

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
математического моделирования

М.Ш. Бурлуцкая

16.04.2024 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ФТД. 02 Начально-краевые задачи уравнений гидродинамики**

**1. Код и наименование направления подготовки:**

01.04.04 Прикладная математика

**2. Профиль подготовки:**

Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач

**3. Квалификация выпускника: Магистр**

**4. Форма обучения: Очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра математического моделирования

**6. Составитель программы:** Бурлуцкая Мария Шаукатовна, доктор физико-математических наук, доцент

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом математического факультета, протокол № 0500-03 от 28.03.2024

**8. Учебный год:** 2025/2026

**Семестр:** 4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения курса являются:

- ознакомить студентов с постановками и методами решения начально-краевых задач уравнений гидродинамики.

Задачами освоения курса являются:

- освоение студентами основ методов решения начально-краевых задач уравнений гидродинамики.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Начально-краевые задачи уравнений гидродинамики» относится к факультативам. Для успешного изучения дисциплины необходимо знание следующих курсов: математический анализ, дифференциальные уравнения, функциональный анализ, дифференциальные уравнения в частных производных, аппроксимационно-топологический метод для разрешимости уравнений гидродинамики.

## 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
ОПК-2	Способен разрабатывать и развивать математические методы моделирования объектов, процессов и систем в области профессиональной деятельности	ОПК-2.1	Знает и использует основные методы и приемы построения математических моделей	Знать: основные методы и приемы построения математических моделей  Уметь: создавать и исследовать подобные математические модели и разрабатывать теории и методы для их описания  Владеть навыками построения математических моделей, выделяет нужные структуры изучаемых процессов
		ОПК-2.2	Владеет навыками построения математических моделей, выделяет нужные структуры изучаемых процессов	
		ОПК-2.3	Имеет практический опыт создания и исследования подобных математических моделей и разработки теорий и методов для их описания	

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 2/72.

Форма промежуточной аттестации зачёт.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
Аудиторные занятия	20	20
в том числе:		4
лекции	20	20
практические	-	-
лабораторные	-	-
Самостоятельная работа	52	52
Итого:	72	72

### 13.1 Содержание разделов дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Модель движения жидкости	Описание математической модели движения жидкости.
1.2	Постановка начально- краевой задачи для математической модели движения жидкости	Постановка начально-краевой задачи для математической модели движения жидкости с условием прилипания на границе.
1.3	Аппроксимационная задача	Постановка аппроксимационной задачи для начально-краевой задачи для математической модели движения жидкости
1.4	Определение слабых решений поставленных начально-краевых задач	Подбор функциональных пространств. Определение слабых решений поставленных начально-краевых задач. Операторные уравнения и их свойства.
1.5	Априорные оценки решений рассматриваемых задач. Разрешимость аппроксимационной задачи.	Получение априорных оценок рассматриваемых задач, зависящих и не зависящих от параметра аппроксимации. Разрешимость аппроксимационной задачи.
1.6	Предельный переход.	Предельный переход в аппроксимационной задаче на основе априорных оценок решений, не зависящих от параметра аппроксимации.

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Модель движения жидкости	3	-	-	8	11
2	Постановка начально-краевой задачи для математической модели движения жидкости	3	-	-	8	11
3	Аппроксимационная задача	3	-	-	9	12
4	Определение слабых решений поставленных начально-краевых задач	3	-	-	8	11
5	Априорные оценки решений рассматриваемых задач. Разрешимость аппроксимационной задачи.	5	-	-	10	15
6	Предельный переход.	3	-	-	9	12
	Итого:	20	-	-	52	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе преподавания дисциплины используются такие виды учебной работы, как лекции, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся, на которую отводится 52 часа. Самостоятельная учебная деятельность студентов по дисциплине «Начально-краевые задачи уравнений гидродинамики» предполагает изучение рекомендуемой преподавателем литературы, самостоятельное освоение понятийного аппарата и подготовку к текущим аттестациям (контрольной работе заданий). На лекциях рассказывается теоретический материал и решаются примеры по теоретическому материалу, прочитанному на лекциях.

При изучении курса «Начально-краевые задачи уравнений гидродинамики» обучающимся следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Вопросы аудиторных занятий обсуждаются на занятиях в виде устного опроса – индивидуального и фронтального. В ходе устного опроса выявляются детали, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными студентами в ходе учебных занятий. Тем самым опрос выполняет важнейшие обучающую, развивающую и корректирующую функции, позволяет студентам учесть недоработки и избежать их при подготовке к зачету.

Все выполняемые студентами самостоятельно задания (выполнение контрольной работы) подлежат последующей проверке преподавателем. Результаты текущих аттестаций учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации (зачета). 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, рассмотренные на лекции. Перед следующей лекцией обязательно повторить материал предыдущей лекции.

2. Перед выполнением самостоятельной работы обязательно повторить лекционный материал, разобрать примеры, после чего приступить к выполнению заданий. Если возникнут вопросы, обязательно задать на следующем занятии или в присутственный час преподавателю.

3. Кроме обычного курса в системе «Электронный университет», все необходимые для усвоения курса материалы размещены также на сайте факультета [https://math.vsu.ru/wp/?page\\_id=937](https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937).

**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
1	Звягин В.Г. Математические вопросы гидродинамики вязкоупругих сред / В.Г. Звягин, М.В. Турбин .— М. : КРАСАНД, 2012 .— 416 с
2	Звягин В.Г., Дмитриенко В.Т. Аппроксимационно - топологический подход к исследованию задач гидродинамики. Система Навье-Стокса / М.: УРСС, 2004.—112 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Звягин В.Г. Математические модели неньютоновских жидкостей : учеб. пособие по специальности 010100 – Математика / В.Г.Звягин, Д.А.Воротников.- Воронеж : ЛОП.ВГУ, 2004. – 42 с.
2	Ладыженская О.А. Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости / О.А. Ладыженская.—М.: Наука, 1970.—288с
3	Фурсиков А. В. Оптимальное управление распределенными системами. Теория и приложения: учеб. пособие для мат. специальностей вузов / А. В. Фурсиков.— Новосибирск: Науч. кн., 1999.—350 с.
4	Темам Р. Уравнения Навье-Стокса: Теория и численный анализ / Р. Темам.—М.: Мир, 1981.—408 с.
5	Гаевский Х. Нелинейные операторные уравнения и операторные дифференциальные уравнения / Х. Гаевский, К. Грёгер, К. Захариас.-М.: Мир, 1978. – 336 с.
6	Лионс Ж.Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач / Ж.Л. Лионс.- М.: Мир, 1972. – 587 с.
7	Ректорис К. Вариационные методы в математической физике и технике / К.Ректорис.-М.: Наука, 1985. - 589 с.
8	Соболев С.Л. Некоторые применения функционального анализа в математической физике / С.Л.Соболев.-М.: Наука, 1988. – 333 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru/?p=4">http://www.lib.vsu.ru/?p=4</a>
2.	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <a href="https://lanbook.lib.vsu.ru/">https://lanbook.lib.vsu.ru/</a>
3.	Сайт факультета <a href="https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937">https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Звягин В.Г. Математические вопросы гидродинамики вязкоупругих сред / В.Г. Звягин, М.В. Турбин .— М. : КРАСАНД, 2012 .— 416 с
2	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru/?p=4">http://www.lib.vsu.ru/?p=4</a>
3	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете

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

Дисциплина может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий.

Перечень необходимого программного обеспечения: операционная система Windows или Linux, Microsoft, Windows Office, LibreOffice 5, Calc, Math, браузер Mozilla Firefox, Opera или Internet.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель.

Для самостоятельной работы используется класс с компьютерной техникой, оснащенный необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно - правовой и нормативной поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

При реализации дисциплины с использованием дистанционного образования возможны дополнения материально-технического обеспечения дисциплины.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 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	Модель движения жидкости второго порядка	ОПК-2	ОПК-2.1	контрольная работа
2	Постановка начально-краевой задачи для математической модели движения жидкости второго порядка	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	контрольная работа
3	Аппроксимационная задача	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	контрольная работа
4	Определение слабых решений поставленных начально-краевых задач	ОПК-2	ОПК-2.3	контрольная работа
5	Априорные оценки решений рассматриваемых задач. Разрешимость аппроксимационной задачи.	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	контрольная работа
6	Предельный переход.	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	контрольная работа
Промежуточная аттестация Форма контроля - зачет		Зачет выставляется при успешной сдаче контрольной работы		

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Примерный перечень задач для контрольной работы:

##### Контрольно-измерительный материал № 1.

1. Операторная трактовка аппроксимационной задачи.

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

Цель текущего контроля:

Определение уровня сформированности профессиональных компетенций, знаний и навыков деятельности в области знаний, излагаемых в курсе.

Задачи текущего контроля: провести оценивание

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

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучаемых и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается проведением контрольной работы.

В ходе контрольной работы обучающемуся выдается КИМ с теоретическим вопросом и предлагается ответить на данный вопрос. В ходе выполнения заданий нельзя пользоваться литературой и конспектом лекций, ограничение по времени 90 минут.

Если текущая аттестация проводится в дистанционном формате, то обучающийся должен иметь компьютер и доступ в систему «Электронный университет». Если у обучающегося отсутствует необходимое оборудование или доступ в систему, то он обязан сообщить преподавателю об этом за 2 рабочих дня. На контрольную работу в дистанционном режиме отводится ограничение по времени 120 минут.

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины. Промежуточная аттестация по дисциплине «Начально-краевые задачи уравнений гидродинамики» проводится в форме зачёта. Предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины.

Промежуточная аттестация, как правило, осуществляется в конце семестра. Результаты текущей аттестации обучающегося по решению кафедры могут быть учтены при проведении промежуточной аттестации. При несогласии студента, ему дается возможность пройти промежуточную аттестацию (без учета его текущих аттестаций) на общих основаниях.

При проведении зачёта учитываются результаты контрольной работы.

Если у обучающегося есть положительная оценка по контрольной работе, то выставляется зачёт. Если обучающийся не имеет положительной оценки по контрольной работе, он может ответить на соответствующие вопросы в ходе зачёта.

### Примерный перечень вопросов:

1	Модель движения жидкости.
2	Постановка начально-краевой задачи для математической модели движения жидкости.
3	Аппроксимационная задача.
4	Определение слабых решений поставленных начально-краевых задач.
5	Априорные оценки решений рассматриваемых задач. Разрешимость аппроксимационной задачи.
6	Предельный переход.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие **показатели**:

- 1) знание теоретических основ;
- 2) умение решать задачи лабораторной работы;
- 3) умение работать с информационными ресурсами;
- 4) успешное прохождение текущей аттестации.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется **шкала**: «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения:

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой. Усвоение	Зачтено

взаимосвязей основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии.	
Пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.	Не зачтено