

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 24 » января 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Уравнения математической физики
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных
двигателей
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Проектирование авиационных двигателей и энергетических
установок (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: Формирование комплекса знаний об аппарате математической физики; умений и навыков постановки и решения задач о процессах в сплошных средах, применения сеточных методов решения.

Задачи:

- формирование знаний
 - основных понятий дифференциального и интегрального исчисления, теории поля, необходимых для изучения уравнений математической физики;
 - некоторых методов аналитического и численного исследования задач математической физики;
 - основ сеточных методов;
 - типов математических уравнений и систем уравнений;
 - основных уравнений математической физики для описания и анализа процессов в сплошных средах;
- формирование умений
 - применять методы математического анализа и моделирования для математически доказательных преобразований при получении описаний движения сплошных сред;
 - формулировать и осуществлять математическую постановку задач о процессах в сплошных средах;
 - преобразовывать дифференциальные уравнения в частных производных к сеточному виду;
- формирование навыков
 - применения математического аппарата при теоретическом исследовании задач математической физики;
 - построения математических моделей и решения задач о процессах в сплошных средах;
 - построения сеточных уравнений математической физики;
 - анализа результатов решения и подготовки отчётов о решении поставленных задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- математический аппарат для описания процессов в сплошных средах;
- методы решения уравнений и систем уравнений математической физики для процессов в сплошных средах.

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	– основные понятия дифференциального и интегрального исчисления, теории поля, необходимые для изучения уравнений математической физики;	Знает теорию, основные законы и методы в области естественнонаучных и инженерных дисциплин.	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 применять методы математического анализа и моделирования для математически доказательных преобразований при получении описаний движения сплошных сред;	Умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.	Экзамен
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	– навыками применения математического аппарата при теоретическом исследовании задач математической физики.	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	Отчёт по практическому занятию
ОПК-5	ИД-1ОПК-5	Знает: – типы математических уравнений и систем уравнений; – основные уравнения математической физики для описания и анализа процессов в сплошных средах; – некоторые методы аналитического и численного исследования задач математической физики; – основы сеточных методов.	Знает методы разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов профессиональной деятельности.	Контрольная работа
ОПК-5	ИД-2ОПК-5	Умеет: – формулировать и осуществлять математическую постановку задач о процессах в сплошных средах; – преобразовывать дифференциальные уравнения в частных производных к сеточному виду.	Умеет разрабатывать и использовать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов для решения инженерных задач.	Отчёт по практическому занятию
ОПК-5	ИД-3ОПК-5	Владеет: – навыками построения математических моделей и решения задач о процессах в сплошных средах; – навыками построения сеточных уравнений математической физики; – навыками анализа результатов решения и	Владеет навыками решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической технике современными методами.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		под-готовки отчётов о решении поставленных задач.		

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

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
5-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основной математический аппарат	8	0	6	20
<p>Введение</p> <p>Основные физические субстанции. Особенности постановки задач математической физики.</p> <p>Тема 1. Основные общие и дифференциальные понятия</p> <p>Основные понятия и объекты: перпендикуляр, нормаль, ортогональ; ортонормированный базис, системы координат; контрольный объём, контрольная поверхность, внешняя нормаль, жидкая частица. Свойства контрольного объёма и жидкой частицы.</p> <p>Понятие о сплайнах, интерполяционных и аппроксимационных полиномах и формулах.</p> <p>Тема 2. Средства записи дифференциальных уравнений</p> <p>Полный дифференциал, как сумма приращений по координатным осям. Дифференциал в частных производных.</p> <p>Полные и частные производные. Локальная и субстанциональная производные. Понятие о градиенте как дифференциальном операторе от функции.</p> <p>Оператор Гамильтона (набла-функция). Основные правила применения оператора Гамильтона, понятие о дивергенции и роторе.</p> <p>Индексная запись сумм при употреблении основных операторов и уравнений математической физики.</p>				
Основные понятия и теоремы теории поля	6	0	1	16
<p>Тема 3. Понятие о поле и работе поля</p> <p>Потенциальные поля и консервативные силы (системы, уравнения). Потенциал в потенциальном поле (потенциал гравитационного поля, электрического поля, поля скоростей гидродинамического течения). Электрогидродинамическая и термодинамическая аналогии.</p> <p>Тема 4. Основные теоремы интегрального исчисления</p> <p>Теорема о градиенте и определение градиента.</p> <p>Поток вектора и теорема Остроградского – Гаусса о дивергенции, определение дивергенции. Физическая интерпретация дивергенции линейной скорости для контрольного объёма и жидкой частицы.</p> <p>Теорема о роторе (без доказательства) и определение ротора.</p> <p>Циркуляция вектора линейной скорости, правило определения знака циркуляции. Теорема и формула Стокса, следствия теоремы Стокса.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные законы сохранения в гидродинамике	12	0	9	41
<p>Тема 5. Уравнение неразрывности и классификация описывающих течения уравнений</p> <p>Закон сохранения вещества. Уравнение неразрывности в дифференциальной форме, запись в операторной и индексной формах. Интегральное уравнение неразрывности.</p> <p>Уравнение неразрывности второго порядка в частных производных. Тип уравнений, описывающих звуковые, до- и сверхзвуковые стационарные течения. Уравнения Лапласа и Дарбу.</p> <p>Тема 6. Уравнения движения</p> <p>Второй закон Ньютона, уравнение движения в форме Эйлера. Запись в операторной и индексной формах, символ Кронекера.</p> <p>Уравнения движения в формах Громеки – Лемба и Навье – Стокса.</p> <p>Уравнение движения в тепловой форме Крокко и его анализ. Условия постоянства полной энтальпии (температуры полного торможения).</p> <p>Тема 7. Законы сохранения количества движения и момента количества движения</p> <p>Закон сохранения количества движения, вывод уравнения сохранения полного импульса. Тензор полного импульса и его компоненты.</p> <p>Развёрнутая запись и матричная форма уравнения сохранения полного импульса.</p> <p>Уравнения сохранения момента количества движения, их назначение.</p> <p>Тема 8. Закон сохранения энергии</p> <p>Закон сохранения энергии в нетеплопроводящем потоке, дивергентная и интегральная формы.</p>				
Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений	6	0	2	13
<p>Тема 9. Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений</p> <p>Понятие о математической модели для решения задач. Методы решения.</p> <p>Сеточные методы. Понятие о сеточных методах, разностной аппроксимации (и её ошибках) дифференциальных уравнений</p> <p>Понятие об адаптивных сетках, ортогональные и неортогональные сетки. Явные и неявные разностные схемы.</p> <p>Метод характеристик для решения гиперболических уравнений и систем уравнений.</p>				
ИТОГО по 5-му семестру	32	0	18	90
ИТОГО по дисциплине	32	0	18	90

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Математическая постановка задач. Физическая интерпретация и модели. Анализ и оценка результатов решения
2	Поиск градиента радиуса окружности.
3	Нахождение градиента от скалярного произведения двух векторов. (2 занятия)
4	Анализ дивергенции поля скоростей течения в линейно расширяющемся плоском канале. (2 занятия)
5	Решение нестационарной одномерной нестационарной модели течения сжимаемой среды по методу характеристик; инварианты Римана. (2 занятия)
6	Построение конечно-разностных уравнений с помощью рядов Тейлора.

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.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

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 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., Левин В. И. Уравнения математической физики : учебное пособие для втузов. Стер. Москва : Альянс, 2016. 287 с.	11
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Бицадзе А. В., Калининченко Д. Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики : учебное пособие для вузов. Москва : Наука, 1977. 223 с.	1
2	Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. 10-е изд., стер. Москва : Наука, 1964. 608 с. 22,30 усл. печ. л.	7
3	Максина Е. Л., Березина Н. А., Лапухина Т. Ю. Справочник по техническим дисциплинам. Высшая математика. Физика. Химия. Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. 381 с.	1
4	Сборник задач по уравнениям математической физики / Владимирова В. С., Вашарин А. А., Каримова Х. Х., Михайлов В. П., Сидоров Ю. В., Шабунин М. И. 4-е изд., стер. Москва : Физматлит, 2004. 287 с.	21
5	Танкеев А. П., Борич М. А. Дифференциальные уравнения математической физики для начинающих. Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2012. 446 с. 28,0 усл. печ. л.	3
6	Фильчаков П. Ф. Справочник по высшей математике. Киев : Наук. думка, 1972. 743 с.	2
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	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника	http://vestnik.pstu.ru/aero/about/inf/	сеть Интернет; свободный 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)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

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/
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	Проектор с экраном	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры	16

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
