

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

(факультет / институт / филиал)

:

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Дискретная математика и теория графов

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.01.03 Механика и математическое моделирование

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород,
2023

Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Дискретная математика и теория графов» относится к обязательной части.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.29, «Дискретная математика и теория графов» относится к обязательной части ООП направления подготовки 01.03.03 «Механика и математическое моделирование»..

1. 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	
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации	Знать основные способы синтеза и анализа научной информации; обладать способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции и принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями; иметь представление об основных алгоритмах и методах дискретной математики	собеседование
	УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности	Уметь переводить на математический язык проблемы, поставленные в рамках других предметных областей; приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии; применять на практике основные алгоритмы и методы дискретной математики	тест задачи
	УК-1.3. Владеет навыками работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов	Владеет навыками работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов приобретения новых научных и профессиональных знаний.	
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук	Знать основные понятия и утверждения дискретной математики; основные операции над множествами, законы и тождества алгебры множеств; свойства бинарных отношений; теорему о факторизации для отношений эквивалентности; свойства конечных упорядоченных множеств; свойства отображений: инъекцию, сюръекцию, биекцию; понятия счетного множества и множества мощности континуум; основные правила комбинаторики: правила равенства, суммы, произведения, принцип последовательного выбора; основные понятия комбинаторики: перестановки, размещения и сочетания с повторениями и без повторений, формулы для вычисления их числа; бином Ньютона и треугольник Паскаля; принцип включения-	собеседование

		исключения; понятия упорядоченного и неупорядоченного разбиения, формулы для вычисления числа разбиений с заданной спецификацией; общий вид линейного рекуррентного уравнения, формулы для решения линейных рекуррентных уравнений с постоянными коэффициентами первого и второго порядка; основные понятия теории графов: изоморфизм, пути и циклы, связность, шарниры, переишки и блоки, метрические характеристики, каркасы, пространства циклов и разрезов; способы представления графов; важнейшие классы графов: деревья и леса, двудольные графы, планарные графы	
	ОПК-1.2. Умеет анализировать и решать стандартные профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук	Уметь решать математические задачи и проблемы, аналогичные ранее изученным: решать уравнения и системы уравнений в алгебре множеств; определять свойства бинарных отношений, строить классы эквивалентности для отношений эквивалентности, диаграммы Хассе для отношений порядка, находить по диаграмме максимальные и минимальные элементы; применять основные правила комбинаторики для подсчета числа комбинаторных объектов, обладающих заданными свойствами; решать линейные рекуррентные уравнения с постоянными коэффициентами первого и второго порядка; выполнять преобразования между различными формами представления графов, находить наиболее рациональные представления для решения различных задач и реализации алгоритмов, строить графовые модели реальных отношений, применять теоретические знания для исследования свойств графов	тест задачи
	ОПК-1.3. Владеет навыками применения фундаментальных разделов механики, базовых знаний естественнонаучного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач	Владеет навыками применения фундаментальных базовых знаний естественнонаучного и математического циклов при решении стандартных задач дискретной математики и теории графов.	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения	
	Всего	
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ	
Часов по учебному плану	144	
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):	67	
- занятия лекционного типа	32	
- занятия семинарского типа	32	
- занятия лабораторного типа	0	
- текущий контроль (КСР)	3	
самостоятельная работа	41	
Промежуточная аттестация – зачет и экзамен	36	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
2-й семестр						
Тема 1. Множества. Операции над множествами, их свойства. Диаграммы Венна	6	2	2		4	2
Тема 2. Множества. Прямое (декартово) произведение множеств. Решение уравнений в алгебре множеств. Множество слов в конечном алфавите	6	2	2		4	2
Тема 3. Бинарные отношения. Свойства бинарных отношений. Отношение эквивалентности, теорема о факторизации	6	2	2		4	2
Тема 4. Бинарные отношения. Отношение порядка, максимальный и минимальный элементы упорядоченного множества. Линейный и частичный, лексикографический порядки. Диаграмма Хассе	6	2	2		4	2
Тема 5. Функциональные отношения. Инъекция, сюръекция, биекция. Количественное сравнение бесконечных множеств. Счетные множества. Теорема Кантора о существовании несчетных множеств. Множества мощности континуум	6	2	2		4	2
Тема 6. Комбинаторика. Правила равенства, суммы и произведения, принцип последовательного выбора	6	2	2		4	2
Тема 7. Комбинаторика. Перестановки. Размещения и сочетания с повторениями и без повторений. Их число	6	2	2		4	2
Тема 8. Комбинаторика. Бином Ньютона и треугольник Паскаля. Упорядоченные разбиения с заданной спецификацией. Полиномиальная теорема	7	2	2		4	3
Тема 9. Комбинаторика. Принцип включения-исключения. Неупорядоченные разбиения. Количество сюръективных отображений. Число беспорядков	7	2	2		4	3
Тема 10. Комбинаторика. Линейные рекуррентные уравнения первого и второго порядка. Алгоритм их решения	7	2	2		4	3
Тема 11. Начальные понятия теории графов. Понятие графа. Типы графов. Способы задания. Подграфы. Пути и циклы. Связность, компоненты, шарниры, перешейки.	7	2	2		4	3
Тема 12. Перечисление графов. Число помеченных графов. Автоморфизмы. Число способов пометить граф. Изоморфизм, инварианты.	7	2	2		4	3
Тема 13. Расстояния и метрические характеристики графов. Вычисление расстояний, эксцентриситетов вершин, радиуса, диаметра, центра графа.	7	2	2		4	3
Тема 14. Важнейшие классы графов. Деревья, их свойства. Корневые деревья. Код Прюфера.	7	2	2		4	3
Тема 15. Важнейшие классы графов. Двудольные графы, теорема Кенига. Планарные графы, формула Эйлера, критерии планарности.	7	2	2		4	3

Тема 16. Циклы. Эйлеровы циклы. Критерий существования. Алгоритм построения. Квазициклы. Пространство циклов. Фундаментальные циклы. Алгоритмы построения базиса циклов.	7	2	2		4	3
Текущий контроль (КСР)	3					
Промежуточная аттестация – зачет и экзамен	36					
Итого, 2-й семестр	144	32	32	0	64	41

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: применять на практике основные алгоритмы и методы дискретной математики; применения фундаментальных базовых знаний при решении стандартных задач дискретной математики и теории графов.
- компетенций – УК-1; ОПК-1.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Выполнение домашних практических заданий с последующей проверкой и обсуждением. Изучение литературы и проработка теоретического материала лекционных занятий.

Образовательный материал для самостоятельной работы студента:

1. Сорочан С. В. Основы дискретной математики. Учебно-методическое пособие (на английском языке). Электронное издание. 2012.
http://eng.unn.ru/images/files/bach_it/Osnovy_diskretnoy_matematiki.pdf
2. Алексеев В.Е., Киселева Л.Г., Смирнова Т.Г. Сборник задач по дискретной математике: Задачник. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 80с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 487.12.08.
http://www.unn.ru/books/met_files/alekseev.pdf
3. Алексеев В. Е., Таланов В. А. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений. М.: ИНТУИТ.РУ, Бином. Лаборатория знаний, 2012.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/101/101/info>
4. Алексеев В. Е., Захарова Д. В. Теория графов. Электронное издание. 2012.
<http://www.unn.ru/books/resources.html> 482.12.08.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	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 незначительными 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 владения материалом. 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»

	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемых компетенций
1. Опишите понятие множества. Чем отличается множество от подмножества? Перечислите способы задания множеств	УК-1, ОПК-1
2. В чем смысловая разница между записями $x \in A$ и $X \subseteq A$, $X \subset A$ и $X \subseteq A$?	УК-1
3. Сформулируйте определения операций объединения, пересечения, разности, дополнения, симметрической разности	УК-1, ОПК-1
4. Какие операции над множествами обладают свойствами коммутативности и ассоциативности?	УК-1
5. Сформулируйте дистрибутивные законы для операций объединения и пересечения. Сформулируйте законы де-Моргана	УК-1
6. Дайте определение прямого (декартова) произведения множеств. Сформулируйте теорему о мощности прямого произведения	УК-1, ОПК-1
7. Что означает запись A^n для множества A ? Какова мощность множества всех подмножеств n -элементного множества?	УК-1, ОПК-1
8. Что значит решить уравнение в алгебре множеств? Может ли уравнение в алгебре множеств иметь более одного решения? Ровно одно решение? Ни одного решения?	УК-1
9. Дайте определение бинарного отношения. Перечислите свойства бинарных отношений	УК-1, ОПК-1
10. Какое отношение называется отношением эквивалентности? Приведите пример отношения эквивалентности. Из каких элементов множества образуется класс эквивалентности?	УК-1, ОПК-1
11. Дайте определение разбиения множества. Какое множество называется фактор-множеством по отношению эквивалентности?	УК-1, ОПК-1
12. Какое отношение называется отношением порядка? Приведите пример отношения порядка. Какие характеристики отношения порядка можно определить с помощью диаграммы Хассе?	УК-1, ОПК-1
13. Какой порядок называется линейным? Частичным? лексикографическим?	УК-1, ОПК-1
14. Какое отношение называется функциональным? Дайте определения инъекции, сюръекции и биекции. Приведите примеры	УК-1, ОПК-1
15. Какое бесконечное множество называется счетным? Приведите примеры счетных множеств. Какие бесконечные множества имеют мощность континуум? Приведите примеры. Сформулируйте теорему Кантора	УК-1
16. Сформулируйте комбинаторные правила равенства, суммы и произведения. Дайте определение перестановки из n различных элементов. Приведите формулу для числа перестановок из n элементов.	УК-1, ОПК-1

17. Дайте определение размещения из n элементов по k . Приведите формулу для числа размещений из n по k . Дайте определение сочетания из n элементов по k . Приведите формулу для числа сочетаний из n по k	УК-1, ОПК-1
18. Воспроизведите формулу бинома Ньютона. Что такое биномиальные коэффициенты? Перечислите свойства биномиальных коэффициентов	УК-1, ОПК-1
19. Что такое треугольник Паскаля? Что и каким образом он позволяет вычислять?	ОПК-1
20. Чему равно число упорядоченных разбиений множества из n элементов на k частей, среди которых могут быть пустые части? Приведите формулу	ОПК-1
21. Приведите формулу для числа упорядоченных разбиений множества из n элементов на k частей с заданными мощностями $n_i, i = 1, \dots, k$	ОПК-1
22. Сформулируйте полиномиальную теорему	УК-1, ОПК-1
23. Дайте определение сочетания с повторениями. Чему равно число сочетаний с повторениями из n по k ?	УК-1, ОПК-1
24. Приведите формулу включений-исключений для двух и трех множеств	УК-1, ОПК-1
25. Какой общий вид имеет линейное рекуррентное уравнение порядка k с постоянными коэффициентами? Продемонстрируйте метод решения линейного уравнения первого порядка на примере: $x_n = 5x_{n-1} + 3$ при $x_0 = -2$	ОПК-1
26. Продемонстрируйте метод решения линейного рекуррентного уравнения второго порядка на примере: $x_n + 2x_{n-1} + x_{n-2} = 0$ при начальных условиях $x_0 = 1, x_1 = -2$	ОПК-1
27. Смежность, инцидентность, степени. Способы задания графов. Графы пересечений	ОПК-1
28. Подграфы, остовные, порожденные. Проблема восстановления	ОПК-1
29. Пути и циклы. Связность, компоненты, шарниры, перешейки, блоки	ОПК-1
30. Расстояния и метрические характеристики	ОПК-1
31. Изоморфизм графов. Инварианты. Автоморфизмы. Помеченные и непомеченные графы. Число помеченных графов. Число способов пометить граф	ОПК-1
32. Понятие дерева. Число деревьев. Код Прюфера	ОПК-1
33. Двудольные графы. Теорема Кёнига	ОПК-1
34. Планарные графы. Формула Эйлера. Критерии планарности.	ОПК-1
35. Эйлеровы циклы и пути. Алгоритм построения эйлеровых циклов	ОПК-1
36. Пространство циклов графа. Квазициклы. Фундаментальные циклы. Цикломатическое число. Построение базы циклов	ОПК-1

5.2.2. Типовые тестовые задания (тесты) для оценки сформированности компетенции УК-1.

1. Дано универсальное множество $U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ и в нем подмножества $A = \{x \mid x < 4\}$, $B = \{2, 4, 5, 7\}$, $C = \{1, 2, 5, 6\}$

а) Найти множество $C \cup A$ (указать правильные варианты ответов):

- 1) $\{1, 1, 2, 2, 3, 5, 6\}$
- 2) $\{1, 2, 3, 5, 6\}$
- 3) $\{x \mid x < 7\}$
- 4) $\{3, 2, 6, 1, 5\}$
- 5) $\{1, 2\}$

б) Найти декартово (прямое) произведение $D \times A$, где $D = C - B$ (указать правильные варианты ответов):

- 1) $\{1, 2, 3, 6\}$
- 2) $\{(1, 1), (6, 1), (1, 2), (6, 2), (1, 3), (6, 3)\}$
- 3) $\{(1, 1), (1, 6), (1, 2), (2, 6), (1, 3), (3, 6)\}$
- 4) $\{1\}$
- 5) $\{(1, 1), (1, 2), (1, 3), (6, 1), (6, 2), (6, 3)\}$

6) $\{(6,3), (1,1), (1,3), (6,1), (6,2), (1,2)\}$

2. Какие из следующих равенств верны для любых множеств A , B и C ?

1) $A \otimes BC = (A \otimes B)(A \otimes C)$

2) $2^A \cap 2^B = 2^{A \cap B}$

5.2.3. Типовые тестовые задания (тесты) для оценки сформированности компетенции ОПК-1.

1. Отношение $R: aRb \leftrightarrow a \cdot b \equiv 0 \pmod{2}$ на множестве $M = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$ не является отношением эквивалентности, так как оно:

- 1) не рефлексивно
- 2) не симметрично
- 3) не транзитивно

(Выберите нужные варианты ответа).

2. Отношение $R: a R \leftarrow b a > b$ на множестве $M = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$ не является отношением порядка, так как оно:

- 1) не рефлексивно
- 2) не антисимметрично
- 3) не транзитивно

(Выберите нужные варианты ответа).

5.2.4. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции УК-1.

1. Для отношения $X \neq Y$ на множестве Z определить, какие из следующих утверждений являются верными (Z – множество всех целых чисел):

- 1) отношение рефлексивно
- 2) отношение симметрично
- 3) отношение антисимметрично
- 4) отношение транзитивно

5.2.5. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1.

1. Для отношения эквивалентности $R: aRb \leftrightarrow a^2 \equiv b^2 \pmod{3}$ на множестве $\{1,2,3,4,5,6,7\}$ найти число классов эквивалентности

2. Определить, какие из следующих отношений на множестве $M = \{1,2,3,4\}$ являются отношениями порядка:

- 1) $R = \{(1,1), (1,3), (1,4), (2,1), (2,2), (2,4), (3,3), (4,4)\}$
- 2) $R = \{(1,1), (1,3), (2,2), (2,4), (3,3), (4,4)\}$
- 3) $R = \{(1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (2,2), (2,3), (2,4), (3,3), (4,4)\}$
- 4) $R = \{(1,1), (1,3), (1,4), (2,2), (2,4), (3,1), (3,3), (4,4)\}$
- 5) $R = \{(1,1), (1,4), (2,2), (2,4), (3,3), (3,4), (4,4)\}$

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

Алексеев В. Е., Таланов В. А. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений. М.: ИНТУИТ.РУ, Бином. Лаборатория знаний, 2012.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/101/101/info>

б) дополнительная литература:

Алексеев В.Е., Киселева Л.Г., Смирнова Т.Г. Сборник задач по дискретной математике: Задачник. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 80с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 487.12.08.
http://www.unn.ru/books/met_files/alekseev.pdf

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

1. Сорочан С. В. Основы теории графов. Учебно-методическое пособие (на английском языке). Электронное издание. 2012.
http://eng.unn.ru/images/files/bach_it/Fundamentals_of_Graph_Theory.pdf

2. Алексеев В. Е., Захарова Д. В. Теория графов. Электронное издание. 2012.
<http://www.unn.ru/books/resources.html> 482.12.08.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и 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 ОС ННГУ 01.03.03 Механика и математическое моделирование

Автор: к.ф.-м.н., доц. Сорочан С. В.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., проф. Кузнецов М. И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.