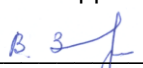


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
алгебры и математических  
методов гидродинамики

 (В.Г. Звягин)  
*подпись, расшифровка подписи*  
01.07.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.03 Аппроксимационно-топологический метод для разрешимости уравнений  
гидродинамики вязкоупругих сред

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

01.04.01 Математика

**2. Профиль подготовки:** Математические модели гидродинамики

**3. Квалификация выпускника:** Магистр

**4. Форма обучения:** Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Кафедра алгебры и  
математических методов гидродинамики

**6. Составители программы:** доцент, к.ф.-м.н. Турбин Михаил Вячеславович

**7. Рекомендована:** НМС математического факультета протокол № 0500-07  
от 29.06.2021 г.

**8. Учебный год:** 2021-2022

**Семестр(ы):** 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

### Целями освоения учебной дисциплины является:

Сформировать у студента целостное понимание математического метода, устойчивые математические навыки, необходимые для изучения других специальных дисциплин;

### Задачами освоения учебной дисциплины являются:

- сформировать способность применения математических формализмов в профессиональной деятельности;
- овладение знаниями в области методов исследования разрешимости задач математической гидродинамики.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Спецкурс «Аппроксимационно-топологический метод для разрешимости уравнений гидродинамики вязкоупругих сред» входит в блок 1, часть, формулируемая участниками образовательных отношений.

Для его успешного изучения необходимо знание следующих курсов: математический анализ, дифференциальные уравнения, функциональный анализ, дифференциальные уравнения в частных производных, теоретическая механика.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен решать задачи аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач математической гидродинамики	ПК-1.1	Обладает большим объемом знаний в области математической гидродинамики	Знать: зарубежную и отечественную литературу в области математической гидродинамики Уметь: формулировать постановки основных задач математической гидродинамики, формулировать и доказывать теоремы предметной области Владеть: источниками информации, теоретическими подходами к исследованию математической гидродинамики
		ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики	Знать: современные методы проведения научных исследований, подходы к анализу научно-исследовательских работ Уметь: находить, формулировать и исследовать разрешимость в научно-исследовательской деятельности Владеть: методами исследования и решения классических моделей гидродинамики
		ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики	Знать: современные методы анализа научно-исследовательских работ, основы научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики Уметь: определять и развивать тематику научного исследования Владеть: современными методами научного анализа в области математической гидродинамики
ПК-2	Способен проводить анализа научных данных и результатов	ПК-2.1	Владеет современными методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации	Знать: основные принципы и формы сбора и изложения научных результатов, правила оформления текстового и иллюстративного материала научных работ

	экспериментов в моделях математической гидродинамики		Уметь: анализировать полученную информацию, грамотно представлять полученные результаты Владеть: навыками научной аргументации
		ПК-2.2	Умеет анализировать результаты экспериментов, анализировать сформулированные научные утверждения Знать: концептуальные основы используемых при получении результатов теорий Уметь: анализировать, систематизировать и обобщать информацию, полученную в ходе работы, анализировать полученные новые утверждения Владеть: навыками научного анализа
		ПК-2.3	Имеет практический опыт экспериментальной деятельности в области математической гидродинамики Знать: практически используемые экспериментальные методы исследования математической гидродинамики Уметь: проводить научные исследования в области математической гидродинамики Владеть: практическими навыками экспериментальной деятельности в математической гидродинамики

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)		
	Всего	По семестрам	
		1	
Аудиторные занятия	48	48	
в том числе: лекции	32	32	
практические	16	16	
лабораторные	-	-	
Самостоятельная работа	60	60	
Итого:	108	108	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Введение в модели гидродинамики	Выводы основных уравнений гидродинамики.	
1.2	Введение в функциональные пространства	Пространства Соболева. Пространство $V$ . Пространство $H$ . Теоремы вложений.	
1.3	Математическая модель, описывающая движение вязкоупругих сред	Знакомство с математической моделью. Вывод определения слабого решения. Операторная трактовка задачи.	
1.4	Вспомогательное семейство задач	Вспомогательная задача. Операторная трактовка вспомогательных задач. Свойства операторов. Априорные оценки решений.	
1.5	Аппроксимационно-топологический метод	Схема аппроксимационно-топологического метода. Теория топологической степени.	
1.6	Сходимость решений	Доказательство сходимости решений	

	вспомогательного семейства	вспомогательных задач к решениям основной задачи.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Введение в модели гидродинамики	Выводы основных уравнений гидродинамики.	
2.2	Введение в функциональные пространства	Пространства Соболева. Пространство $V$ . Пространство $H$ . Теоремы вложений.	
2.3	Математическая модель, описывающая движение вязкоупругих сред	Знакомство с математической моделью. Вывод определения слабого решения. Операторная трактовка задачи.	
2.4	Вспомогательное семейство задач	Вспомогательная задача. Операторная трактовка вспомогательных задач. Свойства операторов. Априорные оценки решений.	
2.5	Аппроксимационно-топологический метод	Схема аппроксимационно-топологического метода. Теория топологической степени.	
2.6	Сходимость решений вспомогательного семейства	Доказательство сходимости решений вспомогательных задач к решениям основной задачи.	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в модели гидродинамики	4	2	-	10	16
2	Введение в функциональные пространства	4	2	-	10	16
3	Математическая модель, описывающая движение вязкоупругих сред	4	4	-	10	18
4	Вспомогательное семейство задач	8	2	-	10	20
5	Аппроксимационно-топологический метод	8	4	-	10	22
6	Сходимость решений вспомогательного семейства	4	2	-	10	16
	Итого:	32	16	-	60	108

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

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 практических занятиях решаются примеры по теоретическому материалу, прочитанному на лекциях.

При изучении курса «Аппроксимационно-топологический метод для разрешимости уравнений гидродинамики» 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. 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.

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. : URSS, 2012. — 412 с.
2	Звягин В.Г. Аппроксимационно-топологический подход к исследованию задач гидродинамики / В.Г. Звягин, В.Т. Дмитриенко. — М.: УРСС, 2004. — 112с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Глушко А. В. Уравнения математической физики : учебное пособие / А.В. Глушко, А.Д. Баев, А.С. Рябенко ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : ИПЦ ВГУ : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. — 520 с.
2	Боровских А. В. Лекции по обыкновенным дифференциальным уравнениям / А.В. Боровских, А.И. Перов. — 2-е изд., испр. и доп. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2014. — 548 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.	Электронный курс
4.	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), курсовых работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Воротников Д.А. Теория степени конечных отображений / Д.А. Воротников, В.Г. Звягин. - Воронеж: Лаборатория оперативной полиграфии ВГУ, 2002. - 58 с.
2	Звягин В.Г. Математические модели неньютоновских жидкостей / В.Г. Звягин, Д.А. Воротников. - Воронеж: Лаборатория оперативной полиграфии ВГУ, 2004. - 43 с.
3	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

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	Введение в модели гидродинамики	ПК-1 ПК-2	ПК-1.1 ПК-1.2. ПК-1.3 ПК-2.1	Домашние задания, контрольная работа № 1
2	Введение в функциональные пространства	ПК-1 ПК-2	ПК-1.1 ПК-1.2. ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2	Домашние задания, контрольная работа № 1
3	Математическая модель, описывающая движение вязкоупругих сред	ПК-1 ПК-2	ПК-1.1 ПК-2.1 ПК-2.2	Домашние задания, контрольная работа № 1
4	Вспомогательное семейство задач	ПК-1 ПК-2	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-2.2	Домашние задания, контрольная работа № 1
5	Аппроксимационно-топологический метод	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Домашние задания, контрольная работа № 1
6	Сходимость решений вспомогательного семейства	ПК-1 ПК-2	ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Домашние задания, контрольная работа № 1
Промежуточная аттестация Форма контроля - зачёт		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:

#### **Домашние задания:**

##### **По теме 1. Введение в модели гидродинамики**

Звягин В.Г. Математические вопросы гидродинамики вязкоупругих сред / В.Г. Звягин, М.В. Турбин .— М. : URSS, 2012 .— 412 с.

Задание:

1

##### **По теме 2. Введение в функциональные пространства**

Звягин В.Г. Математические вопросы гидродинамики вязкоупругих сред / В.Г. Звягин, М.В. Турбин .— М. : URSS, 2012 .— 412 с.

Задание:

1. Привести пример соболевского пространства.

2. Привести примеры вложений пространств.

По теме 3 Математическая модель, описывающая движение вязкоупругих сред

Звягин В.Г. Математические вопросы гидродинамики вязкоупругих сред / В.Г. Звягин, М.В. Турбин .— М. : URSS, 2012 .— 412 с.

Задание:

1. Вывести определение слабого решения для вязкоупругих сред.

По теме 4. Вспомогательное семейство задач

Звягин В.Г. Математические вопросы гидродинамики вязкоупругих сред / В.Г. Звягин, М.В. Турбин .— М. : URSS, 2012 .— 412 с.

Задания:

1. Вывести априорные оценки для вспомогательной задачи.

По теме 5. Аппроксимационно-топологический метод

Звягин В.Г. Аппроксимационно-топологический подход к исследованию задач гидродинамики / В.Г. Звягин, В.Т. Дмитриенко. – М.: УРСС, 2004. – 112с.

Задание:

1. Воспользоваться теорией топологической степени для объяснения разрешимости вспомогательных задач.

По теме 6. Сходимость решений вспомогательного семейства

Звягин В.Г. Аппроксимационно-топологический подход к исследованию задач гидродинамики / В.Г. Звягин, В.Т. Дмитриенко. – М.: УРСС, 2004. – 112с.

Задание:

1. Установить предельный переход для членов математической модели.

**Примерный перечень задач для контрольной работы №1:**

**Контрольно-измерительный материал № 1.**

1. Вывести энергетическую оценку для вспомогательной задачи.
2. Вывести априорные оценки для вспомогательной задачи.

Текущий контроль представляет собой проверку усвоения учебного материала теоретического и практического 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 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.

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучающихся и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается проведением контрольной работы. В ходе контрольной работы обучающемуся выдается КИМ с перечнем теоретических вопросов и предлагается ответить на данные вопросы. 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 «Аппроксимационно-топологический метод для разрешимости 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 и учитывается выставляемая преподавателем оценка за работу в ходе практических занятий.

Если у обучающегося есть положительная оценка по контрольной работе и положительная оценка работы в ходе обучения по практике, то выставляется зачёт. Если обучающийся не имеет положительной оценки по контрольной работе или практике, или не согласен с этой оценкой, он может ответить на соответствующие вопросы в ходе зачёта.

### Примерный перечень вопросов:

1	Выводы основных уравнений гидродинамики.
2	Пространства Соболева. Теоремы вложений.
3	Определение пространства $V$ . Норма пространства $V$ .
4	Определение и норма пространства $H$ .
3	Знакомство с математической моделью.
4	Вывод определения слабого решения.
5	Операторная трактовка задачи.
6	Вспомогательная задача.
7	Операторная трактовка вспомогательных задач. Свойства операторов.
8	Схема аппроксимационно-топологического метода.
9	Доказательство сходимости решений вспомогательных задач к решениям основной задачи.
10	Априорные оценки решений.
11	Теория топологической степени.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой. Усвоение взаимосвязей основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии.	Зачтено
Пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.	Не зачтено

Программа рекомендована НМС математического факультета протокол № 0500-07 от 29.06.2021 г.