Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 10.06.2025 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

Физическая механика деформируемого твёрдого тела

Направление подготовки/специальность
15.03.03

Профиль/специализация
Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
Очная

, 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 «Физически нелинейная механика деформируемого твердого тела» следует отнести:

- приобретение теоретических основ и практических знаний напряженно-деформированного состояния твердого тела за пределами упругости и математических методов формулировки краевых задач пластичности и ползучести, 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 физически нелинейных свойств материалов и напряженно-деформированного состояния объектов машиностроения, их несущей способности, устойчивости и долговечности.

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина «Физически нелинейная механика деформируемого 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:** • Основные положения, определения и гипотезы, теоретические основы и перспективные направления физически нелинейной механике деформируемого тела **уметь:** • Свободно ориентироваться в обширном потоке новых литературных источников по своей профессии, в частности, по физически нелинейной механике деформируемого тела. **владеть:** • Навыками решения типовых и новых задач пластичности и вязкоупругости
ПК-1	Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность	**знать:** • Основные законы по нелинейной механике **уметь:** • Профессионально использовать накопленный информационный материал в своей непосредственной профессиональной деятельности. **владеть:** • Навыками широкого использования теоретических знаний по профессиональным вопросам в практической деятельности по расчету машиностроительных конструкций

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 «Физически нелинейная механика деформируемого тела» изучаются на четвертом курсе в течение 7-го и 8-го семестров.

Структура и содержание дисциплины «Физически нелинейная механика деформируемого твердого тела» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

7 семестр

Раздел 1. Введение в нелинейную механику деформированного твердого тела.

Введение. Основные экспериментальные факты о пластичности материалов. Условие начала пластичности. Геометрическая интерпретация. Неоднозначность нагрузки и разгрузки. Эффект Баушингера. Условия пластичности. Девиаторная плоскость. Поверхность пластичности.

Раздел 2. Основные принципы и постулаты.

Принцип максимума пластической работы. Ассоциированный закон пластического течения. Изотропное и анизотропное упрочнение. Термодинамический анализ необратимых процессов. Постулаты Ильюшина и Друккера. Условный экстремум пластической работы. Характер изменения поверхности пластичности

Раздел 3. Теория пластичности.

Теория пластического течения. Теория малых упругопластических деформаций. Теорема о простом нагружении. Изотропный материал и изотропное упрочнение. Простое и сложное нагружение. Интегрирование ассоциированного закона течения.

Раздел 4. Остаточные напряжения.

Теорема о разгрузке. Остаточные напряжения и деформации. Построение диаграммы деформирования в зависимости от пластических деформаций.

Раздел 5. Методы решения упругопластических задач.

Итерационные методы упругих решений. Применение к деформационной теория. Метод переменных параметров упругости. Методы дополнительных деформации и дополнительных напряжений.

Раздел 6. Экстремальные принципы в физически нелинейных твердых телах.

Экстремальные принципы в деформационной теории пластичности. Энергетические теоремы. Принципы возможных изменений деформированного и напряженного состояний. Обобщенные теоремы Лагранжа и Кастильяно.

Раздел 7. Предельное равновесие.

Предельное равновесие идеального жесткопластического тела. Минимальные свойства действительного поля скоростей. Максимальные свойства действительно напряженного состояния. Статистическая и кинематическая теоремы о предельной нагрузке. Основное энергетическое уравнение.

Раздел 8. Предельное равновесие скрученного стержня.

Предельное состояние скрученного стержня произвольного односвязного поперечного сечения. Основные уравнения задачи кручения. Функция напряжений. Характеристики. Песчаная аналогия.

Раздел 9. Предельное состояние круговых пластин.

Кинематический метод расчета несущей способности полигональных пластин. Совместное интегрирование уравнения равновесия и условия пластичности. Граничные условия.

Раздел 10. Плоская деформация жесткопластических тел.

Основные уравнения. Линии скольжения. Особенности напряженного состояния. Преобразование основных уравнений к осям, совпадающим с линиями скольжения. Интегралы Генки. Граничные условия. Теоремы Генки. Разрывы напряжений и скоростей.

8 семестр

Раздел 11. Экспериментальные данные о ползучести материалов.

Основные экспериментальные данные о ползучести и релаксации материалов. Аппроксимационные зависимости ползучести материалов. Кривые ползучести. Изохронные кривые. Обратная ползучесть. Стадии ползучести. Подобие кривых ползучести. Кривые релаксации. Законы Нортона, Бейли, Надаи.

Раздел 12. Теории ползучести.

Технические теории ползучести. Установившаяся и неустановившаяся ползучесть. Теория старения, течения, упрочнения. Ступенчатое нагружение. Описание кривых релаксации посредством теорий ползучестью Ползучесть статически неопределимой стержневой системы.

Раздел 13. Методы решения задач ползучести.

Численные методы решения задач ползучести. Связь с численными методами теории пластичности.

Раздел 14. Ползучесть стержней.

Ползучесть стержней при изгибе и кручении. Статически неопределимые задачи. Зависимость скорости изменения кривизны от изгибающего момента. Максимальные напряжения. Обобщенный метод сил. Скорость угла как функция крутящего момента. Кручение тонкостенного профиля.

Раздел 15. Вариационные принципы теории ползучести.

Вариационные принципы теории установившейся ползучести. Основные энергетические теоремы. Удельная мощность диссипации и удельная дополнительная мощность диссипации. Теоремы о минимуме полной и дополнительной мощностей диссипации.

Раздел 16. Вариационные методы решения задач теории ползучести.

Приближенные методы решения задач установившейся и неустановившейся ползучести. Теорема о напряженном состоянии неустановившейся ползучести при постоянных внешних нагрузках. Приближенный метод решения основной и релаксационной задач ползучести.

Раздел 17. Длительная прочность.

Основные сведения о длительной прочности. Принцип линейного суммирования повреждений. Предел длительной прочности. Основные

аппроксимации. Коэффициент запаса при длительном нагружении. Уравнения третьей стадии кривой ползучести.

Раздел 18. Критерий времени разрушения при ползучести.

Вязкое и хрупкое разрушения при ползучести. Критерии разрушения. При сложном напряженном состоянии. Фронт разрушения. Стержень при длительном растяжении. Схема Хоффа. Функция накопления повреждений. Смешанное вязко-хрупкое разрушение. Критерии разрушения. Неоднородное напряженное состояние.

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).

ПК-1 - способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
знать: основные положения, определения и гипотезы, теоретические основы и перспективные направления физически нелинейной механике деформируемого тела	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные положения, определения и гипотезы, теоретические основы и перспективные направления физически нелинейной механике деформируемого тела	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные положения, определения и гипотезы, теоретические основы и перспективные направления физически нелинейной механике деформируемого 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 положения, определения и гипотезы, теоретические основы и перспективные направления физически нелинейной механике деформируемого тела, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные положения, определения и гипотезы, теоретические основы и перспективные направления физически нелинейной механике деформируемого тела, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: свободно ориентироваться в обширном потоке новых литературных источников по своей	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: свободно ориентироваться в обширном потоке новых	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: свободно ориентироваться в обширном потоке новых литературных источников	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: свободно ориентироваться в обширном потоке новых литературных	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: свободно ориентироваться в обширном потоке

профессии, в частности, по физически нелинейной механике деформируемого тела.	литературных источников по своей профессии, в частности, по физически нелинейной механике деформируемого тела.	по своей профессии, в частности, по физически нелинейной механике деформируемого тела. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	источников по своей профессии, в частности, по физически нелинейной механике деформируемого тела. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	новых литературных источников по своей профессии, в частности, по физически нелинейной механике деформируемого тела. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками решения типовых и новых задач пластичности и вязкоупругости	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: навыками решения типовых и новых задач пластичности и вязкоупругости	Обучающийся владеет навыками решения типовых и новых задач пластичности и вязкоупругости, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками решения типовых и новых задач пластичности и вязкоупругости, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками решения типовых и новых задач пластичности и вязкоупругости, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-2 - способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности				
знать: основные законы по нелинейной механике.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные законы по нелинейной механике.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные законы по нелинейной механике. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные законы по нелинейной механике, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные законы по нелинейной механике, свободно оперирует приобретенными знаниями.

		оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		
уметь: профессионально использовать накопленный информационный материал в своей непосредственной профессиональной деятельности.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: профессионально использовать накопленный информационный материал в своей непосредственной профессиональной деятельности.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: профессионально использовать накопленный информационный материал в своей непосредственной профессиональной деятельности. 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: профессионально использовать накопленный информационный материал в своей непосредственной профессиональной деятельности. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: профессионально использовать накопленный информационный материал в своей непосредственной профессиональной деятельности. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками широкого использования теоретических знаний по профессиональным вопросам в практической деятельности по расчету машиностроительных конструкций	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: навыками широкого использования теоретических знаний по профессиональным вопросам в практической деятельности по расчету машиностроительных конструкций	Обучающийся владеет навыками широкого использования теоретических знаний по профессиональным вопросам в практической деятельности по расчету машиностроительных конструкций 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 широкого использования теоретических знаний по профессиональным вопросам в практической деятельности по расчету машиностроительных конструкций, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками широкого использования теоретических знаний по профессиональным вопросам в практической деятельности по расчету машиностроительных конструкций, 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 «Физически нелинейная механика деформируемого 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 «Физически нелинейная механика деформируемого 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

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) программное обеспечение дисциплины

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте http://mospolytech.ru/ в разделе «Кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»».

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 «Физически нелинейная механика деформируемого 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	Введение в нелинейную механику деформированного твердого тела	7	1-2	2	2	2	5								
1.2	Основные принципы и постулаты	7	3-4	2	2	2	5								
1.3	Теория пластичности	7	5-6	2	2	2	5								
1.4	Остаточные напряжения	7	7-8	2	2	2	5								
1.5	Методы решения упругопластических задач	7	9-10	2	2	2	6								
1.6	Экстремальные принципы в физически нелинейных твердых телах	7	11-12	2	2	2	6								
1.7	Предельное равновесие	7	13-14	2	2	2	5								
1.8	Предельное равновесие скрученного стержня	7	15-16	2	2	2	5								
1.9	Предельное состояние круговых пластин	7	17	1	1	1	6								
1.10	Плоская деформация жесткопластических тел	7	18	1	1	1	6								
	Форма аттестации														**З**
	Всего часов по дисциплине		18	18	18	18	54								

	в седьмом семестре														
	Восьмой семестр														
1.11	Экспериментальные данные о ползучести материалов	8	1-2		2	1	5								
1.12	Теории ползучести	8	3-6		4	2	5								
1.13	Методы решения задач ползучести	8	7-8		2	1	5								
1.14	Ползучесть стержней	8	9-10		4	2	5								
1.15	Вариационные принципы теории ползучести	8	11-12		2	1	5								
1.16	Вариационные принципы теории ползучести	8	13-14		4	2	5								
1.17	Длительная прочность	8	15-16		2	1	4								
1.18	Критерий времени разрушения при ползучести	8	17-18		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 проектно-конструкторская.
Кафедра:	Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Физически нелинейная механика деформируемого твердого тела»

Составитель: **к.т.н. Осипов Н.Л.**

Москва, 2024 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Физически нелинейная механика деформируемого 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**			
ПК-1	Способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	**знать:** • Основные положения, определения и гипотезы, теоретические основы и перспективные направления физически нелинейной механике деформируемого тела **уметь:** • Свободно ориентироваться в обширном потоке новых литературных источников по своей профессии, в частности, по физически нелинейной механике деформируемого тела. **владеть:** • Навыками решения типовых и новых задач пластичности и вязкоупругости	самостоятельная работа, практические занятия	УО, Зач., Э

ПК-2	способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	**знать:** • Основные законы по нелинейной механике **уметь:** • Профессионально использовать накопленный информационный материал в своей непосредственной профессиональной деятельности. **владеть:** • Навыками широкого использования теоретических знаний по профессиональным вопросам в практической деятельности по расчету машиностроительных конструкций	самостоятельная работа, практические занятия	УО, Зач., Э

Приложение 2
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине *Физически нелинейная механика деформируемого 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 «Физически нелинейная механика деформируемого 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 «Физически нелинейная механика деформируемого твердого тела»
Направление 15.03.03 «Прикладная механика»

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 3.

1. Условие начала пластичности. Геометрическая интерпретация. Неоднозначность нагрузки и разгрузки.
2. Теория пластического течения.

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 «Физически нелинейная механика деформируемого твердого тела»
Направление 15.03.03 «Прикладная механика»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2.

1. Изохронные кривые. Обратная ползучесть.
2. Теория старения, течения, упрочнения.

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

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

Пример вопросов для зачета (7 семестр)

1. Основные экспериментальные факты о пластичности материалов.
2. Условие начала пластичности. Геометрическая интерпретация. Неоднозначность нагрузки и разгрузки.
3. Эффект Баушингера.
4. Условия пластичности. Девиаторная плоскость. Поверхность пластичности.
5. Принцип максимума пластической работы.
6. Ассоциированный закон пластического течения.
7. Изотропное и анизотропное упрочнение.
8. Термодинамический анализ необратимых процессов.
9. Постулаты Ильюшина и Друккера.
10. Условный экстремум пластической работы.
11. Характер изменения поверхности пластичности
12. Теория пластического течения.
13. Теория малых упругопластических деформаций.
14. Теорема о простом нагружении.
15. Изотропный материал и изотропное упрочнение. Простое и сложное нагружение.

Пример вопросов для экзамена (8 семестр)

1. Аппроксимационные зависимости ползучести материалов. Кривые ползучести.
2. Изохронные кривые. Обратная ползучесть.
3. Стадии ползучести. Подобие кривых ползучести.
4. Кривые релаксации.
5. Законы Нортона, Бейли, Надаи.
6. Технические теории ползучести.
7. Установившаяся и неустановившаяся ползучесть.
8. Теория старения, течения, упрочнения.
9. Ползучесть статически неопределимой стержневой системы.
10. Численные методы решения задач ползучести.
11. Связь с численными методами теории пластичности.
12. Ползучесть стержней при изгибе и кручении. Статически неопределимые задачи.
13. Зависимость скорости изменения кривизны от изгибающего момента. Максимальные напряжения.
14. Обобщенный метод сил.
15. Скорость угла как функция крутящего момента.

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 определяется 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?