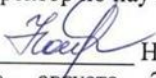


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»  
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования  
Кафедра высшей математики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе

  
Н.А. Ильина  
«30» августа 2016 г.

### ТЕОРИЯ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАТОРОВ В ПРОСТРАНСТВАХ С ИНДЕФИНИТНОЙ МЕТРИКОЙ

Программа учебной дисциплины вариативной части  
для направления подготовки 01.06.01 Математика и механика  
Направленность (профиль): Вещественный, комплексный и функциональный анализ  
(очная и заочная форма обучения)

Составитель:  
Владова Е.В., кандидат физико-  
математических наук, доцент,  
Штраус В.А., доктор физико-  
математических наук, доцент.

Рассмотрено и утверждено на заседании ученого совета факультета физико-  
математического и технологического образования  
(протокол от « 22 » июня 2016 г. № 9 ).

Ульяновск, 2016

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Рабочая программа дисциплины «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования для программ магистратуры по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утверждённого приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 866 (зарегистрировано в Минюсте России 25.08.2014 № 33837) и в соответствии с учебным планом.

**Цель дисциплины** – введение аспирантов в систему идей и методов одного из разделов функционального анализа, сочетающего развитие абстрактной теории и ее использование для решения широкого круга задач из различных областей математики, а также ее приложений, формирование умения работать с математическими объектами высокого уровня абстракции, развитие соответствующего типа мышления.

### **Задачи дисциплины:**

1. сформировать у аспирантов систему базовых понятий, связанных с геометрией пространств с индефинитной метрикой и свойствами линейных операторов в таких пространствах; познакомить с важнейшими результатами спектральной теории операторов в случае  $J$ -метрики и  $G$ -метрики, с принципами получения этих результатов и их важнейшими приложениями;
2. формировать умение сопоставлять результаты теории операторов, действующих в пространствах различного типа, проверять утверждения о свойствах операторов известными методами с использованием при их обосновании теории метрических, банаховых, гильбертовых пространств и пространств с индефинитной метрикой;
3. развивать навыки использования геометрического языка в описании аналитических объектов, умение переводить утверждения с одного математического языка на другой, а также описывать нематематические объекты на подходящем математическом языке;
4. развивать аналитическое мышление, навыки самостоятельного получения и обоснования математических утверждений, общую математическую культуру.

### **Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока дисциплин (Б1.В.ДВ.01.01). Альтернативная дисциплина – «Высокопроизводительные вычисления в математических исследованиях».

При изучении дисциплины требуются знания по теории меры и интеграла, теории аналитических функций и уверенное владение стандартными курсами математического анализа и теории дифференциальных уравнений высших учебных заведений с повышенным уровнем математической подготовки.

Знания и умения, полученные при изучении дисциплины «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой», используются при изучении оригинальной научной литературы по теме диссертации и проведении самостоятельных исследований. Часть учебного материала входит в программу кандидатского экзамена по специальности 01.01.01 – Вещественный, комплексный и функциональный анализ (специальная часть).

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой» проводятся на третьем году обучения в аспирантуре (при очной и заочной формах обучения).

### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

Изучение дисциплины «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой» направлено на формирование следующих компетенций.

#### **Общие профессиональные компетенции:**

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

#### **профессиональные компетенции:**

- способность приводить информацию к проблемно-задачной форме, строить математические модели объектов и процессов из различных предметных областей (ПК-3);

- способность осуществлять научную коммуникацию в области математики, представлять результаты математического исследования в виде докладов, статей, монографий (ПК-4).

В результате изучения курса аспирант должен:

#### **знать**

- основные понятия и теоремы, относящиеся к геометрии пространств Крейна и, в частности, пространств Понтрягина;
- основные результаты теории операторов в пространствах с индефинитной метрикой;
- принципы применения теории пространств с индефинитной метрикой к различным вопросам математического анализа, теории дифференциальных уравнений и др.;

#### **уметь**

- сопоставлять результаты, относящиеся к пространствам Понтрягина и Крейна, с результатами, относящимися к гильбертовым пространствам;
- проводить доказательства некоторых результатов функционального анализа в пространствах с индефинитной метрикой и рассуждения аналогичного типа в рамках собственных исследований;
- формулировать задачи исследовательского характера в области теории пространств с индефинитной метрикой, строить модели задач из различных предметных областей в виде задач в пространствах Понтрягина или Крейна;
- выделять генезис, логику развития основных идей функционального анализа, их роль в построении других разделов математики;

#### **владеть**

- языком и символикой функционального анализа, в том числе применительно к пространствам с полуторалинейными формами;
- приёмами построения математических моделей задач из различных разделов анализа и его приложений;
- навыками чтения и понимания аутентичной математической литературы по тематике, связанной с теорией пространств с полуторалинейными формами;

Аспирант **имеет возможность:**

- освоить применение методов теории пространств с полуторалинейными формами к широкому кругу задач функционального анализа и его приложений, в том числе к нерешенным проблемам.

**Структура и содержание дисциплины**  
**«Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы (72 часа): 4 часа – лекции, 8 часов – практическая работа, 60 часов самостоятельной работы. Форма отчетности – зачет.

№ п/п	Раздел дисциплины	Год обучения (очная/заочная форма)	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Формы промежуточной аттестации (по итогам освоения дисциплины)
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
1.	Геометрия пространств с индефинитной метрикой	3/3	2	2	20	реферат
2.	Линейные операторы в пространствах с индефинитной метрикой		2	2	20	реферат
3.	Некоторые приложения теории пространств с индефинитной метрикой			4	20	реферат
Всего			<b>4</b>	<b>8</b>	<b>60</b>	зачет

**Содержание дисциплины**

**Тема 1. Геометрия пространств с индефинитной метрикой**

Аксиоматика пространства Крейна. Каноническое разложение. Топология, порожденная дефинитным скалярным произведением, отвечающим каноническому разложению. Канонические проекторы и каноническая симметрия. Дефинитные и семидефинитные линеалы. Максимальные семидефинитные подпространства и максимальные дефинитные линеалы, максимальные нейтральные подпространства. Изотропные векторы линеала, вырожденные и невырожденные линеалы, разложение вырожденного линеала в - ортогональную сумму изотропного линеала и максимального невырожденного линеала.  $J$ -ортогональные дополнения и их свойства. Кососвязанные линеалы. Проекционно полные пространства Крейна. Полнота дефинитных подпространств во внутренней метрике и равномерная дефинитность. Разложимые и неразложимые линеалы; разложение подпространства с помощью спектрального разложения соответствующего оператора Грама; закон инерции, индекс инерции подпространства. Угловые операторы и характеристика

равномерно дефинитных пространств в терминах угловых операторов. - ортонормированные базисы.

Пространства Понтрягина и их геометрические свойства.

Сингулярные пространства с  $\epsilon$ -метрикой.

## **Тема 2. Линейные операторы в пространствах с индефинитной метрикой**

$J$ -сопряженный оператор линейного оператора в пространстве Крейна и сопряженный относительно скалярного произведения.  $J$ -диссипативные операторы и их спектральные свойства.  $J$ -симметрические операторы и их спектральные свойства.  $J$ -самосопряженные операторы и их спектральные свойства. Проекторы Рисса. Дефинизируемые  $J$ -самосопряженные операторы. Плюс-операторы и строгие плюс-операторы.  $J$ -несжимающие операторы.  $J$ -изометрические,  $J$ -полуунитарные,  $J$ -унитарные операторы: устойчивость и сильная устойчивость, дефинизируемость. Преобразования Кэли-Неймана, Потапова-Гинзбурга, Крейна-Шмульяна. Метод неподвижной точки и существование максимальных семидефинитных инвариантных подпространств у самосопряженных и унитарных операторов, диссипативных операторов, плюс-операторов в пространствах Понтрягина и Крейна. Выделение инвариантных подпространств с помощью проектора Рисса.  $J$ -спектральная функция и  $J$ -спектральное разложение  $J$ -самосопряженных и  $J$ -унитарных операторов. Компактные операторы и полнота в индефинитной метрике системы собственных векторов. Расширения операторов в пространствах с индефинитной метрикой и с выходом в более широкое пространство. Обобщенные резольвенты. Характеристические функции.

## **Тема 3. Некоторые приложения теории пространств с индефинитной метрикой**

Задача С. Л. Соболева о движении симметричного волчка с полостью, наполненной жидкостью. Малые колебания твердого тела с полостью, наполненной жидкостью. Колебания тяжелой вязкой жидкости в открытом неподвижном сосуде.

Канонические дифференциальные уравнения с периодическим гамильтонианом..

Линейный операторный пучок с полуограниченным дифференциальным оператором. Сходимость метода Бубнова-Галеркина.

Граничные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений со спектральным параметром, входящим в краевые условия.

Задачи Штурма-Лиувилля с индефинитной весовой функцией.

Нагруженные интегральные уравнения.

Обобщенная задача Дирихле.

Гиперболические и параболические системы дифференциальных уравнений и диссипативные операторы.

Индефинитная проблема моментов и соответствующие континуальные задачи.

## Образовательные технологии

Выбор образовательных технологий при реализации курса диктуется постановкой следующих педагогических целей:

- 1) **фундаментальная теоретическая подготовка аспирантов**, расширение математического кругозора, формирование цельной картины современной математики, представления о месте в ней функционального анализа, о его связях с другими разделами математики и с приложениями;
- 2) **формирование различных компонентов математической деятельности**, в т.ч. навыков чтения и понимания аутентичной математической литературы, выдвижения и проверки математических гипотез, доказательства теорем, выяснения границ применимости алгоритмов решения определенных классов задач и модификации таких алгоритмов в случае необходимости, доказательства правомерности и оценки погрешностей приближенных методов решения задач и т.д.; освоение компьютерных математических сред как одного из инструментов математической деятельности;
- 3) **формирование навыков профессиональной коммуникации**, в т.ч. ведения математической дискуссии, реферирования математической литературы, составления обзоров по заданной теме, представления новых результатов и др.

Для достижения указанных целей предполагается использование активных методов обучения, в том числе проблемных лекций, аналога case-технологий на практических занятиях, элементов ролевых технологий (генератор идей – критик и т.п.) Предусмотрена большая доля самостоятельной работы исследовательского характера, в частности, ознакомительное или детальное (по выбору аспиранта, в зависимости от тематики его исследовательской работы) знакомство с источниками литературы, содержащими дальнейшее развитие вопросов, включенных в программу (в списке дополнительной литературы отмечены \*).

Предлагается включение заданий на установление связей между фрагментами теории и указанными приложениями, на самостоятельный поиск приложений в математической литературе, на составление аннотированных библиографических указателей по предложенной тематике и др. Подразумевается использование компьютерных технологий не только для поиска информации, но и в плане применения пакетов компьютерной математики. Степень использования компьютерных математических сред и конкретный набор инструментов зависит от смещения акцентов в изучении курса на теоретический или численный аспект задач и определяется научными интересами аспиранта.

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Дисциплина «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой» предполагает ознакомление с современными представлениями о пространствах с топологией, естественным образом задаваемой с помощью билинейной формы, не являющейся положительно определенной. В частности, индефинитная метрика возникает при рассмотрении дополнительных структур в гильбертовом пространстве, при математическом моделировании свойств физического пространства общей теории относительности, в граничных задачах для дифференциальных уравнений и др. Эти проблемы сочетают развитие абстрактной теории, ее использование для решения широкого круга задач из различных областей математики, а также ее приложений. Для прочного и глубокого освоения дисциплины необходимо знать основные понятия и факты классического математического анализа, теории функций действительной переменной, теории функций комплексной переменной.

Успешное изучение данного курса требует от аспиранта активной работы на занятиях, выполнения заданий, ознакомления с основной и дополнительной литературой, большой самостоятельной работы.

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по профилю «Вещественный, комплексный и функциональный анализ».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, коллоквиумах, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- работа с конспектами лекций;
- проработка пройденных лекционных материалов по конспекту лекций, учебникам и пособиям на основании вопросов, подготовленных преподавателем;
- написание рефератов по отдельным разделам дисциплины;
- подготовка научных докладов и творческих работ;
- проработка дополнительных тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины;
- самостоятельное решение сформулированных задач по основным разделам курса;
- работа над проектами;
- изучение обязательной и дополнительной литературы;
- подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.

В целях фиксации результатов самостоятельной работы аспирантов по дисциплине проводится аттестация самостоятельной работы. Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется преподавателем в течение всего семестра.

При освоении дисциплины могут быть использованы следующие формы контроля самостоятельной работы:

- 1) реферат,
- 2) коллоквиум,
- 3) тестовый контроль,
- 4) другие по выбору преподавателя.

Научный руководитель организует самостоятельную работу аспиранта в соответствии с рабочим учебным планом и графиком, рекомендованным преподавателем. Аспирант должен выполнить объем самостоятельной работы, предусмотренный рабочим учебным планом, максимально используя возможности индивидуального творческого и научного потенциала для освоения образовательной программы в целом.

Самостоятельная работа аспирантов может носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер. Самостоятельная работа, носящая репродуктивный характер, предполагает, что в процессе работы аспиранты пользуются методическими материалами и методическими пособиями, в которых указывается, в какой последовательности следует изучать материал дисциплины, обращается внимание на особенности изучения отдельных тем и разделов. Самостоятельная работа, носящая частично-поисковый и поисковый характер, нацеливает аспирантов на самостоятельный

выбор способов выполнения работы, на развитие у них навыков творческого мышления, инновационных методов решения поставленных задач.

Для анализа организации своей самостоятельной работы аспиранту рекомендуется в письменной форме ответить на предлагаемые вопросы и затем критически проанализировать, насколько эффективно он работает самостоятельно.

Во время самостоятельной работы обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам, а также доступом к сети Интернет.

### Фонд оценочных средств

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости,  
для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

№ п/п	КОНТРОЛИРУЕМЫЕ МОДУЛИ, РАЗДЕЛЫ (ТЕМЫ) ДИСЦИПЛИНЫ	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА	КОД ФОРМИРУЕМОЙ КОМПЕТЕНЦИИ <i>общепрофессиональные компетенции</i> (ОПК): ОПК-1	КОД ФОРМИРУЕМОЙ КОМПЕТЕНЦИИ <i>профессиональные компетенции (ПК):</i>	
				ПК- 3	ПК- 4
1	Тема 1. Геометрия пространств с индефинитной метрикой	ОС-1 Реферат	*	*	*
2	Тема 2. Линейные операторы в пространствах с индефинитной метрикой	ОС-2 Реферат	*	*	*
3	Тема 3. Некоторые приложения теории пространств с индефинитной метрикой	ОС-3 Реферат	*	*	*
		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА	ОС 1-3	ОС 1-3	ОС 1-3



### **Оценочное средство 1-3. Реферат.**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»  
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Кафедра высшей математики

#### **Реферат**

**по дисциплине «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой»**

**Задание:** подготовить реферат по выбранному фрагменту темы.

#### **Примерная тематика рефератов по теме 1:**

1. Канонические проекторы и каноническая симметрия.
2. Семидефинитные и индефинитные линейные операторы и подпространства в пространстве Крейна.
3.  $J$ -ортогональные дополнения и проекция. Проекционная полнота.
4. Пространства Понтрягина.
5. Дуальные пары.

#### **Примерная тематика рефератов по теме 2:**

1. Эрмитовы, симметрические и самосопряженные операторы.
2. Плюс-операторы,  $J$ -несжимающие и  $J$ -бинесжимающие операторы.
3. Изометрические, полуунитарные и унитарные операторы.
4. Преобразования Кэли-Неймана.
5. Инвариантные семидефинитные подпространства.

#### **Примерная тематика рефератов по теме 3:**

1. Задача С. Л. Соболева о движении симметричного волчка с полостью, наполненной жидкостью.
2. Канонические дифференциальные уравнения с периодическим гамильтонианом..
3. Линейный операторный пучок с полуограниченным дифференциальным оператором. Сходимость метода Бубнова-Галеркина.
4. Граничные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений со спектральным параметром, входящим в краевые условия.
5. Задачи Штурма-Лиувилля с индефинитной весовой функцией.

#### **Требования к оформлению реферата:**

1. Объем: 5-10 страниц. В рекомендуемый объем работы не входят титульный лист, план, список литературы и приложения.
2. Шрифт – Times New Roman.
3. Размер шрифта – 14.
4. Выравнивание текста – по ширине, кроме титульного листа.

5. Междустрочный интервал – 1,5.
6. Отступ: 1,25.
7. Параметры страницы: размер – А4, поля: сверху, снизу – 2 см, справа – 1,5 см, слева – 2,5 см.
8. Структура реферата:
  - Титульный лист
  - План
  - Основной текст реферата
  - Список литературы (не менее 5 источников)
  - Приложение (не обязательно)

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ульяновский государственный педагогический университет  
имени И.Н. Ульянова»  
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования  
Кафедра высшей математики

РЕФЕРАТ  
по дисциплине «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной  
метрикой»

(ТЕМА РЕФЕРАТА)

отделения

Выполнил(а):  
аспирант(ка) 2 курса  
очного (заочного)

Ф.И.О. (полностью)

Проверил(а): должность,  
ФИО.

Ульяновск, 2016

## Примерные вопросы к зачету

### Раздел «Геометрия пространств с индефинитной метрикой»

1. Аксиоматика пространства Крейна. Каноническое разложение.
2. Топология, порожденная дефинитным скалярным произведением, отвечающим каноническому разложению.
3. Канонические проекторы и каноническая симметрия.
4. Дефинитные и семидефинитные линеалы. Максимальные семидефинитные подпространства и максимальные дефинитные линеалы, максимальные нейтральные подпространства.
5. Изотропные векторы линеала, вырожденные и невырожденные линеалы, разложение вырожденного линеала в  $J$ -ортогональную сумму изотропного линеала и максимального невырожденного линеала.  $J$ -ортогональные дополнения и их свойства.
6. Кососвязанные линеалы. Проекционно полные пространства Крейна. Полнота дефинитных подпространств во внутренней метрике и равномерная дефинитность.
7. Разложимые и неразложимые линеалы; разложение подпространства с помощью спектрального разложения соответствующего оператора Грама; закон инерции, индекс инерции подпространства.
8. Угловые операторы и характеристика равномерно дефинитных пространств в терминах угловых операторов.  $J$ -ортонормированные базисы.
9. Пространства Понтрягина и их геометрические свойства.
10. Сингулярные пространства с  $J$ -метрикой.

### Раздел «Линейные операторы в пространствах с индефинитной метрикой»

11.  $J$ -сопряженный оператор линейного оператора в пространстве Крейна и сопряженный относительно скалярного произведения.  $J$ -диссипативные операторы и их спектральные свойства.  $J$ -симметрические операторы и их спектральные свойства.  $J$ -самосопряженные операторы и их спектральные свойства. Проекторы Рисса.
12. Дефинизируемые  $J$ -самосопряженные операторы. Плюс-операторы и строгие плюс-операторы.  $J$ -несжимающие операторы.  $J$ -изометрические,  $J$ -полуунитарные,  $J$ -унитарные операторы: устойчивость и сильная устойчивость, дефинизируемость.
13. Преобразования Кэли-Неймана, Потапова-Гинзбурга, Крейна-Шмульяна. Метод неподвижной точки и существование максимальных семидефинитных инвариантных подпространств у самосопряженных и унитарных операторов, диссипативных операторов, плюс-операторов в пространствах Понтрягина и Крейна.
14. Выделение инвариантных подпространств с помощью проектора Рисса.  $J$ -спектральная функция и  $J$ -спектральное разложение  $J$ -самосопряженных и  $J$ -унитарных операторов.
15. Компактные операторы и полнота в индефинитной метрике системы собственных векторов.
16. Расширения операторов в пространствах с индефинитной метрикой и с выходом в более широкое пространство. Обобщенные резольвенты. Характеристические функции.

## Раздел «Некоторые приложения теории пространств с индефинитной метрикой»

17. Задача С. Л. Соболева о движении симметричного волчка с полостью, наполненной жидкостью. Малые колебания твердого тела с полостью, наполненной жидкостью. Колебания тяжелой вязкой жидкости в открытом неподвижном сосуде.
18. Канонические дифференциальные уравнения с периодическим гамильтонианом.
19. Линейный операторный пучок с полуограниченным дифференциальным оператором. Сходимость метода Бубнова-Галеркина.
20. Граничные задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений со спектральным параметром, входящим в краевые условия.
21. Задачи Штурма-Лиувилля с индефинитной весовой функцией.
22. Нагруженные интегральные уравнения.
23. Обобщенная задача Дирихле.
24. Гиперболические и параболические системы дифференциальных уравнений и диссипативные операторы.
25. Индефинитная проблема моментов и соответствующие континуальные задачи.

### Критерии формирования зачетной оценки

Цель зачета по дисциплине «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой» - проверить усвоение основной проблематики курса, свободное владение терминологией классического математического и функционального анализа, знание ядра изученных в курсе результатов, понимание основных лежащих в их основе идей, умение проводить доказательные рассуждения, анализировать и оценивать фрагменты математических текстов.

По результатам изучения дисциплины проводится *зачет* в устной форме, по билетам. Билет включает теоретические вопросы из программы зачета. Билет может включать также вопросы тестового характера, в этом случае предполагается письменный ответ. Разрешается использование справочных материалов.

Оценка «зачтено» ставится, если аспирант продемонстрировал указанные выше знания, умения, качества мышления. Аспиранты, не сдавшие зачет, сдают его повторно в соответствии с графиком, разработанным отделом аспирантуры.

### Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Основная литература

1. Азизов Т. Я. Основы теории линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой [Текст] / И.С. Иохвидов. - Москва : Наука, 1986. - 352 с. (Библиотека УлГПУ)
2. Мальцев А. Основы линейной алгебры. СПб.: Лань, 2009. - 480 с. (Библиотека УлГПУ)
3. Шафаревич И.Р. Линейная алгебра и геометрия. - 1. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 512 с. URL: <http://znanium.com/go.php?id=544772>

#### Дополнительная литература

1. Дубровин Б.А. Современная геометрия : методы и приложения [Текст] : [учеб. пособие для физ.-мат. спец. ун-тов] / Б.А. Дубровин, С.П. Новиков, А.Т. Фоменко. - Москва : Наука, 1986. – 759 с. (Библиотека УлГПУ)

2. Компьютерная геометрия : практикум / А.О. Иванов; Д.П. Ильютко; Г.В. Носовский; А.А. Тужилин; А.Т. Фоменко. - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2010. - 388 с. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233999>
3. Надь К. Пространства состояний с индефинитной метрикой в квантовой теории поля. М.: Мир, 1969. 135 с. - (Библиотека сборника "Математика"). URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450392>
4. Фок В. А. Теория пространства, времени и тяготения / В.А. Фок. - Изд. 2-е. - М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. - 566 с. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474062>

#### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский математический портал (свободный доступ к полным текстам статей журналов [Академиздатцентра "Наука" РАН](#)).
2. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/calculus.htm> (библиотека «Мир математических уравнений», книги по математике, математический анализ, функциональный анализ).
3. <http://www.mccme.ru> – Московский центр непрерывного математического образования.
4. <http://ium.mccme.ru/courses.php> - Московский центр непрерывного математического образования, библиотека курсов Независимого Московского университета.
5. <http://lib.mexmat.ru/books> - Электронная библиотека Попечительского совета МГУ.
6. <http://math-portal.ru>
7. <http://reslib.com> – Research library
8. <http://people.virginia.edu>
9. <http://projecteuclid.org>
10. <http://www.springerlink.com>
11. <http://www.encyclopediaofmath.org>
12. <http://myweb.facstaff.wvu.edu>
13. <http://dxdy.ru> Научный форум dxdy: Математика, Физика, Computer Science, LaTeX, Механика и Техника, Химия, Биология и Медицина, Экономика и Финансовая Математика, Гуманитарные науки.

#### **Материально-техническое обеспечение дисциплины «Теория линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой»**

Образовательный процесс обеспечивается достаточным аудиторным фондом, оснащенным необходимым учебным оборудованием.

Для проведения лекционных занятий могут быть использованы лекционные аудитории; специализированные лекционные аудитории (оснащенные аудиовизуальными и мультимедийными средствами). Для проведения практических занятий, а также промежуточного и итогового тестирования используются малые аудитории, компьютерные классы.

**Для проведения аудиторных занятий:**

Наименование специализированных аудиторий и лабораторий	Перечень оборудования
<p align="center">Аудитория № 417 (УлГПУ им. И.Н. Ульянова, пл. 100-летия со дня рождения В.И. Ленина д. 4)</p>	<p>Посадочные места – 50                      Преподавательский стол – 1 шт.                      Столы ученические двухместные – 14 шт.                      Столы ученические трехместные – 8 шт.                      Гумба под компьютер – 1шт.                      Встроенные шкафы – 2 шт.                      Стулья – 50 шт.                      Мультимедийный класс в составе: интерактивная система SMART Board SB 685. Ноутбук HP Pavilion g6-2364.                      Доска – 1 шт.                      Жалюзи – 3 шт.                      Стул из кожи черный – 1 шт.</p>

**Помещения для самостоятельной работы аспирантов:**

компьютерные классы (с выходом в Интернет), библиотека (с выходом в Интернет)

<p>Медиацентр (УлГПУ им. И.Н. Ульянова, пл. 100-летия со дня рождения В.И. Ленина д. 4)</p>	<p>73 моноблока, соединённых локальной компьютерной сетью; беспроводная сеть Wi-Fi; стационарный проектор; экран; 5 ЖК-мониторов, 2 ЖК-панели; система видеоконференцсвязи – PolycomHDX6000HD; акустическая система: вокальная аудиосистема и акустические колонки. Секционные столы-18шт.</p>
<p>Читальный зал (электронная библиотека, (УлГПУ им. И.Н. Ульянова, пл. 100-летия со дня рождения В.И. Ленина д. 4)</p>	<p>Ноутбуки 15,6 ACER Packard Bell EasyNote ENTE11HC-B9604G50MNKS 8 шт.                      Ноутбук Lenovo IdeaPad B590 Intel Pentium Dual-Core B960 2.2ГГц 4G/500G/DVD-RW15.6*/Windows 7 Home -7шт.</p>