


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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
уравнений в частных производных
и теории вероятностей



А.В. Глушко
19.05.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.07 Асимптотики решений дифференциальных уравнений

1. Код и наименование направления подготовки / специальности:

01.04.01 Математика

2. Профиль подготовки /специализация: Математические модели
гидродинамики

3. Квалификация выпускника: Магистр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Кафедра уравнений в
частных производных и теории вероятностей

6. Составители программы: Провоторов Вячеслав Васильевич, доктор физико-
математических наук, профессор по кафедре уравнений в частных производных и
теории вероятностей

7. Рекомендована: Научно-методическим советом математического факультета
24.03.2022 Протокол № 0500-03

8. Учебный год: 2023/2024

Семестр(-ы): 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Целью освоения курса «Асимптотики решений дифференциальных уравнений» является изложение ряда методов построения асимптотических решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Рассмотрены метод ВКБ (Г.Вентцель, Г.Крамер, Л.Бриллюэнт), метод Линдштедта-Пуанкаре, метод Крылова-Боголюбова, метод усреднения. Рассмотрена задача на собственные значения для уравнения без точек поворота. Особое внимание уделено методу ВКБ.

Полученные знания позволят студентам широко и полно применять математические методы при изучении реальных процессов и объектов, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных.

Задачами изучения дисциплины выступает приобретение в рамках освоения теоретического и практического материала по дисциплине

Знаний:

- основных методов построения асимптотических решений обыкновенных дифференциальных уравнений при решения задач математической физики, описывающих различные процессы механической природы

Умений:

- использовать методы построения асимптотических решений обыкновенных дифференциальных уравнений и результаты из различных областей анализа при исследовании решения задач математической физики

Навыков:

- основ применения методов построения асимптотических решений обыкновенных дифференциальных уравнений в изучении реальных процессов и объектов с целью нахождения решений общенаучных и прикладных задач широкого профиля.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Дисциплина входит в модуль (Б1), вариативной его части, обязательные дисциплины (Б1. В).

Приступая к изучению данной дисциплины, студент должен иметь теоретическую и практическую подготовку по

- математическому анализу;
- функциональному анализу;
- дифференциальным уравнениям;
- уравнениям с частными производными;
- уравнениям математической физики

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
ПК-1	Способен решать задачи	ПК-1.1	Обладает большим объемом знаний в области	Знать: основные задачи в области обыкновенных

	<p>аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач математической гидродинамики</p>		<p>математической гидродинамики</p>	<p>дифференциальных уравнений, используемые при анализе задач для уравнений с частными производными, описывающих различные процессы гидродинамики</p> <p>Уметь: использовать фундаментальные знания в построении и исследовании решений обыкновенных дифференциальных уравнений .</p> <p>Владеть: методами математического моделирования при анализе математических моделей физических и механических задач для их дальнейшего применения</p>
ПКВ-3	Способен осуществлять теоретическое обобщение научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики	ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики	<p>Знать: структуру научно-исследовательских работ, основы научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики</p> <p>Уметь: определять тематику научного исследования</p> <p>Владеть: методами научного исследования</p>
ПКВ-3	Способен осуществлять теоретическое обобщение научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики	ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математической гидродинамики	<p>Знать: методы математического моделирования при анализе прикладных задач гидродинамики для их дальнейшего использования на практике</p> <p>Уметь: публично представить собственные новые научные результаты</p> <p>Владеть: различными способами визуализации своих научных результатов (доклад, презентация, научная статья)</p>
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	<p>Знать: современные методы анализа научно-исследовательских работ, основы научно-исследовательской деятельности уравнений в частных производных и уравнений математической физики</p> <p>Уметь: определять тематику научного исследования</p> <p>Владеть: современными методами научного анализа</p>
ПКВ-3	Способен осуществлять теоретическое обобщение научных данных и результатов экспериментов в моделях математической гидродинамики	ПКВ-3.2	Умеет структурировать и обобщать научные и экспериментальные данные, четко формулировать и излагать необходимую информацию	<p>Знать: современные методы проведения научных экспериментов, подходы к анализу научно-исследовательских работ,</p> <p>Уметь: анализировать полученные результаты экспериментов, делать оптимально верные выводы и рекомендации</p> <p>Владеть: современными методами научного анализа</p>

		ПКВ-3.3	Имеет практический опыт обобщения подобной информации	Знать: существующие методы решения прикладных задач гидродинамики применительно к практической сфере деятельности Уметь: оценивать различные подходы к решению прикладных задач гидродинамики, применять выбранный метод Владеть: современными методами прикладного научного анализа
--	--	---------	---	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость				
	Всего	По семестрам			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия	50				50
В том числе:					
лекции	20				20
практические	30				30
лабораторные					
Самостоятельная работа	58				58
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час./экзамен – ____ час.)	зачет				зачет
Итого:	108				108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование дисциплины	раздела	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции			
1.1	Асимптотическое поведение решений линейных дифференциальных уравнений второго порядка		Эвристические соображения. Основные оценки метода ВКБ. Асимптотика решений при больших значениях параметра Осциллирующие решения, теорема об асимптотиках линейно независимых решений. Неосциллирующие решения, теорема об асимптотиках линейно независимых решений. Осциллирующие и неосциллирующие решения в частном случае вида коэффициента при искомой функции.
1.2	Теория возмущений. Некоторые методы построения локальных асимптотических		Регулярная теория возмущений. Точное решение уравнения Дюффинга.

	разложений	<p>Метод Линдштедта-Пуанкаре, пример решения автономного уравнения второго порядка со слабой нелинейностью общего вида.</p> <p>Метод Крылова-Боголюбова, изучение колебаний, амплитуда которых меняется со временем.</p> <p>Метод усреднения. Поведение решения задачи Коши для неавтономного уравнения со слабой нелинейностью при $\varepsilon \rightarrow 0$ на большом интервале времени порядка ε^{-1}...</p>
1.3	Применение и трактовка метода ВКБ	<p>Постановка задачи для дифференциального уравнения второго порядка с малым параметром при старшей производной, $\varepsilon d^2 y/dx^2 + V(x)y = 0$. Примеры моделей математической физики, которые приводят такому типу уравнений.</p> <p>Схема метода ВКБ, два случая: $V(x) > 0$ и $V(x) < 0$. Задача на собственные значения для уравнения без точек поворота.</p> <p>Асимптотическое решение краевой задачи для уравнения без точек поворота с граничными условиями $y(0, \varepsilon) = A, y(1, \varepsilon) = B$.</p> <p>Задача рассеяния</p>
2. Практические занятия		
2.1	Асимптотическое поведение решений линейных дифференциальных уравнений второго порядка	<p>Основные оценки метода ВКБ. Асимптотика решений при больших значениях параметра.</p> <p>Осциллирующие решения, теорема об асимптотиках линейно независимых решений. Неосциллирующие решения, теорема об асимптотиках линейно независимых решений.</p> <p>Осциллирующие и неосциллирующие решения в частном случае вида коэффициента при искомой функции.</p> <p>Контрольная работа № 1</p>
2.2	Теория возмущений. Некоторые методы построения локальных асимптотических разложений	<p>Задача Коши для уравнения Дюффинга. Точное решение уравнения Дюффинга.</p> <p>Метод Линдштедта-Пуанкаре, пример решения автономного уравнения второго порядка со слабой нелинейностью общего вида, пример решения задачи Коши для уравнения Дюффинга.</p> <p>Метод Крылова-Боголюбова, изучение колебаний, амплитуда которых меняется со временем. Пример уравнения Ван-дер-Поля со слабой нелинейностью.</p> <p>Метод усреднения, поведение решения задачи Коши для неавтономного уравнения со слабой нелинейностью при $\varepsilon \rightarrow 0$ на большом интервале времени порядка ε^{-1}, пример. Построение асимптотики с помощью метода усреднения уравнения Ван-дер-Поля, записанного в виде системы уравнений</p> <p>Контрольная работа № 2</p>
2.3	Применение и трактовка метода ВКБ.	<p>Примеры построения асимптотических решений для дифференциального уравнения второго порядка с малым параметром при старшей производной, $\varepsilon d^2 y/dx^2 + V(x)y = 0$.</p>

	Применение схемы метода ВКБ для двух случаев: $V(x) > 0$ и $V(x) < 0$. Задача на собственные значения для уравнения без точек поворота. Асимптотическое решение краевой задачи для уравнения без точек поворота с граничными условиями $y(0, \varepsilon) = A, y(1, \varepsilon) = B$. Задача рассеяния
--	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практически	Лабораторны	Самостоятельна работа	Всего
1	Асимптотическое поведение решений линейных дифференциальных уравнений второго порядка.	8	12		20	40
2	Теория возмущений. Некоторые методы построения локальных асимптотических разложений	6	8		18	32
3	Применение и трактовка метода ВКБ.	6	10		20	36
	Итого:	20	30		58	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

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

При изучении курса «Асимптотики решений дифференциальных уравнений» 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.

3. Выбрать время для работы с литературой по дисциплине в библиотеке.

Знание методов моделирования анализа задач гидродинамических процессов может существенно помочь при анализе дифференциальных уравнений гидродинамического типа, которые изучаются в целом ряде направлений современной математики.

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
01	Сабитов К.Б. Уравнения математической физики. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 352 с. // «Универсальная библиотека online: Электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru
02	Ильин А.М. Асимптотические методы в анализе / А.М. Ильин, А.Р. Данилин. – М. : Физматлит, 2009. – 248 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
03	Глушко А.В. Асимптотики решений дифференциальных уравнений / А.В. Глушко, В.П. Глушко. – Воронеж, 2002. – № 185. – 44 с.
04	Найфэ А. Введение в методы возмущений / А. Найфэ. – М. : Мир, 1984. – 535 с.
05	Вайнберг Б.Р. Асимптотические методы в уравнениях математической физики / Б.Р.Вайнберг. – М. : МГУ, 1982. – 296 с.
06	Глушко, А.В. Асимптотические методы в задачах гидродинамики / А.В.Глушко .— Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2003 .— 300 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
07	http://eqworld.ipmnet.ru – интернет-портал, посвященный уравнениям и методам их решений
08	http://www.lib.vsu.ru - электронный каталог ЗНБ ВГУ
09	http://www.kuchp.ru – электронный сайт кафедры уравнений в частных производных и теории вероятностей, на котором размещены методические издания

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

Самостоятельная работа обучающегося направлена на самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины. Самостоятельная работа является обязательной 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, учебно-методическими материалами,

научной, справочной литературой, ресурсами сети Internet является наиболее эффективным методом получения знаний.

№ п/п	Источник
1	http://www.kuchp.ru – электронный сайт кафедры уравнений в частных производных и теории вероятностей, на котором размещены методические издания
2	hth://mschool.kubsu.ru – библиотека электронных учебных пособий. (http://mschool.kubsu.ru/ms/1.htm)
3	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – (http://www.lib.vsu.ru/)

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

№ п/п	Источник
1	http://www.kuchp.ru – электронный сайт кафедры уравнений в частных производных и теории вероятностей, на котором размещены методические издания
2	hth://mschool.kubsu.ru – библиотека электронных учебных пособий. (http://mschool.kubsu.ru/ms/1.htm)
3	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – (http://www.lib.vsu.ru/)

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)

1. Учебная аудитория: специализированная мебель
2. Зональная научная библиотека, электронный каталог Научной библиотеки ВГУ (<http://www.lib.vsu.ru>)

19. 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.	01 – 03	ПК-1 ПКВ-3	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3. ПКВ-3.1. ПКВ-3.2. ПКВ-3.3.	Контрольные работы. Реферат, Тестовые задания. Контрольно-измерительные материалы
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Наименование раздела дисциплины
				Асимптотическое поведение решений линейных дифференциальных уравнений второго порядка

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
				Теория возмущений. Некоторые методы построения локальных асимптотических разложений
				Применение и трактовка метода ВКБ.

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующих формирование компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в форме выполнения практических заданий (тестовые задания)..

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков.

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- Домашние задания по изучаемым темам
- Контрольная работа

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучающихся и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается проведением контрольных заданий и домашних работ, проверкой конспектов лекций, периодическим опросом слушателей на занятиях.

Формы, методы и периодичность текущего контроля определяет преподаватель.

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

К основным формам текущего контроля можно отнести устный опрос, проверку домашних заданий, контрольные работы.

Задание для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены *на 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.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

зачет

Промежуточная аттестация предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины. Промежуточная аттестация по дисциплине «Оптимальное управление эволюционными процессами в гидросетях» проводится в форме зачета.

Промежуточная аттестация, как правило, осуществляется в конце семестра и может завершать изучение как отдельной дисциплины, так и ее разделов. Промежуточная аттестация помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, в некоторых случаях – даже формирование определенных профессиональных компетенций.

На зачете оценивается практический уровень освоения дисциплины и степень сформированности компетенции

Перечень вопросов к зачету, тестовых заданий, темы рефератов и критерии оценивания приведены ниже.

Перечень вопросов к зачету:

1	Эвристические соображения. Основные оценки метода ВКБ.
2	Асимптотика решений при больших значениях параметра..
3	Осциллирующие решения, теорема об асимптотиках линейно независимых решений.
4	Неосциллирующие решения, теорема об асимптотиках линейно независимых решений.
5	Регулярная теория возмущений.
6	Точное решение уравнения Дюффинга.
7	Метод Линдштедта-Пуанкаре,
8	Пример решения автономного уравнения второго порядка со слабой нелинейностью общего вида.
9	Метод Крылова-Боголюбова, изучение колебаний, амплитуда которых меняется со временем.
10	Метод усреднения.
11	Поведение решения задачи Коши для неавтономного уравнения со слабой нелинейностью при $\varepsilon \rightarrow 0$ на большом интервале времени порядка ε^{-1} ...
12	Постановка задачи для дифференциального уравнения второго порядка с малым параметром при старшей производной, $\varepsilon d^2 y/dx^2 + V(x)y = 0$.
13	Примеры моделей математической физики, которые приводят такому типу уравнений.
14	Задача на собственные значения для уравнения без точек поворота.
15	Асимптотическое решение краевой задачи для уравнения без точек поворота с граничными условиями $y(0, \varepsilon) = A, y(1, \varepsilon) = B$.
16	Задача рассеяния

Темы рефератов

1. Теорема об асимптотиках линейно независимых осциллирующих решений
2. Теорема об асимптотиках линейно независимых неосциллирующих решений
3. Точное решение уравнения Дюффинга.
4. Решение автономного уравнения второго порядка со слабой нелинейностью общего вида.
5. Метод ВКБ для случая $V(x) > 0$
6. Метод ВКБ для случая $V(x) < 0$
7. Краевая задача для уравнения без точек поворота с граничными условиями $y(0, \varepsilon) = A, y(1, \varepsilon) = B$
8. Задача Коши для уравнения Дюффинга.

Тестовые задания

1. Асимптотические формулы решений уравнения $y'' - k^2 q(x)y = 0$ на отрезке $I = [a; b]$ при $k \rightarrow +\infty$.

Варианты ответов

Номер ответа	1	2	3
Ответ	$y_{1,2} \approx$ $\approx q^{-1/4}(x) \exp[\pm k \int_c^x \sqrt{q(t)} dt]$	$y_{1,2} \approx$ $\approx q^{-1/4}(x) \exp[k \int_c^x \sqrt{q(t)} dt]$	нет правильного ответа

2 Для уравнения второго порядка $y'' + xy' + k^2 x^2 y = 0$ выяснить поведение решений при $k \rightarrow +\infty$.

3. Сформулировать утверждение теоремы об асимптотическом представлении решений уравнения $y'' + k^2 q(x)y = 0, k \rightarrow \infty$.

Варианты ответов

Номер ответа	1	2
Ответ	$y_{1,2} = q^{-1/4}(x) \times$ $\times \exp\{\pm ik \int_{x_0}^x \sqrt{q(t)} dt\} + \frac{\varepsilon_{1,2}(x, k)}{k}$.	$y_{1,2} = q^{-1/4}(x) \times$ $\times \exp\{\pm ik \int_{x_0}^x \sqrt{q(t)} dt\} [1 + \frac{\varepsilon_{1,2}(x, k)}{k}]$.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Оценка «зачтено» выставляется в любом из трех случаев: 1. Выполнение трех из пяти требований к ответу на каждый вопрос КИМ: 1) правильность, полнота и глубина ответа (верное и глубокое изложение фактов, понятий, законов, закономерностей, принципов; опора при ответе на исходные методологические положения; анализ основных теоретических материалов, описанных в различных источниках, связь теории с практикой; иллюстрация ответа конкретными примерами; отсутствие необходимости в уточняющих вопросах); 2) логическая последовательность изложения материала в процессе ответа; 3) грамотное изложение материала на высоком научном уровне, высокая культура речи; 4) наличие полных и обоснованных выводов; 5) демонстрация собственной профессиональной позиции (творческое применение знаний в	Базовый	Зачтено

<p>практических ситуациях, демонстрация убежденности, а не безразличия; демонстрация умения сравнивать, классифицировать, обобщать).</p> <p>2. Невыполнение более трех из перечисленных требований (к одному из вопросов КИМ) и правильный ответ на дополнительный вопрос в пределах программы.</p> <p>3. Невыполнение трех из перечисленных требований (либо трех к одному вопросу, либо по одному к каждому вопросу КИМ) и правильные ответы на два дополнительных вопроса в пределах программы.</p>		
<p>Оценка «не зачтено» выставляется в любом из трех случаев:</p> <p>1. Невыполнение более трех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «зачтено» (п.1).</p> <p>2. Невыполнение более трех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «зачтено» (п.1), и неправильные ответы на два дополнительных вопроса в пределах программы.</p> <p>3. <i>Невыполнение более трех требований (в различных комбинациях по отношению к вопросам экзаменационного билета), предъявляемых к оценке «зачтено» (п.1), и правильный ответ только на один из не менее двух дополнительных вопросов в пределах программы.</i></p>	-	Не зачтено

Пример контрольно-измерительного материала

Контрольно-измерительный материал № 1

1. (Метод ВКБ) Построить асимптотическое решение уравнения

$$y'' + xy' + k^2 x^2 y = 0 \text{ на отрезке } [0,1].$$

2. (Метод Крылова-Боголюбова) Найти асимптотику периодических решений уравнения

$$\ddot{x} + 9x = \sin t + \varepsilon(x - x^3).$$

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующих формирование компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в форме выполнения тестовых заданий и написания реферата на одну из предложенных тем.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. Критерии оценивания приведены выше.