

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Направление/специальность подготовки	17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие
Специализация/профиль/программа подготовки	Роботизированные комплексы вооружения
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е1 СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	НЗ Механика деформируемого твердого тела

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	4	144	51	17	17	17	93	0	0	93	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела  
Лебедев Михаил Олегович, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **НЗ Механика деформируемого твердого тела**

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**Е1 СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ**

Заведующий кафедрой Алешин А.С., к.т.н.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-4 — Способен самостоятельно или в составе группы осуществлять научный поиск, анализ научной и патентной литературы при решении профессиональных задач с использованием современных средств и методов получения знания

ОПК-6 — Способен использовать в инженерной деятельности методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации с использованием современных информационных технологий

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-4**

*знания:*

типы физических процессов, приводящих к уравнениям математической физики;

классификация задач математической физики по видам дополнительных условий (задача Коши, граничные задачи);

типы граничных условий различных задач математической физики;

варианты построения решений задач математической физики;

основные методы численного решения задач математической физики;;

*умения:*

вывод уравнения (системы уравнений) конкретных физических процессов;

определение вида дополнительных условий (начальных и граничных) и форм и их математическая формулировка;

оценка границ применимости полученной математической модели реальному физическому процессу;;

*навыки:*

анализ конкретных различных физических процессов и построение их математических моделей (систем уравнений, начальные и граничные условия);.

### **ОПК-6**

*знания:*

важности понимания изучение теоретических основ уравнений математической физики;

применение классификации задач математической физики по типу уравнений и видам дополнительных условий для выбора метода решения конкретных задач, в т.ч. с использованием специализированных математических пакетов (например, MATHCAD);;

*умения:*

выбор метода и построение решения задачи, в т.ч. с использованием специализированных математических пакетов (например, MATHCAD);

построение основных соотношений для численного решения задач методом конечных разностей или метод конечных элементов с помощью пакета MATHCAD;;

*навыки:*

аналитического решения простейших задач математической физики;

использования математического пакета MATHCAD для решения задач математической физики;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДЕТАЛИ МАШИН, ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ, ПРОЧНОСТНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ЗАДАЧ, УСТОЙЧИВОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-4	ОПК-6
3	6	Раздел 1. Задачи, приводящие к уравнениям математической физики. Начальные и краевые условия. Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение малых продольных колебаний упругого стержня. Уравнение теплопроводности стержня. Поперечные колебания балки. Уравнение малых поперечных колебаний мембраны. Уравнение теплопроводности. 3-х мерный случай. Начальные и краевые условия. Типы краевых условий. Постановка краевых задач.	28	10	4	4	2	18	20	20
3	6	Раздел 2. Уравнения математической физики и их классификация. Канонические формы для линейных дифференциальных уравнений. Гиперболические, параболические, эллиптические уравнения. Преобразования координат. Линейное уравнение с постоянными коэффициентам. Линейное уравнение, не содержащее смешанной производной. Примеры задач.	22	6	4	0	2	16	16	16
3	6	Раздел 3. Метод характеристик. Характеристическое направление. Характеристика простого оператора $H[u]$ . Характеристическая форма оператора $h[u,v] = H1[u]+H2[v]$ . Характеристическая форма пары операторов $h_1[u,v]$ . Гиперболические системы с постоянными коэффициентами. Решение задачи Коши для одномерного волнового уравнения. Формула Даламбера. Решение задачи Коши для неоднородного волнового уравнения. Решение краевых задач на полупрямой. Отражение волн на закрепленных и на свободных концах. Решение задачи о распространении краевого режима на полупрямой.	47	18	4	6	8	29	30	30
3	6	Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач. Предварительные понятия. Сущность метода Фурье. Собственные функции и собственные значения. Основные свойства собственных функций и собственных значений. Некоторые свойства совокупности собственных функций. Решение неоднородных краевых задач методом Фурье. Применение метода Фурье к решению краевых задач эллиптического типа.	47	17	5	7	5	30	34	34
Всего за 6 семестр			144	51	17	17	17	93	100	100
Всего по дисциплине			144	51	17	17	17	93	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Задачи, приводящие к уравнениям математической физики. Начальные и краевые условия.	Формирование уравнений, описывающих различные физические процессы (колебания, теплопроводность). Задание начальных и краевых условий.	2
2	Раздел 2. Уравнения математической физики и их классификация.	Определение типа уравнения и приведение его к каноническому виду. Получение уравнений характеристик	2
3	Раздел 3. Метод характеристик.	Решение уравнений колебаний струны (уравнения гиперболического типа) методом характеристик. Решение задач для бесконечной и полубесконечной струны при различных начальных условиях и граничном условии (для полубесконечной струны).	8
4	Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.	Решение задач колебания струны (уравнения гиперболического типа) методом Фурье.	1
5		Решение задач нестационарной теплопроводности стержня (уравнения параболического типа) методом Фурье.	2
6		Решение задач стационарной теплопроводности пластины (уравнения эллиптического типа) методом Фурье.	2
Всего за 6 семестр			17

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Задачи, приводящие к уравнениям математической физики. Начальные и краевые условия.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	2
2		Введение в Mathcad	2
3	Раздел 3. Метод характеристик.	Решение систем дифференциальных уравнений	2
4		Решение задачи колебания бесконечной струны. Формула Даламбера.	4
5	Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.	Решение дифференциальных уравнений параболического типа	2
6		Решение дифференциальных уравнений гиперболического типа	2
7		Решение дифференциальных уравнений эллиптического типа. Решение методом Фурье однородных задач гиперболического и параболического типов.	3
Всего за 6 семестр			17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Задачи, приводящие к уравнениям математической физики.	Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Колебания мембраны при различных начальных и граничных условиях".	9
2	Начальные и краевые условия.	Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Нестационарная теплопроводность пластины при различных начальных и граничных условиях".	9
3	Раздел 2. Уравнения математической физики и их классификация.	Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Определение типа/типов уравнения. Определение области (областей) определения типа/типов уравнения. Приведение уравнения к каноническому виду/видам. Получение уравнений характеристик".	16
4	Раздел 3. Метод характеристик.	Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение задачи Коши для полубесконечной струны".	10
5		Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение задачи Коши для конечной струны".	10
6		Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Влияние краевого эффекта".	9
7	Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.	Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений гиперболического типа".	10
8		Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений параболического типа".	10
9		Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений эллиптического типа".	10
Всего за 6 семестр			93

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	ТекК, ЛР		ТекК, ЛР		ТекК, Контр.Р.	ДР	ТекК, ЛР	ТекК, ЛР	ТекК, ЛР	ДР	ТекК	ТекК, ЛР	ТекК, ЛР	ТекК, ЛР	ТекК, Контр.Р.	ДР	Вопр.Диф.Зач. диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ЛР – лабораторная работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 66 экз.
2. М. О. Лебедев. . Решение задач математической физики на Mathcad. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 47 экз.
3. М. О. Лебедев. . Основы уравнений математической физики. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, 27 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. К. Б. Сабитов. . Уравнения математической физики. М.: Высш. шк., 2003, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru/book/obobschennyye-resheniya-uravneniy-matematicheskoy-fiziki-496978> — Саженов С. А. Обобщенные решения уравнений математической физики — изучать онлайн. «Юрайт»;
2. <http://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://e.lanbook.com/book/157063>: Уравнения математической физики: Учебное пособие;
4. <https://urait.ru/book/metody-matematicheskoy-fiziki-lekcionnyy-kurs-585412> — Палин В. В., Радкевич Е. В. Методы математической физики. Лекционный курс — изучать онлайн. «Юрайт»;
5. <https://e.lanbook.com/book/330740> — ЭБС Лань;
6. <https://e.lanbook.com/book/157063> — ЭБС Лань.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad 15.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Mathcad 15.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 17.05.02 *Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*. Дисциплина реализуется на факультете *Н Робототехника и инновационная инженерия* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *НЗ Механика деформируемого твердого тела*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-4 Способен самостоятельно или в составе группы осуществлять научный поиск, анализ научной и патентной литературы при решении профессиональных задач с использованием современных средств и методов получения знания;

ОПК-6 Способен использовать в инженерной деятельности методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации с использованием современных информационных технологий.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математикой (математика, теория дифференциальных уравнений, информатика и т.п.), физикой (физика, теоретическая механика) и служит основой для освоения таких дисциплин, как динамика машин, теория упругости, строительная механика машин, устойчивость механических систем и т.п.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Задачи, приводящие к уравнениям математической физики. Начальные и краевые условия.</b>		
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Колебания мембраны при различных начальных и граничных условиях".	К. Б. Сабитов. . Уравнения математической физики: М.: Высш. шк., 2003 (1) М. О. Лебедев. . Решение задач математической физики на Mathcad: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1,2)	9
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Нестационарная теплопроводность пластины при различных начальных и граничных условиях".	М. О. Лебедев. . Основы уравнений математической физики: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1,2)	9
Итого по разделу 1		18
<b>Раздел 2. Уравнения математической физики и их классификация.</b>		
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Определение типа/типов уравнения. Определение области (областей) определения типа/типов уравнения. Приведение уравнения к каноническому виду/видам. Получение уравнений характеристик".	М. О. Лебедев. . Основы уравнений математической физики: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (3) К. Б. Сабитов. . Уравнения математической физики: М.: Высш. шк., 2003 (2)	16
Итого по разделу 2		16
<b>Раздел 3. Метод характеристик.</b>		
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение задачи Коши для полубесконечной струны".	М. О. Лебедев. . Основы уравнений математической физики: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (4)	10
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение задачи Коши для конечной струны".	А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3,4)	10
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Влияние краевого эффекта".	М. О. Лебедев. . Решение задач математической физики на Mathcad: СПб.БГТУ	9

	"ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (3,4)	
Итого по разделу 3		29
<b>Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.</b>		
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений гиперболического типа".	М. О. Лебедев. . Основы уравнений математической физики: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (5)	10
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений параболического типа".	М. О. Лебедев. . Решение задач математической физики на Mathcad: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (5,6,7,8)	10
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений эллиптического типа".	А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4)	10
Итого по разделу 4		30

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- лабораторная работа;
- контрольная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

1. Что понимается под термином "струна" при выводе уравнений малых поперечных колебаний?
2. Как направлена сила натяжения струны?
3. Что понимается по малыми поперечными колебаниями струны?
4. Что означает термин "нерастяжимая струна"?
5. Что следует из допущения о нерастяжимости струны?
6. Что понимается по малыми продольными колебаниями стержня?
7. Если погонная плотность струны является функцией координаты ( $\rho(x) \neq \text{const}$ ), то как будет выглядеть уравнение колебаний (внешние поперечные силы отсутствуют)?
8. Если поперечное сечение стержня является функцией координаты ( $S(x) \neq \text{const}$ ), то как будет выглядеть уравнение колебаний (внешние продольные силы отсутствуют)?
9. Какие начальные условия необходимо задавать при решении задачи о колебаниях струны?
10. Какие начальные условия необходимо задавать при решении задачи нестационарной теплопроводности стержня?
11. Укажите граничные условия для задачи продольных колебаний стержня, показанного на рисунке (преподаватель предлагает различные варианты).
12. Укажите граничные условия для задачи нестационарной теплопроводности стержня, показанного на рисунке (преподаватель предлагает различные варианты).
13. К какому типу относится уравнение (преподаватель предлагает различные варианты уравнений).

#### Лабораторная работа

Лабораторные работы проводятся в компьютерных классах с использованием системы MATHCAD. В ходе лабораторной работы студенты решают от одной до трех задач. Лабораторная работа считается выполненной, если получено верное решение в системе MATHCAD. Студенту могут быть заданы дополнительные вопросы по тематике лабораторной работы, например, "Как изменится решение при замене граничных условий?".

#### Контрольная работа

Контрольные работы проводятся в компьютерных классах с использованием системы MATHCAD. Решения контрольных работ представляются в рукописной форме, на которых должны быть представлены основные зависимости, показывающие ход решения задачи. Численный результат и графическое представление решения демонстрируется на компьютере. Каждый вариант контрольной работы содержит одну задачу.

Критерии оценивания указываются в технологической карте дисциплины. Начисляются баллы в зависимости от степени выполненности работы.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

1. Вывод уравнения малых поперечных колебаний струны. Основные допущения.
2. Вывод уравнения малых продольных колебаний упругого стержня. Основные допущения.
3. Вывод одномерного уравнения нестационарной теплопроводности стержня. Основные допущения.

4. Вывод уравнения малых поперечных колебаний балки.
5. Вывод трехмерного уравнения нестационарной теплопроводности твердого тела. Основные допущения.
6. Типы граничных условий. Примеры для одномерного и двумерного случаев.
7. Критерии типов уравнений математической физики. Примеры.
8. Понятие характеристики. Характеристическая форма оператора.
9. Вывод формулы Даламбера
10. Решение задачи малых поперечных колебаний полубесконечной струны с закрепленным концом.
11. Решение задачи малых поперечных колебаний полубесконечной струны, конец которой закреплен на подвижной скользящей по вертикальной штанге шайбе.
12. Решение задачи малых поперечных колебаний конечной струны, закрепленной с обоих концов.
13. Распространение краевого эффекта.
14. Сущность метода Фурье. Собственные функции и собственные значения.
15. Основные свойства собственных функций и собственных значений.
16. Решение задач эллиптического типа методом Фурье
17. Укажите собственные значения и собственные функции для задачи:  
 $u_{tt}-u_{xx}=0$   
 $u(0,t)=0, u(l,t)=0$
18. Укажите собственные значения и собственные функции для задачи:  
 $u_t-u_{xx}=0$   
 $u_x(0,t)=0, u_x(l,t)=0$
19. Укажите собственные значения и собственные функции для задачи:  
 $u_{xx}+u_{yy}=0$   
 $u(0,y)=0, u(l,y)=0$   
 $u(x,0)=f_1(x),$   
 $u(x,l)=f_2(x)$

### Дифференцированный зачет

По результатам семестра оценивается по срокам выполнения лабораторных работ с возможностью улучшения оценки ответом на теоретические вопросы (критерий - полнота ответа, владение терминологией, затраченное время на подготовку ответа).

Оценка по дисциплине может быть поставлена по сумме набранных баллов по БРС, а в случае несогласия с оценкой по баллам обучающийся имеет право сдать дифференцированный зачет в указанном порядке. Обучающемуся задается один теоретический вопрос.

Оценка «зачтено - отлично»:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «зачтено - хорошо»:

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «зачтено - удовлетворительно»:

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;

- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «не зачтено»:

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.



Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-4	ОПК-6	
3	6	Раздел 1. Задачи, приводящие к уравнениям математической физики. Начальные и краевые условия.	28	10	4	4	2	18	20	20	Вопросы для текущего контроля, Лабораторная работа
3	6	Раздел 2. Уравнения математической физики и их классификация.	22	6	4	0	2	16	16	16	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 3. Метод характеристик.	47	18	4	6	8	29	30	30	Вопросы для текущего контроля, Контрольная работа, Лабораторная работа
3	6	Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.	47	17	5	7	5	30	34	34	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольная работа, Лабораторная работа
Всего за 6 семестр			144	51	17	17	17	93	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	17	17	93	100	100	

**ОПК-4 - Способен самостоятельно или в составе группы осуществлять научный поиск, анализ научной и патентной литературы при решении профессиональных задач с использованием современных средств и методов получения знания**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Термин "нерастяжимая струна" означает, что в процессе колебаний

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Если  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  - собственные функции, отвечающие собственному значению  $\lambda$ , то этому же собственному значению будет отвечать выражение \_\_\_\_\_, где  $C_1, C_2$  - произвольные константы

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Функция зависит от 3-х аргументов:  $u(x,y,t)$ . Решение ищется в прямоугольной области, где  $0 \leq x \leq a$ ,  $0 \leq y \leq b$ . Установите соответствие между выражением и определением:

$$1. u(0, y, t) = U_1(y, t)$$

$$2. u(x, y, 0) = F_1(x, y)$$

$$3. \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=a} = k \times (u(a, y, t) - U_0)$$

$$4. \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0} = U_2(x, t)$$

А. начальное условие

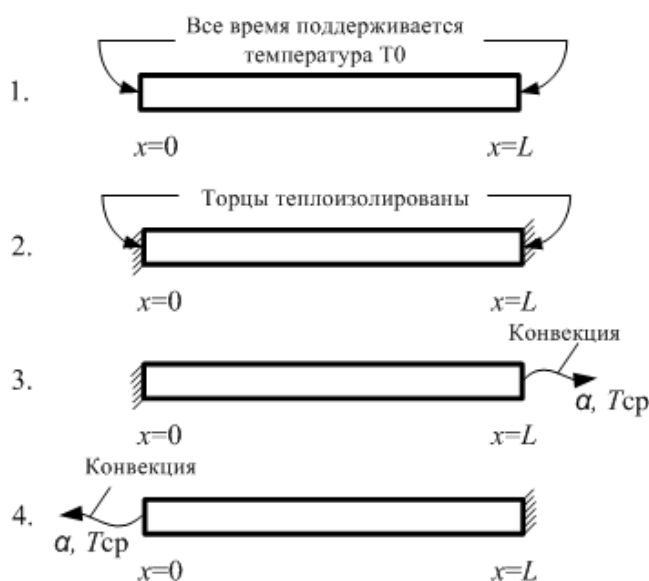
Б. граничное условие 1-го рода для вертикальной стороны области

В. граничное условие 3-го рода для горизонтальной стороны области

Г. граничное условие 2-го рода для горизонтальной стороны области

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Укажите варианты граничных условий, которые соответствуют представленным ниже рисункам



А.

$$u(0, t) = T_0, \quad u(L, t) = T_0$$

Б.

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad -k \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=L} = \alpha(u - T_{\text{ср}})$$

В

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=L} = 0$$

.

Г.

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=L} = 0, \quad k \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=0} = \alpha(u - T_{\text{ср}})$$

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность действий при решении одномерных задач гиперболического типа. Уравнение и все дополнительные условия известны.

1. Определить начальные условия
2. Убедиться, что уравнение и граничные условия однородны
3. Найти собственные функции и собственные значения
4. Найти временную функцию
5. Составить задачу Штурма-Лиувилля
6. Определить искомую функцию
7. Определить коэффициенты временной функции

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность действий при решении методом характеристик однородной двумерной линейной задачи гиперболического типа. Исходное уравнение и все дополнительные условия известны.

1. Определить уравнение характеристик
2. Определить характеристики
3. Привести исходное уравнение к системе характеристического вида
4. Определить соответствие заданных дополнительных условий характеристикам

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Уравнение вида

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

при каких значениях коэффициента Пуассона может описывать процесс продольных колебаний пластины?

1. 0.5
2. 0
3. 0.25
4. 1

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой процесс (колебаний, нестационарной теплопроводности, стационарной теплопроводности, перемещений при статической нагрузке) и для какого объекта (стержня, балки, плоского тела, объемного тела) описывает уравнение вида

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( k \frac{\partial u}{\partial y} \right) = q(M, t), \quad (k(M) > 0)$$

1. нестационарной теплопроводности трехмерного тела
2. стационарной теплопроводности плоского тела
3. нестационарной теплопроводности плоского тела
4. стационарной теплопроводности трехмерного тела

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой процесс (колебаний, нестационарной теплопроводности, стационарной теплопроводности, перемещений при статической нагрузке) и для какого объекта (стержня, балки, плоского тела, объемного тела) описывает уравнение вида

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial u}{\partial z} \right) + q = 0, \quad (k(M) > 0)$$

1. нестационарной теплопроводности трехмерного тела
2. стационарной теплопроводности плоского тела
3. нестационарной теплопроводности плоского тела
4. стационарной теплопроводности трехмерного тела

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите все, что относится к термину "струна" при выводе уравнений малых поперечных колебаний.

1. Струной называется тело одно, измерение которого (длина) много больше двух других.
2. Струной называется упругая нить, оказывающая сопротивление растяжению
3. Струной называется упругое тело, материал которого при растяжении и сжатии подчиняется закону Гука.
4. Струной называется упругая нить, не сопротивляющуюся изгибу.

5. Струной называется упругая нить, которая при растяжении не изменяет своей первоначальной длины

6. Струной называется упругая нить, не сопротивляющаяся сжатию и сдвигу.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Укажите какой процесс (колебаний, нестационарной теплопроводности, стационарной теплопроводности, перемещений при статической нагрузке) и для какого объекта (стержня, балки, плоского тела, объемного тела) описывает уравнение вида

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + a^2 \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = 0$$

1. процесс - колебания

2. процесс - нестационарной теплопроводность

3. процесс - перемещения при статической нагрузке

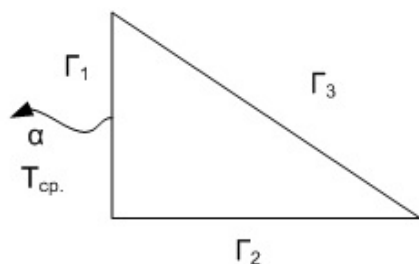
4. объект - стержень

5. объект - балка

6. объект - струна

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Треугольная пластина на стороне  $\Gamma_1$  (см. рисунок) имеет конвективный теплообмен с окружающей средой, температура которой  $T_{\text{ср}}$ .



$\alpha$  - коэффициент конвективного теплообмена. Стороны  $\Gamma_2$  и  $\Gamma_3$  теплоизолированы. Какие из приведенных ниже граничных условий соответствуют условиям на сторонах  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_3$ ?

1.  $-k \frac{\partial u}{\partial y} = \alpha(u - T_{\text{ср}})$

2.  $\frac{\partial u}{\partial n} = 0$

3.  $k \frac{\partial u}{\partial x} = \alpha(u - T_{\text{ср}})$

4.  $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$

**ОПК-6 - Способен использовать в инженерной деятельности методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации с использованием современных информационных технологий**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Под малыми продольными колебаниями стержня понимаются такие, при которых

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите все допущения, которые используются при выводе уравнения малых поперечных колебаний струны.

1. Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых поперечное смещение струны в любой точке в любой момент времени много меньше ее длины  $u(x,t) \ll L$ .
2. Под струной будем понимать упругую нить, которая сопротивляется только растяжению, но не оказывает сопротивления сжатию и изгибу.
3. Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых поперечное смещение струны в любой точке в любой момент времени не превышает ее максимального поперечного размера.
4. Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых в любой точке в любой момент времени выполняется условие:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 \ll 1$$

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите все уравнения, которые описывают малые поперечные колебания мембраны:

1.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = q(M, t)$$

2.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

3.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{T}{\rho} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

4.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0$$

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Угол между касательной к профилю колеблющейся струны и силой натяжения струны равен \_\_\_\_\_ градусов.

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Укажите правильные типы следующих систем дифференциальных уравнений:

1.

$$\begin{aligned} u_x + u_y - v_x + v_y &= 0 \\ u_x - u_y + v_x + v_y &= 0 \end{aligned}$$

2.

$$\begin{aligned}x \cdot u_x + y \cdot u_y - v_y &= 0 \\ u_y + x \cdot v_x &= 0\end{aligned}$$

Решение ищется в области:

$$0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq y \leq 1$$

3.

$$\begin{aligned}x \cdot u_x + y \cdot u_y - v_y &= 0 \\ u_y + x \cdot v_x &= 0\end{aligned}$$

Решение ищется в области:

$$0 \leq x \leq 1, \quad 3 \leq y \leq 5$$

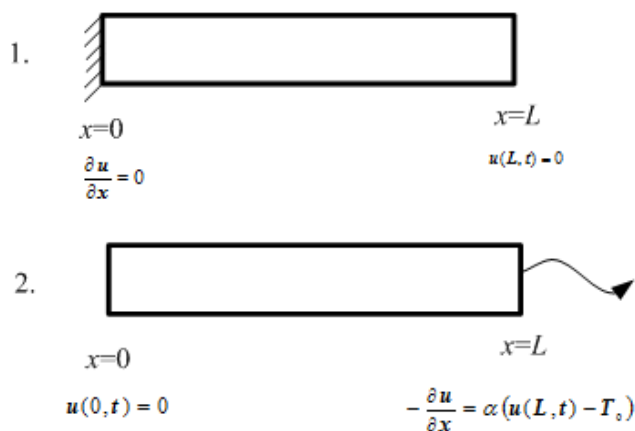
А. Гиперболический

Б.. Параболический

В. Эллиптический

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

На рисунке показаны варианты граничных условий для стержня. Укажите соответствующий тип граничного условия варианту (1 или 2) и границе ( $x=0$  или  $x=L$ ).



1. Вариант 1,  $x=0$

2. Вариант 1,  $x=L$

3. Вариант 2,  $x=0$

4. Вариант 2,  $x=L$

А. Граничное условие 1-го типа

Б. Граничное условие 2-го типа

В. Граничное условие 3-го типа

Г. Граничное условие 4-го типа

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Какая последовательность действий при решении однородного одномерного уравнения гиперболического типа с однородными граничными условиями 2-го рода?

1. Провести разделение переменных
  2. Представить искомую функцию в виде произведения  $u(x,t) = X(x) \cdot T(t)$
  3. Получить уравнения для координатной и временной функций
  4. Подставить произведение  $X(x) \cdot T(t)$  в исходное уравнение
  5. Используя граничные условия, найти собственные значения и собственные функции
  6. Решить однородное уравнение для координатной функции
  7. Продифференцировать полученное решение координатной функции
  8. Найти коэффициенты временной функции, используя начальные условия
  9. Используя собственные значения решить уравнение для временной функции
  10. Сформировать выражение искомой функции как ряда Фурье по координатным функциям
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность
- Укажите последовательность действий для нахождения характеристик для линейного дифференциального уравнения 2-го порядка гиперболического типа с постоянными коэффициентами. Функция зависит от двух аргументов  $u(x,y)$ .
1. Составить определитель для нахождения характеристических значений
  2. Определить характеристические значения
  3. Представить исходное уравнение в виде системы уравнений 1-го порядка
  4. Решить дифференциальные уравнения характеристик
  5. Составить дифференциальные уравнения характеристик
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- При выводе малых поперечных колебаний мембраны мембраной называется:
1. тонкая пленка, толщина которой много меньше двух других измерений
  2. тонкая пленка, которая сопротивляется растяжению, но не сопротивляется сжатию, сдвигу и изгибу
  3. тонкая пленка, которая сопротивляется растяжению и сдвигу, но не сопротивляется сжатию и изгибу
  4. тонкая пленка, которая сопротивляется изгибу, но не сопротивляется растяжению, сжатию и сдвигу
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Характеристика это:
1. величина, определяющая тип граничных условий
  2. кривая, в каждой точке нормаль к которой имеет характеристическое направление
  3. ни одно определение не является верным
  4. кривая, в каждой точке которой касательная к ней имеет характеристическое направление
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Формула Даламбера - точное решение задачи.
1. стационарной теплопроводности бесконечного стержня



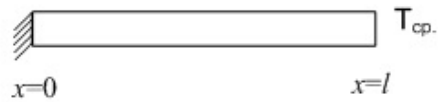
2. малых поперечных колебаний бесконечной струны или малых продольных колебаний бесконечного стержня

3. малых продольных колебаний бесконечного стержня

4. малых поперечных колебаний бесконечной струны

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Стержень, левый торец которого теплоизолирован, а на правом поддерживается температура окружающей среды (см. рисунок)



Имеет конвективный теплообмен по боковой поверхности ( $\alpha$  - коэффициент конвективного теплообмена, температура окружающей средой  $T_{\text{ср}}$ ).

Укажите верные варианты собственных значений и собственной функции.

1.  $\lambda_n = \left(\frac{\pi \cdot n}{l}\right)^2$

2.  $\Phi_n(x) = \cos\left(\frac{\pi \cdot n}{l} x\right)$

3.  $\lambda_n = \left(\frac{\pi \cdot (2n+1)}{2l}\right)^2$

4.  $\Phi_n(x) = \sin\left(\frac{\pi \cdot (2n+1)}{2l} x\right)$

5.  $\Phi_n(x) = \cos\left(\frac{\pi \cdot (2n+1)}{2l} x\right)$