



"УТВЕРЖДАЮ"

Директор ИГНД

_____ Е.Г. Язиков

"__" _____ 2007 г

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН.
ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТУИРОВАНИЯ

Учебно – методическое пособие

Рабочая программа с контрольными заданиями и методическими указаниями по их выполнению для направления 130500 "Нефтегазовое дело"

специальностей 130501 "Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ"; 130503 "Разработка нефтяных и газовых месторождений"; 130504 "Бурение нефтяных и газовых скважин"

(заочное обучение)

Институт геологии и нефтегазового дела (ИГНД)

Обеспечивающая кафедра теоретической и прикладной механики

Курс – третий; четвертый

Семестр – шестой; седьмой

Учебный план набора 2007 г

Распределение учебного времени

Лекции	14	часа (ауд)
Практические занятия	20	часа (ауд)
Курсовой проект в 7-ом семестре	2	часа (ауд)

Всего аудиторных занятий -	36	часов
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	132	часов

Общая трудоемкость **186 часов**

Экзамен в 6-м семестре

Диф. зачет в 7-м семестре



Предисловие

Рабочая программа составлена на основе ГОС ВПО по направлению 130500 "НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО" специальностей: 130501 "Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ"; 130503 "Разработка нефтяных и газовых месторождений"; 130504 "Бурение нефтяных и газовых скважин", утвержденного 7.03.2000 г.

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры теоретической и прикладной механики

“ 12” апреля 2007 г. протокол № 63

2. Разработчик:

профессор кафедры ТПМ _____

Л.А. Саруев

3. Зав. обеспечивающей
кафедрой ТПМ _____

В.М. Замятин

4. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом, выпускающей кафедрой специальности, СООТВЕТСТВУЕТ действующему плану.

Заведующие выпускающих кафедр специальностей

кафедра БС _____

В.Д. Евсеев

кафедра ГРНМ _____

Б.Б. Квеско

кафедра ТХНГ _____

А.В. Рудаченко

АННОТАЦИЯ

Рабочая программа по дисциплине «Теория механизмов и машин и детали машин» предназначена для подготовки студентов Института геологии и нефтегазового дела: 130501 "Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ"; 130503 "Разработка нефтяных и газовых месторождений"; 130504 "Бурение нефтяных и газовых скважин". Она составлена в соответствии с государственным образовательным стандартом и профессиональной образовательной программой ТПУ «СТП ТПУ 2.5.01-2006». Порядок чтения лекций, выполнения практических работ с указанием аудиторных и внеаудиторных (для самостоятельного изучения) тем и часов, рейтинг-лист, рекомендуемая литература приведены в конце рабочей программы.

1. ЦЕЛИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины «Теория механизмов и машин и детали машин» студенты ИГНД указанных специальностей должны знать термины, определения и обозначения различных параметров машин, механизмов и деталей машин. Уметь выполнить структурный анализ конкретного механизма и определить его кинематические параметры. Знать все виды деформаций деталей и формулы для определения напряжений в разных сечениях детали. Уметь определить усилия, действующие на различные звенья конкретного механизма с учетом сил инерции звеньев и сил трения в кинематических парах и выполнить расчет на прочность и долговечность конкретной детали.

В результате выполнения курсового проекта студент должен освоить методы конструирования.

Целью дисциплины «Теория механизмов и машин и детали машин» также является научить будущего специалиста - понимать и оценивать механические процессы и явления в типичных машинах применяемых в его практической деятельности; правильно ставить задачи и формулировать требования к механическим устройствам, разработка которых поручается специалистам механикам; уметь разобраться в механической стороне работы выпускаемого изделия и оценивать изменение его свойств под влиянием технологических и производственных факторов; понимать и ориентироваться в технической литературе по основным вопросам цикла механических дисциплин в избранной отрасли.

ЗАДАЧИ ИЗЛОЖЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для достижения целей при совместной и индивидуальной познавательной деятельности студентов в части овладения теоретическими знаниями и практическими умениями используется полный набор методического материала: лекции, методические разработки к проведению

практических занятий и самостоятельной работе студентов, контрольные задания для проверки знаний студентов. При чтении лекций по некоторым темам используются плакаты.

На практических занятиях студент должен уметь применить полученные знания к решению конкретной задачи по соответствующему разделу курса. Для этого каждому студенту выдается определенное задание. Используя конспект лекций, литературные источники и имеющиеся на кафедре методические указания, студент должен выполнить работу самостоятельно и в результате написать отчет. Преподаватель консультирует, проверяет правильность выполнения задачи и принимает отчет. По ряду тем работа выполняется применительно к конкретной модели механизма, натуральному устройству или детали машины.

2. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

Введение

Теория механизмов и машин и методы проектирования деталей машин – научная основа анализа и синтеза современных машин. Примеры механизмов современных машин. Основные проблемы теории механизмов и машин и проектирования деталей машин. Значение курса “Теория механизмов и машин и детали машин” для инженерного образования. Историческая справка о развитии теории механизмов и машин, а также методов расчета деталей машин. Роль российских ученых в становлении этих наук.

Раздел 1. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ДЕТАЛИ МАШИН

1. Основные понятия и определения. Машина, механизм, звено, входные и выходные звенья, детали. Геометрические элементы звеньев. Классификация кинематических пар по числу независимых относительных движений и числу контактов. Кинематические цепи.

2. Основные виды механизмов и деталей машин. Плоские и пространственные механизмы. Рычажные механизмы, передачи вращательного движения (зубчатые, фрикционные, ременные, цепные). Гидравлические и пневматические механизмы, кулачковые механизмы. Основные детали машин. Валы и оси. Подшипники качения и скольжения, муфты. Упругие элементы. Соединения деталей.

Раздел 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

3. Рычажные механизмы. Основные типы рычажных механизмов. Определение кинематических характеристик рычажных механизмов графическими и аналитическими способами. Понятие о графических и

аналитических методах синтеза плоских рычажных механизмов с применением универсальной структурной системы Дворникова Л. Т.[20].

4. Кулачковые механизмы. Виды кулачковых механизмов. Цикловые диаграммы. Понятие о проектировании кулачковых механизмов по заданному закону движения выходного звена (толкателя, коромысла) и заданному предельному углу давления. Выбор закона движения выходного звена. Определение профиля кулачка. Определение сил, действующих в кинематических парах механизма. Расчет размеров кулачка с учетом контактных напряжений и ресурса работы.

5. Зубчатые передачи. Основные типы зубчатых колес. Цилиндрическая зубчатая передача. Основные размеры зубьев. Эвольвента и ее свойства. Эвольвентное зацепление и его свойства. Изготовление зубчатых колес. Подрезание зубьев. Способы устранения подрезания зубьев при их изготовлении. Основные параметры и характеристики зубчатого зацепления. Коэффициенты перекрытия и скольжения. Понятие о блокирующем контуре. Расчет зубьев передач на прочность по контактным напряжениям и на изгиб. Понятие о косозубых зубчатых колесах. Конические передачи. Червячные передачи. Волновые передачи. Передачи Новикова. Планетарные и дифференциальные передачи. Определение передаточных отношений различных зубчатых передач. Коробки передач.

6. Передачи трением. Материалы и конструкции приводных ремней ременных передач (плоских, клиновых и круглых). Критерии работоспособности ременных передач. Силы и напряжения в ремнях. Силы, действующие на валы. Коэффициент полезного действия ременной передачи. Передача зубчатыми ремнями. Шкивы ременных передач. Фрикционные вариаторы, их положительные и отрицательные качества.

7. Цепные передачи. Приводные цепи. Основные параметры и критерии работоспособности. Несущая способность. Силы и напряжения в ветвях цепи и нагрузка на валы.

8. Гидравлические и пневматические передачи. Классификация гидравлических и пневматических передач. Область их применения. Схемы и конструкции гидравлических передач. Расчет основных параметров гидравлических и пневматических передач.

Раздел 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

9. Валы и оси. Основные типы валов и осей. Применяемые материалы. Расчетные схемы валов и осей. Жесткость валов и осей. Гибкие валы.

10. Подшипники. Основные типы подшипников качения и их характеристика. Применение подшипников для различных случаев нагружения. Распределение нагрузки между элементами качения. Метод подбора подшипников. Конструкция типовых опор. Общие сведения о подшипниках скольжения. Типы подшипников. Применяемые материалы. Смазочные материалы. Критерии работоспособности. Понятие о подшипниках с воздушной смазкой и гидростатических подшипниках.

11. Соединение деталей. Сварные соединения электродуговой и газовой сваркой. Типы сварных швов и их расчет на прочность. Заклепочные соединения. Типы заклепок и конструкции швов. Расчет заклепочных соединений на прочность. Соединения деталей с натягом. Расчет натяга. Резьбовые соединения. Типы резьб. Предохранение резьбовых соединений от самоотвинчивания. Условия самоторможения резьбы. Расчет резьбы на прочность. Расчет болтовых соединений на прочность. Шпоночные, шлицевые и клиновые соединения. Расчет на прочность. Их применение. Соединения при помощи муфт. Типы муфт и их применение. Общие сведения о постоянных, компенсирующих, упругих и самоуправляющихся муфтах.

12. Технологичность, точность, надежность. Конструкционные материалы. Технологические требования к конструкциям (изготовление, сборка). Требования стандартизации отдельных элементов конструкции механизма. Взаимозаменяемость. Основные сведения о допусках и посадках. Примеры применения различных посадок. Понятие о критериях надежности и долговечности работы машин. Влияние трения в парах на надежность и долговечность работы машин. Ресурс работы механизмов и машин.

Раздел 4. ДИНАМИКА МЕХАНИЗМОВ

13. Динамический анализ механизмов. Характеристика сил, действующих на звенья механизмов. Условие кинетостатической определенности кинематических цепей. Определение реакций в кинематических парах методом планов сил. Уравнения движения механизма в форме интеграла энергии (уравнение кинетической энергии). Приведение масс и моментов инерции. Приведение сил и моментов в плоских механизмах. Подбор двигателя, решение уравнений движения. Определение моментов инерции маховика при заданном коэффициенте неравномерности. Учет сил трения. Понятие о КПД механизмов.

14. Уравновешивание и виброзащита машин. Уравнения, характеризующие колебания системы с одной и двумя степенями свободы. Свободные и вынужденные колебания под действием гармонической силы. Понятие о резонансе и критической скорости вращения валов. Статическое и динамическое уравновешивание вращающихся звеньев. Балансировка роторов на балансировочных станках. Статическое и динамическое уравновешивание плоских механизмов. Условия уравновешенности механизма. Виброзащитные системы. Понятие о динамическом виброгасителе.

15. Экспериментальное исследование работы машин и механизмов. Обзор различных способов экспериментального определения кинематических и динамических характеристик работы механизмов и машин. Применение механических, оптических и электрических измерительных приборов.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Составление кинематических схем и структурный анализ механизмов на моделях механизмов. (2 ч.)

3.2. Вычерчивание (нарезание) зубьев эвольвентного профиля методом обкатки инструментом реечного типа. (2 ч.)

3.3. Определение основных геометрических параметров эвольвентных зубчатых колес методом обмера. (2 ч.)

3.4. Определение передаточного отношения на моделях планетарных механизмов табличным методом. (2 ч.)

3.5. Выбор электродвигателя и кинематический расчет привода с зубчатой передачей. (2 ч.)

3.6. Определение крутящих моментов и напряжений в различных участках вала и построение их эпюр. (2 ч.)

3.7. Предварительный проектный расчет зубчатой передачи привода на выносливость по контактным напряжениям. (2 ч.)

3.8. Уточненный проверочный расчет передачи привода на контактную и изгибную прочность зубьев. (2 ч.)

3.9. Простановка допусков и посадок на чертежах. Анализ посадок соединений различных деталей. (2 ч.)

4. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

4.1. Контрольная работа № 1. Структурный и кинематический анализ механизмов

Контрольная работа состоит из двух задач: в первой проводится структурный анализ плоского механизма, во второй – кинематический анализ механизма.

Вариант контрольной работы и исходных данных студент выбирает в соответствии со своим шифром, состоящим из двух цифр. Цифры шифра соответствуют последовательно начальным буквам фамилии и имени студента. Первая цифра указывает на номер варианта работы, а вторая – на номер варианта исходных данных. Ниже в табл. 1 приведены соответствия букв и цифр.

Таблица 1

Г Д	В Б	Е Ж З Л Н О	К	М Р	Т У	С	Ф Х Й Ч Ш Щ Э Ю	И П	А Я
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Вариант 0

Задача 1. Определить число звеньев, число кинематических пар плоского механизма (рис. 1, 0) и дать их характеристику. Выявить структурные группы (группы Ассур) механизма, составить формулу строения и определить степень подвижности механизма с учетом пассивных связей и лишних степеней свободы при их наличии. Ведущее звено обозначено стрелкой.

Задача 2. Провести кинематическое исследование кривошипного механизма (рис. 2, 0; табл. 2) методом планов:

- построить в масштабе планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения ведущего (обозначенного стрелкой) звена;
- определить величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев механизма. Направления угловых скоростей и ускорений показать стрелками на звеньях механизма.

Заданы размер звена l_{AB} , расстояние между точками A и C (l_{AC}) и угловая скорость ведущего звена ω .

Таблица 2

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
l_{AC} , мм	60	100	200	180	100	250	120	300	200	350
ω , рад/с	20	100	150	20	10	50	75	200	60	25

Вариант 1

Задача 1. Для плоского механизма (рис. 1, 1) определить число звеньев, число кинематических пар и дать их характеристику. Выявить структурные группы (группы Ассур) механизма, составить формулу строения и определить степень подвижности механизма с учетом пассивных связей и лишних степеней свободы при их наличии. Ведущее звено отмечено стрелкой.

Задача 2. Выполнить кинематический анализ плоского механизма Витворта (рис. 2, 1; табл. 3) методом планов:

– построить в соответствующем масштабе планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения ведущего (обозначенного стрелкой) звена;

– определить величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев механизма. Направления угловых скоростей и ускорений обозначить стрелками.

Заданы размер звена l_{AB} , расстояние между центрами вращения звеньев l_{AC} и угловая скорость ведущего звена ω

Таблица 3

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	30	160	70	50	50	75	25	20	50	15
l_{AC} , мм	60	200	200	180	100	250	120	300	150	350
ω , рад/с	10	25	10	200	110	50	50	15	160	15

Вариант 2

Задача 1. Для механизма, изображенного на рис. 1, 2, определить число звеньев, число кинематических пар и дать их характеристику. Выделить структурные группы (группы Ассур) механизма, составить формулу строения и определить степень подвижности механизма с учетом пассивных связей и лишних степеней свободы при их наличии. Ведущее звено отмечено стрелкой.

Задача 2. Выполнить кинематическое исследование синусного механизма, показанного на рис. 2, 2 (табл. 4), методом планов:

построить в приемлемом масштабе планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения ведущего (обозначенного стрелкой) звена.

Заданы размер звена l_{AB} и угловая скорость ведущего звена ω .

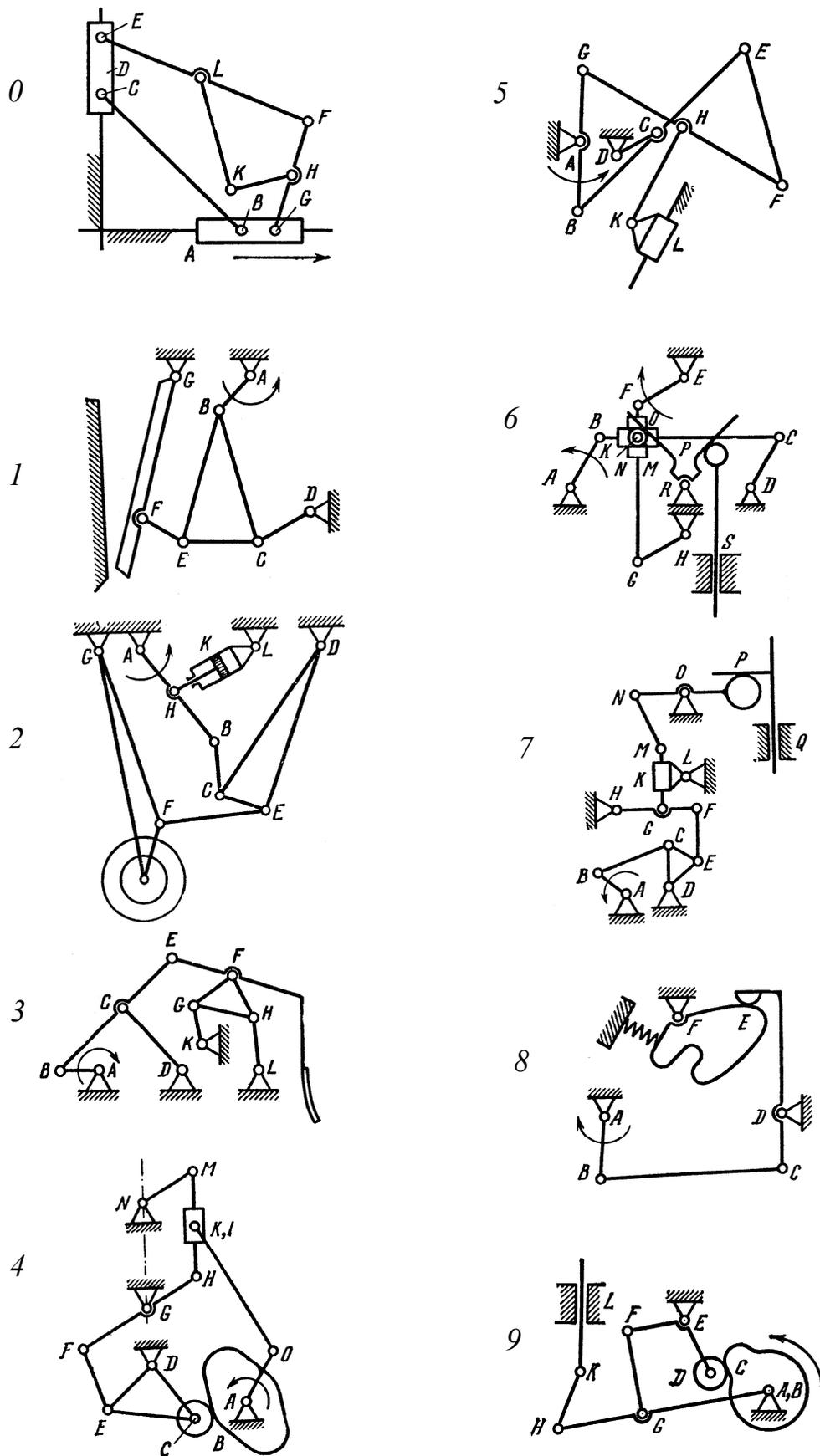


Рис. 1. Кинематические схемы плоских механизмов

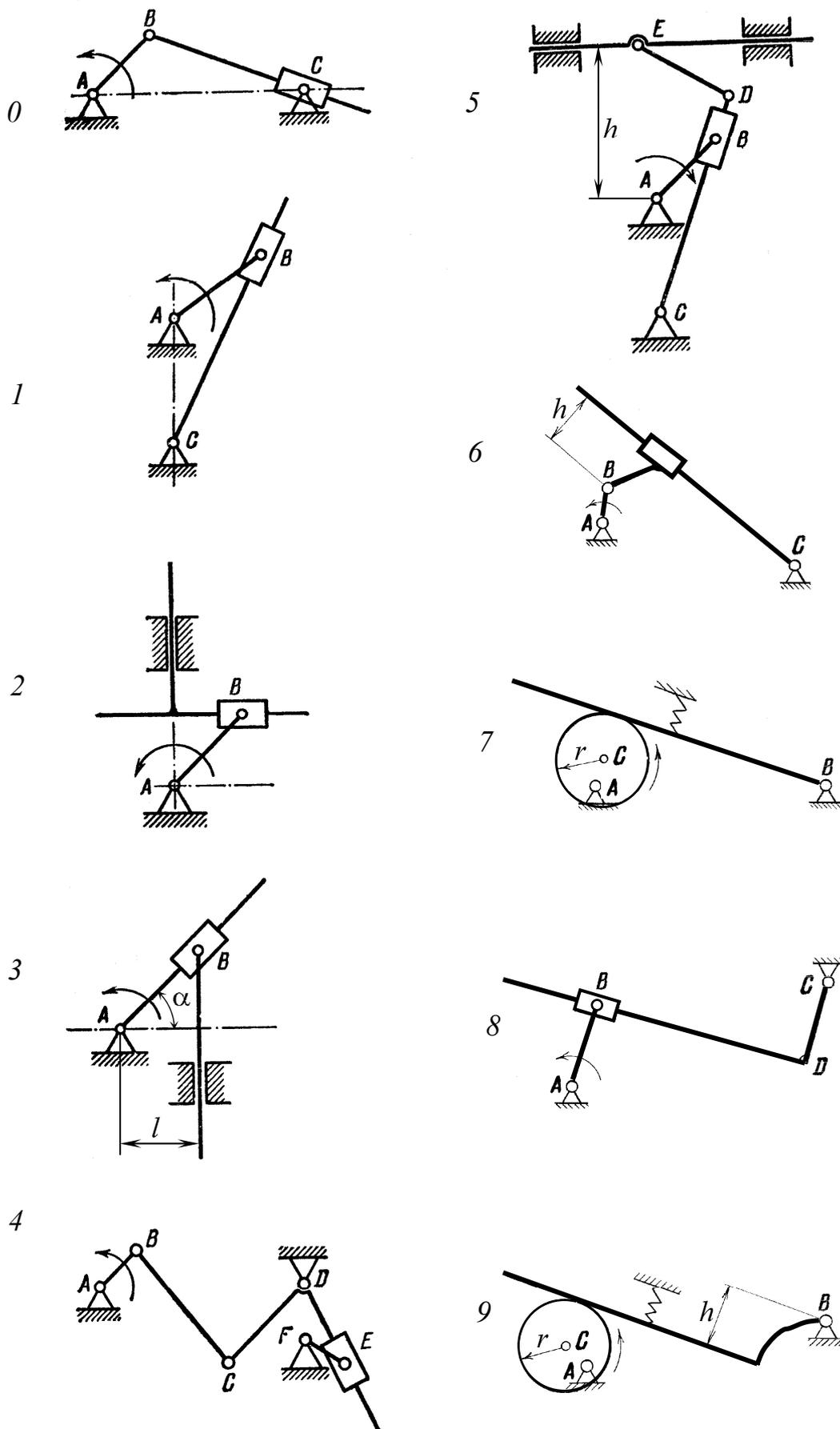


Рис. 2. К кинематическому анализу механизма

Таблица 4

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	130	160	170	150	50	175	250	20	100	150
ω , рад/с	100	25	150	200	110	50	60	150	60	15

Вариант 3

Задача 1. Для плоского рычажного механизма (рис. 1, 3) определить число звеньев, число кинематических пар и дать их характеристику. Выявить структурные группы (группы Ассур) механизма, составить формулу строения и определить степень подвижности механизма, учитывая пассивные связи и лишние степени свободы при их наличии. Ведущее звено обозначено стрелкой.

Задача 2. Выполнить кинематический анализ тангенсного механизма (рис. 2, 3; табл. 5) методом планов:

построить в масштабе планы скоростей и ускорений механизма для заданного положения ведущего (обозначенного стрелкой) звена.

Заданы расстояние l , величина угла α и угловая скорость ω ведущего звена.

Таблица 5

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l , мм	30	160	100	15	50	15	25	20	100	45
α , град	30	25	60	20	45	50	60	75	60	15
ω , рад/с	3	5	2	6	5	3	4	1	6	100

Вариант 4

Задача 1. Для плоского механизма (рис. 1, 4) определить число звеньев, число кинематических пар и дать их характеристику. Выделить структурные группы (группы Ассур) механизма, записать формулу строения и определить степень подвижности механизма, учитывая пассивные связи и лишние степени

свободы при их наличии. Ведущее звено выделено стрелкой.

Задача 2. Выполнить кинематическое исследование рычажного механизма (рис. 2, 4; табл. 6) методом планов:

– построить в масштабе планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения ведущего (обозначенного стрелкой) звена;

– определить величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев механизма. Направления угловых скоростей и ускорений обозначить стрелками.

Заданы размеры звеньев l_{AB} , l_{BC} , l_{CD} , l_{FE} , координаты центров вращения звеньев l_{AD} , l_{AF} , l_{DF} , угол CDE и угловая скорость ведущего звена ω .

Таблица 6

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	30	160	15	100	15	40	120	20	10	25
l_{BC} , мм	50	25	25	200	20	15	60	10	90	50
l_{CD} , мм	10	5	50	150	10	5	40	10	15	25
l_{FE} , мм	50	150	65	300	45	45	90	25	40	100
l_{AD} , мм	80	150	70	300	30	30	150	35	80	60
l_{AF} , мм	70	40	45	150	5	10	75	20	70	15
l_{DF} , мм	40	130	60	250	40	40	85	20	30	85
$\angle CDE$, град	70	50	45	60	30	40	35	75	55	65
ω , рад/с	20	10	15	5	30	25	35	20	5	20

Вариант 5

Задача 1. Для рычажного механизма (рис. 1, 5) определить количество звеньев, кинематических пар и дать их характеристику. Разложить механизм на группы Ассур, записать формулу строения и определить степень подвижности механизма, учитывая пассивные связи и лишние степени свободы, если они присутствуют. Ведущее звено выделено стрелкой.

Задача 2. Определить кинематические параметры кулисного механизма (рис. 2, 5; табл. 7) методом планов:

– построить планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения ведущего (обозначенного стрелкой) звена;

– определить величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев механизма. Направления угловых скоростей и ускорений показать стрелками.

Заданы размеры звеньев l_{AB} , l_{CD} , l_{DE} , координаты центров вращения звеньев l_{AC} и оси направляющего ползуна h , а также частота вращения ведущего звена n .

Таблица 7

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	10	20	25	5	15	15	10	15	10	30
l_{CD} , мм	45	75	90	25	60	55	50	60	40	100
l_{DE} , мм	30	45	50	15	40	30	35	40	30	70
l_{AC} , мм	25	50	55	15	35	30	25	35	20	65
h , мм	20	25	35	10	25	25	25	25	20	35
n , об/мин	1000	500	750	1600	2200	1750	1500	2000	800	900

Вариант 6

Задача 1. Определить число звеньев, кинематических пар и дать их характеристику для плоского механизма, содержащего кулачковый механизм (рис. 1, б). Расчленив механизм на группы Ассур, составить формулу строения и определить степень подвижности механизма, учитывая пассивные связи и лишние степени свободы, если они присутствуют. Ведущие звенья выделены стрелками.

Задача 2. Выполнить кинематическое исследование кулисного механизма (рис. 2, б; табл. 8) методом планов:

– построить планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения ведущего (обозначенного стрелкой) звена;

– найти величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев механизма. Направления угловых скоростей и ускорений показать стрелками.

Заданы размер звена l_{AB} , расстояние между центрами вращения звеньев l_{AC} и плечо h , а также угловая скорость ведущего звена ω .

Таблица 8

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	10	20	15	25	50	40	12	14	35	45
l_{AC} , мм	50	105	80	130	240	250	65	70	170	230
h , мм	5	11	8	10	15	15	6	5	15	20
ω , рад/с	100	75	150	250	300	50	125	175	75	225

Вариант 7

Задача 1. Для механизма, содержащего высшую кинематическую пару (рис. 1, 7), определить число звеньев, кинематических пар и дать его характеристику. Разложить механизм на группы Ассур, составить формулу строения и определить степень подвижности механизма с учетом пассивных связей и лишних степеней свободы при их наличии. Ведущее звено показано стрелкой.

Задача 2. Выполнить кинематическое исследование кулачкового механизма (рис. 2, 7; табл. 9) методом планов:

– построить планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения ведущего кулачка;

– определить величины и направления угловой скорости и углового ускорения толкателя. Направления показать стрелками.

Заданы радиус кулачка r , величина эксцентриситета l_{AC} , расположение центров вращения звеньев l_{AB} и частота вращения кулачка n .

Таблица 9

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
r , мм	25	20	15	35	55	30	12	14	33	45
l_{AC} , мм	10	10	5	30	24	22	6	7	17	23
l_{AB} , мм	110	90	65	150	220	100	50	60	130	200
n , об/мин	500	1100	800	1500	1500	130	6005	2500	1025	2000

У к а з а н и е. Для упрощения решения задачи можно воспользоваться заменяющим механизмом.

Вариант 8

Задача 1. Определить число звеньев, кинематических пар и дать характеристику для механизма, содержащего высшую кинематическую пару (рис. 1, 8). Разбить механизм на группы Ассура, составить формулу строения и определить степень подвижности механизма с учетом пассивных связей и лишних степеней свободы при их наличии. Ведущее звено выделено стрелкой.

Задача 2. Найти кинематические параметры плоского механизма (рис. 2, 8; табл. 10) методом планов:

- построить планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения ведущего (показано стрелкой) звена;
- найти угловую скорость и угловое ускорение ведомого звена как по величине, так и по направлению. Направления показать стрелками.

Заданы геометрические параметры звеньев l_{AB} , l_{CD} , координаты центров вращения звеньев l_{AC} и частота вращения ведущего звена n .

Таблица 10

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	35	20	15	55	50	35	22	24	33	35
l_{CD} , мм	10	10	5	30	24	22	6	7	17	23
l_{AC} , мм	120	90	70	160	200	150	80	100	130	250
n , об/мин	550	1200	1800	1000	2500	1300	600	200	1725	1200

Вариант 9

Задача 1. Для плоского механизма, содержащего кулачковый механизм (рис. 1, 9), определить число звеньев, кинематических пар и дать его характеристику. Разложить механизм на группы Ассур, составить формулу строения и определить степень подвижности механизма с учетом пассивных связей и лишних степеней свободы при их наличии. Ведущее звено показано стрелкой.

Задача 2. Выполнить кинематическое исследование кулачкового механизма (рис. 2, 9; табл. 11) методом планов:

Таблица 11

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
r , мм	15	25	45	35	50	35	22	34	37	55
l_{AC} , мм	10	10	5	15	24	22	6	7	17	23
l_{AB} , мм	100	120	200	150	200	120	90	150	130	200
h , мм	5	11	8	15	10	13	6	25	25	20
ω , рад/с	100	120	75	150	75	80	95	150	70	120

– построить планы скоростей и ускорений механизма для одного произвольного положения кулачка;

– определить величины и направления угловой скорости и углового ускорения толкателя. Направления показать стрелками.

Заданы радиус кулачка r , величина эксцентриситета l_{AC} , координаты центров вращения звеньев l_{AB} , величина плеча h и угловая скорость кулачка ω .

У к а з а н и е. Для упрощения задачи следует воспользоваться заменяющим механизмом.

Указания к выполнению контрольной работы № 1

К задаче 1. Структурное разложение механизма проводится следующим образом. Из числа звеньев, наиболее удаленных от начальных, необходимо попытаться выделить группу Ассура второго класса. При этом должна сохраняться замкнутость кинематической цепи. При отсутствии такой возможности проводится поиск групп более высокого класса. Разбивка оставшейся части механизма осуществляется аналогичным образом. После выделения всех групп Ассура должны остаться начальные механизмы первого класса. Следует помнить, что каждое звено и любая кинематическая пара могут входить в состав только одной группы.

К задаче 2. Здесь необходимо обратить особое внимание на наличие ускорения Кориолиса.

Условия задач, пояснения к решениям, все графические построения, необходимые уравнения и расчеты приводятся в пояснительной записке.

Примеры решения задач и оформления представлены в учебном пособии [3], которое входит в комплекс методических указаний по учебной дисциплине “Теория механизмов и машин и детали машин”, предназначенных для студентов заочного обучения.

Прошедшие рецензирование и зачтенные контрольные работы студент обязан предъявить на экзамене для собеседования.

Контрольная работа № 2. Уравновешивание механизмов и исследование движения механизма под действием приложенных сил

Данная контрольная работа состоит из двух задач. В первой задаче проводится динамическая балансировка ротора и статическое уравновешивание плоского механизма, во второй – выполняется анализ уравнения движения механизма.

Вариант задания выбирается, как при решении контрольной работы № 1.

Вариант 0

Задача 1. На валу перпендикулярно к его оси размещены неподвижно пять дисков на одинаковом расстоянии друг от друга (рис. 3, 0; табл. 12). Диаметры дисков равны D . На трех дисках установлены неуравновешенные массы m_n с координатами центров масс α_n и r_n , где n – порядковый номер диска. Определить наименьшие корректирующие массы m_k , m_l и координаты их центров α_k , r_k , α_l , r_l , устанавливаемые на свободных дисках k и l , для динамической балансировки системы.

Задача 2. При закрытом распределителе 4 гидропривода (рис. 4, 0; табл. 13) вся жидкость, подаваемая насосом 1, сливается через переливной клапан 2 в сливной бак. После мгновенного открытия распределителя поршень гидродвигателя 3 получает возможность перемещаться. Количество жидкости, сливаемой через переливной клапан, уменьшается, а поступающей в гидродвигатель – увеличивается. Происходит разгон поршня. Определить время разгона поршня и его установившуюся скорость, если зависимость между давлением на выходе насоса p_n и скоростью поршня v , определяемая статической характеристикой насосной установки, имеет вид $p_n = p_k - A_k v$; давление p_1 в напорной полости меньше p_n на $\Delta p = A_1 v + B_1 v^2$; давление p_2 в сливной полости описывается уравнением $p_2 = A_2 v + B_2 v^2$; сила трения F_T в подвижных соединениях аппроксимируется функцией $F_T = F_0 - A_T v + B_T v^2$.

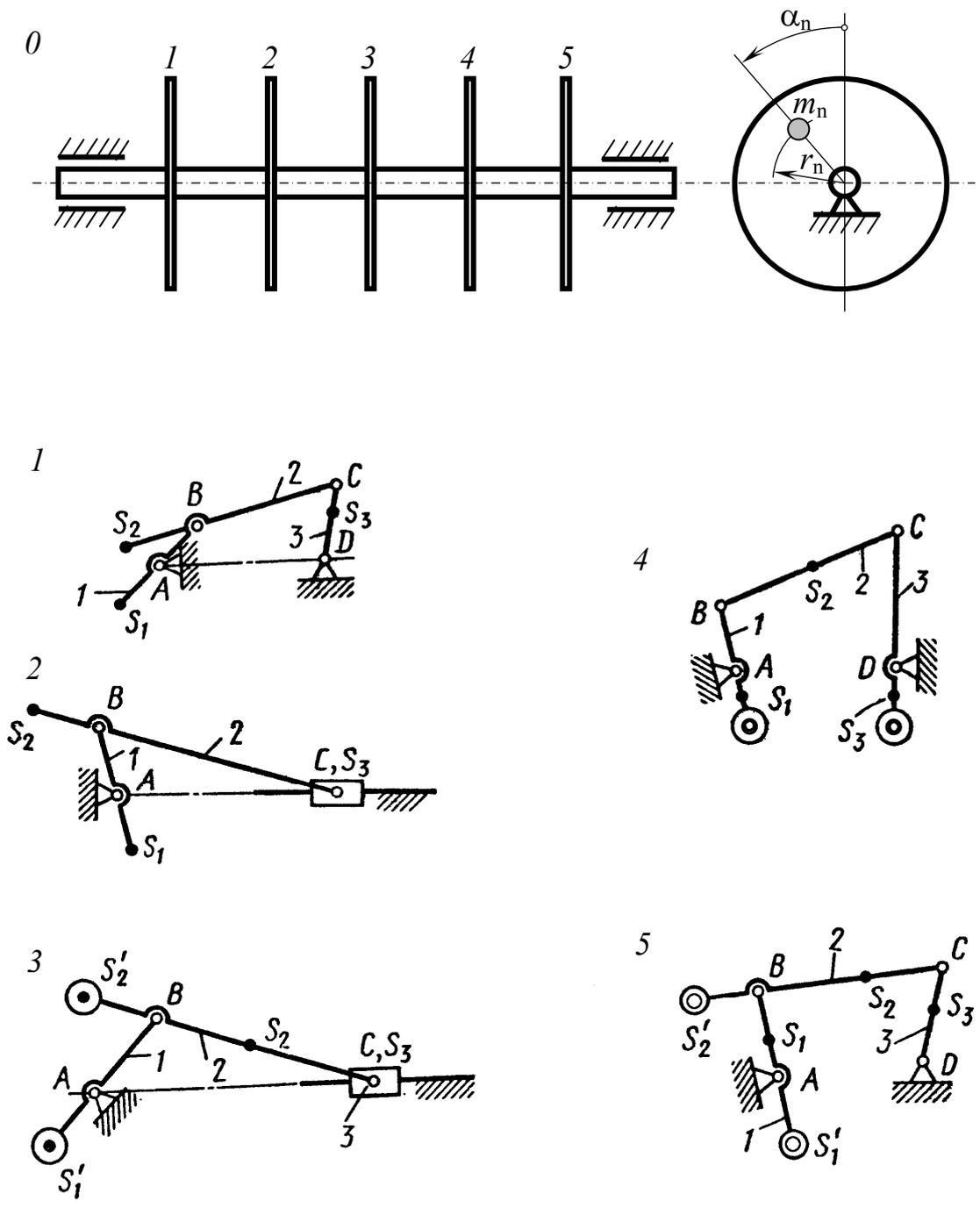


Рис. 3. Уравновешивание механизмов

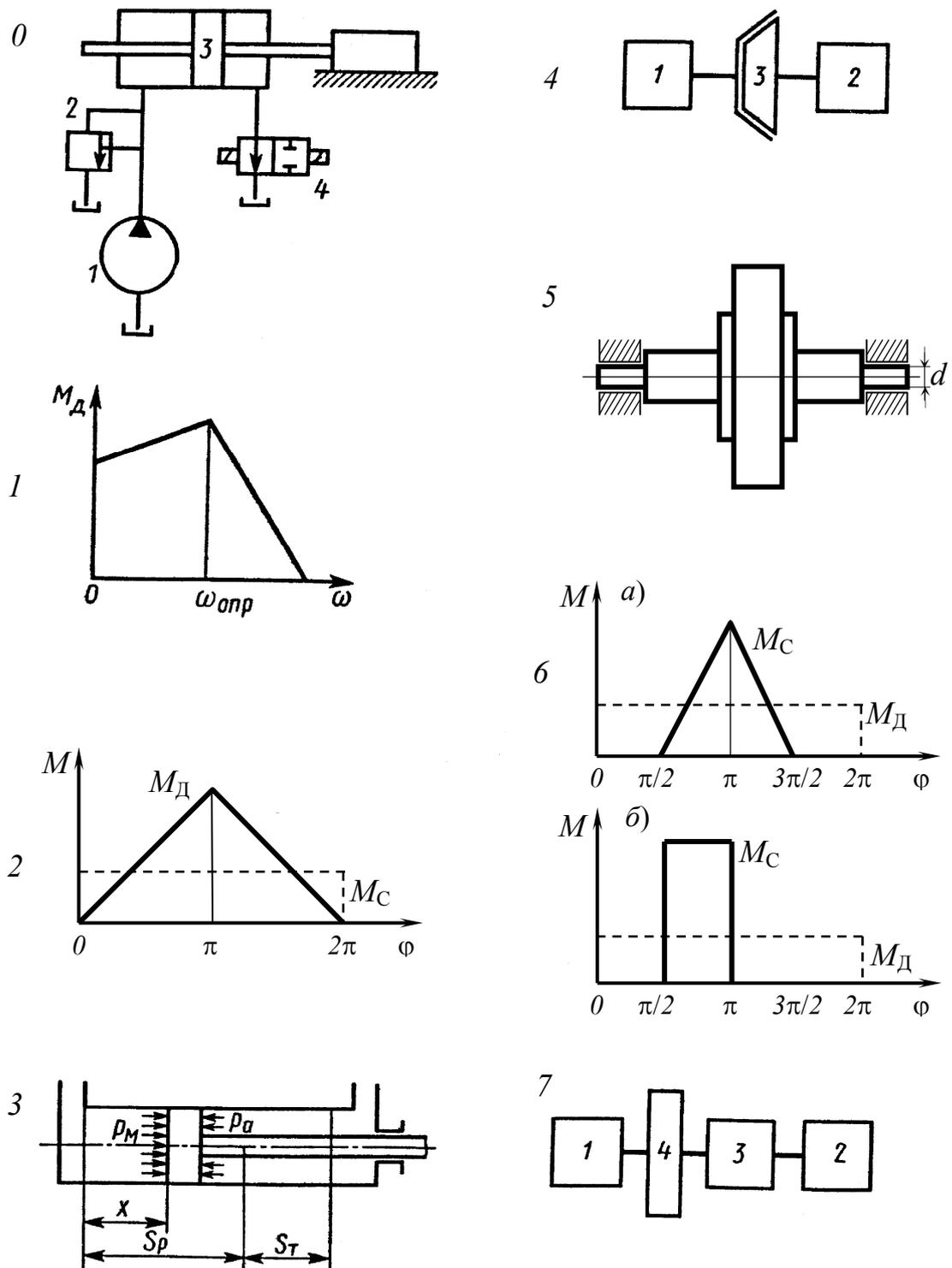


Рис. 4. К динамическому анализу механизмов

Таблица 12

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	115	125	145	135	150	135	122	234	137	155
m_2 , г	10	7	15	20	8	25	50	5	3	25
m_3 , г	7	15	25	13	35	15	40	12	10	20
m_5 , г	30	10	50	14	70	12	5	40	5	15
r_2 , мм	110	75	65	115	24	22	65	75	117	123
r_3 , мм	100	120	20	40	50	120	90	150	130	20
r_5 , мм	25	50	80	15	100	130	60	125	25	120
α_2 , рад	0,2	2,05	0,75	1,55	0,75	3,08	0,95	1,55	0,25	1,2
α_3 , рад	1,13	2,17	3,55	1,07	1,05	0,02	1,15	2,5	3,33	3,01
α_5 , рад	3,05	0,05	0,25	0,05	3,17	3,05	0,01	3,13	1,15	2,17

Известны также масса и эффективная площадь поршня m и S , суммарная масса жидкости в напорном и сливном трубопроводах m_1 и площадь их проходного сечения f . Построить диаграмму изменений скорости поршня от времени.

У к а з а н и е. Для решения задачи привести массу жидкости в трубопроводах к поршню и составить уравнение движения поршня. При приведении массы учитывать, что зависимость между скоростями жидкости в гидродвигателе и трубопроводах находится из условия равенства в них расходов жидкости.

Таблица 13

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m , кг	220	170	450	200	600	660	380	480	540	200
m_1 , кг	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,06	0,02	0,03
p_k , МПа	3,1	5,5	5,5	4,9	4,2	3,5	2,3	4,6	3,2	5,1
A_k , МН·с/м ³	10	17	18	12	12,5	16	13,4	14	11	14
A_1 , МН·с/м ³	1,2	1,7	1,5	2	1,6	1,8	0,9	1,5	0,9	1,5
A_2 , МН·с/м ³	1,8	2,3	1,6	2,6	1,6	2,5	2	1,8	0,8	1,5
A_T , кН·с/м	1,5	1,6	1,6	2,25	2,2	1,5	1,1	1	1,3	1
B_1 , МН·с ² /м ⁴	7	8	6	8	5	4	2	4	2	3
B_2 , МН·с ² /м ⁴	30	33	23	22	15	23	16	20	15	15
B_T , кН·м ² /м ⁴	7	5,8	6	5	6	3,1	2,5	6,1	4,2	3,4
S , см ²	30	22	33	30	56	21	37	32	30	40
f , см ²	0,8	0,33	0,83	0,35	0,33	0,33	1,24	0,6	1,2	0,6
F_0 , Н	560	550	700	500	720	900	600	720	450	620

Вариант 1

Задача 1. Найти положения центров масс подвижных звеньев рычажного механизма l_{CS_3} , l_{BS_2} , l_{AS_1} (рис. 3, 1; табл. 14), при которых главный вектор сил инерции равен нулю. Заданы длины звеньев l_{AB} , l_{BC} и l_{CD} , массы звеньев m_1 , m_2 и m_3 . При решении задачи считать, что общий центр масс S подвижных звеньев совпадает с точкой A .

Задача 2. Вал рабочей машины из состояния покоя приводит в движение двигатель (рис.4, 1; табл. 15). Причем механическая характеристика двигателя состоит из двух прямолинейных участков $M_{д1} = a_1 + b_1\omega$ при $0 \leq \omega \leq \omega_{опр}$ и

$M_{д2} = a_2 - b_2\omega$ при $\omega \geq \omega_{опр}$. Приведенный к валу двигателя момент инерции вращающихся частей машины и двигателя J , момент сопротивления на том же валу равен M_c .

Пользуясь дифференциальными уравнениями движения вала двигателя на обоих участках изменения движущего момента, определить зависимость скорости вала двигателя от времени $\omega(t)$. Вычислить скорость установившегося движения вала. Построить в масштабе графики $\omega(t)$ и $M_{д}(t)$.

Таблица 14

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180
l_{BC} , мм	300	336	360	420	480	516	564	600	660	720
l_{CD} , мм	156	180	192	216	240	252	288	300	336	360
m_1 , кг	1,5	2	2,2	1,5	2,6	3,3	1,75	3,2	1,8	4,2
m_2 , кг	4,7	5,5	6,4	5,6	9,2	6	8,2	4,5	12	9,5
m_3 , кг	1,8	5,2	4	2,6	2	2,2	3,6	4,3	5,5	4,9

Таблица 15

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_1 , Н·м	110	89	67	54	42	31	15	10	8,2	8,9
b_1 , Н·м·с	0,4	0,31	0,55	0,61	0,5	0,1	0,36	0,2	0,05	0,03
a_2 , кН·м	1,9	2,9	2,1	2	2,5	0,4	0,41	0,22	0,15	0,19
b_2 , Н·м·с	17	20	19	21	13,5	4,4	0,9	2,1	1,1	0,66
J , кг·м ²	10,5	3,5	6,2	4	4,5	0,9	1,5	2,9	0,8	1,2
M_c , Н·м	90	57	56	65	26	25	17	11	9	5,2

Вариант 2

Задача 1. На валу перпендикулярно оси установлены жестко пять дисков на одинаковом расстоянии друг от друга (рис.3, 0; табл. 16). Диаметры дисков равны D . На трех дисках размещены неуравновешенные массы m_n с координатами центров масс α_n и r_n (n – порядковый номер диска). Подобрать наименьшие корректирующие массы m_k, m_l и координаты их центров $\alpha_k, r_k, \alpha_l, r_l$, устанавливаемые на двух свободных дисках, для динамической балансировки системы.

Таблица 16

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	105	120	125	200	170	105	129	134	145	95
m_1 , Г	8	2	5	25	18	15	16	51	30	15
m_2 , Г	17	25	35	17	22	14	20	36	12	18
m_3 , Г	40	16	25	33	15	40	55	27	32	42
r_1 , мм	99	65	65	190	26	105	12	58	139	80
r_2 , мм	50	120	47	101	169	16	120	101	120	95
r_3 , мм	66	33	120	23	111	50	15	130	121	14
α_1 , рад	5,33	1,03	0,09	4,75	6,25	0,08	5,98	6,05	1,11	0,07
α_2 , рад	0,05	4,11	6,2	0,2	0,01	0,26	0,26	3,55	2,75	6,01
α_3 , рад	2,75	6,22	0,18	1,25	0,23	5,25	0,05	0,12	0,06	5,13

Задача 2. Силы и массы машинного агрегата приведены к одному звену. Движение звена приведения установилось. Угловая скорость в начале цикла установившегося движения равна ω_0 . Моменты движущих сил M_D и сопротивления M_C изменяются в соответствии с заданными графиками (рис. 4, 2; табл. 17). Приведенный момент инерции постоянен и равен I_{II} . Определить наибольшую ω_{\max} и наименьшую ω_{\min} угловые скорости звена приведения при его установившемся движении и степень неравномерности движения δ . В табл.

27 приведены наибольшие значения моментов M_D и M_C .

Таблица 17

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ω_0 , рад/с	10	15	20	25	30	9	8	11	23	13
M_D , Н·м	50	30	26	85	45	80	60	20	60	55
M_C , Н·м	20	15	21	25	25	40	22	9	20	20
$I_{П}$, кг·м ²	2	0,5	0,3	1,2	0,22	0,3	0,2	1,5	0,25	0,6

Вариант 3

Задача 1. Масса ползуна кривошипно-ползунного механизма (рис. 3, 2; табл. 18) равна m_3 . Подобрать массы звеньев m_2 и m_1 шатуна BC и кривошипа AB таким образом, чтобы главный вектор сил инерции всех звеньев механизма был уравновешен. Координаты центров масс S_1 и S_2 звеньев AB и BC равны l_{AS_1} и l_{BS_2} . Размеры кривошипа и шатуна равны соответственно l_{AB} и l_{BC} .

Задача 2. Рабочий ход поршня пневмопривода (движение слева направо) включает участки разгона и торможения (рис. 4, 3; табл. 19). При разгоне из состояния покоя давление в левой полости пневмоцилиндра равно p_m , а в правой – атмосферному давлению ($p_a = 1 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$). Путь разгона S_p . С начала участка торможения левая полость соединяется с атмосферой, а в правой полости давление поддерживается равным p_m . Решая дифференциальное уравнение движения поршня для обоих участков, определить время разгона, а также время и путь торможения. Рассчитать и построить графики перемещения, скорости и ускорения поршня от времени для рабочего хода поршня.

Масса подвижных деталей m , диаметры поршня и штока $D_{п}$ и $D_{ш}$. Сила сопротивления движению поршня F_c .

Таблица 18

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m_3 , кг	1,1	0,58	0,55	0,7	0,3	1.2	0,65	0,9	1,3	0,9
l_{AB} , мм	80	100	120	60	140	80	104	80	96	112
l_{BC} , мм	320	400	480	240	560	280	360	360	430	504
l_{AS_1} , мм	80	100	112	56	145	70	95	90	105	145
l_{BS_2} , мм	80	120	130	65	130	90	115	70	90	120

Таблица 19

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m , кг	900	500	9500	750	400	700	750	650	400	900
S_p , м	14	9	4	4	8	10	6	9	4	7
p_m , МПа	0,75	0,36	0,35	0,5	0,5	0,3	0,45	0,45	0,35	0,55
F_c , Н	5000	9000	8000	7000	5000	4000	4500	9000	3000	7500
$D_{II} = 2D_{III}$, м	0,32	0,25	0,4	0,25	0,4	0,15	0,2	0,25	0,3	0,25

Вариант 4

Задача 1. На валу жестко закреплены пять дисков с диаметрами d на одинаковом расстоянии друг от друга (рис.3, 0; табл. 20). На трех дисках установлены неуравновешенные массы m_n с координатами центров масс α_n и r_n (n –порядковый номер диска). Найти минимальные корректирующие массы m_k , m_l и их координаты центров α_k , r_k , α_l , r_l , устанавливаемые на двух свободных дисках, для выполнения условия динамической уравновешенности системы.

Таблица 20

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	120	100	155	220	140	124	85	125	90	70
m_1 , г	4	2	5	5	13	15	16	40	30	15
m_2 , г	25	17	35	17	45	13	20	51	14	52
m_5 , г	25	45	15	40	15	25	15	27	32	14
r_1 , мм	15	35	65	190	90	105	60	125	80	70
r_2 , мм	45	100	47	200	139	16	80	101	50	65
r_5 , мм	66	77	120	45	111	50	15	55	89	14
α_1 , рад	3,33	6,03	5,09	3,75	6,25	0,68	0,98	0,05	1,11	2,89
α_2 , рад	0,1	6,11	6,2	0,2	0,22	6,26	0,26	0,55	1,75	6,01
α_5 , рад	5,75	6,22	5,18	1,25	5,23	2,25	0,05	0,12	1,06	6,13

Задача 2. На вал машинного агрегата, который является звеном привода, имеющим приведенный момент инерции J и вращающимся с угловой скоростью ω_y , с некоторого момента времени начинает действовать тормозной момент, зависящий от времени $M_T = at$. Под действием этого момента рабочая машина, двигатель которой выключен, будет совершать выбег.

Найти зависимость угловой скорости вала от времени $\omega(t)$ при выбеге. Определить зависимость от времени углового ускорения $\varepsilon(t)$ и зависимость угла поворота вала от времени $\varphi(t)$. Вычислить время выбега и число оборотов вала за время выбега. Исходные данные приведены в табл. 21.

Таблица 21

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
J , кг·м ²	12	3,9	2	5	2,6	0,6	0,8	2,7	1,6	1,5
ω_y , рад/с	86	300	120	140	225	75	320	125	122	100
a , Н·м·с	250	110	30	25	22	12	56	52	8	6

Вариант 5

Задача 1. Для статического уравновешивания рычажного механизма найти массы противовесов m_{n1} и m_{n2} (рис. 5, 3; табл. 22), которые необходимо установить на звеньях AB и BC . Координаты центров масс S'_1 и S'_2 противовесов равны $l_{AS'_1}$ и $l_{BS'_2}$, а координаты центров масс S_1 и S_2 звеньев имеют значения l_{AS_1} и l_{BS_2} . Массы звеньев m_1 , m_2 и m_3 , а размеры звеньев равны l_{AB} и l_{BC} .

Задача 2. Двигатель 1 через фрикционную муфту 3 передает движение рабочей машине 2 (рис. 4, 4; табл. 23). Движущий момент, развиваемый двигателем, равен $M_d = a - b\omega_1$. К валу рабочей машины приложен постоянный момент сопротивления M_c . Моменты инерции ведущего и ведомого валов равны соответственно J_1 и J_2 . В момент включения фрикционной муфты ведущий вал имеет угловую скорость ω_{10} , ведомый вал неподвижен. Между ведущей и ведомой частями муфты с момента включения до полного сцепления действуют силы трения, имеющие момент $M_{тр}$. Силы трения в муфте замедляют движение ведущего вала и ускоряют движение ведомого вала до тех пор, пока скорости этих валов не сравняются. После этого ведущий и ведомый валы будут двигаться как одно целое.

Определить зависимость угловых скоростей ω_1 и ω_2 соответственно ведущего и ведомого валов от времени. Установить время полного сцепления и определить общую скорость валов в момент полного сцепления. Выявить

также закон изменения скорости всей системы после полного сцепления муфты и определить скорость установившегося движения системы.

Таблица 22

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	70	77	85	90	55	50	42	90	100	105
l_{BC} , мм	210	240	245	280	180	140	135	280	295	350
l_{AS_1} , мм	52	55	65	70	40	40	32	70	70	75
l_{BS_2} , мм	205	160	175	180	110	100	85	175	195	210
$l_{AS'_1}$, мм	350	280	210	450	280	210	175	420	455	425
$l_{BS'_2}$, мм	140	145	170	180	105	90	85	170	190	175
m_1 , кг	0,31	0,9	0,15	0,1	0,14	0,9	0,1	0,9	0,14	0,5
m_2 , кг	0,28	0,55	0,8	0,9	0,9	0,5	0,55	0,5	0,28	0,8
m_3 , кг	1,05	0,14	1,0	0,3	1,1	0,2	0,15	0,2	1,05	0,55

Таблица 23

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a , кН·м	3,1	4,4	2,75	0,5	2,2	2,2	0,6	1,3	1,5	2
b , Н·м·с	15,5	19	16	12	15	4,2	2	1,2	2	1,5
ω_{10} , рад/с	126	90	75	125	85	220	175	155	145	45
$M_{тр}$, Н·м	160	225	150	50	160	92	75	50	15	13
M_c , Н·м	90	175	95	40	90	50	55	26	11	12
J_1 , кг·м ²	1,2	0,7	2	0,3	1,1	0,7	1,2	0,8	2,3	0,7
J_2 , кг·м ²	0,9	0,9	3,5	0,2	1,4	0,6	3,5	0,4	2	0,5

Вариант 6

Задача 1. На валу неподвижно на одинаковом расстоянии друг от друга установлены пять дисков (рис.3, 0; табл. 24). Диаметры дисков равны D . На трех дисках закреплены неуравновешенные массы m_n с координатами центров масс α_n и r_n , где n – порядковый номер диска. Определить наименьшие корректирующие массы m_k , m_l и координаты их центров α_k , r_k , α_l , r_l , устанавливаемые на двух свободных дисках, для выполнения условия динамической уравновешенности системы.

Таблица 24

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	110	120	105	250	400	300	185	175	190	170
m_2 , Г	14	4	6	5	10	3	5	25	10	15
m_3 , Г	5	42	12	9	22	15	6	20	8	10
m_4 , Г	30	5	12	6	15	25	17	18	19	12
r_2 , мм	110	100	35	190	90	300	180	125	105	70
r_3 , мм	55	100	56	235	390	16	80	170	50	170
r_4 , мм	30	120	105	45	100	150	35	66	189	20
α_2 , рад	6,05	0,05	6	4,05	1,05	0,06	2,22	0,02	4,36	2,5
α_3 , рад	0,05	6,11	0,01	0,2	0,01	6,26	0,26	0,03	1,75	3,5
α_4 , рад	0,01	2,5	2,65	6,2	6,25	0,01	6,25	0,01	0,09	4,6

Задача 2. Маховик, имеющий массу m и обладающий моментом инерции J (рис. 4, 5; табл. 25), начинает выбег при числе оборотов n , время выбега t . Определить коэффициент трения в подшипниках вала маховика, если диаметр цапф вала равен d , а угловая скорость маховика убывает по линейному закону.

Таблица 25

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m , кг	1	0,8	0,6	0,3	0,37	1,5	0,35	1,25	1,22	0,4
J , кг·мм ²	1600	1500	1000	600	750	2500	700	2200	2400	1200
d , мм	25	23	20	15	15	30	15	25	25	15
t , с	65	120	100	150	180	90	80	50	45	130

Вариант 7

Задача 1. Определить координаты центров масс l_{AS_1} , мм и l_{CS_3} , мм, звеньев AB и CD рычажного механизма с противовесами (3, 4; табл. 26) при статическом уравнивании механизма. Известны размеры звеньев l_{AB} , l_{BC} , l_{CD} , положение центра масс шатуна l_{BS_2} , а также массы звеньев m_1 , m_2 и m_3 .

Таблица 26

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	195	185	170	155	145	100	70	65	55	50
l_{BC} , мм	415	390	365	340	300	210	175	155	140	120
l_{CD} , мм	375	350	325	300	275	190	140	55	110	100
l_{BS_2} , мм	210	195	180	170	155	110	88	75	65	60
m_1 , кг	4	3,3	4,2	1,4	1,2	2,0	1,5	1,4	0,9	0,5
m_2 , кг	5,5	4,5	2,5	2,6	6,2	4,0	3,4	3	2,5	2,8
m_3 , кг	3	5,2	5,4	3,2	2,8	3,3	2,7	4,5	1,7	3,1

Задача 2. В двух машинных агрегатах имеется установившееся движение с периодом, равным одному обороту входного звена, $\varphi = 2\pi$. В каждом агрегате силы и массы приведены к своему входному звену. В одном агрегате

приведенный момент сопротивления изменяется по закону треугольника (рис. 4, б, а), в другом – по закону прямоугольника (рис. 4, б, б). Приведенные движущие моменты M_d и моменты инерции J в обоих агрегатах постоянны по величине и равны между собой (табл. 27). Угловая скорость в начале цикла установившегося движения равна ω_0 .

Рассчитать и построить графики: изменения угловой скорости входного и выходного звеньев; определить коэффициент неравномерности движения.

Таблица 27

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M_d , Н·м	20	13	15	25	12	5	17	14	21	23
J , кг·м ²	10	5	12	20	7	25	15	22	25	12
ω_0 , рад/с	100	230	200	150	150	300	80	175	320	144
t , с	65	120	100	150	180	90	110	50	45	130

Вариант 8

Задача 1. Вычислить координаты центров масс противовесов $l_{AS_1'}$, $l_{BS_2'}$, устанавливаемых на звеньях AB и BC рычажного механизма (рис. 3, 5; табл. 28) и необходимых для статического уравновешивания. Известны размеры звеньев l_{AB} , l_{BC} , l_{CD} , координаты центров масс звеньев l_{AS_1} , l_{BS_2} , l_{CS_3} , массы звеньев m_1 , m_2 , m_3 , а также массы противовесов m_{n_1} и m_{n_2} . При решении учесть, что общий центр масс подвижных звеньев механизма является неподвижным и находится на прямой AD .

Задача 2. Машинный комплекс (рис. 4, 7; табл. 29) состоит из двигателя 1, рабочей машины 2, редуктора 3 и маховика 4. Момент, развиваемый двигателем 1, равен $M_d = a - b\omega$.

Таблица 28

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_{AB} , мм	55	65	70	165	180	130	210	90	100	40
l_{BC} , мм	190	210	230	550	600	430	690	300	320	200
l_{CD} , мм	135	150	160	390	420	300	480	210	220	95
l_{AS_1} , мм	35	40	45	105	115	85	135	60	66	25
l_{BS_2} , мм	95	105	120	270	300	220	360	155	160	70
l_{CS_3} , мм	65	70	75	180	195	140	240	100	110	46
m_1 , кг	0,1	0,05	0,1	0,05	0,15	0,1	0,2	0,22	0,02	0,11
m_2 , кг	1	1	0,55	0,55	0,8	1,1	0,6	1,3	0,5	0,65
m_3 , кг	0,25	0,25	0,4	0,22	0,4	0,22	1,2	0,42	0,8	0,14
m_{n1} , кг	2,7	2,5	3,2	5	4,9	6,5	2,6	4,3	4,3	3,1
m_{n2} , кг	1,6	2	1,1	4,2	2,4	4,1	5,2	2,3	1,3	0,75

Технологический процесс рабочей машины состоит из рабочего и холостого ходов с продолжительностью соответственно t_p и t_x . Моменты сопротивления на валу машины при рабочем и холостом ходах равны M_p и M_x . Известны передаточное отношение редуктора u_{12} , момент инерции вала двигателя J_1 , момент инерции деталей, установленных на валу рабочей машины, J_2 .

За время рабочего хода угловая скорость вала двигателя уменьшается с ω_{\max} до ω_{\min} , а при холостом ходе угловая скорость вала двигателя возрастает от ω_{\min} до ω_{\max} .

Приведя силы и массы к валу двигателя, определить момент инерции маховика J_m и продолжительность холостого хода t_x .

Таблица 29

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M_p , кН·м	1,7	2	2,6	2,7	4,25	2,1	2	2,5	5,2	130
M_x , кН·м	1,4	0,35	0,5	0,5	0,85	0,35	0,37	0,5	1,05	2,6
J_1 , кг·м ²	0,7	0,34	0,17	1,7	0,5	0,35	0,07	0,12	0,52	1,3
J_2 , кг·м ²	8,5	10	8,5	13,5	17	7	5,25	5	8,3	21
u_{12}	5	6	11	5	12	14	13	7	11,5	9
a , кН·м	1,7	4	3,5	2,55	8,5	2	2,35	4	10	39
b , Н·м·с	15	35	35	18	85	14	15	25	100	260
t_p , с	0,08	0,25	0,3	0,45	0,25	0,35	0,3	0,35	0,33	0,4
ω_{\max} , рад/с	102	115	66	120	145	75	150	75	80	150
ω_{\min} , рад/с	99	110	64	118	142	72	147	74	77	140

Вариант 9

Задача 1. На валу на одинаковом расстоянии друг от друга жестко установлены пять дисков, диаметры которых равны D (рис.3, θ ; табл. 30). На трех дисках закреплены неуравновешенные массы m_n с координатами центров масс α_n и r_n (n –порядковый номер диска). Вычислить минимальные корректирующие массы m_k , m_l и их координаты центров α_k , r_k , α_l , r_l , устанавливаемые на двух незанятых дисках, для динамической балансировки системы.

Задача 2. К валу машины приведены момент движущих сил от двигателя $M_d = A - B\omega$ и постоянный от сил сопротивления M_c . Постоянный приведенный момент инерции машины равен J и начальная угловая скорость вала ω_0 . Определить за время рабочего хода машины t_p угловую скорость, угловое ускорение и угол поворота вала. Исходные данные приведены в табл. 31.

Таблица 30

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	300	185	175	190	170	110	120	105	250	400
m_1 , Г	3	5	25	10	15	14	4	6	5	10
m_3 , Г	15	6	20	8	10	5	42	12	9	22
m_5 , Г	25	17	18	19	12	30	5	12	6	15
r_1 , мм	300	180	125	105	70	110	100	35	190	90
r_3 , мм	16	80	170	50	170	55	100	56	235	390
r_5 , мм	150	35	66	189	20	30	120	105	45	100
α_1 , рад	0,06	2,22	0,02	4,36	2,5	6,05	0,05	6	4,05	1,05
α_3 , рад	6,26	0,26	0,03	1,75	3,5	0,05	6,11	0,01	0,2	0,01
α_5 , рад	0,01	6,25	0,01	0,09	4,6	0,01	2,5	2,65	6,2	6,25

Таблица 31

Параметры	Варианты числовых значений									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A , кН·м	2,2	0,6	1,3	1,5	2	3,1	4,4	2,75	0,5	2,5
B , Н·м·с	4,2	2	1,2	2	1,5	15,5	19	16	12	15
ω_0 , рад/с	115	175	155	145	45	126	90	75	125	85
t_p , с	0,1	0,05	0,2	0,11	0,3	0,03	0,3	0,25	0,06	0,6
M_c , кН·м	5	5,5	2,6	11	12	9	17,5	9,5	4	90
J , кг·м ²	7	12	8	23	7	15	5	13	3	11

2.8.4. Указания к выполнению контрольной работы № 2

К задаче 1. При уравнивании ротора рекомендуется неуравновешенные инерциальные силы раскладывать на две перпендикулярные составляющие и рассматривать равновесие системы в двух взаимно перпендикулярных осевых плоскостях, искомые величины определять через результирующие силы.

При уравнивании сил инерции механизма определяются массы противовесов или координаты их центров масс. Наиболее простое решение задачи статического уравнивания масс плоских механизмов получается по методу замещающих масс.

К задаче 2. При динамическом исследовании механизма или машины необходимо составить дифференциальное уравнение движения звена

приведения в форме $m \frac{dv}{dt} = m \frac{d^2x}{dt^2} = P_d - P_c$ или $J \frac{d\omega}{dt} = J \frac{d^2\phi}{dt^2} = M_d - M_c$

в зависимости от вида движения: поступательного или вращательного. В приведенных формулах: m – масса звена приведения; x или ϕ – перемещение; v или ω – скорость; t – время; P_d – приведенная движущая сила; P_c – приведенная сила сопротивления; J – приведенный момент инерции подвижных звеньев механизма; M_d – приведенный момент движущих сил; M_c – приведенный момент сил сопротивления. За звено приведения принимают звено, движение которого изучается в поставленной задаче. Интегрируя составленное дифференциальное уравнение, определяют требуемые зависимости.

Интегралы, встречающиеся при выполнении контрольной работы, можно найти в справочниках, в частности в [13, 14]. Кроме того, рекомендуется применение широко известных математических программ, таких как MAPLE [15], MATHCAD [16], MATLAB [17] и др., в которые включены стандартные процедуры решения математических задач достаточно широкого спектра с выдачей результатов в виде формул, а также в численном, графическом с анимацией и т. д.

5. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Курсовой проект выполняется после изучения теоретического материала и сдачи экзамена.

Методические указания по содержанию и оформлению вместе с заданиями на курсовой проект приведены в отдельных учебно-методических пособиях [3, 4, 5, 6], являются составной частью единого комплекса учебных пособий, подготовленных кафедрой “Теоретическая и прикладная механика” Томского политехнического университета для студентов заочного обучения.

В научно-технической библиотеке ТПУ также имеется достаточное количество учебников и учебных пособий, относящихся к дисциплине "Теория механизмов и машин и детали машин", в том числе современных пособий по выполнению курсовых проектов [8, 9, 10].

Выполнение курсового проекта имеет целью проверить умение студента практически комплексно применить полученные им знания общеинженерных дисциплин. Темой курсового проекта является расчет и конструирование привода с зубчатой передачей (редуктором).

Проект состоит из графической части, объемом в 1,5 - 2 листа формата А - 1 и расчетно - пояснительной записки. На первом листе (или на полутора листах) выполняется сборочный чертеж редуктора, входящего в состав привода, а на листах формата А - 2 выполняются 3 детали (как правило сопряженные). В расчетно - пояснительной записке должны быть приведены: задание на проектирование (официальный бланк), схема и описание проектируемого объекта. Записка с примерным объемом 30 - 40 страниц формата А - 4 должна содержать:

1. Расчеты:

а) основных конструктивных размеров проектируемого изделия и его эксплуатационных характеристик;

б) привода, включая выбор электродвигателя и расчет всех элементов редуктора.

2. Обоснование конструктивных решений.

3. Анализ посадок.

4. Спецификацию.

В задании на курсовое проектирование студенту выдается схема привода с необходимыми исходными данными для расчета.

Задания варьируются различной конструкцией редуктора и величиной исходных данных.

Курсовой проект по курсу "ТММ и ДМ" Рейтинг-лист

Неделя.	Содержание работы по этапам	Выполнение проекта в %		Балл	
		За неделю	Суммарный	За неделю	Суммарный
1	2	3	4	5	6
1	Подбор литературы. Ознакомление с конструкциями редукторов аналогичными заданному. Определение потребной мощности электродвигателя. Подбор электродвигателя. Определение общего передаточного числа.	2	2	10-16	10-16
2	Выбор материала для изготовления зубчатых колес. Выбор термообработки. Определение допускаемых напряжений для расчета на контактную прочность и на изгиб. Расчет зубчатых колес на контактную прочность.	8	10	40-64	50-80
3	Определение параметров зубчатых колес. Определение сил, действующих в зацеплении. Расчет зубьев колес на изгиб. Общая схема сил. Расчет выходных концов валов по крутящему моменту (ориентировочный расчет валов). Начало эскизной компоновки редуктора на миллиметровке.	10	20	50-80	100-160
4	Дальнейшая проработка эскизной компоновки редуктора. Подбор подшипников. Составление расчетных схем сил для ведущего и ведомого валов (в пространственном изображении). Расчетные схемы сил для плоскостей YAZ и XAZ. Определение реакций и изгибающих моментов. Проверка подшипников по динамической грузоподъемности	10	30	50-80	150-240
5	Эскизы валов редуктора. Уточненный расчет валов. Окончательная компоновка редуктора.	10	40	50-80	200-320

6	Подбор и проверочный расчет шпонок. Подбор болтов, гаек, винтов, штифтов и других стандартных изделий Вычерчивание в тонких линиях общего вида редуктора (в трех проекциях) с необходимыми разрезами, сечениями, вырывами на лист.	10	50	50-80	250-400
7	Вычерчивание общего вида редуктора на лист Оформление пояснительной записки по разделам.	10	60	50-80	300-480
8	Подбор смазки. Вычерчивание рабочих чертежей 2-3 деталей редуктора (по указанию руководителя проекта)	10	70	50-80	350-560
9	Уточнение и согласование чертежей и пояснительной записки. Простановка размеров, посадок (на чертеже общео вида редуктора), допусков в буквенном и числовом выражениях на рабочих чертежах деталей.	10	80	50-80	400-640
10	Простановка на рабочих чертежах величины шероховатости поверхностей деталей и технических требований (предельные отклонения формы и расположения поверхностей). Оформление чертежей и пояснительной записки.	10	90	50-80	450-720
11	Окончательное оформление чертежей и пояснительной записки Подготовка к защите курсового проекта.	10	100	50-80	500-800
12	Сдача готового проекта на просмотр руководителю проекта для решения вопроса о допуске к защите				
13	Защита курсового проекта.				

ЛИТЕРАТУРА (рекомендуемая)

Основная

1. Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К. и др.
Теория механизмов и машин: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1987.- 496с.
2. Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К. и др.
Теория механизмов и механика машин: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1998.- 496с.
3. Горбенко В.Т., Горбенко М.В., Мальцев П.Т. и др.
Теория механизмов и машин: Учебное пособие. Томск: ТПУ, 2001.-132с.
4. Гурин В.В., Морозов Г.М., Мурын А.В. Проектирование приводов машин.

- Индивидуальные задания на курсовой проект и методические указания по его выполнению. Томск: ТПУ, 2003. – 58с.
5. Глазов А.Н. Приводы машин с исполнительными механизмами. Методические указания и технические задания для курсового проектирования по ТММ и ДМ и прикладной механике. Томск: ТПУ, 2004. -52с.
 6. Мурин А.В., Осипов В.А. Курсовое проектирование деталей машин. Справочные материалы: Методические указания для студентов всех специальностей. Томск: Изд-во ТПУ, 2005.- 84с.
 7. Артоболевский И.И.
Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1988. 639с.
 8. Чернавский С.А., Боков К.Н., Чернин И.М. и др. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие . М.: ООО ТИД "Альянс", 2005.- 416с.
 9. Курмаз Л.В., Скойбеда А.Т. Детали машин. Проектирование: Справочное учебно- методическое пособие. М.: Высш. шк., 2005.- 309 с.
 10. Гутин С.Я., Власов М.Ю. Информационные технологии в эскизном проектировании и оптимизация параметров зубчатых цилиндрических редукторов: Учебное пособие.- М.: Высш. шк., 2004.- 410 с.
 11. Коловский М.З., Евграфов А.Н., Семенов Ю.А., Слоущ А.В. Теория механизмов и машин: Учебное пособие.-М.: Издательский центр "Академия", 2006.- 560с.
 12. Юдин В.А., Барсов Г.А., Чупин Ю.Н.
Сборник задач по теории механизмов и машин: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1982.- 215с.
Вспомогательная:
 13. Двайт Г.Б.
Таблицы интегралов и другие математические формулы. М.: Наука, 1977. -224с.
 14. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И.

- Интегралы и ряды. М.: Наука, 1981.- 798с.
15. Васильев А.Н.
MAPLE 8: Самоучитель. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003.- 352с.
 16. Дьяконов В.П.
MathCAD PLUS 7.0 PRO. М.: СК ПРЕСС, 1998.- 352с.
 17. Дьяконов В.П.
MATLAB: Учебный курс. СПб.: Питер, 2000.- 312с.
 18. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. М.: Изд-во АПМ, 2005.- 472с.
 19. Шелофаст В.В., Чугунова Т.Б. Основы проектирования машин. Примеры решения задач. Учебно- методическое пособие., М. :Изд-во АПМ, 2004.- 240с.
 20. Дворников Л. Т. Начала теории структуры механизмов: учебное пособие. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 1994. – 102 с.

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН И ДЕТАЛИ МАШИН

Рабочая программа дисциплины

Разработчик Лев Алексеевич Саруев

Подписано к печати

Формат 60x84/16. Бумага офсетная

Печать RISO. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. .

Тираж экз. Заказ . Цена свободная.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30.