Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 19.06.2025 14:48:34
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«27» февраля 2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# Теория неупругого состояния твёрдого тела

Направление подготовки/специальность
**15.03.03**

Профиль/специализация
**Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности**

, 2025

**Разработчик(и):**

Старший преподаватель  /М.Н. Лукьянов/

Старший преподаватель  /М.Р. Рыбакова/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»,
д.ф-м.н., доцент  /А.А. Скворцов/

1. **Цели и задачи освоения дисциплины**.

К основным целям и задачам освоения дисциплины «Теория неупругого состояния твердого тела» следует отнести:

- приобретение теоретических основ и практических знаний напряженно-деформированного состояния твердого тела за пределами упругости и математических методов формулировки краевых задач и методов их решения с последующим анализом результатов;
- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению;
- подготовка специалистов для расчетно-экспериментальной, научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственно-технологической и инновационной деятельности в части определения и изучения неупругих свойств материалов, напряженно-деформированного состояния объектов машиностроения, их несущей способности, устойчивости и долговечности.

2. **Место дисциплины в структуре ООП.**

Дисциплина «Теория неупругого состояния твердого тела» относится к дисциплинам по выбору студента профессионального цикла основной образовательной программы (ООП) бакалавриата (Б.1.1.ДВ). Данная программа взаимосвязана логически и содержательно методически со следующими дисциплинами:

- в базовой части:
  - Высшая математика;
  - Физика;
  - Теоретическая механика;
  - Сопротивление материалов;
- в вариативной части:
  - Строительная механика машин;
  - Вычислительная механика;
  - Теория упругости.

3. **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| УК-1 | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | **знать:**<br>• Основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах с учетом современных направлений в материаловедении и физике твердого тела<br>**уметь:**<br>• Использовать методы экспериментального определения механических характеристик вязкоупругих и ползучих сред<br>**владеть:**<br>• Навыками анализа и обработки результатов экспериментов по определению механических характеристик материалов в состоянии совместного проявления свойств пластичности и ползучести |
| ПК-1 | Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность | **знать:**<br>• Основные физические соотношения неупругого состояния твердого тела и математические модели этого состояния<br>**уметь:**<br>• Использовать компьютерное моделирование деформационных процессов на базе современных программных комплексов<br>**владеть:**<br>• Навыками постановки краевых задач теории неупругого твердого тела применительно к компьютерному моделированию процессов изменения напряженно-деформированного состояния машин и узлов |

## 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, т.е. 180 академических часов (из них 18 часов – лекции, 29 часов – лабораторные работы, 40 часов – семинарские занятия, 93 часа – самостоятельная работа).

Разделы дисциплины «Теория неупругого состояния твердого тела» изучаются на третьем и четвертом курсах в течение 7-го и 8-го семестров.

Структура и содержание дисциплины «Теория неупругого состояния твердого тела» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

**Содержание разделов дисциплины.**

**7 семестр**

Раздел 1. Идеальная пластичность.

Упругопластическое и жесткопластическое тело. Принцип максимума и постулат Друкера. Диссипативная функция.

Раздел 2. Постановка задачи.

Задача теории идеальной пластичности. Теорема единственности. Экстремальные свойства предельных состояний текучести. Условие неупругости для несжимаемого материала. Изотропное тело.

Раздел 3. Частные случаи неупругого состояния.

Условие пластичности для анизотропных тел. Плоская задача теории пластичности. Плоская деформация.

Раздел 4. Простейшие решения задач идеальной пластичности.

Простые решения. Задача Прандтля. Линии разрыва. Применение экстремальных принципов к задаче о плоской деформации. Полярно-симметричное пластическое напряженное состояние. Общий случай плоского напряженного состояния. Предельное равновесие пластин и скрученного стержня.

Раздел 5. Упрочняющееся упругопластическое тело.

Теория малых упругопластических деформаций. Теория течения, постулат Друкера, общие уравнения. Границы применимости деформированной теории.

Раздел 6. Кинематические и геометрические модели упрочняющегося тела.

Двумерная модель упрочняющегося тела. Интерпретация соотношений пластичности в пространстве напряжений и деформаций. Изотропное и трансляционное уравнения. Кусочно-линейные поверхности нагружения.

Раздел 7. Статистические теории и динамические задачи.

Теория скольжения. Сопоставление моделей неупругости. Распространение упругопластических волн. Запаздывание текучести.

Раздел 8. Теория вязкого тела.

Линейная наследственность. Резольвентные операторы. Функции от операторов при использовании преобразования Лапласа.

Раздел 9. Реологические модели.

Линейное наследственно-упругое тело. Экспоненциальные операторы. Наследственное-упругое тело. Периодические нагрузки. Принцип Вольтерра.

Раздел 10. Устойчивость наследственно0упруних систем.

Вариационные принципы теории наследственной упругости. Элементы нелинейной теории наследственности. Распространение волн в наследственно-упругом теле.

**8 семестр**

Раздел 11. Различные проявления неупругости.

Испытание на ползучесть. Кривые ползучести. Зависимость от напряжения и температуры.

Раздел 12. Простейшие теории одномерной ползучести.

Кинетические уравнения ползучести. Определяющие параметры. Определяющие соотношения. Геометрическая интерпретация.

Раздел 13. Теория старения.

Расчет по изохронным кривым. Релаксация напряжений. Одноосное состояние. Обобщение на пространственный случай.

Раздел 14. Различные стадии процесса ползучести.

Установившаяся ползучесть при сложном напряженном состоянии. Неустановившаяся ползучесть. Использование теории течения и теории упрочнения.

Раздел 15. Частные формы закона ползучести.

Определяющие параметры. Вывод уравнения состояния в зависимости от выбора определяющего параметра. Приведенное напряжение пропорционально октаэдрическому касательному напряжению. Приведенное напряжение пропорционально наибольшему касательному напряжению.

Раздел 16. Совместное протекание процессов пластического деформирования и ползучести.

Аддитивность соотношений процессов при пластичности и ползучести. Общие уравнения неупругого деформирования. Различные варианты. Учет тепловых деформаций и сопутствующих явлений.

Раздел 17. Простейшие задачи неупругости.

Труба под действием внутреннего давления. Деформация вращающегося диска. Установившаяся ползучесть пластин.

Раздел 18. Неустановившиеся процессы.

Неустановившаяся ползучесть. Изотропное и анизотропное уравнение. Устойчивость при неупругом состоянии. Динамическая реакция.

## 5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины предусматривает проведение групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий.

Предлагаются следующие формы проведения занятий: лекций, решение тематических задач и вопросов по различным разделам курса дисциплины на семинарах, проведение текущего контроля знаний студентов посредством экспресс-опросов и контрольных работ на семинарах.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Используются варианты контрольных вопросов и задач для экспресс-опросов и самостоятельной работы студентов на семинарах, а также для домашних заданий.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины

## 6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

### 6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать |
|---|---|
| УК-1 | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач |
| ПК-1 | Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность |

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

| **УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Показатель** | **Критерии оценивания** | | | |
| | **2** | **3** | **4** | **5** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **знать:** основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах с учетом современных направлений в материаловедении и физике твердого тела | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах с учетом современных направлений в материаловедении и физике твердого тела | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах с учетом современных направлений в материаловедении и физике твердого тела. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах с учетом современных направлений в материаловедении и физике твердого тела, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах с учетом современных направлений в материаловедении и физике твердого тела, свободно оперирует приобретенными знаниями. |
| **уметь:** использовать методы экспериментального определения механических характеристик вязкоупругих и ползучих сред | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: использовать методы экспериментального определения механических характеристик вязкоупругих и ползучих сред. | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать методы экспериментального определения механических характеристик вязкоупругих и ползучих сред. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать методы экспериментального определения механических характеристик вязкоупругих и ползучих сред. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать методы экспериментального определения механических характеристик вязкоупругих и ползучих сред. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| **владеть:** методами математического и компьютерного моделирования неупругого поведения конструкционных материалов | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: методами математического и компьютерного моделирования неупругого поведения конструкционных материалов | Обучающийся владеет методами математического и компьютерного моделирования неупругого поведения конструкционных материалов, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные | Обучающийся частично владеет методами математического и компьютерного моделирования неупругого поведения конструкционных материалов, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при | Обучающийся в полном объеме владеет методами математического и компьютерного моделирования неупругого поведения конструкционных материалов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | повышенной сложности. |
| **ПК-1 Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность** | | | | |
| **знать:** основные физические соотношения неупругого состояния твердого тела и математически е модели этого состояния. | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные физические соотношения неупругого состояния твердого тела и математические модели этого состояния | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные физические соотношения неупругого состояния твердого тела и математические модели этого состояния. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные физические соотношения неупругого состояния твердого тела и математические модели этого состояния, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные физические соотношения неупругого состояния твердого тела и математические модели этого состояния, свободно оперирует приобретенными знаниями. |
| **уметь:** использовать компьютерное моделирование деформационн ых процессов на базе современных программных комплексов | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: использовать компьютерное моделирование деформационны х процессов на базе современных программных комплексов. | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать компьютерное моделирование деформационных процессов на базе современных программных комплексов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать компьютерное моделирование деформационных процессов на базе современных программных комплексов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать компьютерное моделирование деформационных процессов на базе современных программных комплексов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **владеть:** навыками постановки краевых задач теории неупругого твердого тела применительно к компьютерному моделированию процессов изменения напряженно-деформированного состояния машин и узлов | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: навыками постановки краевых задач теории неупругого твердого тела применительно к компьютерному моделированию процессов изменения напряженно-деформированного состояния машин и узлов | Обучающийся владеет навыками постановки краевых задач теории неупругого твердого тела применительно к компьютерному моделированию процессов изменения напряженно-деформированного состояния машин и узлов, в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | Обучающийся частично владеет навыками постановки краевых задач теории неупругого твердого тела применительно к компьютерному моделированию процессов изменения напряженно-деформированного состояния машин и узлов, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся в полном объеме владеет навыками постановки краевых задач теории неупругого твердого тела применительно к компьютерному моделированию процессов изменения напряженно-деформированного состояния машин и узлов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено», «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Теория неупругого состояния твердого тела».

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Зачтено | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах, показателей, оперирует, приобретенными знаниями, умениями, |

| | |
|---|---|
| | навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Не зачтено | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями их переносе на новые ситуации |

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамен проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Теория неупругого состояния твердого тела».

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Отлично | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения |

| | |
|---|---|
| | при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Удовлетворительно | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. Допускает ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Неудовлетворительно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

**а) основная литература:**

1. Бажанов, В. Л. Механика деформируемого твердого тела: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Бажанов. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 178 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс).

URL: https://urait.ru/bcode/438738

2. Молотников, В.Я. Теория упругости и пластичности [Электронный ресурс] / В.Я. Молотников, А.А. Молотникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 532 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94741.

**б) дополнительная литература**

1. Малинин, Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести: учебник для бакалавриата и магистратуры / Н. Н. Малинин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 402 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс).

URL: https://urait.ru/bcode/438959

**в) Электронные образовательные ресурсы:**

Курс «Теория неупругого состояния твердого тела» https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=654

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитории для лекционных и практических занятий: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, настенный проекционный экран, универсальный учебный комплекс по «Сопротивлению материалов» СМ-1. Рабочее место преподавателя: стол, стул.

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать специальную литературу;
4. Развитие познавательных способностей студентов, самостоятельности, ответственности и организованности.

Изучение дисциплины неразрывно связано с самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. При этом студент сам планирует свою самостоятельную работу, что создает более благоприятную обстановку и положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины.

Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10 минут. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

## 10.Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей,

не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в письменной форме с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических вопроса из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение 1.

**Структура и содержание дисциплины «Теория неупругого состояния твердого тела»**
**по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика»**
(бакалавр)

| n/n | Раздел | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах | | | | | Виды самостоятельной работы студентов | | | | | Формы аттестации | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Л | П/С | Лаб | СРС | КСР | К.Р. | К.П. | РГР | Реферат | К/р | Э | З |
| | **Седьмой семестр** | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Идеальная пластичность | 7 | 1-2 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.2 | Постановка задачи | 7 | 3-4 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.3 | Частные случаи неупругого состояния | 7 | 5-6 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.4 | Простейшие решения задач идеальной пластичности | 7 | 7-8 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.5 | Упрочняющееся упругопластическое тело | 7 | 9-10 | 2 | 2 | 2 | 6 | | | | | | | | |
| 1.6 | Кинематические и геометрические модели упрочняющегося тела | 7 | 11-12 | 2 | 2 | 2 | 6 | | | | | | | | |
| 1.7 | Статические теории и динамические задачи | 7 | 13-14 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.8 | Теории вязкого тела | 7 | 15-16 | 2 | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.9 | Реологические модели | 7 | 17 | 1 | 1 | 1 | 6 | | | | | | | | |
| 1.10 | Устойчивость наследственно-упругих систем | 7 | 18 | 1 | 1 | 1 | 6 | | | | | | | | |
| | ***Форма аттестации*** | | | | | | | | | | | | | | **З** |
| | Всего часов по дисциплине в седьмом семестре | | 18 | 18 | 18 | 18 | 54 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Восьмой семестр** | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.11 | Различные проявления неупругости | 8 | 1-2 | - | 4 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.12 | Простейшие теории одномерной ползучести | 8 | 3-4 | - | 4 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.13 | Теория старения | 8 | 5 | - | 2 | 1 | 5 | | | | | | | | |
| 1.14 | Различные стадии процесса ползучести | 8 | 6 | - | 2 | 1 | 5 | | | | | | | | |
| 1.15 | Частные формы закона ползучести | 8 | 7 | - | 2 | 1 | 4 | | | | | | | | |
| 1.16 | Совместное протекание процессов пластического деформирования и ползучести | 8 | 8 | - | 2 | 1 | 5 | | | | | | | | |
| 1.17 | Простейшие задачи неупругости | 8 | 9-10 | - | 4 | 2 | 5 | | | | | | | | |
| 1.18 | Неустановившиеся процессы | 8 | 11 | - | 2 | 1 | 5 | | | | | | | | |
| | ***Форма аттестации*** | | | | | | | | | | | | | **Э** | |
| | Всего часов по дисциплине в восьмом семестре | | 18 | - | 22 | 11 | 39 | | | | | | | | |
| | ***Итого за два семестра*** | | 36 | 18 | 40 | 29 | 93 | | | | | | | **Э** | **З** |

Приложение 2.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

| | |
|---|---|
| Направление подготовки: | 15.03.03 «Прикладная механика» |
| Профили: | «Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности» |
| Формы обучения: | очная |
| Виды профессиональной деятельности: | научно-исследовательская<br>проектно-конструкторская. |
| Кафедра: | Динамика, прочность машин и сопротивление материалов |

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## «Теория неупругого состояния твердого тела»

**Составитель:** **к.т.н. Осипов Н.Л.**

Москва, 2024 год

Таблица 1

# ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

| **Теория неупругого состояния твердого тела** |
|---|
| ФГОС ВО **15.03.03 «Прикладная механика»** |
| В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **компетенции**: |

| **КОМПЕТЕНЦИИ** | | **Перечень компонентов** | **Технология формирования компетенций** | **Форма оценочного средства** |
|---|---|---|---|---|
| **индекс** | **формулировка** | | | |
| УК-1 | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | **знать:**<br>• Основные экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в материалах с учетом современных направлений в материаловедении и физике твердого тела<br>**уметь:**<br>• Использовать методы экспериментального определения механических характеристик вязкоупругих и ползучих сред<br>**владеть:**<br>• Навыками анализа и обработки результатов экспериментов по определению механических характеристик материалов в состоянии совместного проявления свойств пластичности и ползучести | самостоятельная работа, практические занятия | УО,<br>Зач.,<br>Э |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ПК-1 | Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность | **знать:**<br>• Основные физические соотношения неупругого состояния твердого тела и математические модели этого состояния<br>**уметь:**<br>• Использовать компьютерное моделирование деформационных процессов на базе современных программных комплексов<br>**владеть:**<br>• Навыками постановки краевых задач теории неупругого твердого тела применительно к компьютерному моделированию процессов изменения напряженно-деформированного состояния машин и узлов | самостоятельная работа, практические занятия | УО,<br>Зач.,<br>Э |

*Приложение 2*
*к рабочей программе*

**Перечень оценочных средств по дисциплине *Теория неупругого состояния твердого тела***

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Устный опрос собеседование, (УО) | Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. | Вопросы по темам/разделам дисциплины |
| 2 | Зачет (Зач.) | Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «зачтено» или «незачтено». | Примеры зачетных билетов |
| 2 | Экзамен (Э) | Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично». | Примеры экзаменационных билетов |

Фонды оценочных средств по дисциплине «Теория неупругого состояния твердого тела» по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика».

## Пример зачетного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина «Теория неупругого состояния твердого тела»
Направление 15.03.03 «Прикладная механика»

**ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 3.**

1. Идеальная пластичность.
2. Изотропное и трансляционное уравнения. Кусочно-линейные поверхности нагружения.

Утверждено на заседании кафедры « ____ » _____ 2021 г., протокол № ____

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

## Пример экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина «Теория неупругого состояния твердого тела»
Направление15.03.03 «Прикладная механика»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2.**

1. Теория старения.
2. Общие уравнения неупругого деформирования.

Утверждено на заседании кафедры « ____ » _____ 2021 г., протокол № ____

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

**Пример вопросов для зачета (7 семестр)**

1. Идеальная пластичность.
2. Упругопластическое и жесткопластическое тело.
3. Принцип максимума и постулат Друкера.
4. Диссипативная функция.
5. Задача теории идеальной пластичности.
6. Теорема единственности. Экстремальные свойства предельных состояний текучести.
7. Условие неупругости для несжимаемого материала.
8. Изотропное тело.
9. Условие пластичности для анизотропных тел.
10. Плоская задача теории пластичности. Плоская деформация.
11. Задача Прандтля.
12. Линии разрыва. Применение экстремальных принципов к задаче о плоской деформации.
13. Полярно-симметричное пластическое напряженное состояние. Общий случай плоского напряженного состояния.
14. Предельное равновесие пластин и скрученного стержня.
15. Теория малых упругопластических деформаций.
16. Теория течения, постулат Друкера, общие уравнения. Границы применимости деформированной теории.
17. Двумерная модель упрочняющегося тела.
18. Интерпретация соотношений пластичности в пространстве напряжений и деформаций.
19. Изотропное и трансляционное уравнения. Кусочно-линейные поверхности нагружения.
20. Теория скольжения.

**Пример вопросов для экзамена (8 семестр)**

1. Испытание на ползучесть. Кривые ползучести.
2. Кривые ползучести. Зависимость от напряжения и температуры.
3. Кинетические уравнения ползучести. Определяющие параметры.
4. Кинетические уравнения ползучести. Определяющие соотношения. Геометрическая интерпретация.
5. Теория старения.
6. Расчет по изохронным кривым.
7. Релаксация напряжений.
8. Одноосное состояние. Обобщение на пространственный случай.
9. Различные стадии процесса ползучести.
10. Установившаяся ползучесть при сложном напряженном состоянии.
11. Неустановившаяся ползучесть.
12. Использование теории течения и теории упрочнения.

13. Приведенное напряжение пропорционально октаэдрическому касательному напряжению.
14. Приведенное напряжение пропорционально наибольшему касательному напряжению.
15. Аддитивность соотношений процессов при пластичности и ползучести.
16. Общие уравнения неупругого деформирования.
17. Учет тепловых деформаций и сопутствующих явлений.
18. Простейшие задачи неупругости.
19. Труба под действием внутреннего давления.
20. Деформация вращающегося диска.

**Пример вопросов для устного опроса:**

1. Можно ли однозначно определить напряжениями момент возникновения пластических деформаций? Почему?
2. Какая гипотеза лежит в основе критерия пластичности Сен-Венана?
3. Как геометрически выражается условие начала пластичности в сложном напряженном состоянии?
4. Что выражает критерий пластичности Мизеса?
5. Как опрееляется критерий пластичности по наибольшему главному напряжению?
6. Чему равен коэффициент Пуассона в области пластической деформации?
7. Чему равно изменение объема в результате пластической деформации?
8. Изменяется ли поверхность пластичности упрочняющегося тела при активном нагружении?
9. Что физически выражает параметр Одквиста?
10. Что является переменным параметром упругости в методе Биргера?