

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

Модели жидкостей и газов

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.О.20 Модели жидкостей и газов относится к обязательной части 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
ОПК-6: Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;	ОПК-6.1: Демонстрирует знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.2: Умеет осуществлять решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.3: Владеет методикой решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-6.1: Знает методы решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.2: Умеет осуществлять решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий. ОПК-6.3: Владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	Доклад	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

ОПК-7: Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении;	<p>ОПК-7.1: Демонстрирует знание методов применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.2: Демонстрирует умение применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.3: Владеет методикой применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	<p>ОПК-7.1: Знает методы применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.</p> <p>ОПК-7.2: Умеет применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.3: Владеет навыками применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	Доклад	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>
ОПК-8: Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении;	<p>ОПК-8.1: Демонстрирует знание методов анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.2: Демонстрирует умение осуществлять анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.3: Владеет методикой анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p>	<p>ОПК-8.1: Знает методы анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.2: Умеет осуществлять анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.3: Владеет навыками анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p>	Доклад	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Задачи</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение	2	2	0	2	0
Идеальная жидкость. уравнения Эйлера. Гидростатика	28	4	6	10	18
Потенциальное обтекание сферы, цилиндра	20	4	4	8	12
Волны на поверхности жидкости	18	4	4	8	10
Гидродинамика вязкой жидкости	28	6	6	12	16
Устойчивость течения жидкости. Турбулентное течение	15	4	4	8	7
Звук	16	4	4	8	8
Газовая динамика	15	4	4	8	7
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Способы описания движения жидкости: эйлеров и лагранжевы способы задания движения жидкости, переход от одного описания к другому, субстанциональная и локальная производные по

времени. Система уравнений гидродинамики идеальной жидкости: уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, полнота системы уравнений, уравнение состояния.

2. Гидростатика: основные уравнения, условия гидростатического равновесия, частота Вайселя.

3. Теорема Бернулли и закон сохранения энергии: теорема Бернулли и некоторые применения теоремы, теорема Бернулли как следствие закона сохранения энергии, закон сохранения энергии в нестационарном случае.

4. Закон сохранения импульса: тензор плотности потока импульса, теорема Эйлера и ее применение.

5. Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости, теоремы Гельмгольца о вихрях.

6. Уравнения гидродинамики для потенциального движения: потенциал скорости, плоское течение функция тока. Применение теории аналитических функций в задачах гидродинамики: комплексный потенциал, примеры двумерных течений конформные преобразования.

7. Обтекание сферы потенциальным потоком, парадокс Даламбера-Эйлера. Стационарное обтекание кругового цилиндра: циркуляционное обтекание цилиндра, подъемная сила, формула Жуковского.

8. Гравитационные поверхностные волны: основные уравнения, гармонические волны, дисперсионное уравнение, приближения мелкой и глубокой воды, энергия волн.

9. Поверхностные явления. Формула Лапласа. Капиллярные волны на поверхности жидкости: чисто капиллярные волны, гравитационно-капиллярные волны.

10. Уравнения гидродинамики вязкой жидкости: коэффициент вязкости и вязкие напряжения, уравнение Навье-Стокса, вязкие силы. Примеры течений вязкой жидкости: течение Куэтта, течение Пуазейля между двумя пластинками, течение Пуазейля в круглой трубе, обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости, формула Стокса Стационарное течение жидкости между вращающимися цилиндрами.

11. Подобие гидродинамических течений. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Струхала. Течение при малых числах Рейнольдса. Обтекание тела произвольной формы.

12. Пограничный слой, вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя.

13. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости в пространстве между двумя вращающимися цилиндрами. Неустойчивость тангенциального разрыва.

14. Турбулентное течение. Переход от ламинарного течения к турбулентному течению. Развитая турбулентность. Уравнение Рейнольдса для усредненного потока.

15. Звуковые волны. Монохроматические волны. Энергия звуковой волны. Геометрическая акустика. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера.

16. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность. Стационарный поток сжимаемой жидкости.

17. Поверхности разрыва. Ударные волны. Ударная адиабата. Истечение газа через сопло. Сопло Лаваля.

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.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному

преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),

- подготовка к промежуточному контролю успеваемости

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 - Доклад) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

1. Подобие, моделирование и примеры приложения теории размерности.
2. Применение теории размерности к определению структуры решений уравнения Навье-Стокса. Понятие об автомодельных решениях.
3. Теплопроводность в жидкости.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

1. Уравнения магнитной гидродинамики.
2. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ОПК-8:

1. Автомодельные решения уравнений теплопроводности.
2. Волны во вращающейся жидкости.
3. Устойчивость параллельных течений.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Качество доклада: четко выстроен; демонстрационный материал использовался в докладе, хорошо оформлен, но есть неточности; отвечает на вопросы с неточностями; показано владение специальным аппаратом; выводы не полностью характеризуют работу.
не зачтено	Качество доклада: рассказывается, но не объясняется суть работы; демонстрационный материал был оформлен плохо, неграмотно; отвечает не на все вопросы; показано неполное владение специальным аппаратом; выводы нечетко характеризуют работу.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем 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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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 ОПК-6

1. Способы описания движения жидкости: способы задания движения жидкости по Эйлеру и по Лагранжу, переход от одного описания к другому, субстанциональные и локальные производные по времени.
2. Система уравнений гидродинамики идеальной жидкости: уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, уравнение состояния. Граничные условия.
3. Гидростатика: основные уравнения, условия гидростатического равновесия,
4. Теорема Бернулли
5. Закон сохранения энергии в нестационарном случае.
6. Тензор плотности потока импульса. Закон сохранения импульса,
7. Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости.
8. Уравнения гидродинамики для потенциального движения: потенциал скорости, интеграл Коши-Лагранжа, плоское течение, функция тока.
9. Обтекание сферы потенциальным потоком.
10. Парадокс Даламбера - Эйлера.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

1. Циркуляционное обтекание цилиндра. Формула Жуковского.
2. Вихри в идеальной жидкости. Присоединенный вихрь и подъемная сила.
3. Поверхностные явления. Поверхностное давление. Формула Лапласа.
4. Волны на поверхности жидкости: гравитационные волны, капиллярные волны, гравитационно-капиллярные волны.
5. Уравнения гидродинамики вязкой жидкости: коэффициенты вязкости и вязкие напряжения, уравнение Навье-Стокса, вязкие силы
6. Течение Куэтта, течение Пуазейля между двумя пластинками, обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости
7. Формула Стокса.
8. Стационарное течение жидкости между вращающимися цилиндрами.
9. Подобие гидродинамических течений. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Струхала.
10. Течение при малых числах Рейнольдса. Обтекание тела произвольной формы.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-8

1. Пограничный слой: вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя.
2. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости в пространстве между двумя вращающимися цилиндрами
3. Неустойчивость тангенциального разрыва.
4. Турбулентное течение. Переход от ламинарного течения к турбулентному течению. Развитая турбулентность. Уравнение Рейнольдса для усредненного потока.
5. Звуковые волны. Монохроматические волны. Энергия звуковой волны
6. Геометрическая акустика
7. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера.
8. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность.
9. Стационарный поток сжимаемой жидкости.
10. Поверхности разрыва. Ударные волны. Ударная адиабата.
11. Истечение газа через сопло. Сопло Лавала.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

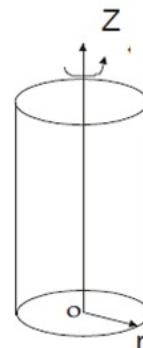
Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

Задача 1. Дано поле скорости: $v_x = \frac{x}{1+t}$, $v_y = \frac{2y}{1+t}$, $v_z = \frac{3z}{1+t}$.

Найти компоненты ускорения.

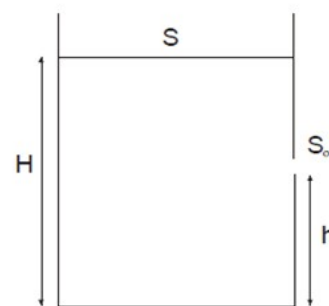
Задача 2. Цилиндрический стакан радиуса R с несжимаемой однородной жидкостью плотности ρ вращается в поле силы тяжести с постоянной угловой скоростью Ω вокруг вертикальной оси. Уровень жидкости в стакане при $\Omega = 0$ равен $H(\Omega = 0) = H_0$. Помещая начало цилиндрической системы координат в нижней точке оси вращения, определить распределение давления жидкости $p(r, z)$, форму свободной поверхности $z(r)$ и полную силу давления на дно сосуда F . Атмосферное давление p_a .



Задача 3. Сосуд с жидкостью, находящийся в покое, получает на горизонтальной поверхности ускорение \vec{a} вправо. Под каким углом к горизонту будет располагаться поверхность жидкости?

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

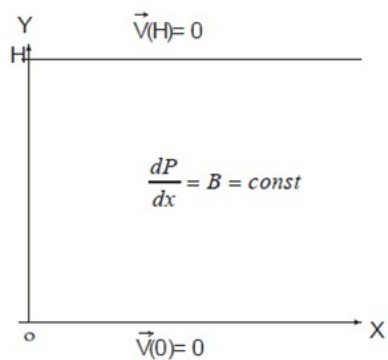
Задача 4. Найти скорость v_0 истечения тяжелой несжимаемой жидкости из малого отверстия в стенке широкого сосуда. Считать, что давление на свободной поверхности и в струе жидкости на выходе из сосуда равно атмосферному - p_a , площадь свободной поверхности S , площадь отверстия S_0 . Уровень жидкости в сосуде



относительно дна - H , расстояние от отверстия до дна - h . Определить расстояние L , на котором вытекающая жидкость достигнет плоскости основания сосуда. При каком $h = h^*$ это расстояние будет максимальным?

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-8

Задача 5. Исследовать стационарное течение вязкой несжимаемой жидкости между двумя неподвижными бесконечными пластинами, находящимися на расстоянии H друг от друга, поддерживаемое продольным градиентом давления $\frac{dP}{dx} = B = const$, созданным внешними силами (течение Пуазейля).



Определить профиль скорости v , плотность вязкой силы f_ϵ , действующей на единицу площади каждой пластины со стороны протекающей жидкости, среднюю скорость потока v_{cp} и коэффициент сопротивления C_D .

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

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

Основная литература:

1. Кочин Николай Евграфович. Теоретическая гидромеханика : [учеб. для ун-тов]. Ч. 1 / под ред. И. А. Кибеля. - 6-е изд., испр. и доп. - М. : Физматгиз, 1963. - 583 с. : с черт. - 1.10., 45 экз.
2. Кочин Николай Евграфович. Теоретическая гидромеханика : [учеб. для ун-тов]. Ч. 2 / под ред.

И. А. Кибеля. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Физматгиз, 1963. - 727 с. : с черт. - 1.39., 33 экз.
3. УМК "Основы механики сплошных сред" / Курин В. В., Грязнова И. Ю., Клемина А. В., Мартыанов А. И. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2011. - 88 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Теоретическая механика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729700&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 6. Гидродинамика / под ред. Л. П. Питаевского. - Изд. 5-е, стер. - М. : Физматлит, 2003. - 736 с. - ISBN 5-9221-0053-X. - ISBN 5-9221-0121-8 (т. 6) : 173.00., 2 экз.
2. Дразин Филипп. Введение в теорию гидродинамической устойчивости = Introduction to hydrodynamic stability / [пер. с англ. Г. Г. Цыпкина ; под. ред. А. Т. Ильичева]. - М. : Физматлит, 2005. - 288 с. - ISBN 5-9221-0629-5 (рус.). - ISBN 0-521-80427-2 (англ.) : 39.00., 2 экз.

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

Сайт фундаментальной библиотеки ННГУ <https://lib.unn.ru/>

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): Новиков Валерий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент
Февральских Любовь Николаевна, 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.