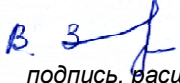


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
алгебры и математических
методов гидродинамики

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.03.01 Аттракторы неавтономных систем 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:** профессор, д.ф.-м.н. Звягин Виктор Григорьевич
- 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 аттракторов неавтономных систем гидродинамики 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 «Аттракторы неавтономных систем гидродинамики» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин по выбору.

Для его успешного освоения необходимы знания и умения, приобретенные в результате обучения по предшествующим дисциплинам: Общая теория аттракторов, функциональный анализ, математический анализ.

Студент должен свободно владеть функциональным анализом, элементами математического анализа, обладать полными знаниями общей теории аттракторов уравнений гидродинамики.

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 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

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72.

Форма промежуточной аттестации - экзамен

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
Аудиторные занятия	20	20
в том числе:		4
лекции	10	10
практические	10	10
лабораторные	-	-
Самостоятельная работа	16	16
Контроль:	36	36
Итого:	72	72

13.1 Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1 Лекции			
1	Равномерные аттракторы семейства траекторных пространств	Равномерно притягивающее множество. Равномерные аттракторы	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29798
2	Равномерные аттракторы системы Джеффриса с объективной производной	Принцип объективности. Система Джеффриса с объективной производной. Равномерные аттракторы системы Джеффриса	
2. Практические занятия			
1	Равномерные аттракторы семейства траекторных пространств	Равномерно притягивающее множество. Равномерные аттракторы	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29798
2	Равномерные аттракторы системы Джеффриса с объективной производной	Принцип объективности. Система Джеффриса с объективной производной. Равномерные аттракторы системы Джеффриса	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Название темы	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Равномерные аттракторы семейства траекторных пространств	5	5	8	18
2	Равномерные аттракторы системы Джеффриса с объективной производной	5	5	8	18
	Экзамен				36
	Итого	10	10	16	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 лекциях рассказывается теоретический материал, на практических занятиях решаются примеры по теоретическому материалу, прочитанному на лекциях. При изучении курса «Аттракторы неавтономных систем 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.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
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 ньютоновских 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 (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. : URSS, 2012 .— 412 с. : ил. — Библиогр.: с.400-412 .— ISBN 978-5-396-00458-0.
2.	Лионс Ж.Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач / Ж.Л. Лионс.- М.: Мир, 1972. – 587 с.
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, например, на платформе «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29798>)

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	Равномерные аттракторы семейства траекторных пространств	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Домашние задания, контрольная работа № 1
2	Равномерные аттракторы системы Джеффриса с объективной производной	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.3	Домашние задания, контрольная работа № 1
Промежуточная аттестация Форма контроля - экзамен		Перечень вопросов к экзамену		

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. Траекторные аттракторы

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

Задание:

1. Описать все используемые обозначения.
2. Доказать теорему 6.1
3. Доказать теорему 6.2

По теме 2. Глобальные аттракторы

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

Задание:

1. Вывести интегральные тождества 6.19 и 6.20
2. Доказать Теорему 6.3
3. Доказать Лемму 6.1

Примерный перечень задач для контрольной работы №1:

1. Равномерный траекторный полуаттрактор.
2. Существование равномерного аттрактора системы Джеффриса.

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 обучаемых 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 «Аттракторы неавтономных систем гидродинамики» проводится в форме экзамена. 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 экзамена учитываются результаты контрольной работы и учитывается выставленная 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 оценка по экзамену выставляется как среднее арифметическое данных оценок с округлением до десятых долей по математическим правилам. Если обучающийся не имеет положительной оценки контрольной работе или практике, или не согласен с этой оценкой, он может ответить на соответствующие вопросы в ходе экзамена.

Примерный перечень вопросов:

1	Равномерно притягивающее множество. Равномерно поглощающее множество
2	Равномерный траекторный полуаттрактор. Равномерный траекторный квазиаттрактор. Равномерный траекторный аттрактор. Минимальный равномерный траекторный аттрактор. Равномерный глобальный аттрактор.
3	Принцип объективности

4	Система Джеффриса с объективной производной
5	Равномерные аттракторы системы Джеффриса

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

- 1) знание теоретических основ;
- 2) умение решать задачи
- 3) умения применять знания в профессиональной сфере;
- 4) успешное прохождение текущей аттестации.

Для оценивания результатов экзамена используется **шкала**: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения показаны в следующей таблице:

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Полный и правильный ответ на оба вопроса билета.	Отлично
Неточности в ответе на вопросы билета.	Хорошо
Существенные недочеты в ответе на вопросы билета.	Удовлетворительно
Полностью не раскрыт, по крайней мере, один вопрос билета.	Неудовлетворительно

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

№1 Пусть пространство траекторий H^+ имеет \dots аттрактор U , и пусть существует $P \subset H^+$ поглощающее множество, относительно компактное в $C(R_+, E_0)$ и ограниченное в $L_\infty(R_+, E)$, и трансляционно-инвариантное: $T(t)P \subset P(t \geq 0)$. Тогда $U = \omega(P)$.

а) глобальный траекторный;

б) минимальный траекторный;

в) траекторный полуаттрактор.

Ответ: б)

№2 Верно ли утверждение. Минимальный траекторный аттрактор представим в виде ω — предельного множества.

а) да;

б) нет.

Ответ: а)

№3 Семейство отображений $S_t : E \rightarrow E$ — \dots , если S_0 — тождественное отображение и $S_t \circ S_r = S_{t+r}, t, r \geq 0$.

Ответ: **полугруппа**

№4 Семейство отображений $S_t : E \rightarrow E$ — полугруппа, если S_0 — \dots отображение и $S_t \circ S_r = S_{t+r}, t, r \geq 0$.

Ответ: **тождественное**

№5 Полугруппа $\{S_t\}$ ограничена в E , если для любого ограниченного в E множества V множество $\cup S_t \dots$ в E .

Ответ: **ограничено**

№6 Пусть полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Тогда, если существует глобальный E, E_0 — аттрактор полугруппы $\{S_t\}$, то он является и \dots аттрактором пространства траекторий H^+ .

Ответ: **глобальным**

№7 Пусть полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Тогда, если существует \dots E, E_0 — аттрактор полугруппы $\{S_t\}$, то он является и глобальным аттрактором пространства траекторий H^+ .

Ответ: **глобальный**

№8 Пусть полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Тогда, если существует глобальный E, E_0 — аттрактор полугруппы $\{S_t\}$, то он является и глобальным аттрактором \dots H^+ .

Ответ: **пространства траекторий**

№9 Пусть полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Пусть существует минимальный траекторный аттрактор U пространства траекторий H^+ , и пусть он содержится в пространстве траекторий. Тогда глобальный аттрактор $A = U(t), t \geq 0$ является $\dots E, E_0$ — аттрактором полугруппы $\{S_t\}$.

Ответ: **глобальным**

№10 Пусть полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Пусть существует минимальный траекторный аттрактор U пространства траекторий H^+ , и пусть он содержится в пространстве траекторий. Тогда \dots аттрактор $A = U(t), t \geq 0$ является глобальным E, E_0 — аттрактором полугруппы $\{S_t\}$.

Ответ: **глобальный**

№11 Пусть полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Пусть существует \dots траекторный аттрактор U пространства траекторий H^+ , и пусть он содержится в пространстве траекторий. Тогда глобальный аттрактор $A = U(t), t \geq 0$ является глобальным E, E_0 — аттрактором полугруппы $\{S_t\}$.

Ответ: **минимальный**

№12 Пусть существует компактное в $C(R_+, E_0)$ и ограниченное в $L_\infty(R_+, E)$ притягивающее множество P для пространства траекторий H^+ . Пусть $H^T = [H^+]$ и полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Тогда глобальный аттрактор A пространства траекторий H^+ является $\dots E, E_0$ — аттрактором полугруппы $\{S_t\}$.

Ответ: **глобальным**

№13 Пусть существует компактное в $C(R_+, E_0)$ и \dots в $L_\infty(R_+, E)$ притягивающее множество P для пространства траекторий H^+ . Пусть $H^T = [H^+]$ и полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Тогда глобальный аттрактор A пространства траекторий H^+ является глобальным E, E_0 — аттрактором полугруппы $\{S_t\}$.

Ответ: **ограниченное**

№14 Пусть существует \dots в $C(R_+, E_0)$ и ограниченное в $L_\infty(R_+, E)$ притягивающее множество P для пространства траекторий H^+ . Пусть $H^T = [H^+]$ и полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Тогда глобальный аттрактор A пространства траекторий H^+ является глобальным E, E_0 — аттрактором полугруппы $\{S_t\}$.

Ответ: **компактное**

№15 Пусть существует компактное в $C(R_+, E_0)$ и ограниченное в $L_\infty(R_+, E)$ притягивающее множество P для пространства траекторий H^+ . Пусть $H^T = [H^+]$ и полугруппа $\{S_t\}$ ограничена. Тогда \dots аттрактор A пространства траекторий H^+ является глобальным E, E_0 — аттрактором полугруппы $\{S_t\}$.

Ответ: **глобальный**

№16 Будем говорить, что полугруппа $\{S_t\}$ \dots , если для любого $t \geq 0$, для любой ограниченной в E последовательности $\{b_m\} \subset E$ выполняются следующие свойства:

- 1) $b_m \rightarrow b_0 \in E$ в топологическом пространстве E_0 ;
- 2) последовательность $\{S_t b_m\}$ сходится в E_0 , имеем предел $\lim_{m \rightarrow \infty} S_t b_m = b_0$.

Ответ: **замкнута**

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.