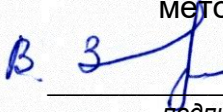


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
алгебры и математических
методов гидродинамики


_____ (Звягин В.Г.)
подпись, расшифровка подписи
14.04.2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.02.02. Пулбек-аттрактор уравнений гидродинамики

- 1. Шифр и наименование направления подготовки:**
01.04.01 Математика
- 2. Профиль подготовки:** Математические модели гидродинамики
- 3. Квалификация выпускника:** Магистр
- 4. Форма образования:** 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 № 0500-03 от 24.03.2022 г.
- 8. Учебный год:** 2023-2024 **Семестр(-ы):** 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью курса является

- освоение основных понятий теории пулбек-аттракторов и овладение методами применения этой теории к решению различных математических задач.

Задачи изучения дисциплины

- формирование способностей применения математических формализмов в профессиональной деятельности

- выработка навыков и умений по применению полученных знаний при исследовании различных моделей гидродинамики

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Пулбек-аттрактор уравнений гидродинамики» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплины по выбору.

Для его успешного освоения необходимы знания и умения, приобретенные в результате обучения по предшествующим дисциплинам: аппроксимационно-топологический метод для разрешимости уравнений гидродинамики, Общая теория аттракторов уравнений гидродинамики, функциональный анализ.

Дисциплина является предшествующей для курсов математического моделирования, всех специальных курсов, изучающих задачи математической физики.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

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 экспериментов, 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

ПКВ-3	Способен осуществлять теоретическое обобщение научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики	ПКВ-3.1	Обладает теоретическим аппаратом, необходимым для обобщения научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики	Знать: теоретический аппарат обобщения научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики. Уметь: обобщать научные данные и результаты экспериментов в моделях математической гидродинамики. Владеть: методами, позволяющими при помощи теоретического аппарата обобщать научные данные и результаты экспериментов в моделях математической гидродинамики.
		ПКВ-3.2	Умеет структурировать и обобщать научные и экспериментальные данные, четко формулировать и излагать необходимую информацию	Знать: методы и способы структурирования и обобщения научных и экспериментальных данных, четкого формулирования и изложения необходимой информации. Уметь: структурировать и обобщать научные и экспериментальные данные, грамотно формулировать и излагать информацию. Владеть: методами, позволяющими структурировать и обобщать научные и экспериментальные данные, четко формулировать и излагать необходимую информацию.
		ПКВ-3.3	Имеет практический опыт обобщения подобной информации	Знать: практически используемые методы обобщения информации. Уметь: обобщать полученную информацию на практике. Владеть: практическими методами обобщения информации.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

13. Трудоёмкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	Всего	По семестрам
		4
Аудиторные занятия	20	20
в том числе: лекции	10	10
практические	10	10
лабораторные	-	-
Самостоятельная работа	52	52
Итого:	72	72

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1	Понятие о pullback-аттракторе	Понятие о pullback-аттракторе	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=5901

2	Вспомогательные сведения	pullback-притягивающее семейство. pullback-поглощающее семейство. Траекторный pullback-полуаттрактор. Траекторный pullback-аттрактор.	
3	pullback-аттракторам системы Навье— Стокса	Постановка задачи. вспомогательная задача. Определение слабого решения. существование траекторного минимального и минимального pullback-аттракторов.	
2. Практические занятия			
1	Понятие о pullback-аттракторе	Понятие о pullback-аттракторе	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=5901
2	Вспомогательные сведения	pullback-притягивающее семейство. pullback-поглощающее семейство. Траекторный pullback-полуаттрактор. Траекторный pullback-аттрактор.	
3	pullback-аттракторы системы Навье— Стокса	Постановка задачи. вспомогательная задача. Определение слабого решения. существование траекторного минимального и минимального pullback-аттракторов.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п / п	Название темы	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Понятие о pullback-аттракторе	3	3	17	23
2	Вспомогательные сведения	3	3	17	23
3	pullback-аттракторы системы Навье—Стокса	4	4	18	26
	Итого	10	10	52	72

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 которую отводится 52 часа. На лекциях рассказывается теоретический материал, на практических занятиях решаются примеры по теоретическому материалу, прочитанному на лекциях. Самостоятельная работа обучающихся направлена на самостоятельное освоение всех тем и вопросов учебной дисциплины, предусмотренных программой. Самостоятельная работа является обязательным видом деятельности 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, учебными пособиями, материалами периодических изданий и ресурсами сети Internet является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся заинтересованное отношение к конкретной проблеме. Вопросы, которые вызывают у обучающихся затруднения при подготовке, должны быть заранее сформулированы и озвучены во время занятий в аудитории для дополнительного разъяснения преподавателем.

Для успешного и плодотворного обеспечения итогов самостоятельной работы разработаны учебно-методические указания к самостоятельной работе студентов над различными разделами дисциплины.

Все задания, выполняемые студентами самостоятельно, подлежат последующей проверке преподавателем.

При изучении курса «Пулбек-аттрактор 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. 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. 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.

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., Кондратьев С.К. Аттракторы для уравнений моделей движения вязкоупругих сред// Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010, 266с.
2	Звягин В.Г., Воротников Д.А.. Математические модели неньютоновских жидкостей: учебное пособие по специальности 010100 – Математика//Воронеж: ВГУ, 2004.—42 с.
3	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
4	Бабин А.В. Аттракторы эволюционных уравнений / А.В. Бабин, М.И. Вишик. - М.: Наука.- 1989.- 294 с.
5	Ладыженская О.А. Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости / О.А. Ладыженская.—М.: Наука, 1970.—288с
6	Темам Р. Уравнения Навье-Стокса: Теория и численный анализ / Р. Темам.—М.: Мир, 1981.—408 с.
7	Гаевский Х. Нелинейные операторные уравнения и операторные дифференциальные уравнения / Х. Гаевский, К. Грёгер, К. Захариас.-М.: Мир, 1978. – 336 с.
8	Лионс Ж.Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач / Ж.Л. Лионс.- М.: Мир, 1972. – 587 с.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

9	Электронный каталог ЗНБ ВГУ http://www.lib.vsu.ru/?p=4
10	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» https://lanbook.lib.vsu.ru/
11	Сайт факультета https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

1	Звягин В.Г., Кондратьев С.К. Аттракторы для уравнений моделей движения вязкоупругих сред//
---	--

	Издательско-полиграфический центр Воронежского госуниверситета, 2010, 266с.
2	Звягин В.Г., Воротников Д.А.. Математические модели неньютоновских жидкостей: учебное пособие по специальности 010100 – Математика//Воронеж: ВГУ, 2004.—42 с.
3	Звягин В.Г., Дмитриенко В.Т. Аппроксимационно-топологический подход к исследованию задач гидродинамики. Система Навье-Стокса / М.: УРСС, 2004.—112 с.
4	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, например, на сайте «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=5901>)

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:

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

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	Понятие о pullback-аттракторе	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1	Домашние задания, контрольная работа № 1
2	Вспомогательные сведения	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3	Домашние задания, контрольная работа № 1
3	pullback-аттракторы системы Навье—Стокса	ПК-1 ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2 ПКВ-3.3 ПК-1.1 ПК-1.2	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. Понятие о pullback-аттракторе

Звягин В.Г., Кондратьев С.К. Аттракторы для уравнений моделей движения вязкоупругих сред// Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010, 266с.

Задание:

1. Привести краткую схему построения pullback-аттрактора.

По теме 2. Вспомогательные сведения

Звягин В.Г., Кондратьев С.К. Аттракторы для уравнений моделей движения вязкоупругих сред// Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010, 266с.

Задание:

1. Описать все обозначения.
2. Написать различие равномерных и pullback-аттракторов.

По теме 3 pullback-аттракторам системы Навье—Стокса

Звягин В.Г., Кондратьев С.К. Аттракторы для уравнений моделей движения вязкоупругих сред// Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010, 266с.

Задание:

1. Описать все обозначения
2. Доказать теорему 7.4.

Примерный перечень задач для контрольной работы №1:

Контрольно-измерительный материал № 1.

1. Определение слабого решения.
2. Теоремы существования минимального pullback-аттрактора.

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 «Пулбек-аттрактор 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	Понятие о pullback-аттракторе
2	Семейство pullback-притягивающее, pullback-поглощающее, относительно компактное
3	Траекторный, минимальный траекторный, минимальный pullback-аттракторы
4	Теоремы существования pullback-аттракторов
5	Система Навье-Стокса
6	Вспомогательная начально-краевая задача
7	Существование слабого решения
8	Допустимое слабое решение
9	Существование Pullback-аттрактора системы Навье—Стокса

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

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

№1 Существование слабого решения доказывается с помощью теории ...

а) интегральных преобразований

б) степени Лере-Шаудера

в) операторной теории

Ответ: б)

№2 Оператор $K : W_p \rightarrow L_p(0, T; V) \times V$ является

а) ограниченным

б) вполне непрерывным

в) непрерывным

Ответ: б)

№3 Отображение $B : L_4(\Omega)^n \rightarrow V$ — непрерывно, для него имеет место оценка:

а) $\|B(v)\| \leq 0$

б) $\|B(v)\| \leq C \|v\|_{L_4(\Omega)^n}$

в) $\|B(v)\| \geq 0$

Ответ: б)

№4 Для операторного уравнения

$$L(v) - \eta K(v) = \eta(f, a),$$

имеет место следующая априорная оценка:

а) $\|v\|_{W_p} = C$

б) $\|v\|_{W_p} \leq C$

в) $\|v\|_{W_p} \neq C$.

Ответ: б)

№5 Операторное уравнение имеет вид:

$$(\mu_2 A + J)v + \mu_1 Av + Nv - B(v) = f,$$

где $\langle B(v), \varphi \rangle$ имеет вид

а) $\int_{\Omega} v_i v_j \frac{\partial \varphi_j}{\partial x_i} dx$

б) $\int_{\Omega} \sum_{i,j=1}^n v_i v_j \frac{\partial \varphi_j}{\partial x_i} dx$

в) $\int_{\Omega} \sum_{i,j=1}^n v_i v_j dx$.

Ответ: б)

№6 Заполните пропуск.

Пространство $V = \{v : v \in L_2(\Omega), \dots\}$.

а) $\operatorname{div} v(t, x) = 0$.

б) $\operatorname{div} v(t, x) \neq 0$.

Ответ: а)

№7 Последовательность $\{u_m\} \subset E$ называется ... сходящейся к элементу $u \in E$, если $\langle \varphi, u_m \rangle \rightarrow \langle \varphi, u \rangle$, $m \rightarrow \infty$

для любого $\varphi \in E'$.

Ответ: Слабо.

№8 Последовательность $\{\varphi_m\} \subset E'$ называется ... сходящейся к функционалу $\varphi \in E'$, если $\langle \varphi_m, u \rangle \rightarrow \langle \varphi, u \rangle$, $m \rightarrow \infty$

для любого $u \in E$.

Ответ: *-слабо.

№9 Через $L_p(\Omega)^n$, $1 \leq p < \infty$, обозначается множество всех ... функций, суммируемых с p -той степенью, то есть функций, для которых

$$\int_{\Omega} |u(x)|^p < \infty$$

Ответ: Измеримых.

№10 Отображение A метрического пространства X в себя называется ... отображением, если существует такое число $q < 1$, что для любых $x, y \in X$ выполняется неравенство:

$$\rho(Ax, Ay) \leq q\rho(x, y)$$

Ответ: Сжимающим.

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

1) Задания закрытого типа (выбор одного варианта ответа, верно/неверно):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

2) Задания открытого типа (короткий текст):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

3) Задания открытого типа (число):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).

Программа рекомендована НМС математического факультета протокол № 0500-03 от 24.03.2022 г.