Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волжский государственный университет водного транспорта"

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.О.Д17 Теория механизмов машин

Профиль	Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания
Институт	«Морская академия»
Кафедра	Кафедра подъемно-транспортных машин и машиноремонта
Специальность	26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов/зачетных единиц	Курсы
		2
Лекции	5 Часы	5
СРС	60 Часы	60
Практические занятия	5 Часы	5
Контактная самостоятельная работа	2 Часы	2
Курсовая работа	53 Часы	53

2. Место дисциплины в структуре ООП

Код дисциплины	Наименование блока	Трудоемкость дисциплины, з.е.
Б1.О.17	Блок 1 Дисциплины (модули) (Обязательная часть)	2

3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	СРС	Практические занятия	Контактная самостоятельная работа	Курсовая работа	Всего
1	Раздел 1 Структура (строение) механизмов						
1,1	Тема 1.1 Основные понятия ТММ. Механизм, машина, деталь, звено, стойка, кинематическая пара, кинематическая цепь.	1 Часы	4 Часы				5 Часы
1,2	Тема 1.2 Классификация механизмов		5 Часы				5 Часы
1,3	Тема 1.3 Структурное исследование механизмов. Классификация кинематических пар, звеньев, механизмов. Степень подвижности механизма. Избыточные связи.	1 Часы	4 Часы				5 Часы
1,4	Тема 1.4 Структурный анализ по Ассуру. . Структурный анализ и синтез механизмов, включающих первичный механизм и структурные группы второго класса.		4 Часы	2 Часы			6 Часы
2	Раздел 2 Анализ механизмов						
2,1	Тема 2.1 Общие методы кинематического анализа Графический, аналитический, метод планов).	1 Часы	4 Часы				5 Часы
2,2	Тема 2.2 Построение положений звеньев и траекторий точек механизма. Масштабы.	1 Часы	3 Часы	2 Часы			6 Часы
2,3	Тема 2.3 Определение скоростей характерных точек. Построение плана скоростей.		6 Часы				6 Часы
2,4	Тема 2.4 Определение ускорений характерных точек. Построение плана ускорений.		6 Часы				6 Часы
2,5	Тема 2.5 Общие методы динамического анализа механизмов. Силовой расчет механизмов.	1 Часы	4 Часы	1 Часы			6 Часы
3	Раздел 3 Синтез механизмов						
3,1	Тема 3.1 Общие методы синтеза механизмов. Этапы синтеза механизмов. Входные и выходные параметры синтеза.		2 Часы				2 Часы
3,2	Тема 3.2 Синтез кулачковых механизмов. Анализ движения кулачковых механизмов при заданном профиле кулачка. Типы и структура плоских кулачковых механизмов.		2 Часы				2 Часы

3,3	Тема 3.3 Синтез зубчатых зацеплений. Основная теорема зацепления Эвольвента, передаточное отношение, коэффициент перекрытия.		6 Часы				6 Часы
3,4	Тема 3.4 Методы изготовления колес с эвольвентным профилем зубьев. Коррегирование зубьев		4 Часы				4 Часы
3,5	Тема 3.5 Синтез планетарных механизмов. Аналитические и графические методы определения КПД планетарного механизма. Выбор схемы планетарной передачи. Выбор чисел зубьев и числа сателлитов в планетарных передачах. (ОПК-3) РГР № 7		6 Часы				6 Часы
4	Консультирование, проверка и защита курсовой работы				2 Часы		2 Часы

4. Компетенции обучающегося, формируемые в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Формируемые компетенции
1	Раздел 1 Структура (строение) механизмов	
1,1	Тема 1.1 Основные понятия ТММ. Механизм, машина, деталь, звено, стойка, кинематическая пара, кинематическая цепь.	УК-2.(ИДК: УК-2.З.1;)
1,2	Тема 1.2 Классификация механизмов	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
1,3	Тема 1.3 Структурное исследование механизмов. Классификация кинематических пар, звеньев, механизмов. Степень подвижности механизма. Избыточные связи.	УК-2.(ИДК: УК-2.З.1;УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
1,4	Тема 1.4 Структурный анализ по Ассуру. . Структурный анализ и синтез механизмов, включающих первичный механизм и структурные группы второго класса.	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
2	Раздел 2 Анализ механизмов	
2,1	Тема 2.1 Общие методы кинематического анализа Графический, аналитический, метод планов).	УК-2.(ИДК: УК-2.З.1;УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
2,2	Тема 2.2 Построение положений звеньев и траекторий точек механизма. Масштабы.	УК-2.(ИДК: УК-2.З.1;УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
2,3	Тема 2.3 Определение скоростей характерных точек. Построение плана скоростей.	УК-2.(ИДК: УК-2.З.1;УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
2,4	Тема 2.4 Определение ускорений характерных точек. Построение плана ускорений.	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
2,5	Тема 2.5 Общие методы динамического анализа механизмов. Силовой расчет механизмов.	УК-2.(ИДК: УК-2.З.1;УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
3	Раздел 3 Синтез механизмов	
3,1	Тема 3.1 Общие методы синтеза механизмов. Этапы синтеза механизмов. Входные и выходные параметры синтеза.	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
3,2	Тема 3.2 Синтез кулачковых механизмов. Анализ движения кулачковых механизмов при заданном профиле кулачка. Типы и структура плоских кулачковых механизмов.	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
3,3	Тема 3.3 Синтез зубчатых зацеплений. Основная теорема зацепления Эвольвента, передаточное отношение, коэффициент перекрытия.	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
3,4	Тема 3.4 Методы изготовления колес с эвольвентным профилем зубьев. Коррегирование зубьев	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
3,5	Тема 3.5 Синтез планетарных механизмов. Аналитические и графические методы определения КПД планетарного механизма. Выбор схемы планетарной передачи. Выбор чисел зубьев и числа сателлитов в планетарных передачах. (ОПК-3) РГР № 7	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)
4	Консультирование, проверка и защита курсовой работы	УК-2.(ИДК: УК-2.У.1;УК-2.В.1;)

5. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих компетенций:

№ п/п	компетенции	Индикатор достижения

№ п/п	компетенции	Знать	Уметь	Владеть
1	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом	УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования	УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих требуемых Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года стандартов компетентности:

№ п/п	Таблица	Функция	Сфера компетентности
1			

6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение программы

6.1 Помещения и оборудование

№ п/п	Вид помещений	Оснащение помещений	№ помещений
1	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	оборудование и технические средства обучения (Печь ПЛ10/12,5 (камерная высокотемпературная) (2 ед.); Твердомер ТК-2М М000000447 (1 ед.); Прибор ТШ-2 М000000435 (1 ед.); Прибор для определения твердости М000000469 (1 ед.); Микроскоп МИМ-7 М000004065 (3 ед.); Стул (10 ед.); Стол аудиторный (8 ед.); Машина 0001350240 (1 ед.); Прибор 0001330921 (1 ед.); Прибор 0001351023 (1 ед.); Установка 0001330932 (1 ед.).Весы технические (1 ед.); Гальванометр напряжения (4 ед.); Доска аудиторная (1 ед.); Интегратор (2 ед.); Киноэкран (2 ед.); Модель кристаллической решетки (4 ед.); Потенциометр КСП (7 ед.); Потенциостат П5848 (1 ед.); Прибор для определения микротвердости (1 ед.); Прибор для определения твердости металла (1 ед.); Станок для шлифования и полирования (2 ед.); Стеллаж металлический (2 ед.); Стол верстак (1 ед.); Стол монтажный (5 ед.); Стол однотумбовый (10 ед.); Твердомер ТК-2М (1 ед.); Шкаф секционный (6 ед.); Электроточило (1 ед.) (171) Парты (50 ед.); Стол аудиторный (2 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (562) Парты (47 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (568) Парты (37 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (570) Парты (34 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.); Стол аудиторный (10 ед.) (662) Парты (47 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (668) Парты (40 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (670) Парты (36 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.); Стол аудиторный (1 ед.) (673) Стол рабочий (22 ед.); стул (33 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (761) Стул (2 ед.); Парты (41 ед.); Мультимедийное оборудование (1 ед.) (768))	8,570,662,668,670,67
2	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечение доступа в электронную информационно-образовательную среду университета	462

6.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

№ п/п	Наименование
1	Microsoft Office Professional Plus 2016 (Договор №44/109-15 от 28.12.2015 (бессрочно))
2	Microsoft Office ProPlus 2013 (Договор №44/59-18 от 09.04.2018 (бессрочно))

6.3 Карта обеспеченности печатными и(или) электронными изданиями и электронными образовательными ресурсами

№ п/п	Наименование источника	Год издания	Ресурс	Количество экземпляров
1	Коловский, М.З.;Теория механизмов и машин;учеб.пособие;Евграфов, А.Н.Коловский, М.З.Семенов, Ю.А.Слоущ, А.В.-М.,Академия; <null> ;	2 006	Текст	3
2	Елчанинов, Е.В.;Теория механизмов и машин и детали машин;метод.указания и контр.задания на курс.работу по разд."Теория механизмов и машин" для студ.2-го курса спец.1402, 1403, 1509 очн.и заочн.обучения;Елчанинов, Е.В.Шаров, О.А.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	1 998	Текст	120
3	Артоболевский, И.И.;Теория механизмов и машин;учебник;Артоболевский, И.И.-М.,Наука; <null> ;	1 988	Текст	103

4	Тарнопольская, Т.И.;Динамический расчет механизмов;метод.указания и индивид.задания для студ.инженер.спец.очн.и заочн.обучения;Гордлеева, И.Ю.Тарнопольская, Т.И.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 013	Текст	217

Программа предусматривает возможность применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Электронная информационно-образовательная среда университета с возможностью доступа к информационно- телекоммуникационной сети "Интернет" - Режим доступа: http://www.eios.vsuwt.ru/.

6.4 Современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование
1	Статистический сборник: Транспорт в России- Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1136983505312
2	Центральная база статистических данных - Режим доступа: http://cbsd.gks.ru/

6.5 Информационные справочные системы

№ п/п	Наименование
1	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
2	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
4	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)

7. Оценочные и методические материалы

Оценочные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, являются приложением к программе.

№ п/п	Индикатор достижения компетенций	Сфера компетентности (МК ПДНВ)	Контролируемые разделы (темы)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения		Процедура оценивания	Критерии оценивания результата обучения и шкала оценивания			
							2	3	4	5
				Вид контроля	Форма контроля		не зачтено	зачтено		
1	УК-2.З.1,УК-2.У.1		1.2,1.3,1.4	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа	РГР	РГР выполнена не полностью, допущены грубые ошибки, большинство предусмотренных заданий не выполнены либо выполнены с грубыми ошибками	РГР выполнена большей частью, но допущены ошибки в расчетах и чертежах (графиках); необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки; оформление РГР с нарушением установленных требований	РГР в целом выполнена, но допущены неточности в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено; необходимые умения и практические навыки работы в основном сформированы, все предусмотренные задания выполнены с отдельными неточностями, оформление РГР согласно установленным требованиям.	РГР выполнена в полном объеме; без ошибок в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено полностью, без пробелов, системно и глубоко; необходимые умения и практические навыки сформированы, все задания выполнены безупречно, оформление РГР согласно установленным требованиям.
2	УК-2.З.1,УК-2.У.1		2.1,2.2	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа	РГР	РГР выполнена не полностью, допущены грубые ошибки, большинство предусмотренных заданий не выполнены либо выполнены с грубыми ошибками	РГР выполнена большей частью, но допущены ошибки в расчетах и чертежах (графиках); необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки; оформление РГР с нарушением установленных требований	РГР в целом выполнена, но допущены неточности в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено; необходимые умения и практические навыки работы в основном сформированы, все предусмотренные задания выполнены с отдельными неточностями, оформление РГР согласно установленным требованиям.	РГР выполнена в полном объеме; без ошибок в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено полностью, без пробелов, системно и глубоко; необходимые умения и практические навыки сформированы, все задания выполнены безупречно, оформление РГР согласно установленным требованиям.

3	УК-2.З.1,УК-2.У.1		2.3	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа	РГР	РГР выполнена не полностью, допущены грубые ошибки, большинство предусмотренных заданий не выполнены либо выполнены с грубыми ошибками	РГР выполнена большей частью, но допущены ошибки в расчетах и чертежах (графиках); необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки; оформление РГР с нарушением установленных требований	РГР в целом выполнена, но допущены неточности в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено; необходимые умения и практические навыки работы в основном сформированы, все предусмотренные задания выполнены с отдельными неточностями, оформление РГР согласно установленным требованиям.	РГР выполнена в полном объеме; без ошибок в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено полностью, без пробелов, системно и глубоко; необходимые умения и практические навыки сформированы, все задания выполнены безупречно, оформление РГР согласно установленным требованиям.
4	УК-2.З.1,УК-2.У.1		2.4	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа	РГР	РГР выполнена не полностью, допущены грубые ошибки, большинство предусмотренных заданий не выполнены либо выполнены с грубыми ошибками	РГР выполнена большей частью, но допущены ошибки в расчетах и чертежах (графиках); необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки; оформление РГР с нарушением установленных требований	РГР в целом выполнена, но допущены неточности в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено; необходимые умения и практические навыки работы в основном сформированы, все предусмотренные задания выполнены с отдельными неточностями, оформление РГР согласно установленным требованиям.	РГР выполнена в полном объеме; без ошибок в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено полностью, без пробелов, системно и глубоко; необходимые умения и практические навыки сформированы, все задания выполнены безупречно, оформление РГР согласно установленным требованиям.
5	УК-2.З.1,УК-2.У.1		2.5	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа	РГР	РГР выполнена не полностью, допущены грубые ошибки, большинство предусмотренных заданий не выполнены либо выполнены с грубыми ошибками	РГР выполнена большей частью, но допущены ошибки в расчетах и чертежах (графиках); необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки; оформление РГР с нарушением установленных требований	РГР в целом выполнена, но допущены неточности в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено; необходимые умения и практические навыки работы в основном сформированы, все предусмотренные задания выполнены с отдельными неточностями, оформление РГР согласно установленным требованиям.	РГР выполнена в полном объеме; без ошибок в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено полностью, без пробелов, системно и глубоко; необходимые умения и практические навыки сформированы, все задания выполнены безупречно, оформление РГР согласно установленным требованиям.

6	УК-2.З.1,УК-2.У.1		3.3	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа	РГР	РГР выполнена не полностью, допущены грубые ошибки, большинство предусмотренных заданий не выполнены либо выполнены с грубыми ошибками	РГР выполнена большей частью, но допущены ошибки в расчетах и чертежах (графиках); необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки; оформление РГР с нарушением установленных требований	РГР в целом выполнена, но допущены неточности в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено; необходимые умения и практические навыки работы в основном сформированы, все предусмотренные задания выполнены с отдельными неточностями, оформление РГР согласно установленным требованиям.	РГР выполнена в полном объеме; без ошибок в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено полностью, без пробелов, системно и глубоко; необходимые умения и практические навыки сформированы, все задания выполнены безупречно, оформление РГР согласно установленным требованиям.
7	УК-2.З.1,УК-2.У.1		3.5	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа	РГР	РГР выполнена не полностью, допущены грубые ошибки, большинство предусмотренных заданий не выполнены либо выполнены с грубыми ошибками	РГР выполнена большей частью, но допущены ошибки в расчетах и чертежах (графиках); необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки; оформление РГР с нарушением установленных требований	РГР в целом выполнена, но допущены неточности в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено; необходимые умения и практические навыки работы в основном сформированы, все предусмотренные задания выполнены с отдельными неточностями, оформление РГР согласно установленным требованиям.	РГР выполнена в полном объеме; без ошибок в расчетах и чертежах (графиках), теоретическое содержание освоено полностью, без пробелов, системно и глубоко; необходимые умения и практические навыки сформированы, все задания выполнены безупречно, оформление РГР согласно установленным требованиям.
8	УК-2.З.1,УК-2.У.1,УК-2.В.1		1-3	Промежуточная аттестация	Курсовая работа	Защита КР	Работа не выполнена или содержание не соответствует заданию, допущены грубые теоретические ошибки; обучающийся не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или не отвечает на них	Работа выполнена правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; обучающийся усвоил только основные разделы теоретического материала; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения	Работа выполнена в полном объеме; проработаны все разделы содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; обучающийся твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обоснованно	Работа выполнена в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; обучающийся свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения
9	УК-2.З.1,УК-2.У.1,УК-2.В.1		1,2,3	Промежуточная аттестация	Итоговый тест	зачет	0-49% правильных ответов	50-69% правильных ответов	70-89% правильных ответов	90-100% правильных ответов

8. Разработчики:

	Старший преподаватель	Кафедра подъемно-транспортных машин и машиноремонта	Прокопенко Н. М.
(ученая степень)	*(занимаемая должность)*	*(место работы)*	*(ФИО)*

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

ИДК: УК-2

Комплект заданий расчетно-графических работ:

РГР № 1 «Структурное исследование механизма»

Структурное исследование механизма

1. Изобразить схему механизма без соблюдения масштаба (Варианты схем в Таблице 3)
2. Пронумеровать звенья арабскими цифрами, а кинематические пары римскими.
3. Произвести анализ звеньев (см. Таблицу 1): указать название звена, схематичное изображение, абсолютное движение – движение относительно стойки, в какие кинематические пары входит.
4. Произвести анализ кинематических пар (см.таблицу 2): указать какими звеньями она образована, какое относительное движение звеньев допускает, класс пары, является она высшей или низшей, вид пары. После таблицы 2 сделать вывод, в котором указать количество пар первого и второго класса, общее число пар.
5. Оценить степень сложности и замкнутости кинематической цепи. Определить число степеней подвижности для плоского механизма по формуле Чебышева.
6. Сформулировать общий вывод структурного исследования механизма.

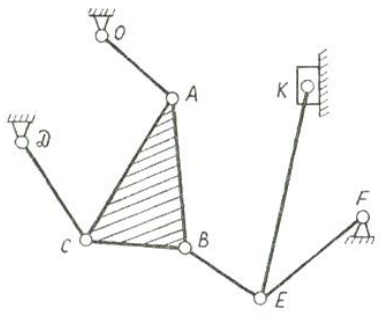
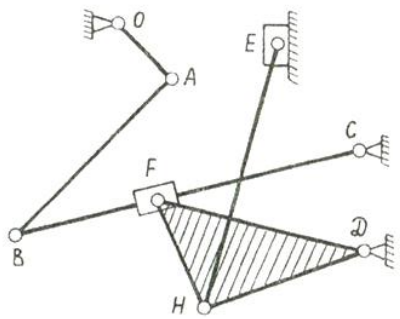
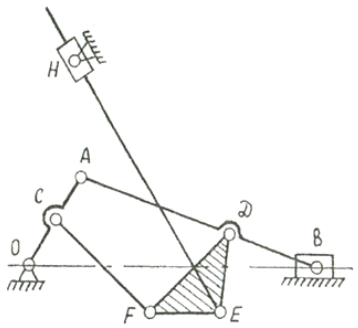
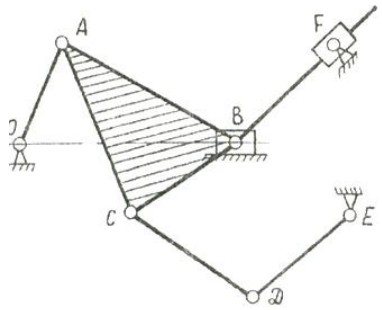
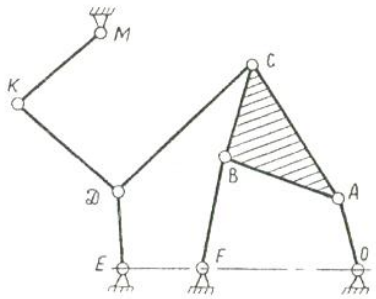
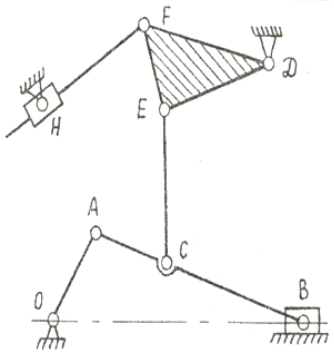
Анализ звеньев *Таблица 1*

№ п/п	Схема звена	Название звена	Абсолютное движение	Особенности	В какие КП входит звено
1					
2					
…					

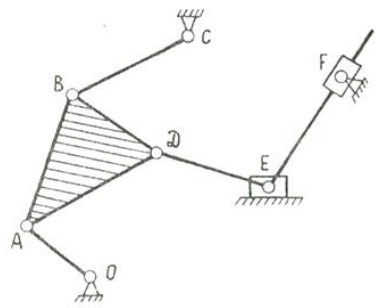
Анализ кинематических пар *Таблица 2*

№ п/п	Схема КП	Звенья, образующие пару	Относительное движение	Класс пары, вид пары	Высшая или низшая пара
I					
II					
…					

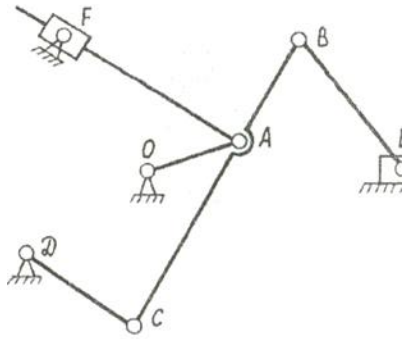
Варианты схем механизмов *Таблица 3*

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
		
Вариант 4	**Вариант 5**	**Вариант 6**
		

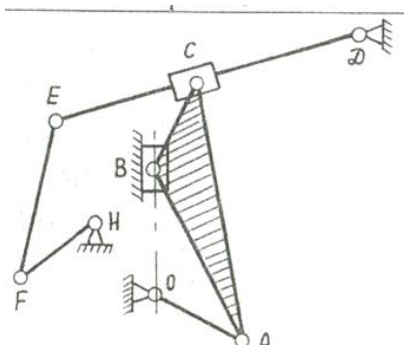
Вариант 7



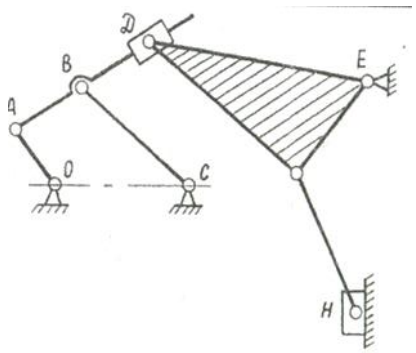
Вариант 8



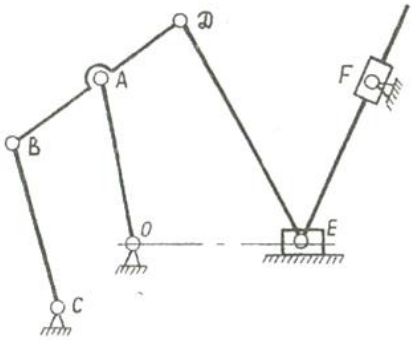
Вариант 9



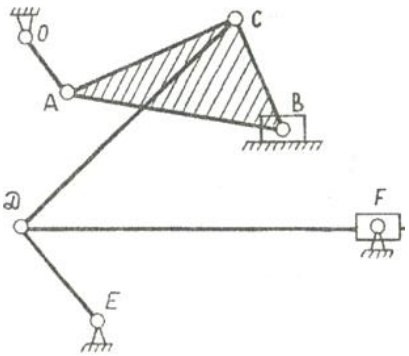
Вариант 10



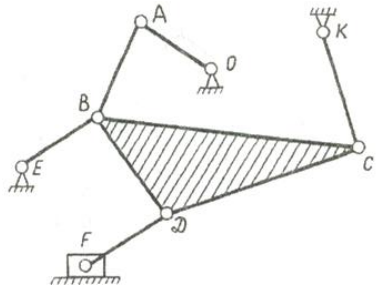
Вариант 11



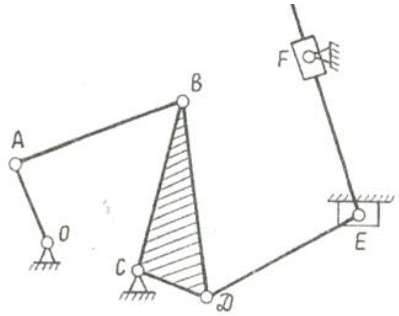
Вариант 12



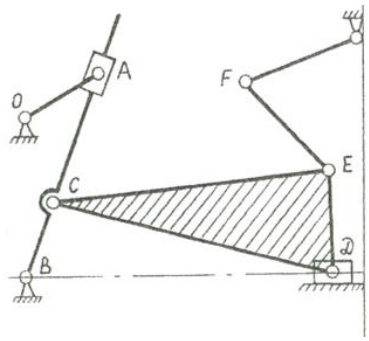
Вариант 13



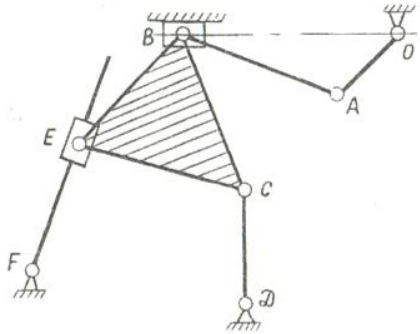
Вариант 14



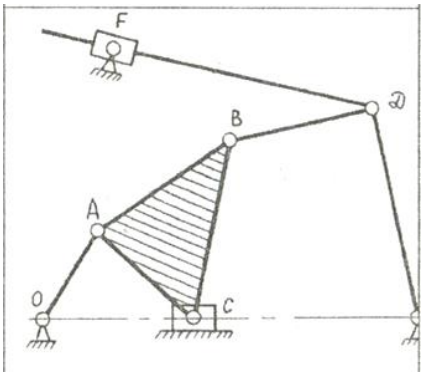
Вариант 15



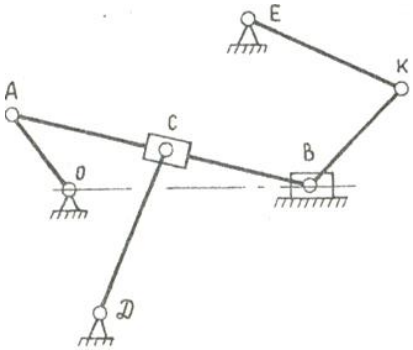
Вариант 16

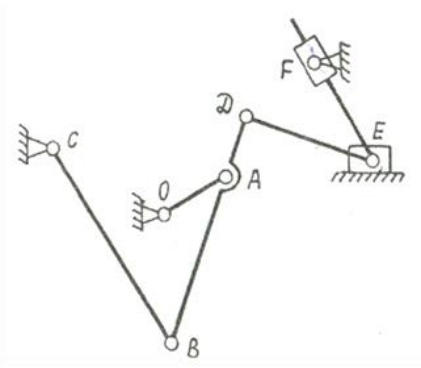
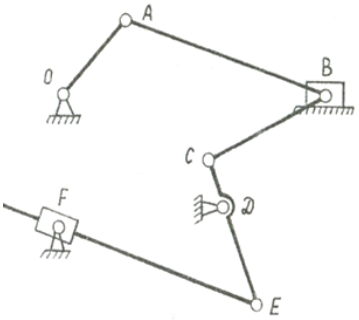
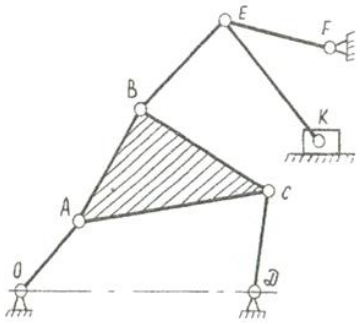
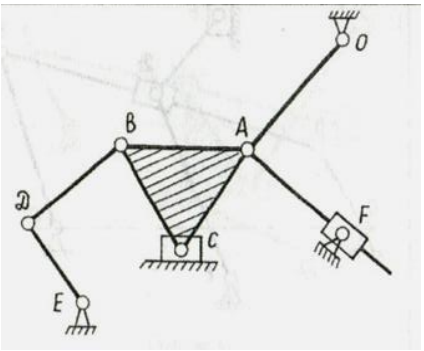
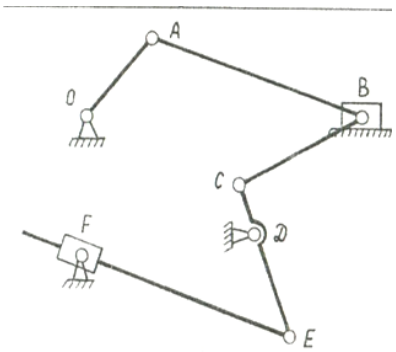
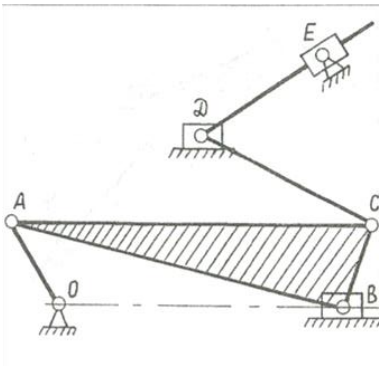
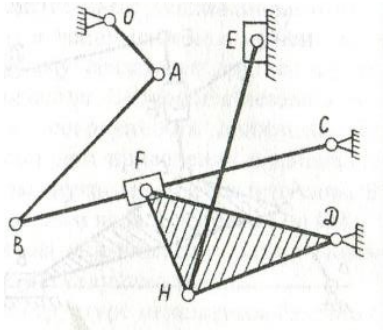
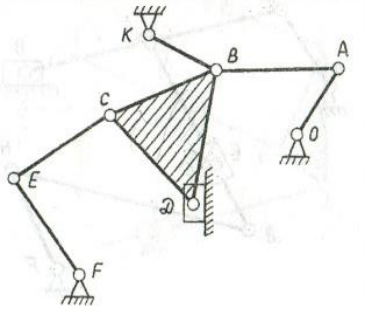
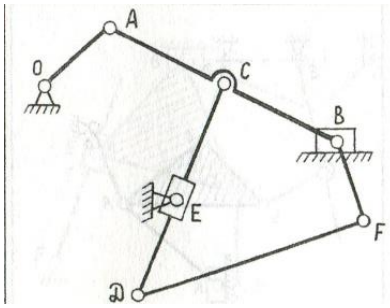
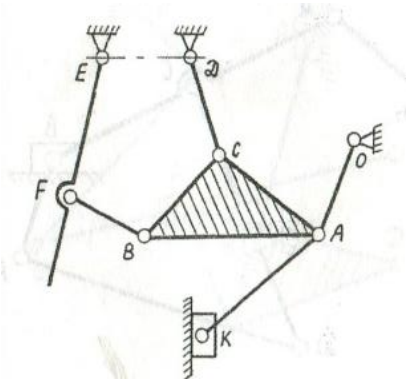
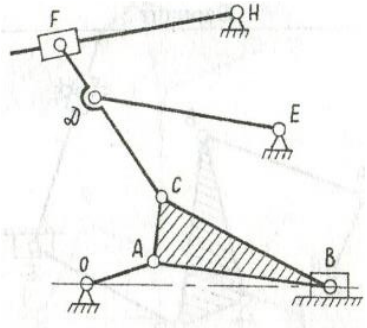
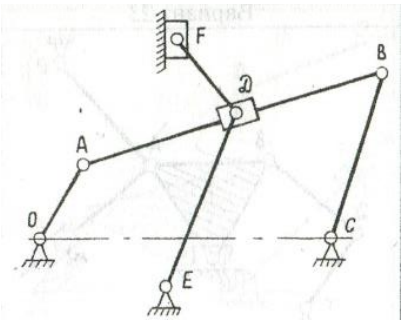


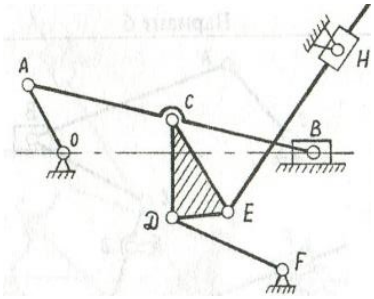
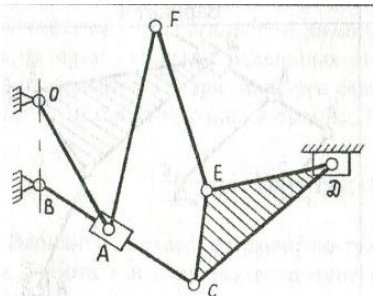
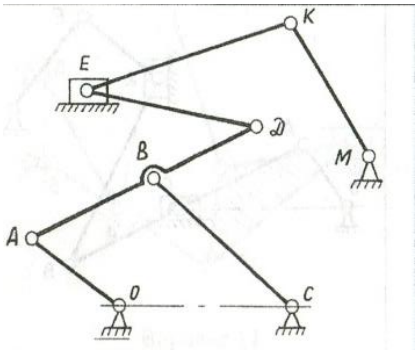
Вариант 17



Вариант 18



Вариант 19  	Вариант 20  	Вариант 21 
Вариант 22  	Вариант 23  	Вариант 24 
Вариант 25  	Вариант 26  	Вариант 27 
Вариант 28  	Вариант 29  	Вариант 30 

Вариант 31	Вариант 32	Вариант 33
		

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

ИДК: УК-2

Комплект заданий расчетно-графических работ:
РГР № 2 "Построение плана положений плоского механизма (Метрический синтез)"

Для выполнения работы потребуются инструменты (карандаш, циркуль, линейка, транспортир, ластик) и миллиметровая бумага А4 или А3.

Порядок выполнения РГР:

1. Изобразить схему механизма без масштаба и размеров в лабораторной тетради, записать исходные данные
- длины звеньев: l_{OA}, l_{AB}, l_{BD} и др.,
- дополнительные расстояния между точками: a, b, c и т.д.
2. Выбрать масштабный коэффициент длин.

Например, $l_{OA} = 0.2м$, $|OA| = 40мм$ $\mu_l = \frac{l_{OA}}{|OA|} = \frac{0.2м}{40мм} = 0.005м/мм$

Далее переводим длины оставшихся звеньев в мм через масштабный коэффициент длин, используя формулу:

$|l_i| = \frac{l_i}{|\mu_i|}$, где i - обозначение звена, для которого вычисляется длина на кинематической схеме. Результаты заносим в таблицу.

Таблица – Приведённые размеры механизма в мм

$\|OA\|$	$\|AB\|$	$\|BC\|$	...	$\|a\|$	$\|b\|$	...
40	...	...	...	...	...	...

3. Построение плана положения начинают с изображения элементов стойки, т.е. шарнирно-неподвижных опор и направляющих, определяя тем самым габариты механизма в масштабе.

4. Так как кривошип *OA* вращается с постоянной угловой скоростью, построение 6 (или 12) положений механизма производится через равные отрезки времени. Разбив окружность радиуса $|OA|$ на 6 частей, последовательно изображают ведущее звено (кривошип) в шести положениях.

5. К ведущему звену в каждом его положении присоединяют (вычерчивают) первую структурную группу. Положение подвижных характерных точек определяют циркулем с помощью метода засечек.

6. После вычерчивания всех положений первой структурной группы также последовательно присоединяют все остальные.

7. Оформляют готовый план положений (заголовок работы, масштаб, исходные данные, на плане показывают все подвижные точки A_1-A_6, B_1-B_6 и т.д.

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

ИДК: УК-2

Комплект заданий расчетно-графических работ:

РГР № 3 "Построение плана скоростей одного положения механизма графоаналитическим методом"

Порядок выполнения РГР.

1. Формируем исходные данные
   -длины звеньев: l_{OA}, l_{AB}, l_{BD} и т.д., а также $n_{вд}$ -число оборотов кривошипа OA, жестко связанного с выходным колесом [3].
   -угловая скорость кривошипа $\omega_1 = \frac{n_{вд} \cdot \pi}{30}$ $рад/с$

2. Определяем скорость ведущего звена. Скорость точки А кривошипа определим по формуле:

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} \ м/с \qquad (1)$$

3. Выбираем масштаб скоростей.

$$\mu_V = \frac{V_A}{p_V a} \ м/(с \cdot мм) \qquad (2)$$

Необходимо стремиться к тому, чтобы отрезок $p_V a$, изображающий на плане скоростей вектор скорости точки *A*, был не менее 50 мм. Например:

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 5.45 \, м/с, \qquad \mu_V = \frac{V_A}{p_V a} = \frac{5{,}45 м/с}{54{,}5 мм} = 0{,}1 \ м/(с \cdot мм)$$

Вектор скорости точки *A* представляет собой геометрическую сумму вектора скорости точки *O* и скорости относительного вращательного движения точки *A* вокруг точки *O:*

$$\vec{V}_A = \vec{V}_O + \vec{V}_{AO}. \qquad (3)$$

Скорость точки $\vec{V}_O$ равна нулю. Скорость $\vec{V}_{AO}$ перпендикулярна звену OA и направлена в сторону вращения этого звена. Откладываем отрезок $p_V a$ ($мм$) на плане скоростей от выбранного неподвижного полюса.

4. Далее строятся скорости точек в последовательности присоединения структурных групп. При этом записываются и графически решаются уравнения определения скорости точек для определенного вида структурной группы из *Таблицы 2.2*.

Например, для группы вида 1 (ВВВ)

$$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA} \ , \ \vec{V}_{BA} \perp BA, \ V_{BA} = \omega_{AB} \cdot l_{AB} \\ \vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{V}_{BC}, \ \vec{V}_{BC} \perp BC, \ V_{BC} = \omega_{BC} \cdot l_{BC} \end{cases} \qquad (4)$$

Скорость $\vec{V}_A$ нам известна, вектор скорости $\vec{V}_{BA}$ направлен перпендикулярно звену AB, а вектор скорости $\vec{V}_B$ направлен перпендикулярно звену BC. Поэтому в уравнении (4) 2 неизвестных с известными направлениями. Решаем уравнение графически. Из точки a проводим прямую, перпендикулярно звену AB, а из полюса p_V проводим прямую перпендикулярно звену BC. Точка пересечения этих прямых даст точку b.

Далее переходим к следующей структурной группе и п.4 повторяем снова, пока скорости всех точек механизма не будут построены.

4.1 Для промежуточных точек структурных групп применяют метод подобия, т. к. план скоростей подобен плану механизма, то есть

$$\frac{l_{CD}}{l_{CB}} = \frac{|p_V d|}{|p_V b|}, \qquad (5)$$

из этого подобия откладываем отрезок $p_V d$

5. Определяем истинные величины абсолютных и относительных скоростей точек, а также угловые скорости звеньев, снимая размеры длин соответствующих скоростей с плана скоростей в мм.

Например, $V_A = \overline{pa} \cdot \mu_V$ м/с, $V_B = \overline{pb} \cdot \mu_V$ м/с,

$V_{AB} = \overline{ab} \cdot \mu_V$ м/с, $\omega_{AB} = \frac{V_{BA}}{l_{AB}}$ с$^{-1}$ (против часовой стрелки).

Заносим данные в таблицу

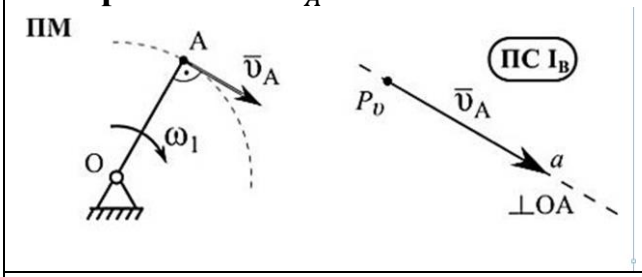
Обозначение на плане	Размер на плане скоростей, мм	Наименование скорости	Величина скорости, м/с	угловая скорость звена	Величина скорости, с$^{-1}$	*Направление дуговой стрелки*
$p_V a$	...	V_A	...	ω_2	$\frac{V_{BA}}{l_{AB}} =$	*против часовой стрелки*
ab	...	V_{BA}	...	ω_3	$\frac{V_{BC}}{l_{BC}} =$	*по часовой стрелки*
$p_V b$	...	V_B	...	ω_4	...	*Направление дуговой стрелки*
...				...		

6. Оформляем отчет

Приложение: *Таблица 2.2 Сводная таблица планов скоростей структурных групп Ассура II класса 2 порядка*

Дано: ω_1=*const.*

Построить ПС: υ_A -?



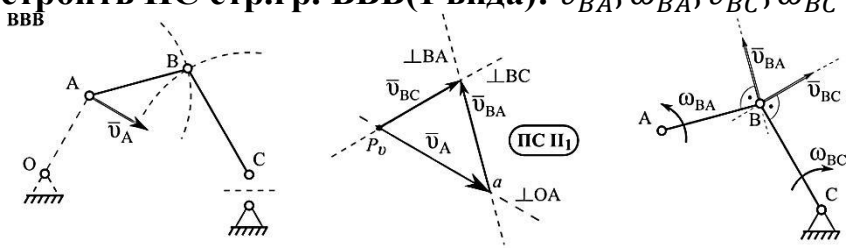
Первичный механизм

ПС:

$$\vec{\upsilon}_A \perp OA, \qquad \upsilon_A = \omega_1 \cdot L_{OA},$$

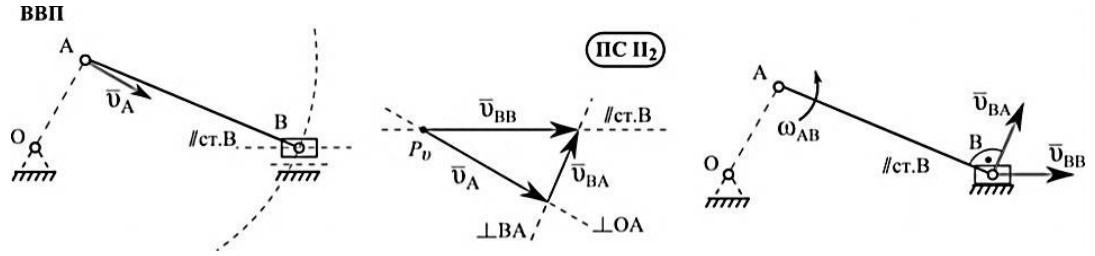
строим и из полюса ПС $p_\upsilon(\upsilon_{p_\upsilon} = 0)$.

Дано: υ_A. **Построить ПС стр.гр. ВВВ(1 вида):** $\upsilon_{BA}, \omega_{BA}, \upsilon_{BC}, \omega_{BC}$ -?



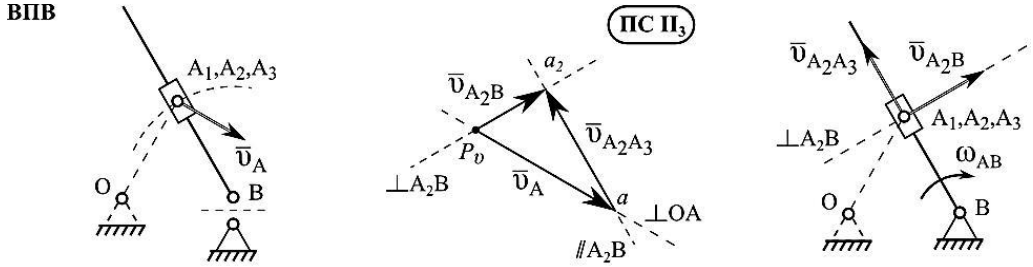
$$(\cdot)B \begin{matrix} \nearrow \text{полюс } (\cdot)A \\ \searrow \text{полюс ст. C} \end{matrix} \begin{cases} \vec{\upsilon}_B = \underline{\underline{\vec{\upsilon}_A}}_{a} + \underline{\vec{\upsilon}_{BA}}_{\perp BA} \\ \vec{\upsilon}_B = \underline{\underline{\vec{\upsilon}_{ст.C}}}_{p_\upsilon} + \underline{\vec{\upsilon}_{BC}}_{\perp BC} \end{cases}, (\cdot)b = \perp_{BA} \cap \perp_{BC}, \begin{cases} \omega_{BA} = \frac{\nu_{BA}}{L_{BA}} \\ \omega_{BC} = \frac{\nu_{BC}}{L_{BC}}. \end{cases}$$

Дано: υ_A. **Построить ПС стр.гр. ВВП (2 вида):** $\upsilon_{BA}, \omega_{BA}, \upsilon_{BB}$ -?
ПУ:$a_{BA}, \varepsilon_{BA}, a_{BB}$ -?



$$(\cdot)B \begin{matrix} \nearrow \text{полюс } (\cdot)\text{A} \\ \searrow \text{полюс ст. B} \end{matrix} \begin{cases} \vec{v}_B = \underline{\underline{\vec{v}_A}}_a + \underline{\vec{v}_{BA}}_{\perp BA} \\ \vec{v}_B = \underline{\underline{\vec{v}_{\text{ст.}B}}}_{p_\upsilon} + \underline{\vec{v}_{BB}}_{\parallel \text{ст.}B} \end{cases}, (\cdot)b = \perp_{BA} \cap \parallel_{\text{ст.}B}, \omega_{BA} = \frac{v_{BA}}{L_{BA}}.$$

Дано: υ_A. **Построить ПС стр.гр. ВПВ (3 вида):** $\upsilon_{A_2A_3}, \omega_{AB}, \upsilon_{A_2B}$ -?
ПУ:$a_{A_2B}, \varepsilon_{AB}, a_{A_2A_3}$ -?



$$(\cdot)A_2 \begin{matrix} \nearrow \text{полюс } (\cdot)\text{A}_1 \\ \searrow \text{полюсст. } B \end{matrix} \begin{cases} \vec{v}_{A_2} = \underline{\underline{\vec{v}_{A_1}}}_a + \underline{\vec{v}_{A_2A_3}}_{\parallel AB} \\ \vec{v}_{A_2} = \underline{\underline{\vec{v}_{\text{ст.}B}}}_{p_\upsilon} + \underline{\vec{v}_{A_2B}}_{\perp AB} \end{cases}, (\cdot)a_2 = \perp_{AB} \cap \parallel_{AB}, \omega_{AB} = \frac{v_{A_3B}}{L_{A_3B}}.$$

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

ИДК: УК-2

Комплект заданий расчетно-графических работ:

РГР № 4 "Построение плана ускорений графо-аналитическим методом"

Порядок построения плана ускорений аналогичен плану скоростей. То есть, построив план ускорений ведущего звена, строим последовательно план ускорений для всех структурных групп Ассура, входящих в состав механизма.

Порядок выполнения РГР.

1. Формируем исходные данные

-длины звеньев: l_{OA}, l_{AB}, l_{BD} и др.

-угловая скорость ведущего звена (кривошипа) $\omega_1 = \frac{n_1 \cdot \pi}{30}$ рад/с

2. Вектор ускорения точки A представляет собой геометрическую сумму вектора ускорения точки O и скорости относительного вращательного движения точки A вокруг точки O:

$\vec{a}_A = \vec{a}_O + \vec{a}_{AO} = \vec{a}_O + \vec{a}_{AO}^n + \vec{a}_{AO}^\tau = \vec{a}_{AO}^n.$ (1)

Ускорения $\vec{a}_O$(стойка неподвижна) и $\vec{a}_{AO}^\tau$(кривошип движется с постоянной угловой скоростью) равны нулю. Ускорение $\vec{a}_{AO}^n$параллельно звену OA и направлено к центру вращения этого звена. Откладываем отрезок $p_a a =$ мм.

Ускорение точки A кривошипа определяем по формуле:

$a_A = a_A^n = (\omega_1)^2 \cdot l_{OA} = м/c^2$ (2)

3. Далее строятся ускорения точек в последовательности присоединения структурных групп. При этом записываются и графически решаются уравнения определения ускорений точек для определенного вида структурной группы из *Таблицы 2.2*.

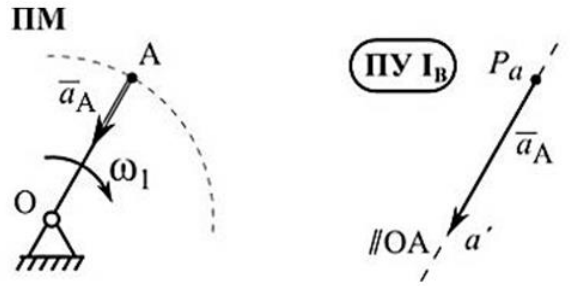
4. После повторения п.3 для всех структурных групп замеряем длины полученных отрезков, умножаем их на масштабный коэффициент. Получаем значения абсолютных и относительных ускорений точек механизма. Результаты расчётов заносим в таблицу. Зная линейные ускорения определим угловые ускорения и также заносим в таблицу.

Обозначение на плане	Размер на плане скоростей, мм	Наименование скорости	Величина скорости, м/с	угловая скорость звена	Величина скорости, c^{-2}	Направление дуговой стрелки
p_aa	…	a_A	…	ε_2	$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{AB}} =$	против часовой стрелки
ab	…	a_{BA}	…	ε_3	$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{AB}} =$	по часовой стрелки
$p_a b$	…	a_B	…	ε_4	…	…
…						

6. Оформляем отчет

Таблица 2.2 Сводная таблица планов ускорений структурных групп Ассура II класса 2 порядка

Дано: ω_1=*const.* **Построить ПУ:**a_A -?



Первичный механизм (ПМ)

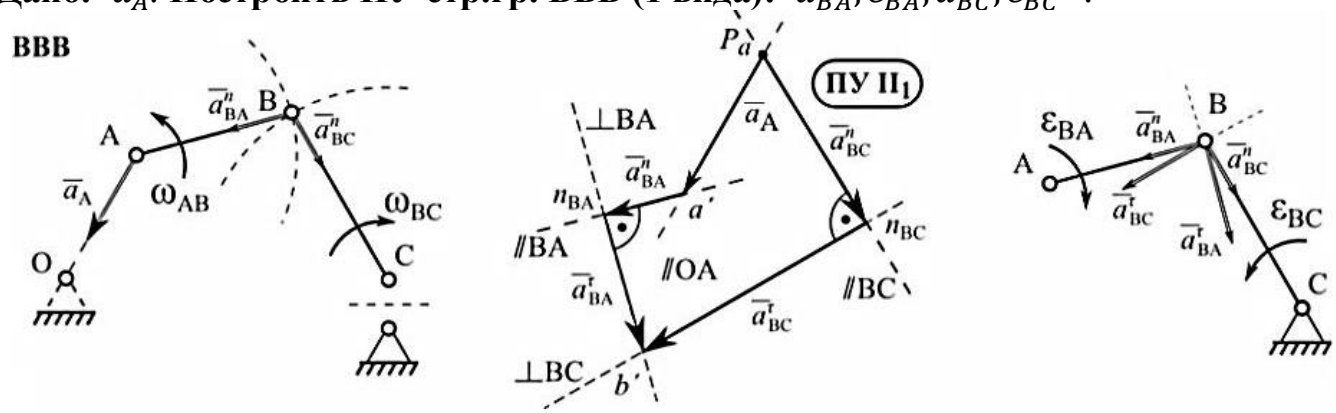
ПУ:

$\varepsilon_1 = 0 \Longrightarrow \vec{a}_A = \vec{a}_A^n \parallel OA$ от А к О,

$a_A^n = \omega_1^2 \cdot L_{OA}$,

строим и из полюса ПУp_a.

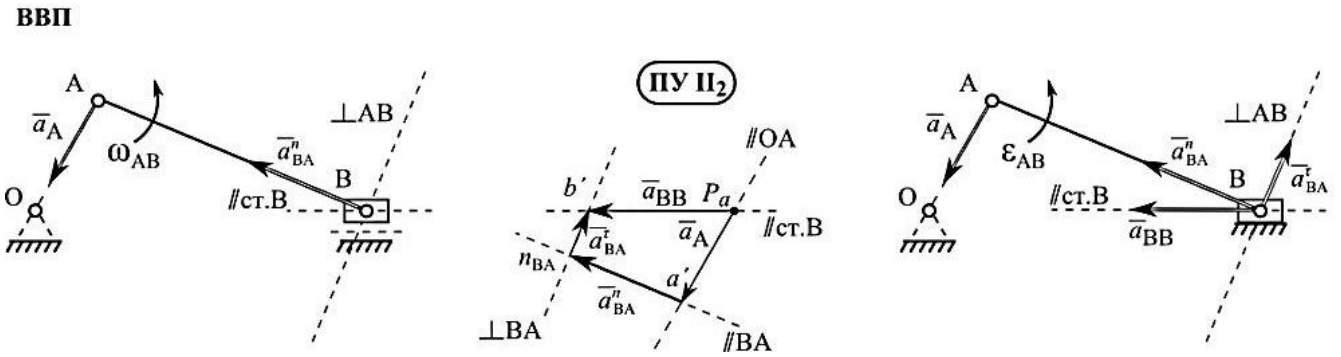
Дано: a_A. **Построить ПУ стр.гр. ВВВ (1 вида):** $a_{BA}, \varepsilon_{BA}, a_{BC}, \varepsilon_{BC}$ -?



$$(\cdot)B\begin{matrix}\nearrow \text{полюс } (\cdot)\text{A} \\ \searrow \text{полюс ст. C}\end{matrix}\begin{cases}\vec{a}_B = \underline{\underline{\vec{a}_A}}_{a'} + \underline{\underline{\vec{a}_{BA}^n}}_{\parallel BA} + \underline{\vec{a}_{BA}^\tau}_{\perp BA} \\ \vec{a}_B = \underline{\underline{\vec{a}_{\text{ст.}C}}}_{p_v} + \underline{\underline{\vec{a}_{BC}^n}}_{\parallel BC} + \underline{\vec{a}_{BC}^\tau}_{\perp BC}\end{cases}, (\cdot)b' = \perp_{BA} \cap \perp_{BC}, \begin{cases}\varepsilon_{BA} = \frac{a_{BA}^\tau}{L_{BA}} \\ \varepsilon_{BC} = \frac{a_{BC}^\tau}{L_{BC}}\end{cases}.$$

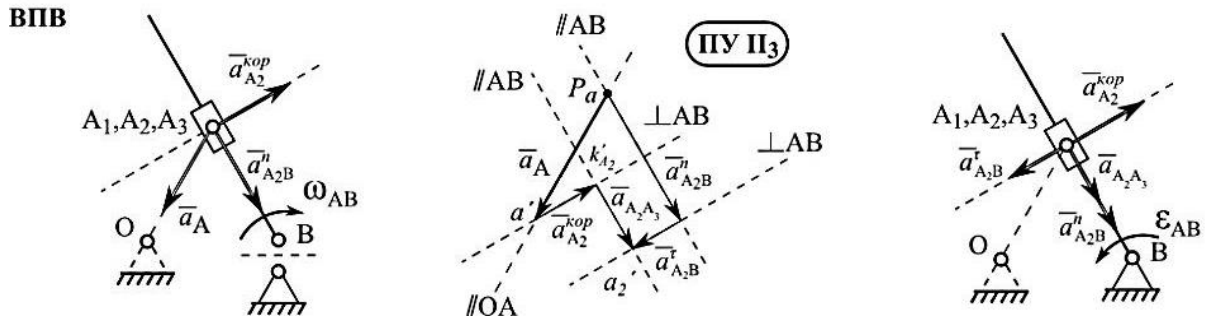
$$a_{BA}^n = \omega_{AB}^2 \cdot L_{BA}, a_{BC}^n = \omega_{BC}^2 \cdot$$

Дано: a_A. **Построить ПУ стр.гр. ВВП (2 вида):** $a_{BA}, \varepsilon_{BA}, a_{BB}$ -?



$$(\cdot)B\begin{matrix}\nearrow \text{полюс } (\cdot)\text{A} \\ \searrow \text{полюс ст. B}\end{matrix}\begin{cases}\vec{a}_B = \underline{\underline{\vec{a}_A}}_{a'} + \underline{\underline{\vec{a}_{BA}^n}}_{\parallel BA} + \underline{\vec{a}_{BA}^\tau}_{\perp BA} \\ \vec{a}_B = \underline{\underline{\vec{a}_{\text{ст.}B}}}_{p_v} + \underline{\vec{a}_{BB}}_{\parallel \text{ст.}B}\end{cases}, (\cdot)b' = \perp_{BA} \cap \perp_{BC}, \begin{cases}a_{BA}^n = \omega_{AB}^2 \cdot L_{BA} \\ \varepsilon_{BA} = \frac{a_{BA}^\tau}{L_{BA}}\end{cases}.$$

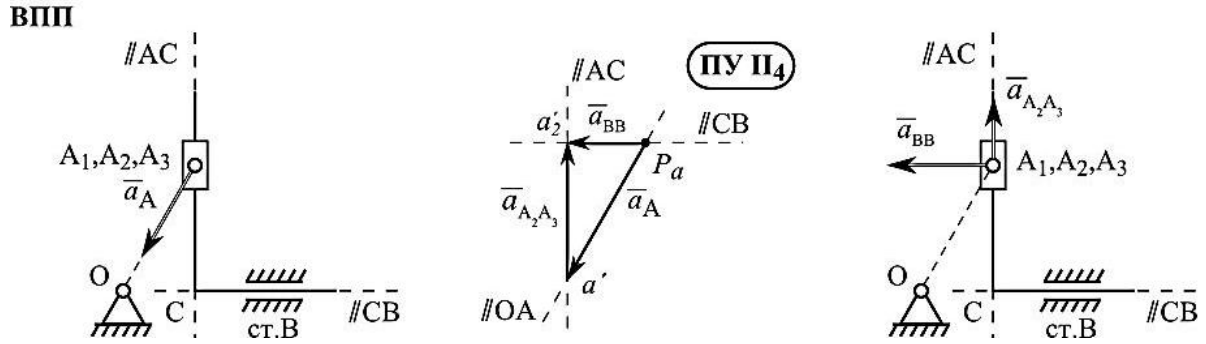
Дано: a_A. **Построить ПУ стр.гр. ВПВ (3 вида):** $a_{A_2B}, \varepsilon_{AB}, a_{A_2A_3}$ -?



$$(\cdot)A_2 \begin{matrix} \nearrow \text{полюс } (\cdot)\mathrm{A}_1 \\ \searrow \text{полюсст.} B \end{matrix} \begin{cases} \vec{a}_{A_2} = \underline{\underline{\vec{a}_{A_1}}}_{a'} + \underline{\underline{\vec{a}^{\text{кор}}_{A_2}}}_{\perp A_2B} + \underline{\vec{a}^{\text{отн}}_{A_3A_2}}_{\parallel A_2B} \\ \vec{a}_{A_2} = \underline{\underline{\vec{a}_{\text{ст.}B}}}_{p_v} + \underline{\underline{\vec{a}^{n}_{A_3B}}}_{\parallel A_2B} + \underline{\vec{a}^{\tau}_{A_3B}}_{\perp A_2B} \end{cases}, (\cdot)a_2' = \perp_{AB} \cap \parallel_{AB},$$

$$\begin{cases} a^n_{A_3B} = \omega^2_{AB} \cdot L_{A_3B} \\ a^{\text{кор}}_{A_2} = 2 \cdot \omega_{AB} \cdot v_{A_2A_3} \end{cases}, \ \varepsilon_{AB} = \frac{a^{\tau}_{A_3B}}{L_{A_3B}}.$$

Дано: a_A. **Построить ПУ стр.гр. ВПП (4 вида):** $a_{A_2B}, a_{A_2A_3}$ -?



$$(\cdot)A_2 \begin{matrix} \nearrow \text{полюс } (\cdot)\mathrm{A}_1 \\ \searrow \text{полюсст.} B \end{matrix} \begin{cases} \vec{a}_{A_2} = \underline{\underline{\vec{a}_{A_1}}}_{a'} + \underline{\vec{a}^{\text{отн}}_{A_2A_3}}_{\parallel A_2C} \\ \vec{a}_{A_2} = \underline{\underline{\vec{a}_{\text{ст.}B}}}_{p_v} + \underline{\underline{\vec{a}_{BB}}}_{\parallel CB} \end{cases}, (\cdot)a_2' = \parallel_{A_2C} \cap \parallel_{CB}, \ a^{\text{кор}}_{A_2} = 0.$$

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

ИДК: УК-2

Комплект заданий расчетно-графических работ:

РГР № 5 "Силовой (кинетостатический) анализ плоского рычажного механизма"

Задание: Определить внутренние силы механизма (силы, действующие в кинематических парах), а также уравновешивающую силу (уравновешивающий момент), т.е. движущую силу (момент), необходимую для осуществления заданного закона движения механизма.

Порядок выполнения РГР:

1) Вариант плоского рычажного механизма соответствует заданному варианту курсового проектирования (см.ниже).

2) Известны длины звеньев l_i, массы звеньев m_i

3) Построены планы скоростей и ускорений (для одного положения механизма, см. РГР №3 и №4)

4) Находим силы тяжести звеньев $G_i = m_i g$, предварительно сосчитав массы звеньев $m_i = q \cdot l_i$, где $q=10$ *кг/м* - удельная масса длины стержня

5) Определяем инерционные нагрузки: силы инерции F_u и моменты сил инерции M_u звеньев. Для этого с помощью плана ускорений определяем ускорения центров масс звеньев и их угловые ускорения.

$a_{S_i} = \mu_a \cdot \overline{\pi S_i}$

где μ_a - масштаб плана ускорения

$\overline{\pi S_i}$ - длина вектора ускорения т. S_i

$a_{S_i} = \mu_a \cdot \overline{\pi S_i}$ - ускорение центра масс

$F_{u_i} = -m_i \cdot \overline{a_{S_i}}$

$I_{S_{ii}} = \dfrac{m_i \cdot l_i^2}{12}$ $I_{S_{ii}}$ - момент инерции массы $i^{го}$ звена, относительно центра масс S_i

$M_{u_i} = I_{S_{ii}} \cdot \varepsilon_i$ где M_{u_i} - момент силы инерции

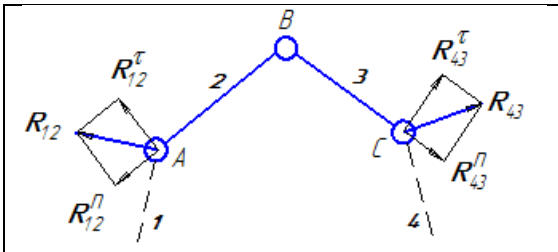
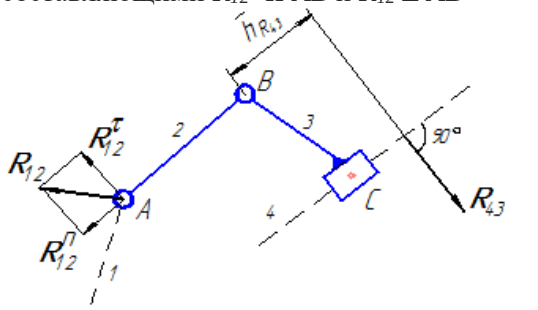
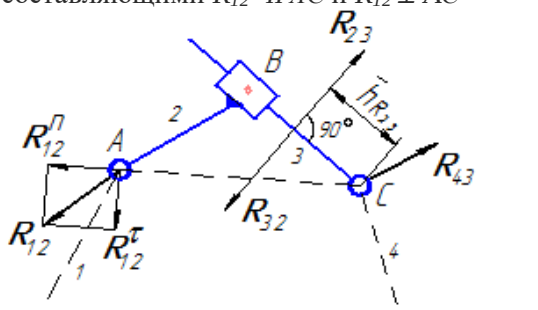
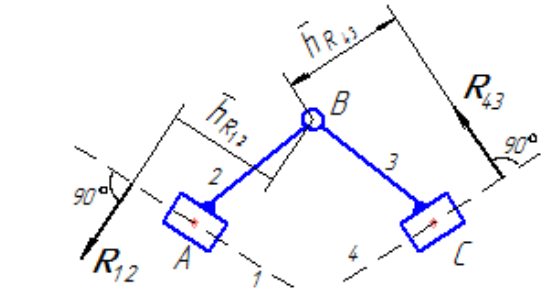
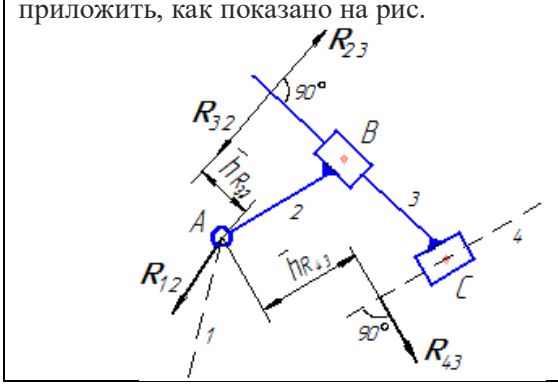
ε_i - угловое ускорение $i^{го}$ звена, $\varepsilon_i = \dfrac{a^{\tau}{}_i}{l_i}$

6) Показываем на плане положения механизма все силы. Силы тяжести прикладываем в центре масс звеньев, силы инерции в центре масс звеньев, направляя их в сторону, противоположную соответствующим ускорениям, моменты сил инерции показываем дуговой стрелкой противоположно угловым ускорениям звеньев. К выходному звену прикладываем силу полезного сопротивления, для преодоления которой и предназначен механизм.

7) Силовой расчет производят для каждой группы Ассура, начиная с последней. К уже имеющимся силам добавляем реакции кинематических пар. Вращательные пары в месте разрыва связи заменяем двумя составляющими: нормальной, показываем ее вдоль стержня и тангенциальной, перпендикулярно стержню. Поступательные пары заменяем нормальной реакцией.

8) Используя принцип Даламбера (метод кинетостатики) из уравнения моментов находим величину тангенциальной составляющей. Остальные неизвестные реакции находим из оставшихся уравнений, либо графически: построением плана сил.

Структурная группа Ассура	Уравнения кинетостатики
Группа 1 вида: реакцию R_{12} заменить составляющими R_{12}^n *II AB* и $R_{12}^t \perp AB$, реакцию R_{43} заменить составляющими R_{43}^n *II BC* и $R_{43}^t \perp BC$	составить $\sum m_B(2)=0$ $\sum m_B(3)=0$ $\sum F(2,3)=0$ $\sum F(2)=0$ определить R_{12}^t R_{12}^n; R_{43}^t R_{43}^n R_{32}

	
Группа 2 вида: реакцию R_{12} заменить составляющими R_{12}^{n} *II AB* и $R_{12}^{t} \perp AB$ 	составить $\sum m_B(2)=0$ $\sum F(2,3)=0$ $\sum m_B(3)=0$ $\sum F(2)=0$ определить R_{12}^{t} R_{12}^{n}; R_{43} R_{32}
Группа 3 вида: реакцию R_{12} заменить составляющими R_{12}^{n} *II AC* и $R_{12}^{t} \perp AC$ 	составить $\sum m_C(2,3)=0$ $\sum F(2)=0$ $\sum m_C(3)=0$ $\sum F(3)=0$ определить R_{12}^{t} R_{12}^{n}; R_{32}^{n} h_{23} R_{43}
Группа 4 вида: реакцию $R_{12} \perp$ ползуну *A* на расстоянии h_{12} и $R_{43} \perp$ ползуну *C* на расстоянии h_{43} 	составить $\sum F(2,3)=0$ $\sum m_B(2)=0$ $\sum m_B(3)=0$ $\sum F(2)=0$ определить R_{12}; R_{43} h_{12} h_{43} R_{32}
Группа 5 вида: : реакции R_{12}, R_{43} и R_{23} приложить, как показано на рис. 	составить $\sum F(3)=0$ $\sum m_A(2)=0$ $\sum m_A(2,3)=0$ $\sum F(2)=0$ определить R_{23}; R_{43} h_{32} h_{43} R_{12}

В таблице приняты следующие обозначения и упрощения:

- звенья исследуемой группы обозначены номерами 2 и 3;

- от звена 2 отсоединено звено 1, поэтому приложена реакция R_{12} (действие отсоединенного звена 1 на рассматриваемое звено 2);
- от звена 3 отсоединено звено 4, поэтому к звену 3 приложена реакция R_{43};

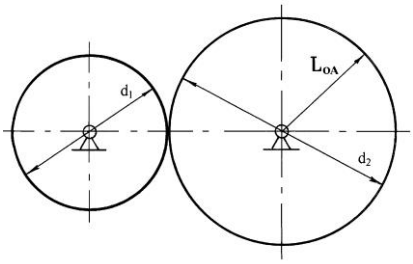
С целью уменьшения загромождения чертежа и улучшения наглядности внешние силы, приложенные к звеньям рассматриваемой группы, на рисунке не приведены (надо только иметь ввиду, что все внешние силы, действующие на звенья группы Ассура, известны – это определяется порядком силового расчета механизма).

9) Находим уравновешивающую силу $F_{ур}$ и уравновешивающий момент $M_{ур}$ ведущего звена.

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

Комплект заданий расчетно-графических работ:

РГР № 6 "Синтез эвольвентного зубчатого зацепления"



d_1 и d_2 – диаметры делительных окружностей ведущего и ведомого колес соответственно;
L_{OA} – заданная длина кривошипа ОА

Рис. 4.6. Привод начального звена ОА:

Предварительно следует рассчитать все необходимые параметры эвольвентного зацепления, считая колеса прямозубыми, некорригированными (нулевыми). В этом случае делительные окружности каждого колеса совпадают с начальными.

Исходные данные для расчета:

1) L_{OA}, м – длина кривошипа ОА (таблица к варианту задания);
2) m, мм – модуль зацепления (таблица к варианту задания);
3) $n_{вщ}$, об./мин – число оборотов ведущего вала (табл. 1.11);
4) $n_{вд}$, об./мин – число оборотов ведомого вала (табл. 1.11);
5) $\alpha = 20^o$ – угол зацепления;
6) $h_a^* = 1$ – коэффициент высоты головки зуба;
7) $c^* = 0{,}25$ – коэффициент радиального зазора.

Определяем основные параметры зацепления.

Из основной теоремы зацепления для круглых колёс следует:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{\omega 2}}{r_{\omega 1}} = \pm\frac{z_2}{z_1}$$

Значит, передаточное отношение i_{12}:

$$i_{12} = \frac{n_{вщ}}{n_{вд}}. \qquad (1)$$

Число зубьев ведомого (второго) колеса определяется по зависимости:

$$z_2 = \frac{d_2}{m}, \qquad (2)$$

где $d_2 = 2L_{OA}$ – диаметр делительной окружности ведомого колеса. Число зубьев ведущего колеса:

$$z_1 = \frac{z_2}{i_{12}}. \qquad (3)$$

Число зубьев ведущего колеса необходимо округлить до целого значения.

Диаметр делительной окружности ведущего колеса: (4)

$$d_1 = mz_1.$$

Диаметры окружностей вершин зубьев:

$$da_1 = m(z_1 + 2);$$
$$da_2 = m(z_2 + 2). \qquad (5)$$

Диаметры окружностей впадин:

$$df_1 = m(z_1 - 2{,}5);$$
$$df_2 = m(z_2 - 2{,}5). \qquad (6)$$

Высота головки зуба:

$$h_a = h_a^* m. \qquad (7)$$

Высота ножки зуба:

$$h_f = (h_a^* + c^*)m. \qquad (8)$$

Шаг зацепления по делительной окружности:

$$p = \pi m. \qquad (9)$$

Толщина зуба s и ширина впадины e по делительной окружности:

$$s = e = \frac{p}{2} = \frac{\pi m}{2}. \qquad (10)$$

Межосевое расстояние:

$$a = O_1O_2 = 0{,}5m(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2). \qquad (11)$$

Все рассчитанные и заданные параметры зацепления должны быть занесены в таблице, расположенную над угловым штампом чертежа зацепления.

Основные параметры зацепления

Наименование	Обозначение	Размерность	Величина	
			Колесо 1	Колесо 2
Модуль	m	мм		
Число зубьев	z	шт		
Диаметр делительной окружности	d	мм		
Диаметр окружности вершин	d_a	мм		
Диаметр окружности впадин	d_f	мм		
Шаг зацепления по делительной окружности	p	мм		
Угол зацепления	α	град	20	20
Коэффициент высоты головки зуба	h_a^*	–	1	1
Коэффициент радиального зазора	c^*	–	0,25	0,25
Коэффициент перекрытия	ε	–		

Построение эвольвентного зубчатого зацепления необходимо проводить в следующем порядке:

1. Провести линию центров колес

2. С учетом выбранного масштаба отложить на линии центров межосевое расстояние $a_w = O_1O_2$ (рис. 4.2).

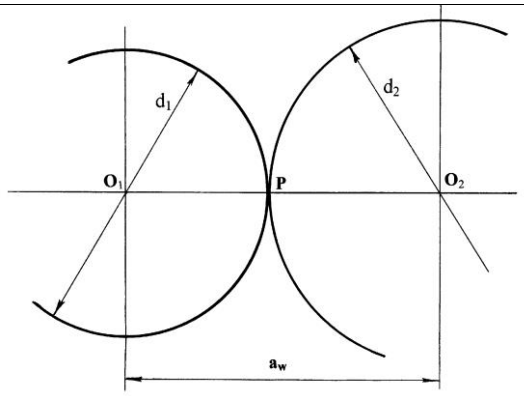


Рис. 4.2. Линия центров O_1O_2 и делительные окружности с диаметрами d_1 и d_2

3. Из центров колес O_1 и O_2 провести делительные окружности с радиусами $r_1 = 0{,}5\ d_1$ и $r_2 = 0{,}5\ d_2$ (см. рис. 4.2). Эти окружности должны касаться друг друга в точке P, лежащей на линии центров и называемой полюсом зацепления.

4. Провести окружности вершин и окружности впадин каждого колеса. Окружность вершин одного колеса не должна касаться и, тем более, пересекать окружность впадин другого колеса. Расстояние между ними по линии центров должно быть равно радиальному зазору $c = c^* m$ (рис. 4.3).

5. Через полюс P провести касательную ($t - t$) к делительным окружностям перпендикулярно к линии центров колес (рис. 4.4).

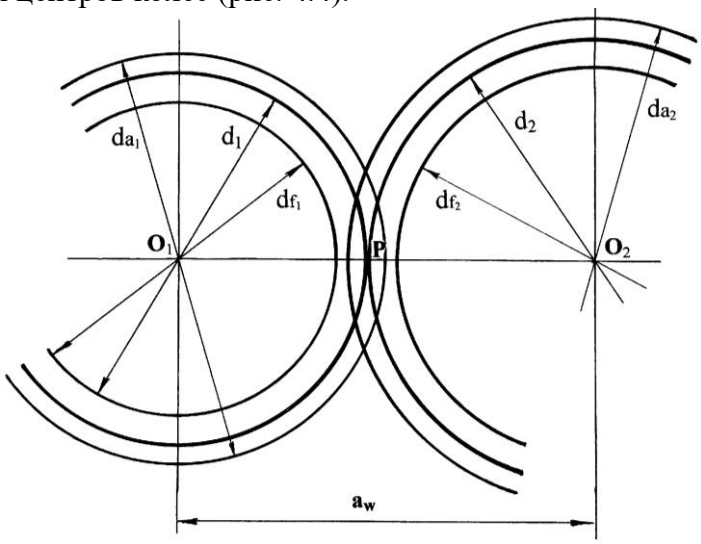


Рис. 4.3. Окружности вершин и впадин зубьев колес

6. Через полюс P под углом α (угол зацепления) провести линию зацепления $n - n$. Наклон линии зацепления по отношению к касательной ($t - t$), по часовой или против часовой стрелки, зависит от направления вращения колес (см. рис. 4.4). Наклон линии ($n - n$) противоположен направлению вращения ведущего колеса и совпадает с направлением вращения ведомого колеса.

7. Из центров колес опустить перпендикуляры O_1M и O_2N к линии зацепления (см. рис. 4.4).

8. Провести основные окружности с диаметрами $do_1 = 2O_1M$ и $do_2 = 2O_1N$ (см. рис. 4.4). При этом линия зацепления является касательной к основным окружностям.

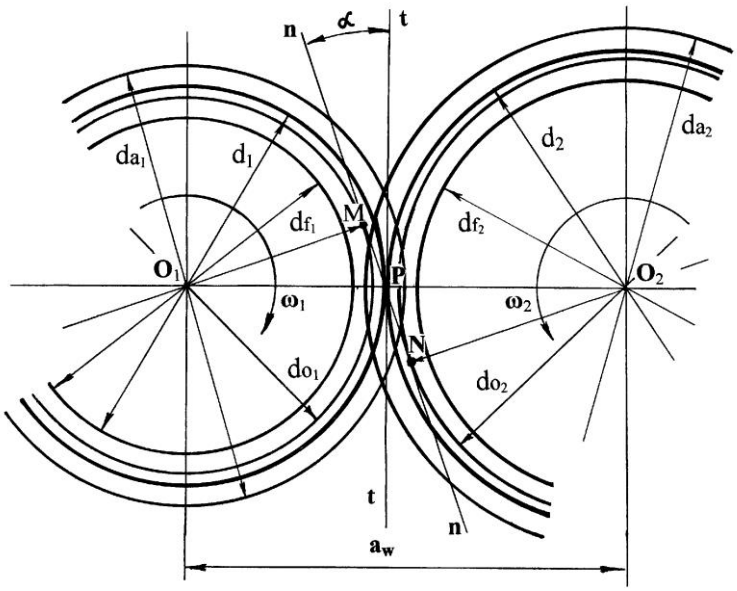


Рис. 4.4. Построение касательной $t - t$, линии зацепления $n - n$

и основных окружностей зубчатых колес

9. На основных окружностях (в стороне от полюса *P*) строятся эвольвенты – кривые, формирующие профиль каждого зуба колес зацепления (рис. 4.5).

Отметив на основной окружности точку 0 – начало (корень) эвольвенты, от нее откладываются по основной окружности несколько (до 10) равных дуг 0–1; 1–2; 2–3; 3–4 и так далее длиной 8…10 мм. Через полученные точки проводятся касательные к основной окружностям и на каждой касательной откладывается столько дуг, сколько размещается от точки касания до корня эвольвенты (на первой касательной – одна дуга 1–1′, на второй – две дуги 2–2′, на третьей – три 3–3' и т.д.). Полученные на касательных линиях точки 1'…10' (рис. 4.5) соединяются плавной кривой – эвольвентой, начало которой должно быть в корне. Полученная таким образом кривая (эвольвента) является профилем зуба колеса. На участке от основной окружности до окружности впадин профиль зуба образован радиальной прямой, которая сопрягается с окружностью впадин дугой радиуса $\rho = 0{,}4\ m$.

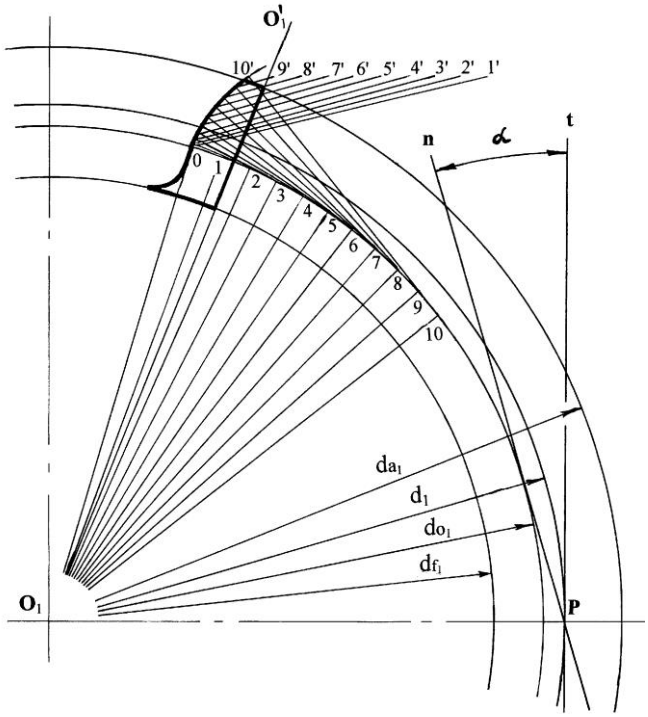


Рис. 4.5. Построение эвольвентного профиля зуба первого (ведущего) колеса и шаблона зуба

10. По построенным профилям изготавливаются шаблоны зубьев толщиной *S* по делительным окружностям. Для упрощения изготовления профилей зубьев необходимо построить только половину зуба каждого колеса (левую или правую). На рис. 4.5 приведена методика построения левой половины зуба ведущего колеса.

11. По делительным окружностям размечается шаг зацепления и откладывается толщина зубьев *S* и ширина впадины *e*. С помощью шаблона и лекала вычерчиваются профили 3…4 зубьев каждого колеса (для каждого колеса необходимо изготовить свой шаблон зуба). Вычерчивание зубьев необходимо начинать от полюса, в котором должно быть касание двух зубьев (ведущего и ведомого колес). Другие зубья должны касаться друг друга только по линии зацепления (рис. 4.6).

Профили зубьев обводятся сплошными основными линиями. Все остальные построения выполняются тонкими сплошными линиями.

После построения зацепления двух колес необходимо определить коэффициент перекрытия ε колес по формуле

$$\varepsilon = \frac{СД}{p(\cos\alpha)}, \qquad (4.12)$$

где *СД* – активный участок линии зацепления.Точка *С* (начало участка) – точка пересечения окружности вершин ведомого (второго) колеса с линией зацепления *n – n*, точка *Д* (конец участка) – точка пересечения окружности вершин ведущего (первого) колеса с линией зацепления.

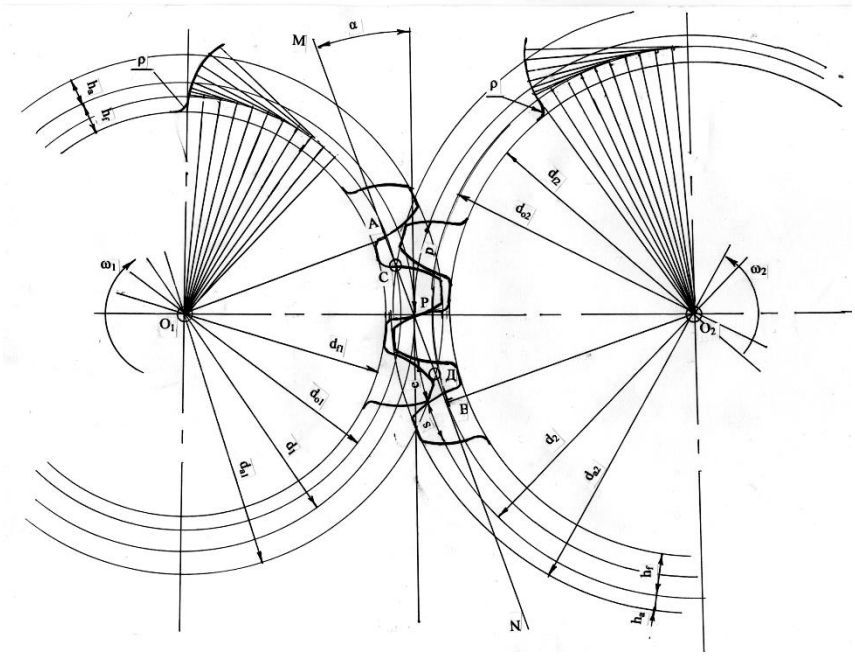


Рис. 4.6. Эвольвентное зацепление зубчатых колес

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

Комплект заданий расчетно-графических работ:

РГР № 7 "Кинематический анализ сложного зубчатого механизма аналитическим и графическим методом"

1. Получить вариант зубчатого механизма с исходными данными: m-модуль зацепления, Z_1, Z_2, Z_3,...- число зубьев колес механизма, $\omega_д$- скорость входного звена

2. Из условия соосности вычислить неизвестное число зубьев одного из колес

3. Вычисление передаточного отношения аналитическим методом.

3.1. Механизм разделить на ступени, выделяя планетарный механизм.

Вычислить передаточное отношение ЗМ по формуле

$$i_{1n} = \frac{\omega_1}{\omega_n} = i_{12} i_{34} \dots i_{(n-1)n}, \qquad (1)$$

где i - передаточное отношение от входного звена 1 к выходному звену n зубчатого механизма. Либо через число зубьев

$$i_{1n} = (-1)^m \frac{z_2}{z_1}\frac{z_4}{z_3} \dots \frac{z_n}{z_{n-1}}, \qquad (2)$$

где m- число внешних зацеплений.

3.2. Для планетарного механизма на основе метода обращенного движения используем формулу Виллиса

$$i_{jH}^{(k)} = 1 - i_{jk}^{(H)}, \qquad (3)$$

где верхний индекс характеризует остановленное колесо k или остановленное H-водило, нижний индекс - входное звено j и выходное звено H планетарной передачи.

Если водило H является входным звеном, то используют формулу

$$i_{Hj}^{(k)} = \frac{1}{i_{jH}^{(k)}} = \frac{1}{1 - i_{jk}^{(H)}} \qquad (4)$$

4.Вычисление передаточного отношения графическим методом.

4.1. Вычислить диаметры и радиусы колес по формулам

$$d_j = m z_j, \quad r_j = \frac{d_j}{2}$$

и скорость точки зацепления ведущего колеса по формуле

$$v = r\omega$$

4.2. Вычертить механизм с точными радиусами (диаметрами) колес в выбранном масштабе.

4.3. Построить картину скоростей. Ниже приведены примеры различных планетарных передач и графическое определение скоростей

4.12. Синтез планетарного механизма

Синтез планетарного механизма заключается в подборе чисел зубьев его колёс таким образом, чтобы удовлетворить следующим условиям:

1) заданному передаточному отношению;
2) условию соосности;
3) условию соседства;
4) условию сборки;
5) условию правильного зацепления

Обеспечить данное передаточное отношение – подобрать числа зубьев так, чтобы передаточное отношение редуктора было равно требуемому или находилось бы в диапазоне его допустимых значений.

Условие соосности требует, чтобы при совпадении осей центральных колес и водила обеспечивалось зацепление сателлитов с центральными колесами.

Условие соседства требует, чтобы между окружностями выступов зубьев соседних сателлитов существовал зазор. Обычно в редукторах с целью уменьшения нагрузок на зубья колес и динамической уравновешенности механизма устанавливают не один, а несколько сателлитов.

Они должны устанавливаться под равными углами, располагаться в одной плоскости, а окружности вершин сателлитов не должны пересекаться.

Для соблюдения этого условия требуется удовлетворить следующим неравенствам:

$\sin\frac{\pi}{k} > \frac{z_2 + 2}{z_1 + z_2}$ (при внутреннем зацеплении сателлитов с центральным колесом), где k – число сателлитов.

Условие сборки: сумма зубьев центральных колес должна быть кратна числу сателлитов. Условие равных углов между сателлитами требует одновременного зацепления всех сателлитов с центральными колесами при симметричном расположении зон зацепления. Это условие связано с тем, что сборка механизма не всегда возможна, после установки первого сателлита последующие могут не совпадать с впадинами одного из центральных колес.

Условие правильного зацепления – условие отсутствия заклинивания и отсутствия интерференции зубьев. При нормальном зацеплении без смещения при внешнем зацеплении $z_{min}>17$, а при внутреннем $z_{min}>60$.

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

Методические указания на выполнение курсовой работы (КР) по ТММ

Общие указания курсового проектирования

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части, которая выполняется на листах формата А1, А2 или А3, в зависимости от выбранных масштабов планов и графиков, а так же их компоновки.

Графическая часть КР выполняется посредством любого графического пакета (Компас, Autocad и др.) и оформляется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. На всех планах и графиках должны быть указаны масштабы.

Расчетная часть выполняется в виде пояснительной записки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам ГОСТ 2.105-95.

Пояснительная записка должна включать все числовые расчеты, необходимые для выполнения работы. Текстовая часть должна ограничиваться лишь краткими указаниями к расчету и ссылками на графические построения. Все формулы и уравнения пишутся в общем виде, а затем в них подставляются необходимые числовые значения.

Результаты целесообразно сводить в таблицы. Записку следует писать на одной стороне листа стандартного формата А4. Записка должна быть в сброшюрованном виде и иметь титульный лист, на котором указывается шифр задания, название работы, Ф.И.О. студента и преподавателя.

Указания по содержанию и порядку выполнения курсовой работы.
1-й лист. Кинематический анализ рычажного механизма

При выполнении первого листа КР, если это необходимо, по заданным условиям рассчитать размеры звеньев проектируемого механизма. Произвести структурный и кинематический анализы. Данные для выполнения первого листа работы выбираются по таблице данных, прилагаемой к заданию. Графические построения произвести на листе формата А1. Объем графической части состоит из построения плана положений, планов скоростей, ускорений, кинематических диаграмм.

Порядок выполнения:

- Произвести структурный анализ механизма (в расчетно- пояснительной записке)
- Определить неизвестные размеры звеньев механизма по заданным условиям (в расчетно-пояснительной записке при необходимости)
- Построить 12 положений механизма, равноотстоящих по углу поворота кривошипа; при этом отсчет (нулевое положение механизма) начинать от одного из крайних положений (по рабочему звену) либо ближнему, либо дальнему. Положения механизма пронумеровать в направлении вращения кривошипа (если не задано, то против хода часовой стрелки). Звенья необходимо пронумеровать, а точки (центры шарниров, центры тяжести и др.) обозначить заглавными буквами с индексами, соответствующими номеру положения механизма.
- Построить планы скоростей и ускорений для положений механизма, указанных руководителем курсовой работы. Планы вычерчиваются тонкими линиями; на них должны быть показаны все характерные точки механизма, в том числе и центры тяжести звеньев.
- На основании построенных планов скоростей и ускорений определить угловые скорости и угловые ускорения звеньев механизма.
- Построить кинематические диаграммы перемещения, скорости и ускорения выходного звена.
- Сравнить величины ускорений, скоростей и угловых скоростей и ускорений, полученных методом кинематических диаграмм и с помощью планов скоростей и ускорений.
- Все полученные результаты с указанием измерений привести в таблицах.

Основанием для выполнения первого листа являются расчетно-графические работы **РГР № 2- 5**.

2-й лист. Силовой анализ

В задачу силового расчета входит определение реакции во всех кинематических парах и величины уравновешивающего момента методом планов сил. При выполнении второго листа курсовой работы используются данные, полученные в результате кинематического анализа(первый лист).

Порядок выполнения:

- Вычертить заданную индикаторную диаграмму или график сил полезного сопротивления, произвести разметку в соответствии с ходом рабочего звена и определить силы, действующие на рабочее звено во всех положениях механизма.

- Определить силы инерции и момент сил инерции звеньев механизма, для которых построены планы ускорений.

- Для расчетного положения определить полные реакции во всех кинематических парах методом планов сил (с учетом сил инерции, весов звеньев, сил движущих или полезного сопротивления), а так же уравновешивающий момент и уравновешивающую силу на ведущем звене (кривошипе). При этом необходимо вычертить отдельно структурные группы, показать силы и моменты, действующие на звенья механизма, и построить планы сил, отдельно для каждой структурной группы.

Выполнение второго листа основано на **РГР № 6**.

3-й лист. Зубчатый механизм

В объем листа входит решение задачи синтеза эвольвентного прямозубого стандартного (без смещения) зацепления и кинематический анализ либо синтез сложного планетарного механизма. Графические построения выполняются на листе формата А1, А2 или А3 в зависимости от масштаба и компоновки. Первая задача содержит расчет и проектирование эвольвентного зацепления пары колес простой передачи. Вторая - на определение передаточного отношения аналитическим и графическим методами в случае анализа или подбор числа зубьев в случае синтеза зубчатого механизма.

Третий лист с пояснениями выполняется, опираясь на **РГР № 7, 8, 9**.

Все вычисления и формулы с подстановками числовых значений привести в пояснительной записке.

В пояснительной записке сопоставить все величины, определенные аналитическим и графическим методами, а так же вычислить в процентах ошибки графических построений по сравнению с аналитическими расчетами.

Раздел 7. Варианты заданий курсовой работы

7.1 Пакет № 1заданий к курсовой работе

Вариант № 1

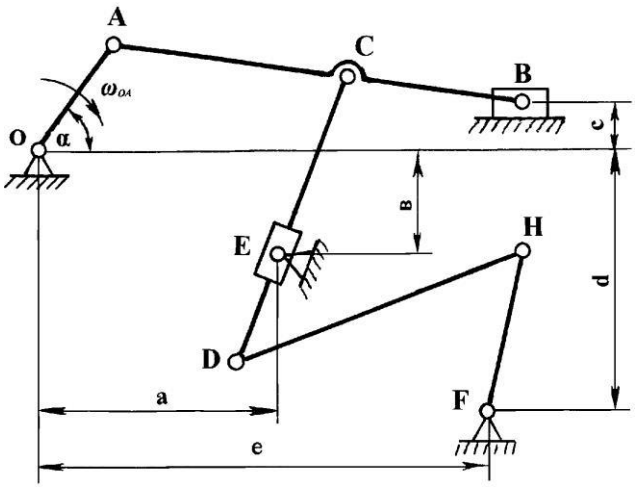


Рис. 1.1. Структурная схема механизма к варианту № 1

1

Исходные данные к варианту № 1.1

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0

L_{OA},м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{AB}, м	0,31	0,70	1,18	1,60	2,00
L_{AC}, м	0,18	0,38	0,62	0,80	1,10
L_{CD}, м	0,34	0,84	1,08	1,40	1,75
L_{DH}, м	0,30	0,55	0,79	1,00	1,25
L_{FH}, м	0,22	0,34	0,53	0,70	0,95
L_a, м	0,06	0,29	0,42	0,55	0,75
L_b,м	0,15	0,40	0,51	0,70	1,00
L_c,м	0,02	0,08	0,08	0,12	0,14
L_d,м	0,30	0,84	0,84	1,18	1,38
L_e, м	0,32	0,95	0,95	1,35	2,10
m, мм	6	8	10	12	14

Вариант № 2

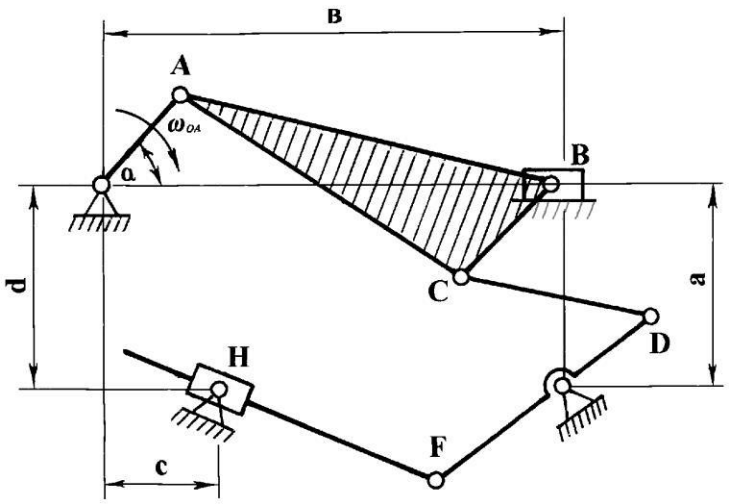


Рис. 1.2. Структурная схема механизма к варианту № 2

Исходные данные к варианту № 2

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA}, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{AB}, м	0,33	0,60	0,92	1,22	1,55
L_{BC}, м	0,08	0,23	0,26	0,32	0,35
L_{AC}, м	0,34	0,46	0,95	1,25	1,60
L_{CD}, м	0,28	0,56	0,90	1,20	1,52
L_{ED}, м	0,14	0,35	0,47	0,70	0,84
L_{EF}, м	0,11	0,30	0,36	0,55	0,68
L_a, м	0,12	0,34	0,41	0,58	0,72
L_b,м	0,60	1,15	1,78	2,32	2,95
L_c,м	0,26	0,30	0,60	0,90	1,15
L_d,м	0,14	0,32	0,70	0,95	1,24
m, мм	6	8	10	12	14

Вариант № 3

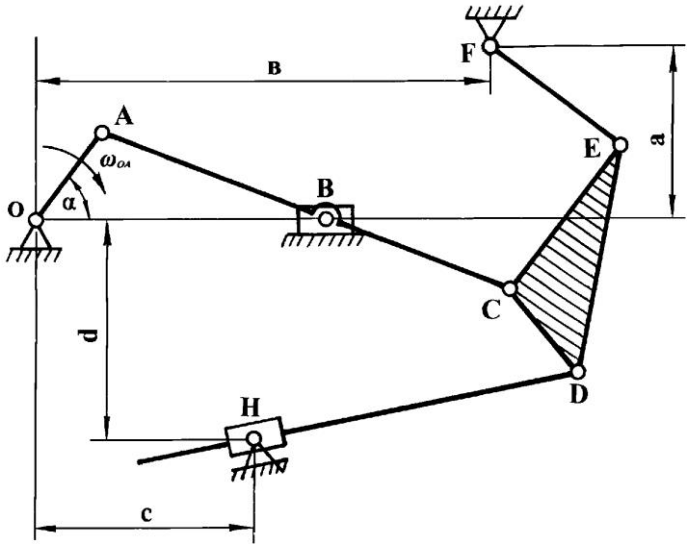
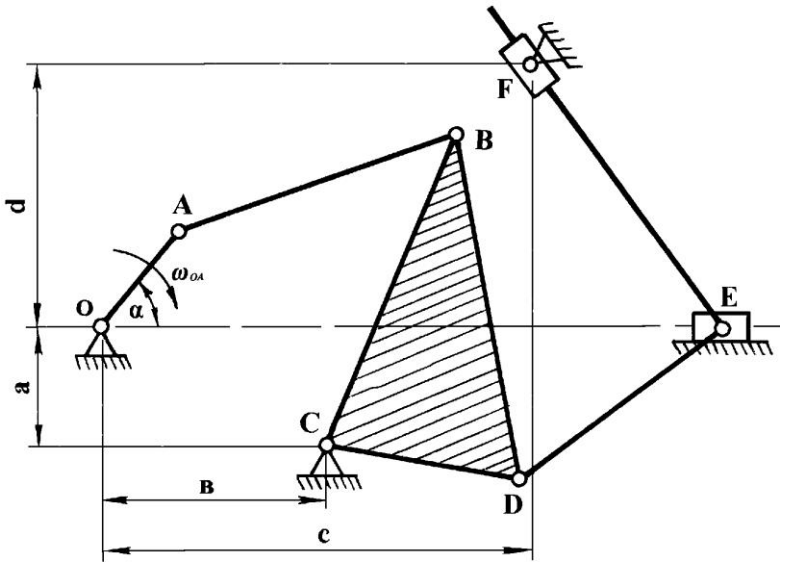


Рис. 1.3. Структурная схема механизма к варианту № 1.3

Исходные данные к варианту № 3

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA}, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{AB}, м	0,32	0,58	0,88	1,16	1,46
L_{BC}, м	0,14	0,23	0,52	0,66	0,75
L_{CE}, м	0,14	0,33	0,47	0,60	0,76
L_{EF}, м	0,17	0,27	0,41	0,52	0,68
L_{CD}, м	0,08	0,15	0,24	0,32	0,40
L_{ED},м	0,16	0,37	0,51	0,66	0,81
L_a, м	0,21	0,42	0,62	0,84	1,00
L_b, м	0,49	0,80	1,41	1,94	2,38
L_c, м	0,25	0,50	0,75	1,04	1,22
L_d, м	0,17	0,35	0,68	0,72	0,86
m, мм	6	8	10	12	14

Вариант № 4



1.4. Структурная схема механизма к варианту № 4

Исходные данные к варианту № 4

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA}, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{AB}, м	0,23	0,41	0,74	0,94	1,16
L_{BC}, м	0,20	0,41	0,63	0,81	1,02
L_{CD}, м	0,09	0,20	0,30	0,39	0,51
L_{BD}, м	0,22	0,44	0,65	0,86	1,10
L_{DE}, м	0,19	0,25	0,50	0,70	0,88
L_a, м	0,04	0,08	0,12	0,15	0,21
L_b, м	0,13	0,30	0,45	0,58	0,74
L_c, м	0,35	0,70	1,26	1,54	1,8
L_d, м	0,14	0,25	0,50	0,66	0,74
m, мм	6	8	10	12	14

Вариант № 5

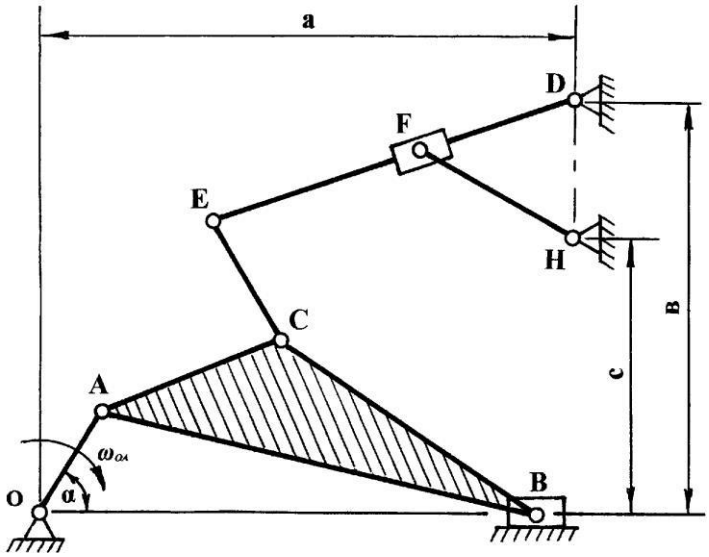


Рис. 1.5. Структурная схема механизма к варианту № 5

Исходные данные к варианту № 5

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA},м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{AB}, м	0,32	0,57	0,83	1,18	1,48
L_{AC}, м	0,14	0,27	0,34	0,50	0,60
L_{BC}, м	0,25	0,39	0,61	0,94	1,21
L_{CE}, м	0,29	0,46	0,71	1,08	1,32
L_{DE}, м	0,25	0,34	0,68	0,96	1,18
L_{FH}, м	0,20	0,29	0,53	0,76	0,95
L_a, м	0,30	0,60	0,87	1,18	1,46
L_b, м	0,41	0,51	0,83	1.22	1,70
L_c, м	0,36	0,44	0,60	0,85	1,34
m, мм	6	8	10	12	14

Вариант № 6

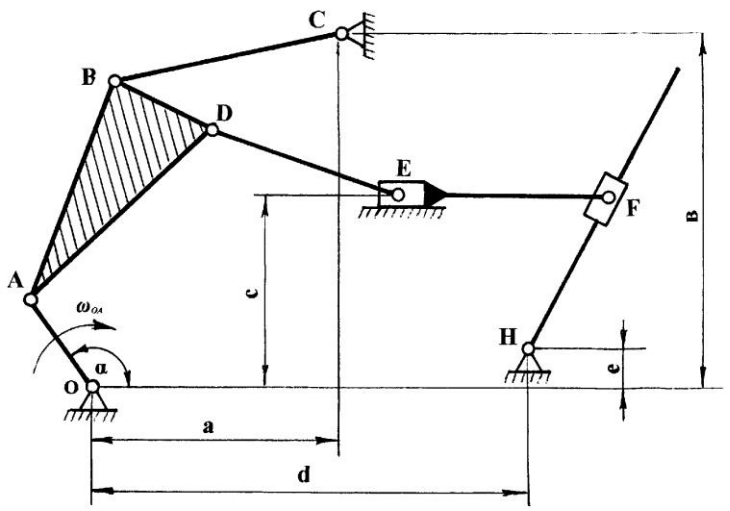


Рис. 1.6. Структурная схема механизма к варианту №.6

Исходные данные к варианту № 6

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA}, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{AB}, м	0,34	0,65	0,89	1,18	1,52
L_{BC}, м	0,31	0,38	0,84	1,06	1,48
L_{AD}, м	0,30	0,55	0,77	1,10	1,44
L_{BD}, м	0,14	0,20	0,24	0,32	0,44
L_{DE}, м	0,47	0,68	1,25	1,62	2,13
L_{EF}, м	0,15	0,18	0,38	0,52	0,68
L_a, м	0,16	0,33	0,60	0,72	0,80
L_b, м	0,44	0,57	1,28	1,68	2,14
L_c, м	0,28	0,50	0,77	1,10	1,38
L_d, м	0,66	0,98	1,69	2,12	2,70
L_e, м	0,17	0,35	0,38	0,45	0,70
m, мм	6	8	10	12	14

Вариант № 7

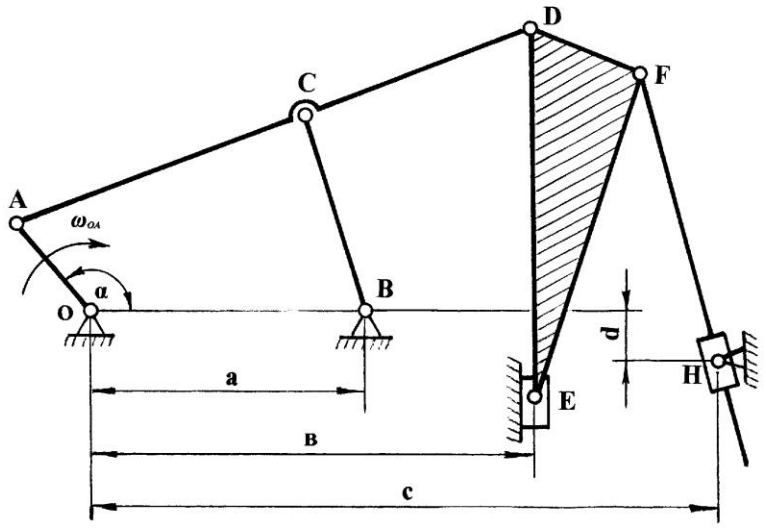


Рис. 1.7. Структурная схема механизма к варианту № 7

Исходные данные к варианту №.7

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA}, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{AC}, м	0,31	0,70	1,18	1,60	2,00
L_{BC}, м	0,24	0,34	0,67	0,78	0,96
L_{CD}, м	0,10	0,15	0,33	0,42	0,55
L_{DE}, м	0,48	0,68	1,58	1,89	2,42
L_{DF}, м	0,10	0,11	0,20	0,25	0,32
L_{EF}, м	0,52	0,64	1,51	1,96	2,51
L_a, м	0,22	0,53	0,78	0,98	1,22
L_b, м	0,25	0,61	0,90	1,18	1,46
L_c, м	0,45	0,77	1,35	1,86	2,24
L_d, м	0,02	0,09	0,11	0,15	0,19
m,мм	6	8	10	12	14

Вариант № 8

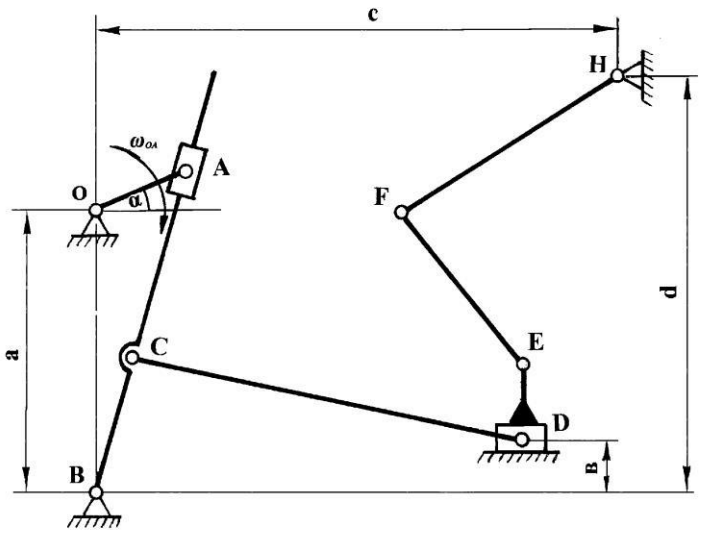


Рис. 1.8. Структурная схема механизма к варианту № 8

Исходные данные к варианту № 8

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA}, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{BC}, м	0,31	0,70	1,18	1,60	2,00
L_{CD}, м	0,34	0,66	0,77	1,12	1,41
L_{DE}, м	0,08	0,11	0,15	0,18	0,22
L_{EF}, м	0,18	0,33	0,44	0,66	0,86
L_{FH}, м	0,18	0,33	0,44	0,66	0,86
L_a,м	0,40	0,66	0,91	1,34	2,00
L_b,м	0,22	0,32	0,43	0,65	0,97
L_c, м	0,33	0,82	0,79	0,96	1,21
L_d, м	0,54	1,01	1,32	1,57	1,90
m, мм	6	8	10	12	14

Вариант № 9

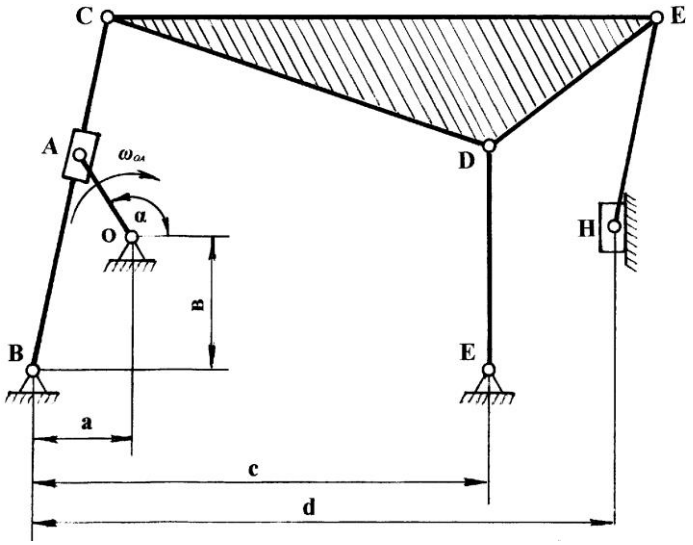


Рис. 1.9. Структурная схема механизма к варианту № 9

Исходные данные к варианту № 9

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA}, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{BC}, м	0,35	0,70	1,20	1,47	1,92
L_{CD}, м	0,21	0,50	0,67	0,92	1,19
L_{CE}, м	0,31	0,60	1,17	1,56	1,88
L_{DE}, м	0,19	0,42	0,75	0,88	1,05
L_{FD}, м	0,24	0,39	0,86	1,10	1,32
L_{EH}, м	0,26	0,65	0,90	1,21	1,45
L_a,м	0,13	0,25	0,38	0,52	0,64
L_b, м	0,16	0,28	0,65	0,70	0,94
L_c, м	0,15	0,64	0,42	0,64	0,76
L_d, м	0,49	1,02	1,71	2,18	2,63
m, мм	6	8	10	12	14

Вариант № 10

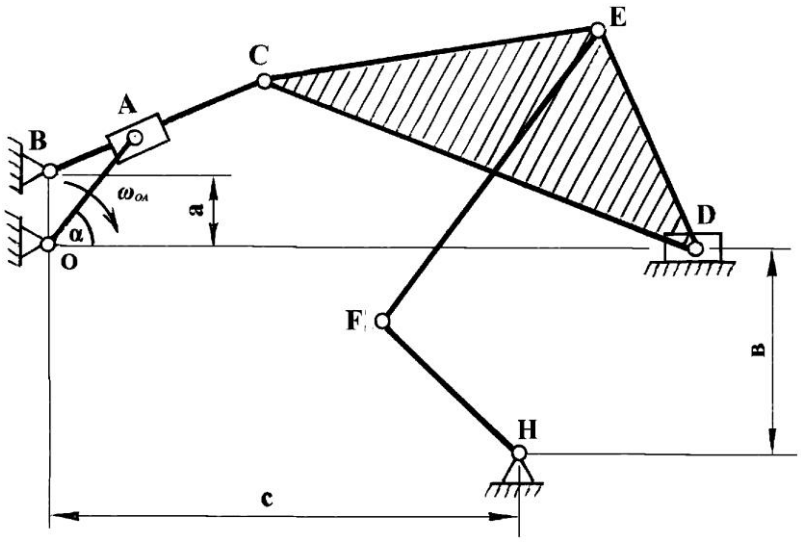


Рис. 1.10. Структурная схема механизма к варианту № 10

Исходные данные к варианту № 10

Обозначение	Предпоследняя цифра зачетной книжки				
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 0
L_{OA}, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
L_{BC}, м	0,17	0,40	0,48	0,67	0,84
L_{CD}, м	0,50	1,08	1,17	1,59	2,10
L_{CE}, м	0,38	0,84	0,98	1,42	1,98
L_{DE}, м	0,20	0,43	0,48	0,61	0,74
L_{EF}, м	0,36	0,89	0,94	1,42	1,76
L_{HF}, м	0,23	0,63	0,37	0,64	0,82
L_a, м	0,02	0,06	0,06	0,09	0,11
L_b, м	0,24	0,56	0,51	0,62	0,79
L_c, м	0,55	1,34	1,21	1,85	2,30
m,мм	6	8	10	12	14

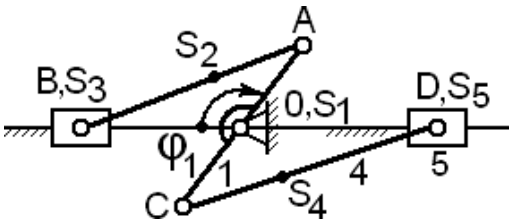
Дополнительные данные к Пакету заданий № 1

Сумма двух последних цифр зачетной книжки	Угол поворота начального звена (кривошипа OA) α, град	Число оборотов ведущего колеса $n_{вщ}$, об./мин	Число оборотов ведомого колеса $n_{вд}$, об./мин
0	15		220
1	30		230
2	45	350	240
3	60		250
4	75		260
5	105		270
6	120		280
7	135	400	290
8	150		300
9	165		310
10	195		320
11	210		330
12	225	450	340
13	240		350
14	255		360
15	285		370
16	300	500	380
17	315		390
18	330		400

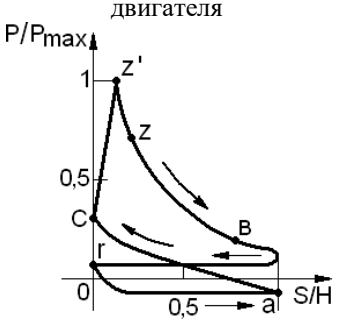
7.2 Пакет № 2 исходных данных к курсовой работе

Вариант 1

Рычажный механизм двухцилиндровогочетырёхтактного двигателя внутреннегосгорания



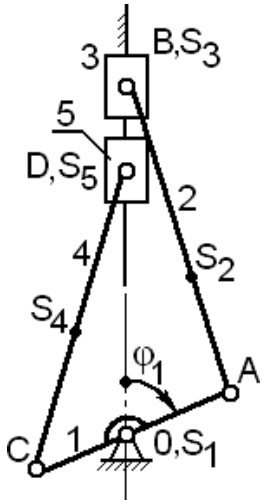
Индикаторная диаграмма двигателя



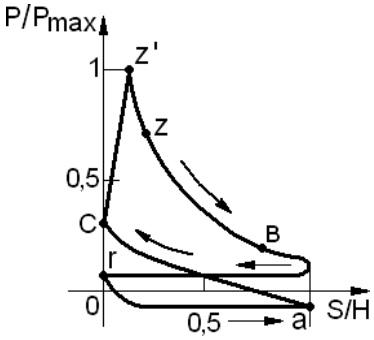
	1	2	3	4	5
$L_{OA} = L_{OC}$ м	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05
$L_{AB}=L_{CD}$м	0,19	0,24	0,17	0,16	0,18
$n_1=2n_K$,об/мин	4600	4700	5200	5100	4800
$m_2=m_4$,кг	0,34	0,31	0,34	0,32	0,32
$m_3 = m_5$,кг	0,36	0,33	0,34	0,36	0,35
J_{S1} ,кг·м²	0,007	0,006	0,007	0,005	0,009
$J_{S_2}=J_{S_4}$кг·м²	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002
P_{max}, МПа	2,8	3,0	3,5	3,2	3,1
d, м	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07
δ	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06

Вариант 2

Схема рычажного механизма двигателя



Индикаторная диаграмма двигателя

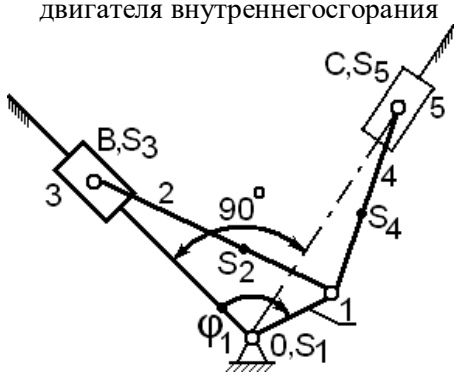


	1	2	3	4	5

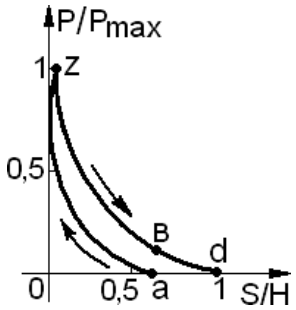
$L_{OA}=L_{OC}$ мм	80	70	60	65	75
$L_{AB}=L_{CD}$ мм	280	270	250	240	270
$n_1=2n_K$об/мин	2000	1800	1600	1500	1200
$m_2=m_4$,кг	2,9	3,2	3,6	4,2	4,5
$m_3=m_5$,кг	3,0	3,5	3,2	5,0	5,9
J_{0_1},кг·см²	4,0	5,0	3,5	8,0	15
$J_{S_2}=J_{S_4}$ кг·см²	1,7	2,5	1,9	4,0	9,5
Pmax,МПа	2,5	2,6	2,8	2,4	2,7
d, мм	66	68	60	65	73
δ	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05

Вариант 3

Рычажный механизм V- образного двухцилиндровогочетырёхтактного двигателя внутреннегосгорания

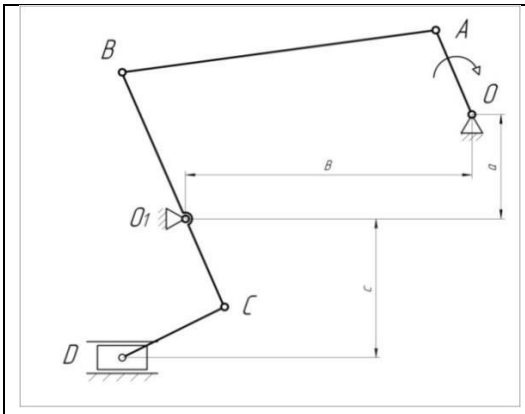


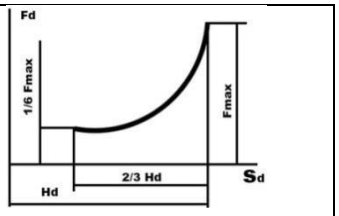
Индикаторная диаграмма двигателя



Вариант 3	1	2	3	4	5
L_{OA}, м	0,08	0,07	0,09	0,07	0,08
$L_{AB}=L_{AC}$, м	0,32	0,30	0,36	0,28	0,33
$n_1=n_K$об/мин	2200	1900	2100	1800	2000
$m_2=m_4$,кг	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6
$m_3=m_5$,кг	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9
J_{S1},кг·м²	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
$J_{S2}=J_{S4}$,кг·м²	0,05	0,07	0,07	0,08	0,09
$J_{возд}$,кг·м²	0,26	0,20	0,16	0,14	0,12
P_{max}, МПа	6,0	6,6	6,5	6,4	6,3
d, м	0,10	0,12	0,10	0,09	0,11
δ	1/120	1/110	1/100	1/120	1/110

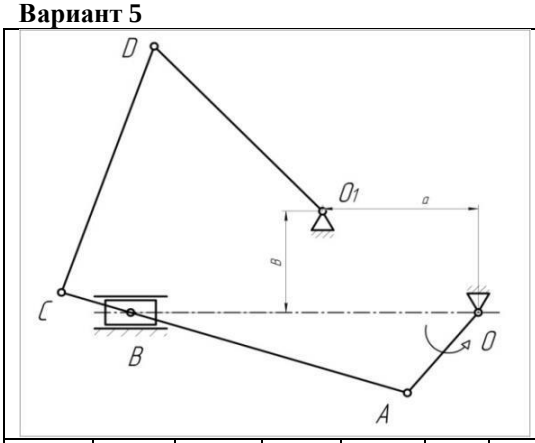
Вариант 4

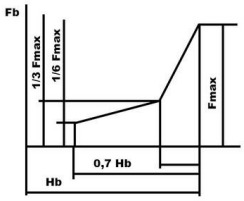




N вар.	a мм	b мм	c мм	l_{OA} мм	l_{AB} мм	l_{O1B} мм	l_{O1C} мм	l_{DC} мм	m_M кг/м	m_D кг	F_{max} кН	δ
1	380	570	360	100	800	550	280	424	30	35	6	0,08
2	535	790	400	200	660	580	340	280	35	30	8	0,06
3	520	750	400	140	820	550	300	320	30	40	4	0,09

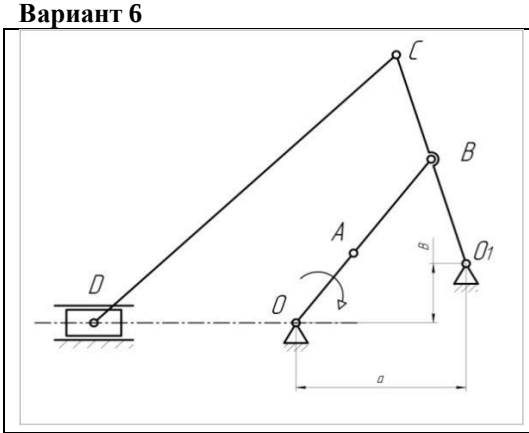
Вариант 5

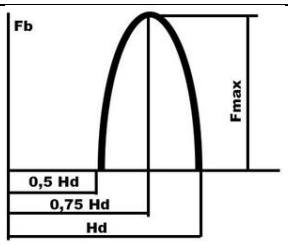




N вар.	a мм	b мм	l_{OA} мм	l_{AB} мм	l_{AC} мм	l_{CD} мм	l_{O1D} мм	m_M кг/м	m_B кг	F_{max} кН	δ
1	165	100	80	340	420	250	240	25	20	3	0,04
2	180	90	88	375	460	275	270	28	22	3,5	0,06
3	198	80	95	400	500	300	306	30	25	4	0,05

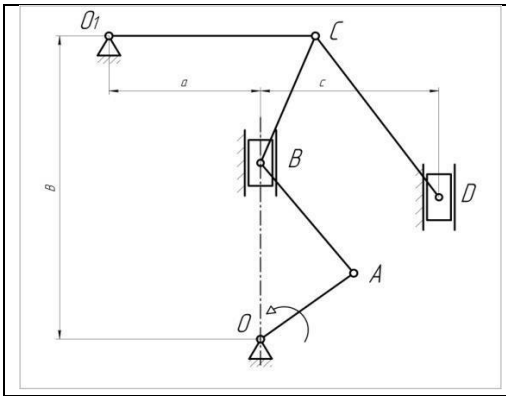
Вариант 6

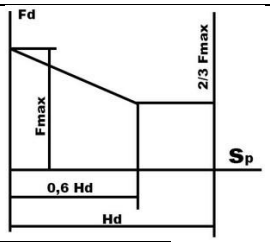




N вар.	a мм	b мм	l_{OA} мм	l_{AB} мм	l_{O1B} мм	l_{O1C} мм	l_{CD} мм	m_M кг/м	m_D кг	F_{max} кН	δ
1	400	125	100	448	176	360	1000	30	40	4	0,03
2	320	130	100	320	280	350	820	35	45	2	0,06
3	480	120	100	350	220	300	1200	40	50	2,5	0,09

Вариант 7





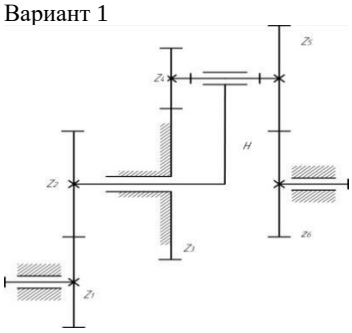
F_{max}кН	δ
5	0,06
6	0,04
4	0,05

N вар.	a мм	b мм	c мм	l_{OA} мм	l_{AB} мм	l_{CB} мм	l_{O1C} мм	l_{CD} мм	$m_м$ кг/м	m_B кг	m_D кг
1	90	340	140	80	180	180	180	240	40	40	30
2	100	374	155	90	200	200	200	300	35	42	32
3	110	400	170	100	220	220	220	300	30	35	28

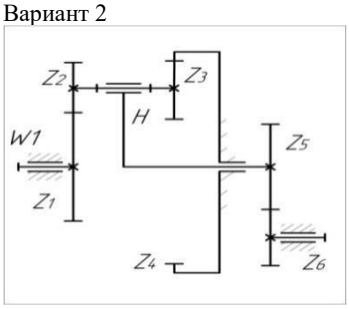
7.3 Пакет № 3 исходных данных к курсовой работе (кинематика сложных зубчатых механизмов)

Техническое задание: по заданной входной скорости и числу зубьев колес найти передаточное отношение механизма аналитическим и графическим способом, вычислить погрешность графического построения. Неизвестные числа зубьев найти из условия соосности.

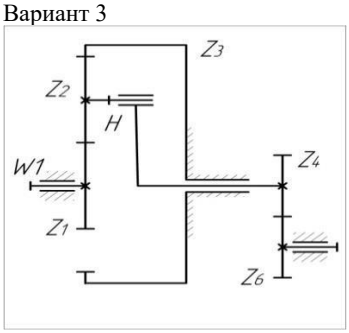
Вариант 1



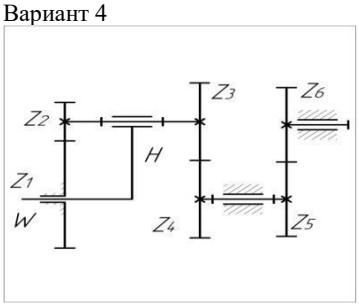
Вариант 2



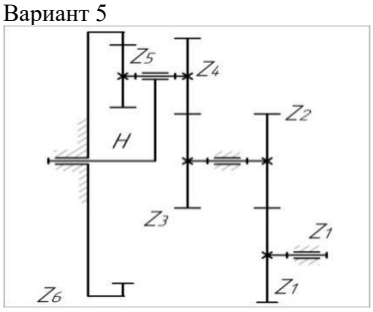
Вариант 3



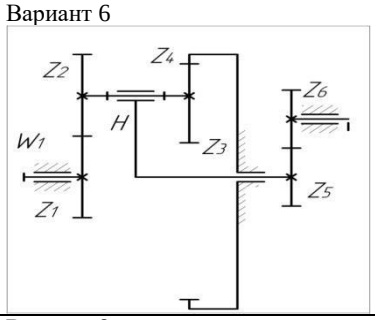
Вариант 4



Вариант 5

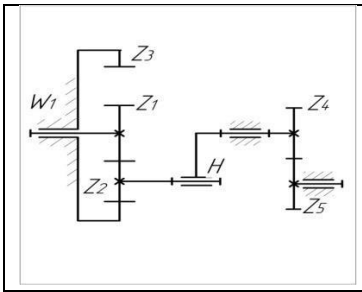


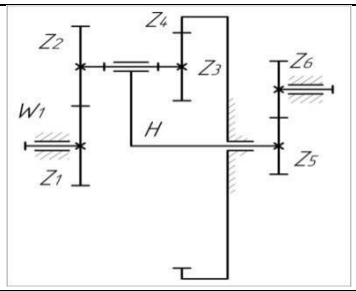
Вариант 6



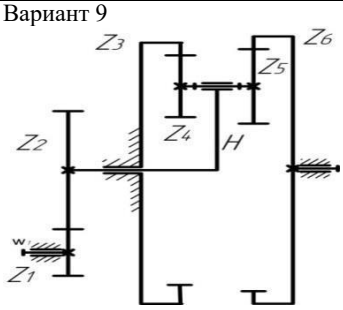
Вариант 7

Вариант 8

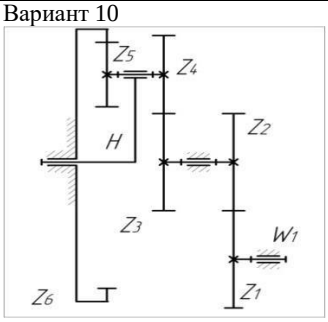




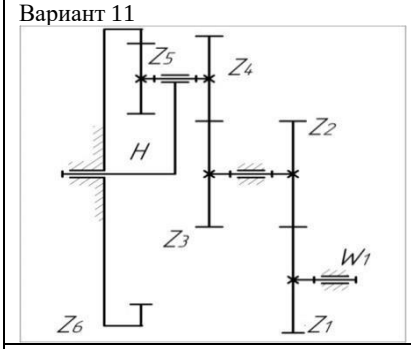
Вариант 9



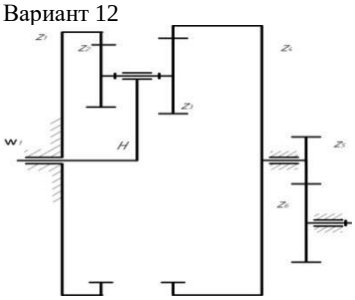
Вариант 10



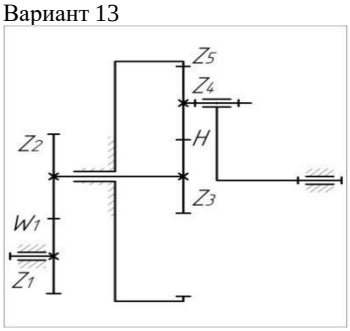
Вариант 11



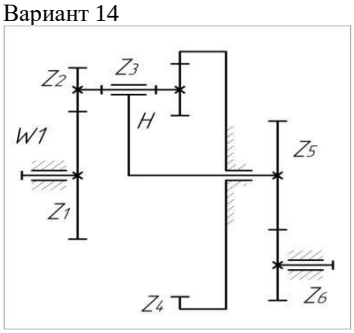
Вариант 12



Вариант 13



Вариант 14



Данные для анализа:

Вариант 1

N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
1	314	17	34	60	34	48	-
2	302	18	38	56	32	42	-
3	284	19	42	52	30	38	-

Вариант 2

N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
1	300	34	22	-	81	19	32
2	314	35	21	-	82	18	32
3	300	36	20	-	83	17	34

Вариант 3

N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6

	1	298	20	-	104	18	0	28	
	2	300	22	40	-	19	0	32	
	3	303	26	-	126	20	0	36	
Вариант 4	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	300	34	25	41	-	18	36	
	2	300	35	20	42	-	19	38	
	3	314	36	30	43	-	20	40	
Вариант 5	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	100	17	34	28	38	26	-	
	2	99	19	38	28	40	28	-	
	3	148	20	40	28	42	30	-	
Вариант 6	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	300	17	34	28	-	18	41	
	2	150	19	38	28	-	19	42	
	3	150	20	40	28	-	20	44	
Вариант 7	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	102	20	-	102	18	28	0	
	2	151	22	40	-	19	32	0	
	3	148	26	-	96	20	36		
Вариант 8	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	284	19	36	–	84	17	34	
	2	146	20	35	–	82	18	32	
	3	135	21	34	–	81	19	32	
Вариант 9	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	314	18	26	68	-	22	54	
	2	300	19	28	71	-	24	68	
	3	300	20	30	76	-	26	72	
Вариант10	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	314	18	31	26	34	–	86	

	2	300	19	32	28	36	–	89	
	3	310	20	33	30	38	–	90	
Вариант 11	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	150	24	38	88	34	–	86	
	2	102	25	40	92	36	–	89	
	3	76	26	42	96	38	–	90	
Вариант 12	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	300	65	–	20	60	24	17	
	2	302	68	–	22	54	26	18	
	3	314	71	–	24	68	28	19	
Вариант 13	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	105	26	-	126	20	0	36	
	2	100	22	40	-	19	0	32	
	3	75	20	-	104	18	0	28	
Вариант 14	N вар	$\omega_д$ 1/с	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	
	1	150	23	32	–	78	21	31	
	2	150	24	31	–	77	22	30	
	3	280	25	30	–	76	23	30	

Контролируемые компетенции: УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.З.1 основные законы механических процессов для управления проектом. УК-2.У.1 применять основные законы механики в процессе проектирования. УК-2.В.1 навыками применения основных законов механики при управлении проектом на всех этапах его жизненного цикла.

ТЕСТ ПО ПРЕДМЕТУ ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН (ТММ)

30 вопросов

Разделён на 3 уровня сложности

I уровень — БАЗОВЫЙ (50%) — 15 вопросов
(Задания закрытого типа, выбор одного ответа)
Что такое механизм?
A) Совокупность тел, передающих движение
B) Электрическая цепь
C) Информационная система
D) Геометрическая фигура
Звено — это…
A) Материальная точка
B) Жёсткое тело или система тел, движущихся как единое целое
C) Только неподвижная опора
D) Только подвижная ось
Пара звеньев называется кинематической, если…
A) Передаёт энергию
B) Ограничивает относительное движение
C) Имеет электрическое соединение
D) Представляет собой рычаг
Сколько степеней свободы имеет свободное твёрдое тело в плоскости?
A) 1
B) 2
C) 3
D) 6
Вал — это элемент, предназначенный для…
A) Фиксации деталей
B) Передачи крутящего момента
C) Регулирования частоты
D) Измерения силы
Шарнирная пара обеспечивает…
A) Два поступательных движения
B) Одно вращательное движение
C) Три степени свободы
D) Полное закрепление
Основной показатель качества передачи движения —
A) Вес механизма
B) Передаточное отношение
C) Стоимость
D) Цвет

Что является входным звеном механизма?
A) Звено, оказывающее сопротивление
B) Звено, которому задаётся движение
C) Звено для регулировки частоты
D) Неподвижная опора
Передача — это устройство для…
A) Усиления шума
B) Передачи и преобразования движения
C) Охлаждения системы
D) Удержания нагрузки
Типичный пример рычажного механизма
A) Двигатель внутреннего сгорания
B) Ножницы
C) Гидроцилиндр
D) Насос
Ведущее звено — это звено…
A) Статичное
B) Движущееся под воздействием внешнего источника
C) Соединяющее две передачи
D) Находящееся в неподвижной паре
Схема механизма — это…
A) Рисунок без размеров
B) Геометрическое представление звеньев и пар
C) Модель из пластилина
D) Математическая формула
Кривошип — это звено, совершающее…
A) Поступательное движение
B) Вращательное движение вокруг неподвижной оси
C) Вибрации
D) Деформацию
Что называют рычагом?
A) Стержень, вращающийся вокруг точки опоры
B) Любую прямую линию
C) Вал, соединяющий передачи
D) Момент силы
Коленчатый механизм преобразует движение:
A) Поступательное → вращательное
B) Вращательное → электрическое
C) Электрическое → тепловое
D) Тепловое → поступательное

II уровень — ПОВЫШЕННЫЙ (30%) — 9 вопросов
(Задания на применение, последовательности)
Установи правильную последовательность расчёта механизма:
1 — составление схемы
2 — определение степеней свободы
3 — выбор метода анализа
4 — вычисление кинематических параметров
A) 1-2-3-4
B) 2-1-3-4
C) 1-3-2-4
D) 3-1-2-4

Укажи правильное применение метода планов скоростей:
A) Для расчёта допусков
B) Для определения скоростей точек звеньев
C) Для анализа сил трения
D) Для балансировки
К какому механизму относится система «кривошип — шатун — поршень»?
A) Планетарному
B) Кривошипно-шатунному
C) Зубчатому
D) Рычажному
Что увеличивает передаточное отношение зубчатой передачи?
A) Увеличение числа зубьев ведущего колеса
B) Уменьшение зубьев ведомого
C) Увеличение зубьев ведомого
D) Уменьшение диаметра корпуса
Установи соответствие:
1 — Планетарная передача
2 — Ременная передача
3 — Зубчатая передача
A — Трение
B — Зацепление
C — Вращения относительно оси водила
A) 1-A, 2-B, 3-C
B) 1-C, 2-A, 3-B
C) 1-B, 2-C, 3-A
D) 1-A, 2-C, 3-B
Частота вращения выходного вала увеличится при…
A) Уменьшении передаточного отношения
B) Увеличении момента сопротивления
C) Увеличении диаметра вала
D) Снижении КПД
Что выбирается первым при проектировании передачи?
A) Цвет корпуса
B) Передаточное отношение
C) Масса материалов
D) Вид подшипника
Установи последовательность анализа динамики механизма:
1 — определение инерционных сил
2 — определение ускорений
3 — построение планов ускорений
4 — составление схемы
A) 4-2-3-1
B) 1-2-3-4
C) 4-3-2-1
D) 2-3-4-1
Что используется для определения ускорений точек механизма?
A) План ускорений
B) Транзистор
C) Набор допусков
D) Резонансный анализ

III уровень — ВЫСОКИЙ (20%) — 6 вопросов

Дано: кривошип вращается с постоянной угловой скоростью.
Объясни, почему ускорение поршня изменяется по нелинейному закону.
(Открытый ответ)
Установи соответствие типам передач и их особенностям:
1 — Червячная
2 — Планетарная
3 — Цепная
A — Передача больших передаточных отношений
B — Возможность компоновки соосных валов
C — Работа при больших расстояниях между валами
Найди ошибку:
«Увеличение диаметра ведущей звезды цепной передачи увеличивает передаточное отношение».
(Открытый ответ)
Задача:
Зубчатая передача имеет $Z_1=20$ и $Z_2=60$.
Определи передаточное отношение и его тип (повышающее/понижающее).
Установи последовательность действий при синтезе рычажного механизма:
1 — Определение требуемой функции движения
2 — Выбор структуры механизма
3 — Расчёт параметров звеньев
4 — Проверка работоспособности модели
A) 1-2-3-4
B) 2-1-4-3
C) 1-3-2-4
D) 3-2-1-4
Открытый вопрос
Почему планетарные передачи позволяют получить большие передаточные отношения при компактных размерах?