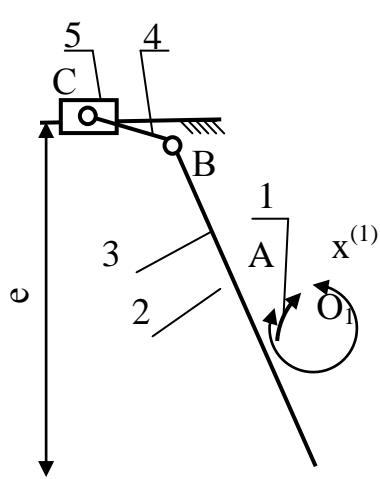
ЗАДАНИЕ 1. ГРОХОТ

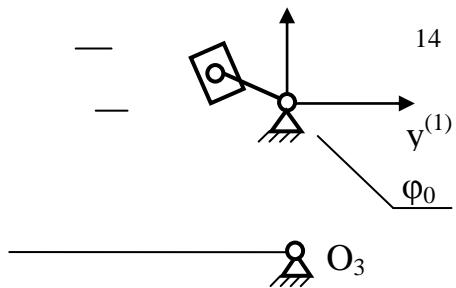
N вар	Φ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{O_1O_3}{AO_1}$	$\frac{BO_3}{AO_1}$	$\frac{CO_3}{BO_3}$	$\frac{CD}{CO_3}$
1	20	30	0,18	1,9	3,6	0,31	3,0
2	40	60	0,27	2,2	3,7	0,26	3,2
3	60	40	0,19	1,8	3,5	0,25	3,8
4	80	70	0,26	2,4	3,8	0,27	3,5
5	100	80	0,25	2,1	3,9	0,28	3,6
6	120	70	0,24	2,5	3,0	0,29	4,0
7	160	50	0,30	2,0	3,6	0,25	2,8
8	180	60	0,23	2,2	3,9	0,30	2,5
9	200	50	0,21	2,3	3,8	0,24	3,1
10	240	40	0,20	2,6	3,7	0,23	3,3
	a	b				v	



ЗАДАНИЕ 2. ПОПЕРЕЧНО-СТРОГАЛЬНЫЙ СТАНОК

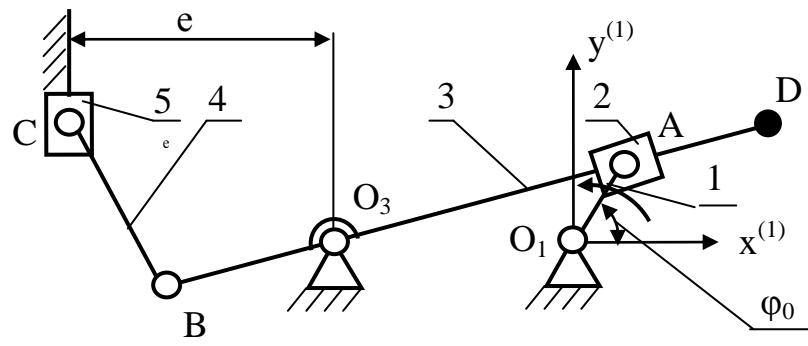
N вар	Φ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	O_1O_3 AO_1	BO_3 AO_1	e BO_3	BC BO_3
1	10	18	0,18	2,5	4,6	1,05	0,20
2	30	14	0,16	2,3	4,8	0,91	0,35
3	50	20	0,11	2,2	4,7	0,94	0,30
4	70	12	0,19	2,6	4,5	1,04	0,30
5	110	21	0,13	2,0	4,9	0,92	0,30
6	130	13	0,14	2,1	5,0	0,93	0,35
7	170	16	0,12	2,1	4,8	0,93	0,35
8	190	22	0,15	2,2	4,9	0,90	0,30
9	250	24	0,10	2,3	4,6	1,06	0,25
10	290	25	0,17	2,4	4,7	0,92	0,30
	a	б				в	





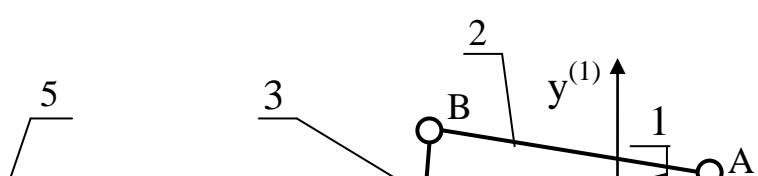
ЗАДАНИЕ 3. ДОЛБЕЖНЫЙ СТАНОК

N вар	Φ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	O_1O_3 AO_1	BO_3 AO_1	e BO_3	BC BO_3	DO_3 AO_1
1	10	18	0,10	3,5	2,0	0,90	0,35	5
2	40	8	0,14	3,9	2,4	0,94	0,31	5
3	70	15	0,08	3,2	1,7	0,93	0,32	5
4	100	17	0,11	3,4	1,9	0,91	0,34	5
5	130	14	0,07	3,0	1,5	0,95	0,30	5
6	160	16	0,12	3,6	2,1	0,91	0,34	5
7	190	20	0,09	3,3	1,8	0,92	0,33	5
8	220	10	0,08	3,7	2,2	0,92	0,33	5
9	250	11	0,10	3,1	1,6	0,94	0,31	5
10	280	9	0,15	3,8	2,3	0,93	0,32	5
	a	b					v	



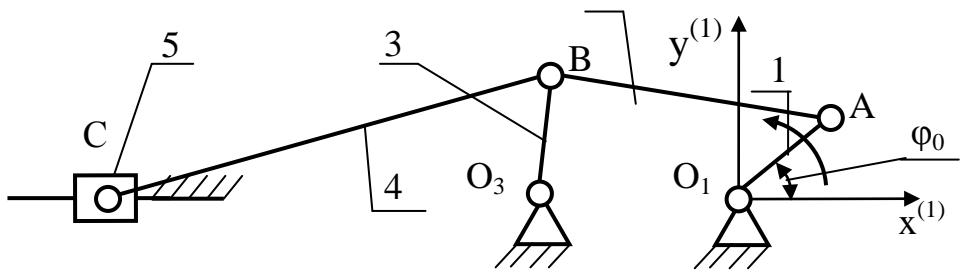
ЗАДАНИЕ 4. КАЧАЮЩИЙСЯ КОНВЕЙЕР

N вар	ϕ_0 гра д	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{AB}{AO_1}$	$\frac{BO_3}{AO_1}$	$\frac{O_1O_3}{AO_1}$	$\frac{CD}{CO_3}$	$\frac{CO_3}{BO_3}$
1	20	14	0,14	2,7	2,1	2,6	3,0	1
2	50	6	0,20	3,5	2,9	2,5	3,2	1
3	80	16	0,13	2,8	2,2	2,7	4,0	1
4	110	9	0,18	3,3	2,7	2,7	3,5	1
5	140	18	0,12	2,9	2,3	2,8	3,0	1
6	170	7	0,19	3,4	2,8	2,6	4,0	1
7	200	11	0,16	3,1	2,5	2,9	2,5	1
8	230	12	0,15	2,6	2,0	2,5	3,0	1
9	260	8	0,17	3,2	2,6	2,8	3,8	1
10	290	10	0,11	3,0	2,4	2,9	4,0	1
	a	б						



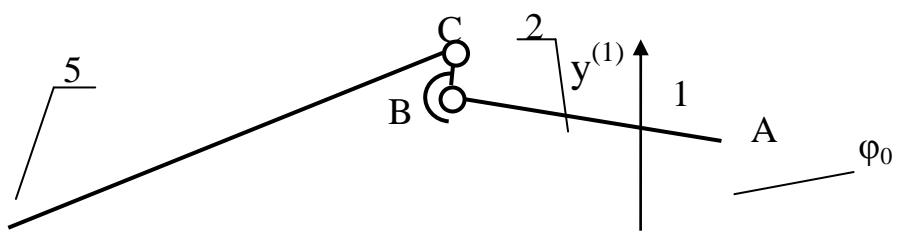
ЗАДАНИЕ 5. КАЧАЮЩИЙСЯ КОНВЕЙЕР

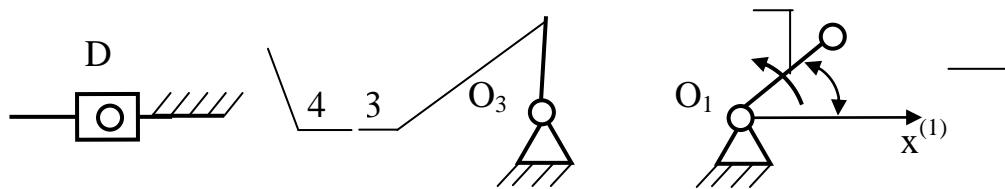
N вар	Φ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{AB}{AO_1}$	$\frac{BO_3}{AO_1}$	$\frac{O_1O_3}{AO_1}$	$\frac{CB}{BO_3}$
1	30	11	0,13	3,4	2,1	2,6	3,0
2	70	10	0,14	3,5	2,3	2,5	2,5
3	110	14	0,10	3,1	2,0	2,7	3,0
4	150	18	0,06	2,7	2,0	2,3	3,5
5	190	17	0,07	2,8	2,1	2,4	4,0
6	210	16	0,08	2,9	2,2	2,5	3,0
7	250	8	0,15	3,3	2,1	2,4	4,0
8	290	15	0,09	3,0	2,1	2,6	2,5
9	330	13	0,11	3,2	2,1	2,8	3,0
10	360	12	0,12	3,3	2,2	2,7	4,0
	a	б					b



ЗАДАНИЕ 6. КАЧАЮЩИЙСЯ КОНВЕЙЕР

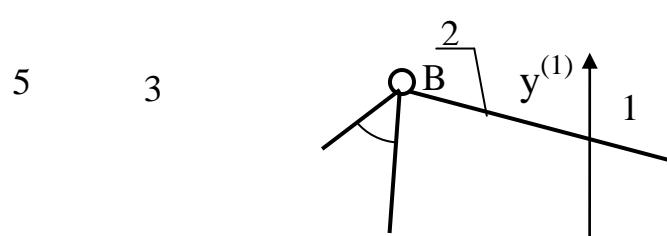
N вар	Φ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{AB}{AO_1}$	$\frac{BO_3}{AO_1}$	$\frac{O_1O_3}{AO_1}$	$\frac{CD}{CO_3}$	$\frac{CO_3}{BO_3}$
1	45	17	0,10	3,0	2,3	2,2	3,0	1,2
2	25	18	0,06	2,9	2,3	2,2	3,2	1,2
3	65	19	0,09	2,9	2,1	2,3	4,0	1,2
4	95	20	0,08	2,8	2,0	2,2	3,5	1,2
5	125	21	0,07	2,8	2,1	2,3	2,8	1,2
6	155	14	0,09	3,2	2,3	2,3	3,4	1,2
7	185	15	0,12	3,2	2,0	2,5	3,0	1,2
8	215	16	0,08	3,1	2,4	2,2	2,5	1,2
9	245	12	0,11	3,1	2,1	2,3	4,0	1,2
10	275	10	0,07	3,0	2,1	2,3	3,0	1,2
	a	b					B	

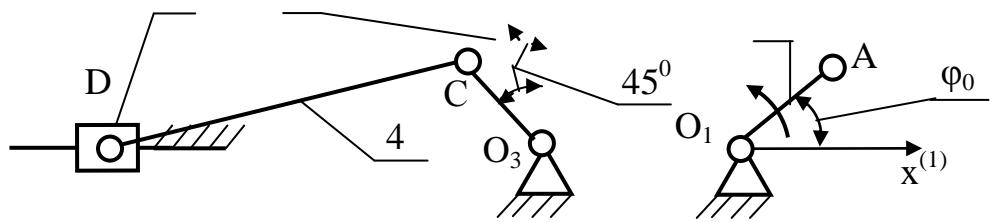




ЗАДАНИЕ 7. КАЧАЮЩИЙСЯ КОНВЕЙЕР

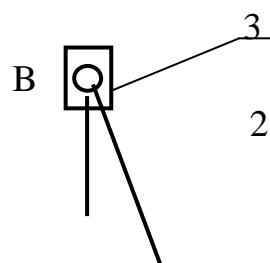
N вар	ϕ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{AB}{AO_1}$	$\frac{BO_3}{AO_1}$	$\frac{O_1O_3}{AO_1}$	$\frac{CD}{CO_3}$
1	40	23	0,06	2,8	1,8	2,7	6,0
2	70	20	0,09	3,1	2,0	2,6	5,5
3	100	21	0,08	3,0	2,0	2,7	6,0
4	130	16	0,13	3,4	2,2	2,6	5,5
5	160	22	0,07	2,9	1,9	2,6	5,5
6	190	17	0,12	3,4	2,1	2,7	6,0
7	220	24	0,05	2,7	1,7	2,6	5,5
8	250	18	0,11	3,3	2,1	2,6	5,5
9	280	19	0,10	3,2	2,1	2,7	6,0
10	310	15	0,14	3,3	2,2	2,7	6,0
	a	b				v	

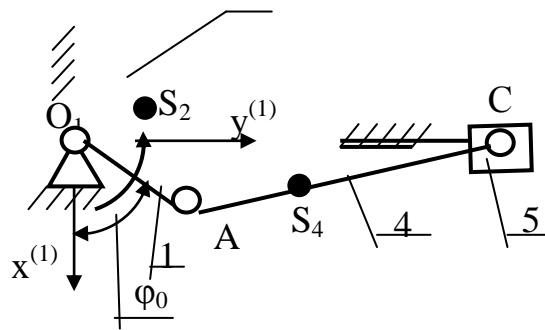




ЗАДАНИЕ 8. КОМПРЕССОР

N вар	φ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{AB}{AO_1}$	$\frac{AS_2}{AB}$
1	15	150	0,07	3,0	0,34
2	45	140	0,08	2,9	0,35
3	65	180	0,08	3,5	0,35
4	135	160	0,12	2,8	0,34
5	175	210	0,05	3,4	0,34
6	215	190	0,06	3,3	0,33
7	255	130	0,10	2,6	0,32
8	295	200	0,06	3,2	0,32
9	335	160	0,07	3,1	0,33
10	355	120	0,09	2,7	0,33
	a	б		в	

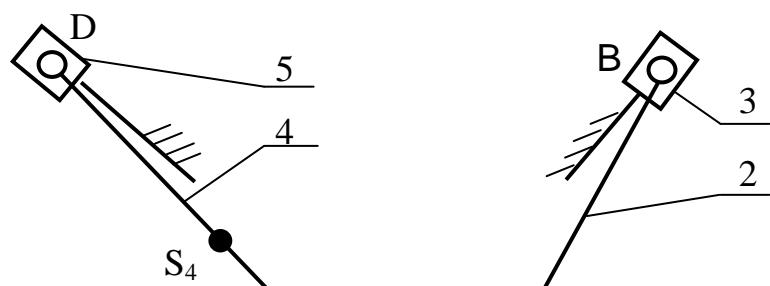


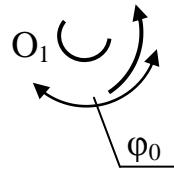


Примечание: Звенья 2 и 4, 3 и 5, соответственно одинаковые

ЗАДАНИЕ 9. КОМПРЕССОР

N вар	ϕ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{AB}{AO_1}$	$\frac{AS_2}{AB}$
1	45	115	0,09	3,5	0,30
2	25	125	0,08	3,4	0,31
3	65	130	0,06	3,2	0,33
4	95	110	0,10	3,4	0,29
5	125	100	0,11	3,1	0,34
6	155	95	0,12	3,0	0,35
7	185	105	0,10	3,3	0,28
8	215	110	0,11	3,4	0,27
9	245	120	0,09	3,5	0,26
10	275	135	0,07	3,3	0,32
	a	б		в	

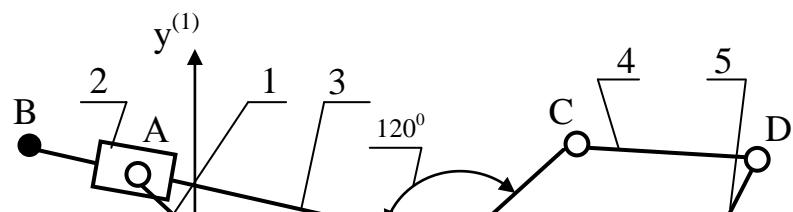




Примечание: Звенья 2 и 4, 3 и 5, соответственно одинаковые

ЗАДАНИЕ 10. ВЯЗАЛЬНЫЙ АППАРАТ

N вар.	Φ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{O_1O_3}{AO_1}$	$\frac{BO_3}{AO_1}$	$\frac{CO_3}{AO_1}$	$\frac{DO_5}{CO_3}$	$\frac{CD}{CO_3} = \frac{O_3O_5}{CO_3}$
1	20	90	0,14	2,7	5,0	4,4	0,68	1
2	40	70	0,12	2,5	4,8	4,8	0,74	1
3	80	100	0,18	2,5	4,6	3,8	0,60	1
4	100	80	0,13	2,6	4,9	4,6	0,76	1
5	140	120	0,16	2,3	4,8	4,1	0,65	1
6	160	110	0,17	2,4	4,7	4,0	0,66	1
7	200	95	0,15	2,2	4,9	4,2	0,80	1
8	220	62	0,10	2,3	4,6	5,0	0,7	1
9	260	140	0,19	2,6	4,5	3,6	0,64	1
10	280	65	0,11	2,4	4,7	5,2	0,72	1
	а	б					в	





3.3 Порядок выполнения контрольной работы

- Проведение структурного анализа механизма
- Построение кинематического плана заданного положения механизма в соответствии с выбранным масштабным коэффициентом
- Построение плана скоростей ведущего звена
- Построение плана скоростей первой присоединенной группы
- Построение плана скоростей второй присоединенной группы
- Определение величины и направления скоростей характерных точек механизма
- Определение величины и направления угловых скоростей звеньев механизма
- Построение плана ускорений ведущего звена
- Построение плана ускорений первой присоединенной группы
- Построение плана ускорений второй присоединенной группы
- Определение величины и направления ускорений характерных точек механизма
- Определение величины и направления угловых ускорений звеньев механизма
- Список литературы.

3.4 Пример выполнения задания

ЗАДАНИЕ 1

N вар	Φ_0 град	ω_1 с^{-1}	AO_1 м	$\frac{O_1O_3}{AO_1}$	$\frac{BO_3}{AO_1}$	$\frac{CO_3}{BO_3}$	$\frac{CD}{CO_3}$
1	20	30	0,18	1,9	3,6	0,31	3,0
2	40	60	0,27	2,2	3,7	0,26	3.2
3	60	40	0,19	1,8	3,5	0,25	3.8
4	80	70	0,26	2,4	3,8	0,27	3.5
5	100	80	0,25	2,1	3,9	0,28	3.6
6	120	70	0,24	2,5	3,0	0,29	4,0
7	160	50	0,30	2,0	3,6	0,25	2,8
8	180	60	0,23	2,2	3,9	0,30	2.5
9	200	50	0,21	2,3	3,8	0,24	3,1
10	240	40	0,20	2,6	3,7	0,23	3,3
	a	б			v		

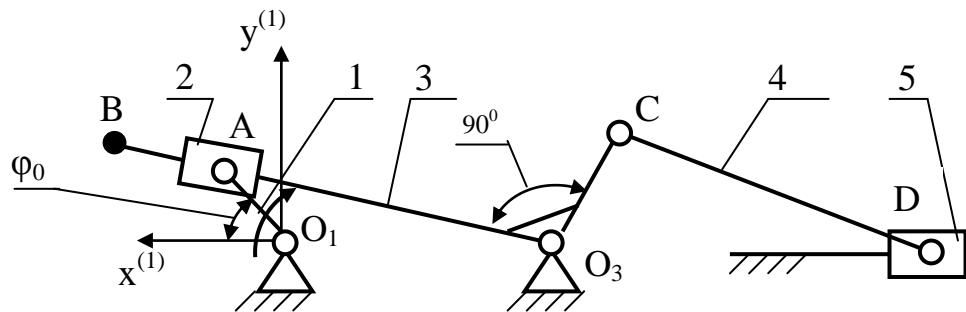


Рисунок1. Структурная схема механизма

По шифру 10-71 выбираем 1-е задание, для которого $\phi_0 = 20^\circ$, $\omega_1 = 40 \text{ c}^{-1}$, и все геометрические размеры берём из седьмого варианта, по которому:

- длина ведущего звена $l_{AO_1} = 0.3 \text{ м}$;
- отношения длин звеньев $O_1O_3/AO_1 = 2,0$
 $BO_3/AO_1 = 3,6$
 $CO_3/BO_3 = 0,25$
 $CD/CO_3 = 2,8$

1. Структурный анализ механизма

Определяем степень подвижности всего механизма (рис. 1) по формуле П.Л. Чебышева.

Здесь звено 1 – ведущее, звено 2 – кулисный камень, звено 3 – кулиса (коромысло), звено 4 – шатун, звено 5 – ползун.

$$W = 3 \cdot n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1,$$

где n – количество подвижных звеньев,

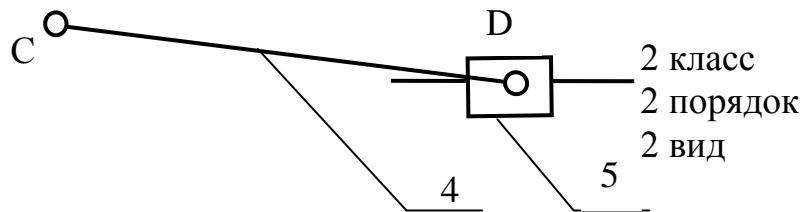
P_5 – количество кинематических пар 5-ого класса

P_4 – количество кинематических пар 4-ого класса

Данная цепь является механизмом, так как степень подвижности $W = 1$, что соответствует числу заданных законов движения.

В наиболее удаленной от ведущего звена части механизма грохота отсоединяем наименьшее четное число звеньев.

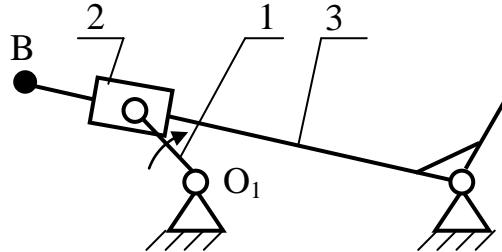
Степень подвижности первой отсоединеной группы



$$W_{gp} = 3 \cdot n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 - 0 = 0$$

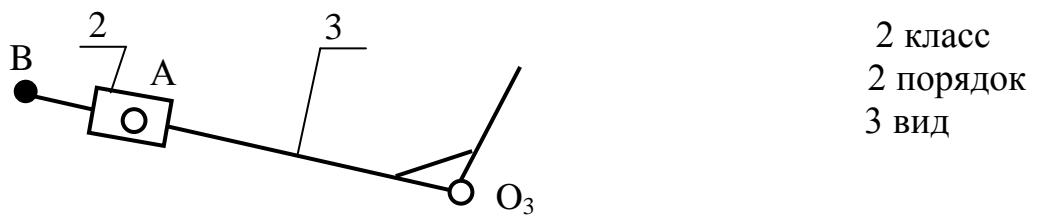
Степень подвижности равна нулю, следовательно, отсоединеная группа является группой Ассура.

Степень подвижности оставшейся части:



$$W_{\text{ост}} = 3 \cdot n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$

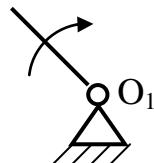
Оставшаяся часть является механизмом, так как степень подвижности остатка равна единице.



$$W = 3 \cdot n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 - 0 = 0$$

Степень подвижности равна нулю, следовательно, отсоединенная группа является группой Ассура.

Степень подвижности оставшейся части:



$$W_{\text{ост}} = 3 \cdot n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 - 0 = 1$$

Оставшаяся часть является механизмом, так как степень подвижности равна единице.

Вывод: механизм вязального аппарата 2-ого класса состоит из механизма 1-ого класса и двух присоединенных групп: 1-ая группа – 3 вида, 2-ого класса, 2-ого порядка; 2-ая группа – 2-ого вида, 2-ого класса, 2-ого порядка.

2. Кинематический анализ механизма методом планов скоростей и ускорений

2.1. Построение кинематической схемы механизма в заданном положении

Для построения заданного положения механизма определяем длины звеньев механизма по своим исходными данным.

$$l_{O_1O_3} = l_{AO_1} \cdot 2,0 = 0,3 \cdot 2,0 = 0,60 \text{ м}$$

$$l_{BO_3} = l_{AO_1} \cdot 3,6 = 0,3 \cdot 3,6 = 1,08 \text{ м}$$

$$l_{CO_3} = l_{BO_3} \cdot 0,25 = 1,08 \cdot 0,25 = 0,27 \text{ м}$$

$$l_{CD} = l_{CO_3} \cdot 3,5 = 0,27 \cdot 2,8 = 0,756 \text{ м}$$

Определяем масштаб построения, приняв чертежный размер $AO_1=30 \text{ мм}$
 $\mu_l = l_{AO} / AO_1 = 0,30 / 30 = 0,01 \text{ м/мм}$

1. Определяем длины звеньев на чертеже

$$O_1O_3 = l_{O_1C_3} / \mu_l = 0,60 / 0,01 = 60 \text{ мм}$$

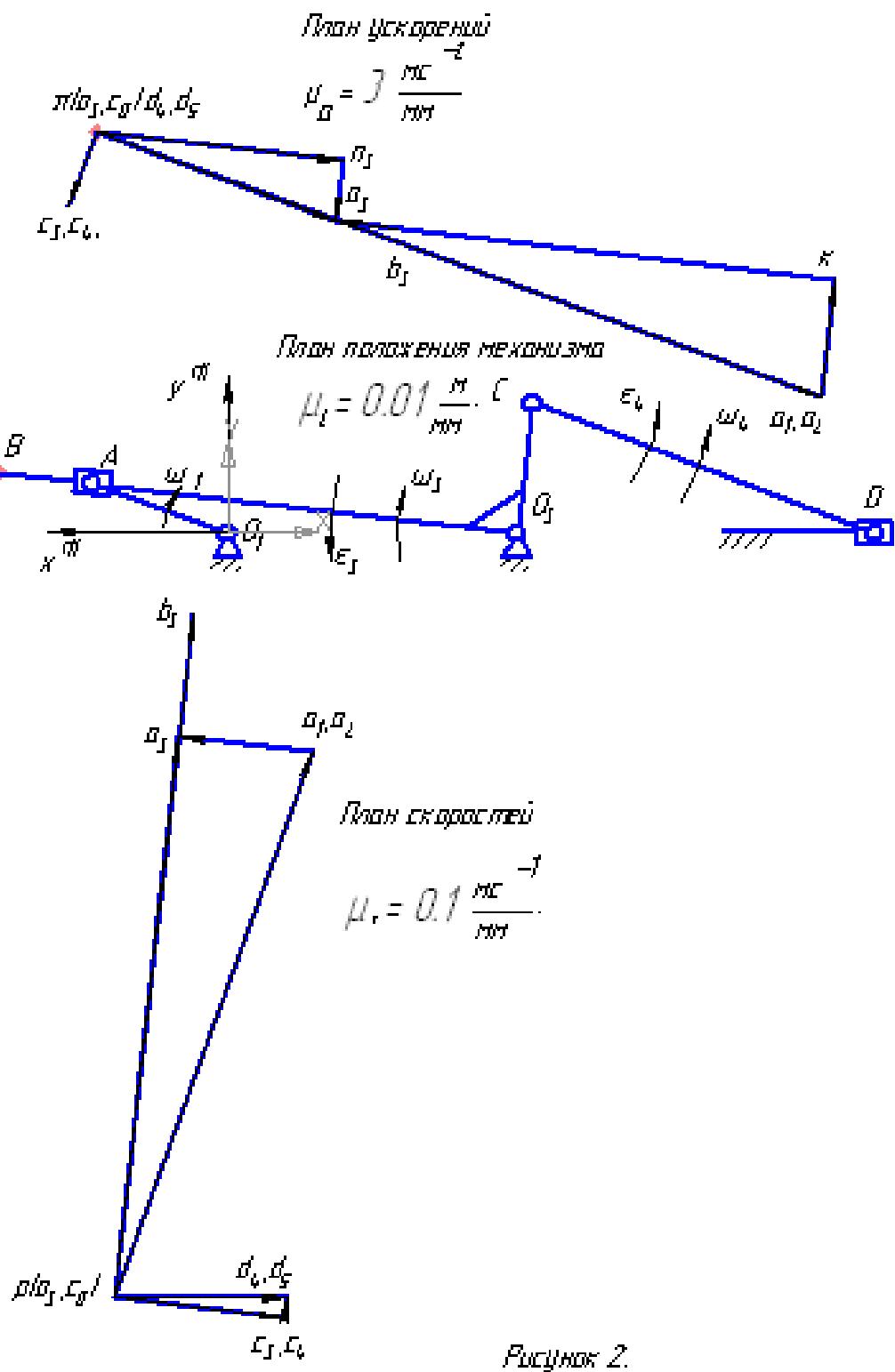
$$BO_3 = l_{BO_3} / \mu_l = 1,08 / 0,01 = 108 \text{ мм}$$

$$CO_3 = l_{CO_3} / \mu_l = 0,27 / 0,01 = 27 \text{ мм}$$

$$CD = l_{BC} / \mu_l = 0,756 / 0,01 = 75,6 \text{ мм}$$

Строим план механизма в заданном положении (рисунок 2).

Из точки O_1 проводим луч под углом ϕ_0 от оси $x^{(1)}$ и на нем откладываем отрезок AO_1 . Из точки O_3 через точку A проводим O_3B . Из точки O_3 , под углом 90 градусов проводим отрезок CO_3 . Радиусом DC делаем засечку на траектории движения точки D . Полученные точки D и C соединяем прямой линией.



2.1. Построение плана скоростей

Строим план скоростей ведущего звена, для которого $\omega_1 = \text{const}$, $\varepsilon_1 = 0$. $V_{A_1} = \omega_1 \cdot l_{AO_1} = 40 \cdot 0,3 = 12 \text{ мс}^{-1}$. Вектор скорости точки A направляем в сторону угловой скорости первого звена перпендикулярно отрезку AO₁. Длина вектора (pa₁) с учётом выбранного масштабного коэффициента $\mu_v = 0,1 \left[\frac{\text{м} \cdot \text{с}^{-1}}{\text{мм}} \right]$ будет равна

$$(pa_1) = \frac{V_{A_1}}{\mu_v} = 12/0,1 = 120 \text{ мм}$$

Строим план скоростей для первой присоединённой группы (группа 3 вида, 2 класса, 2 порядка).

Векторные уравнения для плана скоростей группы 3-го вида

$$\bar{V}_{A_3} = \bar{V}_{A_2} + \bar{V}_{A_3A_2}$$

$$\bar{V}_{A_3} = \bar{V}_{O_3} + \bar{V}_{A_3O_3}$$

Решаем эти векторные уравнения. Скорость точки $\bar{V}_{A_2} = \bar{V}_{A_1}$ и построена, Вектор относительной скорости $\bar{V}_{A_3A_2}$ начинается в конце вектора A₂, параллелен оси поступательной пары A, направление пока неизвестно. Скорость точки O₃ известна (она равна нулю, т.е. вектор этой скорости, начинается и заканчивается в полюсе плана). Вектор относительной скорости $\bar{V}_{A_3O_3}$ начинается в конце вектора \bar{V}_{O_3} , т.е. в полюсе, перпендикулярен отрезку AO₃ и заканчивается на пересечении с относительной скоростью $\bar{V}_{A_3A_2}$. Пересечение относительных скоростей $\bar{V}_{A_3A_2}$ и $\bar{V}_{A_3O_3}$ даёт конец вектора скорости \bar{V}_{A_3} .

Скорость точки B₃ определяем из пропорции (теорема о конгруэнтности)

$$\frac{BO_3}{AO_3} = \frac{(b_3o_3)}{(a_3o_3)}, \quad (b_3o_3) = (a_3o_3) \frac{BO_3}{AO_3} = 116,8 \frac{108}{88,7} = 142,2 \text{ мм}$$

Здесь отрезок (a_3o_3) берём из плана скоростей, а отрезки BO₃ и AO₃ из плана положений механизма.

Если мысленно перенести вектор относительной скорости $\bar{V}_{A_3O_3}$ в точку A, то можно определить направление угловой скорости третьего звена, величина которой равна

$$\omega_3 = \frac{V_{A_3O_3}}{l_{AO_3}} = \frac{\mu_v \cdot (a_3p)}{l_{AO_3}} = 0,1 \cdot 116,8 / 0,887 = 13,2 \text{ с}^{-1}$$

Строим план скоростей второй присоединённой группы (группа 2 вида, 2 класса, 2 порядка).

Векторные уравнения для этой группы

$$\begin{aligned}\bar{V}_{D_4} &= \bar{V}_{C_4} + \bar{V}_{D_4 C_4} \\ \bar{V}_{D_5} &= \bar{V}_{D_0} + \bar{V}_{D_5 D_0}\end{aligned}$$

Скорость точки C_4 известна и равна скорости точки C_3 , которая определяется, как $V_{C_3} = \omega_3 \cdot l_{CO_3} = 13,2 \cdot 0,27 = 3,56 \text{ мс}^{-1}$ и направлена перпендикулярно отрезку CO_3 в сторону ω_3 . Вектор относительной скорости $\bar{V}_{D_4 C_4}$ начинается в конце вектора \bar{V}_{C_4} , перпендикулярен отрезку CD , направление пока неизвестно. Скорость точки D_0 известна (она равна нулю, т.е. вектор этой скорости начинается и заканчивается в полюсе плана). Вектор относительной скорости $\bar{V}_{D_5 D_0}$ начинается в конце вектора \bar{V}_{D_0} , т.е. в полюсе, и параллелен оси поступательной пары D . Пересечение относительных скоростей $\bar{V}_{D_4 C_4}$ и $\bar{V}_{D_5 D_0}$ даёт конец вектора скорости \bar{V}_{D_5} .

Если мысленно перенести вектор относительной скорости $\bar{V}_{D_4 C_4}$ в точку D , то можно определить направление угловой скорости четвёртого звена, величина которой равна

$$\omega_4 = \frac{V_{C_4 B_4}}{l_{CB}} = \frac{\mu_V \cdot (c_4 b_4)}{l_{CB}} = 0,1 \cdot 4,1 / 0,756 = 0,542 \text{ с}^{-1}$$

Из плана скоростей найдем

$$\begin{aligned}V_B &= pb_3 \mu_V = 142,2 \cdot 0,1 = 14,22 \text{ м/с} \\ V_D &= pd_5 \mu_V = 35,8 \cdot 0,1 = 3,58 \text{ м/с}\end{aligned}$$

2.2. Построение плана ускорений

Строим план ускорений ведущего звена, для которого $\omega_1 = \text{const}$, $\varepsilon_1 = 0$. Ускорение точки A , принадлежащей первому звену, определяем по выражению $a_{A_1}^n = \omega_1^2 \cdot l_{AO_1} = 40^2 \cdot 0,3 = 480 \text{ мс}^{-2}$, и направляем параллельно AO_1 , в сторону центра вращения ведущего звена. Длина вектора (πa_1) с учётом выбранного масштабного коэффициента $\mu_a = 3 \left[\frac{\text{м} \cdot \text{с}^{-2}}{\text{мм}} \right]$ будет равна $(\pi a_1) = \frac{a_{A_1}}{\mu_a} = 480 / 3 = 160 \text{ ММ}$.

Строим план ускорений для первой присоединённой группы.

Векторные уравнения планов ускорений составляются в соответствии с векторными уравнениями планов скоростей.

$$\begin{aligned}\bar{a}_{A_3} &= \bar{a}_{A_2} + \bar{a}_{A_3 A_2}^k + \bar{a}_{A_3 A_2}^r \\ \bar{a}_{A_3} &= \bar{a}_{O_3} + \bar{a}_{A_3 O_3}^n + \bar{a}_{A_3 O_3}^t\end{aligned}$$

Решаем эту систему векторных уравнений. Ускорение точки A_2 равно ускорению точки A_1 , т.е. уже отложено. Вектор ускорения Кориолиса $\bar{a}_{A_3 A_2}^k$ начинается в конце вектора A_2 и определяется по выражению

$a_{A_3 A_2}^k = 2\omega_3 \cdot V_{A_3 A_2} = 2\omega_3 \cdot (a_3 a_2) \cdot \mu_v = 2 \cdot 13,2 \cdot 27,7 \cdot 0,1 = 73,1 \text{ мс}^{-2}$. Для определения направления этого ускорения берём вектор относительной скорости $\bar{V}_{A_3 A_2}$ и поворачиваем его на 90° в сторону угловой скорости ω_3 . Вектор радиального ускорения $\bar{a}_{A_3 A_2}^r$ начинается в конце вектора Кориолиса, параллелен оси поступательной пары А, направление пока неизвестно. Ускорение точки O_3 известно (оно равно нулю, т.е. вектор этого ускорения, начинается и заканчивается в полюсе плана). Вектор нормального ускорения, равный $a_{A_3 O_3}^n = \omega_3^2 \cdot l_{AO_3} = 13,2^2 \cdot 0,887 = 154,6 \text{ мс}^{-2}$ начинается в конце вектора \bar{a}_{O_3} , т.е. в полюсе, параллелен отрезку AO_3 . Вектор тангенциального ускорения $\bar{a}_{A_3 O_3}^t$ начинается в конце нормального $\bar{a}_{A_3 O_3}^n$ и заканчивается на пересечении с радиальным ускорением $\bar{a}_{A_3 A_2}^r$. Пересечение относительных ускорений $\bar{a}_{A_3 O_3}^t$ и $\bar{a}_{A_3 A_2}^r$ даёт конец вектора ускорения точки А, принадлежащей третьему звену (\bar{a}_{A_3}).

Ускорение точки B_3 определяем из пропорции (теорема о конгруэнтности)

$$\frac{BO_3}{AO_3} = \frac{(b_3 o_3)}{(a_3 o_3)}, \quad (b_3 o_3) = (a_3 o_3) \frac{BO_3}{AO_3} = 53,1 \cdot 108 / 88,7 = 64,7 \text{ мм}$$

Направление углового ускорения третьего звена, величина которого равна $\varepsilon_3 = \frac{a_{A_3 O_3}^t}{l_{AO_3}} = \frac{\mu_a \cdot (n_3 a_3)}{l_{AO_3}} = 3 \cdot 12,6 / 0,887 = 42,6 \text{ с}^{-2}$, определяем

направлением тангенциального ускорения $\bar{a}_{A_3 O_3}^t$, приложенного (мысленно) в точке А.

Строим план ускорений для второй присоединённой группы.

Векторные уравнения плана ускорений для второй присоединённой группы

$$\bar{a}_{D_4} = \bar{a}_{C_4} + \bar{a}_{D_4 C_4}^n + \bar{a}_{D_4 C_4}^t$$

$$\bar{a}_{D_5} = \bar{a}_{D_0} + \bar{a}_{D_5 D_0}^k + \bar{a}_{D_5 D_0}^r$$

Ускорение точки C_4 равно ускорению точки C_3 , которое найдём из конгруэнтного треугольника.

$$\frac{CO_3}{AO_3} = \frac{(c_3 o_3)}{(a_3 o_3)}, \quad (c_3 o_3) = (a_3 o_3) \frac{CO_3}{AO_3} = 53,1 \cdot 27 / 88,7 = 16,2 \text{ мм}$$

Вектор нормального ускорения, равный $a_{D_4 C_4}^n = \omega_4^2 \cdot l_{BC} = 0,542^2 \cdot 0,756 = 0,22 \approx 0$ начинается в конце вектора \bar{a}_{c_4} , параллелен отрезку CD. Вектор тангенциального ускорения $\bar{a}_{D_4 C_4}^t$ начинается в конце нормально-

го $a_{D_4C_4}^n$, перпендикулярен отрезку DC и его направление пока неизвестно. Ускорение точки D_0 известно, так как эта точка принадлежит стойке (оно равно нулю, т.е. вектор этого ускорения начинается и заканчивается в полюсе плана). Вектор ускорения Кориолиса $\bar{a}_{C_5C_0}^k$ начинается в конце вектора C_0 и определяется по выражению $a_{D_5D_0}^k = 2\omega_5 \cdot V_{D_5D_0} = 0$, так как $\omega_5 = 0$. Вектор радиального ускорения $\bar{a}_{D_5D_0}^r$ начинается в конце вектора Кориолиса, т.е. в полюсе плана ускорений, параллелен оси поступательной пары D и заканчивается в точке пересечения с тангенциальным ускорением $\bar{a}_{D_4C_4}^\tau$. Пересечение относительных ускорений $\bar{a}_{D_4C_4}^\tau$ и $\bar{a}_{D_5D_0}^r$ даёт конец вектора ускорения точки D, принадлежащей пятому звену (\bar{a}_{D_5}). Направление углового ускорения третьего звена, величина которого равна $\varepsilon_4 = \frac{a_{D_4C_4}^\tau}{l_{CB}} = \frac{\mu_a \cdot (n_4 d_4)}{l_{CB}} = 3 \cdot 16,2 / 0,756 = 64,3 \text{ } c^{-2}$, определяется направлением тангенциального ускорения $\bar{a}_{D_4C_4}^\tau$, приложенного в точке D.

Из плана ускорений найдем:

$$\begin{aligned} a_B &= \pi b \cdot \mu_a = 64,7 \cdot 3 = 194,1 \text{ м/с}^2 \\ a_D &= \pi d \cdot \mu_a = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ м/с}^2 \\ a_C &= \pi c \cdot \mu_a = 16,2 \cdot 3 = 48,6 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория механизмов и машин. Анализ, синтез, расчет [Текст]: учебник / Ю. Ф. Лачуга [и др.] ; ред. Ю. Ф. Лачуга . - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Бибком, Транслог, 2015. - 416 с. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).
2. а) Чмиль В.П. Теория механизмов и машин [Текст]: Учебно-методическое пособие. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2012. – 288 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Кореняко А.С. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин [Текст]: учебное пособие для вузов / А.С. Кореняко, Кременштейн Л.И. [и др.]. 6-е изд. стер.- Москва; ООО «Медиа-Стар», 2006. – 332 с.
4. Теория механизмов и машин [Текст]: учебник / К.В. Фролов [и др.]; ред. К.В.Фролов.- Москва: Высшая школа, 1987.- 496 с.
5. Задания для контрольной работы и методические указания по ее выполнению. Методические указания. В.И. Сычев – Оренбург.: 2015.- 37 с., ил.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

4.1 Классификация машин и механизмов. Пассивные связи и лишние степени свободы

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на конструктивную и структурную классификацию механизмов, необходимость введения в кинематическую цепь пассивных связей и лишних степеней свободы и на структурный синтез плоских механизмов.

4.2 Передаточное отношение в зубчатом механизме.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные кинематические параметры зубчатого механизма, и методы их определения. Рассмотрите отличие передаточного числа и передаточного отношения.

4.3 Кинематический анализ зубчатых механизмов с неподвижными осями колёс. Внешнее и внутреннее зацепление. Паразитный ряд.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на то, что угловые скорости это векторные величины и их отношение может быть положительным и отрицательным. Обратить внимание, каким образом паразитный ряд влияет на величину и знак передаточного отношения.

4.4 Кинематический анализ зубчатых механизмов с подвижными осями колёс.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на метод обращенного движения, который позволяет использовать формулу передаточного отношения для зубчатого механизма с неподвижными осями колес. Обратите внимание на степень подвижности планетарного и дифференциального механизма.

4.5 Сложные зубчатые механизмы

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на возможность разделения (условно) сложного зубчатого механизма на простые (с неподвижными осями колес и с подвижными осями колес).

4.6 Методы оптимизации в синтезе механизмов с применением ЭВМ.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на различия между входными и выходными параметрами синтеза, какой параметр или функция может быть критерием оптимизации. Обратить внимание, какие условия синтеза могут быть дополнительными или основными. Обратите внимание на достоинства и недостатки методов оптимизации.

4.7 Синтез передаточных механизмов.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на определение передаточно-го механизма и какие методы оптимизации можно применить при синтезе передаточных механизмов. Найти примеры передаточных механизмов.

4.8 Синтез по положению звеньев.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на простые способы построения при синтезе передаточных механизмов.

4.9 Определение основных размеров кулачкового механизма из условий ограничения угла давления и выпуклости профиля кулачка.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на особенности определения минимального радиуса кулачка в зависимости от башмака толкателя и типа движения толкателя (поступательное, вращательное).

4.10 Основная теорема зацепления.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следствие из основной теоремы зацепления, которое определяет выбор профиля зуба.

4.11 Эвольвента круга и ее свойства.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные параметры эвольвенты круга и как они используются в зубчатом зацеплении.

4.12 Геометрические элементы зубчатых колёс.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на стандартизацию зубчатых колес и, какие параметры должны быть стандартными.

4.13 Методы изготовления зубчатых колёс.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на достоинства и недостатки методов изготовления зубчатых колес.

4.14 Коэффициент перекрытия.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на что влияет коэффициент перекрытия и от чего он зависит. Какие есть способы повышения коэффициента перекрытия.

4.15 Выбор коэффициентов смещения

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на влияние коэффициентом смещения на качественные параметры зацепления, где можно подобрать нужные коэффициенты смещения для получения качественных параметров зацепления.

4.16 Виды эвольвентных колес

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на виды колес в плоских зубчатых механизмах и пространственных. Что является начальной поверхностью (аксоидом) в колесах плоской зубчатой передачи и пространственной зубчатой передачи. Какие опущения делают при проектировании пространственной зубчатой передачи.

4.17 Классификация сил, действующих в машине.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на различие сил полезного сопротивления и не полезного сопротивления, внешних сил и внутренних сил, сил инерции. При определении сил инерции и моментов сил инерции звеньев необходимо обратить внимание на расположения центра масс звеньев и на характер движения звена (вращается, движется поступательно, совершает сложное движение).

4.18 Условие статической определимости кинематической цепи.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на допущения при силовом анализе кинематической цепи и число параметров сил известных и неизвестных в разных кинематических парах.

4.19 Силовой расчет структурных групп 2-го класса.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на порядок силового расчета по группам Ассура, на методику составления векторных и скалярных уравнений равновесия.

4.20 Силовой расчет ведущего звена.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на особенности силового расчета ведущего звена в зависимости от типа привода.

4.21 Режимы движения механизма.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на соотношения работ движущих сил и сил сопротивления, от которых зависит тот или иной режим движения механизма. При каком режиме движения определяется КПД механизма и при каких условиях.

4.22 Силы трения и механический коэффициент полезного действия механизмов. Условие самоторможения.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на потери мощности в кинематических парах за счет сил трения, способы определения механического КПД, в каком интервале может быть значение КПД и в каких случаях может возникнуть явление самоторможения.

4.23 К.П.Д. механизмов при различных способах их соединения в машине.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на методы определения КПД в системе механизмов при разном способе их соединении (последовательном, параллельном и смешанном).

4.24 Условия уравновешивания механизмов на фундаменте.

При выводе условий уравновешивания необходимо обратить внимание на особенности плоского механизма, и на особенности приведенного момента относительно оси главного вала машины.

4.25 Виды неуравновешенности ротора.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание, каким образом проявляется та или иная неуравновешенность ротора на практике.

4.26 Методы уравновешивания и балансировки роторов

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на особенность выбора плоскостей коррекции при динамическом уравновешивании ротора, их количестве. Выяснить чем отличается уравновешивание от балансировки ротора. Обратить внимание на то, какие роторы, могут быть, только статически уравновешены. При статическом уравновешивании будут ли такие роторы полностью уравновешены.

4.27 Вибрационные транспортеры

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на возможность использования вибрации для транспортировки грузов. Рассмотреть типы вибрационных транспортеров и их характеристики.

4.28 Источники колебаний и объекты виброзащиты.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание, на что может быть источником колебания и объектом виброзащиты. Рассмотреть примеры. Выяснить какие связи могут быть между источником и объектом виброзащиты, какие воздействия может оказывать источник колебаний на объект виброзащиты.

4.29 Влияние вибрации на механизмы и организм человека.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание, на что приводят вибрационные воздействия на механизмы и на человека. Какие есть способы защиты от вибрационных воздействий.

4.30 Методы виброзащиты.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на способы и пассивные и активные устройства виброзащиты

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

5.1 Лабораторная работа № 1.

Тема: «Составление кинематических схем и структурный анализ механизмов».

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на условные обозначения звеньев и кинематических пар, на относительные движения звеньев в кинематических парах и на порядок структурного анализа.

5.2 Лабораторная работа № 2.

Тема: «Кинематический анализ зубчатых механизмов с подвижными осями колес».

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на основные кинематические параметры зубчатых механизмов, чем отличается передаточное отношение от передаточного числа, на метод обращенного движения и особенности определения передаточных отношений в механизмах с подвижными осями колес.

5.3 Лабораторная работа № 3, 4.

Тема: «Построение эвольвентных зубьев методом обкатки».

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на свойства эвольвентного зацепления, на основные качественные параметры зацепления и на стандартные параметры зацепления.

5.4 Лабораторная работа № 7.

Тема: «Динамическое уравновешивание ротора».

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на виды неуравновешенности ротора, выбор плоскостей коррекции при динамическом уравновешивании ротора. Какие роторы могут быть уравновешены статически, а какие – динамически.

Приложение А

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра проектирования и управления в технических системах

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ТММ
НА ТЕМУ: «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ
МЕХАНИЗМОВ КАЧАЮЩЕГОСЯ КОНВЕЙЕРА»**

Задание 17 Вариант 01

Выполнил студент 31- Т.серв.
Иванов И.И.

Руководитель проекта
Доцент Сидоров А.А.

201 г.

Приложение Б

**ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ
РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

ЗАДАНИЕ

1. Кинематическое исследование шарнирно-рычажного механизма.
 - 1.1 Структурный анализ механизма.
 - 1.2. Кинематические параметры механизма.
 - 1.2.1. Планы положений звеньев механизма.
 - 1.2.2. Планы скоростей и ускорений.
 - 1.2.3. Уравнения кинематических параметров звеньев первой присоединенной группы Ассура.
 - 1.2.4. Уравнения кинематических параметров звеньев второй присоединенной группы Ассура.
 - 1.2.5. Кинематические диаграммы.
 - Выводы.
 2. Проектирование кулачкового механизма.
 - 2.1. Кинематические параметры толкателя.
 - 2.2. Минимальный радиус кулачка.
 - 2.3. Профилирование кулачка.
 - 2.4. Выбор размеров контактной поверхности толкателя.

Выводы.
 3. Проектирование эвольвентного зубчатого зацепления.
 - 3.1. Исходные параметры зубчатых колес.
 - 3.2. Формулы геометрических параметров зубчатых колес.
 - 3.4. Качественные параметры зацепления зубчатых колес.
 4. Расчет маховика по методу Н.И.Мерцалова.
 - 4.1. Уравнения динамических параметров механизма.
 - 4.2. Замещающие массы звеньев механизма.
 - 4.3. Момент инерции маховика.
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ**
5. Литература.