МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)
(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

Документ подписан электронной подписью
в системе электронного документооборота
НГТУ им. Р.Е. Алексеева

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат 6120503c70676ec41314b02ec665da7b74e569cb
Владелец Ивашкин Евгений Геннадьевич
Действителен с 14.01.22 по 14.04.23

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ А.В. Мякиньков
подпись ФИО
“_10__”__06_____2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.3.1 Специальные главы теории операторов монотонного типа
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки магистров

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность: «Математическое моделирование»

Форма обучения: очная
Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра ПМ

Кафедра-разработчик ПМ

Объем дисциплины 144/4 часов/з.е

Промежуточная аттестация зачет

Разработчик: Рязанцева И.П., профессор

Нижний Новгород, 2021

Рецензент : _Ерофеева Л.Н., к.ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой «Высшая

математика» НГТУ им. Р.Е. Алексеева
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

«03» 06 2021г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 января 2018 года № 9 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ протокол от 10.01.2018 № 13
протокол от 03.12.2020 № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 4.06.2021 № 9/1
Зав. кафедрой д.ф-м.н., профессор _____ А.А. Куркин
(*подпись)*

Программа рекомендована к утверждению учебно-методическим советом института ИРИТ, п ротокол № 1 от 10.06.2021 г. № 1.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ _____ № 01.04.02-П-21
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 4

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ……4

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)..... 5

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП ВО …….....7

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... …….9

6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... 14

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... 17

8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЦЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 18

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ..... 20

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ……20

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ……23

12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ……25 .....

13. ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ……..34

14. РЕЦЕНЗИЯ…….35

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является:

- знать различные определения монотонного оператора в гильбертовом и в банаховом пространствах и уметь доказывать их эквивалентность,
- знать основные свойства монотонных операторов, имеющие практическое значение,
- уметь доказывать свойства монотонности и коэрцитивности заданного отображения, действующего из банахова пространства в сопряжённое с ним пространство,
- знать определение дуального отображения в банаховом пространстве, а также его свойства и запись в аналитической форме в основных банаховых пространствах, связь свойств дуального отображения с геометрией банахова пространства и его сопряжённого,
- уметь доказывать теоремы существования решений уравнений с монотонными операторами в банаховом пространстве при определённых свойствах геометрии банахова пространства и его сопряжённого,
- уметь доказывать теоремы существования решений нелинейных уравнений с
- операторами, действующими из банахова пространства X в X,
- владеть аппаратом установления разрешимости нелинейных монотонных уравнений и вариационных неравенств с операторами монотонного типа,
- знать приближённые методы численного решения нелинейных задач монотонного типа с помощью компьютерной техники.

Данная дисциплина готовит к решению профессиональной задачи по научно-исследовательскому виду деятельности (основной):

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

получение и использование навыков установления монотонности, аккретивности и d-аккретивности нелинейного оператора в рамках банахова пространства, исследование разрешимости уравнений и вариационных неравенств с операторами указанного класса, нахождение их решений с использованием численных расчётов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина по выбору «Специальные главы теории операторов монотонного типа» включена в перечень вариативной части по выбору, направленной на углубление уровня освоения компетенций. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика. Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: математический анализ, дифференциальные уравнения, функциональный анализ, элементы теории операторов монотонного типа. Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Специальные главы теории операторов монотонного типа», являются функциональный анализ и элементы

теории операторов монотонного типа.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: численные методы, методы оптимизации и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Специальные главы теории операторов монотонного типа» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей и психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1 – Формирование компетенций по дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки магистра			
	1	*2*	*3*	*4*
Код компетенции ПКС-3				
Специальные главы теории операторов монотонного типа			*	
Элементы теории обобщённых функций и гармонический анализ		*		
Асимптотические методы в механике	*			
Применение вейвлетов в математическом моделировании	*			
Математическое моделирование систем управления	*			
Некорректные задачи и методы их решения	*			
Математическое моделирование акустических полей в океане	*			
Прикладные методы в теории самоорганизующихся систем			*	
Виртуальные машины	*			
Бизнес-информатика	*			
Технологическая (проектно-технологическая) практика		*		
Научно-исследовательская работа	*	*	*	
Преддипломная практика				*

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**			**Оценочные средства**	
					Текущего контроля	**Промежуточной аттестации**
ПКС-3. Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научно-исследовательской деятельности.	ИПКС-3.2. Применяет и разрабатывает математические методы для решения задач научно-исследовательской деятельности.	**Знать:** - современную теорию операторов монотонного типа; - приёмы исследования нелинейных монотонных задач; - современную теорию численных методов решения нелинейных задач монотонного типа в рамках банахова пространства; - приёмы исследования нелинейных задач; - современные алгоритмы решения нелинейных монотонных задач и их место в общей теории численных методов решения нелинейных задач.	**Уметь:** анализировать нелинейную математическую модель; - применять теорию операторов монотонного типа для исследования конкретных прикладных задач; - находить параметры, определяющие сходимость численных методов решения нелинейных задач монотонного типа; - оценить преимущества одних методов решения нелинейных задач монотонного типа перед другими; - аргументировано выбрать алгоритм решения нелинейной математической задачи; - применять алгоритмы для приближённого численного решения задач с операторами монотонного типа для исследования конкретных прикладных задач.	**Владеть:** - методикой постановки и анализа нелинейной математической модели; - навыками установления монотонности оператора; - навыками выбора и использования численных методов для решения нелинейных задач монотонного типа.	Вопросы для письменного опроса. Варианты контрольных работ .	Комплект билетов для зачёта.

Код ПС* и ТФ*
40.011,
B/02.6; C/02.6
Трудовые знания:
- методы анализа научных данных
- методы и средства планирования и организации исследований и разработок
Трудовые умения:
- применять методы анализа результатов исследований и разработок

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. 144 часа, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Для студентов очного обучения

Вид учебной работы	**Трудоёмкость в час**	
	Всего час.	**3** сем.
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	**144**	**144**
1. Контактная работа:	**55**	**55**
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	**51**	**51**
занятия лекционного типа (Л)	**34**	**34**
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	**17**	**17**
лабораторные работы (ЛР)		
1.2. **Внеаудиторная, в том числе**	**4**	**4**
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине		
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	**89**	**89**
Реферат (подготовка)	**14**	**14**
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	**15**	**15**
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	**30**	**30**
Подготовка к зачёту (контроль)	**30**	**30**
Подготовка к экзамену (контроль)		

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4–Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (результаты контролируемые) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
3 семестр									
ПКС-1	**Раздел 1.** Некоторые сведения из функционального анализа					подготовка к лекциям 7.1.1(с. 132-149); 7.1.2(с.8-18);			
	Тема 1.1. Необходимые понятия, обозначения и утверждения.	**1**		0,5	2				
	Тема 1.2. О модулях выпуклости и гладкости банаховых пространств.	2		**1**	3				
	Тема 1.3. Равномерно выпуклые функционалы.	1		**0,5**	2				
	Итого по 1 разделу	**4**		**2**	**12**				
ПКС-1	**Раздел 2.** Монотонные операторы в банаховых пространствах					подготовка к лекциям 7.1.2 (с. 47-64);			
	Тема 2.1. Определения, примеры, простейшие свойства	2		1	3				

Планируемые (результаты контролируемые) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 2. 2. Максимальные монотонные операторы.	2		1	3		Опрос по теме: «Примеры монотонных операторов»		
	Итого по 2 разделу	**4**		**2**	**6**				
ПКС-1	**Раздел 3.** Дуальные отображения.					подготовка к лекциям 7.1.2(с. 65-99);			
	Тема 3.1. Понятие дуального отображения и его свойства.	1		1	2				
	Тема 3.2. Запись дуального отображения в явном виде в некоторых банаховых пространствах	1		1	2				
	Тема 3.3. Дуальные отображения в равномерно выпуклых банаховых пространствах	0,5		0,5	1		Опрос по теме «Аналитическая запись дуального отображения и его свойства»		
	Тема 3.4. Дуальные отображения в равномерно гладких банаховых пространствах	0,5		0,5	1				
	Итого по 3 разделу	**3**		3	**6**				
	Раздел 4. Уравнения с максимальными монотонными операторами**.**					подготовка к лекциям 7.1.2(с. 100-131; с. 132-140);			
	Тема 4.1. Уравнения с максимальными монотонными операторами.	2		2	2				
	Тема 4.2. Критерии максимальной монотонности монотонного оператора и их приложения	2		0,5	3				
	Тема 4.3. Максимальные монотонные операторы	2		1	3				

Планируемые (результаты контролируемые) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	и выпуклые функционалы. Достаточные условия максимальной монотонности субдифференциала.								
	Тема 4.4. Уравнения с разрывными монотонными операторами	2		1	2		Самост. Работа на тему : построение индикаторной функции множества, нахождение её субдифференциала и проверка его монотонности		
	Итого по 4 разделу	**8**		4,5	**10**				
ПКС-1	**Раздел 5.** Теорема о максимальной монотонности суммы максимальных монотонных операторов в гильбертовом пространстве и её приложения.					подготовка к лекциям 7.1.2 (с. 118-132)			
	Тема 5.1. Теорема о максимальной монотонности суммы максимальных монотонных операторов в гильбертовом пространстве и её приложения для доказательство разрешимости уравнений с максимальными монотонными операторами.	2		0,5	6				
	Итого по 5 разделу	**2**		**0,5**	**6**				
	Раздел 6. Уравнения с операторами монотонного типа					подготовка к лекциям 7.1.2 (с.140-183)			
	Тема 6.1. Уравнения с полумонотонными операторами	**1**		**0,5**	**2**				
	Тема 6.2. Уравнения с аккретивными операторами	**2**		**0,5**	**3**				
	Тема 6.3. Уравнения с d-аккретивными			**1**	**2**				

Планируемые (результаты контролируемые) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	операторами	**1**							
	Итого по 6 разделу	**4**		**2**	**7**				
	Раздел 7. Приближенные методы решения нелинейных уравнений монотонного типа								
	Тема 7.1.. Непрерывный метод первого порядка для решения нелинейных уравнений монотонного типа.	3		**1,5**	4	подготовка к лекциям 7.1.2 (с.109-225)	РГР на тему: численное решение уравнения с монотонным оператором непрерывным методом.		
	Тема 7.2. Итеративные методы первого порядка для нелинейных уравнений монотонного типа	**3**		**1,5**	**4**				
	Тема 7.3. Численное решение простейших модельных уравнений с операторами монотонного типа непрерывными и итеративными приближёнными методами.	**2**		2	**4**		РГР на тему: численное решение уравнения с монотонным оператором итеративным методом.		
	Итого по 7 разделу	**8**		**5**	**14**				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	**34**		**17**	**59**				
ПКС-1	**РГР**								
	Подготовка к промежуточной аттестации (зачет)				**30**				
	ИТОГО по дисциплине	**34**		**17**	**89**				

6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности освещены в п.11

Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета хранятся на кафедре «Прикладная математика» ауд. 1204 по адресу Н.Новгород, ул. Минина, 24 и находятся в свободном доступе.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5

Шкала оценивания	**Зачет**
85-100	Зачёт
70-84	Зачёт
60-69	Зачёт
0-59	Незачёт

Таблица 6 –Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		Оценка **«неудовлетворительно»** / «не зачтено» 0-59% от максимальной рейтинговой оценки контроля	Оценка **«удовлетворительно»** / «зачтено» 60-74% от максимальной рейтинговой оценки контроля	Оценка **«хорошо» /** «зачтено» 75-89% от максимальной рейтинговой оценки контроля	Оценка **«отлично» /** «зачтено» 90-100% от максимальной рейтинговой оценки контроля
ПКС-3. Способен	ИПКС-3.2. Применяет и	Не может применять и	Может неуверенно	Может применять и	Уверенно применяет и

разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научно-исследовательской деятельности.	разрабатывает математические методы для решения задач научно-исследовательской деятельности.	разрабатывать математические методы для решения задач научно-исследовательской деятельности.	применять и разрабатывать математические методы для решения задач научно-исследовательской деятельности.	разрабатывать математические методы для решения задач научно-исследовательской деятельности.	разрабатывает математические методы для решения задач научно-исследовательской деятельности.

Таблица 7. Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокиий уровень «5» (отлично)	оценку **«отлично»** заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку **«хорошо»** заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку **«удовлетворительно»** заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

7.1.1. Рязанцева И.П. Функциональный анализ: Учебное пособие / И. П. Рязанцева. – Нижний Новгород: НГТУ, 2011. - 261 с.

7.1.2. Рязанцева И.П. Избранные главы теории операторов монотонного типа: Монография / И. П. Рязанцева. – Нижний Новгород: НГТУ, 2008. - 272 с.

7.2. Справочно – библиографическая литература

7.2.1. AlberYa., Ryazantseva I. Nonlinear ill-posed problems of monotone type.- Springer, 2006.- 410 p.

7.2.2. Треногин В.А. Функциональный анализ: Монография / В.А. Треногин. – Москва: Наука, 1980. – 496 с.

8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

8.1. Перечень информационных справочных систем

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: http://elibrary.ru/defaultx.asp

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/.
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://elib.tolgas.ru./ - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа:http://znanium.com/. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://openedu.ru/. - Загл с экрана.
5. *Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа:http://polpred.com/. – Загл. с экрана.*
6. *Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.viniti.ru. – Загл. с экрана.*
7. *Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://uisrussia.msu.ru/. – Загл. с экрана.*

8.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 8. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	E-LIBRARY.ru	http://elibrary.ru/defaultx.asp

Таблица 9. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подпискаDreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
MicrosoftWindows 7 (подпискаMSDN 4689, подпискаDreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	AdobeAcrobatReader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (договор № 31704840788 от 20.03.17)	

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 10 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml
3	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
4	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
5	Информационно-справочная система «Техксперт»	доступ из локальной сети

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации»https://www.nntu.ru/sveden/accenv/

Таблица 11– Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения

В таблице 11 перечислены:

— учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

— помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.

Таблица 12 - Оснащенность аудиторий для проведения учебных занятий по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятель-ной работы	Техническая оснащенностьаудиторий и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	**Ауд. 6142** Компьютерный класс	ПК (12 шт): Gygabyte G31M-ES2L Pentium(R) Dual-Core CPU E5500, 2,5Gb (Тип памяти: ddr2, 2 слота), WDC 320GB, 250GB	**Программное обеспечение свободного распространения** – Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0) – Adobe Acrobat Reader 11 (проприетарное ПО) – Google Chrome? Mozilla Firefox - браузеры – 7-zipдляWindows (свободнораспространяемоеПО, лицензияGNULGPL); **Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе** – Microsoft Windows7 (подпискаDreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) – Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); – Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подпискаDreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18) – Mathcad 15 (лицензияPKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13) – Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021, до 26.05.22)
2	Ауд. 6143 Компьютерный класс	ПК (12 шт): Intel Core 2 Duo, 2000 MHz Asus n13219 ASRock Видеокарты: NvidiaGeforse 7600 GS - 3шт MSI NX6200TC-E(MS-8991) -3шт ATI Radeon X1550 – 2шт Sapphire – 1шт NvidiaGeforse 8500 GT – 1шт 2Gb (Тип памяти: ddr2, 4 слота) HDD 250GB, HDD 500 GB	**Программное обеспечение свободного распространения** – Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0) – Adobe Acrobat Reader 11 (проприетарное ПО) – Google Chrome? Mozilla Firefox - браузеры – 7-zipдляWindows (свободнораспространяемоеПО, лицензияGNULGPL); **Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе** – Microsoft Windows7 (подпискаDreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) – Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); – Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подпискаDreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18) – Mathcad 15 (лицензияPKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13) - Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021, до 26.05.22)
3	**Ауд. 6251** Компьютерный класс	ПК (12 шт): Intel Core i3-2120 3300 MHz RAM 8Gb (Типпамяти: ddr3, 2 слота) ST1000DM003 ATA 1TB gtx 730 - 4gb	**Программное обеспечение свободного распространения** – Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0) – Adobe Acrobat Reader 11 (проприетарное ПО) – Google Chrome? Mozilla Firefox - браузеры – 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNULGPL);

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятель-ной работы	Техническая оснащенностьаудиторий и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
			Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе – Microsoft Windows7 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) – Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); – Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подпискаDreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) – Mathcad 15 (лицензияPKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13) - Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021, до 26.05.22)
4	**Ауд. 6252** Компьютерный класс	ПК (12 шт): Biostar Group G31D-M7 Pentium(R) Dual-Core CPU E5300 2 Gb (Тип памяти: ddr2, 2 слота) ST3250318AS 250GB	**Программное обеспечение свободного распространения** – Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0) – Adobe Acrobat Reader 11 (проприетарное ПО) – Google Chrome? Mozilla Firefox - браузеры – 7-zip для Windows (свободнораспростра-няемое ПО, лицензиеяGNULGPL); **Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе** – Microsoft Windows7 (подпискаDreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) – Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); – Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подпискаDreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) – Mathcad 15 (лицензияPKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13) - Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021, до 26.05.22)
5	**Ауд. 6253** Компьютерный класс	ПК (12 шт): Biostar Group G31D-M7 Pentium(R) Dual-Core CPU E5300 2 Gb (Тип памяти: ddr2, 2 слота) ST3250318AS 250GB	**Программное обеспечение свободного распространения** – Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0) – Adobe Acrobat Reader 11 (проприетарное ПО) – Google Chrome? Mozilla Firefox - браузеры – 7-zip для Windows (свободнораспростра-няемое ПО, лицензиеяGNULGPL); **Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе** – Microsoft Windows7 (подпискаDreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятель-ной работы	Техническая оснащенностьаудиторий и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
			– Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); – Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подпискаDreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) – Mathcad 15 (лицензияPKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13) Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021, до 26.05.22)
6	**Ауд. 6254** Компьютерный класс	ПК (12 шт): Intel Core i3-2120 3300 MHz RAM 8Gb (Тип памяти: ddr3, 2 слота) ST1000DM003 ATA 1TB gtx 730 - 4gb	**Программное обеспечение свободного распространения** – Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0) – Adobe Acrobat Reader 11 (проприетарное ПО) – Google Chrome? Mozilla Firefox - браузеры – 7-zip для Windows (свободнораспростра-няемое ПО, лицензиеяGNULGPL); **Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе** – Microsoft Windows7 (подпискаDreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) – Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); – Microsoft Visual Studio 2008/2010/2013/2015/2017 (подпискаDreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18) – Mathcad 15 (лицензияPKG-7543-FN, MNT-PKG-7543-FN-T2, договор № 28-13/13-057 от 26.02.13) - Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021, до 26.05.22)

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговуюсистему контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

11.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4) . Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

11.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой

дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 7.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11.4. Методические указания для выполнения РГР

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы при выполнении РГР.

12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

12.1.1. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Понятие линейного нормированного пространства.
2. Определение скалярного произведения, его свойства.
3. Понятие полного пространства.
4. Определение гильбертова пространства.
5. Определение пространства Банаха.
6. Сильная и слабая сходимость в банаховом пространстве.
7. Сопряжённое пространство.
8. Непрерывности нормы и скалярного произведения.
9. Отношение дуальности, его непрерывность.
10. Неравенство Коши-Буняковского в банаховом пространстве.
11. Определение выпуклого множества.
12. Определение выпуклого функционала. Примеры.
13. Производная Гато функционала, её свойство для выпуклого функционала.
14. Производная оператора по Гато и по Фреше.
15. Необходимое и достаточное условие экстремума выпуклого дифференцируемого по Гато функционала.
16. Достаточные условия существования экстремума функционала.
17. Равномерно гладкие и равномерно выпуклые банаховы пространства.
18. Модуль гладкости и модуль гладкости банахова пространства.
19. Модули выпуклости и модули гладкости пространств Лебега.

20. Определения монотонного оператора в банаховом пространстве.
21. Примеры монотонных операторов.
22. Локальная ограниченность монотонного оператора во внутренней точке его области определения. Пример неограниченного монотонного оператора.
23. Доказательство эквивалентности хеми- и деминепрерывности для монотонного оператора.
24. Максимальные монотонные операторы. Максимальная монотонность монотонного хеминепрерывного оператора.
25. Определение дуального отображения в банаховом пространстве и его простейшие свойства.
26. Дуальные отображения в пространствах Лебега и Соболева.
27. Дуальные отображения в равномерно гладких пространствах.
28. Дуальные отображения в равномерно выпуклых пространствах.
29. Дуальные отображения в пространствах Лебега.
30. Операторы обобщенного проектирования на выпуклое замкнутое множество банахова пространства.
31. Достаточные условия разрешимости уравнений с максимальными монотонными операторами. Примеры.
32. Критерий максимальной монотонности (м. м.) монотонного оператора.
33. Доказательство отсутствия локальной ограниченности м. м. оператора в граничной точке его области определения.
34. Субдифференциал функционала. Его связь с производной Гато для выпуклого функционала. Достаточные условия м.м. субдифференциала.
35. Достаточные условия м. м. суммы м. м. операторов. Применение этого утверждения для доказательства разрешимости операторных уравнений.
36. Индикаторная функция выпуклого множества и ее субдифференциал. Примеры.
37. Понятие вариационного неравенства (в.н.) и его решения.
38. Достаточные условия разрешимости в.н. с м. м. операторами.
39. Непрерывный метод первого порядка для уравнений с м.м. операторами в гильбертовом пространстве.
40. Итеративные методы (явный и неявный) первого порядка для уравнений с м. м. операторами в гильбертовом пространстве.
41. Численное решение непрерывным и итеративными методами модельных нелинейных уравнений с монотонными операторами.
42. Уравнения с разрывными монотонными операторами.
43. Уравнения с полумонотонньми отображениями.
44. Аккретивные операторы.
45. Уравнения с аккретивными операторами.
46. Уравнения с d-аккретивными операторами.
47. Вариационные неравенства с монотонными операторами.
48. Непрерывные методы первого порядка для уравнений с операторами монотонного типа.
49. Итерационные методы первого порядка для уравнений с операторами монотонного типа.
50. Непрерывные методы второго порядка для нелинейных уравнений монотонного типа.
51. Итеративные методы второго порядка для нелинейных уравнений монотонного типа.
52. Численное решение модельных уравнений с операторами монотонного типа непрерывными и итеративными приближёнными методами.

12.1.2. Примеры практических заданий

1. Записать нормы основных банаховых пространств.
2. Доказать выпуклость функционалов:
   $\| x \|, \| x \|^2, \| Ax - f \|, \| Ax - f \|^2$, Equation.3 где $A: X \to X$ - линейный оператор, f - элемент из X на любом выпуклом множестве банахова пространства X. Equation.3
3. Найти градиенты функционалов:
   $\| x \|, \| x \|^2, \| Ax - f \|, \| Ax - f \|^2$, Equation.3 где $A: H \to H$ - линейный оператор, f - элемент из H на любом выпуклом множестве гильбертова пространства H. Equation.3
4. $A: R^1 \to R^1, \quad Ax = x^3 + x + 5$. Доказать, что А – сильно монотонный и коэрцитивный оператор.
5. $A: H \to H, \quad H = L^2[a,b], \quad Au = c(x,|u(x)|)u(x), \quad c(x,s) \geq 0, \forall x \in [a,b], \quad \forall s \geq 0$ и функция $c(x,s)$ не убывает по s. Доказать монотонность оператора А.
6. Исследовать разрешимость уравнения $Ax = f$, где оператор A определён в примерах 4 и 5.
7. Оператор $A: H \to H$, $H = L^2[a,b]$ определяется равенством

$$Au = \begin{cases} \dfrac{u(x)}{a_1 + a_2 u(x)}, & u(x) \geq 0, \\ 0, & u(x) < 0, \end{cases}$$

   где $a_1 > 0, a_2 > 0$. Доказать монотонность оператора A. Исследовать разрешимость уравнения $Ax = f$ в зависимости от элемента $f \in H$.
8. Оператор $A: R \to R$ определяется следующим образом:

$$Ax = \begin{cases} \operatorname{arctg}(3x) + 2x + a, & x \leq -1, \\ x^3 + \sqrt[5]{x} + b, & x \in (-1, 2], \\ e^{3x} + x + c, & x > 2, \end{cases}$$

   элемент $f = 12$. Подобрать параметры a, b, c так, чтобы оператор А был непрерывным. Доказать однозначную разрешимость уравнения $Ax = f$ и найти его решение методом деления отрезка пополам с точностью $\varepsilon = 0{,}001$.

9. Оператор $A: R^2 \to R^2$ определяется следующим образом:
   $Y = AX, Y = (y_1, y_2), \quad X = (x_1, x_2)$, где
   $y_1 = x_1^3 + 7x_1 - 3x_2 + 4, \; y_2 = 2x_2^5 + 3x_1 + 6x_2 + 5$. Доказать однозначную разрешимость уравнения $AX = F, F = \{2, -2)$, и найти его решение методом Ньютона с точностью $\varepsilon = 0{,}001$.

10. Построить субдифференциалы заданных функционалов из R в R:

$$a)\ \varphi(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0, \\ -x, & x < 0; \end{cases} \qquad b)\ \varphi(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0; \end{cases}$$

$$c)\ \varphi(x) = \begin{cases} 2x - 2, & x > 1. \\ 0, & x \in [-1,1], \\ -2x - 2, & x < -1. \end{cases}$$

11. Построить индикаторную функцию заданного множества Ω и найти её субдифференциал:
   a) $\Omega = \{x \mid \| x \| \le r\}$; *b*) Ω - первая четверть координатной плоскости;
   c) Ω - угол в первой четверти, ограниченный прямыми
   $y = k_1 x, \quad y = k_2 x, \ k_1 > k_2 > 0.$
12. Численно решить уравнение $Bx = f$, где $B = A + E$, операторы A определены в примерах 8 и 9, а E - единичный оператор, непрерывным и итеративными методами.

12.1.3. Примеры для численных расчетов

Задача 1. Для заданного оператора $A: R \to R$ подобрать параметры a, b, c так, чтобы оператор A был непрерывным. Доказать монотонность оператора A и однозначную разрешимость уравнения $Ax = f$ и найти его решение методом деления отрезка пополам с точностью $\varepsilon = 0{,}001$.

1.1. $$Ax = \begin{cases} \operatorname{arctg}(3x) + 2x + a, & x \le -1, \\ x^3 + \sqrt[5]{x} + b, & x \in (-1, 2], \\ e^{3x} + x + c, & x > 2, \end{cases} \qquad f = 12.$$

1.2. $$Ax = \begin{cases} x - \exp(-x) + 2 + a\operatorname{arctg}(3x) + 2x + a, & x < 2, \\ x^3 - arctgx + b, & x \in [2, 4), \\ c \ln x, & x \ge 4, \end{cases} \qquad f = 5.$$

1.3. $$Ax = \begin{cases} ax + \operatorname{arctg}x + 2x + a, & x \le 1, \\ \ln(1 + x) + b, & x \in (1, 4], \\ x^2 + 2x + c, & x > 4, \end{cases} \qquad f = -2.$$

1.4. $$Ax = \begin{cases} x^3 + \operatorname{arctg}(2x) + a, & x < -3, \\ x + \sin\dfrac{\pi x}{4} + b, & x \in (-3, 2], \\ x^3 + \sqrt[3]{x} + c, & x > 3, \end{cases} \qquad f = -2.$$

1.5. $$Ax=\begin{cases} x^3+\sqrt[5]{x}+a, & x<-3,\\ x+2\sin\dfrac{\pi x}{6}+b, & x\in[-3,3],\\ x^5+c, & x>3,\end{cases} \qquad f=4.$$

1.6. $$Ax=\begin{cases} 2x-\exp(-2x)+6+a, & x\le 4,\\ 3x^3-2arctgx+b, & x\in(4,6],\\ x^3+\sqrt[4]{x}+c, & x>6,\end{cases} \qquad f=4.$$

1.7. $$Ax=\begin{cases} x^3+2x+4+a, & x<-2,\\ x^5+\cos\dfrac{\pi x}{2}+b, & x\in[-2,3],\\ x+\sqrt[3]{x}+c, & x>3,\end{cases} \qquad f=4.$$

1.8. $$Ax=\begin{cases} 3\operatorname{arctg}x+2x+a, & x\le 1,\\ 3x+\sqrt[3]{x}+b, & x\in(1,4),\\ 2\exp(2x)-x+c, & x\ge 4,\end{cases} \qquad f=3.$$

1.9. $$Ax=\begin{cases} x^3+x+1+a, & x<-1,\\ x^3+\cos\dfrac{\pi x}{2}+b, & x\in[-1,3],\\ x+\sqrt[3]{x+1}+c, & x>3,\end{cases} \qquad f=4.$$

1.10. $$Ax=\begin{cases} 3\operatorname{arctg}(x+1)+2x+a, & x\le 2,\\ 3x+\sqrt[3]{x}+b, & x\in(2,4),\\ 2\exp(2x+1)-x+c, & x\ge 4,\end{cases} \qquad f=3.$$

Задача 2. Численно решить уравнение $Bx=f$, где $B=A+E$, оператор A определен в примере 1, а E - единичный оператор,

а) непрерывным методом, используя метод Рунге-Кутты-Мерсона с точностью ε=0.001;

б) явным и неявным итерационными методами первого порядка с точностью ε=0.001. Указать значение и описать выбор постоянной Липшица L.

Задача 3. Оператор $A: R^2 \to R^2$ определяется равенством

$$AX = (a_1 x_1^{\alpha} + b_1 x_1 + c_1 x_2 + d_1 \exp(x_1),\ a_2 x_2^{\beta} + b_2 x_1 + c_2 x_2 - d_2 \exp(-x_2),$$

где $X = (x_1, x_2),\quad \alpha = 3,\ \beta = 5.$

3.1. Доказать, что A сильно монотонный и коэрцитивный оператор.

3.2. Доказать существование единственного решения уравнения $AX = F$ и найти его с точностью $\varepsilon = 0{,}01$ методом Ньютона при двух различных начальных точках.

Указание. Напомним, что метод Ньютона для уравнения $AX = F$ определяется формулой

$$x^{n+1} = x^n - [A'(x^n)]^{-1} A x^n,$$

где начальная точка $x^0 = \{x_1^{\,0}, x_2^{\,0}\}$ задаётся, матрица размера 2x2 определяется следующей формулой

$$A'(x) = \begin{pmatrix} \frac{\partial y_1}{\partial x_1} & \frac{\partial y_1}{\partial x_2} \\ \frac{\partial y_2}{\partial x_1} & \frac{\partial y_2}{\partial x_2} \end{pmatrix}, \qquad AX = (y_1, y_2),$$

$[A'(x)]^{-1}$ – обратная матрица.

3.3. Найти решение уравнения непрерывным методом с точностью $\varepsilon = 0{,}01$ и $\varepsilon = 0{,}001,$ распечатать найденные приближения и значения $\varepsilon,$ при которых они найдены.

3.4. Решить уравнение явным и неявным итерационным методом с точностью до 0, 01. Численно проверить устойчивость неявного метода к возмущениям правой части.

Варианты расчётного задания.

ВАРИАНТ	a_1	b_1	c_1	d_1	a_2	b_2	c_2	d_2	F^T
1	**1**	**10**	**3**	**1**	**1**	**-3**	**7**	**5**	**(15,10)**
2	**2**	**9**	**-2**	**1**	**1**	**2**	**6**	**5**	**(8, 4)**
3	**3**	**8**	**-4**	**2**	**1**	**4**	**4**	**4**	**(9,13)**

4	**4**	**7**	**4**	**2**	**1**	**-4**	**5**	**4**	**(13,-2)**
5	**5**	**-6**	**5**	**3**	**1**	**-5**	**3**	**3**	**(19,2)**
6	**6**	**5**	**-5**	**4**	**2**	**5**	**2**	**3**	**(10,6)**
7	**7**	**4**	**6**	**5**	**2**	**-6**	**2**	**2**	**(22,0)**
8	**8**	**3**	**-6**	**6**	**2**	**6**	**1**	**2**	**(11,7)**
9	**9**	**2**	**-1**	**7**	**2**	**1**	**1**	**1**	**(17,5)**
10	**10**	**1**	**1**	**8**	**2**	**-1**	**2**	**1**	**(20,2)**
11	**11**	**11**	**1**	**9**	**3**	**7**	**2**	**7**	**(14,19)**
12	**12**	**12**	**1**	**10**	**3**	**-7**	**4**	**-7**	**(-7,31)**
13	**13**	**13**	**2**	**-9**	**3**	**8**	**4**	**5**	**(-1,20)**
14	**14**	**14**	**3**	**-3**	**3**	**-8**	**3**	**-6**	**(-8,23)**
15	**15**	**15**	**5**	**-4**	**3**	**9**	**4**	**6**	**(4,25)**
16	**16**	**16**	**6**	**-5**	**4**	**-9**	**5**	**8**	**(8,26)**
17	**17**	**17**	**7**	**-6**	**4**	**3**	**6**	**-8**	**(5,15)**
18	**18**	**18**	**8**	**-7**	**4**	**-2**	**6**	**9**	**(17,21)**
19	**19**	**19**	**9**	**-8**	**4**	**-10**	**7**	**-9**	**(-8,30)**
20	**20**	**20**	**10**	**-10**	**4**	**10**	**5**	**10**	**(10,29)**

12.2. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

12.2.1. Оператор обобщённого проектирования и его применение при построении методов первого порядка для монотонных вариационных неравенств.

12.2.2. Вариационные неравенства с полумонотонными операторами.

12.2.3. Вариационные неравенства с псевдомонотонными операторами.

12.2.4. Метод Ньютона-Канторовича для монотонных уравнений.

12.2.5. Метод с кубической скоростью сходимости для уравнений с равномерно монотонным оператором.

12.2.6. Уравнения с d-аккретивными операторами.

12.2.7. Уравнения с полумонотонньми отображениями.

12.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: *зачет предполагается в устно-письменной форме по накопительной системе.*

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: зачёт *(по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования при дистанционном обучении).*

Устно-письменная форма по экзаменационным билетам предполагается, как правило, для сдачи академической задолженности.

12.3.1

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»(НГТУ)

Кафедра **«ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА»**
Дисциплина **«ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОПЕРАТОРОВ**

МОНОТОННОГО ТИПА»

БИЛЕТ № 1

1. Теорема. Если оператор A: X -> X является монотонным хеминепрерывным и коэрцитивным, то уравнение Ax = f разрешимо для любого элемента f из банахова пространства X.

2. Оператор A:H -> H является нерастягивающим, E - единичный оператор в H. Показать, что оператор A обладает свойством монотонности.

Экзаменатор
проф. Рязанцева И.П.

Зав. каф.
проф. Куркин А.А.

12.3.2

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»(НГТУ)

Кафедра **«ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА»**
Дисциплина «**ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОПЕРАТОРОВ МОНОТОННОГО ТИПА**»

БИЛЕТ № 2

1. Доказать максимальную монотонность монотонного хеминепрерывного оператора A: X -> X.

2. Проверить, обладает ли оператор A: R2 ->R2 свойством коэрцитивности, если AX={x1^3+10x1+3x2, x2^5 - 3x1+7x2}, X={x1, x2}.

Экзаменатор
проф. Рязанцева И.П.

Зав. каф.
проф. Куркин А.А.

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации размещен в банке вопросов данного курса дисциплины «Элементы теории операторов монотонного типа» на кафедре «Прикладная математика» ауд. 1204 по адресу Н.Новгород, ул. Минина, 24.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИРИТ

_____
“____”_____202__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины
Б.1.В.ДВ. 3 «Специальные главы теории операторов монотонного типа»
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки магистра
Направление: 01.04.02 Прикладная математика и информатика
Направленность: «Математическое моделирование и компьютерные технологии»
Форма обучения очная
Год начала подготовки: 2021
Курс 2
Семестр 3
а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.
б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) ……..;
2) ……..;
3) ……

Разработчик (и): Рязанцева И.П., д.ф.-м.н., профессор
_____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)
«__»_____2021_г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ПМ
_____ протокол № _____ от «__» _____2021__г.

Заведующий кафедрой А.А. Куркин

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ___ПМ_____«__» _____ 2021_г.

Методический отдел УМУ:_____ «__» _____2021_ г.

РЕЦЕНЗИЯ
на рабочую программу дисциплины «Специальные главы теории операторов монотонного типа»
ОП ВО по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, направленность «Математическое моделирование и компьютерные технологии» (квалификация выпускника – магистр)

Ерофеевой Ларисой Николаевной, доцентом кафедры «Высшая математика» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, к.ф.-м.н. (далее по тексту рецензент) проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Специальные главы теории операторов монотонного типа» ОП ВО по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, направленность «Математическое моделирование и компьютерные технологии» (магистратура), разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Прикладная математика» (разработчик – Рязанцева Ирина Прокофьевна, профессор)

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа *соответствует* требованиям ФГОС ВО по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика. Программа *содержит* все основные разделы, *соответствует* требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе ***актуальность*** учебной дисциплины в рамках реалии-зации ОП ВО *не подлежит сомнению* – дисциплина по выбору относится к базовой части учебного цикла – Б1.

Представленные в Программе ***цели*** дисциплины *соответствуют* требованиям ФГОС ВО направления 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

В соответствии с Программой за дисциплиной «Специальные главы теории операторов монотонного типа» закреплено ПКС-3. Дисциплина и представленная Программа *способны реализовать* их в объявленных требованиях.

Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть *соответствуют* специфике и содержанию дисциплины и *демонстрируют возможность* получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «Специальные главы теории операторов монотонного типа» составляет 4 зачётных единицы (144 часа). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин *соответствует* действительности. Дисциплина «Специальные главы теории операторов монотонного типа» взаимосвязана с другими дисциплинами ОП ВО и Учебного плана по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, и возможность дублирования в содержании отсутствует.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий *соответствуют* специфике дисциплины.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, *соответствуют* требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (письменный устный опрос) *соответствуют* специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета, что *соответствует* статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, *соответствуют* специфике дисциплины и требованиям к выпускникам. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 наименования, дополнительной литературой – 2 наименований и *соответствует* требованиям ФГОС ВО направления 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Специальные главы теории операторов монотонного типа» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине « Специальные главы теории операторов монотонного типа».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Специальные главы теории операторов монотонного типа» ОП ВО по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, направленность «Математическое моделирование и компьютерные технологии» (квалификация выпускника – магистр), разработанная Рязанцевой И.П., профессором кафедры «Прикладная математика», соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Зав. кафедрой «Высшая математика»
Нижегородского государственного
технического университета им. Р.Е. Алексеева,
к.ф.-м.н., доцент Л.Н. Ерофеева