

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись) ФИО  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Наземное технологическое оборудование стартовых систем
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	О6 ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

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	
5	10	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра О6 ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

Белкова Анастасия Леонидовна, к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Кафедра О6 ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

Чернусь Павел Павлович, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **О6 ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**

Заведующий кафедрой Винник П.М., д.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс

\_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

### **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-1 — способность самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ОПК-6 — способность анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-1**

*знания:*

основные положения функционального анализа, необходимые для решения задач математической физики;

*умения:*

1. правильно определять модель применяемой классической задачи в зависимости от формулировки исходной задачи;

2. критически анализировать параметры построенных моделей и их результаты;

*навыки:*

разработки новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской и в области профессиональной деятельности.

### **ОПК-6**

*знания:*

основные методы решения задач математической физики;

*умения:*

1. способностью к критическому анализу и оценке поставленных задач, генерированию новых идей при решении;

2. способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития; исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

*навыки:*

проектировать и осуществлять комплексные исследования, на основе целостного системного научного подхода.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ОСНОВЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ТЕПЛО И МАССОПЕРЕДАЧА, СТАРТОВАЯ ГАЗОДИНАМИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПСК-8.1 — Способен проводить обработку данных по результатам цифрового моделирования различных процессов, в том числе применять системы автоматизированного инженерного анализа для получения требуемых данных, при функционировании элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
- УК-2 — Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-6
5	10	Раздел 1. Отдельные разделы функционального анализа. 1.1 Ортогональные системы функций, ряды из них. 1.2 Уравнение Бесселя, его решение. 1.3 Ортогональность функций Бесселя. 1.4 Интеграл Фурье.	11	3	2	1	8	20	20
5	10	Раздел 2. Уравнение малых колебаний. 2.1 Вывод и решение уравнения малых колебаний способом Даламбера. 2.2 Вывод и решение уравнения малых колебаний способом Фурье.	24	12	8	4	12	20	20
5	10	Раздел 3. Уравнение теплопроводности. 3.1. Вывод уравнения теплопроводности для различных случаев. 3.2. Решение уравнения теплопроводности для различных случаев.	30	15	10	5	15	20	20
5	10	Раздел 4. Уравнения Лапласа и Пуассона. 4.1 Вывод и решение уравнения Лапласа. 4.2 Вывод и решение уравнения Пуассона.	30	15	10	5	15	20	20
5	10	Раздел 5. Линейные уравнения 2 порядка в частных производных. 5.1. Классификация линейных уравнений 2 порядка в частных производных. 5.2. Приведение линейных уравнений к каноническому виду.	13	6	4	2	7	20	20
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Отдельные разделы функционального анализа.	Ортогональные системы функций, ряды из них. Уравнение Бесселя, его решение. Ортогональность функций Бесселя, интеграл Фурье.	1
2	Раздел 2. Уравнение малых колебаний.	Вывод и решение уравнения малых колебаний способом Даламбера. Вывод и решение уравнения малых колебаний способом Фурье.	4
3	Раздел 3. Уравнение теплопроводности.	Вывод и решение уравнения теплопроводности для различных случаев.	5
4	Раздел 4. Уравнения Лапласа и Пуассона.	Вывод и решение уравнения Лапласа. Вывод и решение уравнения Пуассона.	5
5	Раздел 5. Линейные уравнения 2 порядка в частных производных.	Линейные уравнения 2 порядка в частных производных.	2
Всего за 10 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Отдельные разделы функционального анализа.	Повторение темы «Ряды Фурье, операционное исчисление» из общего курса высшей математики	8
2	Раздел 2. Уравнение малых колебаний.	Решение предложенных задач. Построение математических моделей для уравнения теплопроводности и их визуализация с помощью системы компьютерной алгебры.	12
3	Раздел 3. Уравнение теплопроводности.	Решение предложенных задач. Построение математических моделей для уравнения теплопроводности и их визуализация с помощью системы компьютерной алгебры.	15
4	Раздел 4. Уравнения Лапласа и Пуассона.	Решение предложенных задач. Построение математических моделей для задач и их визуализация с помощью системы компьютерной алгебры.	15
5	Раздел 5. Линейные уравнения 2 порядка в частных производных.	Изучение теоретического материала. Решение предложенных задач.	7
Всего за 10 семестр			57

### 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
10		ВПЗ		ВПЗ		ДР		ВПЗ		ДР		ВПЗ		ВПЗ		ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

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. А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
3. А. П. Рябушко. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 4 Операционное исчисление. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 198 экз.
4. А. П. Рябушко. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 4 Операционное исчисление. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
5. А. П. Рябушко, В. В. Бархатов, В. В. Державец. Ряды. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 146 экз.
6. А. П. Рябушко, В. В. Бархатов, В. В. Державец. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 3 Ряды. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
7. В. Л. Файншмидт. . Ортогональные функции и краевые задачи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
8. В. Л. Файншмидт. . Ортогональные функции и краевые задачи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 146 экз.
9. В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
10. В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 39 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. <https://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

### 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:

не требуется.

### 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:**

1. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся.

### **6.3. 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 **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете О Естественнотехнический БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой О6 ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;

ОПК-6 способность анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с постановкой задачи и построения математической модели для реальных условий, используя методы и модели высшей математики; а также представления результатов своих исследований в виде полной математической модели.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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. Отдельные разделы функционального анализа.</b>		
Повторение темы «Ряды Фурье, операционное исчисление» из общего курса высшей математики	<p>А. П. Рябушко, В. В. Бархатов, В. В. Державец. Ряды: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (12)</p> <p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1)</p> <p>А. П. Рябушко. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 4 Операционное исчисление: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (16)</p> <p>А. П. Рябушко. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 4 Операционное исчисление: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (16)</p> <p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1)</p> <p>А. П. Рябушко, В. В. Бархатов, В. В. Державец. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 3 Ряды: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (12)</p> <p>В. Л. Файншмидт. . Ортогональные функции и краевые задачи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1, 2)</p> <p>В. Л. Файншмидт. . Ортогональные функции и краевые задачи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1, 2)</p>	8
Итого по разделу 1		8
<b>Раздел 2. Уравнение малых колебаний.</b>		
Решение предложенных задач. Построение математических моделей для уравнения теплопроводности и их визуализация с помощью системы компьютерной алгебры.	<p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2)</p> <p>В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)</p> <p>А. П. Рябушко, В. В. Бархатов, В. В. Державец. Ряды: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (12)</p> <p>В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1)</p> <p>А. П. Рябушко, В. В. Бархатов, В. В. Державец. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 3 Ряды: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (12)</p> <p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (2)</p>	12
Итого по разделу 2		12
<b>Раздел 3. Уравнение теплопроводности.</b>		
Решение предложенных задач. Построение математических моделей для уравнения теплопроводности и их визуализация с помощью системы компьютерной алгебры.	<p>В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2)</p> <p>А. П. Рябушко. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 4 Операционное исчисление: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (16)</p> <p>А. П. Рябушко. Индивидуальные задания по высшей математике. Ч. 4 Операционное исчисление: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (16)</p> <p>В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2)</p> <p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3)</p> <p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения</p>	15

	математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3)	
Итого по разделу 3		15
<b>Раздел 4. Уравнения Лапласа и Пуассона.</b>		
Решение предложенных задач. Построение математических моделей для задач и их визуализация с помощью системы компьютерной алгебры.	<p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4)</p> <p>В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)</p> <p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4)</p> <p>В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)</p>	15
Итого по разделу 4		15
<b>Раздел 5. Линейные уравнения 2 порядка в частных производных.</b>		
Изучение теоретического материала. Решение предложенных задач.	<p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (5)</p> <p>В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (4)</p> <p>В. Л. Файншмидт, Н. В. Тарасова. . Некоторые уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (4)</p> <p>А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (5)</p>	7
Итого по разделу 5		7

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- 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/задания по темам ПЗ

Выполнение контрольных мероприятий по темам практических занятий и самостоятельной работы, которые объявляются в начале семестра с указанием баллов за их выполнение в соответствии с технологической картой курса. Образцы вопросов и технологические карты можно найти в УМК дисциплины и ЭИОС Moodle.

#### Дифференцированный зачет

Оценка "зачтено-удовлетворительно" выставляется, если набрано от 51 до 74 баллов в соответствии с технологической картой курса.

Оценка "зачтено-хорошо" выставляется, если набрано от 75 до 84 баллов в соответствии с технологической картой курса.

Оценка "зачтено-отлично" выставляется, если набрано от 85 баллов в соответствии с технологической картой курса.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-6	
5	10	Раздел 1. Отдельные разделы функционального анализа.	11	3	2	1	8	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 2. Уравнение малых колебаний.	24	12	8	4	12	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 3. Уравнение теплопроводности.	30	15	10	5	15	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 4. Уравнения Лапласа и Пуассона.	30	15	10	5	15	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 5. Линейные уравнения 2 порядка в частных производных.	13	6	4	2	7	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ
Всего за 10 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-1

Вопросы открытого типа:

№ 1

Приведенное уравнение имеет порядок  
 $u_x \cdot u_{xy}^2 + u_{xx}^2 - 2u_{xy} + u_y - 2xy = 0$

№ 2

Приведенное уравнение имеет порядок  
 $\cos^2 u_x \sin^2 u_y - 2u_x^2 - 3u_y + u = 0$

№ 3

Указать характеристическую систему для уравнения  $x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} = z$

№ 4

Указать тип приведенного уравнения  
 $u_x \cdot u_{xy}^2 + 2x \cdot u \cdot u_{yy} - 3xy \cdot u_y - u = 0$

№ 5

Приведенное уравнение является уравнением какого типа  
 $u_{xx} + 6u_{xy} + 13u_{yy} + 2u_x - 3 = 0$

№ 6

Привести к каноническому виду и найти общее решение  $u = u(x; y)$  уравнения  
 $u_{xx} + 2u_{xy} - 3u_{yy} = 0$ .

В ответах  $f, g$  — произвольные функции одной переменной

№ 7

При решении волнового уравнения нетривиальное решение задачи  $X''(x) + \lambda X(x) = 0, X(x) \neq 0$  имеет вид  $X(x) = D_1 \cos \sqrt{\lambda x} D_2 \sin \sqrt{\lambda x} +$ . При заданных граничных условиях  $u(0; t) = u(l; t) = 0$  собственная функция имеет вид

№ 8

При решении волнового уравнения нетривиальное решение задачи  $X''(x) + \lambda X(x) = 0, X(x) \neq 0$  имеет вид  $X(x) = D_1 \cos \sqrt{\lambda x} D_2 \sin \sqrt{\lambda x} +$ . При заданных граничных условиях  $u(0; t) = u_x(l; t) = 0$  собственная функция имеет вид

№ 9

Краевая задача для однородного уравнения Лапласа в односвязной области  $\Omega \in \mathbb{R}_2$ , где  $\vec{n}$  - нормально к границе  $\underline{\Omega}$ , имеющая вид, называется

$$\begin{cases} \Delta u(x, y) = 0, \\ u|_{\partial\Omega} = g(x, y) \end{cases}$$

№ 10

Приведенный оператор является какого типа

$$L = \frac{\partial}{\partial x} + 4 \frac{\partial^2}{\partial y^2} + 9 \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial z}$$

Вопросы закрытого типа:

№ 1

Говорят, что решение задачи математической физики непрерывно зависит от начальных данных, если предельно малым изменениям начальных данных задачи соответствуют предельно малые изменения решения. В каком из перечисленных случаев имеем дело с корректно поставленной задачей математической физики

1	Разность двух решений задачи не является предельно малой <u>величиной</u> , а разность начальных данных соответствующих этим решениям стремится к нулю
2	Не существует решения задачи удовлетворяющего всем уравнениям и условиям задачи
3	При одних и тех же начальных данных существует два решения удовлетворяющих всем уравнениям и условиям задачи
4	Решение существует, единственно и непрерывно зависит от начальных данных

№ 2

Найти уравнение поверхности, удовлетворяющей уравнению  $x \frac{\partial z}{\partial x} + 2y \frac{\partial z}{\partial y} = 4z$ .

1	$z = x^2 \varphi\left(\frac{x^2}{y}\right)$
2	$z = y^2 \varphi\left(\frac{x^2}{y}\right)$
3	$z = \frac{x}{y} \varphi\left(\frac{x^2}{y^2}\right)$
4	$z = xy \varphi\left(\frac{x^2}{y}\right)$

№ 3

Дано уравнение  $u'''_{xxx} = y$ . Какая из следующих функций будет **общим** решением этого уравнения:

1	$u = \frac{1}{6}y^3 + c_1(y) \cdot \frac{x^2}{2} + c_2(y) \cdot x + c_3(y)$
2	$u = \frac{1}{6}x^3y + c_1(y) \cdot \frac{x^2}{2} + c_2(y) \cdot x + c_3(y)$
3	$u = yc_1(x) + c_1(y) \cdot \frac{x^2}{2} + c_2(y) \cdot x + c_3(y)$
4	$u = \frac{1}{6}x^3y + c_1 \cdot x^2 + c_2 \cdot x + c_3$

№ 4

Найти поверхность, удовлетворяющую уравнению  $\frac{1}{x} \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{1}{y} \frac{\partial z}{\partial y} = 4$ , проходящую через параболу  $y^2 = z$  в плоскости  $x = 0$

1	$z = y^2 - x^2$
2	$z = y^2 + x^2 - 2x$
3	$z = x^2 + y^2$
4	$z = y^2$

№ 5

Установить соответствие между уравнениями и их названиями.

1	линейное однородное уравнение первого порядка	А	$xy \frac{\partial z}{\partial x} + (x - y) \frac{\partial z}{\partial y} = x^2 + y^2$
2	линейное неоднородное уравнение первого порядка	Б	$(x + y) \frac{\partial z}{\partial x} + xy \frac{\partial z}{\partial y} = 0$
3	квазилинейное уравнение первого порядка	В	$zx \frac{\partial z}{\partial x} + zy \frac{\partial z}{\partial y} = x - y$
4	нелинейное уравнение первого порядка	Г	$\frac{\partial z}{\partial x} \cdot \frac{\partial z}{\partial y} + 2x \frac{\partial z}{\partial x} - 3y \frac{\partial z}{\partial y} = 0$

№ 6

Найти $u = u(x; y)$ решение задачи Коши	
$\begin{cases} u_{xx} + 2u_{xy} - 3u_{yy} = 0 \\ u _{y=0} = 3x^2 \\ u_y _{y=0} = 0 \end{cases}$	
1	$u(x, y) = 3x^2 + y$
2	$u(x, y) = 3x^2 + y^2$
3	$u(x, y) = 3x^2 + 2y$
4	$u(x, y) = 3x^2 - y^2$

№ 7

Какое из приведенных уравнений является уравнением теплопроводности?

1	$u_{tt} = a^2 u_{xx}$
2	$u_t = a^2 u_{xx}$
3	$u_{tt} = a^2 (u_{xx} + u_{yy})$
4	$u_{tt} + u_{xx} = 0$

№ 8

При решении задачи

$$U_{tt} - a^2 U_{xx} = 0 \quad (0 \leq x \leq \ell, \quad 0 \leq t < +\infty)$$

$$U(x, 0) = \varphi(x), \quad U_t(x, 0) = \psi(x), \quad U(0, t) = 0, \quad U(\ell, t) = 0$$

методом Фурье используется разложение функций  $\varphi(x)$  и  $\psi(x)$ :

1	в ряд Фурье
2	в степенной ряд
3	в ряд Лорана
4	в произведение многочленов

№ 9

Поставить в соответствие неоднородное дифференциальное уравнение и его название

1	$\Delta u = f$	А	Волновое уравнение
2	$\Delta u + m^2 u = f$	Б	Уравнение Лапласа
3	$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \Delta u = f$	В	Уравнение Гельмгольца
4	$\frac{\partial u}{\partial t} - \Delta u = f$	Г	Уравнение теплопроводности

№ 10

Указать, какому уравнению в частных производных удовлетворяет функция  $z = \varphi(x^2 + y^2)$

1	$y \frac{\partial z}{\partial x} - x \frac{\partial z}{\partial y} = 0$ ;
2	$y \frac{\partial z}{\partial x} + x \frac{\partial z}{\partial y} = 0$
3	$y \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\partial z}{\partial y} = 0$
4	$\frac{\partial z}{\partial x} - x \frac{\partial z}{\partial y} = 0$

**ОПК-6**

Вопросы открытого типа:

№ 1

Приведенное уравнение имеет порядок

$$\frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} = z^5$$

№ 2



Найти  $u = u(x; y)$  решение задачи Коши

$$\begin{cases} \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} = y, & x \geq 0, -\infty < y < +\infty \\ u|_{x=0} = f(y), \\ \frac{\partial u}{\partial x}|_{x=0} = \phi(y), \\ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}|_{x=0} = \psi(y). \end{cases}$$

№ 3

Приведенное уравнение является уравнением какого типа

$$u_{xx} + 8u_{xy} + 25u_{yy} - 3u_y + 2 = 0$$

№ 4

Указать тип приведенного уравнения

$$2 \sin(x+y) \cdot u_{xx} - x \cos(y) \cdot u_{xy} + xy \cdot u_x - 3u + 1 = 0$$

№ 5

Приведенное уравнение является уравнением какого типа

$$u_{xx} - 4u_{xy} + 4u_{yy} - 3u_x + 2u_y + 1 = 0$$

№ 6

Функции  $\varphi_1(x)$  и  $\varphi_2(x)$  называются ортогональными с весом  $\rho(x)$  на промежутке  $[a; b]$ , если выполняется равенство

№ 7

При решении волнового уравнения нетривиальное решение задачи  $X''(x) + \lambda X(x) = 0, X(x) \neq 0$  имеет вид  $X(x) = D_1 \cos \sqrt{\lambda x} + D_2 \sin \sqrt{\lambda x}$ . При заданных граничных условиях  $u_x(0; t) = u_x(l; t) = 0$  собственная функция имеет вид

№ 8

Метод Фурье решения уравнения свободных колебаний конечной струны с закрепленными концами состоит в поиске решения  $U(x; t)$  в виде

№ 9

Краевая задача для однородного уравнения Лапласа в односвязной области  $\Omega \in \mathbb{R}_2$ , где  $\vec{n}$  - нормально к границе  $\Omega$ , имеющая вид, называется

$$\begin{cases} \Delta u(x, y) = 0, \\ \frac{\partial u}{\partial \vec{n}}|_{\partial \Omega} = g(x, y) \end{cases}$$

№ 10

Приведенный оператор является какого типа

$$L = \frac{\partial^2}{\partial t^2} - 4 \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}$$

Вопросы закрытого типа:

№ 1

Выяснить какие из приведенных равенств являются уравнениями в частных производных

1	$u_{xx}^2 + u_{yy}^2 - (u_{xx} - u_{yy})^2 = 0$
2	$\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial y} = 0$
3	$x^2 + y^2 + z^2 = 1$
4	$\ln x + y'' = x^2 y'$

№ 2

Общее решение  $z = \varphi(y - 2x)$  является решением уравнения

1	$\frac{\partial z}{\partial x} + 2 \cdot \frac{\partial z}{\partial y} = xy$
2	$\frac{\partial z}{\partial x} \cdot \frac{\partial z}{\partial y} + z = 0$
3	$\frac{\partial z}{\partial x} + 2 \cdot \frac{\partial z}{\partial y} = 0$
4	$\frac{\partial z}{\partial x} + xy \cdot \frac{\partial z}{\partial y} = 0$

№ 3

Выбрать, какая из данных функций  $u = u(x; y)$  является общим решением уравнения  $u_x = y$ . Здесь  $C(y)$ ;  $C(x)$  - произвольные функции

1	$u(x, y) = y^2/2 + C(x)$
2	$u(x, y) = xf(y) + C(x)$
3	$u(x, y) = y^2/2 + C(y)$
4	$u(x, y) = xf(y) + C(y)$

№ 4

Найти поверхность, удовлетворяющую уравнению  $\frac{1}{x} \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{1}{y} \frac{\partial z}{\partial y} = 4$ , проходящую через параболу  $y^2 = z$  в плоскости  $x = 0$

1	$z = y^2 - x^2$
2	$z = y^2 + x^2 - 2x$
3	$z = x^2 + y^2$
4	$z = y^2$

№ 5

Общее решение уравнения  $\frac{\partial z}{\partial x} + (e^{-x} - y) \frac{\partial z}{\partial y} = 0$  имеет вид  $z = \varphi(e^x y - x)$ . Каким будет частное решение этого уравнения, удовлетворяющее задаче Коши:

$$z \Big|_{x=0} = 3y + 2?$$

1	$z = 3(e^x y - x) + 2$
2	$z = \sqrt{3(e^x y - x) + 2}$
3	$z = 3\sqrt{e^x y - x} + 2$
4	$z = 3(e^x y - x)^2 + 2$

№ 6

Указать, какую нужно сделать замену переменных в линейном дифференциальном уравнении второго порядка  $u_{xx} + 5u_{xy} + 4u_{yy} = 0$ , чтобы привести его к каноническому виду.

1	$\xi = y + x, \eta = y + 3x$
2	$\xi = y + 4x, \eta = y - 2x$
3	$\xi = y - 2x, \eta = y + x$
4	$\xi = y - x, \eta = y - 4x$

№ 7

Какое из приведенных уравнений является волновым уравнением?

1	$u_{tt} = a^2 u_{xx}$
2	$u_t = a^2 u_{xx}$
3	$u_{tt} = a^2 (u_{xx} + u_{yy})$
4	$u_{tt} + u_{xx} = 0$

№ 8

Какое из приведенных уравнений является уравнением свободных колебаний мембраны?

1	$u_{tt} = a^2 u_{xx}$
2	$u_t = a^2 u_{xx}$
3	$u_{tt} = a^2 (u_{xx} + u_{yy})$
4	$u_{tt} + u_{xx} = 0$

№ 9

Поставить в соответствие криволинейную систему координат и вид оператора Лапласа  $\Delta$  в ней

1	$\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$	А	Сферические
2	$\Delta f = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial f}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 f}{\partial \varphi^2}$	Б	Декартовы
3	$\Delta f = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial f}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial f}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 f}{\partial \varphi^2}$	В	Цилиндрические
4	$\Delta f = \frac{1}{\sigma^2 + \tau^2} \left[ \frac{1}{\sigma} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \sigma \frac{\partial f}{\partial \sigma} \right) + \frac{1}{\tau} \frac{\partial}{\partial \tau} \left( \tau \frac{\partial f}{\partial \tau} \right) \right] + \frac{1}{\sigma^2 \tau^2} \frac{\partial^2 f}{\partial \varphi^2}$	Г	Параболические

№ 10

Указать, какой из дифференциальных операторов относится к смешанному типу

1	$(x - y) \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial y^2}$
2	$\frac{\partial^2}{\partial x^2} + (x + y^2) \frac{\partial}{\partial y^2}$
3	$(x^2 + 1) \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$
4	$\frac{\partial^2}{\partial x^2} + (x^2 + y^2) \frac{\partial^2}{\partial y^2}$