

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Численное моделирование поведения пороупругих тел и сред

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
15.03.03 - Прикладная механика

Направленность образовательной программы
Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.02 Численное моделирование поведения пороупругих тел и сред относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Умеет извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, научных сайтов и т.д., анализировать полученную информацию для применения в научной работе, а также публично представлять полученные результаты с учетом уровня аудитории	<p>ПК-2.1: Умеет извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, научных сайтов и т.д.</p> <p>ПК-2.2: Знает методы анализа полученной информации, умеет применять ее в научной работе</p> <p>ПК-2.3: Имеет практический опыт публичного представления полученных результатов в соответствии с уровнем аудитории</p>	<p>ПК-2.1: Уметь извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, научных сайтов и т.д. Уметь решать задачи механики пористых сред.</p> <p>ПК-2.2: Знать методы анализа полученной информации, умеет применять ее в научной работе. Знать законы распространения упругих деформаций в пористых средах, протекания механических волновых процессов в них.</p> <p>ПК-2.3: Владеть навыками и практическим опытом публичного представления полученных результатов в соответствии с уровнем аудитории. Владеть методами решения задач трехмерной динамической проупругости для инженерных целей с использованием современных программ суперкомпьютерного моделирования в соответствии с выбранными методами и построенными алгоритмами.</p>	Практическое задание Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	26
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	26
- КСР	1
самостоятельная работа	55
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Основы теории фильтрации двухфазных сред. Понятие пористости, насыщенности. Закон Дарси. Математическая модель пороупругой среды. Подходы Филлунгера и Терцаги. Модель Био-Френкеля.	8	2	2	4	4
2. Кинематические переменные пороупругой среды. Силовые переменные пористой упругой среды. Определяющие соотношения пористого упругого материала.	8	2	2	4	4
3. Инерционные и диссипативные характеристики пористой упругой среды. Дренажное и недренажное деформирование пористого упругого материала. Соотношения между модулями среды в двух состояниях.	9	2	2	4	5
4. Система разрешающих уравнений и основные неизвестные. Уравнения движения пороупругой среды в «u-r» переменных во времени и в пространстве изображений по Лапласу. Уравнения движения среды в «u-w» переменных.	10	2	2	4	6
5. Продольные и поперечные волны в насыщенных пороупругих средах. Медленная продольная волна Био.	10	2	2	4	6
6. Модельная задача о действии нагрузки в виде функции Хевисайда по времени на одномерный пороупругий стержень. Моделирование	10	2	2	4	6

эффекта медленной продольной волны.					
7. Метод конечных элементов в задачах пороупругости. Ослабленная формулировка задачи пороупругости в «u-r» и «u-w» переменных. Конечно-элементная дискретизация уравнений в «u-r» и «u-w» переменных. Дискретизация по времени.	10	2	2	4	6
8. Метод граничных элементов в задачах пороупругости. Формулы Грина. Метод потенциалов. Граничные интегральные уравнения. Матрицы фундаментальных и сингулярных решений трехмерной динамической теории пороупругости.	12	2	4	6	6
9. Разработка алгоритмов и программных модулей для численного решения задач динамики пороупругих тел.	12	4	2	6	6
10. Решение модельных задач трехмерной динамической теории пороупругости с помощью модуля «Прочность» пакета программ «ЛОГОС»	18	6	6	12	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	26	26	53	55

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основы теории фильтрации двухфазных сред. Понятие пористости, насыщенности. Закон Дарси. Математическая модель пороупругой среды. Подходы Филлунгера и Терцаги. Модель Био-Френкеля.
2. Кинематические переменные пороупругой среды. Силовые переменные пористой упругой среды. Определяющие соотношения пористого упругого материала.
3. Инерционные и диссипативные характеристики пористой упругой среды. Дренированное и недренированное деформирование пористого упругого материала. Соотношения между модулями среды в двух состояниях.
4. Система разрешающих уравнений и основные неизвестные. Уравнения движения пороупругой среды в «u-r» переменных во времени и в пространстве изображений по Лапласу. Уравнения движения среды в «u-w» переменных.
5. Продольные и поперечные волны в насыщенных пороупругих средах. Медленная продольная волна Био.
6. Модельная задача о действии нагрузки в виде функции Хевисайда по времени на одномерный пороупругий стержень. Моделирование эффекта медленной продольной волны.
7. Метод конечных элементов в задачах пороупругости. Ослабленная формулировка задачи пороупругости в «u-r» и «u-w» переменных. Конечно-элементная дискретизация уравнений в «u-r» и «u-w» переменных. Дискретизация по времени.
8. Метод граничных элементов в задачах пороупругости. Формулы Грина. Метод потенциалов. Граничные интегральные уравнения. Матрицы фундаментальных и сингулярных решений трехмерной динамической теории пороупругости.
9. Разработка алгоритмов и программных модулей для численного решения задач динамики пороупругих тел.
10. Решение модельных задач трехмерной динамической теории пороупругости с помощью модуля «Прочность» пакета программ «ЛОГОС»

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию преподавателя, без его непосредственного участия и направлена на самостоятельное изучение отдельных аспектов тем дисциплины.

Цель самостоятельной работы – подготовка современного компетентного специалиста и формирования способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа может включать следующие виды работ:

- изучение понятийного аппарата дисциплины;
- проработка тем дисциплины, поиск информации в электронных библиотечных системах;
- подготовка к практическим занятиям;
- работа с основной и дополнительной литературой, представленной в рабочей программе;
- подготовка к промежуточной аттестации;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- работа в электронных библиотечных системах, справочных, справочно-поисковых и иных системах.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Провести расчет задачи о нагружении призматического упругого тела в ПП "Логос" с помощью модуля "Прочность". Длина тела $l=3\text{м}$, ширина и высота $a=b=0.25\text{м}$. На закрепленном торце заданы нулевые перемещения. На другом торце задано давление $p=S_0f(t)$, где $f(t)$ - функция Хевисайда, $S_0=1\text{Н/м}^2$. Боковые грани тела имеют защемление по перемещениям в направлении нормалей. Параметры упругого материала рассчитать из параметров пороупругого материала $K = 2.1\text{e}+8 \text{ Н/м}^2$, $G = 9.8\text{e}+7 \text{ Н/м}^2$, $\rho=1884 \text{ кг/м}^3$, $\varphi = 0.48$, $K_s = 1.1\text{e}+10 \text{ Н/м}^2$, $\rho_f=1000 \text{ кг/м}^3$, $K_f = 3.3\text{e}+9 \text{ Н/м}^2$, $k=3.55\text{e}-9 \text{ м}^4/\text{Н/с}$ для случая недренированного деформирования последнего. Временной интервал выбрать $[0,16l/c]$, где c - скорость продольной волны. Построить временные зависимости перемещения и напряжения на нагруженной и закрепленной гранях, соответственно.

2. Провести расчет задачи о нагружении призматического упругого тела в ПП "Логос" с помощью модуля "Прочность". Длина тела $l=3\text{м}$, ширина и высота $a=b=0.25\text{м}$. На закрепленном торце заданы нулевые перемещения. На другом торце задано давление $p=S_0f(t)$, где $f(t)$ - функция Хевисайда, $S_0=1\text{Н/м}^2$. Боковые грани тела имеют защемление по перемещениям в направлении нормалей. Параметры упругого материала рассчитать из параметров пороупругого материала $K = 2.1\text{e}+8 \text{ Н/м}^2$, $G = 9.8\text{e}+7 \text{ Н/м}^2$, $\rho=1884 \text{ кг/м}^3$, $\varphi = 0.48$, $K_s = 1.1\text{e}+10 \text{ Н/м}^2$, $\rho_f=1000 \text{ кг/м}^3$, $K_f = 3.3\text{e}+9 \text{ Н/м}^2$, $k=3.55\text{e}-9 \text{ м}^4/\text{Н/с}$ для случая дренированного деформирования последнего. Временной интервал выбрать $[0,16l/c]$, где c - скорость продольной волны. Построить временные зависимости перемещения и напряжения на нагруженной и закрепленной гранях, соответственно.

3. Провести расчет задачи о нагружении призматического пороупругого тела с помощью программы, реализующей метод граничных элементов. Длина тела $l=3\text{м}$, ширина и высота $a=b=0.25\text{м}$. На закрепленном торце заданы нулевые перемещения и нулевой поток. На другом торце задано давление $p=S_0f(t)$, где $f(t)$ - функция Хевисайда, $S_0=1\text{Н/м}^2$. Боковые грани тела имеют защемление по перемещениям в направлении нормалей и непроницаемы. Параметры пороупругого материала $K = 2.1\text{е}+8 \text{ Н/м}^2$, $G = 9.8\text{е}+7 \text{ Н/м}^2$, $\rho=1884 \text{ кг/м}^3$, $\varphi = 0.48$, $K_s = 1.1\text{е}+10 \text{ Н/м}^2$, $\rho_f=1000 \text{ кг/м}^3$, $K_f = 3.3\text{е}+9 \text{ Н/м}^2$, $k=3.55\text{е}-9 \text{ м}^4/\text{Н}\cdot\text{с}$. Временной интервал выбрать $[0,16l/c]$, где c - скорость продольной волны. Построить временные зависимости перемещения и порового давления на нагруженной и закрепленной гранях, соответственно.

4. Провести расчет задачи о нагружении призматического пороупругого тела с помощью программы, реализующей метод граничных элементов. Длина тела $l=3\text{м}$, ширина и высота $a=b=0.25\text{м}$. На закрепленном торце заданы нулевые перемещения и нулевой поток. На другом торце задано давление $p=S_0f(t)$, где $f(t)$ - функция Хевисайда, $S_0=1\text{Н/м}^2$. Боковые грани тела имеют защемление по перемещениям в направлении нормалей и непроницаемы. Параметры пороупругого материала $K = 8\text{е}+9 \text{ Н/м}^2$, $G = 6\text{е}+9 \text{ Н/м}^2$, $\rho=2458 \text{ кг/м}^3$, $\varphi = 0.19$, $K_s = 3.6\text{е}+10 \text{ Н/м}^2$, $\rho_f=1000 \text{ кг/м}^3$, $K_f = 3.3\text{е}+9 \text{ Н/м}^2$, $k=1.9\text{е}-10 \text{ м}^4/\text{Н}\cdot\text{с}$. Временной интервал выбрать $[0,16l/c]$, где c - скорость продольной волны. Построить временные зависимости перемещения и порового давления на нагруженной и закрепленной гранях, соответственно.

5. Провести моделирование эффекта медленной продольной волны в задаче о нагружении призматического пороупругого тела с помощью программы, реализующей метод граничных элементов. Длина тела $l=3\text{м}$, ширина и высота $a=b=0.25\text{м}$. На закрепленном торце заданы нулевые перемещения и нулевой поток. На другом торце задано давление $p=S_0f(t)$, где $f(t)$ - функция Хевисайда, $S_0=1\text{Н/м}^2$. Боковые грани тела имеют защемление по перемещениям в направлении нормалей и непроницаемы. Параметры пороупругого материала $K = 2.1\text{е}+8 \text{ Н/м}^2$, $G = 9.8\text{е}+7 \text{ Н/м}^2$, $\rho=1884 \text{ кг/м}^3$, $\varphi = 0.48$, $K_s = 1.1\text{е}+10 \text{ Н/м}^2$, $\rho_f=1000 \text{ кг/м}^3$, $K_f = 3.3\text{е}+9 \text{ Н/м}^2$, $k=3.55\text{е}-9 \text{ м}^4/\text{Н}\cdot\text{с}$. Варьировать величину проницаемости до значения $k=3.55\text{е}-5$, увеличивая на порядок на каждом шаге. Временной интервал выбрать $[0,16l/c]$, где c - скорость продольной волны. Построить временные зависимости перемещения и порового давления во внутренней точке тела с координатой $l/2$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Вывести формулы для расчета порового давления p и перемещения u в изображениях по Лапласу в задаче о действии нагрузки величины S_0 в виде функции Хевисайда по времени $f(t)$ на одномерный пороупругий стержень длины l . Один конец стержня закреплен и непроницаем, на другом задана нагрузка $\sigma=-S_0f(t)$ и нулевое поровое давление.

2. Вывести формулы для расчета порового давления p и перемещения u в изображениях по Лапласу в задаче о действии нагрузки величины S_0 в виде функции Хевисайда по времени $f(t)$ на одномерный пороупругий стержень длины l . Один конец стержня закреплен и непроницаем, на другом задана нагрузка $p=S_0f(t)$ и $\sigma=0$.
3. Вывести формулы для расчета порового давления p и перемещения u в изображениях по Лапласу в задаче о действии нагрузки величины S_0 в виде функции Хевисайда по времени $f(t)$ на одномерный пороупругий стержень длины l . Один конец стержня закреплен и непроницаем, на другом задана нагрузка $u=S_0f(t)$ и $\sigma=0$.
4. Вывести формулы для расчета порового давления p и перемещения u в изображениях по Лапласу в задаче о действии нагрузки величины S_0 дельта-функции Дирака по времени $f(t)$ на пороупругий слой толщины l . На одной границе задано перемещение $u=0$ и поток $q=0$, на другой задана равномерно распределенная нагрузка $\sigma=-S_0f(t)$ и нулевое поровое давление $p=0$.
5. Вывести формулы для расчета порового давления p и перемещения u в изображениях по Лапласу в задаче о действии нагрузки величины S_0 в виде дельта-функции Дирака по времени $f(t)$ на пороупругий слой толщины l . На одной границе задано перемещение $u=0$ и поток $q=0$, на другой задана равномерно распределенная нагрузка $p=S_0f(t)$ и $\sigma=0$.
6. Вывести формулы для расчета порового давления p и перемещения u в изображениях по Лапласу в задаче о действии нагрузки величины S_0 в виде дельта-функции Дирака по времени $f(t)$ на пороупругий слой толщины l . На одной границе задано перемещение $u=0$ и поток $q=0$, на другой задана равномерно распределенная нагрузка $u=S_0f(t)$ и $\sigma=0$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического	Уровень знаний ниже минимальных	Минимально допустимы	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	требований. Имели место грубые ошибки	й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько несуществе нных ошибок	соответств ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	превышающе м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами .	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Характеристики пористой среды. Пористость, просветность.
2. Проницаемость пористой среды.
3. Скорость фильтрации.
4. Уравнение баланса массы.
5. Уравнение баланса импульса. Закон Дарси.
6. Следствие уравнений механики многофазных сред.
7. Закон Дарси для анизотропных сред.
8. Границы применимости закона Дарси.
9. Непроницаемая граница.
10. Граница пористой среды и жидкости.
11. Межфазная граница в пористой среде.
12. Граница двух пористых сред.
13. Моделирование структуры пористой среды.
14. Многофазная фильтрация.
15. Капиллярные эффекты.
16. Принцип эффективных напряжений.
17. Дренированное деформирование пористой среды.
18. Недренированное деформирование пористой среды.
19. Модель Био пороупругой среды.
20. Модель сжимаемой пористой среды.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Баженов Валентин Георгиевич. Методы граничных интегральных уравнений и граничных элементов в решении задач трехмерной динамической теории упругости с сопряженными полями. - М. : Физматлит : ННГУ, 2008. - 352 с. - (Библиотека Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского). - ISBN 978-5-9221-0953-6 : 105.00., 2 экз.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике : пер. с англ. / под ред. Б. Е. Победри. - М. : Мир, 1975. - 541 с. : ил. - 2.70., 2 экз.
3. Крауч Стивен. Методы граничных элементов в механике твердого тела / пер. с англ. М. А. Тлеужанова ; под ред. А. М. Линькова. - М. : Мир, 1987. - 328 с. : ил. - 1.70., 2 экз.
4. Маслов Л. Б. Конечно-элементные пороупругие модели в биомеханике / Маслов Л. Б. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 240 с. - Книга из коллекции Лань - Физика. - ISBN 978-5-8114-1639-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799955&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Численно-аналитическое моделирование динамики трехмерных составных пороупругих тел : учебно-методическое пособие / Л. А. Игумнов, С. Ю. Литвинчук, А. В. Аменицкий, А. А. Белов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 52 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851314&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. ЛОГОС
2. Руководство пользователя ЛОГОС 5.4.19 [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – URL: C:\Program Files\VNIEF\LOGOS-5.4.19\LOGOS- PP\5.4.19\Bin\docs\index.htm

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Петров Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.