

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Факультет компьютерных систем и информационных технологий

Кафедра прикладной математики



УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета компьютерных  
систем и информационных технологий

Кочевский А.А.

*анфелия* 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория колебаний»

По направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое  
моделирование

Профиль: «Механика деформируемых тел и сред»

Луганск – 2023 г.

## Лист согласования РПУД

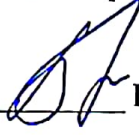
Рабочая программа учебной дисциплины «Теория колебаний» по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование. – с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория колебаний» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «10» января 2018 года № 10.

### СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. техн. наук, доцент Левашов А.Н.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной математики «18» апреля 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой прикладной математики \_\_\_\_\_  В.В.Малый

Переутверждена: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Переутверждена: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий «19» 04 20 23 г., протокол № 8.

Председатель учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий \_\_\_\_\_  И.Н. Ветрова.

© Левашов А.Н., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

*Цель* изучения дисциплины – приобретение студентами системы знаний и навыков в области расчета колебаний технических систем.

*Задача:* изучение методов теории колебаний и их использование при расчете технических систем, расчет характеристики колебательных систем, выбор наиболее рационального в конкретных условиях способа расчета характеристик колебательных систем.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина входит в базовую часть математического и естественно-научного цикла дисциплин подготовки студентов по направлению направление 01.03.01 Механика и математическое моделирование.

Дисциплина реализуется кафедрой гидрогазодинамики.

Основывается на базе дисциплин: математический анализ, общая физика, основы механики сплошных сред.

Является основой для изучения следующих дисциплин: устойчивость и управление движением, аэродинамика лопастных систем и ветросиловых установок, динамика механических систем.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Студенты, завершившие изучение дисциплины «Теория колебаний», должны:

*знать* современные методы теории колебаний;

*уметь* рассчитать характеристики колебательных систем;

*владеть навыками* выбора наиболее рационального в конкретных условиях способа расчета характеристик колебательных систем.

Перечисленные результаты образования являются основой для формирования следующих компетенций (в соответствии с государственными образовательными стандартами ВО и требованиями к результатам освоения основной образовательной программы (ООП):

**общепрофессиональных:**

ОПК-3 способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности;

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                               | Объем часов (зач. ед.) |                    |
|--------------------------------------------------|------------------------|--------------------|
|                                                  | Очная форма            | Заочная форма      |
| Общая учебная нагрузка (всего)                   | 108<br>(3 зач. ед)     | 108<br>(3 зач. ед) |
| Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) | 48                     | 24                 |

|                                                                                                                                                                                                                                        |           |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| <b>в том числе:</b>                                                                                                                                                                                                                    |           |           |
| Лекции                                                                                                                                                                                                                                 | 32        | 14        |
| Семинарские занятия                                                                                                                                                                                                                    | -         | -         |
| Практические занятия                                                                                                                                                                                                                   | 16        | 10        |
| Лабораторные работы                                                                                                                                                                                                                    | -         | -         |
| Курсовая работа (курсовой проект)                                                                                                                                                                                                      | -         | -         |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> ) | -         | -         |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                                                                                                                                                                                         | <b>60</b> | <b>84</b> |
| Форма аттестации                                                                                                                                                                                                                       | экзамен   | экзамен   |

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Тема 1. Предмет теории колебаний. Необходимость единого рассмотрения колебательных явлений, встречающихся в различных разделах физики и техники.** Создание основ теории колебаний, её развитие, применение к различным процессам в природе и технике, разработка математических методов, экспериментальные исследования. Работы Релея, А.Пуанкаре, А.М.Ляпунова, Б.Ван-дер-Поля, Л.И.Мандельштама, А.А.Андропова. Кинематический и динамический подходы к рассмотрению колебательных процессов. Выбор моделей для рассмотрения и классификации колебательных систем.

Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы. Консервативные системы. Роль начальных условий. Кинетическая и потенциальная энергии колебательного движения. Представление движений с помощью фазовой плоскости. Особые точки - положения равновесия; типы движений и фазовых траекторий, сепаратрисы. Колебания в системе со слабой нелинейностью. Гармоническое приближение. Неизохронность колебаний нелинейных систем. Диссипативные системы. Типы особых точек и фазовых портретов диссипативных систем. Поэтапное рассмотрение. Условия сшивающих этапов. Построение фазовых траекторий методом изоклин.

**Тема 2. Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем воздействии.**

Виды воздействия - силовое (прямое) и параметрическое. Поведение нелинейных систем при силовом воздействии. Неприменимость принципа суперпозиции. Случай слабо нелинейной системы. Приближённые расчёты вынужденных колебаний в нелинейных системах для частных случаев. Параметрическое воздействие на колебательные системы. Адиабатически медленное изменение параметров. Адиабатические инварианты. Адиабатические инварианты математического маятника и струны. Параметрическое воздействие с частотами, соизмеримыми с частотой колебаний системы в автономном режиме. Параметрическое возбуждение. Элементарная теория параметрического возбуждения колебаний. Параметрический резонанс в линейных и нелинейных системах.

Приближённый расчёт параметрического возбуждения колебаний в системе с малой нелинейностью. Параметрическая регенерация. Вынужденные колебания в параметрически регенерированной системе. Одноконтурный параметрический усилитель. Движение систем с быстро меняющимися параметрами. Маятник на вибрирующем подвесе.

### **Тема 3. Метод медленно меняющихся амплитуд.**

Обоснование метода для слабо нелинейных и слабо затухающих систем. Основные уравнения для определения медленно меняющихся амплитуд. Рассмотрение устойчивости стационарных состояний. Вариант метода с медленно меняющейся амплитудой и фазой. Комплексная форма. Применение метода медленно меняющихся амплитуд к рассмотрению свободных и вынужденных колебаний, к случаю параметрического возбуждения и параметрической регенерации.

### **Тема 4. Элементы теории автоколебаний.**

Общие определения автоколебательных систем и специфика их энергетики. Автоколебательные системы релаксационного типа. Разрывная трактовка вырожденных релаксационных систем при замене быстрых этапов движения мгновенными скачками. Условия скачка. Переход от релаксационных систем к системам резонаторного типа. Качественное рассмотрение методом фазовой плоскости. Автоколебательные системы томсоновского типа. Применение метода медленно меняющихся амплитуд. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний и их представление на фазовой плоскости. Воздействие внешней гармонической силы на автоколебательную систему с одной степенью свободы. Принудительная синхронизация. Тушение автоколебаний.

### **Тема 5. Стохастические колебания в динамических системах.**

Устойчивость движения. Орбитная устойчивость, устойчивость по Пуассону и Ляпунову. Простые и странные аттракторы. Динамический хаос. Зависимость движения систем с регулярной и стохастической динамикой от начальных условий. Отображение Пуанкаре. Признаки стохастической динамики. Примеры систем с динамическим хаосом.

### **Тема 6. Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.**

Число степеней свободы колебательной системы. Неоднозначность разбиения сложной системы на парциальные. Частоты нормальных колебаний и коэффициенты распределения амплитуд. График Вина. Связь и связанность как характеристики энергообмена между парциальными системами при свободных колебаниях. Время перекачки энергии и роль затухания в реальной системе. Вынужденные колебания в системах с двумя степенями свободы (консервативные и слабо диссипативные системы). Понятие ортогональности внешней силы и собственного колебания. Принцип взаимности и его проявления в системе с двумя степенями свободы.

### **Тема 7. Параметрические и автоколебательные системы с двумя степенями свободы.**

Параметрическое усиление в системе с двумя степенями свободы, с нелинейными реактивными элементами. Нерегенеративный двухконтурный

параметрический усилитель. Физический смысл максимального коэффициента усиления. Регенеративный параметрический усилитель с двумя контурами. Связь коэффициента усиления и полосы усиливаемых частот. Двухконтурный параметрический генератор с несинхронными и синхронными частотами. Автоколебательная система с двумя степенями свободы. Случай реактивной и резистивной связи. Основные режимы генерации. Возможность возникновения хаотических колебаний. Явление затягивания частоты. Области гашения автоколебаний. Условия стабилизации частоты генератора высокочастотным контуром.

#### **Тема 8. Колебательные процессы в распределённых системах.**

Понятие о распределённой колебательной системе. Телеграфные уравнения и условия их применимости в неквазистационарной системе. Собственные колебания в системах конечной длины. Роль граничных условий и точечной неоднородности. Принцип взаимности в распределённой системе. Лазер как распределённая автоколебательная система. Разложение поля по нормальным модам. Условия самовозбуждения. Двухмодовый режим. Анализ на фазовой плоскости случаев сильной и слабой связи между модами. Понятие о самосинхронизации мод лазера на примере трёхмодового режима генерации. Короткие световые импульсы.

### **4.3. Лекции**

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                                                            | Объем часов    |                  |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                                                                                                                          | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Предмет теории колебаний. Необходимость единого рассмотрения колебательных явлений, встречающихся в различных разделах физики и техники. | 4              | 1                |
| 2             | Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем воздействии.                                                                   | 4              | 1                |
| 3             | Метод медленно меняющихся амплитуд.                                                                                                      | 4              | 2                |
| 4             | Элементы теории автоколебаний.                                                                                                           | 4              | 2                |
| 5             | Стохастические колебания в динамических системах.                                                                                        | 4              | 2                |
| 6             | Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.                                                                                | 4              | 2                |
| 7             | Параметрические и автоколебательные системы с двумя степенями свободы.                                                                   | 4              | 2                |
| 8             | Колебательные процессы в распределённых системах.                                                                                        | 4              | 2                |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                          | <b>32</b>      | <b>14</b>        |

### **4.4. Практические занятия**

| №<br>п/п | Название темы                                   | Объем часов    |                  |
|----------|-------------------------------------------------|----------------|------------------|
|          |                                                 | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1        | Исследование характеристик свободных колебаний. | 3              | 2                |

|               |                                                                |           |           |
|---------------|----------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| 2             | Исследование характеристик колебаний с одной степенью свободы. | 3         | 2         |
| 3             | Исследование характеристик колебаний с меняющимися амплитудами | 2         | 2         |
| 4             | Исследование характеристик автоколебаний                       | 4         | 2         |
| 5             | Исследование характеристик колебаний динамических систем       | 4         | 2         |
| <b>Итого:</b> |                                                                | <b>16</b> | <b>10</b> |

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                                                            | Вид СРС                                                                            | Объем часов    |                  |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                                                                                                                          |                                                                                    | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Предмет теории колебаний. Необходимость единого рассмотрения колебательных явлений, встречающихся в различных разделах физики и техники. | Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам, написание реферата | 30             | 74               |
| 2             | Подготовка к практическим занятиям                                                                                                       | Проработка пройденного учебного материала по конспектам, учебной литературе        | 15             | -                |
| 3             | Подготовка к лабораторным занятиям                                                                                                       | Проработка пройденного учебного материала по конспектам, учебной литературе        | -              | -                |
| 4             | Подготовка к аттестации                                                                                                                  | Проработка пройденного учебного материала по конспектам, учебной литературе        | 15             | 10               |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                          |                                                                                    | <b>60</b>      | <b>84</b>        |

**4.7. Курсовые проекты.** Учебным планом курсовая работа не предусмотрена.

## 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);
- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;
- технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;
- технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);
- технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования
- технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

## 6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором или преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- комбинированный контроль;
- реферат;
- решение задач.

Фонды оценочных средств, включающие типовые индивидуальные задания, контрольные работы, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Форма аттестации по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена, включающего теоретические вопросы. В случае неполного, спорного или некорректного выполнения задания письменного экзамена, допускается уточняющий устный опрос студента, на основании которого возможна корректировка оценки результатов промежуточной аттестации. Допуск к промежуточной аттестации производится на основании результатов текущего контроля, а именно отсутствию задолженностей по всем видам текущего контроля. Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

| Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Зачеты  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено |
| Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |         |
| Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы. | не зачтено |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

## **7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Сарина, М. П. Колебания, волны, оптика. Колебания и волны Ч. 1 : учеб. пособие. / Сарина М. П. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. - 100 с. - ISBN 978-5-7782-2355-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778223554.html>

2. Гуськов, А. М. Свободные колебания консервативных нелинейных систем с одной степенью свободы : учебное пособие / Гуськов А. М. , Яреско С. В. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 44 с. - ISBN 978-5-7038-3242-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703832424.html>

3. Семенихина, Д. В. Компьютерный лабораторный практикум по теории колебаний : учебное пособие. / Семенихина Д. В. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2015. - 84 с. - ISBN 978-5-9275-1818-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927518180.html>

### **б) дополнительная литература:**

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Том I. Механика : Учеб. пособ. : Для вузов. / Ландау Л. Д. , Лифшиц Е. М. - 5-е изд. , стереот. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-9221-0819-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108195.html>

2. Гладков, Н. А. Механика в общем курсе физики : учебное пособие / Н. А. Гладков, А. Н. Морозов, Ю. А. Струков. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. - 122 с. - ISBN 978-5-7038-5028-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703850282.html>

### **в) методические указания:**

1. Коваленко А.А. Теория колебаний. Лабораторный практикум / Сост.: Коваленко А.А., Гусенцова Я.А. Луганск, ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 49 с.

### **в) Интернет-ресурсы:**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

3. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
4. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
5. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
6. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

### **Электронные библиотечные системы и ресурсы**

9. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
10. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

### **Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

11. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Теория колебаний» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: аудитория, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Практические занятия: аудитория, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

| <b>Функциональное назначение</b> | <b>Бесплатное программное обеспечение</b> | <b>Ссылки</b>                                                                                                                                                                |
|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет                    | Libre Office 6.3.1                        | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a> |
| Операционная система             | UBUNTU 19.04                              | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>                             |
| Браузер                          | Firefox Mozilla                           | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                      |
| Браузер                          | Opera                                     | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>                                                                                                                      |

|                      |                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Файл-менеджер        | Far Manager                           | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>                                                                                                                                               |
| Архиватор            | 7Zip                                  | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>                                                                                                                                                                                 |
| Редактор PDF         | PDFCreator                            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>                                                                                                                                                       |
| Графический редактор | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |

**Паспорт  
фонда оценочных средств по учебной дисциплине  
«Теория колебаний»**

**Перечень компетенций (элементов компетенций),  
формируемых в результате освоения учебной дисциплины**

| №<br>п/п | Код<br>контролируемой<br>компетенции | Формулировка<br>контролируемой<br>компетенции                                                                                       | Контролируемые<br>темы<br>учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Этапы<br>формирования<br>(семестр<br>изучения) |
|----------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1        | ОПК-3                                | способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности | <p>Тема 1. Предмет теории колебаний. Необходимость единого рассмотрения колебательных явлений, встречающихся в различных разделах физики и техники</p> <p>Тема 2. Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем воздействии</p> <p>Тема 3. Метод медленно меняющихся амплитуд.</p> <p>Тема 4. Элементы теории автоколебаний</p> <p>Тема 5. Стохастические колебания в динамических системах</p> <p>Тема 6. Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы</p> <p>Тема 8. Колебательные процессы в распределённых системах</p> | начальный (3)                                  |

**Показатели и критерии оценивания компетенций,  
описание шкал оценивания**

| №<br>п/п | Код<br>контролируемой<br>компетенции | Показатель оценивания<br>(знания, умения, навыки)                                                                                                                                                                                                                                                                         | Контролируемые<br>темы учебной<br>дисциплины                                        | Наименование<br>оценочного<br>средства                                                                                                         |
|----------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | ОПК-3                                | Знать современное<br>испытательное<br>оборудование в области<br>механики твёрдых тел<br>или жидкостей.<br>Уметь использовать<br>математические модели<br>для описания<br>механических свойств<br>материалов и сред<br>Владеть навыками<br>физического<br>моделирования в области<br>механики твёрдых тел<br>или жидкостей | Тема 1.<br>Тема 2.<br>Тема 3.<br>Тема 4.<br>Тема 5.<br>Тема 6.<br>Тема 7<br>Тема 8. | Фронтальные и<br>индивидуальные<br>опросы;<br>контрольные<br>работы;<br>индивидуальные<br>задания,<br>промежуточная<br>аттестация<br>(экзамен) |

**Фонды оценочных средств по дисциплине  
«Теория колебаний»**

**Вопросы для фронтальных и индивидуальных опросов:**

*Тема 1. Предмет теории колебаний. Необходимость единого рассмотрения колебательных явлений, встречающихся в различных разделах физики и техники.*

1. Создание основ теории колебаний, её развитие
2. Применение теории колебаний к различным процессам в природе и технике
3. Разработка математических методов, экспериментальные исследования.
4. Кинематический и динамический подходы к рассмотрению колебательных процессов.
5. Выбор моделей для рассмотрения и классификации колебательных систем.
6. Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы.
7. Роль начальных условий.
8. Кинетическая и потенциальная энергии колебательного движения.
9. Представление движений с помощью фазовой плоскости
10. Особые точки - положения равновесия; типы движений и фазовых траекторий, сепаратрисы.
11. Колебания в системе со слабой нелинейностью. Гармоническое приближение.

12. Неизохронность колебаний нелинейных систем. Диссипативные системы.
13. Типы особых точек и фазовых портретов диссипативных систем.
14. Построение фазовых траекторий методом изоклин.

*Тема 2. Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем воздействии.*

1. Виды воздействия - силовое (прямое) и параметрическое.
2. Поведение нелинейных систем при силовом воздействии.
3. Неприменимость принципа суперпозиции. Случай слабо нелинейной системы.
4. Приближённые расчёты вынужденных колебаний в нелинейных системах для частных случаев.
5. Параметрическое воздействие на колебательные системы.
6. Адиабатически медленное изменение параметров.
7. Адиабатические инварианты.
8. Адиабатические инварианты математического маятника и струны.
9. Параметрическое воздействие с частотами, соизмеримыми с частотой колебаний системы в автономном режиме.
10. Параметрическое возбуждение.
11. Элементарная теория параметрического возбуждения колебаний.
12. Параметрический резонанс в линейных и нелинейных системах.
13. Приближённый расчёт параметрического возбуждения колебаний в системе с малой нелинейностью.
14. Параметрическая регенерация. Вынужденные колебания в параметрически регенерированной системе.
15. Одноконтурный параметрический усилитель.
16. Движение систем с быстро меняющимися параметрами.
17. Маятник на вибрирующем подвесе.

*Тема 3. Метод медленно меняющихся амплитуд.*

1. Обоснование метода для слабо нелинейных и слабо затухающих систем
2. Основные уравнения для определения медленно меняющихся амплитуд.
3. Рассмотрение устойчивости стационарных состояний.
4. Вариант метода с медленно меняющейся амплитудой и фазой.
5. Применение метода медленно меняющихся амплитуд к рассмотрению свободных и вынужденных колебаний, к случаю параметрического возбуждения и параметрической регенерации.

*Тема 4. Элементы теории автоколебаний.*

1. Общие определения автоколебательных систем и специфика их энергетики.
2. Автоколебательные системы релаксационного типа
3. Разрывная трактовка вырожденных релаксационных систем при замене быстрых этапов движения мгновенными скачками.

4. Условия скачка. Переход от релаксационных систем к системам резонаторного типа.
5. Качественное рассмотрение методом фазовой плоскости.
6. Автоколебательные системы томсоновского типа.
7. Применение метода медленно меняющихся амплитуд.
8. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний и их представление на фазовой плоскости.
9. Воздействие внешней гармонической силы на автоколебательную систему с одной степенью свободы.
10. Принудительная синхронизация. Тушение автоколебаний.

*Тема 5. Стохастические колебания в динамических системах.*

1. Устойчивость движения.
2. Орбитная устойчивость, устойчивость по Пуассону и Ляпунову.
3. Простые и странные аттракторы.
4. Динамический хаос.
5. Зависимость движения систем с регулярной и стохастической динамикой от начальных условий.
6. Отображение Пуанкаре.
7. Признаки стохастической динамики.
8. Примеры систем с динамическим хаосом.

*Тема 6. Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.*

1. Число степеней свободы колебательной системы.
2. Неоднозначность разбиения сложной системы на парциальные.
3. Частоты нормальных колебаний и коэффициенты распределения амплитуд.
4. График Вина.
5. Связь и связанность как характеристики энергообмена между парциальными системами при свободных колебаниях.
6. Время перекачки энергии и роль затухания в реальной системе.
7. Вынужденные колебания в системах с двумя степенями свободы (консервативные и слабо диссипативные системы).
8. Понятие ортогональности внешней силы и собственного колебания.
9. Принцип взаимности и его проявления в системе с двумя степенями свободы.

*Тема 7. Параметрические и автоколебательные системы с двумя степенями свободы.*

1. Параметрическое усиление в системе с двумя степенями свободы, с нелинейными реактивными элементами.
2. Нерегенеративный двухконтурный параметрический усилитель. Физический смысл максимального коэффициента усиления.
3. Регенеративный параметрический усилитель с двумя контурами.

4. Двухконтурный параметрический генератор с несинхронными и синхронными частотами.
5. Автоколебательная система с двумя степенями свободы.
6. Случай реактивной и резистивной связи.
7. Основные режимы генерации.
8. Возможность возникновения хаотических колебаний.
9. Явление затягивания частоты.
10. Области гашения автоколебаний.
11. Условия стабилизации частоты генератора высокочастотным контуром.

*Тема 8. Параметрические и автоколебательные системы с двумя степенями свободы.*

1. Понятие о распределённой колебательной системе.
2. Телеграфные уравнения и условия их применимости в неквазистационарной системе.
3. Собственные колебания в системах конечной длины.
4. Роль граничных условий и точечной неоднородности.
5. Принцип взаимности в распределённой системе. Лазер как распределённая автоколебательная система.
6. Разложение поля по нормальным модам.
7. Условия самовозбуждения.
8. Двухмодовый режим.
9. Анализ на фазовой плоскости случаев сильной и слабой связи между модами.
10. Понятие о самосинхронизации мод лазера на примере трёхмодового режима генерации.
11. Короткие световые импульсы.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «фронтальный и индивидуальный опрос»

| Шкала оценивания      | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)           | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)            | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |
| удовлетворительно (3) | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и                                                                                                                              |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                                                                                                                                                                                                                        |
| неудовлетворительно<br>(2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы |

### Тематика практических занятий:

1. Исследование характеристик свободных колебаний
2. Исследование характеристик колебаний с одной степенью свободы
3. Исследование характеристик колебаний с меняющимися амплитудами
4. Исследование характеристик автоколебаний
5. Исследование характеристик колебаний динамических систем

### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – задания по практическим занятиям

| Шкала оценивания<br>(интервал баллов) | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                     | Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 4                                     | Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)                                    |
| 3                                     | Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)                       |
| 2                                     | Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)                                                                                            |

### Вопросы к экзамену:

1. Основные понятия и положения аналитической динамики. Основные понятия.

2. Механическая система. Связи. Степень свободы.
3. Обобщенные координаты, скорости и ускорения. Обобщенные силы.
4. Возможные перемещения. Вариации. Консервативная система.
5. Дифференциальные и интегральные принципы механики: принцип Даламбера, принцип Лагранжа, принцип Даламбера-Лагранжа, принцип Гамильтона.
6. Уравнение Лагранжа 2-ого рода.
7. Введение в теорию малых колебаний. Критерии устойчивости.
8. Теорема Дирихле.
9. Критерий Сильвестра. Математическое представление внешних воздействий.
10. Классификация колебательных систем.
11. Колебания систем с одной степенью свободы. Составление уравнений движения.
12. Колебания систем с одной степенью свободы. Свободные колебания линейной системы.
13. Колебания систем с одной степенью свободы. Графическое изображение колебаний.
14. Колебания систем с одной степенью свободы. Свободные колебания с демпфированием. Виды трения.
15. Колебания систем с одной степенью свободы. Логарифмический декремент, его связь с коэффициентом вязкого сопротивления.
16. Вынужденные колебания линейной системы.
17. Уравнения движения в прямой и обратной формах. Реакция системы на импульсное силовое воздействие.
18. Функция Грина.
19. Реакция системы на гармоническое воздействие.
20. Передаточная функция. Амплитудно-частотная характеристика. Коэффициент динамичности.
21. Реакция системы на периодическое воздействие.
22. Метод Фурье.
23. Реакция системы на произвольное воздействие.
24. Метод спектральных представлений.
25. Метод функции Грина. Реакция системы на поток ударных импульсов. Метод Дуффинга.
26. Реакция системы на внезапное нагружение. Переходные колебания.
27. Колебания линейной системы при кинематическом воздействии. Составление уравнений движения.
28. Реакция на импульсное кинематическое воздействие. Реакция на кинематическое гармоническое воздействие.
29. Реакция на произвольное кинематическое воздействие.
30. Метод спектральных представлений Фурье.
31. Защита от вибрации. Коэффициент виброизоляции.
32. Параметрические колебания.
33. Колебания нелинейных систем.

34. Параметрические колебания. Свободные колебания. Точное решение.
35. Амплитудно-частотная характеристика.
36. Фазовая траектория.
37. Приближенные методы анализа колебаний нелинейных систем.
38. Метод прямой линеаризации.
39. Метод гармонического баланса.
40. Метод припасовывания.
41. Вынужденные колебания. Автоколебания.
42. Колебания систем с конечным числом степеней свободы. Составление уравнений движения.
43. Свободные колебания. Собственные частоты и формы колебаний.
44. Ортогональность собственных форм. Вынужденные колебания.
45. Метод спектральных представлений Фурье: Метод главных координат. Метод функции Грина.
46. Колебания систем при кинематическом воздействии.
47. Динамическая модель автомобиля. Вертикальные и продольные колебания.
48. Приближенные методы анализа колебаний систем. Метод Релея. Метод Донкерлея.
49. Метод Граммеля. Метод динамических податливостей.
50. Метод конечных элементов.
51. Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами. Гипотезы и допущения. Свободные колебания стержня.
52. Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами. Спектр собственных частот и форм колебаний.
53. Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами. Ортогональность собственных форм.
54. Колебания стержневых систем с распределенными упругоинерциальными параметрами. Вынужденные колебания стержня.
55. Крутильные колебания вала.
56. Уравнение крутильных колебаний. Свободные колебания. Вынужденные колебания.
57. Изгибные колебания балки. Свободные колебания.
58. Решение в форме функций А.Н. Крылова. Граничные и начальные условия. Определение частот и форм собственных колебаний.
59. Ортогональность собственных форм колебаний: вынужденные колебания.
60. Колебания пластин. Частоты и формы собственных колебаний. Вынужденные колебания.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

| Шкала оценивания        | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)             | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                      |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                    |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                            |

## Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и<br>изменений | Дата и номер протокола<br>заседания кафедры<br>(кафедр), на котором<br>были рассмотрены и<br>одобрены изменения и<br>дополнения | Подпись<br>(с расшифровкой)<br>заведующего кафедрой<br>(заведующих кафедрами) |
|----------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                |                                                                                                                                 |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                                 |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                                 |                                                                               |
|          |                                |                                                                                                                                 |                                                                               |