

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 20 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Математика, специальные главы
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цели.

Получении студентами знаний по методам решения математических задач, возникающих при моделировании различных физических процессов для обеспечения всесторонней подготовки будущего специалиста. Овладение навыками применения ранее изученных математических дисциплин для решения

сложных задач и освоении исследования и решения новых задач. Использование понятийного аппарата дисциплины; формулировании и применении основных и выводимых из основных утверждений для формулировки свойств изучаемых функций, решать типовые задачи; использовании системы знаний дисциплины для исследования и адекватного моделирования более сложных систем.

Задачи

- изучение типов уравнений математической физики (гиперболические, параболический и эллиптические);
- изучение функций комплексного переменного
- формирование умения применять полученные знания для решения прикладных задач;
- формирование умения использовать систему знаний дисциплины для адекватного математического моделирования различных процессов;
- формирование навыков решения задач математической физики;
- формирование навыков математической постановки и решения задач математической физики

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Функции комплексного переменного, уравнения в частных производных;
Математические модели типовых профессиональных задач;
Способы формализации реальных физических явлений;
Анализ полученных результатов решения профессиональных задач.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знает классификацию уравнений в частных производных; методы дифференцирования и интегрирования функции комплексного переменного; аналитические методы решения уравнений математической физики;	Знает основы математики, физики, химии, сопротивления материалов, теплотехники, электротехники, информатики и моделирования.	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умеет приводить уравнения к каноническому виду; ставить задачи математической физики; умеет делать выводы, по соответствующим профессиональным проблемам	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.	Индивидуальное задание
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеет навыками решения задач математической физики; алгоритмами и навыками решения задач из раздел теории функций комплексного переменного; системой знаний дисциплины для моделирования задач	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		4
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	16	16
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	27	27
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен		
Дифференцированный зачет		
Зачет	9	9
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	108	108

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				
Комплексные числа. Функция комплексного переменного.	4	0	4	6
Комплексные числа, их изображение на плоскости. Действия над комплексными числами. Различные формы записи комплексного числа. Предел, непрерывность, дифференцируемость, аналитичность. Геометрический смысл модуля и аргумента производной. Основные элементарные функции и их свойства.				
Интегрирование функции комплексного переменного. Ряды в комплексной плоскости. Вычеты	6	0	10	20
Интегрирование функции комплексного переменного. Теорема Коши. Формула Ньютона-Лейбница. Интегральная формула Коши. Ряды в комплексной плоскости. Ряды Тейлора и Лорана. Изолированные особые точки, их классификация. Вычеты, их вычисление. Основная теорема о вычетах. Применение вычетов к вычислению интегралов.				
Общие понятия об уравнениях математической физики. Классификация уравнений. Постановка задач.	2	0	4	15
Уравнение в частных производных, линейное, квазилинейное, однородное, неоднородное уравнение. Порядок и типы уравнений математической физики. Канонический вид, характеристические поверхности. Задача о равновесии и движении мембраны. Задача о поперечных колебаниях струны и продольных колебаниях стержня. Задача о распространении тепла. Задача Коши, краевая задача, смешанная краевая задача для уравнений математической физики, начальные и граничные условия.				
Типы уравнений математической физики	4	0	9	22
Решение задачи Коши для одномерного волнового уравнения методом характеристик. Анализ колебаний струны с помощью формулы Даламбера, графическая интерпретация решения. Схема метода Фурье для однородных краевых условий. Решение смешанных краевых задач для уравнения теплопроводности методом Фурье. Классические решения уравнений Лапласа.				
ИТОГО по 4-му семестру	16	0	27	63
ИТОГО по дисциплине	16	0	27	63

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Действия с комплексными числами.
2	Действия с Основными элементарными функциями комплексного аргумента.
3	Интегрирование функции комплексного аргумента.
4	Интегрирование функции комплексного аргумента.
5	Разложение функции в ряд Тейлора и Лорана
6	Вычисление вычетов
7	Применение вычетов для вычисления интегралов.
8	Решение простейших дифференциальных уравнений в частных производных
9	Приведение уравнения к каноническому типу
10	Решение уравнения колебания струны, закрепленной на концах.
11	Решение уравнения колебания бесконечной струны.
12	Решение уравнения теплопроводности для конечного стержня.
13	Решение уравнения теплопроводности для неограниченного стержня.
14	Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практическое занятие проводится по своему алгоритму. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: у каждого обучающегося должен быть выработан определенный профессиональный подход к решению каждой задачи и интуиция; применение знаний дисциплины для решения профессиональных задач.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
 2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
 3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
 4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем.
- Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Араманович И. Г. Уравнения математической физики : учебное пособие для втузов / И. Г. Араманович, В. И. Левин. - Москва: Альянс, 2016.	11
2	Краснов М. Л. Функции комплексного переменного : задачи и примеры с подробными решениями : учебное пособие для втузов / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко. - М.: КомКнига, УРСС, 2006.	31
3	Тихонов А.Н. Уравнения математической физики : учебник для вузов / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. - Москва: Изд-во МГУ, Наука, 2004.	82
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Владимиров В. С. Уравнения математической физики : учебник для вузов / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов. - М.: Физматлит, 2003.	53
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Павленко, А. Н. Уравнения математической физики : учебное пособие / А. Н. Павленко, О. А. Пихтилькова. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013.	http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks30134	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Янов С. И. Уравнения математической физики : учебнометодическое пособие / Янов С. И. - Барнаул: АлтГПУ, 2019.	http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-139183	локальная сеть; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Первадчук В. П. Уравнения математической физики: методы решения задач : учебное пособие / В. П. Первадчук, Е. М. Кадырова, В. Ю. Соколов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2001.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2280	локальная сеть; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Теория функций комплексного переменного : учебное пособие для втузов / Е. В. Костина [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks155445	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	доска	1
Практическое занятие	доска	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (4-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по расчетно-графической работе и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Зачёт
Усвоенные знания						
З.1 знать основные понятия теории функций комплексного переменного		ТО1		КР1		ТВ
З.2 знать классификацию уравнений в частных производных		ТО2		КР2		ТВ
З.3. знать задачи для уравнений гиперболического типа, задачи для уравнений параболического типа задачи для уравнений эллиптического типа		ТО3		КР3		ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь оперировать комплексными числами и функциями комплексного аргумента				КР1		ПЗ
У.2 уметь приводить уравнения к каноническому виду				КР2		ПЗ
У.3. уметь ставить задачи математической физики делать выводы, по соответствующим профессиональным проблемам				КР3		ПЗ

Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками использования комплексных чисел и функций комплексного аргумента				РГР		
В.2 владеть навыками решения задач математической физики				РГР		
В.3 владеть системой знаний дисциплины для моделирования задач, методологией и навыками решения научных и практических задач				РГР		

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; РГР – расчетно-графическая работа.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучающихся, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты расчетно-графической работы и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита расчетно-графической работы

Всего запланировано 2 расчетно-графические работы. Типовые задания

расчетно-графической работы приведены.

Защита расчетно-графических работ проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы.

Типовой вариант РГР 1 по теме «Элементы теории функций комплексного переменного»:

№ 1.

а) Найти модуль и аргумент чисел $z_1 = 4 + 4i$ и $z_2 = 2 - 2i$. Изобразить числа на комплексной плоскости. Представить числа в тригонометрической и показательной форме.

б) Найти: $z_1 \cdot z_2^2$, $\frac{z_2}{z_1}$, $\sqrt[4]{z_1 - 1}$.

№ 2. Вычислить значение функции $f(z)$ в точке z_0 , ответ представить в алгебраической форме комплексного числа:

а) $f(z) = \operatorname{Ln} z$, $z_0 = \frac{1+i}{1-i}$;

б) $f(z) = \operatorname{ch} z$, $z_0 = 1 - \frac{\pi}{3}i$.

№ 3. Указать область дифференцируемости функции $f(z) = \operatorname{sh} \frac{z}{3}$ и вычислить производную. Выделить действительную и мнимую часть полученной производной.

Типовой вариант РГР 2 по теме «Решение задач математической физики методом Фурье»:

№1. Решить задачу:

$$U_{tt} = U_{xx} + 4U + 2\sin^2 x, \quad t > 0, \quad 0 < x < \pi,$$

$$U_x(0;t) = 0, \quad U_x(\pi;t) = 0,$$

$$U(x,0) = 0, \quad U_t(x,0) = 0.$$

№2. Дан тонкий однородный стержень $0 < x < l$, боковая поверхность которого теплоизолирована. Найти распределение температуры $U(x;t)$ в стержне, если концы $x=0$ и $x=l$ стержня поддерживаются при постоянных температурах U_1 и U_2 соответственно, а начальная температура равна $U_0 = \operatorname{const}$.

№3. Найти форму равновесия однородной мембраны, имеющей форму кольца ($a < r < b$), если смещения точек ее границы $r=b$, равно $Q + T \sin 2\varphi$, а к границе $r=a$ приложена сила $A \cos \varphi$ (натяжение мембраны равно 1).

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР)

после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Таблица 2.1. - Перечень контрольных работ

Типовые задания КР 1:

№1. Даны два комплексных числа: $z_1 = 3 + 4i$, $z_2 = 1 - 2i$.

Найти:

а) $\overline{z_1}$, $|z_1|$; б) $z_1 + z_2$; в) $z_1 - z_2$; г) $z_1 z_2$; д) $\frac{z_2}{z_1}$.

№2. Вычислить $(1 + i)^8$.

№3. Определить, какую кривую задает уравнение: $Re\overline{z}^2 = 4$. Построить кривую.

Типовые задания КР 2:

№1. Решить задачу Коши:

$$U_{xx} - 4U_{xy} - 5U_{yy} + 120U_x + 120U_y = 0,$$

$$U(0; y) = e^{20y}, U_x(0; y) = -7ye^{20y}$$

№2. Решить задачу Коши, используя формулу Даламбера:

$$U_{tt} = U_{xx} + x \sin t, t > 0, -\infty < x < +\infty,$$

$$U(x; 0) = \sin x, U_t(x; 0) = \cos x$$

Типовые задания КР 3:

№1. Решить смешанную задачу

$$U_{tt} = 4U_{xx} - 8U_t + e^{-t} \sin 7x, 0 < x < \frac{\pi}{2}, t > 0,$$

$$U(0, t) = 0, U_x\left(\frac{\pi}{2}, t\right) = 0,$$

$$U(x, 0) = 0, U_t(x, 0) = 4 \sin 3x.$$

№2. Решить смешанную задачу

$$U_t - 25U_{xx} + U = x(1+t), 0 < x < \pi, t > 0,$$

$$U_x(0, t) = t, U_x(\pi, t) = t,$$

$$U(x, 0) = 5 - 3 \sin^2 x.$$

№3. Решить внутреннюю краевую задачу

$$\Delta u = 2, 0 < x < 3, 0 < y < 2,$$

$$u_y(x, 0) = 0, u(x, 2) = 0,$$

$$u(0, y) = 0, u(3, y) = 5 \cos \frac{3\pi}{4} y.$$

Результаты контрольных работ по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Типовые шкала и критерии оценки результатов текущей контрольной работы приведены в общей части ФОС программы.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту – расчетно-графическая работа.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача расчетно-графической работы и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

Типовые вопросы:

1. Элементы теории функций комплексного переменного.
2. Комплексное число, модуль, аргумент комплексного числа. Три формы комплексного числа.

3. Основные типы уравнений в частных производных.
4. Применение метода характеристик к решению задачи Коши и Гурса.
5. Задача о равновесии и движении мембраны.
6. Принцип Дюамеля.
7. Задача Коши для одномерного волнового уравнения. Формула Даламбера.
8. Свойства собственных функций и собственных значений.
9. Решение смешанной задачи для уравнения гиперболического типа.
10. Уравнения параболического типа. Решение смешанной краевой задачи методом Фурье, для уравнения параболического типа.
11. Уравнения эллиптического типа.
12. Основные краевые задачи для уравнений эллиптического типа.
13. Метод Фурье решения задач Дирихле для кольца.

Типовые практические задания:

1. Преобразовать уравнение к каноническому виду:

$$U_{xx} + 9U_{yy} - 9U_{zz} - 6U_{xy} + 6U_{yz} + 12U_x = 0.$$
2. Разложить в ряд по собственным функциям задачи $X'' + \lambda X = 0$, $X(0) = 0$, $X'(10) = 0$ функцию $f(x) = 3x$.
3. Решить задачу Коши, используя формулу Даламбера

$$U_{tt} = U_{xx} + \sin x, \quad t > 0, \quad -\infty < x < +\infty,$$

$$U(x, 0) = \sin x, \quad U_t(x, 0) = 0.$$
4. Решить внутреннюю задачу Дирихле для круга.

$$\Delta u = 0, \quad u(2, \varphi) = 2 - 7 \cos^2 \varphi.$$
5. Найти форму равновесия однородной мембраны, имеющей форму кольца ($a < r < b$), если смещения точек ее границы $r = b$, равно $5 \cos 4\varphi$, а к границе $r = a$ приложена сила $9 \cos 5\varphi$ (натяжение мембраны равно 1).

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

Приведены в расчетно-графической работе.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать*, *уметь*, *владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать*, *уметь* и *владеть* приведены в общей части ФОС программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках

выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.