

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования

**Амурский государственный университет
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

сборник учебно-методических материалов

для специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»

Благовещенск, 2017

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
факультета дизайна и технологий
Амурского государственного университета*

Составитель: Луганцева Т. А.

Теория механизмов и машин: сборник учебно-методических материалов для
направления подготовки 24.03.01. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.

© Амурский государственный университет, 2017
© Кафедра сервисных технологий и общетехнических дисциплин, 2017
© Т.А. Луганцева, составление

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Краткое содержание теоретического материала	5
Методические указания к лабораторным работам	12
Методические рекомендации для самостоятельной работы	28
Заключение	35

ВВЕДЕНИЕ

Приступая к изучению теории механизмов и машин, необходимо в общих чертах представлять себе ее содержание, историю развития, связь с другими науками и общие задачи исследования, конструирования и эксплуатации механизмов и машин в современных условиях.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Теория механизмов и машин» является изучение **общих методов исследования и проектирования** (анализа и синтеза) типовых механизмов и их систем, необходимых для создания машин, аппаратов, приборов, автоматических устройств и комплексов, отвечающих современным требованиям эффективности, точности, надежности и экономичности. В результате изучения дисциплины, происходит формирование у обучающихся современной научной базы, необходимой для понимания и усвоения специальных и технических дисциплин, необходимых для дальнейшего обучения и работы по специальности, общетехнических и конструкторских навыков, а также навыков эксплуатации механических систем, применяемых в конкретных отраслях производства.

Типовыми механизмами будем называть механизмы, имеющие при различном функциональном назначении широкое применение в машинах, для которых разработаны методы и алгоритмы анализа и синтеза.

Для приобретения умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности, изучение дисциплины «Теория механизмов и машин» преследует решение следующих задач:

Задачи изучения дисциплины, соответствующие уровню профессиональных компетенций:

- дать студенту первоначальные представления о постановке инженерных задач, составлении математических и динамических моделей изучаемого механического явления;
- усвоить основы кинематического и динамического исследования механизмов с жесткими и упругими звеньями;
- сформировать общетехнические, конструкторские и исследовательские навыки, а также изучить общие методы анализа и синтеза механизмов и кинематических цепей;
- научить понимать общие принципы реализации движения с помощью механизмов, взаимодействие механизмов в машине, обуславливающее кинематические и динамические свойства механической системы;
- изучение основных методов расчета рациональных параметров механизмов по критериям оценки их работоспособности
- изучение методов защиты человека-оператора в системе «человек-машина»;
- формирование знаний, умений и навыков, проведения расчетов элементов технологического оборудования необходимых для изучения ряда профессиональных дисциплин, развитие логического мышления и творческого подхода к решению профессиональных задач.

1. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Теоретический курс дисциплины «Теория механизмов и машин» реализуется в соответствии со структурой, содержащей два модуля, в которые входят двенадцать тем.

ЛЕКЦИЯ 1

Тема: Механизмы и машины. Структурный анализ механизмов.

Цель лекции:

Ознакомление с основными видами механизмов и машин. и методами исследования механизмов с низшими кинематическими парами.

План лекции

Введение. Основные цели и задачи теории механизмов и машин. Основные этапы проектирования, характеристики и требования, предъявляемые к машинам и механизмам. Краткая историческая справка. Место дисциплины в системе подготовки инженера. Инженерное проектирование. Основные этапы процесса проектирования. Методы проектирования. Машинный агрегат и его составные части. Классификация машин: машины, аппараты приборы, классификация машин по назначению. Механизмы и их виды. Характеристики и требования, предъявляемые к машинам и механизмам. Классификация механизмов. Методы исследования механизмов. Элементы механизмов. Звенья, кинематические пары и кинематические цепи. Классификация кинематических пар. Основные структурные формулы.

Изучив данные темы, студент должен:

иметь представление о технической системе машины;

знать:

- элементы, общие для всех механизмов;
- классификацию машин по назначению;
- классификацию механизмов;
- классификацию звеньев;
- классификацию кинематических пар;
- структурные формулы;
- схемы наиболее распространенных механизмов;

уметь:

- показать на структурных схемах кинематические пары;
- назвать звенья, из которых состоит механизм;
- определить степень подвижности механизма.

При освоении темы необходимо:

- изучить материал по соответствующей теме учебных пособий;
- сделать дополнения в своем конспекте лекций, обращаясь к рекомендуемой литературе;
- ответить на контрольные вопросы;
- выполнить тестовые задания по данным темам.

ЛЕКЦИЯ 2

Тема: Структурный анализ механизмов.

Цель лекции

Ознакомление с методами исследования механизмов с низшими кинематическими парами

Понятие о структурном анализе и синтезе. Структурная классификация механизмов по Ассур-Артоблевскому. Первичный механизм и структурные группы. Структурные группы Ассура и их классификация. Структурный анализ механизма. Подвижности и связи в механизме. Понятие об избыточных связях и местных подвижностях. Рациональная структура механизма. Методы определения и устранения избыточных связей и местных подвижностей. Замена высших кинематических пар низшими кинематическими парами.

Контрольные вопросы:

1. Что такое «техническая система» и, какие составляющие элементы технической системы вы знаете?
2. Дайте определение понятия «модель технической системы. Какими критериями руководствуются при составлении моделей?
3. Дайте определение машинного агрегата.
4. Как классифицируются машины по выполняемым рабочим процессам?
5. Поясните принцип образования основных видов технических систем: привод, машинный агрегат и машина-автомат и дайте определения этих понятий.
6. Как классифицируются механизмы по методам расчета?
7. Как классифицируются механизмы по конструктивным и функциональным признакам?
8. Дайте определение рычажного механизма. Приведите схемы рычажных механизмов.
9. Какие механизмы называются кулачковыми? Особенности кулачковых механизмов и их назначение.
10. Какой механизм называется зубчатым? Особенности зубчатых передач и их назначение.
11. Какие механизмы называются механизмами прерывистого движения. Особенности механизмов прерывистого движения и их назначение.
12. Что называется звеном механизма? Как классифицируются звенья по виду движения?
13. Что называется кинематической парой? Как классифицируются кинематические пары по числу условий связи и по числу степеней свободы?
14. Что называется кинематической цепью? Чем отличается механизм от кинематической цепи? Какие виды кинематических цепей существуют?
15. По какой формуле определяется степень подвижности механизма?
16. Какие задачи решаются в ходе структурного анализа механизмов? В чем сущность структурной классификации плоских механизмов?
17. Что называется группой Ассура? Как определяются класс, порядок, и вид группы Ассура? Приведите примеры групп Ассура.
18. Поясните состав структуры механизмов по Ассуру и дайте определение понятий «структурная группа» и «первичный механизм».
19. Объясните физический смысл числовых коэффициентов в структурной формуле общего вида.
20. Дайте определение понятия «подвижность» механизма. Какие основные структурные формулы используются для ее определения?
21. Как определяется класс механизма?
22. Что собой представляют пассивные связи, какое влияние они оказывают на механизм?
23. Объясните назначение местных подвижностей.
24. Каким образом структурную классификацию плоских механизмов можно распространить на механизмы с высшими кинематическими парами?
25. Как определяется подвижность пространственных рычажных механизмов?

ЛЕКЦИЯ 3

Тема: Синтез механизмов. Оптимизация при синтезе.

Цель лекции:

Ознакомление с основными этапами синтеза механизмов. Ознакомление с методами оптимального синтеза.

План лекции

Критерии метрического синтеза. Условия проворачиваемости звеньев механизма. Качественные показатели рычажных механизмов. Оптимизация при синтезе механизмов.

Метрический синтез типовых рычажных механизмов. Этапы синтеза. Структурный и метрический синтез. Цель и задачи метрического синтеза механизмов. Методы метрического синтеза механизмов. Критерии метрического синтеза. Условия проворачиваемости звеньев механизма. Качественные показатели рычажных механизмов: коэффициент полезного действия, ход механизма, понятие о коэффициенте неравномерности средней скорости, угле давления и передачи в рычажных механизмах. Частные задачи синтеза: четырехшарнирный механизм - синтез по k_v и синтез по двум положениям выходного звена; кривошипно-ползунный механизм - синтез по k_v , по средней скорости ползуна, по двум положениям выходного звена; кулисный механизм - по рабочему перемещению выходного звена (для четырехзвенного механизма), по коэффициенту k_v (для шестизвенного механизма). Оптимизация при синтезе рычажных механизмов. Синтез механизма по заданной функции положения.

Контрольные вопросы:

1. Поясните отличия этапов синтеза механизмов.
2. Как выполняется структурный синтез рычажных механизмов?
3. Как выполняется метрический синтез рычажных механизмов?
4. Охарактеризуйте качественные показатели рычажных механизмов.
5. При каких соотношениях между размерами звеньев кривошип в дезаксиальном кривошипно-ползунном механизме не сможет совершать полный оборот?
6. Спроектируйте кривошипно-коромысловый шарнирный четырехзвенник по заданным крайним положениям его коромысла.

ЛЕКЦИЯ 4-5

Тема: Динамический анализ технических систем.

Цель лекции:

Ознакомление с методами динамического анализа машинного агрегата.

План лекции

Цели и задачи динамического анализа механизмов. Динамические параметры машины и механизма. Понятие цикла движения механизма, рабочий и холостой ход. Прямая задача динамики машин. Понятие о динамической модели машины с одной степенью свободы. Методы обеспечения эквивалентности динамических моделей. Понятие цикла движения механизма. Рабочий и холостой ход. Приведение сил, масс и моментов инерции. Звено приведения. Уравнения движения динамической модели. Параметры динамической модели: - приведенный суммарный момент инерции механизма и - приведенный суммарный момент внешних сил. Режимы движения машины. Режим движения пуск-останов. Установившийся режим движения машины. Неравномерность движения и методы ее регулирования. Коэффициент неравномерности. Маховик и его роль в регулировании неравномерности движения. Решение задачи регулирования хода машины по методу Н.И.Мерцалова. Алгоритм решения прямой задачи динамики при установившемся режиме движения машины. Учет характеристик двигателя при определении закона движения механизма. Динамические ошибки.

Контрольные вопросы:

1. Что называется звеном приведения? Какое звено чаще всего выбирают в качестве звена приведения?
2. Дайте определение понятия «динамическая модель». Какие методы обеспечения эквивалентности динамических моделей механизмов вы знаете?
3. Физический смысл приведенного момента, приведенной массы, приведенного момента сил сопротивления и движущих сил от чего они зависят?
4. Аналитический метод определения приведенного момента.
5. Построение графика приведенного момента инерции, выбор масштабного коэффициента?
6. Докажите, что приведенный момент инерции механизма не зависит от скорости звена приведения.

7. Уравнение Лагранжа II рода и его применение для записи уравнений движения машины?
8. Охарактеризуйте режимы движения машины.
9. Что называется коэффициентом неравномерности движения звена привода механизма?
10. Какова цель установки маховика в механизме или машине?
11. Какие причины вызывают периодические колебания скорости звена привода механизма?
12. Что понимают под механическим коэффициентом полезного действия механизма? Как он вычисляется?
13. Каким образом можно снизить неравномерность хода машины?
14. Каким образом, и для каких целей реализуется в механизме маховая масса?

ЛЕКЦИЯ 6

Тема: Колебания в машинах. Вибрации.

Цель лекции:

Ознакомление с методами защиты машинного агрегата от вибраций.

План лекции

Колебания в машинах. Причина появления колебаний. Вибрация и ее виды. Причины возникновения вибрации. Понятие о неуравновешенности звена и механизма, статической и динамической уравновешенности механической системы. Статическое уравновешивание рычажных механизмов. Метод замещающих масс. Полное и частичное статическое уравновешивание механизма. Ротор и виды его неуравновешенности: статическая, моментная и динамическая. Балансировка роторов при проектировании. Виброзащита машин и механизмов. Методы виброзащиты. Поддрессирование и виброизоляция. Динамическое гашение колебаний. Защита механических систем от вибраций: уравновешивание, балансировка. Виброзащитные устройства: динамический гаситель, виброизолятор, демпфирование. Основные характеристики и область применения приводов. Выбор типа привода. Динамика механизмов с гидроприводом. Типовая схема объемного гидропривода, уравнение движения. Динамика механизмов с пневмоприводом. Безразмерное уравнение движения механизмов с пневмоприводом. Характеристики электроприводов: идеальная, статическая, динамическая. Уравнение движения машинного агрегата с учетом характеристики двигателя.

Контрольные вопросы:

1. В каком случае применяется полное уравновешивание сил инерции?
2. В каком случае применяется частичное уравновешивание сил инерции?
3. Механические характеристики двигателей (идеальная, статическая, динамическая). Какая физическая модель описывает выбранный двигатель?
4. Крутизна статической характеристики двигателя, постоянная времени двигателя, что они характеризуют?
5. Понятие динамической ошибки по скорости? Какие способы уменьшения динамической ошибки существуют?
6. Возмущающий момент и его физический смысл?
7. Понятие внутренней виброактивности машинного агрегата.
8. Что называется динамическим моментом в передаточном механизме? Какими способами можно добиться знакопостоянства динамического момента в передаточном механизме?
9. Чем отличается переходный процесс от установившегося процесса? Что такое время разбега? При каких условиях процесс разбега колебательный? Какими методами можно добиться апериодического процесса разбега?
10. Как влияет маховик на время разбега?
11. Какие отрицательные явления возникают в механизмах при наличии вибрации?

12. Назовите меры, позволяющие минимизировать влияние вибрации на работоспособность технических систем.
13. Объясните принципы работы виброзащитных устройств.
14. Назовите виды приводов, использующиеся в машинных агрегатах.
15. На каких этапах синтеза механизма применяется балансировка?
16. На каких этапах синтеза применяется защита от внешних воздействий?
17. Как изменится уравнение движения машинного агрегата при введении в ее состав виброизолятора?

ЛЕКЦИЯ 7-8

Тема: Механизмы с высшими кинематическими парами – зубчатые механизмы.

Цель лекции:

Ознакомление с зубчатыми механизмами и методами их расчета.

План лекции

Введение в теорию высшей пары, основные понятия и определения. Механизмы с высшими кинематическими парами и их классификация. Назначение и область применения зубчатых механизмов. Рядовые зубчатые передачи и их кинематическое исследование. Многоступенчатые зубчатые передачи. Планетарные и дифференциальные механизмы. Метод обращения движения. Формула Виллиса для планетарных механизмов. Кинематическое исследование типовых планетарных механизмов графическим и аналитическим методами. Выбор типа планетарного редуктора. Многоступенчатые зубчатые передачи. Основная теорема зацепления. Понятие о полюсе и центроидах. Сопряженные профили в высшей кинематической паре. Угол давления в механизмах с высшими кинематическими парами Эвольвента окружности и ее параметрические уравнения. Эвольвентное зацепление и его свойства. Методы изготовления эвольвентных зубчатых колес. Станочное зацепление. Основные параметры зубчатого колеса. Подрезание зубьев колеса. Качественные показатели для эвольвентной передачи. Коэффициент перекрытия. Коэффициент удельного давления. Коэффициент удельного скольжения. Коррегирование зубчатых колес. Пространственные механизмы с высшей кинематической парой: конические и червячные механизмы.

Контрольные вопросы:

1. Как определить число степеней свободы различных типов зубчатых передач.
2. Дайте определение сопряженного профиля.
3. Какое ограничение на движение сопряженных профилей накладывает теорема о высшей кинематической паре?
4. Назовите основное свойство теоремы зацепления.
5. Где применяется метод обращения движения?
6. Сформулируйте основной закон зацепления.
7. Какие виды зубчатых механизмов в зависимости от расположения осей вы знаете?
8. Запишите формулу Виллиса и объясните ее физический смысл.
9. Как производится кинематическое исследование многоступенчатых зубчатых передач?
10. Как определяется коэффициент полезного действия многоступенчатых зубчатых передач?
11. Что называется передаточным отношением зубчатой передачи?
12. Дайте определения основных параметров зубчатых колес.
13. Дайте определения понятий «головка зуба», «ножка зуба» и запишите формулы для определения высот этих параметров.
14. Что называется эвольвентой окружности?
15. Назовите достоинства эвольвентного зацепления.
16. Охарактеризуйте качественные показатели зубчатых механизмов.
17. Что называется углом перекрытия? Какой физический смысл он имеет?
18. Назовите методы изготовления зубчатых колес.

19. Дайте определения звеньев типовых планетарных механизмов и вычертите их схемы.

20. Запишите условия соосности, соседства и сборки для типовых планетарных механизмов.

ЛЕКЦИЯ 9

Тема: Механизмы с высшими кинематическими парами – кулачковые механизмы.

Цель лекции:

Ознакомление с кулачковыми механизмами и методами их расчета.

План лекции

Виды кулачковых механизмов, их назначение и область применения. Аксиальные и дезаксиальные кулачковые механизмы. Виды профилей кулачка. Этапы проектирования кулачковых механизмов. Выбор законов движения кулачковых механизмов. Способы замыкания высшей кинематической пары. Структурный анализ типовых схем кулачковых механизмов. Угол давления кулачковых механизмов. Метрический синтез кулачковых механизмов по допускаемому углу давления. Входные параметры синтеза (основные и дополнительные). Выходные параметры синтеза. Циклограмма. Фазы перемещения толкателя. Мягкий и жесткий удар. Радиус начальной шайбы кулачка и эксцентриситет. Характеристика угла давления, передачи и угла подъема профиля кулачковых механизмов. Реверсивный и нереверсивный кулачковый механизм. Теоретический и рабочий профиль кулачка. Остроконечный, роликовый и плоский толкатель;

Контрольные вопросы:

1. Что называется кулачковым механизмом? Из каких звеньев состоит типовой кулачковый механизм? Назовите преимущества и недостатки кулачковых механизмов по сравнению с рычажными механизмами.

2. Дайте определение угла давления. Какое влияние он оказывает на работу и коэффициент полезного действия кулачкового механизма?

3. Какие законы движения желательнее употреблять в быстроходных кулачковых механизмах?

4. Для чего в схему типового кулачкового механизма вводят дополнительное звено - ролик?

5. По каким признакам классифицируют кулачковые механизмы?

6. Объясните суть силового и геометрического замыкания высшей кинематической пары в кулачковом механизме.

7. Как определяется минимальный радиус кулачка по заданному закону движения толкателя и углу давления для плоского кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем, с качающимся толкателем?

8. Показать участки профиля кулачка, в которых при движении наблюдаются «жесткие», «мягкие», удары, безударное движение.

9. Каковы преимущества и недостатки силового замыкания?

10. Почему в кулачковом механизме с плоским толкателем профиль кулачка должен быть выпуклым?

11. Какие фазы движения выходного звена кулачкового механизма вы знаете?

12. При каком законе движения толкателя ускорение и угол давления принимают максимальные значения?

13. Какие геометрические параметры получаем на совмещенной диаграмме?

14. Каким способом проводится профилирование кулачка?

15. В чем заключается особенность структурного анализа кулачкового механизма с роликовым толкателем?

Литература для подготовки к занятиям и самостоятельной работы:

1. Тимофеев, Г. А. Теория механизмов и машин: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Г. А. Тимофеев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 429 с. — (Серия : Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN

978-5-534-03793-7. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/F771FB4F-F036-4B70-904E-9C461A6A5A9E> (ЭБ Юрайт)

2. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин [Текст] : учеб.: рек. Мин. обр. / И. И. Артоболевский. - 4-е изд., перераб. и доп. - М Наука, 1988. - 640 с.

3. Бахратов, А.Р. Лабораторный практикум по теории механизмов и машин: Метод. Указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория механизмов и механика машин» [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 96 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52150>. — Загл. с экрана.

4. Вашунин А.И. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс]: сборник задач по теории механизмов и машин/ Вашунин А.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2006.— 65 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46770>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

5. Волков С.П. Техническая механика. Курсовое проектирование: учеб. пособие: рек. ДВ РУМЦ: в 2 ч./ С.П.Волков. Ч.1 – 2008. – 170с.: а-рис.

6. Кокорева О.Г. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс]: методические рекомендации/ Кокорева О.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015.— 47 с.-

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46858>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

7. Кузнецов Н.К. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов Н.К.— Электрон. текстовые данные.— Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2014.— 104 с. –

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23076>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

8. Луганцева, Т. А. Введение в строение механизмов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Т. А. Луганцева, С. П. Волков ; АмГУ, Эн.ф. - Электрон. текстовые дан. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. - 88 с. –

Режим доступа http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/2996.pdf

9. Капустин А. В. Теория механизмов и машин. Практикум: учебное пособие для вузов / А. В. Капустин, Ю. Д. Нагибин. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 65 с. — (Серия: Университеты России). — ISBN 978-5-9916-9972-3. –

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/060D3099-AE1A-4622-AB00-7AABDFDD97BE> (ЭБ Юрайт)

10. Теория механизмов и машин: учеб. пособие/ М.З.Коловский (и др.). – 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2008. – 559с.

11. Чмиль, В.П. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 280 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91896>. — Загл. с экрана

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторная работа 1

Тема: Основные виды механизмов.

Цель занятия

- ознакомление с классификацией машин;
- ознакомление с классификацией механизмов по методам расчета;
- ознакомление с классификацией механизмов по конструктивным и функциональным признакам по имеющимся моделям;
- ознакомление с принципом действия и строением наиболее распространенных механизмов.

Изучив тему, студент должен:

уметь:

- определять к какому классу относится машина с точки зрения выполняемых ею функций;
- определять класс механизма по конструктивным и функциональным признакам.

Содержание отчета.

Отчет о лабораторной работе должен содержать краткие теоретические сведения о рассмотренных механизмах.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы:

1. Дайте определение машинного агрегата.
2. Что называется машиной, аппаратом, прибором? Как классифицируются машины по выполняемым рабочим процессам?
3. Что называется механизмом? Как классифицируются механизмы по методам расчета?
4. Как классифицируются механизмы по конструктивным и функциональным признакам?
5. Дайте определение рычажного механизма. Приведите схемы рычажных механизмов.
6. Какой механизм называется:
 - кривошипно–коромысловым;
 - двухкривошипным;
 - двухкоромысловым;
 - шарнирным четырехзвенником;
 - кривошипно-ползунным;
 - кулисным;
 - механизмом качающегося ползуна;
 - синусным механизмом;
 - тангенсным механизмом.
7. Какие механизмы называются кулачковыми? Особенности кулачковых механизмов и их назначение.
Приведите схемы плоских кулачковых механизмов:
 - с различными способами замыкания высшей кинематической пары;
 - с различными видами законов движения кулачка;
 - с различными видами законов движения толкателя.
8. Какой механизм называется зубчатым? Особенности зубчатых передач и их назначение:
 - цилиндрической;
 - конической;
 - винтовой;
 - червячной;
 - зубчато-рычажных механизмов.Приведите их схемы.

9. Какие механизмы называются механизмами прерывистого движения. Особенности механизмов прерывистого движения и их назначение.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- классификацию машин;
- основные виды механизмов и их классификацию.

Лабораторная работа 2

Тема: Составление структурных и кинематических схем механизмов. Структурный анализ механизмов.

Цель занятия

- изучение применяемых для обозначения на кинематических схемах условных изображений звеньев и кинематических пар;
- составление структурных и кинематических схем механизмов;
- определение степени подвижности механизма;
- выявление пассивных связей и местных подвижностей;
- определение класса и порядка каждой группы Ассур, входящей в состав механизма;
- определение класса и порядка механизма в целом;
- составление формулы структурного строения механизма.

Лабораторное оборудование:

При выполнении лабораторной работы используется комплект моделей машинного агрегата. В комплект моделей механизмов входит двенадцать моделей, состоящих из двигателя, передаточного механизма и исполнительного механизма.

Для выполнения работы необходимы также измерительные инструменты и чертежные принадлежности.

Порядок проведения работы:

1. Ознакомиться с механизмом, установить его назначение и название.
2. Приведя в движение входное звено, проследить характер движения промежуточных и выходного звеньев.
3. Определить какие кинематические пары образуют звенья механизма друг с другом (плоские или пространственные, высшие или низшие, вращательные или поступательные, определить класс пары).
4. Составить структурную схему механизмов. Для этого:
 - вычертить одно из положений входного звена, при котором достаточно хорошо видны все остальные звенья;
 - построить положение остальных звеньев механизма;
 - пронумеровать звенья арабскими цифрами в порядке их присоединения к входному звену механизма;
 - обозначить кинематические пары большими буквами латинского алфавита.
5. Измерить необходимые параметры звеньев: расстояния между центрами шарниров, постоянные углы между плечами звеньев. Составить таблицу звеньев (в нее включить длину звена в метрах, название звена).
6. Выбрать масштабный коэффициент длины (μ_l) для построения кинематической схемы. Помнить, что масштабные коэффициенты длины нельзя вводить произвольным способом – они должны соответствовать ГОСТу.
7. Перевести размеры звеньев в миллиметры чертежа.
8. Построить кинематическую схему механизма. Для этого:
 - провести разметку всех неподвижных центров шарниров, соединяющих стойку с подвижными звеньями, и нанести положение неподвижных направляющих поступательных кинематических пар механизма;
 - повторить подпункты пункта 4.
9. Направление движения входного звена показать стрелкой.

10. Определите степень подвижности механизмов по формуле Чебышева.
11. Если W механизма не совпадает с числом входных звеньев, необходимо выявить звенья, создающие пассивные связи или местные подвижности и исключить их из исследуемого механизма. При наличии в механизме высших кинематических пар произвести условную замену каждой пары одним звеном с двумя низшими парами и начертить схему мгновенного заменяющего механизма, при котором наиболее хорошо видны все звенья.
12. Определите входное звено механизма, и, отделить начальный механизм.
13. Выделите присоединенные к начальному механизму группы Ассура и определить их класс и порядок. При выделении структурных групп необходимо:
- определить кинематическую цепь (структурную группу Ассура), которая присоединяется последней в порядке наложения;
 - выделить следующую в порядке наложения структурную группу Ассура и так до тех пор, пока не останется начальный механизм I класса I порядка.
14. При проведении структурного анализа следует помнить следующее:
- одно и то же звено или одна и та же пара не может принадлежать различным кинематическим цепям;
 - отсоединенная часть механизма должна удовлетворять $W=0$;
 - оставшаяся кинематическая цепь должна обладать той же степенью подвижности, что и исходный механизм;
 - необходимо следить за тем, чтобы ошибочно не принять несколько простых групп за одну группу более высокого класса (или порядка), потому надо в первую очередь выделять простые группы.
15. При структурном анализе следует делать записи, в которых вращательная кинематическая пара 5-го класса обозначается буквой, обведенной в кружок, а поступательная в квадрат:
16. Составить формулу структурного строения механизма, показывающую порядок присоединения групп Ассура к начальному механизму.
17. Определите по формуле структурного строения класс и порядок механизма по классификации Ассура-Артоболевского.

Содержание отчета.

Отчет о работе должен содержать:

1. Наименование и цель работы.
2. Структурную схему действительного механизма.
3. Структурную схему заменяющего механизма.
4. Кинематическую схему механизма.
5. Таблицы звеньев и кинематических пар.
6. Результаты структурного анализа по Ассура-Артоболевскому.
7. Формулу структурного строения механизмов.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. Что называется механизмом?
2. Что называется звеном механизма?
3. Что называется входным, выходным, промежуточными звеньями?
4. Как классифицируются звенья по виду движения?
5. Что называется кинематической парой?
6. Как классифицируются кинематические пары по числу условий связи и по числу степеней свободы?
7. Какие кинематические пары относятся:
 - а) к высшим;
 - б) к низшим;
 - в) к плоским;
 - г) к пространственным?

8. Что называется кинематической цепью?
9. Чем отличается механизм от кинематической цепи?
10. Какие виды кинематических цепей существуют?
11. Какой механизм называется шарнирным?
12. Как классифицируются рычажные механизмы в зависимости от звеньев, входящих в их состав?
13. Дать определение структурной и кинематической схемы механизма.
14. Что такое масштабный коэффициент? Как он определяется?
15. Как связаны между собой детали, образующие подвижное звено?
16. Как связаны между собой детали, образующие неподвижное звено?
17. Укажите, какие из перечисленных кинематических пар высшие, а какие – низшие:
 - а) подшипник скольжения и вал, вращающийся в нем;
 - б) каретка, перемещающаяся в направляющих и соприкасающаяся с ними по поверхности;
 - в) контакт зубьев двух зубчатых колес;
 - г) винт и неподвижная опора, в которой он вращается.
18. Детали каких кинематических пар подвергаются большему износу и почему?
19. Начертите условные изображения следующих элементов кинематических схем:
 - а) соединение двух подвижных звеньев, составляющих вращательную пару;
 - б) соединение подвижного и неподвижного звеньев, составляющих вращательную пару;
 - в) соединение неподвижного звена и подвижного, перемещающегося поступательно;
 - г) подшипник: радиальный и упорный;
 - д) передачи зубчатые: цилиндрическую, коническую и червячную.
20. Какие виды кинематических цепей вы знаете?
21. Что определяет степень подвижности?
22. По какой формуле определяется степень подвижности плоского механизма? По какой формуле определяется степень подвижности пространственного механизма?
23. Сколько степеней свободы имеет свободное звено в плоскости?
24. Сколько степеней свободы отнимает от механизма низшая пара и сколько высшая?
25. Влияют ли размеры звеньев на принцип действия механизмов?
26. Учитывают ли конструктивную форму звеньев при вычерчивании кинематических схем механизмов?
27. Какой размер звена вычерчивается на схеме: полная длина звена или расстояние между центрами кинематических пар?
28. Определите истинную длину звена, если отрезок, изображающий это звено на кинематической схеме $l=200$ мм, а масштабный коэффициент длины $\mu_l=0,005$ м/мм.
29. Какими кинематическими парами (низшими или высшими) сочленены звенья кривошипно-ползунного механизма?

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- классификацию и условное обозначение звеньев механизма;
- классификацию и условное обозначение кинематических пар;
- классификацию кинематических цепей;
- отличие механизма от кинематической цепи;
- классификацию групп Ассура;
- порядок структурного анализа механизмов;
- избыточные связи и местные подвижности;
- принцип замены высших кинематических пар низшими кинематическими парами.

уметь:

- составить структурную и кинематическую схемы механизма;
- пользоваться масштабным коэффициентом длины;
- произвести структурный анализ механизма;
- записывать структурные формулы и определять степень подвижности механизмов;
- записывать формулу структурного строения механизмов и объяснять ее физический смысл.

владеть:

- навыками решения задач по теме.

Лабораторная работа 3

Тема: Кинематика рычажных механизмов.

Цель занятия

- ознакомление с методами кинематического анализа плоских рычажных механизмов, имеющих одну степень свободы;
- изучение графоаналитического метода (метод планов скоростей и ускорений) для механизмов второго класса, второго порядка;
- изучение аналитического метода кинематического исследования для механизмов второго класса, второго порядка;
- изучение методики построения планов положений рычажных механизмов, определение «крайних» положений;
- изучение методики кинематического анализа механизма, имеющего одну степень свободы (второго класса, второго порядка) с различными вариантами сборок механизма;
- определение кинематических характеристик для определенного положения входного звена по величине и по направлению;
- изучение пакета прикладных программ, используемых для исследования кинематики плоских рычажных механизмов.

Лабораторное оборудование:

Для выполнения лабораторной работы используется комплект моделей плоских рычажных механизмов.

Порядок проведения работы:

- выбрать масштабный коэффициент и вычертить кинематическую схему механизма;
- выполнить структурный анализ механизма, записать формулу структурного строения механизма;
- построить план положений четырехзвенного механизма, определить его «крайние» положения;
- выбрать масштабный коэффициент плана скоростей и ускорений;
- записать векторные уравнения скоростей и ускорений;
- построить план скоростей и ускорений из одного центра (полюса) в соответствии с планом положений;
- определить все угловые скорости и ускорения звеньев механизма по величине и по направлению;
- определить линейные скорости и ускорения точек звеньев;
- подготовить исходные данные и составить таблицу для ввода в ПЭВМ;
- сравнить графоаналитический и аналитический методы.

Содержание отчета.

Отчет о работе должен содержать:

- наименование и цель работы;
- схему механизма, исходные данные и постановку задачи;
- определение степени подвижности механизма;
- формулу структурного строения механизма;
- планы положений механизма, определение «крайних» положений механизма;
- планы скоростей и ускорений;
- таблицы скоростей и ускорений;

- вывод о характере движения звеньев механизма в заданном положении;
- расчет кинематики механизма аналитическим методом в одном положении;
- таблицу исходных данных для ввода в ЭВМ;
- расчет на ЭВМ кинематики заданного механизма;
- таблицу сравнения результатов расчета методом планов и аналитическим методом.

При сравнении результатов необходимо помнить, что на ЭВМ определяются не скорости и ускорения, а их аналоги.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. Какие задачи решаются при кинематическом анализе механизма?
 2. Чем определяется последовательность кинематического анализа механизма?
 3. Что называется планом положений рычажного механизма?
 4. Как определяются «крайние» положения в кривошипно-коромысловом и кривошипно-ползунном механизме? В кулисном механизме?
 5. Что называется планом скоростей и ускорений? Какой физический смысл имеет план скоростей и план ускорений?
 6. Сформулируйте теорему подобия.
 7. Что называется масштабом кривошипа?
 8. Какое преимущество дает построение планов скоростей и ускорений в масштабе кривошипа?
 9. Что называется функцией положения?
 10. Что называется первой и второй передаточной функцией? Какой физический смысл имеет первая передаточная функция? Какой физический смысл имеет вторая передаточная функция?
 11. Методы определения функции положения и передаточных функций.
 12. Что такое аналог скорости, что такое аналог ускорения, какова их размерность.
 13. Как пользуясь планом скоростей определить аналог скорости? Действительную скорость?
 14. Как определяется масштабный коэффициент плана скоростей? Плана ускорений?
 15. Как связаны аналог скорости и скорость, аналог ускорения и ускорение?
 16. Что такое сборка механизма? Постройте механизм с иной сборкой звеньев.
- Признаки сборок структурных групп, вводимые в ЭВМ.
17. Что называют мёртвым (особым) положением структурной группы? Возможны ли эти, положения в исследуемом механизме? Что предпринимается для прохода звеньев через эти положения?
 18. Расскажите о блок-схеме подпрограммы расчетов кинематических передаточных функций с применением ЭВМ.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- методы исследования кинематики механизмов второго класса, второго порядка;

уметь:

- определять масштабные коэффициенты длины, скоростей и ускорений;
- строить планы положений, скоростей и ускорений;
- произвести исследование плоских рычажных механизмов аналитическим методом;

владеть:

- графоаналитическими методами кинематического исследования плоских рычажных механизмов.
- аналитическими методами кинематического исследования плоских рычажных механизмов;
- методами исследования на ЭВМ кинематики плоских рычажных механизмов.

Лабораторная работа 4

Тема: Синтез рычажных механизмов. Программы расчета на ПЭВМ.

Цель занятия

- научить студентов системному подходу к проектированию машин и механизмов, нахождению оптимальных параметров по заданным условиям работы;
- нахождение оптимальных размеров звеньев в механизме по заданной схеме;
- анализ полученного решения;
- оценка качества механизма по заданному или выбранному критерию качества;
- отыскание таких значений геометрических параметров механизма, при котором критерий качества принимает допустимое значение.

Порядок проведения работы:

- по результатам лабораторной работы №3 выбрать и обосновать геометрические и кинематические критерии оценки качества механизма и определить их допустимые значения;

- заполнить таблицу критериев качества;
- выбрать выходные величины, необходимые для дальнейшего исследования.

Помнить о том, что одновременно могут быть изменены только два параметра механизма, относящиеся к одной структурной группе.

Перечень критериев синтеза, которые могут быть использованы (принимаются по указанию преподавателя):

- величина хода выходного звена H_{MAX} (линейная - в метрах для ползуна, угловая – в радианах – для коромысла и качающейся кулисы);
- отношение длительности рабочего хода к длительности холостого хода при равномерном вращении кривошипа ФРБ/ФХОЛ (коэффициент производительности);
- длительность выстоя, т.е. интервал изменения угла поворота кривошипа ФВЫСТ в радианах, при котором модуль скорости не превосходит $A\%$ от максимальной скорости V_{MAX} ;
- длительность рабочего участка ФРАБ, т.е. интервал изменения угла поворота кривошипа, на котором модуль ускорения не превосходит $A\%$ от максимального ускорения a_{MAX} ;
- $K1$ – максимум передаточной функции первого порядка, отнесенная к длине кривошипа $K1 = \Pi1_{MAX}/L$;
- $K2$ – критерий, характеризующий условия передачи сил в кинематической паре последней группы Ассура.

Пользуясь материалами конспекта лекций, определить допустимый диапазон изменения этих двух параметров, в котором выполняется условие существования кривошипа.

Если критерии качества не принимают приемлемых значений в диапазоне изменения искомых параметров, то следует выбрать новые параметры и повторить процедуру сначала.

Содержание отчета.

Отчет о работе должен содержать:

- расчет на ЭВМ кинематики механизма;
- выбранные и обоснованные критерии качества передачи движения;
- оценку механизма по выбранным критериям качества;
- откорректированные параметры механизма.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. В чем заключается проблема проектирования механизмов и каков порядок её решения;
2. В чем заключается метод многопараметрической оптимизации?
3. Какую функцию называют целевой?
4. В чем состоит задача синтеза о воспроизведении заданного закона движения?
5. Приведите примеры механизмов, в которых требуется получить достаточно точное воспроизведение заданного закона движения.

6. Сколько решений возможно при синтезе шарнирного четырехзвенника по двум положениям шатуна (по трем положениям шатуна)?
7. Что называется коэффициентом изменения средней скорости выходного звена?
8. Расскажите о критериях качества передачи движения. Каков их физический смысл? Как их рассчитать? Каковы их допустимые значения? Как влияют на них параметры механизма?
9. Покажите углы давления и углы передачи на схеме механизма. Как они влияют на качество передачи сил? В каких механизмах углы давления стремятся уменьшать, в каких увеличивать.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- основные и дополнительные условия синтеза плоских рычажных механизмов;

уметь:

- провести оценку качества механизма по заданному или выбранному критерию качества;
- отыскать такие значения геометрических параметров механизма, при которых критерий качества принимает допустимое значение.

владеть:

- методами оптимального синтеза плоских рычажных механизмов.

Лабораторная работа 5

Тема: Кинестатика рычажных механизмов. Программы расчета на ПЭВМ.

Цель занятия

- ознакомление с методами кинестатического исследования плоских рычажных механизмов, имеющих одну степень свободы;
- определение по величине и направлению сил и моментов сил инерции в звеньях механизма и усилий в кинематических парах;
- определение уравновешивающего момента на входном звене механизма;
- проверка с помощью жесткого рычага Жуковского правильность выполнения кинестатического расчета
- научиться проводить кинестатическое исследование рычажных механизмов на ЭВМ.

Порядок проведения работы:

- по результатам лабораторной работы №3 выбрать и обосновать положение для кинестатического расчета механизма;
- перенести план скоростей и ускорений для выбранного положения из лабораторной работы №3;
- определить массу и момент инерции для всех звеньев механизма;
- найти значение и направление силы инерции и момента сил инерции для всех звеньев механизма;
- вычертить последнюю присоединенную группу Ассур с учетом масштабного коэффициента длины и на ней в соответствующих точках приложить векторы, изображающие внешние силы и моменты;
- заменить отброшенные связи реакциями связей;
- записать уравнения моментов и определить тангенциальные составляющие реакций;
- составить векторные уравнения всех сил (известных и неизвестных), приложенных к группе Ассур, и выбрать масштабный коэффициент плана сил;
- построить на основании векторных уравнений силовой многоугольник и определить из него нормальные составляющие реакций и полные реакции;
- выполнить те же пункты для других групп Ассур, входящих в механизм в последовательности, обратной образованию механизма;

- начертить в масштабном коэффициенте длины входное звено механизма, и, из условия его равновесия определить уравнивающий момент на входном звене;
- построить жесткий рычаг Жуковского и определить приведенный момент сил сопротивления;
- сравнить результаты определения уравнивающего момента и момента сил сопротивления, помнить, что они равны по модулю и противоположны по направлению.

Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Расчет значений рабочей нагрузки механизма.
3. План скоростей и ускорений расчетного положения.
4. Кинематическая схема механизма с силовой нагрузкой.
5. Определение масс, моментов инерции, сил инерции и моментов от сил инерции для всех звеньев механизма.
6. Графические построения и векторные уравнения равновесия, необходимые для определения реакций в кинематических парах.
7. Определение уравнивающего момента на входном звене и приведенного момента сил сопротивления на рычаге Жуковского.
8. Таблицу параметров для ввода в ПЭВМ.
9. Результаты расчета графоаналитическим и аналитическим методом.
10. Анализ полученных результатов.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. Какова цель кинетостатического анализа механизма?
2. Какие методы и принципы механики используются при кинетостатическом анализе?
3. Какова последовательность кинетостатического анализа? Почему принимается такая последовательность?
4. Каким образом и почему выбирается положение для кинематического анализа?
5. Почему кинематический расчет проводят по группам Ассур, а не по звеньям?
6. Какие силы, приложенные к группе Ассур, относятся к внешним, какие к внутренним?
7. Какие силы, приложенные к механизму - внешние, а какие внутренние?
8. Как определять модуль и направление силы инерции, приложенных к заданному звену, момента силы инерции?
9. Как определить реакцию в заданном шарнире?
10. Как определять тангенциальную составляющую реакции в заданном шарнире?
11. Какой физический смысл имеет план сил?
12. Как проводится проверка методом Жуковского?
13. Какой физический смысл рычага Жуковского?
14. Почему при расчете входного звена к нему прикладывается уравнивающий момент?
15. Каким образом можно заменить силу инерции и момент от силы инерции, действующих в одном звене, одной силой?
16. На основании какого принципа находится уравнивающий момент по рычагу Жуковского?
17. Физический смысл уравнивающего момента и приведенного момента?

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- методы силового (кинетостатического) исследования плоских рычажных механизмов, имеющих одну степень свободы;
- определение уравнивающего момента на входном звене механизма;

уметь:

- провести кинетостатическое исследование рычажных механизмов, имеющих одну степень свободы графоаналитическим методом;

- провести кинетостатическое исследование рычажных механизмов на ЭВМ;

владеть:

- графоаналитическим и аналитическим методами кинетостатического исследования плоских рычажных механизмов

Лабораторная работа 6

Тема: Определение приведенного момента инерции рычажных механизмов.

Цель занятия

- ознакомление с принципом действия приборов для определения приведенного момента инерции экспериментальным методом;

- изучение свободных колебаний для определения приведенного момента инерции;

- ознакомление с одним из экспериментальных методов определения моментов инерции.

В работе используется три установки, позволяющие экспериментальным методом определять приведенные моменты инерции кривошипно-коромыслового, кривошипно-кулисного и кривошипно-ползунного механизмов при различных положениях начальных звеньев.

Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель работы.

2. Сводную таблицу величин, получаемых в результате эксперимента и расчетов значений периода колебаний, приведенной массы, приведенного момента инерции.

3. График изменения приведенного момента инерции в зависимости от угла поворота входного звена.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. Какими параметрами характеризуется геометрия масс звена?

2. Что служит мерой инертности звена при поступательном движении?

3. Что называется моментом инерции звена относительно некоторой оси?

4. В чем заключается теорема Гюйгенса о моментах инерции относительно параллельных осей?

5. Какой из моментов инерции звена больше относительно центральной оси или относительно параллельной ей оси?

6. Что представляет собой радиус инерции звена?

7. Какова размерность момента инерции звена и радиуса инерции звена?

8. Какое условие положено в основу приведения масс и моментов инерции?

9. Что называется звеном приведения?

10. В чем отличие приведения масс для поступательно движущегося и для вращающегося звена приведения?

11. Зависит ли приведенный момент инерции от закона движения механизма?

12. Какие существуют методы определения приведенного момента инерции?

13. Зависит ли величина приведенного момента инерции от скорости звена приведения?

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- метод приведения масс и моментов инерции, его суть;

уметь:

- определять приведенный момент инерции для заданного механизма, имеющего одну степень свободы;

владеть:

- методами определения приведенного момента инерции, приведения масс и сил.

Лабораторная работа 7

Тема: Кинематика зубчатых передач.

Цель занятия

- ознакомление с конструкцией, кинематикой планетарных и дифференциальных передач по имеющимся моделям;
- ознакомление с методикой составления кинематических схем рядовых зубчатых передач;
- ознакомление с методикой составления кинематических схем планетарных и дифференциальных редукторов;
- определение передаточных отношений рядовых передач аналитическим и графическим методом;
- определение передаточных отношений и К.П.Д. планетарного и дифференциального механизмов;

Содержание отчета.

Отчет должен содержать

1. Наименование и цель работы.
2. Кинематические схемы предложенных для исследования передач вычерченных в масштабе чисел зубьев.
3. Таблицу кинематических пар.
4. Результаты определения по формуле Чебышева степени подвижности передач.
5. Результаты определения передаточных отношений рядовой передачи и планетарного редуктора аналитическим, графическим и экспериментальным путем.
6. Условие соосности.
7. Анализ полученных результатов.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. Каковы степени свободы планетарного и дифференциального механизмов?
2. В чем заключается метод обращения движения и где он используется?
3. Составьте схему планетарного редуктора и выведите формулу для определения передаточного отношения.
4. Какой из редукторов Джемса или Давида следует применять в силовых тяжело нагруженных передачах и почему?
5. В чем заключается условия соосности, соседства и сборки?
6. Какая передача называется планетарной?
7. Каковы основные преимущества и недостатки планетарных передач?
8. В каком случае планетарную передачу называют дифференциалом?
9. Какова область применения дифференциальных механизмов?
10. От чего зависит К.П.Д. планетарных передач?

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- назначение и область применения зубчатых передач, их классификацию;

уметь:

- определять передаточное отношение и КПД рядовых зубчатых передач, коробок скоростей, планетарных и дифференциальных передач;

владеть:

- методами кинематического исследования зубчатых передач.

Лабораторная работа 8

Тема: Нарезание зубчатых колес методом обкатки.

Цель занятия

- приобретение практических навыков расчета зубчатых передач;
- изучение процесса нарезания зубчатых колес методом огибания (обкатки) с помощью инструментальной рейки;

- изучение процесса нарезания зубчатых колес методом огибания (обкатки) с помощью долбяка;
- ознакомиться с явлением подрезания зубьев в процессе их изготовления.

Содержание отчета.

Отчет о работе должен содержать:

- бумажный круг – заготовки с профилем зубьев, полученных при различных значениях коэффициента смещения;
- таблицу расчетов параметров колес при различных значениях коэффициента смещения;
- выводы о влиянии величины смещения на параметры зубчатых колес.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. Что такое угол передачи давления?
2. Сформулируйте и докажите основную теорему зацепления.
3. Какому условию должны удовлетворять профили зубьев передачи с постоянным передаточным отношением?
4. Что такое эвольвента окружности, как её построить?
5. Что называется модулем и шагом зацепления?
6. По модулю и числу зубьев определите параметры (неисправленного) колеса, радиусы четырех окружностей (делительной, основной, впадин и выступов), шаг зацепления, толщину зуба по делительной окружности.
7. В чем заключается явление подрезания зубьев и при каких условиях оно возникает?
8. Почему в большинстве случаев ножка зуба колеса изнашивается сильнее, чем головка зуба?
9. Почему дуга зацепления должна быть больше шага?
10. Как расположена делительная прямая рейки относительно делительной окружности колеса при $x=0$; $x>0$; $x<0$?
11. Как определить коэффициент смещения при котором возникает подрезание зуба?
12. Какие параметры зубчатого колеса зависят от смещения? Какие не зависят?
13. Как влияет коэффициент смещения на коэффициент перекрытия зубчатой передачи?
14. Показать угол давления для любой точки профиля зуба.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- назначение и область применения зубчатых передач, их классификацию;

уметь:

- определять передаточное отношение и КПД рядовых зубчатых передач, коробок скоростей, планетарных и дифференциальных передач;

владеть:

- практическими навыками геометрического расчета эвольвентных зубчатых колес.

Лабораторная работа 9

Тема: Профилирование кулачка по заданному закону движения толкателя.

Цель занятия

- изучение наиболее распространенных законов движения кулачковых механизмов;
- ознакомление с практическими приемами проектирования кулачковых механизмов по заданному закону движения толкателя;
- научиться строить профиль кулачка по заданному закону движения толкателя.

Порядок проведения лабораторной работы

1. Ознакомьтесь с устройством и работой прибора типа ТММ – 21 для построения профиля кулачка.

2. Диск, каретку и сектор установите в исходное положение, при котором все индексы совпадают с нулевыми делениями шкал, а на продольной каретке – с делением 12.
3. Бумажный круг ϕ 190-200 мм укрепите на диске, предварительно сняв зажим.
4. По заданным исходным величинам настройте прибор согласно рис. 1 а или 1 б.
5. По заданному закону движения толкателя, вычислите таблицу значений перемещений толкателя в функции угла поворота кулачка (табл. № 1, приложение № 2).
6. Пользуясь диаграммой $s = f(\varphi)$ или $\psi = f(\varphi)$, поворачивайте диск 1 через каждые 10° . Соответственно углам поворота диска вращайте или перемещайте толкатель.
7. Сняв зажим, на бумажном диске обозначьте центр вращения кулачка, фазовые углы, для поступательно движущегося толкателя e, r_o, r_p , для качающегося толкателя $A, \psi_o, \psi_{max}, \ell_T$.

Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. Наименование и цель работы;
2. Схема кулачкового механизма;
3. Значения исходных параметров механизма;
4. Циклограмма;
5. График закона движения толкателя и его масштабные коэффициенты;
6. Таблица с результатами расчета перемещений толкателя $S=f(\varphi)$ или $\psi=f(\varphi)$;
7. Профиль кулачка на бумажной заготовке.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

1. Назовите преимущества и недостатки кулачковых механизмов по сравнению с рычажными механизмами.
2. Дайте определение угла давления. Какое влияние он оказывает на работу и коэффициент полезного действия кулачкового механизма? Покажите угол давления (или угол передачи) на различных типах кулачковых механизмов.
3. Какие законы движения желательно употреблять в быстроходных кулачковых механизмах?
4. Как определяется минимальный радиус кулачка по заданному закону движения толкателя и углу давления для плоского кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем, с качающимся толкателем?
5. Показать участки профиля кулачка, в которых при движении наблюдаются «жесткие», «мягкие», удары, безударное движение.
6. Каковы преимущества и недостатки силового замыкания?
7. Каким образом диаметр ролика влияет на долговечность кулачкового механизма в целом?
8. Каким образом радиус начальной шайбы влияет на долговечность кулачкового механизма в целом?
9. Объяснить явление среза профиля кулачка механизма с роликовым толкателем? При каких условиях он наблюдается?
10. Изменяется ли закон движения толкателя при увеличении минимального радиуса кулачка?
11. Изменяется ли закон движения толкателя при уменьшении минимального радиуса кулачка? В каких случаях?
12. При каких условиях наблюдается срез профиля кулачка механизма с плоским толкателем?
13. Почему в кулачковом механизме с плоским толкателем профиль кулачка должен быть выпуклым?

14. Почему радиус ролика должен быть всегда меньше минимального радиуса кривизны теоретического профиля кулачка?
15. При каком законе движения толкателя ускорение и угол давления принимают максимальные значения?
16. Как влияет радиус начальной шайбы кулачка на угол давления?
17. При каком условии обеспечивается постоянный контакт толкателя и кулачка?
18. Какие геометрические параметры получаем на совмещенной диаграмме?
19. Каким способом проводится профилирование кулачка?
20. Начертите схемы наиболее распространенных кулачковых механизмов.
21. Каковы вредные последствия больших углов давления?
22. Сравните кулачковые и рычажные механизмы по их достоинствам и недостаткам.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

знать:

- назначение и область применения кулачковых механизмов, их классификацию;
- законы движения кулачковых механизмов и их классификацию;

уметь:

- построить профиль кулачка, если заданы закон перемещения и положение центра кулачка относительно толкателя;

владеть:

- методами исследования и проектирования кулачковых механизмов.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для успешного усвоения материала студент должен кроме аудиторной работы заниматься самостоятельно. Самостоятельная работа является активной учебной деятельностью, направленной на качественное решение задач самообучения, самовоспитания и саморазвития. Самостоятельная работа студентов выполняется без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию и в специально отведённое для этого время. Условием эффективности самостоятельной работы студентов является ее систематическое выполнение.

Целью самостоятельной работы по теоретической механике является закрепление полученных теоретических и практических знаний по дисциплине теория механизмов и машин, выработка навыков самостоятельной работы и умения применять полученные знания. Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний и умений, комплекса профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала. Самостоятельная работа заключается в проработке тем лекционного материала, поиске и анализе литературы из учебников, учебно-методических пособий и электронных источников информации по заданной проблеме, изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку, подготовке к лабораторным работам, тестированию, выполнению и защите курсовой работы.

Формой итогового контроля по дисциплине является зачет. Студенты получают зачет только после выполнения всех видов самостоятельной работы предусмотренных рабочей программой дисциплины. Студенты, не выполнившие все виды самостоятельной работы, являются задолжниками и к зачету не допускаются.

При освоении темы необходимо:

- изучить материал по соответствующей теме учебных пособий в соответствии с библиографическим списком;
- выполнить индивидуальную курсовую работу;
- ответить на контрольные вопросы, приведенные после каждой темы;
- подготовиться к выполнению лабораторных работ, ответить на контрольные вопросы к их защите;
- выполнить тестовые задания по данным темам.

Все формы самостоятельной работы студентов, а также методы контроля способствуют многократному повторению материала, что позволяет лучше понять изучаемый материал, запомнить термины и определения, разобраться в алгоритме решения типовых задач, что в свою очередь способствует формированию знаний, умений и навыков, направленных на самостоятельное решение задач, с которыми придется столкнуться в дальнейшем в практической деятельности.

В результате выполнения самостоятельной работы студент должен:

знать:

- виды моделей сложных технических систем;
- принципы построения структур технических систем;
- правила изображения структурных и кинематических схем механизмов;
- общие (типовые) методы и алгоритмы анализа и синтеза механизмов и систем, образованных на их основе;
- виды анализа и синтеза механизмов и машин;
- методы и алгоритмы решения прикладных задач применительно к анализу и синтезу механизмов;

уметь:

- формулировать критерии и составлять модели сложных технических систем в

зависимости от заданных условий;

- выбирать и применять общие (типовые) методы и алгоритмы анализа и синтеза механизмов и систем, образованных на их основе;
- составлять структурные и кинематические схемы механизмов;
- решать прикладные задачи анализа и синтеза механизмов;
- принимать решения применительно к анализу и синтезу механизмов и систем исходя из заданных условий;
- применять и соблюдать действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по оформлению технической документации;
- применять современную вычислительную технику.

владеть:

- методами построения моделей сложных технических систем;
- методами и алгоритмами построения структур технических систем;
- правилами изображения структурных и кинематических схем механизмов;
- общими (типовыми) методами и алгоритмами анализа и синтеза механизмов и систем, образованных на их основе;
- методами составления структурных и кинематических схем механизмов;
- методами и алгоритмами решения прикладных задач применительно к анализу и синтезу механизмов.

3.1 Тематика и оформление курсовых работ

Цель работы привить навык расчетов и практического применения современных методов анализа и синтеза механических систем, закрепить и развить понимание основных закономерностей изменения кинематических и динамических параметров, сформированных при изложении лекционного курса и выполнения лабораторных работ. Самостоятельное выполнение курсовой работы развивает творческую инициативу и самостоятельность, повышает интерес к изучению дисциплины и прививает навыки научно-исследовательской работы.

Задачи курсовой работы – кинематическое и кинетостатическое исследование шестизвенного механизма графоаналитическим и аналитическим методами

Выполнение, оформление и подготовка к защите курсовых работ осуществляется каждым студентом самостоятельно в соответствии с вариантом задания.

Тема курсовой работы: «Кинематическое и динамическое исследование плоских рычажных механизмов»

Работа состоит из аналитической части (пояснительной записки) и графической частей.

Пояснительная записка выполняется в соответствии с требованиями стандарта организации СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Курсовые работы оформляются на листах белой бумаги формата А4 и включают следующие разделы: титульный лист, задание, введение, решение и пояснения к ним, содержащие необходимые уравнения, выводы соответствующих зависимостей, аналитический расчет, теоремы и расчеты, сопровождаемые требуемыми графическими иллюстрациями, выводы.

Графическая часть состоит из двух листов формата А1.

Лист 1 «Кинематическое исследование шестизвенного исполнительного механизма»:

- структурный анализ механизма;
- определение «крайних» положений механизма;
- план положений механизма;
- план скоростей;
- план ускорений;
- результаты расчета механизма на ПЭВМ.

Лист 2 «Силовой (кинетостатический) анализ плоских рычажных механизмов»

- выбор положения для кинестатического исследования;
- определение значений и направлений силовых факторов, действующих на звенья плоского рычажного механизма;
- кинестатический анализ плоского рычажного механизма;
- силовой анализ плоского рычажного механизма с использованием теоремы Н. Е. Жуковского.

При выполнении курсовой работы используется пособие [5], в котором приводятся задания на проектирование и пример их выполнения. Номер задания и исходные данные выбираются по указанию преподавателя. При выполнении работы предполагается использование разработанных программ для персональных компьютеров с целью проверки промежуточных результатов расчетов и снижения трудоемкости при повторяющихся расчетных процедурах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение дисциплины «Теория механизмов и машин» предполагает реализацию индивидуально-творческого подхода, развитие логического мышления студентов, формирование профессионально-необходимых качеств и компетенций будущих специалистов:

- профессиональная компетентность (сочетание теоретических знаний и практической подготовки выпускника), что достигается при изучении теоретического материала, подготовки к лабораторным занятиям и выполнения расчетно-графических работ;

- коммуникационная готовность (владение литературной и деловой письменной и устной речью; умение разрабатывать техническую документацию и пользоваться ею), что достигается при ответе на контрольные вопросы по темам и оформлении расчетно-графических работ;

- способность к творческим подходам в решении профессиональных задач, умение ориентироваться в нестандартных условиях и ситуациях, анализировать проблемы, ситуации, задачи, а также разрабатывать план действий; готовность к реализации плана и к ответственности за его выполнение;

- устойчивое, осознанное, позитивное отношение к своей профессии, стремление к постоянному личностному и профессиональному совершенствованию.