

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Суслин А. В.  
 ФИО  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Направление/специальность подготовки 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие

Специализация/профиль/программа подготовки Самоходное артиллерийское и танковое оружие

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 Е7 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: 2024

Программу составил:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Лебедев Михаил Олегович, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

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

Заведующий кафедрой Афанасьев А.С., д.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

## **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-2 — способность самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач
ОПК-4 — способность 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 — способность 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-2**

*знания:*

на уровне представлений:

- типы физических процессов, приводящих к уравнениям математической физики;
- классификация задач математической физики по типам уравнений (гиперболические, параболические, эллиптические);

на уровне воспроизведения:

- 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);

- построение основных соотношений для численного решения задач (метод конечных разностей, метод конечных элементов);

- анализ полученных (в т.ч. численными методами) решений;

на уровне понимания:

- важности понимания изучение теоретических основ уравнений математической физики;;

*умения:*

вывод уравнения (системы уравнений) конкретных физических процессов;

*навыки:*

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

### **ОПК-4**

*знания:*

- 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:*

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

- оценка границ применимости полученной математической модели реальному физическому процессу;

### **ОПК-6**

*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: **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА**.

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

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-2	ОПК-4	ОПК-6
3	6	<b>Раздел 1. Задачи, приводящие к уравнениям математической физики. Начальные и краевые условия.</b> 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	20
3	6	<b>Раздел 2. Уравнения математической физики и их классификация.</b> Канонические формы для линейных дифференциальных уравнений. Гиперболические, параболические, эллиптические уравнения. Преобразования координат. Линейное уравнение с постоянными коэффициентами. Линейное уравнение, не содержащее смешанной производной. Примеры задач.	22	6	4	0	2	16	16	16	16
3	6	<b>Раздел 3. Метод характеристик.</b> Характеристическое направление. Характеристика простого оператора $H[u]$ . Характеристическая форма оператора $h[u,v] = H_1[u] + H_2[v]$ . Характеристическая форма пары операторов $h[u,v]$ . 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	30
3	6	<b>Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.</b> 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	34
<b>Всего за 6 семестр</b>			144	51	17	17	17	93	100	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	51	17	17	17	93	100	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.	Введение в Mathcad	2
2		Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	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. Начальные и краевые условия.	Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Колебания мембраны при различных начальных и граничных условиях".	9
2		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".	29
5	Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.	Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений гиперболического типа". Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений параболического типа". Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений эллиптического типа".	30
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	ТекК	ТекК	ТекК	ТекК	ДР	ТекК	ТекК	Контр.Р.	ДР	ТекК	ТекК	ТекК	ТекК	ТекК	ДР	ТекК, Контр.Р., 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;
- 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.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

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

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://library.voenmeh.ru/> — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### 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;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### 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;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### **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 *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

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

ОПК-4 способность 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 способность 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.

**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".	М. О. Лебедев. . Основы уравнений математической физики: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1,2)	9
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Нестационарная теплопроводность пластины при различных начальных и граничных условиях".	М. О. Лебедев. . Решение задач математической физики на Mathcad: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (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) М. О. Лебедев. . Решение задач математической физики на Mathcad: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (3)	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. . Решение задач математической физики на Mathcad: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (4,5) М. О. Лебедев. . Основы уравнений математической физики: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (4)	29
Итого по разделу 3		29
<b>Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.</b>		
Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение	М. О. Лебедев. . Решение	30

методом Фурье уравнений гиперболического типа". Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений параболического типа". Самостоятельное углубленное изучение материала по теме "Решение методом Фурье уравнений эллиптического типа".	задач математической физики на Mathcad: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (6,7,8) М. О. Лебедев. . Основы уравнений математической физики: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (5)	
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;
- 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).

#### 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: зачет / незачет.

#### 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

**Дифференцированный зачет**

по результатам семестра оценивается по срокам выполнения лабораторных работ и контрольных работ с возможностью улучшения оценки ответом на теоретические вопросы.

Примеры теоретических вопросов:

1. Укажите собственные значения и собственные функции для задачи:

$$u_{tt}-u_{xx}=0$$

$$u(0,t)=0, u(l,t)=0$$

2. Укажите собственные значения и собственные функции для задачи:

$$u_t-u_{xx}=0$$

$$u_x(0,t)=0, u_x(l,t)=0$$

3. Укажите собственные значения и собственные функции для задачи:

$$u_{xx}+u_{yy}=0$$

$$u(0,y)=0, u(l,y)=0$$

$$u(x,0)=f_1(x),$$

$$u(x,l)=f_2(x)$$

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-2	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	20	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 2. Уравнения математической физики и их классификация.	22	6	4	0	2	16	16	16	16	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 3. Метод характеристик.	47	18	4	6	8	29	30	30	30	Вопросы для текущего контроля, Контрольная работа
3	6	Раздел 4. Метод Фурье решения краевых задач.	47	17	5	7	5	30	34	34	34	Вопросы для текущего контроля, Контрольная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 6 семестр			144	51	17	17	17	93	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	17	17	93	100	100	100	



## Критерии оценивания

### ОПК-2

Вопросы открытого типа:

- № 1 Термин "нерастяжимая струна" означает, что в процессе колебаний
- № 2 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 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?

- Если ни при каких, поставьте "-".
- № 4 Какой процесс (колебаний, нестационарной теплопроводности, стационарной теплопроводности, перемещений при статической нагрузке) и для какого объекта (стержня, балки, плоского тела, объемного тела) описывает уравнение вида

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

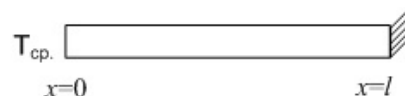
- № 5 Какой процесс (колебаний, нестационарной теплопроводности, стационарной теплопроводности, перемещений при статической нагрузке) и для какого объекта (стержня, балки, плоского тела, объемного тела) описывает уравнение вида

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

- № 6 Какой процесс (колебаний, нестационарной теплопроводности, стационарной теплопроводности, перемещений при статической нагрузке) и для какого объекта (стержня, балки, плоского тела, объемного тела) описывает уравнение вида

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

- № 7 Сколько начальных условия необходимо для однозначного решения задачи о нестационарной теплопроводности стержня?
- № 8 Сколько начальных условия необходимо для однозначного решения задачи о нестационарной теплопроводности пластины?
- № 9 Сколько начальных условия необходимо для однозначного решения задачи о нестационарной теплопроводности трехмерного тела?
- № 10 тержень, правый торец которого теплоизолирован, а на левом поддерживается температура окружающей среды (см. рисунок)



Имеет конвективный теплообмен по боковой поверхности ( $\alpha$  - коэффициент конвективного теплообмена, температура окружающей средой  $T_{ср}$ ). Укажите верный вариант собственных значений и собственной функции.

---


$$\begin{aligned}
1. \lambda_n &= \left(\frac{\pi \cdot n}{l}\right)^2, \Phi_n(x) = \cos\left(\frac{\pi \cdot n}{l} x\right) \\
2. \lambda_n &= \left(\frac{\pi \cdot n}{l}\right)^2, \Phi_n(x) = \sin\left(\frac{\pi \cdot n}{l} x\right) \\
3. \lambda_n &= \left(\frac{\pi \cdot (2n+1)}{2l}\right)^2, \Phi_n(x) = \cos\left(\frac{\pi \cdot (2n+1)}{2l} x\right) \\
4. \lambda_n &= \left(\frac{\pi \cdot (2n+1)}{2l}\right)^2, \Phi_n(x) = \sin\left(\frac{\pi \cdot (2n+1)}{2l} x\right)
\end{aligned}$$

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1 Что понимается под термином "струна" при выводе уравнений малых поперечных колебаний?

- Струной называется тело одно, измерение которого (длина) много больше двух других.
- Струной называется упругое тело, материал которого при растяжении и сжатии подчиняется закону Гука.
- Струной называется упругая нить, оказывающая сопротивление растяжению, но не сопротивляющуюся изгибу, сжатию и сдвигу.
- Струной называется упругая нить, оказывающая сопротивление растяжению и сдвигу, но не сопротивляющуюся изгибу и сжатию.
- Струной называется упругая нить, которая при растяжении не изменяет своей первоначальной длины

№ 2 Если погонная плотность струны является функцией координаты ( $\rho(x) \neq \text{const}$ ), то как будет выглядеть уравнение колебаний (внешние поперечные силы отсутствуют)?

---


$$\begin{aligned}
- \rho(x) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\
- \frac{\partial}{\partial t} \left( \rho(x) \frac{\partial u}{\partial t} \right) &= \frac{\partial}{\partial x} \left( T \frac{\partial u}{\partial x} \right) \\
- \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{T}{\rho(x)} \frac{\partial u}{\partial x} \right) \\
- \frac{\partial}{\partial x} \left( \rho(x) \right) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}
\end{aligned}$$


---

№ 3 Если поперечное сечение стержня является функцией координаты ( $S(x) \neq \text{const}$ ), то как будет выглядеть уравнение колебаний (внешние продольные силы отсутствуют)?

$$\begin{aligned}
- \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{E}{\rho} \frac{\partial u}{\partial x} \right) \\
- \frac{\partial}{\partial t} \left( \rho S(x) \frac{\partial u}{\partial t} \right) &= E S(x) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\
- \frac{\partial}{\partial t} \left( \rho S(x) \frac{\partial u}{\partial t} \right) &= \frac{\partial}{\partial x} \left( E S(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right) \\
- \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= \frac{1}{\rho S(x)} \frac{\partial}{\partial x} \left( E S(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right)
\end{aligned}$$

№ 4 Струна совершает малые поперечные колебания в вязкой среде. Среда оказывает сопротивление движению пропорциональное скорости смещения струны. Коэффициент пропорциональности "k". Какое из приведенных ниже уравнений описывает данный процесс?

$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - k \cdot u$$

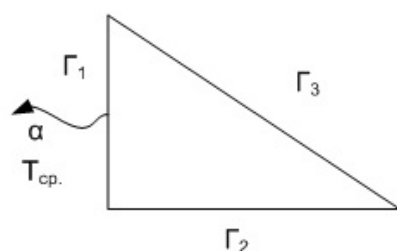
$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + k \cdot u$$

$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - k \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + k \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - k \frac{\partial u}{\partial t} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

- № 5 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 граничные условия на сторонах  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_3$ ?

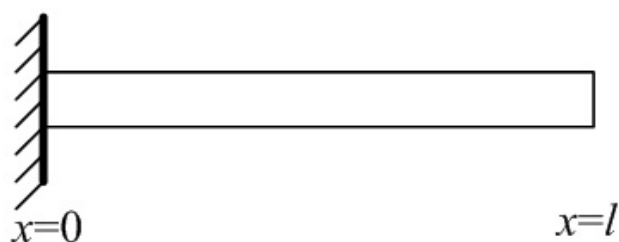
$$1. k \frac{\partial u}{\partial x} = \alpha(u - T_{\text{ср}}), \frac{\partial u}{\partial n} = 0$$

$$2. -k \frac{\partial u}{\partial x} = \alpha(u - T_{\text{ср}}), \frac{\partial u}{\partial n} = 0$$

$$3. k \frac{\partial u}{\partial y} = \alpha(u - T_{\text{ср}}), \frac{\partial u}{\partial n} = 0$$

$$4. -k \frac{\partial u}{\partial y} = \alpha(u - T_{\text{ср}}), \frac{\partial u}{\partial n} = 0$$

- № 6 Консольно защемленная балка (см. рисунок)



совершает поперечные колебания. Укажите верный вариант граничных условий.

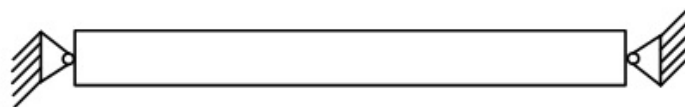
$$1. u(0, t) = 0, \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, u(l, t) = 0, \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0$$

$$2. u(0, t) = 0, u(l, t) = 0,$$

$$3. \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0$$

$$4. u(0, t) = 0, \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Big|_{x=l} = 0, \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} \Big|_{x=l} = 0$$

- № 7 Шарнирно опертая балка (см. рисунок)



$$x=0$$

$$x=l$$

совершает поперечные колебания. Укажите верный вариант граничных условий.

$$1. u(0, t) = 0, \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, u(l, t) = 0, \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0$$

$$2. u(0, t) = 0, u(l, t) = 0,$$

$$3. u(0, t) = 0, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Big|_{x=0} = 0, u(l, t) = 0, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Big|_{x=l} = 0$$

$$4. u(0, t) = 0, \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Big|_{x=l} = 0, \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} \Big|_{x=l} = 0$$

№ 8 Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

Решение ищется в области:

$$0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq y \leq 2$$

- Гиперболический

- Параболический

- Эллиптический

№ 9 Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

Решение ищется в области:

$$0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq y \leq 2$$

- Гиперболический

- Параболический

- Эллиптический

№ 10 Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

Решение ищется в области:

$$0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq y \leq 2$$

- Гиперболический

- Параболический

- Эллиптический

Вопросы открытого типа:

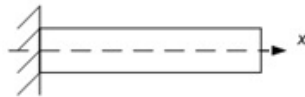
- № 1 Угол между касательной к профилю колеблющейся струны и силой натяжения струны равен \_\_\_\_\_ градусов.
- № 2 Под малыми продольными колебаниями стержня понимаются такие, при которых
- № 3 Какой процесс (колебаний, нестационарной теплопроводности, стационарной теплопроводности, перемещений при статической нагрузке) и для какого объекта (стержня, балки, плоского тела, объемного тела) описывает уравнение вида

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

- № 4 Сколько начальных условия необходимо для однозначного решения задачи о колебании струны?
- № 5 Сколько начальных условия необходимо для однозначного решения задачи о колебании балки?
- № 6 К концу стержня ( $x = l$ ) прикреплен пружина, действующая вдоль оси  $x$  (см. рисунок)



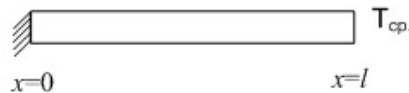
- № 7 Какого типа граничные условия в точке ( $x = l$ ) ?  
Стержень закреплен, как показано на рисунке ниже



- № 8 Какого типа граничные условия в точке ( $x = l$ ) ?  
Стержень закреплен, как показано на рисунке ниже



- № 9 Какого типа граничные условия в точке ( $x = 0$ ) ?  
Стержень теплоизолирован с обоих концов. Какого типа граничные условия на концах стержня?
- № 10 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  $T_{ср}$ ). Укажите верный вариант собственных значений и собственной функции.

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

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1

Что понимается по малыми поперечными колебаниями струны?

- Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых поперечное смещение струны в любой точке в любой момент времени много меньше ее длины  $u(x,t) \ll L$ .
- Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых поперечное смещение струны в любой точке в любой момент времени не превышает ее максимального поперечного размера.
- Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых поперечное смещение струны в любой точке в любой момент времени не превышает заранее заданной величины, которая может быть разной для различных задач.
- Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых в любой точке в любой момент времени выполняется условие:

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

№ 2

При выводе малых поперечных колебаний мембраны мембраной называется:

- тонкая пленка, толщина которой много меньше двух других измерений
- тонкая пленка, которая сопротивляется растяжению, но не сопротивляется сжатию, сдвигу и изгибу
- тонкая пленка, которая сопротивляется растяжению и сдвигу, но не сопротивляется сжатию и изгибу
- тонкая пленка, которая сопротивляется изгибу, но не сопротивляется растяжению, сжатию и сдвигу
- тонкая пленка, которая сопротивляется растяжению и изгибу, но не сопротивляется сжатию и сдвигу

№ 3

Характеристика это:

- величина, определяющая тип граничных условий
- кривая, в каждой точке нормаль к которой имеет характеристическое направление
- ни одно определение не является верным
- величина, определяющая тип уравнения
- кривая, в каждой точке которой касательная к ней имеет характеристическое направление

№ 4

Формула Даламбера - точное решение задачи.

- стационарной теплопроводности бесконечного стержня
- малых поперечных колебаний бесконечной струны или малых продольных колебаний бесконечного стержня
- малых продольных колебаний бесконечного стержня
- малых поперечных колебаний бесконечной струны
- малых поперечных колебаний закрепленной струны
- нестационарной теплопроводности бесконечного стержня

№ 5

Струна совершает малые поперечные колебания в упругой среде. Среда оказывает сопротивление движению пропорциональное смещению струны от невозмущенного положения. Коэффициент пропорциональности " $k$ ". Какое из приведенных ниже уравнений описывает данный процесс?



$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - k \cdot u$$

$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + k \cdot u$$

$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - k \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + k \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$c\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - k \frac{\partial u}{\partial t} = T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

№ 6

Для уравнения

$$u_x + \sin(x) u_y = 0$$

характеристики имеет вид:

$$1. y(x) = \cos(x) + C$$

$$2. y(x) = -\cos(x) + C$$

$$3. y(x) = \sin^2(x) + C$$

$$4. y(x) = -\sin^2(x) + C$$

№ 7

Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

$$u_x + u_y - v_x + v_y = 0$$

$$u_x - u_y + v_x + v_y = 0$$

- Гиперболический

- Параболический

- Эллиптический

№ 8

Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

$$x \cdot u_x + y \cdot u_y - v_y = 0$$

$$u_y + x \cdot v_x = 0$$

Решение ищется в области:

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

- Гиперболический

- Параболический

- Эллиптический

№ 9

Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

$$x \cdot u_x + y \cdot u_y - v_y = 0$$

$$u_y + x \cdot v_x = 0$$

Решение ищется в области:

$$1 \leq x \leq 2, \quad 0 \leq y \leq 1$$

- Гиперболический

- Параболический

- Эллиптический

№ 10

Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

Решение ищется в области:

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

- Гиперболический

- Параболический

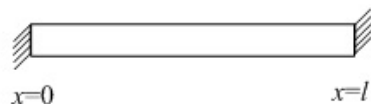
- Эллиптический

### ОПК-6

Вопросы открытого типа:

№ 1

Стержень теплоизолированный по торцам (см. рисунок)



Имеет конвективный теплообмен по боковой поверхности ( $\alpha$  - коэффициент конвективного теплообмена, температура окружающей средой  $T_{\text{ср}}$ ). Укажите верный вариант собственных значений и собственной функции.

1.  $\lambda_n = \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2, \Phi_n(x) = \cos\left(\frac{\pi n}{l}x\right)$
2.  $\lambda_n = \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2, \Phi_n(x) = \sin\left(\frac{\pi n}{l}x\right)$
3.  $\lambda_n = \left(\frac{\pi(2n+1)}{2l}\right)^2, \Phi_n(x) = \cos\left(\frac{\pi(2n+1)}{2l}x\right)$
4.  $\lambda_n = \left(\frac{\pi(2n+1)}{2l}\right)^2, \Phi_n(x) = \sin\left(\frac{\pi(2n+1)}{2l}x\right)$

№ 2

Сколько граничных условия необходимо для однозначного решения задачи о нестационарной теплопроводности стержня?

№ 3

Сколько граничных условия необходимо для однозначного решения задачи о колебании балки?

№ 4

Сколько граничных условия необходимо для однозначного решения задачи о колебании струны?

№ 5

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

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

№ 6

Если  $\Phi$  есть собственная функция, отвечающая собственному значению  $\lambda$ , то и  $C \cdot \Phi$  ( $C$  – константа) – \_\_\_\_\_

№ 7

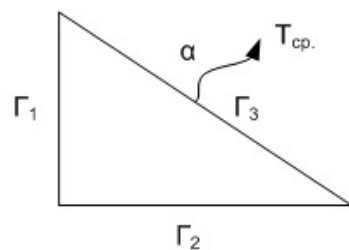
Если  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  - собственные функции, отвечающие собственному значению  $\lambda$ , то этому же собственному значению будет отвечать выражение \_\_\_\_\_, где  $C_1, C_2$  - произвольные константы

№ 8

Из допущения о нерастяжимости струны следует, что сила натяжения струны



- № 9 Можно ли использовать формулу Даламбера для решения задачи о продольных колебаниях упругого стержня длиной  $L$ , если оба его конца закреплены и отсутствуют внешние нагрузки на стержень?
- Введите номер правильного варианта.
1. Нет, так как формула Даламбера - это решение задачи о малых поперечных колебаниях бесконечной струны.
  2. Да, так как малые поперечные колебания струны и малые продольные колебания упругого стержня имеют один и тот же вид
  3. Да, если распространить на всю ось  $x$  (от  $-\infty$  до  $+\infty$ ) функции начальных отклонений и скоростей стержня четным образом с периодом  $2L$
  4. Нет, так как малые поперечные колебания струны и малые продольные колебания упругого стержня это разные физические процессы
  5. Да, если распространить на всю ось  $x$  (от  $-\infty$  до  $+\infty$ ) функции начальных отклонений и скоростей стержня нечетным образом с периодом  $2L$
- № 10 Можно ли использовать формулу Даламбера для решения задачи о нестационарной теплопроводности полубесконечного стержня, если его левый край (точка  $x=0$ ) теплоизолирован и отсутствуют внешние источники/стоки тепла?
- Введите номер правильного варианта.
1. Да, если распространить на отрицательную полуось функцию начального распределения температуры стержня нечетным образом
  2. Да, так как уравнение однородно
  3. Нет, так как формула Даламбера - это решение для бесконечного стержня
  4. Нет, так как формула Даламбера - это решение для уравнений гиперболического типа
  5. Да, если распространить на отрицательную полуось функцию начального распределения температуры стержня четным образом
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Что понимается по малыми поперечными колебаниями мембраны?
- Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых поперечное смещение мембраны в любой точке в любой момент времени много меньше ее минимального размера  $u(x,y) \ll L$
  - Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых поперечное смещение мембраны в любой точке в любой момент времени не превышает ее максимального поперечного размера.
  - Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых поперечное смещение мембраны в любой точке в любой момент времени не превышает заранее заданной величины, которая может быть разной для различных задач.
  - Под малыми поперечными колебаниями понимаются такие, при которых в любой точке в любой момент времени выполняются условия:
- $$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 \ll 1 \text{ и } \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 \ll 1$$
- № 2 Треугольная пластина на стороне ГЗ (см. рисунок) имеет конвективный теплообмен с окружающей средой, температура которой  $T_{\text{ср}}$ .



$\alpha$  - коэффициент конвективного теплообмена.

Какое граничное условие на стороне  $\Gamma_3$ ?

1.  $k \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \alpha(u - T_{\text{ср}})$
2.  $-k \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \alpha(u - T_{\text{ср}})$
3.  $k \frac{\partial u}{\partial n} = \alpha(u - T_{\text{ср}})$
4.  $-k \frac{\partial u}{\partial n} = \alpha(u - T_{\text{ср}})$

№ 3 Для линейного выражения

$$A(x, y)f_x + B(x, y)f_y$$

уравнение характеристики имеет вид:

1.  $y' = \frac{B(x, y)}{A(x, y)}$
2.  $y' = \frac{A(x, y)}{B(x, y)}$
3.  $y' = \frac{A(x, y) + B(x, y)}{B^2(x, y)}$
4.  $y' = \frac{A(x, y) + B(x, y)}{A^2(x, y)}$

№ 4 Для уравнения

$$u_x + xu_y = 0$$

характеристики имеет вид:

1.  $y(x) = x^2 + C$
2.  $y(x) = -x^2 + C$
3.  $y(x) = x + C$
4.  $y(x) = -x + C$

№ 5 Для уравнения

$$xu_x + u_y = 0$$

характеристики имеет вид:

1.  $y(x) = x^2 + C$
2.  $y(x) = -x^2 + C$
3.  $y(x) = \ln(x) + C$
4.  $y(x) = e^{-x} + C$

№ 6 Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

- Гиперболический
- Параболический
- Эллиптический

№ 7 Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

Решение ищется в области:

$$0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq y \leq 2$$

- Гиперболический
- Параболический
- Эллиптический

№ 8 Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

Решение ищется в области:

$$0 \leq x \leq 4, \quad 3 \leq y \leq 5$$

- Гиперболический
- Параболический
- Эллиптический

№ 9 Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

Решение ищется в области:

$$1 \leq x \leq 3, \quad 1 \leq y \leq 2$$

- Гиперболический
- Параболический
- Эллиптический

№ 10 Укажите правильный тип следующей системы дифференциальных уравнений:

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

Решение ищется в области:

$$1 \leq x \leq 3, \quad 1 \leq y \leq 2$$

- Гиперболический
- Параболический
- Эллиптический