

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено:
на заседании кафедры ИТ и КМ
протокол № 9 от 22 апреля 2020 г.

Зав. кафедрой

А.М. Болотнов

Согласовано:
Председатель УМК
факультета математики и ИТ

А.М. Ефимов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина

Дополнительные главы теории и методов решения
бесконечномерных задач

Часть, формируемая участниками образовательных отношений

ПРОГРАММА МАГИСТРАТУРЫ

Направление подготовки (специальность):
01.04.02 – Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки:
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация — магистр

Разработчики (составители):

доктор физ.-мат. наук, профессор

_____ / Лубышев Ф.В.

канд. физ.-мат. наук, доцент

_____ / Файрузов М.Э.

Для приема 2020 г.

г. Уфа - 2020 г.

Составители: доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры информационных технологий и компьютерной математики Лубышев Ф.В., кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры информационных технологий и компьютерной математики Файрузов М.Э.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий и компьютерной математики, протокол от 20.04.2020 г. № 9.

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	14
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	16
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	17
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	18
Приложение №1	19

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
<p>Применение фундаментальных знаний, полученных в области математических и (или) естественных наук. Создание, анализ и реализация новых компьютерных моделей в современном естествознании, технике, экономике и управлении.</p>	<p>ПК-1. Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий</p>	<p>ПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p>	<p>Знать современное состояние исследуемой проблемы.</p>
		<p>ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p>	<p><i>Уметь</i> использовать на практике знания численных методов для задач оптимизации, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.</p>
		<p>ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p>	<p><i>Владеть</i> численными методами решения задач оптимизации и их применением для решения задач прикладного характера.</p>

<p>Применение фундаментальных знаний, полученных в области математических и (или) естественных наук. Создание, анализ и реализация новых компьютерных моделей в современном естествознании, технике, экономике и управлении.</p>	<p>ПК-2. Способен проводить научные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности</p>	<p>ПК-2.1. Обладает методами построения научной работы, современными методами сбора и анализа полученного материала, способами аргументации.</p>	<p><i>Знать</i> основные принципы построения математических моделей.</p>
		<p>ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой.</p>	<p><i>Уметь</i> формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать и анализировать полученные результаты.</p>
		<p>ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации и профессиональной деятельности.</p>	<p><i>Владеть</i> фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, способностью использовать полученные знания в профессиональной</p>

			деятельности.
--	--	--	---------------

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В.ДВ.01.01.

Дисциплина «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач» изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Цель освоения дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач» – выработать у студентов-магистрантов глубокие знания математических методов исследования экстремальных задач с функционалами, заданными на множествах из бесконечномерных функциональных пространств; выработать глубокие знания наиболее используемых на практике методов минимизации функционалов, их теории и вычислительных аспектов с приложением к задачам оптимального управления процессами, описываемыми дифференциальными уравнениями, интегральными уравнениями, интегро-дифференциальными уравнениями; выработать у студентов умение применять полученные математические знания при решении конкретных задач оптимизации, встречающихся в различных областях естествознания, посредством математического исследования процессов оптимизации.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции ПК-1:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-1.1. Обладает	Знать современное	Отсутствие знаний или	Неполные представления	Сформированные, но	Сформированные систематические

<p>фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p>	<p>состояние исследуемой проблемы.</p>	<p>фрагментарные представления об основных концепциях дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач», о принципах и методах обработки информации.</p>	<p>об основных концепциях дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач», о принципах и методах обработки информации.</p>	<p>содержащие отдельные пробелы представления об основных концепциях дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач», о принципах и методах обработки информации.</p>	<p>представления об основных концепциях дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач», о принципах и методах обработки информации.</p>
<p>ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p>	<p><i>Уметь</i> использовать на практике знания численных методов для задач оптимизации, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.</p>	<p>Отсутствие умений или фрагментарные умения использовать на практике знания численных методов, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое использование на практике знаний численных методов, не систематическое умение корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в использовании на практике знаний численных методов, в умении корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.</p>	<p>Сформированное умение использовать на практике знания численных методов, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.</p>
<p>ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p>	<p><i>Владеть</i> численными методами решения задач оптимизации и их применением для решения задач прикладного характера.</p>	<p>Отсутствие владения или фрагментарное владение численных методов и их применением для решения задач прикладного характера.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение численных методов и их применение для решения задач прикладного характера.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения численных методов и их применений для решения задач прикладного характера.</p>	<p>Успешное и систематическое применение численных методов и их применение для решения задач прикладного характера.</p>

Код и формулировка компетенции ПК-2

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-2.1. Обладает методами построения научной работы, современными методами сбора и анализа полученного материала, способами аргументации.	<i>Знать</i> основные принципы построения математических моделей.	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных концепциях дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач», о принципах и методах обработки информации.	Неполные представления об основных концепциях дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач», о принципах и методах обработки информации.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных концепциях дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач», о принципах и методах обработки информации.	Сформированные систематические представления об основных концепциях дисциплины «Дополнительные главы теории и методов решения бесконечномерных экстремальных задач», о принципах и методах обработки информации.
ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой.	<i>Уметь</i> формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать и анализировать полученные результаты.	Отсутствие умений или фрагментарные умения использовать на практике знания численных методов, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	В целом успешное, но не систематическое использование на практике знаний численных методов, не систематическое умение корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в использовании на практике знаний численных методов, в умении корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	Сформированное умение использовать на практике знания численных методов, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.

ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации и профессиональной деятельности.	<i>Владеть</i> фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, способностью использовать полученные знания в профессиональной деятельности.	Отсутствие владения или фрагментарное владение навыками применения основных методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков применения основных методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков применения основных методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	Успешное и систематическое применение навыков применения основных методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.
---	--	--	---	---	--

Показатели сформированности компетенции. Шкалы оценивания: для экзамена:

«2» – «неудовлетворительно»;

«3» – «удовлетворительно»;

«4» – «хорошо»;

«5» – «отлично».

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.	Знать современное состояние исследуемой проблемы.	<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
	<i>Уметь</i> использовать на практике знания численных методов для задач оптимизации, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
	<i>Владеть</i> численными методами решения задач оптимизации и их применением для решения задач прикладного характера.	<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук,		

программирования и информационных технологий. ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.		
ПК-2.1. Обладает методами построения научной работы, современными методами сбора и анализа полученного материала, способами аргументации. ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой. ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации и профессиональной деятельности.	<i>Знать</i> основные принципы построения математических моделей.	<i>Лабораторные работы. Экзамен</i>
	<i>Уметь</i> формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать и анализировать полученные результаты.	<i>Лабораторные работы. Экзамен</i>
	<i>Владеть</i> фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, способностью использовать полученные знания в профессиональной деятельности	<i>Лабораторные работы. Экзамен</i>

Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета: 3 вопроса. Первый и второй вопросы – теоретический, третий вопрос – практический.

Перечень вопросов для экзамена

1. Общие понятия теории экстремальных задач в функциональных пространствах. Постановка задач на экстремум, корректно и некорректно поставленные задачи минимизации. Примеры.
2. Общие теоремы об ограниченности снизу и достижении функционалами экстремумов на множествах из банаховых пространств.
3. Дифференцируемость функционалов в смысле Фреше и Гато. Градиент. Формулы конечных приращений, некоторые свойства функционалов. Примеры.
4. Элементы выпуклого анализа. Критерии выпуклости и сильной выпуклости; экстремальные свойства выпуклых и сильно выпуклых функционалов; условия оптимальности. Примеры.
5. Методы минимизации функционалов на множествах из Гильбертовых пространств.
6. Некоторые задачи оптимального управления системами, описываемыми задачей Коши для систем ОДУ и краевыми задачами для ОДУ. Градиентные методы решения задач.
7. Некоторые задачи оптимального управления системами, описываемыми уравнениями

- эллиптического типа. Градиентные методы решения задач.
- Некоторые задачи оптимального управления системами, описываемыми уравнениями параболического типа. Градиентные методы решения задач.
 - Метод конечных элементов. вариационного типа. Метод минимальных невязок и скорейшего спуска. Понятие о методе сопряженных градиентов.

Образец экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет математики и информационных технологий
магистры 2 год, 2 семестр, 2018/2019 учебный год

Дисциплина Численные методы решения задач математической физики
Направление 01.04.02 – Прикладная математика и информатика

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

- Постановка задач минимизации функционалов на множествах в банаховых пространствах. Корректно и некорректно поставленные задачи минимизации, примеры. Непрерывные функционалы в банаховом пространстве. Обобщенная теорема Вейерштрасса 1 о достижении непрерывного функционала нижней грани на бикompактном множестве U банахова пространства B .
- Градиентный метод скорейшего спуска минимизации функционалов в гильбертовом пространстве.
- Покажите, что функционал

$$J(u) = \frac{1}{2}(Au, u) - (f, u), \quad f \in H,$$

где $A = A^* \geq 0$ выпуклый на $U = H$.

Зав. Кафедрой ИТ и КМ



А.М. Болотнов

Критерии оценки:

- «отлично»** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;
- «хорошо»** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;
- «удовлетворительно»** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны

пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Примеры контрольных заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Пример контрольной работы.

1. Покажите, что задача минимизации функционала

$$J(u) = \begin{cases} \frac{u^2}{1+u^4}, & \text{при } u \geq 0, \\ 0, & \text{при } u < 0. \end{cases}$$

на множестве $U = E^1 = \{-\infty < u < \infty\}$ является некорректной в евклидовой метрике.

2. Рассмотрите задачу минимизации функционала

$$J(u) = \int_0^1 x^2(t) dt,$$

где $x(t) = x(t; u)$ – решение задачи Коши

$$\frac{dx(t)}{dt} = u(t), \quad 0 < t \leq 1,$$

а $u = u(t)$ – управление, причем

$$u \in U = \{u(t) \in L_\infty(0,1) : |u(t)| \leq 1 \text{ п.в. на } [0,1]\}.$$

а) Покажите, что множество точек минимума U_* задачи не пусто.

б) Постройте какую-либо минимизирующую последовательность данной экстремальной задачи.

в) Покажите, что данная задача некорректна в метрике пространств $L_2(0,1)$ и $L_\infty(0,1)$.

3. Покажите, что задача минимизации функционала

$$J(u) = \int_0^1 u^2(t) dt,$$

на множестве $U = C[0,1]$ некорректна в метрике $C[0,1]$, но в тоже время она корректна в метрике $L_2[0,1]$.

4. Покажите, что функционал

$$J(u) = \frac{1}{2}(Au, u) - (f, u), \quad f \in H,$$

где $A: H \rightarrow H$, H – гильбертово пространство, дважды дифференцируем в смысле Фреше на $U = H$ и найдите первую и вторую производные Фреше.

5. Покажите, что функционал

$$J(u) = \frac{1}{2}(Au, u) - (f, u), \quad f \in H,$$

где $A = A^* \geq 0$ выпуклый на $U = H$.

Примеры лабораторных заданий

1. Рассмотрите квадратичную задачу оптимального управления для ОДУ с начальным условием Коши (по индивидуальному заданию преподавателя). Постройте алгоритм численного решения задачи оптимального управления на основе метода проекции градиента. Математическое обоснование метода и результаты вычислительного эксперимента на ЭВМ для поставленной задачи оформите в виде презентации.

2. Рассмотрите задачу оптимального управления процессом нагрева тонкого неоднородного стержня $0 \leq x \leq 1$, теплоизолированного с боковой поверхности, концы которого поддерживаются при заданном тепловом режиме с управлением в виде функции источника тепла в правой части параболического уравнения (детализация постановок задач дается преподавателем индивидуально каждому студенту). Процесс распределения тепла в стержне предполагается нестационарным. Начальное распределение температуры $u(x, t)$ (при $t = 0$) по длине стержня предполагается заданным. Требуется, управляя плотностью источников тепла в стержне, к заданному моменту времени $T > 0$ распределение температуры в стержне сделать как можно ближе к заданному распределению $\omega(x)$, $0 \leq x \leq 1$. Постройте алгоритм численного решения задачи оптимального управления на основе метода проекции градиента или условного градиента. Дайте математическую постановку задачи оптимизации; математическое обоснование разработанного численного метода; проведите вычислительный эксперимент на ЭВМ по решению рассмотренной модели задачи и оформите результаты в виде презентации.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к занятиям и выполнении зачетных заданий с использованием рекомендованной учебно-методической литературы. В качестве дополнительных заданий предлагаются темы докладов.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации : учебник / Ф.П. Васильев. - Изд. нов., перераб. и доп. - Москва : МЦНМО, 2011. - Ч. 1. Конечномерные задачи оптимизации. Принцип максимума. Динамическое программирование. - 620 с. - ISBN 978-5-94057-707-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63313>
2. Тихомиров, В.М. Оптимальное управление / В.М. Тихомиров, В.М. Алексеев, С.В. Фомин. - Москва : Физматлит, 2007. - 192 с. - ISBN 978-5-9221-0589-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67593>.
3. Алексеев, В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи : учебное пособие / В.М. Алексеев, Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров. - 3-е изд., испр. - Москва : Физматлит, 2011. - 408 с. - ISBN 978-5-9221-0992-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67227>.

Дополнительная литература:

4. Лебедев, В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика : учебное пособие / В.И. Лебедев. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Физматлит, 2005. - 294 с. - ISBN 5-9221-0092-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68363>.
5. Самарский, А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - Москва : Физматлит, 2005. - 160 с. - ISBN 978-5-9221-0120-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68976>.
6. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики / Г.И. Марчук ; ред. Е.В. Шишкина. - Москва : Наука, 1977. - 458 с. : ил.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457019>.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. www.gpntb.ru/— Государственная публичная научно-техническая библиотека.
2. www.nlr.ru/ — Российская национальная библиотека.
3. www.nns.ru/ — Национальная электронная библиотека.
4. www.rsl.ru/— Российская государственная библиотека.
5. www.microinform.ru/ — Учебный центр компьютерных технологий

Официальный интернет сайт Российской государственной библиотеки, содержащий обширный электронный каталог печатных изданий и предоставляющий доступ к оцифрованным изданиям www.rsl.ru

Официальный интернет сайт библиотеки Башкирского государственного университета, содержащий электронный каталог печатных изданий и предоставляющий доступ к оцифрованным изданиям www.bashlib.ru

Электронная библиотечная система, специализирующаяся на образовательной и научной литературе, а также электронных их изданиях www.biblioclub.ru.

Электронная библиотечная система издательства «Юрайт», специализирующаяся на образовательной и научной литературе, а также электронных их изданиях www.biblio-online.ru.

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	2	3
1. <i>Учебная аудитория для проведения</i>	Аудитория № 515. Учебная мебель, доска.	1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade; лицензии бессрочные,

<p>занятий лекционного типа: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>3. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>5. Помещения для самостоятельной работы: читальный зал № 2 (физико-математический корпус), аудитория № 426 компьютерный класс (физико-математический корпус – учебное).</p>	<p>Аудитория № 426 Учебная мебель, доска, персональные компьютеры LenovoThinkCentreA70zIntelPentiumE 5800, 320 Gb, 19" – 13 шт., шкаф TLKTWP-065442-G-GY</p>	<p>договор №104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензии бессрочные, договор №114 от 12.11.2014 г. 3. Среда разработки Microsoft Visual Studio Community 2017 (Условия лицензии на программное обеспечение Microsoft Visual Studio Community 2017, ссвободное программное обеспечение). 4. AcademicEdition Networked Volume Licenses RAD Studio XE3 Professional Concurrent AppWaveEnglish; договор №263 от 07.12.2012 г. 5. Python 3.7 (лицензия Python SoftwareFoundationLicense, ссвободное программное обеспечение) 6. Язык программирования Go (лицензия BSD, свободное программное обеспечение). 7. Язык программирования PHP (The PHP License, version 3.01, ссвободное программное обеспечение). 8. СУБД MySQL (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение). 9. Web-сервер Apache (Apache License, свободное программное обеспечение). 10. Lazarus (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение). 11. Браузер Google Chrome (лицензия BSD, свободное программное обеспечение). 12. Архиватор 7-Zip. (лицензия GNU LGPL, свободное программное обеспечение). 13. Текстовый редактор Notepad++. (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение). 14. Simply Linux x86_64 (лицензионный договор на программное обеспечение Simply Linux 8.2.0 и включенные для него программы для ЭВМ, свободное программное обеспечение).</p>
--	--	---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

*дисциплины – «Дополнительные главы теории и методов решения
бесконечномерных экстремальных задач» на 4 семестр*

очная форма обучения

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: профессор каф. ИТиКМ, д.ф.-м.н. Лубышев Ф.В.

Лабораторные работы: профессор каф. ИТиКМ, д.ф.-м.н. Лубышев Ф.В.

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	51.7
лекций	10
практических/ семинарских	
лабораторных	40
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.7
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	93.5
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Формы контроля:

экзамен 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4-й семестр							
1	Введение. Общие понятия теории экстремальных задач в функциональных пространствах. Постановка задач на экстремум, корректно и некорректно поставленные задачи минимизации. Примеры.	2		4	10	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
2	Общие теоремы об ограниченности снизу и достижении функционалами экстремумов на множествах из банаховых пространств.	2		4	10	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
3	Дифференцируемость функционалов в смысле Фреше и Гато. Градиент. Формулы конечных приращений, некоторые свойства функционалов. Примеры.	2		4	12	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
4.	Элементы выпуклого анализа. Критерии выпуклости и	2		4	12	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной

	сильной выпуклости; экстремальные свойства выпуклых и сильно выпуклых функционалов; условия оптимальности. Примеры.							работе
5.	Методы минимизации функционалов на множествах из Гильбертовых пространств.	2		6	12	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
6.	Некоторые задачи оптимального управления системами, описываемыми задачей Коши для систем ОДУ и краевыми задачами для ОДУ. Градиентные методы решения задач.			6	12	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
7.	Некоторые задачи оптимального управления системами, описываемыми уравнениями эллиптического типа. Градиентные методы решения задач.			6	12	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
8.	Некоторые задачи оптимального управления системами, описываемыми уравнениями параболического типа. Градиентные методы решения задач.			6	13.5	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
	Всего часов:	10		40	93.5			