



ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

Инженерный институт

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Методические рекомендации
для самостоятельной работы

НОВОСИБИРСК 2020

Теория механизмов и машин: метод. рекомендации для самостоятельной работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: И.В. Тихонкин, Е.А. Пшенов, С.А. Булгаков – Новосибирск, 2020. – 12 с.

Методические рекомендации содержат перечень изучаемых тем по курсу дисциплины «Теория механизмов машин», методических материалов, рекомендованных к использованию при подготовке и выполнении лабораторно-практических работ и расчетно-графической работы, вопросы для самостоятельного изучения и подготовке к зачету, а также список рекомендованной литературы.

Предназначены для студентов всех направлений подготовки Инженерного института очной и заочной форм обучения (Агроинженерия, Технология транспортных процессов, Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Профессиональное обучение (по отраслям), Техносферная безопасность).

Рекомендованы для студентов Агрономического факультета (Природообустройство и водопользование), Биолого-технологического факультета (Продукты питания животного происхождения, Технология продукции и организация общественного питания, Стандартизация и метрология, Продукты питания из растительного сырья), а также студентам, обучающимся по инженерным направлениям подготовки.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол от 29 сентября 2020 г. № 2)

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов рассматривается как одна из форм обучения, которая предусмотрена ФГОС и рабочим учебным планом по направлению подготовки. Целью самостоятельной (внеаудиторной) работы студентов является обучение навыкам работы с учебной и научной литературой, практическими материалами, необходимыми для изучения дисциплины «Теория механизмов и машин» и развития у них способностей к самостоятельному анализу полученной информации для выполнения расчетно-графической работы и подготовке к сдаче зачета.

Самостоятельная работа способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных студентами при изучении общетехнических дисциплин, расширению навыков пользования учебной и справочной литературой, приобретению навыков конструирования машин, изучение и практическое освоение общих принципов проектирования инженерных объектов.

Целью дисциплины «Теория механизмов и машин» является предоставление студентам знаний, умений и навыков, необходимых для последующего изучения специальных дисциплин и дальнейшей их практической деятельности в сфере инженерно-технического обеспечения производства.

В результате изучения дисциплины студент **должен овладеть следующими компетенциями:**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
<p><i>УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</i></p>	<p><i>ИУК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи</i> <i>ИУК-1.2 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи</i> <i>ИУК-1.3 Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки</i> <i>ИУК-1.5 Определяет и оценивает последствия возможных решений задачи</i></p>	<p>знать: – основные законы механики, методы расчета кинематических и динамических параметров движения механизмов, особенности установившихся и переходных режимов движения, структуру и алгоритм решения инженерной задачи, источники справочной информации;</p> <p>уметь: – анализировать исходную информацию, находить необходимые справочные данные, рассматривать возможные варианты решения инженерных задач; – определять и оценивать последствия возможных решений инженерных задач;</p> <p>владеть: – основными способами и методиками оценки последствий принятого инженерного решения</p>

<p><i>ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий</i></p>	<p><i>ИОПК-1.1 Демонстрирует знание основных законов математических, естественонаучных и общепрофессиональных дисциплин, необходимых для решения типовых задач в области агроинженерии</i></p> <p><i>ИОПК-1.2 Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии</i></p> <p><i>ИОПК-1.3 Применяет информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач в области агроинженерии</i></p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные виды механизмов, классификацию и их функциональные возможности и области применения; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, в т.ч. с применением прикладных программных продуктов; – разрабатывать алгоритмы анализа структурных и кинематических схем основных механизмов с определением кинематических и динамических параметров характеристик движения; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками применения информационно-коммуникационных технологий, специальных программ и баз данных при выполнении расчетов для решения профессиональных задач в агроинженерии;
<p><i>ОПК-5 Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности</i></p>	<p><i>ИОПК-5.2 Использует классические и современные методы исследования в агроинженерии</i></p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные методики проведения экспериментальных исследований и обработки результатов с использованием прикладного программного обеспечения; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в соответствии с инструкцией по эксплуатации подготовить оборудование, измерительные приборы и испытуемые образцы к проведению экспериментальных исследований; – оформлять отчеты по результатам проведенных исследований; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами проведения экспериментов на лабораторных установках, планирования и обработки результатов эксперимента, в т.ч. с использованием информационно-коммуникационных технологий;

Структура самостоятельной работы

Самостоятельная работа является важной составляющей дисциплины «Теория механизмов и машин», направлена на:

- подготовку к лабораторно-практическим занятиям;
- выполнение расчетно-графической работы;
- подготовку к промежуточному тестированию;
- подготовку к зачету.

Содержание разделов и тем

Раздел 1. Введение. Основные понятия механизмов и машин.

Тема 1.1. Связь науки о проектировании механизмов и машин с другими областями знаний, с общетеоретическими и специальными дисциплинами. История развития науки о механизмах и машинах. Основные понятия: машина, механизм, кинематическая цепь, звено, кинематическая пара. Механизм как кинематическая основа технологических, энергетических, транспортных, информационных и других машин.

Тема 1.2. Структурный анализ механизмов. Классификация кинематических пар. Число степеней свободы механизма. Обобщенные координаты и начальные звенья механизма. Избыточные локальные и структурные связи. Местные и групповые подвижности в механизмах. Проектирование механизмов с оптимальной структурой путем устранения избыточных связей или введением тождественных связей. Метод сборки кинематической цепи для выявления избыточных связей. Структурный анализ и синтез механизмов наложением структурных групп по Ассуру. Структурные схемы манипуляторов.

Раздел 2. Классификация плоских механизмов и их кинематические характеристики

Тема 2.1. Основные виды механизмов, используемых в современном машиностроении. Механизмы с геометрическими, гибкими, гидравлическими, пневматическими и другими связями между звеньями. Входные и выходные звенья механизма. Кинематические передаточные функции и отношения (аналоги линейных и угловых скоростей и ускорений).

Тема 2.2. Графические, численные и аналитические методы вычисления кинематических передаточных функций.

Кинематическое исследование плоских рычажных механизмов графическим методом с помощью кинематических диаграмм. Кинематическое исследование плоских шарнирно-рычажных механизмов графоаналитическим методом с помощью планов скоростей и ускорений. Метод центроид для определения кинематических характеристик механизмов с высшими парами. Метод векторных цепей, в том числе векторного замкнутого контура. Метод преобразования координат с использованием матриц перехода. Метод векторных уравнений и их графическое решение в форме планов положений, скоростей и ускорений. Особенность анализа кинематики пространственных механизмов, манипуляторов.

Примеры определения кинематических характеристик основных видов механизмов: кривошипно-ползунных (плоских и пространственных), четырехшарнирных, кулисных, кулачковых, зубчатых и планетарных, пространственных механизмов промышленных роботов и манипуляторов. Связь кинематических характеристик механизмов с надежностью машин. Примеры разработки алгоритмов для кинематического анализа групп и механизмов.

Раздел 3. Синтез зубчатых механизмов.

Тема 3.1. Виды зубчатых механизмов. Основная теорема плоского зацепления. Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса. Эвольвентное зацепление и его свойства. Механизмы, составленные из зубчатых колес.

Круглые цилиндрические зубчатые колеса, области применения и их геометрический расчет. Конические зубчатые передачи, области применения и их геометрический расчет. Винтовые и червячные передачи и особенности расчета их геометрии. Гипоидная зубчатая передача и ее геометрические параметры.

Тема 3.2. Методы и расчеты нарезания зубчатых колес. Расчет основных геометрических параметров зубчатой пары колес внешнего эвольвентного зацепления. Геометрические показатели качества зацепления.

Тема 3.3. Кинематика многозвенных зубчатых механизмов. Дифференциальные и планетарные зубчатые механизмы. Зубчатые механизмы с неподвижными осями колес. Синтез планетарных зубчатых передач. Волновые зубчатые передачи и их геометрический расчет. Синтез трехзвенных пространственных зубчатых механизмов.

Раздел 4. Синтез кулачковых механизмов.

Тема 4.1. Общие понятия. Виды и назначения кулачковых механизмов. Фазовые углы. Законы движения выходного звена кулачкового механизма. Угол давления в кулачковом механизме. Определение основных размеров кулачковых механизмов. Построение профиля кулачка различных видов кулачковых механизмов методом обращения движения.

Раздел 5. Динамический анализ механизмов и машин.

Тема 5.1. Силовой анализ механизмов. Классификация сил, действующих в механизмах. Метод кинетостатики. Определение сил инерции звеньев механизма. Условия статической определимости кинематической цепи. Общий план силового расчета механизма. Теорема Н.Е. Жуковского о рычаге.

Тема 5.2. Исследование движения механизмов под действием заданных сил. Установившееся и неустойчивое движение машины. Приведение сил масс. Уравнения движения механизма. Динамический анализ механизмов.

Тема 5.3. Трение в кинематических парах. Определение трения. Виды трения. Трение в поступательной и вращательной кинематических па-

рах. Трение качения. Определение потерь мощности на преодоление сил трения в кинематических парах механизма.

Тема 5.4. КПД механизма. Основные определения. КПД и явление самоторможения в механизмах. КПД при различных способах присоединения нескольких механизмов. КПД наклонной плоскости и винтовой пары.

Тема 5.5. Уравновешивание сил инерции вращающихся звеньев. Уравновешивание сил инерции. Статическая и динамическая балансировка роторов. Балансировка на машинах.

Раздел 6. Манипуляторы и промышленные роботы.

Тема 6.1. Основные определения. Схема манипулятора и промышленного робота. Схемы манипуляторов сельскохозяйственных роботов. Структура и геометрические характеристики манипулятора. Кинематика манипуляторов.

Выполнение и защита лабораторных работ

Лабораторные работы по дисциплине охватывают следующие разделы курса: структура плоских рычажных механизмов, кинематика многозвенных зубчатых механизмов с неподвижными осями колёс и планетарных передач, нарезание эвольвентных профилей зубчатых колёс методом огибания, динамическая балансировка вращающегося ротора. По каждой лабораторной работе даны краткие сведения из теории, цель работы, описание лабораторного оборудования, конкретные методические указания практического характера, пример выполнения работы и контрольные вопросы, указывающие, что должен знать и уметь студент при защите выполненной работы.

Рекомендации по оформлению отчета о выполнении лабораторной работы, содержание, пример выполнения, контрольные вопросы и критерии качественно выполненной работы приведены в методических указаниях:

Теория механизмов и машин: метод. указания по выполнению лабораторных работ / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост. С.А. Булгаков, Е.А. Пшенов, И.В. Тихонкин. – Новосибирск, 2020. – 52 с. изд. перераб. и доп.

Выполнение и защита расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа – это наиболее эффективный метод оценки знаний студентов и проверке усвоенного материала. Проведение расчетно-графических работ позволяет определить способности студентов к логическому мышлению и изложению определенной точки зрения по конкретным проблемам дисциплины. Такие работы показывают, насколько студенты владеют умением использовать приобретенные знания в процессе анализа конкретных проблем.

Расчетно-графическая работа по дисциплине «Теория механизмов и машин» состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Рекомендации по написанию расчетно-графических работ, темы, требования к оформлению и критерии качественно выполненной работы приведены в методических указаниях:

Теория механизмов и машин: задания и метод. указания для расчетно-графической работы / Новосибир. гос. аграр. ун-т; Инженер. ин-т; сост.: С.А. Булгаков, Е.А. Пшенов, И.В. Тихонкин. – Новосибирск, 2020. – 68 с. изд. перераб. и доп.

Структура и содержание расчетно-графической работы:

1. Структурный анализ механизмов
2. Кинематический анализ плоского рычажного механизма
3. Геометрический синтез плоского рычажного механизма
4. Кинематика и КПД зубчатой передачи
5. Силовой анализ и КПД механизма
6. Рычаг Жуковского
7. Динамический анализ механизма

Расчетно-графическая работа предъявляется преподавателю в соответствии с графиком самостоятельной работы и согласовывается с учебной группой. Защита расчетно-графической работы состоит в том, что автор кратко докладывает о сущности выполненной работы, останавливаясь на поставленной цели и задачи, особенностях ее решения. После этого студент должен ответить на контрольные вопросы по итогам выполненной им работы. Оценка расчетно-графической работы производится с учетом полноты расчетной записки, качества выполнения графической части и ее защиты. В случае неудовлетворительной оценки студенту выдается новое задание, а в отдельных случаях предлагается переработать ранее расчетно-графическую работу.

Вопросы для самоконтроля и подготовки к зачету по дисциплине

1. Что называется звеном механизма? Приведите примеры звеньев, которые встречаются в технике.
2. Что называется кинематической парой? Приведите примеры кинематических пар, которые встречаются в технике.
3. Что называется числом степеней свободы механической системы и как оно определяется для плоских механизмов?
4. В чём заключается принцип образования плоских рычажных механизмов (принцип Л.В. Ассура)?
5. Какая кинематическая цепь называется структурной группой (группой Ассура)? Изобразите примеры структурных групп.
6. Перечислите основные задачи кинематического анализа механизмов.
7. В какой последовательности выполняется кинематический анализ рычажного механизма, состоящего из нескольких структурных групп?
8. Составьте векторное уравнение, связывающее скорости двух точек одного и того же звена.

9. Составьте векторное уравнение, связывающее скорости точек звеньев, образующих поступательную кинематическую пару.

10. В чём заключается свойство подобия планов положения, скоростей и ускорений звена механизма?

11. Перечислите основные задачи динамического исследования механизмов.

12. Перечислите силы, действующие в механизмах, и дайте их краткую характеристику.

13. В чём заключается метод кинетостатики, который используется при силовом расчёте механизмов?

14. В какой последовательности выполняется силовой расчёт механизма?

15. По каким формулам определяются главный вектор и главный момент сил инерции звена механизма?

16. Что называется рычагом Н.Е. Жуковского для данного механизма и для чего применяется теорема Жуковского о рычаге?

17. Какие фазы работы механизма можно выделить от момента начала его движения до полной его остановки?

18. Какое энергетическое условие необходимо для установившегося движения механизма?

19. Как определяется кинетическая энергия звена и кинетическая энергия механизма в целом?

20. Какие причины приводят к неравномерности движения машины, и какие способы существуют для регулирования колебаний угловой скорости главного вала машины?

21. Какие условия необходимы для полной (динамической) уравновешенности вращающегося ротора?

22. Что называется углом трения и какая существует связь между углом трения и коэффициентом трения скольжения?

23. Что называется механическим коэффициентом полезного действия механизма?

24. Как определить коэффициент полезного действия агрегата, состоящего последовательно соединённых между собой механизмов?

25. Перечислите виды кулачковых механизмов и укажите их достоинства и недостатки.

26. Что называется модулем зубчатого колеса?

27. Какие существуют методы нарезания зубчатых колёс и, и в чём заключается их сущность?

28. Какие геометрические показатели характеризуют качество зацепления пары зубчатых колёс?

29. Что называется передаточным отношением механизма, и как оно определяется для пары зубчатых колёс, а также для многоступенчатой передачи?

30. Изобразите схему, какой-либо планетарной зубчатой передачи, и запишите формулу для определения её передаточного отношения.

31. Статическая и динамическая балансировка вращающегося ротора. Какие параметры определяются при полной уравновешенности вращающегося ротора?

32. Как определить потери мощности на трение в поступательной и вращательной кинематических парах?

33. КПД механизма. Особенности определения для различных видов соединений механизмов?

34. КПД и явление самоторможения в механизмах. Приведите примеры?

35. Регулирование движения машины. Приведите примеры для различных видов и их характеристики?

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Литература:

1. Теория механизмов и машин: учебное пособие / Белов М.И., Сорокин С.В., – 2-е изд. – М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 322 с.: 60x90 1/16 (Переплёт) ISBN 978-5-369-01742-5 – Текст: электронный: URL: <http://znanium.com/catalog/product/945036> (*ЭБС ИНФРА-М*)
2. Теория механизмов и машин (проектирование и моделирование механизмов и их элементов): учебник. / Соболев А.Н., Некрасов А.Я., Схиртладзе А.Г. – М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 256 с.: – (Бакалавриат) – Текст: электронный: URL: <http://znanium.com/catalog/product/949269> (*ЭБС ИНФРА-М*).
3. Теория механизмов и машин: лабораторный практикум / А.Н. Соболев, А.Я. Некрасов, Ю.И. Бровкина, А.Г. Схиртладзе. – Москва: КУРС, 2018. – 160 с. – ISBN 978-5-9-06818-15-7. – Текст: электронный: URL: <http://znanium.com/catalog/product/1017367> (*ЭБС ИНФРА-М*).
4. Теория механизмов и машин: учеб. пособие / О.В. Мкртычев. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2019. – 553 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст: электронный: URL: <http://znanium.com/catalog/product/980126> (*ЭБС ИНФРА-М*)
5. Чмиль, В.П. Теория механизмов и машин: учебно-методическое пособие / В.П. Чмиль. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 280 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/91896> (*ЭБС ЛАНЬ*).

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины и самостоятельной работы:

1. Евдокимов Ю.И. Теория механизмов и машин. Часть 1: Структура, кинематика и кинетостатика механизмов: курс лекций / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. - Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2020. – 96 с.
2. Евдокимов Ю.И. Теория механизмов и машин. Часть 2: Зубчатые и кулачковые механизмы: курс лекций / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2020. – 104 с.
3. Евдокимов Ю.И. Теория механизмов и машин. Часть 3: Динамика механизмов и машин: курс лекций / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. - Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2020. – 66 с.
4. Теория механизмов и машин: задания и метод. указания для расчетно-графической работы / Новосибир. гос. аграр. ун-т; Инженер. ин-т; сост.: С.А. Булгаков, Е.А. Пшенов, И.В. Тихонкин. – Новосибирск, 2020. – 68 с. изд. перераб. и доп.
5. Теория механизмов и машин: метод. указания по выполнению лабораторных работ / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост. С.А. Булгаков, Е.А. Пшенов, И.В. Тихонкин. – Новосибирск, 2020. – 52 с. изд. перераб. и доп.
6. Теория механизмов и машин: словарь терминов и определений / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост. Ю.И. Евдокимов, О.И. Осипова – Новосибирск, 2020. – 20 с. изд. перераб. и доп.
7. Теория механизмов и машин: сборник тестов для контроля знаний студентов / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост. Ю.И. Евдокимов, О.И. Осипова – Новосибирск, 2020. – 56 с. изд. перераб. и доп.

Составители: *Тихонкин Игорь Васильевич*
Пишенов Евгений Александрович
Булгаков Сергей Алексеевич

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН
Методические указания
для самостоятельной работы

Редактор Н.К. Крупина
Компьютерная вёрстка С.А. Булгаков

Подписано в печать 29 сентября 2020 г.
Формат 84×108/32. Объем 0,75 уч.-изд. л
Тираж 50 экз.

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института
630039, Новосибирск, ул. Никитина 147