

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

Направление подготовки 27.03.02 «Управление качеством»

Направленность «Цифровое производство»

Квалификация выпускника: бакалавр

Кострома  
2024

Рабочая программа дисциплины «Теория механизмов и машин» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 27.03.02 Управление качеством, утвержденным приказом Министерства образования и науки №869 от 31 июля 2020г. и в соответствии с учебным планом, год начала подготовки 2024 (уровень бакалавриата).

Разработал: Букина С.В. к.т.н., доцент каф. ТММ, ДМ и ПТМ

Рецензент: Рудовский П.Н. д.т.н., профессор каф. ТММ, ДМ и ПТМ

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ

Протокол заседания кафедры №6 от 16.05.2024г.

Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ

Корабельников Андрей Ростиславович, д.т.н., профессор

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель дисциплины:** формирование общепрофессиональных компетенций, связанных с умением и навыками использования общих методов исследования и проектирования механизмов, принципам реализации движения с помощью различных механизмов и системному подходу к проектированию машин и механизмов.

**Задачи дисциплины:** приобретение студентами знаний, умений и навыков в

- изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований в области машиностроительного производства; сбор и анализ исходных данных информационных данных для проектирования изделий машиностроения и технологий изготовления;
- формировании знаний математического моделирования процессов, оборудования и производственных объектов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования и проведения исследований;
- развитии умений и навыков при организации работ малых коллективов исполнителей, при разработке проектной и технической документации, оформлению законченных проектно-конструкторских работ;
- приобретении опыта при монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- структуру механизмов, основные методы исследования и проектирования механизмов

**уметь:**

- осуществлять структурный и кинематический анализ механизмов; выполнять силовой расчет механизмов;
- проектировать различные механизмы на основе проведенного анализа с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования и проведения исследований.

**владеть:**

- методами исследования и проектирования различных механизмов, деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями

освоить компетенции:

|  |   |
|--|---|
| ОПК-2. Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин (модулей) | ИОПК-2.1. Демонстрирует знания теории вероятностей, статистики, а также существующих групп статистических и логических методов управления качеством<br>ИОПК-2.2. Формулирует и анализирует задачи профессиональной деятельности |
|--|---|

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части обязательных дисциплин учебного плана Б1.О.20. Изучается в 3 и 4 семестре обучения.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах/практиках: высшая математика; физика; теоретическая механика; сопротивление материалов; основы проектной деятельности; информационные технологии в машиностроении; материаловедение.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин/практик: компьютерная графика в машиностроении; детали машин, основы конструирования и проектирования; управление качеством в производственно-технологических системах.

#### 4. Объем дисциплины (модуля)

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

| Виды учебной работы,                     | Очная форма |           |
|--|-------------|-----------|
|  | 3 семестр   | 4 семестр |
| Общая трудоемкость в зачетных единицах   | 5           | 5         |
| Общая трудоемкость в часах               | 180         | 180       |
| Аудиторные занятия в часах, в том числе: | 66          | 48        |
| Лекции                                   | 34          | 16        |
| Практические занятия                     | 16          | 16        |
| Лабораторные занятия                     | 16          | 16        |
| Самостоятельная работа в часах           | 110,75      | 89,65     |
| Контроль                                 |             | 36        |
| Форма промежуточной аттестации           | зачет       | экзамен   |

##### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

| Виды учебных занятий | Очная форма |           |
|----------------------|-------------|-----------|
|                      | 3 семестр   | 4 семестр |
| Лекции               | 34          | 16        |
| Практические занятия | 16          | 16        |
| Лабораторные занятия | 16          | 16        |
| Консультации         | 1,7         | 0,8       |
| Зачет/зачеты         | 0,25        | -         |
| Экзамен/экзамены     | -           | 0,35      |
| Курсовые работы      | 3           | -         |
| Курсовые проекты     | -           | 4         |
| Всего                | 70,95       | 53,15     |

#### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

##### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

| №         | Название раздела, темы                               | Всего час | Аудиторные занятия |        |      | Самостоятельная работа |
|-----------|--|-----------|--------------------|--------|------|------------------------|
|           |  |           | Лекц.              | Практ. | Лаб. |                        |
| 3 семестр |  |           |                    |        |      |                        |
| 1         | Основные понятия ТММ. Структурный анализ механизмов. | 29        | 4                  | 3      | 2    | 20                     |
| 2         | Кинематическое исследование механизмов               | 37        | 10                 | 4      | 3    | 20                     |
| 3         | Кинетостатический анализ механизмов                  | 35        | 8                  | 3      | 4    | 20                     |
| 4         | Синтез рычажных механизмов                           | 33        | 6                  | 3      | 4    | 20                     |
| 5         | Уравновешивание машин                                | 32        | 6                  | 3      | 3    | 20                     |
|           | ИКР  | 3,25      |                    |        |      |                        |
|           | Зачет  | 10,75     |                    |        |      | 10,75                  |
|           | Итого  | 180       | 34                 | 16     | 16   | 110,75                 |
| 4 семестр |  |           |                    |        |      |                        |
| 6         | Зубчатые механизмы                                   | 60,65     | 10                 | 10     | 10   | 30,65                  |
| 7         | Кулачковые механизмы                                 | 41        | 6                  | 6      | 6    | 23                     |
|           | ИКР  | 6,35      |                    |        |      |                        |
|           | Экзамен  | 36        |                    |        |      | 36                     |
|           | Итого  | 180       | 16                 | 16     | 16   | 89,65                  |

## 5.2. Содержание:

### 3 семестр

#### **1. Основные понятия ТММ. Структурный анализ механизмов.**

1.1. Задачи курса ТММ, основные понятия, структурный анализ механизмов. Кинематические пары и их классификация

1.2. Степень подвижности механизма. Вывод формулы Малышева и Чебышева. Структурная классификация плоских механизмов. Принцип образования механизма по Асуру. Избыточные связи и местные подвижности

1.3. Структурный анализ шарнирно-рычажных механизмов с низшими кинематическими парами

1.4. Определение числа степеней свободы шарнирно-рычажных механизмов с низшими кинематическими парами

1.5. Структурный анализ шарнирно-рычажных механизмов с высшими кинематическими парами

1.6. Определение числа степеней свободы шарнирно-рычажных механизмов с высшими кинематическими парами

1.7. Определение числа степеней свободы пространственных механизмов

#### **2. Кинематическое исследование механизмов**

2.1. Кинематическое исследование плоских рычажных механизмов графическим методом. Метод планов. Исследование механизмов методом диаграмм. Графическое дифференцирование методом хорд

2.2. Построение кинематических диаграмм методом хорд и определение кинематических параметров

2.3. Графическое дифференцирование методом касательных. Графическое интегрирование. Расчет масштабов диаграмм скорости и ускорения

2.4. Графическое дифференцирование диаграммы перемещения толкателя методом касательных

2.5. Методы кинематического исследования механизмов. Аналитический метод. Определение линейных и угловых скоростей и ускорений точек и звеньев механизма методом планов

2.6. Экспериментальное исследование закона движения ползуна четырехзвенного кривошипно-ползунного механизма

2.7. Планы скоростей и ускорений кривошипно-кулисного механизма. Теорема подобия.

2.8. Построение планов скоростей и ускорений и кривошипно-ползунного механизма

2.10. Построение планов скоростей и ускорений кривошипно-кулисного механизма

#### **3. Кинетостатический анализ механизмов**

3.1. Силовое исследование плоских механизмов (кинетостатика механизмов).

3.2. Задачи силового анализа механизмов. Принцип кинетостатики

3.3. Условие статической определимости кинематических цепей.

3.4. Определение реакций в кинематических парах групп Асура с учетом и без учета сил трения.

#### **4. Синтез рычажных механизмов**

4.1. Проектирование типовых плоских рычажных механизмов. Задачи проектирования механизмов.

4.2. Условие передачи сил. Угол передачи.

4.3. Условие существования кривошипа. Теорема Грасгофа.

4.4. Синтез четырехзвенных механизмов по крайним положениям и коэффициенту изменения средней скорости звена.

#### **5. Уравновешивание машин**

5.1. Уравновешивание вращающихся звеньев. Статическое уравновешивание вращающихся звеньев.

5.2. Уравновешивание главного момента пары сил инерции (моментная балансировка). Балансировка ротора.

- 5.3. Статическое уравнивание плоских шарнирно-рычажных механизмов.
- 5.4. Метод замещающих масс.
- 5.5. Уравнивание кривошипно-коромыслового и кривошипно-ползунного механизмов

#### **4 семестр**

##### **6. Зубчатые механизмы.**

6.1. Зубчатые механизмы и их классификация. Зубчатые передачи с неподвижными осями. Многоступенчатые зубчатые передачи. Определение передаточных отношений зубчатых механизмов с неподвижными осями.

6.2. Механизмы многоступенчатых зубчатых передач с подвижными осями. Дифференциальные и планетарные механизмы. Теорема Виллиса. Проектирование планетарных механизмов

6.3. Определение передаточных отношений зубчатых механизмов с подвижными осями. Параметры зубчатых колес и эвольвентное зацепление

6.4. Основная теорема зацепления. Эвольвента окружности и ее свойства Уравнение эвольвенты. Свойства эвольвентного зацепления

6.5. Построение эвольвентных профилей зубьев. Кинематика зацепления. Основные параметры, обозначения и нормали зубчатых колес с эвольвентным профилем зуба

6.6. Коэффициент торцевого перекрытия в зубчатом зацеплении. Методы изготовления зубчатых колес. Исходный производящий контур

6.7. Определение наименьшего числа зубьев. Изготовление зубчатых колес со смещением режущего инструмента. Нулевое, положительное и отрицательное зубчатые колеса

##### **7. Кулачковые механизмы.**

7.1. Основные типы плоских кулачковых механизмов, их классификация

7.2. Кинематическое исследование и проектирование кулачковых механизмов

7.3. Углы давления в кулачковом механизме. Определение размеров кулачкового механизма.

Выбор закона движения толкателя

#### **6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

##### **6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа заключается в подготовке к лабораторным работам по вопросам и заданиям, выданным преподавателям, подготовке курсовой работы.

Отчеты по лабораторным работам должны быть оформлены с применением современных компьютерных технологий и программного обеспечения. Защита лабораторной работы проводится по результатам проверки отчета, самостоятельности, выполненного задания. Допуск студента к следующей работе возможен при получении положительной оценки при опросе на занятии и подготовке к лабораторной работе.

По итогам освоения дисциплины проводится зачет (экзамен), целью которого является проверка освоенности дисциплины и сформированности компетенций. Зачет (экзамен) преподавателем проводится для студентов, успешно освоивших дисциплину и защитивших все лабораторные (практические) работы.

| № п/п            | Раздел (тема) дисциплины                             | Задание   | Часы | Методические рекомендации по выполнению задания  | Форма контроля                         |
|------------------|--|---|------|--|--|
| <b>Семестр 3</b> |  |   |      |  |  |
| 1                | Основные понятия ТММ. Структурный анализ механизмов. | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 20   | Изучить материал лекции с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| 2                | Кинематическо  | Изучение материала  | 20   | Изучить материал лекции  | Текущий                                |

|                  |                                     |   |        |  |  |
|------------------|-------------------------------------|---|--------|--|--|
|                  | е исследование механизмов           | лекции, подготовка к лабораторной работе                    |        | с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы                         | опрос на лабораторных занятиях         |
| 3                | Кинетостатический анализ механизмов | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 20     | Изучить материал лекции с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| 4                | Синтез рычажных механизмов          | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 20     | Изучить материал лекции с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| 5                | Уравновешивание машин               | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 20     | Изучить материал лекции с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
|                  | Зачет                               |   | 10,75  | Изучить материал лекций с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Зачет                                  |
|                  | Итого                               |   | 110,75 |  |  |
| <b>Семестр 4</b> |                                     |   |        |  |  |
| 6                | Зубчатые механизмы                  | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 30,65  | Изучить материал лекции с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| 7                | Кулачковые механизмы                | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 23     | Изучить материал лекции с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
|                  | Экзамен                             |   | 36     | Изучить материал лекций с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Экзамен                                |
|                  | Итого                               |   | 89,65  |  |  |

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

1. Определить число степеней свободы шарнирно-рычажного механизма с низшими кинематическими парами.
2. Определить число степеней свободы шарнирно-рычажного механизма с высшими кинематическими парами.
3. Построить кинематические диаграммы методом хорд и определить кинематические параметры выходного звена.
4. Построить планы скоростей и ускорений и кривошипно-ползунного механизма.

5. Построить планы скоростей и ускорений кривошипно-кулисного механизма.
6. Определить реакции во внутренней кинематической паре.
7. Произвести силовой расчет группы Ассура.
8. Произвести силовой расчет группы входного звена.
9. Определить размеры кривошипно-коромыслового механизма по коэффициенту изменения средней скорости звена.
10. Спроектировать кривошипно-ползунный механизм по коэффициенту изменения средней скорости звена.
11. Рассчитать массу противовеса для статически уравновешенного и неуравновешенного ротора.
12. Произвести уравновешивание главного вектора сил инерции кривошипно-коромыслового механизма.
13. Уравновесить горизонтальную составляющую силы инерции кривошипно-ползунного механизма.
14. Рассчитать передаточное отношение зубчатой передачи с неподвижными осями.
15. Определить общее передаточное отношение составной зубчатой передачи.
16. Определить передаточное отношение планетарного зубчатого механизма.
17. Произвести кинематическое исследование планетарного механизма.
18. Рассчитать толщину зуба по любой текущей окружности колеса, нарезаемого со смещением режущего инструмента.
19. Спроектировать кулачковый механизм с поступательно движущимся толкателем с геометрическим замыканием высшей кинематической пары.
20. Спроектировать кулачковый механизм с поступательно движущимся толкателем с силовым замыканием высшей кинематической пары.
21. Спроектировать кулачковый механизм с вращательно движущимся толкателем с геометрическим замыканием высшей кинематической пары.
22. Спроектировать кулачковый механизм с вращательно движущимся толкателем с силовым замыканием высшей кинематической пары.

### **6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий**

1. Составление структурных схем шарнирно-рычажных механизмов
2. Структурный анализ шарнирно-рычажных механизмов с низшими кинематическими парами
3. Структурный анализ шарнирно-рычажных механизмов с высшими кинематическими парами
4. Графическое дифференцирование диаграммы перемещения толкателя методом касательных
5. Экспериментальное исследование закона движения ползуна четырехзвенного кривошипно-ползунного механизма
6. Аналитическое и экспериментальное исследование кинематических характеристик модели машины с исполнительным кривошипно-ползунным механизмом
7. Динамическая балансировка ротора
8. Уравновешивание вращающихся масс
9. Расчет передаточных отношений планетарных и дифференциальных механизмов
10. Проектирование эвольвентной зубчатой передачи внешнего зацепления
11. Определение основных параметров зубчатых колес с помощью штангенциркуля
12. Подбор чисел зубьев планетарного редуктора методом сомножителей
13. Подбор чисел зубьев планетарного редуктора методом сомножителей
14. Построение эвольвентных профилей зубьев долбяком методом огибания
15. Исследование кинематических характеристик кулачковых механизмов. Построение кинематических диаграмм  $S(\varphi)$ ,  $V(\varphi)$ ,  $a(\varphi)$
16. Профилирование кулачков по заданному закону изменения аналога ускорения толкателя



#### **6.4. Методические рекомендации для выполнения курсовых работ (проектов)**

Выполнение КП (КР) – творческий и самостоятельный процесс, показывающий и формирующий умение студента самостоятельно ставить, решать задачи, работать с литературой, проводить исследования, делать выводы. Необходимо обязательное посещение консультаций, так как студент получает индивидуальное задание вначале семестра обучения.

Часть 1. В соответствии с выданным заданием спроектировать шарнирно-рычажный механизм по коэффициенту изменения средней скорости звена, рассчитать длины всех звеньев. Построить планы положений механизма для 12 равноотстоящих положений ведущего звена. Провести кинематическое исследование механизма методом планов скоростей и ускорений и методом кинематических диаграмм для назначенного преподавателем положения механизма. На основании кинематического исследования провести силовой расчет механизма.

Часть 2. В соответствии с выданным заданием сделать анализ передаточного механизма, определить его структуру. Следует выделить в механизме планетарную часть (центральные колеса, сателлит или блок сателлитов, водило) и замыкающую зубчатую передачу. Спроектировать передаточный механизм, рассчитать количество зубьев и диаметры всех зубчатых колес используя метод сомножителей. Произвести расчеты параметров внешнего эвольвентного зацепления одной пары зубчатых колес по специальной компьютерной программе и ручным способом. Значения вычисленных параметров должны совпадать. Определить передаточное отношение всего передаточного механизма от входного к выходному валу. Вычертить схему планетарного механизма в двух проекциях. Построить картину эвольвентного зацепления. Изобразить по три зуба каждого колеса, линию и дугу зацепления. Обозначить смещение (если имеется). Аналитически и по данным картины зацепления определить коэффициент перекрытия.

Часть 3. По заданному закону изменения аналога ускорения методом графического интегрирования построить аналоги скорости и перемещения. В зависимости от исходной схемы кулачкового механизма определить минимальный центральный радиус кулачка для силового либо для геометрического замыкания и определить координаты кулачкового механизма. По расчетным данным, используя метод обращения движения построить профиль кулачка.

Использование компьютерных программ, применяемых в курсовом проекте, позволяет интенсифицировать процесс обучения, наглядно представлять результаты, моделировать процессы работы механизмов. Использование данных методов позволяет развить самостоятельность студентов, ставить и решать конкретные практические задачи.

#### **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

а) основная:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учебник. – М.: НАУКА-М, 1975. – 453 с.
2. Коловский М.З., Евграфов А.Н. Теория механизмов и машин: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов, Москва: Академия, 2006. - 336 с.

3. К.В. Фролов, С.А. Попов, и др. Теория механизмов и машин: учебник. М.:Высшая школа, 1997. - 204 с.

б) дополнительная:

1. Букина С.В., Лясич В.А. Лабораторный практикум по курсу "Теория механизмов и машин": метод. пособие. Кострома: КГТУ, 2011

2. Лясич В.А. Задачи для домашних и аудиторных занятий: метод. пособие Ч.1,Ч.2, Кострома: КГТУ, 1999-2000

3. Лясич В.А. Сборник задач и заданий на проектирование кулачковых механизмов: метод. пособие. Кострома: КГТУ, 2002

4. Лясич В.А., Букина С.В., Герасимова С.Ф. Сборник заданий для курсового проектирования по теории механизмов и машин. Кострома: КГТУ, 2001

5. Лясич В.А., Болотный А.П., Букина С.В., Герасимова С.Ф. Синтез эвольвентного зубчатого зацепления: метод. указания к курсовому проектированию.

6. Лясич В.А., Кулемкин Ю.В., Букина С.В., Герасимова С.Ф. Проектирование плоских кулачковых механизмов с использованием ЭВМ: метод. пособие. Кострома: КГТУ, 2002

### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «Лань»

2. ЭБС «Университетская библиотека online»

3. ЭБС «Znanium»

### **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа   |
|---|---|--|
| Лекционная аудитория  | Видео презентационное оборудование, персональный компьютер, проектор в комплекте с экраном, рабочая доска.<br>Посадочные места на 32 студента, рабочее место преподавателя. | Microsoft Office Стандартный 2007, Version: 12.0.6612.1000, Publisher: Microsoft Corporation,<br><br>Adobe Flash Player 24 ActiveX, Version: 24.0.0.194, Publisher:  |
| Компьютерный класс  | Персональные компьютеры<br>13 посадочных мест,<br>принтер   | Adobe Flash Player 24 ActiveX, Version: 24.0.0.194, Publisher: Adobe Systems Incorporated, Size: 18,9 MB<br>Embarcadero RAD Studio 2010, Publisher: Embarcadero<br>Google Chrome, Version: 55.0.2883.87, Publisher: Google Inc., Install date: 2016-08-22<br>Microsoft Office Standard 2007, Version: 12.0.6612.1000, Product key: GFBV4-3QXPM-4BRWT-QJYFK-XB94D, Install date: 2014-09-29 |