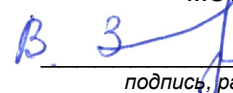


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
алгебры и топологических
методов анализа

 (В.Г. Звягин)
подпись, расшифровка подписи

30.06.2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.11.01 Система Навье-Стокса

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**
01.03.01 Математика
- 2. Профиль подготовки/специализация:** Математическое моделирование
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** Бакалавр
- 4. Форма обучения:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Кафедра алгебры и топологических методов анализа
- 6. Составители программы:** Звягин Андрей Викторович, к. ф.-м. н.
- 7. Рекомендована:** НМС математического факультета, протокол № 0500-07 от 03.07.2018 г.
- 8. Учебный год:** 2018-2019 **Семестр(ы):** 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Овладение знаниями в области математической гидродинамики на примере системы Навье-Стокса

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Данный курс требует от студентов знания основных понятий и теорем предыдущих курсов: «Уравнения в частных производных», «Функциональный анализ», «Топологические методы нелинейного анализа».

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	знать: основные термины, обозначения и постановки задач в области математической гидродинамики
		уметь: анализировать методы построения и исследования решений
		владеть (иметь навык(и)): использовать факты и результаты функционального и нелинейного анализа при исследовании краевых задач гидродинамики
ОК-2	готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения	знать: основные приемы и методы руководства коллективом в нестандартных ситуациях в сфере своей профессиональной деятельности
		уметь: руководить коллективом в нестандартных ситуациях в сфере своей профессиональной деятельности
		владеть: основными приемами и методами руководства коллективом в нестандартных ситуациях
ОК-3	Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	знать: характеристики и механизмы самоорганизации и развития своего интеллектуального, культурного, духовного и творческого потенциала
		уметь: находить недостатки в своем общекультурном и профессиональном уровнях развития и устранять их; реализовывать личностные способности и творческий потенциал
		владеть (иметь навык(и)): фундаментальной и прикладной математикой

ОПК-1	способность находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики	знать: как использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, аналитической геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, теории вероятностей, численных методов, теоретической механики в будущей профессиональной деятельности.
		уметь: применять фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, аналитической геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, теории вероятностей, численных методов, теоретической механики в будущей профессиональной деятельности.
		владеть (иметь навык(и)): методами в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, аналитической геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, теории вероятностей, численных методов, теоретической механики.
ОПК-2	способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках	знать: как решать стандартные задачи профессиональной деятельности
		уметь: решать стандартные задачи профессиональной деятельности
		владеть (иметь навык(и)): навыками решения стандартных задачи профессиональной деятельности
ОПК-3	готовность самостоятельно создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов	знать: прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов
		уметь: создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов
		Владеть: основными методами создания прикладных программных средств на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов
ОПК-4	готовность к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности	знать: правила устной и письменной речи на русском и английском языках
		уметь: грамотно изъясняться в устной и письменной форме на русском и английском языках
		владеть: правилами и навыками грамотного изъяснения на русском и английском языках

ОПК-5	готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	знать: основные приемы и методы руководства коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
		уметь: руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности.
		владеть: основными приемами и методами руководства коллективом в сфере своей профессиональной деятельности.
ПК-1	способность к интенсивной научно-исследовательской работе	знать: как определить общие формы и закономерности интенсивной научно-исследовательской работы.
		уметь: определять общие формы закономерности интенсивной научно-исследовательской работы
		владеть: навыками, позволяющими определять общие формы и закономерности интенсивной научно-исследовательской работы.
ПК-2	способность к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом	знать: структуру научно-исследовательских работ, основы организации научных семинаров
		уметь: определять тематику научного исследования
		владеть: методами научного исследования
ПК-4	способность к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	знать: математические методы при анализе математических моделей физических и механических задач для их дальнейшего исследования
		Уметь: публично представить собственные новые научные результаты
		Владеть: различными способами математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач
ПК-6	способность к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках	знать: структуру научно-исследовательских работ, основы организации научных семинаров
		уметь: определять тематику научного исследования
		владеть: методами научного исследования

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — Z2 /72.

Форма промежуточной аттестации зачет

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		8
Аудиторные занятия	24	
в том числе: лекции	12	12
практические	12	12
лабораторные	-	-
Самостоятельная работа	48	48
Итого:	72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Основное уравнение движения среды	Вывод основного уравнения движения среды
1.2	Основное уравнение движения среды	Вывод условий неразрывности и несжимаемости среды
1.3	Функциональные пространства. Теоремы вложения	Знакомство с основными функциональными пространствами
1.4	Функциональные пространства. Теоремы вложения	Знакомство с основными теоремами вложений функциональных пространств
1.5	Стационарная система уравнений Стокса	Оператор Лапласа и его свойства. Вариационная формулировка краевой задачи для системы Стокса.
1.6	Стационарная система уравнений Стокса	Разложение пространства W_2^1
1.7	Стационарная система уравнений Стокса	Разложение пространства W^1
1.8	Стационарная система уравнений Стокса	Полно слабое решение системы Стокса
1.9	Стационарная система уравнений Навье-Стокса	Понятие слабого и полного слабого решения системы Навье-Стокса
1.10	Стационарная система уравнений Навье-Стокса	Доказательство существования полного слабого решения системы Навье-Стокса
1.11	Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	Понятие слабого решения системы Навье-Стокса
1.12	Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	Доказательство существования слабого решения системы Навье-Стокса
2. Практические работы		
2.1	Основное уравнение движения среды	Вывод основного уравнения движения среды

2.2	Основное уравнение движения среды	Вывод условий неразрывности и не сжимаемости среды
2.3	Функциональные пространства. Теоремы вложения	Знакомство с основными функциональными пространствами
2.4	Функциональные пространства. Теоремы вложения	Знакомство с основными теоремами вложений функциональных пространств
2.5	Стационарная система уравнений Стокса	Оператор Лапласа и его свойства. Вариационная формулировка краевой задачи для системы Стокса.
2.6	Стационарная система уравнений Стокса	Разложение пространства W_2^1
2.7	Стационарная система уравнений Стокса	Разложение пространства W^1
2.8	Стационарная система уравнений Стокса	Полно слабое решение системы Стокса
2.9	Стационарная система уравнений Навье-Стокса	Понятие слабого и полного слабого решения системы Навье-Стокса
2.10	Стационарная система уравнений Навье-Стокса	Доказательство существования полного слабого решения системы Навье-Стокса
2.11	Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	Понятие слабого решения системы Навье-Стокса
2.12	Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	Доказательство существования слабого решения системы Навье-Стокса

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основное уравнение движения среды	2	2	-	9	13
2	Функциональные пространства. Теоремы вложения	2	2	-	9	13
3	Стационарная система уравнений Стокса	4	4	-	10	18
4	Стационарная система уравнений Навье-Стокса	2	2	-	10	14
5	Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	2	2	-	10	14
	Итого:	12	12	-	48	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Преподавание дисциплины заключается в чтении лекций и проведении лабораторных занятий. На лекциях рассказывается теоретический материал

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

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
3	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.
4	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
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ http://www.lib.vsu.ru/?p=4
6	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» https://lanbook.lib.vsu.ru/

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ 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.
3	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.
4	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.
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ http://www.lib.vsu.ru/?p=4
6	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» https://lanbook.lib.vsu.ru/

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитории для проведения лекционных и лабораторных занятий

19. Фонд оценочных средств:**1.Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОК-1: Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	знать: основные термины, обозначения и постановки задач в области математической гидродинамики уметь: анализировать методы построения и исследования решений владеть (иметь навык(и)): использовать факты и результаты функционального и нелинейного анализа при исследовании краевых задач гидродинамики	1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навье-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	КИМ
ОК-2: готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения	знать: основные приемы и методы руководства коллективом в нестандартных ситуациях в сфере своей профессиональной деятельности уметь: руководить коллективом в нестандартных ситуациях в сфере своей профессиональной деятельности владеть: основными приемами и методами руководства коллективом в нестандартных ситуациях	1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навье-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	КИМ
ОК-3: Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	знать: характеристики и механизмы самоорганизации и развития своего интеллектуального, культурного, духовного и творческого потенциала уметь: находить недостатки в своем общекультурном и профессиональном уровнях развития и устранять их; реализовывать личностные способности и творческий потенциал владеть (иметь навык(и)): фундаментальной и прикладной математикой	1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навье-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	КИМ

<p>ОПК-1: способность находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики</p>	<p>знать: как использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, аналитической геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, теории вероятностей, численных методов, теоретической механики в будущей профессиональной деятельности. уметь: применять фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, аналитической геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, теории вероятностей, численных методов, теоретической механики в будущей профессиональной деятельности. владеть (иметь навык(и)): методами в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, аналитической геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, теории вероятностей, численных методов, теоретической механики.</p>	<p>1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса</p>	<p>КИМ</p>
<p>ОПК-2: способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках</p>	<p>знать: как решать стандартные задачи профессиональной деятельности уметь: решать стандартные задачи профессиональной деятельности владеть (иметь навык(и)): навыками решения стандартных задачи профессиональной деятельности</p>	<p>1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса</p>	<p>КИМ</p>

<p>ОПК-3: готовность самостоятельно создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов</p>	<p>знать: прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов уметь: создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов Владеть: основными методами создания прикладных программных средств на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов</p>	<p>1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса</p>	<p>КИМ</p>
<p>ОПК-4: готовность к коммуникации и в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>знать: правила устной и письменной речи на русском и английском языках уметь: грамотно изъясняться в устной и письменной форме на русском и английском языках владеть: правилами и навыками грамотного изъяснения на русском и английском языках</p>	<p>1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса</p>	<p>КИМ</p>
<p>ОПК-5: готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия</p>	<p>знать: основные приемы и методы руководства коллективом в сфере своей профессиональной деятельности уметь: руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности. владеть: основными приемами и методами руководства коллективом в сфере своей профессиональной деятельности.</p>	<p>1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса</p>	<p>КИМ</p>

<p>ПК-1: способность к интенсивной научно-исследовательской работе</p>	<p>знать: как определить общие формы и закономерности интенсивной научно-исследовательской работы. уметь: определять общие формы закономерности интенсивной научно-исследовательской работы владеть: навыками, позволяющими определять общие формы и закономерности интенсивной научно-исследовательской работы.</p>	<p>1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса</p>	<p>КИМ</p>
<p>ПК-2: способность к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом</p>	<p>знать: структуру научно-исследовательских работ, основы организации научных семинаров уметь: определять тематику научного исследования владеть: методами научного исследования</p>	<p>1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса</p>	<p>КИМ</p>
<p>ПК-4: способность к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p>	<p>знать: математические методы при анализе математических моделей физических и механических задач для их дальнейшего исследования Уметь: публично представить собственные новые научные результаты Владеть: различными способами математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p>	<p>1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса</p>	<p>КИМ</p>

ПК-6: способность к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках	знать: структуру научно-исследовательских работ, основы организации научных семинаров уметь: определять тематику научного исследования владеть: методами научного исследования	1. Основное уравнение движения среды 2. Функциональные пространства. Теоремы вложения 3. Стационарная система уравнений Стокса 4. Стационарная система уравнений Навь-Стокса 5. Эволюционная система уравнений Навье-Стокса	КИМ
--	--	---	-----

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения при промежуточной аттестации используются следующие показатели:

1. Систематичность работы обучающегося, степень его ответственности при прохождении обучения и выполнение видов профессиональной деятельности:

- своевременная подготовка индивидуального плана занятия;
- систематическое посещение занятий и анализ работ, проводимых на занятиях;
- выполнение плана работ в соответствии с утвержденным графиком.

2. Уровень профессионализма, демонстрируемый обучающимся:

- полнота охвата необходимой литературы;
- способность работать с литературой;
- умение выделять и формулировать цели и задачи профессиональной деятельности;
- выполнение плана работы в соответствии с утвержденным графиком;
- демонстрация навыков по выполнению отдельных заданий;
- подготовленный отчет по пройденному материалу.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено/незачтено.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения:

Вид аттестации	Оценка	Критерии оценок
Зачет	Зачтено	Для получения зачета по курсу необходимо знать основные понятия курса и владеть методами решения типовых задач; иметь конспект всех решенных задач лабораторных занятий и домашних заданий; иметь зачет по каждому типу задач, предлагаемых в аттестационных работах.
Зачет	Не зачтено	Если не выполнено, по крайней мере, одной из условий зачета

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Вывод основного уравнения движения.
2. Формулировка и основные свойства пространства V .
3. Формулировка и основные свойства пространства H .
4. Формулировка слабого решения системы Стокса.
5. Схема доказательства разрешимости стационарной системы Стокса.
6. Формулировка слабого решения системы Навье-Стокса.
7. Схема доказательства разрешимости стационарной системы Навье-Стокса.
8. Схема доказательства разрешимости эволюционной системы Навье-Стокса.

19.3.2 Перечень практических заданий

19.3.4 Тестовые задания

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): *устного опроса*. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок (*нужное выбрать*). Критерии оценивания приведены выше.

Программа рекомендована НМС математического факультета,
протокол № 0500-07 от 03.07.2018 г.