

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

Ю.Н. Рыбжих
« 28 » 06 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Устойчивость движения и теория колебаний

по направлению подготовки

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

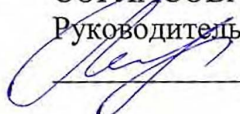
Направленность (профиль) подготовки :
Баллистика и гидроаэродинамика

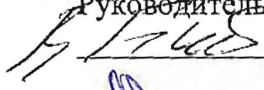
Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.08

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОПОП

Г.Р. Шрагер

Руководитель ОПОП

В.И. Биматов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-6 Способен использовать современные подходы и методы решения задач ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1 Знать теорию и основные законы в области естественнонаучных и инженерных дисциплин

ИОПК-1.2 Уметь применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИОПК-1.3 Уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

ИОПК-6.1 Знать основные способы учета аэродинамических и баллистических параметров при решении задач ракетно-космической техники

ИОПК-6.2 Уметь решать задачи ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров

ИОПК-6.3 Иметь навыки анализа влияния аэродинамических и баллистических параметров на эксплуатационные характеристики ракетно-космической техники

2. Задачи освоения дисциплины

– Владение студентами основных методов исследования устойчивости движения автономных и неавтономных систем, приемами обеспечения устойчивости движения таких систем и построения колебательных систем с требуемыми параметрами.

– Приобретение основ фундаментальных знаний и представлений об устойчивости движения динамических систем, умение ставить теоретическую задачу, анализировать и выявлять параметры, необходимые для ее решения; применение полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности.

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

Седьмой семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Физика», «Математический анализ», «Теоретическая механика», «Информатика», «Теория вероятностей и математическая статистика»

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

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

-лекции: 14 ч.

-практические занятия: 20 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Устойчивость механических, электрических, физических и других систем. Устойчивость экологических систем и влияние на нее человеческого общества. Основные определения математической теории устойчивости. Возмущенное движение. Составление уравнений возмущенного движения. определение устойчивости по Ляпунову. Функции Ляпунова. Критерий Сильвестра. Теоремы Ляпунова об устойчивости и асимптотической устойчивости. Теоремы Ляпунова и Четаева о неустойчивости. Некоторые методы построения функций Ляпунова. Устойчивость по первому приближению автономных систем. Постановка задачи. Получение уравнений первого приближения. теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Критерий Гурвица. Критерий Рауса.

Тема 2. Устойчивость линейных автономных систем. Элементарные делители. Нормальная диагональная форма матрицы. Клетка Жордана. Нормальная функция Жордана. Канонические уравнения, их решения. Основные теоремы об устойчивости движения линейных систем. Влияние структуры сил на устойчивость движения. Классификация сил по их математической структуре. Коэффициенты устойчивости. Влияние диссипативных и гироскопических сил на устойчивость движения потенциальной системы. Теоремы Томсона и Тета. Устойчивость движения под действием только гироскопических и диссипативных сил. Движение под действием неконсервативных сил; потенциальных и неконсервативных сил. Устойчивость движения системы, находящейся под действием всех сил.

Тема 3. Устойчивость периодических движений. Функции Ляпунова для неавтономных систем. Обобщенный критерий Сильвестра. Основные теоремы прямого метода для неавтономных систем. Устойчивость линейных систем с периодическими коэффициентами. Уравнение Хилла. Устойчивость решений уравнения Хилла. Уравнение Матье. Устойчивость решений уравнения Матье. Зоны устойчивости. Параметрические колебания, параметрический резонанс.

Тема 4. Теория колебаний. Линейные колебания. Гармонический осциллятор, демпфирование, вынужденные колебания, резонанс. Нелинейные колебания. Метод Линдштедта. Решение уравнения Дюффинга. Метод Ван-дер-Поля. Фазовый портрет. Собственные колебания в системах, близких к линейным. Метод Крылова-Боголюбова. Построение первого и второго приближений. Нелинейные системы с медленно меняющимися параметрами. Стационарные амплитуды и их устойчивость. Метод Пуанкаре. Исследование устойчивости решения. Понятие о многочастотных системах.

Практические занятия

1. Второй метод Ляпунова для установившихся движения (тема 1).
2. Критерии устойчивости по первому приближению для установившихся движений (тема 1).
3. Устойчивость линейных автономных систем. (тема 2)
4. Влияние структуры сил на устойчивость движения (тема 2).
5. Устойчивость периодических движений (тема 3).
6. Теория колебаний (тема 4).

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

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций:

Темы рефератов

1. Понятие устойчивости движения
2. Функции Ляпунова, их свойства.
3. Критерий Сильвестра.
4. Модель возмущенного движения.
5. Условия устойчивости невозмущенного движения.
6. Условия асимптотической устойчивости.
7. Устойчивость по первому приближению
8. Критерий Гурвица.
9. Классификация сил, действующих на движущееся тело, по их математической структуре.
10. Гироскопические силы, их влияние на устойчивость движения.
11. Потенциальные силы, их влияние на устойчивость движения.
12. Диссипативные силы, их влияние на устойчивость движения.
13. Неконсервативные силы, их влияние на устойчивость движения.
14. Гармонический осциллятор. Классификация колебаний Собственные колебания линейных систем. Вынужденные колебания линейных систем, резонанс.
15. Параметрический резонанс.

Зачет с оценкой в седьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Образцы контрольных билетов.

Билет №1.

1. Понятие устойчивости движения.
2. Гироскопические силы, их влияние на устойчивость движения.

Билет №2.

1. Функции Ляпунова, их свойства.
2. Потенциальные силы, их влияние на устойчивость движения.

Билет №3.

1. Возмущенное движение. Составление уравнений возмущенного движения.
2. Диссипативные силы, их влияние на устойчивость движения

Билет №4.

1. Определение устойчивости по Ляпунову.
2. Гармонический осциллятор.

Билет №5.

1. Критерий Сильвестра.
2. Классификация колебаний.

Билет №6.

1. Теоремы Ляпунова об устойчивости и асимптотической устойчивости.
2. Собственные колебания линейных систем.

Билет №7.

1. Устойчивость по первому приближению.
2. Вынужденные колебания линейных систем, резонанс.

Билет №8.

1. Некоторые методы построения функций Ляпунова.
2. Стационарные амплитуды и их устойчивость.

Билет №9.

1. Теоремы Ляпунова и Четаева о неустойчивости.
2. Нелинейные колебания. Метод Линстедта.

Билет №10.

1. Классификация сил, действующих на движущееся тело, по их математической структуре.
2. Метод Ван-дер-Поля.

Билет №11

1. Нелинейные системы с медленно меняющимися параметрами.
2. Собственные колебания в системах, близких к линейным.

На основе содержания курса, по каждому из разделов сформулированы вопросы, обсуждаемые в ходе работы с преподавателем. Уровень подготовки обучающегося и его оценка выявляются в результате собеседований. Самостоятельная работа студентов опирается на ряд учебных пособий. В основе итоговой оценки лежит качество освоения разделов дисциплины с учётом степени активности каждого слушателя в ходе проведения семинаров.

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

Уровень	Качество ответов при собеседовании	Оценка
1	Не ответил на вопросы или не явился на экзамен	Незачтено (Неудовлетворительно)
2	Фрагментарные ответы на основные и дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.	Незачтено (Неудовлетворительно)
3	Формальные ответы на основные вопросы, слабое понимание физической сути при ответах на дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия, допустившему неточности в построении физической модели или ее программной реализации	Зачтено (Удовлетворительно)
4	Ответы на основные вопросы с замечаниями.	Зачтено (Хорошо)

	Имеются разного уровня замечания по дополнительным вопросам. Оценка выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему не критичные неточности в построении модели.	
5	Ответы на основные и дополнительные вопросы без существенных замечаний. Оценка выставляется студенту, способному самостоятельно принимать решения, оценивать их эффективность, обосновывать принятые решения и реализовывать их с помощью информационных технологий	Зачтено (Отлично)

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle»

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

Вопросы самоконтроля знаний.

- 1.–Понятие устойчивости движения.
- 2.–Функции Ляпунова, их свойства.
- 3.–Критерий Сильвестра.
- 4.–Модель возмущенного движения.
- 5.–Условия устойчивости невозмущенного движения.
- 6.–Условия асимптотической устойчивости.
- 7.–Устойчивость по первому приближению
- 8.–Критерий Гурвица.
- 9.–Классификация сил, действующих на движущееся тело, по их математической структуре.
- 10.–Гиропскопические силы, их влияние на устойчивость движения.
- 11.–Потенциальные силы, их влияние на устойчивость движения.
- 12.–Диссипативные силы, их влияние на устойчивость движения.
- 13.–Гармонический осциллятор. Классификация колебаний Собственные колебания линейных систем. Вынужденные колебания линейных систем, резонанс.
- 14.–Параметрический резонанс.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература

1. Малкин И. Г. Методы Ляпунова и Пуанкаре в теории нелинейных колебаний / И. Г. Малкин. – Изд. 4-е. – М.: Ленанд, 2014. – 243 с.
2. Скубов Д. Ю. Основы теории нелинейных колебаний: учебное пособие / Д. Ю. Скубов. – СПб. [и др.]: Лань, 2013. – 311 с. – Режим доступа ЭБС Лань: https://e.lanbook.com/book/30203#book_name

3. Гуськов А.М., Яреско С.В. Анализ колебаний консервативных нелинейных систем с одной степенью свободы. Учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2013. 41 с.

4. Алдошин Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний: [учебное пособие] / Г. Т. Алдошин. – Изд. 2-е, стер. – СПб. [и др.]: Лань, 2013. – 311 с. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4640

б) дополнительная литература

1. Авраменко А.А. Теория нелинейных колебаний. Учебное пособие. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет. 2010. 96 с.

2. Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости. М.: ЛИБРОКОМ. 2014. 223 с.

3. Романовский Р.К., Стратилатова Е.Н. Элементы математической теории устойчивости. Учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ. 2009. 75 с.

4. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. -М.: Наука, 1966.

в) ресурсы сети Интернет:

Все виды информационных ресурсов Научной библиотеки ТГУ. Информационные источники сети Интернет.

– Общероссийская Сеть Консультант Плюс 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 (репозитории) 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/>

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

Усанина Анна Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, доцент каф. Динамики полета.