

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования "Пермский**  
**государственный национальный исследовательский**  
**университет"**

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

Авторы-составители: **Репях Николай Александрович**

Рабочая программа дисциплины  
**УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ**  
Код УМК 62258

Утверждено  
Протокол №6  
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Устойчивость движения

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в базовую часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.03** Механика и математическое моделирование  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Устойчивость движения** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.03** Механика и математическое моделирование (направленность : Программа широкого профиля)

**ОПК.8** способность использовать базовые знания основных разделов дифференциальной геометрии и топологии, комплексного и функционального анализа, методов конечномерной оптимизации и вариационного исчисления, устойчивости движения, физики в будущей профессиональной деятельности

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	0
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (10 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Устойчивость движения

#### Входной контроль

Проверка начальных знаний, необходимых для освоения курса.

#### Устойчивость движения

Основные понятия о решениях дифференциальных уравнений, условия Липшица. Лемма об оценке изменения непрерывных функций. Теорема об оценке отклонений решений дифференциальных систем. Устойчивость на конечном интервале. Определения устойчивости решений и систем дифференциальных уравнений (по Ляпунову, асимптотической, экспоненциальной, при постоянно действующих возмущениях, по Лагранжу, орбитальной).

#### Необходимые и достаточные условия устойчивости

Уравнения возмущенного движения. Определения устойчивости тривиального решения. Необходимые и достаточные условия (по Ляпунову, равномерной, асимптотической) линейной неоднородной динамической системы. Необходимое и достаточное условие асимптотической устойчивости линейных однородных систем. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной однородной динамической системы. Фундаментальная матрица линейной системы.

#### Критерии устойчивости

Общее решение линейной системы с постоянными коэффициентами. Геометрический критерий устойчивости. Экспоненциал матрицы, его свойства. Необходимое и достаточное условие устойчивости (асимптотической устойчивости) линейных систем с постоянными коэффициентами. Критерий Рауса, "Алмас". Принцип аргумента. Критерий Михайлова. Лемма Гронуолла-Беллмана.

#### Устойчивость решения дифф. уравнения

Устойчивость линейных систем с почти постоянной матрицей. Теоремы об устойчивости по первому приближению.

#### Теоремы об устойчивости

Устойчивость линейных систем с почти постоянной матрицей. Теоремы об устойчивости по первому приближению. Понятие о критических случаях. Функция Ляпунова. Второй метод Ляпунова. Теорема о структуре поверхностей уровня функций Ляпунова. Теорема Ляпунова об устойчивости и неустойчивости. Теоремы Ляпунова и Красовского об асимптотической устойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости.

#### Устойчивость по первому приближению

Теоремы об устойчивости по первому приближению. Понятие о критических случаях.

#### Матричный критерий устойчивости

Устойчивость линейных систем с почти постоянной матрицей.

#### Метод функций Ляпунова

Функция Ляпунова. Второй метод Ляпунова. Теорема о структуре поверхностей уровня функций Ляпунова.

#### Влияние сил на устойчивость

Влияние гироскопических сил на устойчивость равновесия механических систем. Первая и вторая теоремы Кельвина. Степень неустойчивости стационарных динамических систем. Третья теорема Кельвина. Свойство стационарных уравнений возмущенного движения гамильтоновых систем. Метод

деления переменных в исследовании абсолютной устойчивости систем второго порядка.

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

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная:**

1. Меркин Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения: учебное пособие для вузов/Д. Р. Меркин.- Санкт-Петербург: Лань, 2003, ISBN 5-8114-0313-5.-304.-Библиогр.: с. 302-304
2. Барбашин Е. А. Введение в теорию устойчивости/Е. А. Барбашин.-Москва: Наука, 1967.-224.- Библиогр.: с. 215

### **Дополнительная:**

1. Меркин Д. Р., Бауэр С. М., Смирнов А. Л. Задачи по теории устойчивости: Учеб. пособие/Д. Р. Меркин, С. М. Бауэр, А. Л. Смирнов.-М.;Ижевск:Ин-т компьютерных исслед., 2002, ISBN 5-93972-110-9.-128.

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu>      Электронные ресурсы для ПГНИУ  
<http://window.edu.ru/>      Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Устойчивость движения** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Устойчивость движения**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.8</b> способность использовать базовые знания основных разделов дифференциальной геометрии и топологии, комплексного и функционального анализа, методов конечномерной оптимизации и вариационного исчисления, устойчивости движения, физики в будущей профессиональной деятельности</p>	<p>В результате обучения студент должен знать положения теории устойчивости движения, уметь решать предложенные задачи, владеть навыками анализа полученного результата.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Студент не знает положения теории устойчивости движения, не умеет решать предложенные задачи, не владеет навыками анализа полученного результата.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Студент знает базовые положения теории устойчивости движения, умеет решать предложенные задачи.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Студент знает базовые положения теории устойчивости движения, умеет решать предложенные задачи, неуверенно анализирует полученный результат.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Студент знает положения теории устойчивости движения, умеет решать предложенные задачи, владеет навыками анализа полученного результата.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b> <b>ОПК.8</b> способность использовать базовые знания основных разделов дифференциальной геометрии и топологии, комплексного и функционального анализа, методов конечномерной оптимизации и вариационного исчисления, устойчивости движения, физики в будущей профессиональной деятельности	Входной контроль <b>Входное тестирование</b>	Проверка знаний, необходимых для прохождения курса.
<b>ОПК.8</b> способность использовать базовые знания основных разделов дифференциальной геометрии и топологии, комплексного и функционального анализа, методов конечномерной оптимизации и вариационного исчисления, устойчивости движения, физики в будущей профессиональной деятельности	Устойчивость решения дифф. уравнения <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Проверка знаний по теме устойчивости дифференциальных уравнений

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ОПК.8</b> способность использовать базовые знания основных разделов дифференциальной геометрии и топологии, комплексного и функционального анализа, методов конечномерной оптимизации и вариационного исчисления, устойчивости движения, физики в будущей профессиональной деятельности	Матричный критерий устойчивости <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Проверка знаний по теоремам устойчивости и критериям устойчивости
<b>ОПК.8</b> способность использовать базовые знания основных разделов дифференциальной геометрии и топологии, комплексного и функционального анализа, методов конечномерной оптимизации и вариационного исчисления, устойчивости движения, физики в будущей профессиональной деятельности	Влияние сил на устойчивость <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Проверка знаний по пройденному курсу

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Входной контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет выполнять математические преобразования	5
Знает основные положения теории дифференциальных уравнений.	5

#### Устойчивость решения дифф. уравнения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Решение предложенного дифференциального уравнения	

	10
Анализ влияния параметра уравнения на устойчивость	10
Исследование полученного решения на устойчивость	10

### **Матричный критерий устойчивости**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Формулировка и проведение доказательства пл предложенной теме.	10
Анализ полученного результата	10
Решение задачи на устойчивость	10

### **Влияние сил на устойчивость**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Формулировка и вывод одного из критериев устойчивости	10
Доказательство одной из теорем устойчивости	10
Анализ результата решенной задачи	10
Решение практической задачи для указанного критерия	10