

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

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Л. В. Гензе

Рабочая программа дисциплины

Устойчивость и управление движением

по направлению подготовки / специальности

01.03.03 Механика и математическое моделирование

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Теоретическая, вычислительная и экспериментальная механика

Форма обучения

Очная

Квалификация

Механик. Преподаватель физико-математических дисциплин

Год приема

2024, 2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Л.В. Гензе

Председатель УМК

Е.А. Тарасов

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук и механики в профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает типовые постановки задач математики и механики, классические методы решения, теоретические основы методов и границы их применимости

РООПК-1.2 Способен адаптировать известные математические методы для решения поставленной задачи в области математики и механики

РООПК-1.3 Способен провести решение поставленной задачи в области математики и механики с использованием полученных фундаментальных знаний и получить результат

2. Задачи освоения дисциплины

Задача 1: Студент будет обладать знаниями основных понятий, представлений, теорем и методов по разделам «Общая теория устойчивости», «Управление движением».

Задача 2: Студент будет способен выбирать учебные и научные источники информации по разделам дисциплины.

Задача 3: Студент будет способен применить модели и методы, изучаемых в дисциплине

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

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

Восьмой семестр, зачет

Девятый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, алгебра, дифференциальные уравнения, теоретическая механика, аналитическая механика, уравнения математической физики, функциональный анализ, вариационное исчисление и методы оптимизации.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 48 ч. Из них 16 часов лекций в 8 семестре и 32 часа лекций в 9 семестре

-практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 80 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Раздел 1. Общая теория устойчивости

Тема 1. Проблема устойчивости

Краткое содержание темы. История постановки проблемы устойчивости, устойчивость равновесия и устойчивость движения. Работы Ляпунова и его предшественников.

Тема 2. Уравнения возмущенного движения

Краткое содержание темы. Фазовые пространства, постановка задачи устойчивости по Ляпунову, уравнения возмущенного движения, функции Ляпунова, уравнения первого приближения

Тема 3. Теоремы об устойчивости движения

Краткое содержание темы. Теоремы Ляпунова об устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости. Теоремы Барбашина-Красовского об асимптотической устойчивости и теорема Красовского о неустойчивости. Теоремы Ляпунова об асимптотической устойчивости и неустойчивости по первому приближению. Критерии устойчивости. Критерий Рауса-Гурвица и метод D-разбиений.

Тема 4. Устойчивость линейных систем

Краткое содержание темы. Теория Флоке-Ляпунова. Теоремы Ляпунова об асимптотической устойчивости и неустойчивости по первому приближению для периодических систем. Критерий локализации корней полиномов внутри единичного круга. Орбитальная устойчивость, теоремы Ляпунова и Пуанкаре. Устойчивость линейных гамильтоновых систем. Примеры локализации корней полиномов на мнимой оси и на единичной окружности.

Раздел 2. Управление движением

Тема 5. Управляемые динамические системы

Краткое содержание темы. Математическая модель управляемой системы. Программное управление и управление с обратной связью. Соответствие математической и физической моделей.

Тема 6. Управляемость и наблюдаемость

Краткое содержание темы. Управление в отклонениях, понятие о следящей системе. Управляемость. Критерий управляемости для стационарных управляемых систем. Наблюдаемость. Критерий наблюдаемости стационарных систем. Теорема о стабилизации вполне управляемой системы с известным вектором состояния при помощи обратных связей. Стабилизация по оценке и асимптотическая устойчивость замкнутой системы. Декомпозиция по управлению. Инвариантные управляемые подпространства. Декомпозиция по наблюдению. Инвариантные ненаблюдаемые подпространства. Стабилизация стационарной не вполне управляемой и не вполне наблюдаемой системы.

Тема 7. Управления движением различных систем в механике, физике, биологии и экономике

Краткое содержание темы. Приложения теории управления движением к различным задачам.

9. Текущий контроль по дисциплине

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

Индивидуальное задание №1: Отчет по научной англоязычной статье, связанной с курсом «Устойчивость и управление движением».

Формируемые индикаторы – РООПК 1.3

Целью задания является подготовка отчета по реализации задачи управления движением из выбранной научной англоязычной статьи, в которой такая задача была представлена с целью комплексной оценки умения студентов находить, перерабатывать и реализовывать решения по имеющемуся материалу в рамках раздела "Управление движением". Работы будут оцениваться на основе отчета и беседы со студентом по статье. Для успешного прохождения задания необходимо:

1. Воспользоваться доступными источниками информации для поиска подходящей статьи.

2. Реализовать задачу и её решение на любом языке программирования или с использованием вычислительных пакетов.

3. Подготовить отчет по проделанной работе.

4. Выложить найденную статью (в формате ПДФ) и отчет в специально созданный элемент Индивидуальное задание №1 в курсе на платформе lms.tsu до указанной преподавателем даты.

Критерии оценивания И.З. №1:

	0 баллов	1 балл	2 балла
Работа сдана	Позже срока	В срок	-
Использованные источники	Нет данных	Приведены один или два источника	Приведены три и более
Логика изложения материала	Отсутствует	Нарушается в ходе представления материала	Материал представлен логично
	0 баллов	5 баллов	10 баллов
Реализация	Отсутствует	Приведена реализация задачи, но возникли сложности с получением результатов	Задача реализована и проанализированы результаты

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет получается согласно рейтингу и набранным в восьмом семестре баллам. Для студентов, не набравших достаточное количество баллов, зачет проводится в устной форме по теоретическим вопросам для 1 раздела. Продолжительность зачета 45 минут.

Экзамен в девятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Студенту предлагается два варианта сдачи экзамена:

- Первый вариант представляет собой классический экзамен, студент получает случайный билет с двумя вопросами, в течение 45 минут готовит ответ, без использования дополнительных материалов, затем отвечает на вопросы экзаменатора. Экзаменатор имеет право задать студенту до 3 дополнительных вопросов по курсу. Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, где каждый балл это уверенный ответ на один из вопросов билета и уверенный ответ на дополнительный вопрос. В случае отсутствия уверенного ответа на основной вопрос, дополнительные вопросы дает студенту возможность заработать половину балла. Например – студент дал уверенный ответ на 1ый вопрос билета, с ответом на 2ой вопрос он испытывает затруднения, но уверенно ответив

на три дополнительных вопроса он получает баллы, необходимые для оценки «отлично». В случае затруднений при ответе на 2 основных вопроса, но уверенных ответах на все дополнительные вопросы студент получит оценку «хорошо». Неуверенный ответ на вопросы билета и неуверенные ответы на дополнительные вопросы означают, что студент может взять второй билет и повторить попытку ответа или получить оценку «удовлетворительно». Отсутствие каких-либо попыток ответить на вопросы билета не считается затруднениями, а студенту ставится оценка «неудовлетворительно».

• Второй вариант представляет собой экзамен для студентов, показавших высокий уровень ответственного отношения к учебе и отличные успехи в самостоятельном изучении представленных материалов в течение учебного года. Студентам предлагается самостоятельно выбрать тему, связанную с содержанием курса «Устойчивость и управление движением», до прихода на экзамен подготовить опорный конспект на чистых листах А4 и прийти с ними на экзамен. Ответом будет дискуссия с экзаменатором по выбранной теме, причем вопросы экзаменатора могут быть заданы как на глубину понимания выбранной темы, так и на широту знаний студента. В ходе дискуссии экзаменатор имеет право задать студенту любое количество дополнительных вопросов по выбранной теме. Итоговая оценка представляет собой субъективное мнение экзаменатора, но не может быть ниже оценки «удовлетворительно»

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» (семестр 8) - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=13192>
- б) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» (семестр 9) - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=13193>
- в) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М. Гос. изд. тех. теор. лит. 1952. 431с.
2. Б.П. Демидович Лекции по математической теории устойчивости. М.: Наука, 1967.
3. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. М. Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1976. 320с
4. Н. Руш, П. Абетс, М. Лалуа Прямой метод Ляпунова в теории устойчивости. М.: Мир, 1980.
5. Александров В.В., Злочевский С.И., Лемак С.С., Парусников Н.А. Введение в динамику управляемых систем. М.: Изд-во мех-мат МГУ, 1993.
6. Александров В.В., Болтянский В.Г., Лемак С.С., Парусников Н.А., Тихомиров В.М. Оптимальное управление движением. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.

б) дополнительная литература:

7. Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. М.: Мир, 1971.
8. С. Смейл Топология и механика // Успехи математических наук. 1972. Т. 27. № 2. С. 77-120.
9. Ногин В.Д. Теория устойчивости движения (учебное пособие). СПбГУ. 2008.

10. Математическое моделирование живых систем: [учеб. пособие] / под общ.ред. О.Э. Соловьевой; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал, федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2013. – 328 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- <https://teach-in.ru/course/mus/> Годовой курс «Механика управляемых систем». Предмет курса - современные методы анализа и синтеза управления движением механических систем.
- <https://teach-in.ru/course/mus-seminars> Семинары курса «Механика управляемых систем»,
- http://www.damc.ru/netcat_files/userfiles/books/comp_prac_6k.pdf Александров В.В., Бугров Д.И., Тихонова К.В. Задачи о детерминированном и хаотическом переходах в бистабильных системах на плоскости. Часть I. Детерминированный переход в бистабильной системе. Компьютерный практикум (учебное пособие). – М.: Издательство Московского университета 2017. – 44 с.
- <https://ocw.mit.edu/index.htm> – сайт открытых курсов MIT

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 On-eNote, 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/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

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

Тарасов Егор Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической механики.