

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

Ю.Н. РЫБЖИК
« 06 » _____ 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория механизмов и машин

по направлению подготовки

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль) подготовки :

Промышленная и специальная робототехника

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.02.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП


Г.Р. Шрагер

Председатель УМК


В.А. Скрипняк

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-9 – Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование;
- ОПК-12 – Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей;
- ПК-2 – Способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 9.1 Знать нормативные документы по совершенствованию мехатронных и робототехнических систем, методы и средства поверки (калибровки) и юстировки средств измерения, правила проведения метрологической и нормативной экспертизы документации.

ИОПК 9.2 Уметь применять методы и средства поверки (калибровки) и юстировки средств измерения, правила проведения метрологической и нормативной экспертизы документации.

ИОПК 12.1 Знать способы монтажа, наладки, настройки и требования эксплуатации опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.

ИОПК 12.2 Уметь осуществлять монтаж, наладку, настройку и сдачу опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.

ИПК 2.3 Владеть методами обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также их проектирования.

2. Задачи освоения дисциплины

- Освоить анализ и синтез механизмов и машин.
- Научиться применять понятийный аппарат дисциплины для решения практических задач профессиональной деятельности: проводить анализ механизмов, определять кинематические, силовые и динамические характеристики механизмов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Седьмой семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, Физика, Инженерная и компьютерная графика, Основы мехатроники и робототехники, Теоретическая механика.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 24 ч.

-практические занятия: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Структурный анализ и классификация механизмов.

Введение. Теория механизмов и машин – научная основа создания новых механизмов и машин. Основные проблемы и задачи теории механизмов и машин. Этапы развития науки о проектировании механизмов, машин и систем машин. Содержание дисциплины “Теория механизмов и машин” и ее значение для инженерного образования. Связь теории механизмов и машин с другими областями знаний. История развития науки о механизмах и машинах. Роль отечественных ученых в создании научных школ. Перспективы развития науки о механизмах и машинах. Структура механизмов. Классификация механизмов. Составление кинематических схем механизмов. Структурный состав механизма.

Тема 2. Кинематический анализ механизмов.

Задачи кинематики механизмов. Аналитический метод исследования механизмов. Метод планов. Кинематическое исследование рычажных механизмов. Кинематический анализ зубчатых механизмов.

Тема 3. Силовой анализ механизмов.

Назначение силового расчета. Характеристика сил, действующих на звенья механизмов. Условие статической определимости кинематических цепей. Последовательность силового анализа механизмов. Силовой анализ механизмов с учетом трения в кинематических парах. Метод Жуковского. Мгновенный и общий коэффициенты полезного действия (КПД) механизма. Условие самоторможения и заклинивания механизма. КПД механизмов.

Тема 4. Динамический анализ механизмов.

Динамика работы механизмов, определение действующих сил (моментов), уравнения движения механизмов.

Тема 5. Синтез рычажных механизмов.

Основная задача синтеза механизмов с низшими кинематическими парами. Синтез четырехзвенного механизма. Условие существования кривошипа. Траектории точек звеньев.

Тема 6. Зубчатые механизмы.

Кинематический анализ зубчатых механизмов.

Тема 7. Роботы и манипуляторы.

Промышленные роботы и манипуляторы. Относительные движения звеньев манипулятора. Связь между управляющим и исполнительным механизмами. Планетарные редукторы в составе роботов и мехатронных систем. Проектирование манипуляторов промышленных роботов.

Тема 8. Захватные устройства манипуляторов.

Проектирование механических хватных устройств.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в седьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса (проверяющих сформированность ИОПК-9.1, ИОПК-9.2, ИОПК -12.1, ИОПК-12.2, ИПК-2.3). Продолжительность зачета 1 час.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценки «зачтено» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий (контрольные работы, тесты, домашние задания), предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

Примерный перечень теоретических вопросов.

1. Структура механизмов. Основные определения.
2. Классификация механизмов.
3. Классификация плоских механизмов Ассура-Артоболевского
4. Аналитическое определение положений скоростей и ускорений звеньев механизма.
5. Планы положений, скоростей и ускорений механизмов.
6. Кинематический анализ зубчатых передач.
7. Применение рычажных механизмов в роботах.
8. Применение зубчатых механизмов в роботах.
9. Силовой анализ механизмов.
10. Приведение сил (моментов) и масс (моментов инерции) в механизмах.

Вопросы для контрольных заданий.

1. Дайте определение машины, механизма (приведите примеры нескольких механизмов).
2. Что называется звеном?
3. Что называется кинематической парой?
4. Что называется кинематической цепью?
5. В чем различие между высшими и низшими парами с различным числом условий связи, накладываемых на относительное движение звеньев?
6. Укажите физический смысл величины W .
7. Как определить W пространственного механизма?
8. Изобразите структурные схемы плоского и пространственного механизмов и определите их число степеней свободы.
9. Что называется избыточными связями в замкнутой кинематической цепи?
10. Что называется синтезом механизма?
11. Что входит в задачи структурного синтеза механизмов?
12. Расскажите о структурной классификации механизмов с низшими кинематическими парами в трехмерном трехподвижном пространстве.
13. Дайте определение группы Ассура.
14. Что определяет порядок структурной группы?
15. Что называется начальным механизмом? Назовите известные начальные механизмы.
16. Как построить графически функцию положения механизма и ее производные?
17. Как рассчитать масштабы кинематических диаграмм?

18. Как определить величину и направление угловых скоростей и угловых ускорений звеньев?
19. Как аналитически определить функцию положения, передаточные функции скорости и ускорения ползуна кривошипно-ползунного механизма?
20. В чем заключаются преимущества и недостатки аналитического и графоаналитического методов кинематического анализа?
21. Чем отличается статический силовой расчет от кинетостатического?
22. Как используется принцип Д'Аламбера в силовом расчете механизмов?
23. Запишите уравнения кинетостатики для одного из звеньев механизма.
24. Расскажите о методе определения угловых ускорений звеньев при силовом расчете механизма.
25. Как определить величину и направление главных векторов и главных моментов сил инерции каждого из звеньев стержневого механизма?
26. Сколько уравнений кинетостатики необходимо записать для проведения силового расчета кривошипно-ползунного (четырёхшарнирного) механизма?
27. В какой последовательности необходимо выполнять силовой расчет четырёхшарнирного механизма, если задан момент нагрузки на выходном звене?
28. Что называют зубчатым колесом?
29. Расскажите об основных элементах зубчатого колеса.
30. Какие методы изготовления зубчатых колес вы знаете?
31. Каковы особенности цилиндрических косозубых колес?
32. Как нарезают косозубые цилиндрические колеса?
33. Какой зубчатый механизм называется сложным?
34. Какой механизм называется планетарным?
35. Что такое манипулятор, промышленный робот?
36. Для чего предназначены промышленные роботы?
37. В чем заключаются особенности структуры кинематических цепей манипуляторов промышленных роботов?
38. От чего зависят двигательные возможности манипулятора промышленного робота?
39. Что такое подвижность манипулятора? Как определяется подвижность манипулятора?
40. Дать определение рабочего пространства, зоны обслуживания манипулятора.
41. Какие задачи включает в себя расчет механических захватных устройств?
42. Записать уравнение равновесия в форме сил для группы Ассур, образующей ведомую часть механического захватного устройства.

Примеры тестовых вопросов для контрольных работ по дисциплине "Теории механизмов и машин"

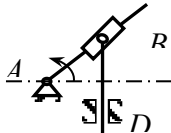
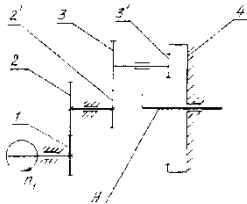
1. Что такое кинематическая пара механизма? Это ...
 - А) два звена механизма;
 - Б) соединение двух звеньев, допускающее их относительное движение;
 - В) линия, по которой происходит соприкосновение двух звеньев.
2. Зубчатые механизмы, уменьшающие скорость, называются _____.
3. Незамкнутые (открытые) цепи находят применение ...
 - А) в манипуляторах;
 - Б) в приводах;
 - В) в винтомоторных агрегатах.
4. Формула Чебышева?

- А) $W=3n-2P_5-P_4$
 Б) $W=6n-5P_5+4P_4-3P_3+2P_2-P_1$
 В) $W=3n+2P_5+P_4$
5. Механизмы, увеличивающие скорость, называются _____.
6. Механизмы пантографов применяются
 А) в прямолинейно-направляющих механизмах манипуляторов;
 Б) в механизмах гидроцилиндров;
 В) в зубчатых механизмах.
7. Передаточное отношение – это ...
 А) отношение угловых скоростей колес;
 Б) отношение кинематических пар.
8. Планетарный зубчатый механизм – это ...
 А) механизм, содержащий колеса с подвижными осями;
 Б) механизм, содержащий колеса с неподвижными осями;
 В) механизм, содержащий три зубчатых колеса.
9. Водило – это ...
 А) звено несущее ось сателлита;
 Б) центральное колесо;
 В) колесо с подвижной осью.
10. Структурная группа Ассура – это такая кратчайшая кинематическая цепь, образованная _____ парами _____ класса, при присоединении которой к любому плоскому механизму степень его подвижности не меняется.
11. Класс группы Ассура определяется классом _____ контура, входящего в неё.
12. Вид группы Ассура определяется сочетанием _____ и _____ кинематических пар в данной группе.

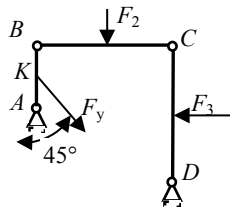
Темы, выносимые на самостоятельную проработку и подготовку рефератов, представлены ниже:

1. Кинематическое исследование сложных зубчатых механизмов.
2. Назначение кулачковых механизмов.
3. Планетарные редукторы в составе роботов и мехатронных систем.
4. Проектирование механических захватных устройств.

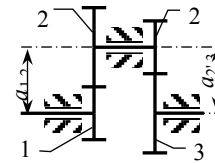
Примеры задач для контрольных работ по дисциплине "Теории механизмов и машин"

<p>Задача 1. Провести структурный анализ механизма (классифицировать звенья, КП, выделить группы Ассура, найти степень подвижности). Записать уравнения для определения скорости точки внутренней КП первой присоединенной группы Ассура по методу планов.</p> 	<p>Задача 2. Определить передаточное отношение $i_{1,H}$. Числа зубьев $Z_1, Z_2, Z_2', Z_3, Z_3'$ – известны. Все зубчатые колеса планетарной ступени имеют одинаковый модуль.</p> 
--	---

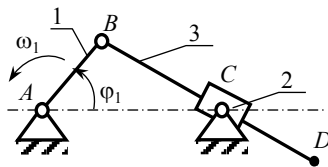
Задача 3. Определить реакции во всех кинематических парах и величину уравновешивающей силы. $L_{AB}=100$ мм, $F_2=F_3=200$ Н, $L_{BC}=L_{CD}=200$ мм, $AK=50$ мм.



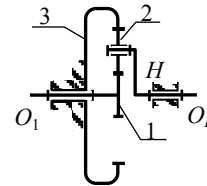
Задача 4. Определить передаточное отношение $i_{1,3}$ и расстояния $a_{1,2}$ и $a_{2,3}$ между осями колес зубчатой передачи, если зубья всех колес имеют модуль $m=10$ мм, а числа зубьев колес соответственно $z_1=20$, $z_2=40$, $z_2'=15$, $z_3=45$.



Задача 5. Найти абсолютные значения скорости и ускорения точки D кривошипного механизма с качающимся ползуном. Известно: $l_{AB}=30$ мм, $l_{AC}=60$ мм, $l_{BD}=120$ мм, $\varphi_1=150^\circ$, $\omega_1=\text{const}=40$ сек⁻¹.



Задача 6. Определить числа оборотов в минуту водила H и сателлита 2, если вал 1 вращается с частотой $n_1=120$ об/мин, а числа зубьев колес соответственно $z_1=40$, $z_2=20$, $z_3=80$.



11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22384>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Темы практических занятий по дисциплине:

Структурный анализ и классификация механизмов

Кинематический анализ механизмов

Силовой анализ механизмов

Динамический анализ механизмов

Синтез зубчатых механизмов

Захватные устройства манипуляторов

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа предполагает: работу с теоретическими материалами, повторение пройденного материала по конспектам лекций, ознакомление с рекомендованным списком источников и литературы, подготовка рефератов и докладов (устных выступлений, сообщений, презентаций) по предложенным темам. Успешное освоение программы курса предполагает прочтение ряда оригинальных работ с теоретическими материалами.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Горбенко Т. И. Практикум по теории механизмов и машин : [учебное пособие] / Горбенко Т. И., Горбенко М. В. ; Том. гос. ун-т. – Томск : Томский государственный университет, 2012. – 219 с.

– Чмиль В. П. Теория механизмов и машин : учебно-методическое пособие / В. П. Чмиль. – СПб. : Лань, 2016. – 280 с. – Режим доступа ЭБС Лань: <http://e.lanbook.com/book/86022>

– Теория механизмов и машин. Проектирование элементов и устройств технологических систем электронной техники : учебник для бакалавриата и магистратуры / Ивашов Е. Н., Лучников П. А., Сигов А. С., Степанчиков С. В. ; под ред. А. С. Сигова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2016. – 369 с. – Режим доступа ЭБС Юрайт: <https://www.biblio-online.ru/book/39A9EDCC-5C89-4783-8DA8-81321BE4907E>

– Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин : [учебник] / И. И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Альянс, 2012. – 639 с.

б) дополнительная литература:

– Горбенко Т. И. Практикум по теории механизмов и машин : учебное пособие / Т. И. Горбенко, М. В. Горбенко ; Том. гос. ун-т, Ин-т дистанционного образования. – Томск : ИДО ТГУ, 2010. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000405287>

– Горбенко Т.И., Горбенко М.В. Практикум по теории механизмов и машин (учебно-методический комплекс) / Т.И. Горбенко. – Томск : ИДО ТГУ, 2010. 1 CD-R – 9.74 МБ, 17 презентаций с анимацией, PowerPoint, 2.3 МБ.

– Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие / А. П. Лукинов. – СПб. [и др.] : Лань, 2012. – 605 с.: ил. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2765

– Котов Е.А. Исследование динамики манипуляционных систем / Е.А. Котов, А.В. Назарова, Т.П. Рыжова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – 53 с.

– Артоболевский И. И. Сборник задач по теории механизмов и машин : [учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов] / И. И. Артоболевский, Б. В. Эдельштейн. – 3-е изд., стер. – М. : Альянс, 2009. – 255 с.

– Чусовитин, Н. А. Теория механизмов и машин : учебное пособие для академического бакалавриата / Н. А. Чусовитин, В. П. Гилета, Ю. В. Ванаг. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2018. – 175 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-06421-6. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://biblio-online.ru/bcode/411686> (дата обращения: 23.06.2019).

– Теория механизмов и машин: учебное пособие на англ. яз. / авт.-сост. В. Г. Копченков. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2018. – 187 с.

Theory of mechanisms and machines: guidelines for laboratory, practical and calculated-graphical works / autor-originator V. G. Kopchenkov. – Stavropol: Publisher NCFU, 2018. – 187 p. – URL: <https://www.book.ru/view3/930803/1> (дата обращения 23.06.2019).

в) ресурсы сети Интернет:

– Горбенко Т.И., Горбенко М.В. Практикум по теории механизмов и машин (учебно-методический комплекс) / Т.И. Горбенко. – Томск: ИДО ТГУ, 2010. <http://edu.tsu.ru/eor/resource/118/tpl/index.html>.

– Горбенко Т. И. Инновации в промышленности: мехатроника и робототехника : массовый открытый онлайн-курс / Т. И. Горбенко, М. В. Горбенко ; Том. гос. ун-т. - Томск: Томский государственный университет, 2015. URL: <https://www.coursera.org/learn/innovations-in-industry-robotics#syllabus>

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>
- в) профессиональные базы данных (*при наличии*):
- Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>
 - Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) – <https://www.fedstat.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, оснащенная компьютерной техникой.

Аудитории для проведения занятий по практике, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенные компьютерной техникой.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Горбенко Татьяна Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент, Томский государственный университет, Физико-технический факультет, кафедра Прикладной газовой динамики и горения, доцент.