

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
уравнений в частных производных
и теории вероятностей



А.В. Глушко
19.05.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01 Малые колебания стратифицированной жидкости

1. Код и наименование направления подготовки / специальности:

01.04.01 Математика

2. Профиль подготовки / специализация: Математические модели
гидродинамики

3. Квалификация выпускника: Магистр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Кафедра уравнений в
частных производных и теории вероятностей

6. Составители программы: Провоторов Вячеслав Васильевич, доктор физико-
математических наук, профессор кафедры уравнений в частных производных и
теории вероятностей,

7. Рекомендована: Научно-методическим советом математического факультета
24.03.2022 Протокол № 0500-03

8. Учебный год: 2022/2023

Семестр(-ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Целью освоения курса «Малые колебания стратифицированной жидкости» является изложение ряда вопросов теории волновых явлений (движений) стратифицированной жидкости и содержится разбор некоторых специальных вопросов этой теории. Значительное место уделено вопросам оптимизации волновых процессов, возникающих при переносе (транспортировке) вязких жидкостей по сетевому или магистральному носителям. Полученные знания позволят студентам широко и полно применять математические методы при изучении реальных процессов переноса сплошных сред, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных, прежде всего гидродинамических процессов.

Задачами изучения дисциплины выступает приобретение в рамках освоения теоретического и практического материала по дисциплине

Знаний:

- основных методов исследования дифференциальных уравнений с частными производными, описывающих малые колебания стратифицированной жидкости;

- современного математического и естественнонаучного инструментария, необходимого в научных исследованиях;

- в области уравнений с частными производными и их практического использования в решении и анализе дифференциальных уравнений с частными производными;

Умений:

- использовать методы качественного анализа теории дифференциальных уравнений с частными производными и методов теории оптимизации для исследований процессов переноса сплошных сред;

- исследования краевых и начально-краевых задач, определяющих математические модели малые колебания стратифицированной жидкости;

Навыков:

- применения основополагающих методов моделирования реальных процессов переноса сплошных сред с помощью формализмов дифференциальных уравнений с частными производными с целью изучения естественнонаучных задач и прикладного характера

- формирования современных социально-личностных качеств у выпускников: целеустремленность, организованность, трудолюбие, коммуникабельность, умение работать в коллективе, ответственность за конечный результат своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать и применять новые знания и навыки.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Блок 1; часть, формируемая участниками образовательных отношений. Приступая к изучению данной дисциплины, студент должен иметь теоретическую и практическую подготовку по

- математическому анализу;
- функциональному анализу;
- дифференциальным уравнениям;
- уравнениям с частными производными;
- уравнениям математической физики

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен решать задачи аналитического характера, предполагающих выбор и многообразии актуальных способов решения задач математической гидродинамики	ПК-1.1	Обладает большим объемом знаний в области математической гидродинамики	Знать: основные методы и подходы в области обыкновенных дифференциальных уравнений, используемые при анализе задач для уравнений с частными производными, описывающих различные процессы гидродинамики Уметь: использовать фундаментальные знания в построении и исследовании решений обыкновенных дифференциальных уравнений . Владеть: методами математического моделирования при анализе математических моделей физических и механических задач для их дальнейшего применения
		ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики	Знать: структуру научно-исследовательских работ, основы научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики Уметь: определять тематику научного исследования Владеть: методами научного исследования
		ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики	Знать: методы математического моделирования и методы теории оптимизации при анализе прикладных задач гидродинамики для их дальнейшего использования на практике Уметь: публично представить собственные новые научные результаты Владеть: различными способами визуализации своих научных результатов (доклад, презентация, научная статья)

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость				
	Всего	По семестрам			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия	32	32			
В том числе: лекции	16	16			
практические	16	16			
Контроль (текущая аттестация)	36	36			
Самостоятельная работа	40	40			
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час./экзамен – <u>1</u> час.)	экзамен	экзамен			
Итого:	108	108			

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Простейшие волновые явления	Общие уравнения и граничные условия теории волн Граничные условия теории бесконечно малых волн Стоячие волны на поверхности канала конечной и бесконечной глубины	- -
1.2	Установившиеся волновые явления	Установившиеся волновые явления. Основные определения и понятия. Условия для определения установившихся волновых явлений Образование волн пульсирующим источником Пульсирующий источник, находящийся в жидкости конечной глубины.	
1.3	Вопросы оптимизации, управление волновыми распределенными процессами	Предварительные сведения: пространства состояний, пространства наблюдений и управлений Описание объекта оптимизационной задачи Постановка задачи об управлении гашения пульсаций. Примеры Априорные оценки решения задачи Доказательство существования решения задачи Синтез программных управлений, система управляемого гашения пульсаций в жидкостях. Примеры	
2. Практические занятия			
2.1	Простейшие волновые явления	Основные понятия и обозначения. Общие уравнения и граничные условия теории волн Граничные условия теории бесконечно малых волн. Примеры Стоячие волны на поверхности канала конечной и бесконечной глубины. Примеры	- -
2.2	Установившиеся	Установившиеся волновые явления. Основные	

	волновые явления	определения и понятия. Условия для определения установившихся волновых явлений. Примеры Образование волн пульсирующим источником. Примеры Пульсирующий источник, находящийся в жидкости конечной глубины. Примеры Контрольная работа №1
2.3	Вопросы оптимизации, управление волновыми распределенными процессами	Предварительные сведения: пространства состояний, пространства наблюдений и управлений Описание сетевых носителей вязких жидкостей. Примеры Описание объекта оптимизационной задачи. Примеры Пульсовые гасители малых колебаний. Примеры Постановка задачи об управлении гашения пульсаций. Примеры Априорные оценки решения задачи Доказательство существования решения задачи Синтез программных управлений, система управляемого гашения пульсаций в жидкостях. Примеры Контрольная работа №2

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практически	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Простейшие волновые явления	4	4		8	16
2	Установившиеся волновые явления	4	4		12	20
3	Вопросы оптимизации, управление волновыми распределенными процессами	8	8		20	36
	Итого:	16	16		40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

В процессе преподавания дисциплины используются такие виды учебной работы, как лекции, практические занятия, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся. На лекциях рассказывается теоретический материал, на лабораторных занятиях решаются примеры по теоретическому материалу, прочитанному на лекциях. При этом во всех видах учебной работы осуществляется контроль – опрос по изученному материалу (на всех видах аудиторных занятиях), написание рефератов или эссе (задания текущей аттестации при самостоятельной работе).

При изучении курса «Малые колебания стратифицированной жидкости» обучающимся следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий.

1. После каждой лекции студентам рекомендуется подробно разобрать прочитанный теоретический материал, выучить все определения и формулировки теорем, разобрать примеры, решенные на лекции. Перед следующей лекцией обязательно повторить материал предыдущей лекции.

2. Перед практическим занятием обязательно повторить лекционный материал. После практического занятия еще раз разобрать решенные на этом занятии примеры, после чего приступить к выполнению домашнего задания. Если при решении примеров, заданных на дом, возникнут вопросы, обязательно задать на следующем практическом занятии или в присутственный час преподавателю.

3. При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия по темам, изучить примеры. Решая задачи, предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить практические задачи.

4. Самостоятельную работу осуществлять с учетом задаваемых тем рефератов или эссе.

5. Планировать выбор времени для работы с литературой по дисциплине в библиотеке.

Знание методов моделирования анализа задач гидродинамических процессов может существенно помочь при анализе дифференциальных уравнений гидродинамического типа, которые изучаются в целом ряде направлений современной математики.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
01	Сабитов К.Б. Уравнения математической физики. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 352 с. // «Универсальная библиотека online: Электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
02	Сретенский Л.Н. Теория волновых движений жидкости / Л.Н. Сретенский. – М.: Наука, 1977. – 815 с.
03	Глушко А. В. Уравнения математической физики / А. В. Глушко, А. Д. Баев, А. С. Рябенко. – В.: ИПЦВГУ, 2011. – 520 с. – URL: http://www.kuchp.ru
04	Рябенко А. С. Дифференциальные уравнения с параметрами / А. С. Рябенко. – Воронеж: ВГПУ, 2015. – 54 с. – URL: http://www.kuchp.ru

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
05	http://eqworld.ipmnet.ru – интернет-портал, посвященный уравнениям и методам их решений
06	http://www.lib.vsu.ru – электронный каталог ЗНБ ВГУ
07	http://www.kuchp.ru – электронный сайт кафедры уравнений в частных производных и теории вероятностей, на котором размещены методические издания

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

Самостоятельная работа обучающегося направлена на самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины. Самостоятельная работа является обязательной для каждого обучающегося, ее объем по учебному курсу определяется учебным планом. При самостоятельной работе обучающийся взаимодействует с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Самостоятельная работа с учебниками, учебно-методическими материалами, научной, справочной литературой, ресурсами сети Internet является наиболее эффективным методом получения знаний.

№ п/п	Источник
1	http://mschool.kubsu.ru – библиотека электронных учебных пособий. (http://mschool.kubsu.ru/ms/1.htm)
2	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – (http://www.lib.vsu.ru/)
3	http://www.kuchp.ru – электронный сайт кафедры уравнений в частных производных и теории вероятностей, на котором размещены методические издания

17. Образовательные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

№ п/п	Источник
1	http://www.kuchp.ru – электронный сайт кафедры уравнений в частных производных и теории вероятностей, на котором размещены методические издания
2	http://mschool.kubsu.ru – библиотека электронных учебных пособий. (http://mschool.kubsu.ru/ms/1.htm)
3	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – (http://www.lib.vsu.ru/)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вывести данный раздел в приложение к рабочей программе)

1. Учебная аудитория: специализированная мебель
2. Зональная научная библиотека, электронный каталог Научной библиотеки ВГУ (<http://www.lib.vsu.ru>)

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	01 – 03	ПК-1	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Контрольные работы. Реферат, Тестовые задания. Контрольно-измерительные материалы
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Наименование раздела дисциплины
				Простейшие волновые явления
				Установившиеся волновые явления
				Вопросы оптимизации, управление волновыми распределенными процессами.

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующих формирование компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в форме выполнения практических заданий (тестовые задания)..

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков.

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Тестовые задания, домашние задания по изучаемым темам – рефераты, эссе
Контрольная работа

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучаемых и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается проведением контрольных заданий и домашних работ, проверкой конспектов лекций, периодическим опросом слушателей на занятиях.

Формы, методы и периодичность текущего контроля определяет преподаватель.

Текущий контроль представляет собой проверку усвоения учебного материала теоретического и практического характера, регулярно осуществляемую на занятиях.

К основным формам текущего контроля можно отнести устный опрос, проверку домашних заданий, рефератов, контрольные работы.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

экзамен

Промежуточная аттестация предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины. Промежуточная аттестация по дисциплине «Малые колебания стратифицированной жидкости» проводится в форме экзамена.

Промежуточная аттестация, как правило, осуществляется в конце семестра и может завершать изучение как отдельной дисциплины, так и ее разделов. Промежуточная аттестация помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, в некоторых случаях – даже формирование определенных профессиональных компетенций.

На экзамене оценивается практический уровень освоения дисциплины и уровень сформированных компетенций.

Задания для текущего контроля и промежуточной аттестации должны быть направлены *на оценивание*:

1. уровня освоения теоретических и практических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности обучающегося применять теоретические и практические знания и профессионально значимую информацию, сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Перечень вопросов к экзамену, тестовых заданий, темы рефератов и критерии оценивания приведены ниже.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Уравнение Лапласа для потенциала скоростей
2. Начальные и граничные условия. Частный случай
3. Уравнение (условие) открытой поверхности жидкости
4. Общие уравнения и граничные условия теории волн
5. Плоскопараллельные волновые движения жидкости
6. Условия на стенках носителя бесконечно малых волн.
7. Начальные условия
8. Задача колебания поверхности жидкости в бесконечно длинном канале
9. Представление начально-краевой задачи для задачи колебания поверхности жидкости
10. Анализ решения задачи колебания поверхности жидкости (узлы и точки пучности, длина и период стоячей волны)
11. Частные решения специального вида
12. Установившиеся волновые явления, прогрессивные волны.
13. Условия перехода прогрессивных волн в установившиеся
14. Два вида установившихся волн при заданной скорости потока, связь между ними.
15. Волновые потоки с особенностями (наличие пульсирующих источников)
16. Пример образования волн пульсирующим источником
17. Пульсирующий источник, находящийся в жидкости конечной глубины
18. Описание сетевых носителей переноса вязких жидкостей. Примеры
19. Оптимизационная задача гашения малых колебаний в сетевом носителе

Примечание [ПВ1]:

- 20. Пульсовые гасители малых колебаний
- 21. Постановка задачи оптимизации, теорема единственности
- 22. Доказательство теоремы существования волновой задачи

Темы рефератов, эссе (текущий контроль)

- 1. Плоскопараллельные волновые движения жидкости. Полное описание
- 2. Колебания поверхности жидкости в бесконечно длинном канале
- 3. Характеристики стоячей волны
- 4. Установившиеся волны
- 5. Пульсирующие источники
- 6. Сетевые носители сплошных сред (жидкостей)
- 7. Волновые явления в сетевых носителях

Пример тестового задания

- 1. Сформировать простейшую задачу управления гашением колебаний тяжелой жидкости
- 2. Априорные оценки решения волновой задачи

Пример контрольно-измерительного материала

КИМ № 7

- 1. Представление начально-краевой задачи для задачи колебания поверхности жидкости
- 2. Для простейшей волновой задачи

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad x, t \in \Gamma_T = \Gamma \times (0, T), \quad (1)$$

$$u|_{x=1 \in \gamma_1} = u|_{x=0 \in \gamma_2}, \quad \frac{\partial u}{\partial x}|_{x=1 \in \gamma_1} = \alpha \frac{\partial u}{\partial x}|_{x=0 \in \gamma_2}, \quad (2)$$

$$u|_{t=0} = \varphi(x), \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \psi(x), \quad (3)$$

$$u|_{x=\partial\Gamma} = 0. \quad (4)$$

описывающая малые колебания жидкости в канале $\Gamma = \gamma_1 \cup \gamma_2$, малого диаметра и с границей $\partial\Gamma$, сформулировать оптимизационную задачу гашения колебаний, для чего:

- 1) сформировать пространство состояний, 2) пространства наблюдений и управляющих воздействий, фрагменты γ_1, γ_2 параметризованы интервалом $(0,1)$.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Самостоятельная работа студентов по учебной дисциплине «Обобщенные собственные функции в анализе краевых задач гидродинамики» предполагает изучение и конспектирование

рекомендуемой преподавателем литературы по вопросам семинарских и практических занятий, а также самостоятельное освоение понятийного аппарата и выполнение ряда практических заданий, выдаваемых студентам преподавателем на семинарских занятиях

Все выполняемые студентами самостоятельно задания подлежат последующей проверке преподавателем для получения допуска к **зачету с оценкой**.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p>Оценка «отлично» выставляется в любом из трех случаев:</p> <p>1. Выполнение пяти требований к ответу на каждый вопрос экзаменационного билета:</p> <p>1) правильность, полнота и глубина ответа (верное и глубокое изложение фактов, понятий, законов, закономерностей, принципов; опора при ответе на исходные методологические положения; анализ основных теоретических материалов, описанных в различных источниках, связь теории с практикой; иллюстрация ответа конкретными примерами; отсутствие необходимости в уточняющих вопросах);</p> <p>2) логическая последовательность изложения материала в процессе ответа;</p> <p>3) грамотное изложение материала на высоком научном уровне, высокая культура речи;</p> <p>4) наличие полных и обоснованных выводов;</p> <p>5) демонстрация собственной профессиональной позиции (творческое применение знаний в практических ситуациях, демонстрация убежденности, а не безразличия; демонстрация умения сравнивать, классифицировать, обобщать).</p> <p>2. Невыполнение одного из перечисленных требований (к одному из вопросов экзаменационного билета) и правильный ответ на дополнительный вопрос в пределах программы.</p> <p>3. Невыполнение двух из перечисленных требований (либо двух к одному вопросу, либо по одному к каждому вопросу экзаменационного билета) и правильные ответы на два дополнительных вопроса в пределах программы.</p>	Базовый	«отлично»
<p>Оценка «хорошо» выставляется в любом из трех случаев:</p> <p>1. Невыполнение одного из требований к ответу (к одному из вопросов экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1), и неправильный ответ на дополнительный вопрос в пределах программы.</p> <p>2. Невыполнение двух требований (либо двух к одному вопросу, либо по одному к каждому вопросу экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1), и правильный ответ только на один</p>	Базовый	«хорошо»

дополнительный вопрос в пределах программы. <i>3. Невыполнение трех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1), и правильные ответы не менее, чем на два дополнительных вопроса в пределах программы.</i>		
Оценка «удовлетворительно» выставляется в любом из трех случаев: 1. Невыполнение двух требований (либо двух к одному вопросу, либо по одному к каждому вопросу экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1), и неправильные ответы на два дополнительных вопроса в пределах программы. 2. Невыполнение трех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1), и правильный ответ только на один дополнительный вопрос в пределах программы. 3. <i>Невыполнение четырех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1), и правильные ответы не менее, чем на два дополнительных вопроса в пределах программы.</i>	Базовый	«удовлетворительно»
Оценка «неудовлетворительно» выставляется в любом из трех случаев: 1. Невыполнение более четырех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1). 2. Невыполнение трех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1), и неправильные ответы на два дополнительных вопроса в пределах программы. 3. <i>Невыполнение четырех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «отлично» (п.1), и правильный ответ только на один из менее двух дополнительных вопросов в пределах программы.</i>	-	«неудовлетворительно»

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующих формирование компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в форме выполнения тестовых заданий, написания реферата (эссе) на одну из предложенных тем, а также домашних заданий.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. Критерии оценивания приведены выше.