

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
31.05.2023 г. №6

Рабочая программа дисциплины

**Расчет ресурсных характеристик конструктивных элемен-
тов с использованием ПП Логос**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

09.03.03 Прикладная информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Суперкомпьютерное моделирование и инженерный анализ

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина 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)	Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.01.01, Расчет ресурсных характеристик конструктивных элементов с использованием ПП Логос</i> относится к части ООП направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

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**	
ПК-15. Способен самостоятельно анализировать поставленную задачу, выбирать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах суперкомпьютерного моделирования инженерного назначения, реализовывать в них новые алгоритмы	ПК-15.1. Демонстрирует знание теоретических основ и методологию построения решений фундаментальных задач механики, основы информационных технологий, в том числе суперкомпьютерных технологий. ПК-15.2. Демонстрирует умение самостоятельно осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач профессиональной деятельности. ПК-15.3. Имеет опыт решения задач механики в соответствии с выбранным методом и построенным алгоритмом с использованием современных программных комплексов суперкомпьютерного моделирования инженерного назначения.	Знать: теоретические основы и методы построения решений основных задач механики и основ информационных технологий, включая суперкомпьютерные технологии. Уметь самостоятельно анализировать и выбирать методы и алгоритмы решения профессиональных задач. Владеть методами решения задач механики для инженерных целей с использованием современных программ суперкомпьютерного моделирования в соответствии с выбранными методами и построенными алгоритмами.	Контрольные вопросы Задания Собеседование
ПК-16. Имеет опыт самостоятельного проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов суперкомпьютерного моделирования инженерных задач	ПК-16.1. Демонстрирует знание особенностей поиска научно-технической информации в различных источниках, методов и технологий её обработки и анализа, а также способов представления. ПК-16.2. Демонстрирует умение самостоятельно организовать целенаправленный поиск	Знать: особенности поиска научно-технической информации из различных источников, методов и приемов ее обработки и анализа, а также методов представления. Уметь самостоятельно организовывать поиск информации из различных источников, обрабатывать, анализировать и	Контрольные вопросы Задания Собеседование

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**	
	<p>информации в различных источниках, выбирать методы и технологии её обработки, анализа и представления, исходя из поставленной задачи на основе программных комплексов суперкомпьютерного моделирования инженерного назначения.</p> <p>ПК-16.3. Имеет опыт поиска и анализа научно-технической информации в различных источниках для решения стандартных профессиональных задач, а также опыт публичного представления научных результатов.</p>	<p>выбирать методы и приемы представления, исходя из поставленных задач, на базе программ суперкомпьютерного моделирования для технических целей.</p> <p>Иметь практический опыт поиска, подбора и анализа научно-технической информации из различных источников для решения поставленных задач и представления полученных результатов.</p>	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	66
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- занятия лабораторного типа	-
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины¹

<u>Очная форма обучения</u>						
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	в том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Введение. Историческая справка. Цели и задачи теории надежности. Основные составляющие. Системная и параметрическая теория надежности. Прогнозирование ресурса. Вероятностный характер параметров конструкций, внешних воздействий и прочих факторов. Экономические аспекты надежности.	12	2	4		6	6
2. Терминология. Государственный стандарт. Понятие надежности, безотказности, долговечности. Работоспособное, предельное состояния. Отказ, виды отказов. Нарботка, ресурс, другие временные характеристики. Интенсивность отказов. Вероятность безотказной работы.	11	4	4		8	3
3. Общая теория надежности. Понятие пространств качества, нагрузки, состояния. Математическая формулировка задачи надежности. Процесс накопления необратимых повреждений, ведущих к отказу. Уравнение накопления повреждений.	14	4	4		8	6
4 Надежность работы изделия до первого отказа. Показатели безотказности, долговечности. Зависимости между показателями безотказности. Статистические оценки показателей по результатам испытаний. Экспоненциальный закон надежности, другие используемые законы.	14	4	4		8	6
5. Надежность изделия при внезапных отказах. Модель оценки вероятности безотказной работы при однократном воздействии (модель «нагрузка-прочность»). Прогнозирование вероятности безотказной работы в случае, когда внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий. Применение теории выбросов случайных процессов для оценки вероятности безотказной работы.	14	4	4		8	6

¹ (структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

6. Надежность изделия при постепенных отказах. Нахождение вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений. Прогнозирование времени достижения предельного состояния изделия при использовании различных видов уравнения накопления повреждений.	14	4	4		8	6
7. Надежность работы систем до первого отказа. Расчет надежности системы по показателям надежности ее элементов. Последовательное соединение элементов. Модель гибели. Резервирование. Метод Байеса.	16	6	4		10	6
8. Оптимизационные задачи. Постановки оптимизационных задач с учетом требований по ресурсу, вероятности безотказной работы.	11	4	4		8	3
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация	36					
Итого	144	32	32		66	42

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) 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 /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: планирование и проведение расчётно-экспериментальных исследований прочности конструкций при различных видах внешних воздействий.
- компетенций – ПК-15, ПК-16.

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме – экзамена.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы студентов:

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка к выполнению письменных контрольных работ;
- подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена.

4.1. Проработка теоретического материала лекционных занятий

Выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов. Контроль выполняется в форме проведения ежемесячного письменного экспресс - опроса по понятиям, фактам, формулировкам, выполняемого в течение 15 минут на научно-практических занятиях. Опросы включают по пять коротких вопросов и оцениваются баллами от 0 до 5 (сумма баллов, полученных за ответ на каждый вопрос), а также итоговым двоичным показателем «зачтено» - «не зачтено». «Зачтено» соответствует полученным баллам от 3 и выше.

4.2. Подготовка к выполнению письменных контрольных работ

В течение семестра проводится одна домашняя контрольная работа по материалам разделов лекционного курса: (см. таблицу с описанием разделов дисциплины из п. 3.2.).

Для подготовки к контрольным работам рекомендуется повторно прочитать соответствующий лекционный материал, просмотреть полезные разделы в соответствующих источниках из списка рекомендованной литературы (раздел 6), а также самостоятельно решить несколько задач по теме контрольной работы.

4.3. Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена

В качестве методических материалов при подготовке к экзамену рекомендуется использовать собственные конспекты лекций, просмотреть решения задач, выполненные на практических занятиях и во время выполнения домашних заданий, а также источники, рекомендованные в списке литературы раздела 6.

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)

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

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	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			объеме	объеме, но некоторые с недочетами	с недочетами.	ми, выполнены все задания в полном объеме	
<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 оценки 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»

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

5.2.1. Контрольные вопросы для проведения собеседования

№№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Системная и параметрическая теория надежности.	ПК-15
2.	Проблема прогноза ресурса.	ПК-15
3.	Определение понятия изделие.	ПК-15
4.	Определение понятия надежность.	ПК-15
5.	Работоспособное состояние.	ПК-15
6.	Предельное состояние.	ПК-15

7.	Отказ, критерии отказа.	ПК-15
8.	Живучесть.	ПК-15
9.	Интенсивность отказов.	ПК-15
10.	Математическая формулировка задачи надежности	ПК-15
11.	Уравнение накопления повреждений	ПК-15
12.	Определение вероятности безотказной работы.	ПК-15
13.	Экспоненциальный закон надежности.	ПК-15
14.	Виды испытаний для статистической оценки показателей	ПК-15
15.	Внезапный отказ.	ПК-15
16.	Модель «нагрузка-прочность».	ПК-15
17.	Постепенный отказ.	ПК-15
18.	Экспоненциальная модель	ПК-15
19.	Модель, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий.	ПК-15
20.	Модель вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений.	ПК-15
21.	Асимптотические модели.	ПК-15
22.	Оценка вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.	ПК-15
23.	Оценка вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.	ПК-15
24.	Оценка вероятности безотказной работы системы при ненагруженном резерве.	ПК-15
25.	Использование метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.	ПК-16
26.	Использование метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.	ПК-16
27.	Формулировки оптимизационных задач с учетом требований по ресурсу, вероятности безотказной работы.	ПК-16
28.	Системная и параметрическая теория надежности.	ПК-16
29.	Проблема прогноза ресурса.	ПК-16
30.	Определение понятия изделие.	ПК-16
31.	Определение понятия надежность.	ПК-16
32.	Работоспособное состояние.	ПК-16
33.	Предельное состояние.	ПК-16
34.	Отказ, критерии отказа.	ПК-16
35.	Живучесть.	ПК-16
36.	Интенсивность отказов.	ПК-16
37.	Математическая формулировка задачи надежности	ПК-16
38.	Уравнение накопления повреждений	ПК-16
39.	Определение вероятности безотказной работы.	ПК-16

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-15

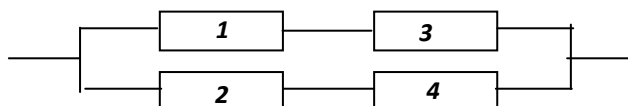
1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-1000	20	9000-10000	30	18000-19000	50
1000-2000	25	10000-11000	40	19000-20000	35
2000-3000	35	11000-12000	40	20000-21000	35
3000-4000	50	12000-13000	50	21000-22000	50
4000-5000	30	13000-14000	40	22000-23000	35
5000-6000	50	14000-15000	50	23000-24000	25
6000-7000	40	15000-16000	40	24000-25000	30
7000-8000	40	16000-17000	50	25000-26000	20
8000-9000	50	17000-18000	40	-	-

1. Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик
2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посередине переменной сосредоточенной силой $Q(t)$, описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.
3. Интенсивность отказов изделия $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ час.}^{-1}$. Необходимо найти ВБР изделия в течение 6 час. работы изделия, частоту отказов при $t=100$ час. и среднюю наработку до первого отказа в предположении о справедливости применения экспоненциального закона.
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами $a=10^4$ час, $b=2$. Найти ВБР для наработки $t=300$ час.
5. В результате анализа данных об отказах изделия установлено, что плотность распределения времени до отказа имеет вид $f(t) = 2ke^{-kt}(1 - e^{-kt})$. Необходимо определить ВБР, интенсивность отказов.
6. Рассчитать на прочность элемент конструкции (стержень), на который действует растягивающая нагрузка Q , являющаяся с.в. Предел прочности R материала, из которого изготовлен элемент, также является с.в.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-16

1. С.в. Q и R описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно $N(1780 \text{ Н}, (445 \text{ Н})^2)$, $N(690 \text{ МПа}, (34,5 \text{ МПа})^2)$. Требуемая ВБР элемента равна $P_* = 0,9999$. Определить площадь стержня.
2. Структурная схема системы приведена на рис.



3. Интенсивности отказов элементов постоянны и имеют следующие значения $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$, $\lambda_3 = \lambda_4 = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$. Требуется определить ВБР системы в течение 100 час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени $t=100$ час.
4. Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.
5. Система состоит из N групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов λ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами T, σ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами μ , α . Требуется определить ВБР системы в течение времени t.

N	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час ⁻¹	T ₁ час.	σ_1 час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час ⁻¹	α	t час
3	1	7200	2000	0,1	1,5	100

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Грудзинская Е.Ю., Любимов А.К. Разработка темы "Надежность систем" в активных методах". Электронное методическое пособие. 429.12.12 PC Adobe Acrobat grudlubactiv.pdf 12.04.12
2. Любимов А.К. Введение в теорию надёжности: проектно-ориентированный подход: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. Нижний Новгород, 2014. – 176 с. <http://www.unn.ru/books/metfiles/Teoria%20nadeznosti.pdf> (пер.№ 821.14.06 от 05.12.2014).. Н.Новгород: Издательство ННГУ. 2014. 176 с.

б) дополнительная литература:

1. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. М.: Машиностроение. 1990.
2. Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение. 1978.
3. Любимов А.К. Введение в теорию надежности Учебное пособие. Н. Новгород: Нижегородский университет, 2012. 110 с.
4. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ 27.002-2009. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, июнь 2011г.
5. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьёв А.Д. Математические методы в теории надёжности- М.: Наука, 1965. 524 с.
6. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10-ти томах/Ред. соавт. Авдучевский В.С. и др. - М.: Машиностроение, 1986.
7. Проблема надежности и ресурса в машиностроении под ред. Фролова К.В., Гусенкова А.П.-М.: Наука.1986.
8. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин - М.: Высшая школа. 1988.
9. Тимашев С.А. Надежность больших механических систем. – М.: Машиностроение. 1982.

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

<http://www.lib.unn.ru/>, Университетская библиотека ONLINE <http://www.biblioclub.ru> Библиотека "Лань" <http://e.lanbook.com/>, Ресурс открытого доступа Электронная физико-математическая библиотека EqWorld , <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm>).

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, 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.

Специальное образовательное пространство «Учебно-лабораторный интерактивный комплекс "Суперкомпьютерное моделирование, проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники", для проведения лабораторных и практических занятий, предусмотренных программой, оснащенное

- высокопроизводительной вычислительной системой: программно-аппаратным комплексом «Логос» (коммерческая лицензия);
- учебный класс с 15 персональными компьютерами с установленным специализированным прикладным программным обеспечением: программный комплекс инженерного назначения Логос (академическая лицензия);
- сетевым оборудованием для доступа к высокопроизводительному ПАК «Логос»;
- офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Специальное образовательное пространство «Инженерный анализ, моделирование и проектирование электронных устройств и двух учебных классов, для проведения лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы, предусмотренных программой, оснащенное

- 2 учебных класса по 9 персональных компьютеров с установленным специализированным прикладным программным обеспечением (академические лицензии): ПО Логос Аэро-Гидро, ПО Логос-Прочность, ПО Логос-Препост, ПО Логос-Платформа;
- сетевым оборудованием для обеспечения инженерных расчетов с рабочих мест на удаленных высокопроизводительных ресурсах, каналом доступа к высокопроизводительным вычислительным системам: вычислительный центр РФЯЦ-ВНИИЭФ, суперкомпьютер «Лобачевский»;
- офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 09.03.03 Прикладная информатика.

Автор заведующий кафедрой ИАНИ, профессор, д.т.н М.Х. Прилуцкий

Заведующий кафедрой ТКиЭМ д.ф.-м.н., профессор Л.А. Игумнов

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

31.05.2023 г. протокол №7