

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
для студентов к самостоятельной работе по  
дисциплине «Теория механизмов и машин»

Луганск 2003

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
для студентов к самостоятельной работе по  
дисциплине «Теория механизмов и машин»

УТВЕРЖДЕНО  
На заседании кафедры  
«Машиноведение»  
протокол № 6  
от 11.04.2003 г.

Луганск 2003

УДК 621.01

Методические указания для студентов к самостоятельной работе по дисциплине «Теория механизмов и машин» Сост.: П.Л. Носко, П.В. Филь, А.М. Ахтямов – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2003. - 29 с.

Приведены материалы справочного и рекомендательного характера, необходимые для самостоятельной работы студентов по изучению дисциплины «Теория механизмов и машин» (ТММ). Показана роль ТММ как первой изучаемой будущими инженерами-механиками общинженерной дисциплины и ее связь с другими, в том числе специальными дисциплинами.

Составители: П.Л. Носко, проф.  
П.В. Филь, доц.  
А.М. Ахтямов, доц.

Отв. за выпуск Н.И. Величко, доц.

Рецензент В.А. Турушин, доц.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисциплина “Теория механизмов и машин” (ТММ) преподается для студентов всех специальностей направления подготовки “Инженерная механика”.

Целью дисциплины ТММ является обеспечение будущих инженеров знанием общих методов исследования и проектирования схем механизмов, необходимых для создания машин, установок, приборов, автоматических устройств, отвечающих требованиям эффективности, точности, надежности и экономичности, развитие у обучающихся стремления к самостоятельному систематическому освоению информации и способностей к творческой деятельности.

Задачи дисциплины ТММ – дать знания о строении основных видов механизмов, кинематических и динамических характеристиках механизмов, методах определения параметров механизмов по требуемым условиям, методах виброзащиты человека и машины, знания об управлении движением систем механизмов и машин.

Теоретической базой дисциплины ТММ являются: высшая математика, физика, теоретическая механика, вычислительная техника, программирование. Знания и способности, приобретаемые студентом при изучении данной дисциплины, необходимы при освоении последующих общеинженерных и профилирующих дисциплин, поскольку она вооружает обучающихся универсальной теоретической базой для исследования и проектирования механизмов и машин любого функционального назначения.

Изучив дисциплину ТММ, студент должен з н а т ь основные виды механизмов и их кинематические и динамические характеристики, принцип работы отдельных механизмов и их взаимодействие в машине; у м е т ь находить кинематические и динамические параметры заданных механизмов и машин и оптимальные параметры проектируемых механизмов по заданным кинематическим и динамическим свойствам с использованием современной вычислительной техники; и м е т ь п р е д с т а в л е н и е о современной технике измерения кинематических и динамических параметров, управлении движением исполнительных органов машины.

## **2.ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ (ЛЕКЦИОННЫЙ) МАТЕРИАЛ, ИЗУЧАЕМЫЙ В ДИСЦИПЛИНЕ ТММ**

### **2.1 Введение в ТММ**

Роль ТММ в развитии машиностроения. Значение курса ТММ для инженерного образования. Краткая историческая справка. Основные задачи ТММ.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте понятие о теории механизмов и машин (ТММ) [3, с. 460].
2. Что явилось причиной становления и развития ТММ как науки [2, с. 5-6]?
3. Назовите узловые проблемы, стоящие перед ТММ на современном этапе ее развития [2, с. 16-17].
4. Что называется механизмом Приведите примеры. [1, с. 15-17]?
5. Что называется машиной? Приведите примеры [1, с. 11-15].

### **2.2. Структура механизмов**

Основные понятия и определения. Классификация кинематических пар и кинематических цепей. Структурные группы и их классификация. Пассивные условия связи и лишние степени свободы. Заменяющие механизмы. Классификация механизмов. Структурный анализ механизмов.

Контрольные вопросы и задания

1. Что называется звеном [3, с. 122]?
2. Что называется стойкой? Приведите примеры [1, с. 19-20].
3. Дайте определение кинематической пары [1, с. 20-21].
4. Дайте определение элемента кинематической пары [3, с. 540].
5. Что называется кинематической цепью [1, с. 30].
6. По каким признакам различаются кинематические пары? [1, с. 21-30].
7. По каким признакам различаются кинематические цепи [1, с. 30-32].
8. Приведите рациональную классификацию механизмов. [1, с. 52-63]?

9. Как различаются механизмы по конструктивным признакам [2, с. 23-3 ].
10. Какой механизм называется рычажным [4, с. 7]?
11. Какое звено называется кривошипом [4, с. 7]?
12. Какое звено называется коромыслом [4, с. 7]?
13. Какое звено называется кулисой [4, с. 7]?
14. Какое звено называется шатуном [4, с. 7]?
15. Какое звено называется ползуном [4, с. 7]?
16. Как определяется класс плоских рычажных механизмов [5, с. 4]?
17. Дайте понятие о степени подвижности механизма [5, с. 4].
18. Приведите формулу Малышева [3, с. 522].
19. Приведите формулу Чебышева [1, с. 40].
20. Какое звено называется начальным [4, с. 4].
21. Какое звено называется входным [1, с. 32]?
22. Какое звено называется выходным [1, с. 32]?
23. Что называется структурной группой (группой Ассура) [3, с. 443]?
24. Как определяется класс группы Ассура [4, с. 8]?
25. Как определяется порядок группы Ассура [4, с. ?8]?
26. От чего зависит вид группы Ассура 2-го класса [4, с. 8]?

### 2.3. Исследование движения механизмов и машин

Режимы работы машины. Неравномерность движения механизма. Уравнение движения машины в энергетической форме. Динамическая модель машины. Приведение сил и масс. Задачи и методы кинематического анализа механизмов. Определение скоростей или передаточных функций скоростей аналитическим и графоаналитическим методами. Исследование движения звена приведения. Расчет маховика.

#### Контрольные вопросы и задания

1. Приведите уравнение движения машины в энергетической форме [1, с. 341].
2. Дайте понятие о динамической модели машины [2, с. 144-145].
3. Что называется приведенной силой, приведенным моментом сил [2, с. 145-147]?
4. Что называется приведенной массой, приведенным моментом инерции [2, с. 150-151]?

5. Какие Вы знаете режимы работы машины [1, с. 304]?
6. Какое движение машины называется установившимся [1, с. 305]?
7. По каким причинам изменяется угловая скорость начального звена внутри цикла установившегося движения машины [2, с. 154]?
8. Что называется коэффициентом неравномерности движения механизма [2, с. 165]?
9. В чем заключаются задачи кинематического исследования механизма [1, с. 64]?
10. Назовите известные методы кинематического анализа [2, с. 59].
11. Охарактеризуйте аналитический метод кинематического анализа [2, с. 89-92].
12. Охарактеризуйте графоаналитический метод кинематического анализа [2, с. 65-72].
13. На чем основано составление векторных уравнений при определении скоростей точек [1, с. 79]?
14. Дайте понятие о масштабном коэффициенте [1, с. 73].
15. Что называется кинематической схемой механизма [3, с. 148]?
16. Дайте определение плана скоростей [3, с. 286-287]?
17. К чему относятся буквенные обозначения на плане скоростей [3, с. 287]?
18. Сформулируйте теорему подобия для плана скоростей [1, с. 82].
19. Как определяются величина и направление угловой скорости звена с использованием плана скоростей [1, с. 81].
20. Обоснуйте возможность ограничения неравномерности вращения начального звена механизма путем установки на валу звена маховика [2, с. 166].
21. Приведите уравнение динамического синтеза при установившемся режиме работы механизма [2, с. 172].
22. Как зависит величина требуемого момента инерции маховика от заданного коэффициента неравномерности движения механизма [2, с. 172]?
23. Какая функция косвенно выражает максимальный перепад кинетической энергии I-ой группы звеньев [2, с. 168-169]?
24. Какое допущение делается в методе определения момента инерции маховика, предложенном Н. И. Мерцаловым [2, с. 171]?
25. Какое уточнение к методу Н. И. Мерцалова предложил Д.И. Лукичев [2, с. 171]?
26. Какова последовательность действий при определении момента инерции маховика по методу Н. И. Мерцалова? [2, с. 169]

## 2.4. Динамический анализ механизмов

Определение обобщенной скорости. Дифференциальное уравнение движения. Определение обобщенного ускорения. Определение ускорений точек и звеньев. Силовой расчет механизмов. Задачи и методы силового расчета. Характеристика сил. Статически определимые кинематические цепи. Силовой расчет групп Ассура и группы начальных звеньев методом кинетостатики. Рычаг Жуковского. Трение в механизмах и машинах. Виды и характеристики внешнего трения. Действие сил в кинематических парах с учетом трения. Силовой расчет механизмов с учетом трения. Механический к.п.д.

### Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается цель динамического анализа механизма [1, с. 203]?
2. Дайте понятие об определении угловой скорости начального звена по методу Мерцалова [2, с. 172].
3. Как определить угловое ускорение начального звена [2, с. 172-173]?
4. Что является целью силового расчета механизма [2, с. 180]?
5. Какие силы называются силами производственного сопротивления [1, с. 207]?
6. Какие составляющие относительного ускорения имеют место для двух точек звена, как они определяются и как они направлены [1, с.83-85]?
7. Как определяются и как направлены ускорения Кориолиса [1, с. 89]?
8. Что называется аналогом скорости точки [1, с. 71]?
9. Что называется аналогом угловой скорости звена [1, с. 70]?
10. Что называется аналогом ускорения точки [1, с. 71]?
11. Что называется аналогом углового ускорения звена [1, с. 70]?
12. Как связаны между собой аналог скорости и скорость точки [1, с. 71]?
13. Как связаны между собой аналог угловой скорости и угловая скорость звена [1, с. 70]?
14. Как связаны между собой аналог ускорения и ускорение точки [1, с. 71]?



15. Как связаны между собой аналог углового ускорения и угловое ускорение звена [1, с. 70]?
16. Зависят ли аналоги скоростей и ускорений от времени [1, с.71-72 ]?
17. Как определяется главный вектор и главный момент сил инерции звена [1, с.238-239 ]?
18. Какие характеристики реакций во вращательной и поступательной кинематических парах являются неизвестными [1, с.247-248 ]?
19. Какие кинематические цепи являются статически определимыми [1, с.247-249 ]?
20. Каков порядок рассмотрения механизма при силовом расчете [1, с.249 ]?
21. Что лежит в основе решения задачи силового расчета механизма [3, с.85 ]?
22. Какие вы знаете методы силового расчета механизма [2, с.180-185 ]?
23. Приведите в общем виде уравнения равновесия для силового расчета группы Ассура 1-го вида с учетом последовательности их решения [1, с.249-252 ].
24. Приведите в общем виде уравнения равновесия для силового расчета группы Ассура 2-го вида с учетом последовательности их решения [1, с.252-254 ].
25. Приведите в общем виде уравнения равновесия для силового расчета группы Ассура 3-го вида с учетом последовательности их решения [1, с. 249-254].
26. Приведите в общем виде уравнения равновесия для силового расчета группы Ассура 4-го вида с учетом последовательности их решения [1, с. 249-254].
27. Приведите в общем виде уравнения равновесия для силового расчета группы Ассура 5-го вида с учетом последовательности их решения [1, с. 249-254].
28. В чем заключается цель силового расчета группы начальных звеньев [1, с. 260-261]?
29. Сколько неизвестных нужно определить в результате силового расчета группы начальных звеньев механизма с  $W=1$  [1, с. 260]?
30. Сколько неизвестных нужно определить в результате силового расчета группы начальных звеньев механизма с  $W=q$  [1, с. 260]?
31. В каких случаях определяют внешний момент сил, а в каких – внешнюю силу, приложенные к начальному звену [1, с. 260-261]?

32. Какие неизвестные нужно определить при силовом расчете группы начальных звеньев в случае передачи движения на вращающееся начальное звено или от него при помощи муфты [1, с. 260-261]?
33. Какие неизвестные нужно определить при силовом расчете группы начальных звеньев в случае передачи движения на вращающееся начальное звено или от него при помощи зубчатой передачи [1, с. 261]?
34. Какие неизвестные нужно определить при силовом расчете группы начальных звеньев с начальным звеном, совершающим возвратно-поступательное движение [1, с. 262-263]?
35. Как используются результаты силового расчета группы начальных звеньев при проектировании механизма или машины [2, с. 180]?
36. В каких случаях используют метод силового расчета механизмов, называемый рычагом Жуковского [1, с. 329]?
37. Сформулируйте теорему Жуковского [1, с. 329]?
38. На каком принципе основана теорема Жуковского [1, с. 329]?
39. В каком направлении следует повернуть план скоростей при применении “рычага” Жуковского [1, с. 329]?
40. Сколько неизвестных позволяет определить метод «рычага» Жуковского [1, с. 329]?

## **2.5. Общие методы синтеза механизмов**

Этапы синтеза механизмов. Входные и выходные параметры синтеза. Основное и дополнительные условия. Целевые функции. Ограничения. Методы оптимизации с применением ЭВМ. Случайный, направленный и комбинированный поиск и штрафные функции. Локальный и глобальный минимум. Приближенный синтез по Чебышеву П.Л. интерполирование. Квадратическое приближение функций. Наилучшее приближение функций.

### Контрольные вопросы и задания

1. Что называется синтезом механизма [4, с.15]?
2. В чем заключаются этапы синтеза [1, с. 411]?
3. Дайте понятие о параметрах синтеза [4, с. 15]?
4. Дайте понятие об основном условии синтеза [4, с.16].
5. Дайте понятие о дополнительных условиях синтеза [4, с.16].
6. В чем заключаются динамический синтез механизмов [4, с.16]?

7. В чем заключается синтез кинематической схемы механизма [1, с.412]?
8. Дайте понятие о целевой функции. Приведите примеры [1, с.412].
9. Назовите основные задачи синтеза механизмов [1, с.413].
10. В каких случаях применяют случайный, направленный и комбинированный поиск [1, с.412.]?
11. В каких случаях применяют метод наилучшего приближения функций, метод интерполирования функций, метод квадратического приближения функций [1, с.412-413.]?

## **2.6. Синтез механизмов с низшими парами**

Достоинства и недостатки механизмов с низшими парами. Задачи синтеза передаточных и направляющих механизмов. Методы синтеза. Постановка задачи об уравнивании масс. Уравнивание и балансировка механизмов. Статическое размещение масс. Понятие об уравнивании моментов сил инерции и виброзащите.

### Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключаются достоинства и недостатки механизмов с низшими кинематическими парами [2, с. 23-24]?
2. Когда возникают динамические составляющие силового воздействия машины на ее основание [2, с. 211-212]?
3. Какое звено называется ротором [4, с. 13]?
4. В каком случае ротор является неуравновешенным [2, с. 213-215]?
5. К чему приводит неуравновешенность ротора [2, с. 201]?
6. Как определяется главный вектор сил инерции неуравновешенных масс ротора [2, с. 202]?
7. Как определяется главный момент сил инерции неуравновешенных масс ротора [2, с. 202]?
8. В чем заключается цель статического уравнивания ротора [2, с. 203]?
9. Сколько корректирующих масс нужно для статического уравнивания ротора [2, с. 213]?
10. Сколько корректирующих масс нужно для моментного уравнивания ротора [2, с. 214]?
11. Сколько корректирующих масс нужно для динамического уравнивания ротора [2, с. 214]?

12. В каких случаях производится уравнивание ротора, а в каких — балансировка ротора [1, с. 295]?
13. Какие массы называются замещающими [2, с. 204]?
14. Как определяются замещающие массы в точках А и В стержневого звена массой  $m$  и центром масс  $S$  [2, с. 204-205]?

## **2.7. Основы синтеза механизмов с высшими кинематическими парами. Синтез зубчатых передач**

Достоинства и недостатки механизмов с высшими кинематическими парами. Основная теорема зацепления. Понятие о начальных линиях. Эвольвента окружности. Уравнение и свойства эвольвенты. Исходный контур зубчатого колеса. Элементы и геометрия зуба и зубчатого колеса. Классификация зубчатых колес и передач. Размеры колеса цилиндрической зубчатой передачи по окружности произвольного радиуса. Внешнее эвольвентное зацепление. Методы изготовления зубчатых колес. Станочное зацепление. Геометрический расчет ненулевых зубчатых колес и передач. Явление интерференции. Определение минимального числа зубьев колес из условия отсутствия их подрезания. Определение минимального коэффициента смещения из условия предотвращения подрезания зубьев. Качественные показатели зацепления. Методы определения коэффициентов смещения по различным условиям. Косозубая передача.

### Контрольные вопросы и задания

1. В каких случаях применяются механизмы с высшими кинематическими парами [2, с. 340]?
2. Какие поверхности элементов высшей кинематической пары называются сопряженными [2, с. 340]?
3. В каких наиболее распространенных механизмах используется одна высшая кинематическая пара [2, с. 340]?
4. В каких наиболее распространенных механизмах используются несколько пар сопряженных поверхностей [2, с. 340]?
5. Сформулируйте основную теорему плоского зацепления [2, с. 343].
6. Какие линии являются центроидами в относительном движении звеньев [1, с. 424]?
7. Дайте определение эвольвенты окружности [1, с. 432].

8. Приведите уравнение эвольвенты в параметрической форме [2, с. 360-361].
9. Сформулируйте основные свойства эвольвенты [2, с. 361].
10. Что называется исходным контуром зубчатого колеса? [4, с. 21]
11. Какими параметрами характеризуется геометрия зуба и зубчатого колеса? Приведите определяющие их формулы [2, с. 360-361].
12. Как определяются размеры колеса цилиндрической зубчатой передачи по окружности произвольного радиуса [2, с. 363-364]?
13. Приведите основные элементы и свойства внешнего эвольвентного зацепления [2, с. 364-366].
14. Дайте понятие о методах изготовления зубчатых колес [2, с. 367-368].
15. Что называется станочным зацеплением [4, с. 21]?
16. Приведите формулы для расчета основных параметров ненулевых зубчатых колес и передач [1, с. 461-464].
17. Объясните явление интерференции [2, с. 372].
18. Дайте теоретическое обоснование условия отсутствия подрезания зубьев при нарезании нулевых зубчатых колес [2, с. 372].
19. Выведите формулу для минимального коэффициента смещения исходного контура режущего инструмента из условия предотвращения подрезания зубьев [2, с. 373].
20. Охарактеризуйте основные качественные показатели зацепления [2, с. 377-381].
21. Как определяются коэффициенты смещения исходного контура режущего инструмента, удовлетворяющие заданным условиям синтеза зубчатой передачи [2, с. 381-382]?
22. В чем заключаются особенности геометрического расчета косозубых зубчатых колес [2, с. 370-372]?

## **2.8. Многозвенные зубчатые механизмы**

Многозвенные зубчатые механизмы с неподвижными осями колес и их кинематический анализ. Многозвенные зубчатые механизмы с подвижными осями колес. Кинематический анализ планетарных механизмов. Синтез планетарных механизмов.

Контрольные вопросы и задания

1. Какой многозвенный зубчатый механизм называется рядовым [4, с. 24]?
2. Какой многозвенный зубчатый механизм называется ступенчатым [4, с. 25]?
3. Как определяется передаточное отношение многозвенного зубчатого механизма с неподвижными осями колес [2, с. 402-404]?
4. Как классифицируются многозвенные зубчатые механизмы с подвижными осями колес [4, с. 25]?
5. Какое звено эпициклического зубчатого механизма называется сателлитом, водилом, солнечным колесом, опорным колесом [4, с. 25]?
6. Как определяется передаточное планетарного зубчатого механизма [2, с. 409-410]?
7. В чем заключается задача синтеза планетарного механизма [2, с. 422]?
8. В чем заключается условие передаточного отношения при синтезе планетарного зубчатого механизма [2, с. 422]?
9. В чем заключается условие соосности при синтезе планетарного зубчатого механизма [2, с. 422]?
10. В чем заключается условие соседства при синтезе планетарного зубчатого механизма [2, с. 422]?
11. В чем заключается условие сборки при синтезе планетарного зубчатого механизма [2, с. 422-423]?

## **2.9. Синтез и анализ кулачковых механизмов**

Основные понятия и определения. Классификация кулачковых механизмов. Основное и дополнительные условия синтеза. Угол давления. Этапы синтеза кулачковых механизмов. Определение основных размеров кулачковых механизмов различных схем. Построение профилей кулачков. Кинематический анализ кулачковых механизмов.

Контрольные вопросы и задания

1. Что называется кулачковым механизмом [4, с. 26]?
2. Что называется центровым профилем кулачка [4, с. 26]?
3. Что называется профилем кулачка [4, с. 26]?
4. Что называется толкателем [4, с. 26]?
5. Что называется коромыслом [4, с. 26]?

6. Какой кулачковый механизм называется центральным [4, с. 26]?
7. Какой кулачковый механизм называется нецентральный [4, с. 26]?
8. Дайте название и определение всех фазовых углов, характеризующих работу кулачкового механизма [4, с. 26-27].
9. Приведите классификацию кулачковых механизмов [2, с. 444-447].
10. В чем заключается основное условие синтеза кулачкового механизма [2, с. 444]?
11. В чем заключаются дополнительные условия синтеза кулачковых механизмов [2, с. 444]?
12. Дайте понятие о угле давления в кулачковом механизме [2, с. 447].
13. Приведите этапы синтеза кулачковых механизмов [1, с. 513].
14. Назовите основные размеры кулачковых механизмов различных схем [1, с.527-537].
15. Изложите методику определения основных размеров кулачкового механизма с роликовым ведомым звеном [2, с. 453-461].
16. Изложите методику определения основных размеров кулачкового механизма с плоским ведомым звеном [2, с. 461-463].
17. Какое движение механизма называется обращенным [3, с. 248]?
18. Изложите принцип построения профилей кулачков [2, с. 466-470].
19. Изложите методику кинематического анализа кулачковых механизмов [2, с. 122-124].

## **2.10. Промышленные роботы и манипуляторы**

Назначение и общее устройство. Технические характеристики.

Виды исполнительных устройств. Приводы промышленных роботов. Системы управления промышленными роботами. Особенности структурного, кинематического и динамического анализа манипуляторов.

Контрольные вопросы и задания.

1. Что называется манипулятором [2, с. 321]?
2. Опишите общее устройство манипулятора [2, с. 321-322].
3. Что называется промышленным роботом [2, с. 321-322]?
4. Чем отличается промышленный робот от обычных машин – автоматов [2, с. 322-323]?
5. Какие классы промышленных роботов с автоматическим управлением Вы знаете [2, с. 324-325]?

6. Назовите и дайте определения технических характеристик манипуляторов [2, с. 322-323].
7. Каковы основные виды исполнительных устройств промышленных роботов в зависимости от их назначения [2, с. 322-323]?
8. Какие приводы используются в манипуляторах и промышленных роботах [2, с. 322]?
9. Охарактеризуйте системы управления промышленными роботами. [2, с. 332-337].
10. В чем заключаются особенности структурного анализа манипуляторов [2, с. 352-363]?
11. В чем заключаются особенности кинематического анализа манипуляторов [2, с. 382-331]?
12. Раскройте особенности динамического анализа манипуляторов [2, с. 337-340].

### **2.11. Основные понятия теории машин-автоматов**

Машина-автомат и автоматическая линия, направление их развития. Принципы управления машинами-автоматами: управление от копиров, следящий привод, ЦПУ, самонастраивающаяся система управления. Система управления по времени. Тактограммы и циклограммы. Кулачковый распределительный вал, командоаппарат.

Контрольные вопросы и задания.

1. Дайте понятия о машинах-автоматах и автоматических линиях, приводя примеры [1, с. 574-577].
2. Каковы направления развития современных машин-автоматов и автоматических линий [1, с. 577-582]?
3. Дайте общие понятия о принципах управления машинами-автоматами [1, с.582].
4. В чем заключается суть управления от копиров [1, с. 583-584]?
5. В чем заключается суть следящего привода [3, с.424]?
6. Раскройте принципиальные основы ЦПУ [1, с. 584-590].
7. Дайте понятие о системе управления по времени [2, с. 475-476].
8. В чем заключаются особенности самонастраивающейся системы управления [1, с. 590-591]?
9. Какие виды циклов Вы знаете? Что выражает циклограмма [2, с. 483-485]?



10. Что называется тактограммой? Приведите пример [2, с. 486-490].

11. Опишите принцип управления машинами-автоматами с использованием кулачковых распределительных валов и командоаппаратов [1, с. 583].

### **3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ТММ**

Цель проведения практических занятий заключается в развитии у студентов умения ориентироваться в полученных на лекции теоретических знаниях по курсу и их использования для решения практических инженерных задач, связанных со структурным, кинематическим и динамическим анализом и синтезом механизмов.

#### **3.1. Вводное занятие**

Входной контроль по теоретической механике. Демонстрация вводного кинофильма по ТММ. Ознакомление с моделями механизмов.

#### **3.2. Структурный анализ рычажного механизма с высшими кинематическими парами, пассивными связями свободы и лишними степенями свободы**

Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается цель структурного анализа [4, с. 10]?
2. Что называется механизмом [4, с.4]?
3. Какие механизмы называются рычажными? [4, с.7]?
4. Что называется звеном [2, с.18]?
5. Дайте определения применяемых в рычажных механизмах подвижных звеньев [4, с.7].
6. Могут ли жидкость или газ быть звеньями механизма [2, с.18]?
7. Что называется кинематической парой [4, с.5]?
8. По каким признакам различаются кинематические пары [1, с.21-30]?
9. Как определяется класс кинематической пары [4, с.5]?
10. Что называется замыканием кинематической пары [1, с.27]?
11. Какие Вы знаете кинематические пары по способу их замыкания [1, с.27-28]?
12. Как различаются кинематические пары по характеру соприкосновения образующих их звеньев [1, с.27]?
13. Дайте определение пассивной связи [4, с.10].

14. Как влияют пассивные связи на степень подвижности механизма [2, с.36]?
15. Дайте определение лишней степени свободы [4, с.10].
16. Как влияют лишние степени свободы на степень подвижности механизма [5, с.10]?
17. Приведите формулу Чебышева и объясните физический смысл входящих в нее символов и коэффициентов [2, с.33].
18. Какой механизм называется заменяющим [4, с.8]?
19. Для чего строится заменяющий механизм [4, с.7]?
20. Каковы правила построения заменяющего механизма [1, с.45-46]?
21. Что называется группой Ассура [4, с.8]?
22. Приведите правила выделения групп Ассура [5, с.4].
23. Как определяется класс группы Ассура [4, с.8]?
24. Как определяется порядок групп Ассура [4, с.8]?
25. Как определяется вид групп Ассура [4, с.8]?
26. Как определяется класс механизма [5, с.7]?

### **3.3. Определение скоростей точек и звеньев методом планов**

Последовательность рассмотрения механизма при определении скоростей. Правила записи векторных уравнений. Построение плана скоростей. Использование теоремы подобия для плана скоростей. Определение числовых значений абсолютных и относительных скоростей точек, величин и направлений угловых скоростей.

#### **Контрольные вопросы и задания**

1. Учитываются ли при кинематическом анализе механизма силы, приложенные к его звеньям [1, с.64]?
2. Что называется планом скоростей [4, с.11]?
3. Что обозначается буквами на плане скоростей [6, с.11-12]?
4. В каком порядке рассматривается механизм при его кинематическом анализе [1, с.79]?
5. На какой теореме основано составление векторных уравнений для определения скоростей точек [1, с.79], [2, с.75]?
6. Какая из структурных групп механизма исследуется первой при его кинематическом анализе [6, с.3]?
7. Сформулируйте теорему подобия для плана скоростей [4, с.11].

8. Как определяются числовые значения абсолютных и относительных скоростей точек из плана скоростей [6, с.12-13]?
9. Как по плану скоростей определяются величины и направления угловых скоростей звеньев [6, с.13]?

### **3.4. Приведение сил и масс**

Определение приведенного момента сил, приведенной силы, приведенного момента инерции, приведенной массы для случаев вращательного и поступательного движения звена приведения.

#### Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение динамической модели машины [2, с.144].
2. Какое звено называется звеном приведения [1, с.324]?
3. Какая точка называется точкой приведения [1, с.324]?
4. Чем обусловлено использование динамической модели машины [2, с.144]?
5. Что называется приведенным моментом сил и как он определяется [1, с.324-326]?
6. Что называется приведенной силой и как она определяется [1, с.324-326]?
7. Что называется приведенным моментом инерции и как он определяется [1, с.337]?
8. Что называется приведенной массой и как она определяется [1, с.337]?
9. Какими приведенными параметрами характеризуется звено приведения, совершающее вращательное движение [2, с.144-145]?
10. Какими приведенными параметрами характеризуется звено приведения, совершающее поступательное движение [2, с.144-145]?

### **3.5. Определение ускорений точек и звеньев методом планов**

Правила записи векторных уравнений. Вычисление длин векторов известных составляющих ускорений. Построение плана ускорений. Определение числовых значений абсолютных и относительных ускорений точек, величин и направлений угловых ускорений.

#### Контрольные вопросы и задания

1. Что называется планов ускорений [4, с.11]?
2. На какой теореме основана запись векторных уравнений ускорений [2, с.75]?
3. Как определяется нормальная составляющая относительного ускорения точки [1, с.84]?
4. Как направлены векторы тангенциальных составляющих относительных ускорений точек [1, с.84]?
5. В каких случаях имеет место ускорения Кориолиса [3, с.172]?
6. Как определяются величина и направление ускорения Кориолиса [3, с.172]?
7. Как вычисляются длины векторов известных составляющих ускорений [3, с.172]?
8. Как определяются числовые значения абсолютных и относительных ускорений точек из плана ускорений [6, с.16]?
9. Как определяются величины и направления угловых ускорений звеньев [6, с.16]?

### **3.6. Силовой расчет механизмов методом кинетостатики**

Последовательность рассмотрения механизма при силовом расчете. Правила составления уравнений равновесия для структурных групп и группы начальных звеньев. построение планов сил. Определение числовых значений и направлений реакций и внешней силы или момента сил, приложенных к начальному звену.

#### **Контрольные вопросы и задания**

1. В чем заключается цель силового расчета механизма [4, с. 12]?
2. В каком порядке рассматривается механизм при силовом расчете [1, с. 249]?
3. В чем заключается суть метода кинетостатики [1, с. 247]?
4. Что известно о реакции во вращательной кинематической паре без учета сил трения [1, с. 247]?
5. Что известно о реакции в поступательной кинематической паре без учета сил трения [1, с. 247]?
6. Как вычисляются и направляются силы инерции и моменты сил инерции [1, с. 238-239]?
7. Что собой представляет план сил [3, с. 416]?

8. Как определяются длины векторов известных сил, входящих в уравнение равновесия [1, с. 251]?
9. Как определяются числовые значения и направления реакций из планов сил [1, с. 251-252]?
10. В каких случаях определяется внешняя сила, а в каких – внешний момент сил, приложенные к начальному звену [1, с. 261]?

### **3.7. Статическое уравнивание масс машины методом заменяющих масс**

Статическое размещение масс. Составление уравнений для определения масс и радиусов установки противовесов из условия неподвижности центров рассматриваемых масс. Определение системы неподвижных масс после установки противовесов.

#### Контрольные вопросы и задания

1. Какой механизм называется статически уравновешенным [4, с. 15]?
2. Что называется системой статически замещающих масс [3, с. 112]?
3. Запишите уравнения для определения замещающих масс, размещенных в двух точках звена [2, с. 204-205].
4. Что собой представляют уравнения для определения масс и радиусов установки противовесов из условия неподвижности центров рассматриваемых масс [3, с. 494]?
5. Как определяется положение центра системы неподвижных масс после установки противовесов [1, с. 280]?

## **4. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ТММ**

Цель проведения лабораторных занятий: изучить термины и их определения, стандартные условные изображения звеньев и кинематических пар, методы исследования механизмов, принципы измерения не электрических величин электрическими методами, методы обработки экспериментальных данных; привить студентам навыки постановки задачи эксперимента, правильного выбора метода исследования, проведения эксперимента без нарушения техники безопасности, пользования измерительной и регистрирующей

аппаратурой и инструментами, научить студентов понимать физическую сущность исследуемых явлений и их математическое описание; анализировать полученные результаты.

#### **4.1. Структурный анализ механизмов**

Вычерчивание структурной схемы модели механизма. Характеристика звеньев и кинематических пар. Определение степени подвижности кинематической цепи. Выбор начального звена. Выделение структурных групп и их характеристика. Определение класса механизма. Анализ влияния выбора начального звена на класс механизма.

##### Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается цель структурного анализа механизма [4, с. 10]?
2. Дайте определение механизма [4, с. 4].
3. Что называется структурной схемой механизма [3, с. 443]?
4. Что называется кинематической целью [4, с. 5]?
5. Что называется звеном [4, с. 4]?
6. Что называется кинематической парой [4, с. 5]?
7. Дайте названия и определения подвижных звеньев плоского рычажного механизма [4, с. 7].
8. Как различаются кинематические цепи [4, с. 5, 7]?
9. Назовите признаки классификации кинематических пар [4, с. 5].
10. Как определяется степень подвижности плоской кинематической цепи [7, с. 4]?
11. Что называется структурной группой [4, с. 8]?
12. Что такое обобщенная координата [3, с. 247]?
13. Какое звено называется начальным [4, с. 4]?
14. Как определяются класс, порядок группы Ассура и вид структурной группы 2-го класса [4, с. 8]?
15. Как определяется класс механизма [7, с. 5]?
16. С какой целью определяется класс механизма [2, с. 38]?

#### **4.2. Экспериментальное определение линейных перемещений, скоростей и ускорений ползуна**

Ознакомление с лабораторной установкой, целью и задачей лабораторной работы, датчиками линейных перемещений, скоростей, ускорений, датчиком начала цикла. Светолучевым осциллографом, электронным усилителем. Подготовка лабораторной установки и проведению эксперимента. Регистрация измеряемых кинематических характеристик на осциллографной бумаге. Обработка осциллограмм. Оценка погрешностей экспериментальных исследований.

#### Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается сущность экспериментального определения неэлектрических величин [7, с. 10]?
2. В каких случаях используют экспериментальный метод исследований [7, с. 10]?
3. Дайте краткое описание устройства установки ТММ-2 [7, с. 10].
4. Как осуществляется отметка начала цикла [7, с. 10-11]?
5. Дайте описание устройства и принципа действия датчика перемещения [7, с. 11].
6. Дайте описание устройства и принципа действия датчика скорости [7, с. 11].
7. Дайте описание устройства и принципа действия датчика ускорения [7, с. 11-12].
8. Дайте описание устройства и принципа действия гальванометра осциллографа [7, с. 10-11].
9. Что такое масштабный коэффициент физической величины [1, с. 80]?
10. Как определяется масштабный коэффициент времени для экспериментальных диаграмм  $S_3=S_3(t)$ ,  $V_3=V_3(t)$ ,  $a_3=a_3(t)$  [7, с. 12-13]?
11. Как определяется масштабный коэффициент перемещения для экспериментальной диаграммы  $S_3=S_3(t)$  [7, с. 13]?
12. Как определяется масштабный коэффициент скорости для экспериментальной диаграммы  $V_3=V_3(t)$  [7, с. 13-14]?
13. Как определяется масштабный коэффициент ускорения для экспериментальной диаграммы  $a_3=a_3(t)$  [7, с. 14]?
14. Как определяются перемещения, скорости, ускорения ползуна по экспериментальной диаграмме [7, с. 12]?
15. Приведите аналитические зависимости для определения перемещения, скорости и ускорения ползуна [7, с. 12].

### **4.3. Экспериментальное исследование неравномерности вращения вала кривошипа**

Ознакомление с учебно-лабораторной установкой ТММ-2, тахогенератором, светолучевым осциллографом. Выполнение электрических соединений между собой сети питания, датчика угловой скорости, осциллографа. Проведение серии опытов по определению минимальных и максимальных значений угловой скорости кривошипа при использовании в учебно-лабораторной установке различных маховиков. Выполнение расчетов с целью построения графической зависимости  $\delta = \delta(J_M)$ . Определение момента инерции маховика, соответствующего заданному допускаемому значению коэффициента неравномерности движения механизма.

#### Контрольные вопросы и задания

1. Какое движение называется установившимся [3, с. 499]?
2. Что является причиной изменения скорости звена привода при установившемся движении [7, с. 25]?
3. Что такое приведенный момент движущих сил (сил сопротивлений) [7, с. 12]?
4. Что такое приведенный момент инерции механизма [7, с. 12-13]?
5. Каков физический смысл силы производственного сопротивления для исследуемой машины [7, с. 26]?
6. Как влияют изменения скорости звена привода на работу механизма и машины [7, с. 26]?
7. Какой показатель служит для оценки изменения скорости звена привода внутри цикла и как он определяется [7, с. 25-26]?
8. Каким путем можно ограничить изменения скорости звена привода [7, с. 26]?
9. В чем заключаются цель и задачи данной лабораторной работы [7, с. 25]?
10. Как производится измерение максимального и минимального значений угловой скорости кривошипа на установке ТММ-2 [7, с. 26]?
11. Что называется масштабным коэффициентом [4, с. 11]?



12. Как определяется момент инерции маховика, обеспечивающий требуемое ограничение изменений угловой скорости кривошипа [7, с. 27]?

#### 4.4. Динамическое уравнивание ротора

Ознакомление с лабораторной установкой, измерительными приборами. Изображение расчетной схемы ротора. Отражение в протоколе величин и координат неуравновешенных масс. Составление уравнений дисбалансов и моментов дисбалансов из условия динамического уравнивания ротора. Графоаналитическое решение векторных уравнений с целью определения корректирующих масс и их координат. Экспериментальная проверка динамической уравновешенности ротора.

##### Контрольные вопросы и задания

1. Что такое неуравновешенность ротора [7, с. 30]?
2. Каковы причины возникновения неуравновешенности ротора [7, с. 30], [4, с. 13]?
3. Какими условиями определяется каждый из трех видов неуравновешенности ротора [4, с. 13], [7, с. 31]?
4. Чему равен главный вектор сил инерции [7, с. 30]?
5. Как определить главный момент сил инерции [7, с. 30]?
6. Сколько корректирующих масс необходимо поставить при статическом уравнивании [7, с. 31]?
7. Как устраняется моментная неуравновешенность [7, с. 31]?
8. Сколько плоскостей коррекции необходимо выбрать и как [7, с. 31]?
9. Каким образом устраняется динамическая неуравновешенность ротора [7, с. 31]?

#### 4.5. Динамическая балансировка ротора

Ознакомление с лабораторной установкой – балансировочным станком системы Б.В. Шитикова, измерительным прибором. Установка станка по уровню в горизонтальном положении. Закрепление индикатора для замера амплитуд колебаний. Измерение амплитуд колебаний от собственной неуравновешенности ротора, неуравновешенности при установке добавочной массы,

неуравновешенности при изменении положения добавочной массы. Вычисление корректирующей массы и ее координат. Замер амплитуды остаточной неуравновешенности после установки на ротор корректирующей массы.

#### Контрольные вопросы и задания

1. Что называется ротором [4, с. 13]?
2. Каковы виды неуравновешенности? Какими условиями определяется каждый вид [4, с. 13], [7, с. 31]?
3. Что называется балансировкой [4, с. 14]?
4. Какой вид неуравновешенности устраняется при динамической балансировке [4, с. 15]?
5. Какие детали и почему подвергаются динамической балансировке [7, с. 36]?
6. Как практически устраняется неуравновешенность [7, с. 36]?
7. Как выбрать плоскости коррекции [7, с. 39]?
8. Каковы причины возникновения вибраций [7, с. 36]?
9. Что такое резонанс и каковы его признаки [7, с. 39]?
10. Что обозначено символом  $A$  [7, с. 37-38]?
11. Что обозначено символами  $A_1, A_2, A_3, A_d$  [7, с. 37-38]?
12. Какова роль добавочной массы [7, с. 37]?
13. Какими параметрами характеризуется корректирующая масса [7, с. 38]?
14. Как и почему так устанавливается ротор в подшипники люльки [7, с. 39]?

#### 4.6. Расшифровка цилиндрических зубчатых колес

Определение числа зубьев колеса. Определение числа зубьев, при охвате которых губки штангенциркуля будут касаться профилей на эвольвентных участках. Выполнение замеров с целью последующего определения основного шага зубчатого колеса и его модуля. Выполнение замеров с целью определения диаметра вершин зубчатого колеса и последующего вычисления второго значения модуля зубчатого колеса. Выбор стандартного значения модуля. Определение расчетных параметров зубчатого колеса. Измерение делительной толщины по хорде зуба и сравнение ее с расчетной величиной.

## Контрольные вопросы и задания

1. Какая кривая называется эвольвентой окружности [4, с. 19]?
2. Какая окружность называется основной [4, с. 19]?
3. Какое свойство эвольвенты используется в данной лабораторной работе [7, с. 43]?
4. Что такое модуль зубчатого колеса [4, с. 19]?
5. Какая окружность называется делительной [4, с. 19]?
6. Что такое угловой шаг зубьев [4, с. 19]?
7. Какой шаг зубчатого колеса называется делительным, основным [4, с. 19]?
8. Какие параметры определяют размеры нулевого цилиндрического эвольвентного прямозубого колеса [7, с. 42]?
9. Что такое  $a$ ,  $h_a^*$ ,  $c^*$ ? Какие значения они имеют согласно ГОСТ 16530-83 [7, с. 43]?
10. По каким формулам вычисляются основные параметры колеса [7, с. 42]?

### 4.7. Экспериментальное исследование влияния смещения инструмента на форму профиля зуба

Ознакомление с прибором ТММ-42. Определение числа зубьев нарезаемого колеса. Имитация нарезания двух зубьев нулевого колеса. Вычисление смещения производящей рейки для устранения подрезания зубьев. Имитация нарезания двух зубьев положительного зубчатого колеса. Имитация нарезания двух зубьев отрицательного зубчатого колеса. Определение радиусов основной окружности, окружностей вершин и впадин, делительных толщин по хордам зубьев, углов профилей и радиусов кривизны на окружностях вершин для трех вариантов нарезания зубчатого колеса. Построение графиков зависимости перечисленных параметров зубчатого колеса от коэффициента смещения производящей рейки. Анализ полученных графических зависимостей.

## Контрольные вопросы и задания

1. В чем сущность метода обкатки [2, с. 367] [7, с. 48]?
2. Что такое производящая зубчатая рейка [7, с. 48]?
3. Какое зацепление называется станочным [4, с. 21]?

4. Какая окружность называется делительной [4, с. 19]?
5. Что такое основная окружность [4, с. 19]?
6. Как связаны скорость перемещения инструментальной рейки и угловая скорость заготовки при зубонарезании методом обкатки [7, с. 51]?
7. Какая прямая производящей рейки называется делительной, начальной [7, с. 48]?
8. Какое колесо называется нулевым, положительным, отрицательным [4, с. 20-21]?
9. Чему равно минимальное число зубьев нулевого колеса, нарезаемого без подрезания [7, с. 50]?
10. Как можно устранить подрезание зуба [7, с. 50]?
11. Как определить  $X_{\min}$  для устранения подрезания [7, с. 50]?
12. Какой угол называется углом профиля зуба [4, с. 19]?
13. Как определить радиус кривизны профиля зуба [7, с. 50]?

## **5. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ, КОТОРЫЕ ВЫНОСЯТСЯ НА ЭКЗАМЕН**

1. Понятие термина «машина». Разновидности машин с приведением примеров.
2. Понятие термина «механизм». Классификация механизмов.
3. Понятие термина «кинематическая цепь». Классификация кинематических цепей.
4. Понятие терминов «звено», «кинематическая пара», «элемент кинематической пары».
5. Признаки, по которым различаются кинематические пары. Привести примеры.
6. Понятие о классе кинематической пары. Привести примеры кинематических пар различных классов.
7. Разновидности кинематических пар по характеру соприкосновения образующих их звеньев. Преимущества и недостатки их разновидностей.
8. Виды замыкающих кинематических пар. Привести примеры.
9. Понятия терминов «стойка», «начальное звено», «входное звено», «выходное звено». Дать пояснения на примерах.
10. Понятия терминов «кривошип», «коромысло». Привести примеры применения этих звеньев.

11. Понятия терминов «шатун», «ползун». Привести примеры использования этих звеньев.
12. Понятия терминов «шатун», «кулиса». Привести примеры применения этих звеньев.
13. Понятия термина «обобщенная координата механизма». Какими физическими величинами может выражаться обобщенная координата?
14. Понятия термина «степень подвижности механизма». Пояснить на примере.
15. Как определяется степень подвижности пространственного механизма? Привести пример.
16. Разновидности механизмов по взаимному расположению траекторий точек звеньев. Привести примеры.
17. Как определяется степень подвижности плоского механизма? Привести пример.
18. Дать понятие о классе рычажного механизма с приведением примера. С какой целью определяется класс механизма?
19. Понятия термина «Пассивные связи» с пояснением на примере. Цель использования пассивных связей в механизмах.
20. Понятия термина «Лишние степени свободы» с пояснением на примере. Цель использования лишних степеней свободы в механизмах.
21. Понятия термина «Заменяющий механизм». Чем объясняется необходимость заменяющего механизма?
22. Правила построения заменяющего механизма с пояснением на примере.
23. Положение дифференциальной геометрии, на котором основывается построение заменяющего механизма.
24. Понятия термина «Группа Ассура». Классификация групп Ассура. Целесообразность определения класса групп Ассура.
25. Как определяется порядок структурной группы? Привести пример. Целесообразность определения порядка структурных групп.
26. Как определяется вид группы Ассура 2-го класса? Привести примеры групп Ассура различных видов.
27. Цель структурного анализа механизма. Коротко изложить последовательность выполнения структурного анализа.
28. Дать понятие о структурной схеме механизма, кинематической схеме механизма. Привести примеры.
29. Изложить правила выделения групп Ассура из механизма.

30. Структурная формула группы Ассур. Какие выводы вытекают из этой формулы?
31. Задачи и методы кинематического анализа механизмов. Преимущества и недостатки различных методов кинематического анализа.
32. В чем заключается кинематический анализ механизмов по методу планов: Понятия о планах механизма.
33. Дать определение плана скоростей механизма. Сформулировать теорему подобия для плана скоростей.
34. Дать определение плана ускорений механизма. Сформулировать теорему подобия для плана ускорений.
35. Дать определение аналога скорости точки. Показать связь между аналогом скорости и скоростью точки.
36. Дать определение аналога угловой скорости звена. Показать связь между аналогом угловой скорости и угловой скоростью звена.
37. Дать понятие о синтезе механизмов. В чем состоит цель динамического синтеза?
38. Дать определение коэффициента неравномерности движения механизма. Почему при проектировании механизмов этот коэффициент ограничивают?
39. От чего зависит ограничение коэффициента неравномерности движения машины? Каким путем достигают этого ограничения?
40. Привести уравнение движения машины в энергетической форме. Сколько таких уравнений необходимо составить и для чего они используются?
41. Охарактеризовать динамическую модель машины.
42. Выполнить исследование движения звена привода.
43. Привести динамическую модель машины в случае совершения начальным звеном вращательного движения. Дать определения динамических характеристик этой модели.
44. Привести динамическую модель машины в случае совершения начальным звеном поступательного движения. Дать определения динамических характеристик этой модели.
45. Вывести уравнение динамического синтеза машины при ее установившемся движении.
46. Определение наибольшего перепада кинетической энергии начального звена и звеньев, связанных с начальным звеном постоянными передаточными отношениями, по методу М.И. Мерцалова.

47. Детально описать роль маховика в машине.
48. Задачи динамического анализа механизмов. Как практически используют результаты динамического анализа?
49. Определение угловой скорости начального звена по методу М.И. Мерцалова.
50. Задачи и методы силового расчета механизмов.
51. Последовательность составления и решения уравнений равновесия при силовом расчете групп Ассура 1-го и 2-го видов.
52. Последовательность составления и решения уравнений равновесия при силовом расчете групп Ассура 3-го и 4-го видов.
53. Последовательность составления и решения уравнений равновесия при силовом расчете групп Ассура 4-го и 5-го видов.
54. В каком порядке следует рассматривать структурные образования механизма при его силовом расчете? в каком случае определяют внешнюю силу и в каком – внешний момент сил?
55. Последовательность составления и решения уравнений равновесия при силовом расчете группы начальных звеньев в случаях соединения валов двигателя и технологической машины при помощи муфты и при помощи зубчатой передачи.
56. Теорема о рычаге Жуковского. В каких случаях используют метод рычага Жуковского?
57. Понятия терминов «зубчатая передача», «эвольвентное зацепление», «эвольвента окружности», «основная окружность».
58. Уравнение и свойства эвольвенты окружности.
59. Способы изготовления зубчатых колес. Преимущества и недостатки разных способов.
60. Понятие термина «кулачковый механизм». Преимущества и недостатки кулачковых механизмов в сравнении с рычажными механизмами. Основные типы кулачковых механизмов с вращающимся кулачком.

Практическая часть выносимых на экзамен вопросов включает в себя задачи по структурному анализу механизмов, кинематическому анализу рычажных механизмов по методу планов, приведению сил и масс, силовому расчету, анализу и синтезу зубчатых передач, определению работы сил и моментов сил, уравниванию вращающихся масс, кинематическому анализу кулачковых механизмов.

## 6. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Цель выполнения домашнего задания: облегчить усвоение разделов курса ТММ; научить применять на практике теоретические знания. Работа заключается в выполнении каждым студентом индивидуальной комплексной задачи, предполагающей использование на каждом последующем этапе результатов решения предыдущего этапа. Комплексная задача решается в течение всего семестра с использованием учебников, справочной литературы, конспектов лекций, с возможностью получения оперативной консультации у преподавателя по ходу решения задачи.

6.1. Детальное ознакомление с комплексной задачей и составление плана ее решения на весь семестр. Анализ схемы механизма на наличие в ней пассивных связей и лишних степеней свободы. Построение заменяющего механизма. Структурный анализ заменяющего механизма.

6.2. Определение скоростей характерных точек и угловых скоростей звеньев.

6.3. Определение ускорений характерных точек и угловых ускорений звеньев.

6.4. Силовой расчет групп Ассура.

6.5. Силовой расчет группы начальных звеньев. Определение внешней силы, приложенной к начальному звену, методом рычага Жуковского.

6.6. Приведение сил и масс к начальному звену и к точке на начальном звене.

6.7. Уравновешивание масс механизма. Подведение итогов решения комплексной задачи.

Примечание: тематику практических занятий, лабораторных работ и содержание индивидуального задания для студентов заочного отделения определяет преподаватель.

## **7.КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Цель курсового проекта: углубленное изучение общих методов кинематического и динамического синтеза и анализа механизмов на основе проектирования конкретного механизма по избранной



студентами специальности: приобретение и развитие навыков самостоятельного инженерного труда и работы с литературой; развитие самостоятельности, творческой инициативы и ответственности за принятые решения; приобретение опыта использования ПЭВМ; умение грамотно оформить графическую часть проекта и расчетно-пояснительную записку с учетом требований ЕСКД, ГОСТ, ДСТУ; развитие умения грамотно и доказательно защищать принятые решения.

### **7.1. Тематика курсового проекта:**

- механизмы поперечно-строгальных станков;
- механизмы долбежных станков;
- механизмы строгальных станков;
- механизмы горизонтального перемещения деталей;
- механизмы вертикальной подачи заготовок;
- механизмы пробивного прессы;
- механизмы высадки головок болтов;
- механизмы прессов;
- брикетировочный автомат;
- механизмы горизонтального протягивания листа;
- механизмы глубинных насосов;
- механизмы двухступенчатых компрессоров;
- механизмы двигателей Стирлинга;
- механизмы двигателей внутреннего сгорания;
- механизмы двигателей компрессорной установки;
- механизмы качающихся конвейеров;
- механизмы пальцевых транспортеров;
- манипуляторы;
- порталные краны;
- щековые дробилки;
- механизмы подачи бумаги из рулона
- механизмы ножниц.

Объем графической части – 4 листа формата А1 (594x841 мм, примерный объем расчетно-пояснительной записки — 50 страниц формата А4 (210x297 мм).

### **7.2. Содержание курсового проекта**

### **7.2.1. Структурный анализ рычажного механизма**

### **7.2.2. Геометрический синтез рычажного механизма**

### **7.2.3. Динамический синтез рычажного механизма.**

Определение положений звеньев. Определение передаточных функций скоростей. Определение внешних сил и сил тяжести. Определение работ сил сопротивления и движущих сил. Определение приведенного момента движущих сил (или сил сопротивления). Определение приведенного момента инерции звеньев с переменной передаточной функцией скоростей. Определение момента инерции маховика.

### **7.2.4. Динамический анализ механизма**

Определение закона движения начального звена. Определение скоростей точек и угловых скоростей звеньев. Определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев. Силовой расчет механизма по методу кинестатики. Определение внешней силы на начальном звене по методу рычага Жуковского.

### **7.2.5. Синтез зубчатой передачи**

Выбор коэффициентов смещения. Геометрический расчет передачи. Определение качественных показателей зацепления. Графические построения.

### **7.2.6. Синтез кулачкового механизма**

Закон движения ведомого звена кулачкового механизма. Определение основных размеров кулачкового механизма. Построение профиля кулачка. Определение углов давления.

## **8. ПОРЯДОК ПОЛУЧЕНИЯ СТУДЕНТОМ КОНСУЛЬТАЦИЙ И ОТЧЕТА ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

По теоретическому материалу студентам в течение семестра назначаются общие консультации для потока и проводятся групповые предэкзаменационные консультации. По домашнему заданию, индивидуальному заданию, курсовому проекту назначаются еженедельные групповые консультации в удобное каждой группе время с учетом расписания занятий студентов.

Текущий контроль производится по лабораторным работам в форме устных опросов в процессе выполнения и сдачи каждой лабораторной работы; по теоретическому материалу — в форме устных опросов перед практическими занятиями, в форме письменных контрольных работ, а также письменного тестирования (в пределах одной темы).

Контроль самостоятельной работы производится в соответствии со сроками выполнения студентами разделов домашнего задания, индивидуального задания, курсового проекта.

Текущий контроль по всем видам учебных занятий осуществляется непрерывно, а его результаты учитываются при аттестации студентов.

Итоговый контроль по теоретическому курсу производится в форме письменного экзамена, включающего теоретический вопрос и две задачи, полностью охватывающие теоретический материал дисциплины. К экзамену допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы, домашнее и индивидуальное задания.

Итоговый контроль по курсовому проекту осуществляется путем организации защиты курсовых проектов перед комиссией, в состав которой входят преподаватели кафедры. График защиты предусматривает конкретный день и время защиты каждого студента и вывешивается за месяц до начала защиты.

## **9. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ**

### **Оценка «отлично»**

- студент свободно владеет теоретическим материалом дисциплины, умея использовать его в практических целях, иллюстрирует свои мысли примерами, пользуется приемами анализа и синтеза;

- отвечает на поставленные вопросы исчерпывающе полно, логически связно в устной беседе или в письменной форме;

- используемая студентом терминология строго соответствует специфике данной дисциплины;
- ответы студента характеризуются высокой культурой речи, точностью и четкостью определений и формулировок.

### **Оценка «хорошо»**

- студент владеет теоретическим материалом дисциплины только в пределах лекций;
- для проявления понимания физического смысла излагаемого материала и умения его практического использования студент нуждается в помощи преподавателя в виде напоминаний или наводящих вопросов;
- проявляются некоторые упущения студента в точности и четкости определений и формулировок, в культуре речи, однако в целом ответы на вопросы можно оценить как полные.

### **Оценка «удовлетворительно»**

- студент владеет основным теоретическим материалом, почерпнутым из лекций, допуская ошибки в некоторых деталях;
- студент испытывает заметные затруднения в применении иллюстрационного материала, использовании практических примеров, моделей и макетов механизмов;
- студент дает ответы на последовательно поставленные вопросы, но допускает нечеткие термины, определения, низкую культуру речи, недостаточную последовательность изложения.

### **Оценка «неудовлетворительно»**

Студент не отвечает требованиям, предъявляемым при выставлении оценки «удовлетворительно».

### **Литература, рекомендуемая для углубленного изучения дисциплины**

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
2. Теория механизмов и машин./Под ред. К.В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1987. – 496 с.

3. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. – М.: Машиностроение, 1987. – 560 с.
4. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Теория механизмов и машин» (для студентов всех специальностей) /Сост. В.И. Бирюков, Н.В. Манько. – Ворошиловград: ВМСИ, 1988. – 32 с.
5. Методичні вказівки до самостійної роботи, практичних занять і курсового проектування з дисципліни ТММ. Тема “Структурний аналіз механізмів” /Уклад А.М. Ахтямов, І.С. Підройко. – Луганськ: Вид-во СУДУ, 2000. – 17 с.
6. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Теорія механізмів і машин” для студентів напряму підготовки “Інженерна механіка” (Заняття 2-3)/Упор.: П.Л. Носко, А.М. Ахтямов, В.Ю. Шисман. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. Володимира Даля, 2003. — 32 с.
7. Методические указания к лабораторным работам по дисциплинам «Теория механизмов и машин», и «Прикладная механика» /Часть 1 /Сост.: А.М. Ахтямов, В.И. Бирюков, В.П. Литовченко и др. – Луганск: Изд-во Восточноукр. нац. ун-та, 2002. – 55 с.

Учебное издание

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
для студентов к самостоятельной работе по дисциплине  
«ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»

Составители:

Павел Леонидович Носко  
Павел Владимирович Филь  
Альберт Михайлович Ахтямов

Редактор Л.В. Бугокова  
Техн. редактор Т.Н. Дроговоз  
Оригинал-макет

Подписано в печать

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типогр. Гарнитура Times.

Печать офсетная. Усл. печ. л. \_\_\_\_ Уч. изд. л. \_\_\_\_

Тираж \_\_\_\_ экз. Издат. № \_\_\_\_\_. Заказ № \_\_\_\_\_. Цена договорная.

Издательство Восточноукраинского национального университета им.  
В.Даля

91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20 а

**Адрес редакции:** 91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20 а

**Телефон:** 8(0642) 47-13-04. Факс: 8(0642) 47-13-64.

E-mail: **uni @ snu.edu.ua**

**http:// snu.edu.ua**