



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЕиС
И.Ю. Мезин
25.09.2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методы вычисления спектров операторов

Направление подготовки (специальность)
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Уровень высшего образования – прикладной бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Прикладной математики и информатики
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск
2017 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 Информатика и вычислительная техника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 г. № 228)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Прикладной математики и информатики
7.09.2017, протокол № 1

Зав. кафедрой  С.И. Кадченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
25.09.2017 г. протокол № 1

Председатель  И.Ю. Мезин

Согласовано:

Зав. кафедрой Прикладной математики и информатики

 С.И. Кадченко

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ПМиИ, канд. физ.-мат. наук

 А.Л. Анисимов

Рецензент:

начальник информационного отдела АО "Инвестиционная компания Профит"

 С.В. Горшин,

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью курса «Методы вычисления спектров операторов » является изучение методов и вычислительных алгоритмов нахождения спектров линейных операторов.

1. Изучение классических точных и итерационных методов вычисления спектра линейного оператора.
2. Изучение основ программирования в пакете MATLAB.
3. Обучение программированию алгоритмов вычисления спектров операторов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы вычисления спектров операторов » Б1.В.ДВ.02.01 входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик: Математический анализ, Операционные системы, Алгебра и геометрия, Комплексный анализ, Практикум по математическому анализу, Функциональный анализ, Абстрактная алгебра, Численные методы.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Прикладная математика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1 способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий	
Знать	- методы построения алгоритмов вычисления спектров линейных операторов точными и итерационными методами и реализация их в виде программных продуктов в пакете MATLAB;
Уметь	- уметь строить алгоритмы вычисления спектров линейных операторов точными и итерационными методами и реализовывать их в виде программных продуктов в пакете MATLAB
Владеть	- практическими навыками специфики использования методов при исследовании задач практических задач.
ПК-2 способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	
Знать	- теоретические основы методов вычисления спектров линейных операторов, условий сходимости итерационных методов, методов оценки продолжительности вычислений;
Уметь	- уметь строить методы вычисления спектров линейных операторов, проверять условия сходимости итерационных методов, методов оценки продолжительности вычислений;
Владеть	- практическими навыками специфики работы в системе MATCAD.

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 69,4 акад. часов;
- аудиторная – 66 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,4 акад. часов
- самостоятельная работа – 38,9 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основы программирования в пакете MATLAB.								
1.1. Общая характеристика методов решения систем линейных алгебраических уравнений. Классификация. Точные и итерационные методы, их достоинства и недостатки	8	2		4	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №1 «Программирование в системе Matlab»	- консультации по решению ИДЗ №1, - защита ИДЗ №1. Программирование в системе Matlab "	ОПК-1, ПК-2
1.2. Интерфейс системы MATLAB. Командное окно. Рабочее пространство.		2		4/2И	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №1 «Программирование в системе Matlab»	- консультации по решению ИДЗ №1, - защита ИДЗ №1. Программирование в системе Matlab "	ОПК-1, ПК-2
1.3. Вычисления в системе MATLAB. Действительные и комплексные числа. Матрицы и особенности матричных операций		2		4/2И	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №1 «Программирование в системе Matlab»	- консультации по решению ИДЗ №1, - защита ИДЗ №1. Программирование в системе Matlab "	ОПК-1, ПК-2
1.4. Программирование функций в системе MATLAB. Синтаксис определения и вызова. Конструкции управления		2		4/2И	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №1 «Программирование в системе Matlab»	- консультации по решению ИДЗ №1, - защита ИДЗ №1. Программирование в системе Matlab "	ОПК-1, ПК-2

Итого по разделу	8		16/6И	14				
2. Точные методы вычисления спектров линейных операторов .								
2.1 Собственные пары матриц. Характеристическое уравнение. Сопровождающая матриц. Основные свойства	8	2		4	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №2 Точные методы вычисления спектров	- консультации по решению ИДЗ №2 защита ИДЗ № 2 Точные методы вычисления спектров	ОПК-1, ПК-2
2.2 Метод Зейделя. Случай нормальной системы. Алгоритм. Примеры.		2		4/2И	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №2 Точные методы вычисления спектров	- консультации по решению ИДЗ №2 защита ИДЗ № 2 Точные методы вычисления спектров	ОПК-1, ПК-2
2.3. Сходимость метода Зейделя. Достаточные условия сходимости. Оценка погрешности приближений метода Зейделя по разным нормам.		2		4/2И	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №2 Точные методы вычисления спектров	- консультации по решению ИДЗ №2 защита ИДЗ № 2 Точные методы вычисления спектров	ОПК-1, ПК-2
2.4. Степенной метод. Вычисления наибольшего собственного числа. РМ-алгоритм. SP-алгоритм		2		4/2И	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №2 Точные методы вычисления спектров	- консультации по решению ИДЗ №2 защита ИДЗ № 2 Точные методы вычисления спектров	ОПК-1, ПК-2
Итого по разделу	8		16/6И	14				
3. Итерационные методы вычисления спектров линейных операторов.								
3.1 Обратные итерации. INVIT-алгоритм. Обратные итерации с переменным сдвигом.	8	2		4/2И	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №3 Итерационные методы вычисления спектров	- консультации по решению ИДЗ №3 защита ИДЗ № 3 Итерационные методы вычисления спектров	ОПК-1, ПК-2
3.2 Метод вращений Якоби для симметричной проблемы. Классический метод. Циклический метод с барьерами		2		4/2И	3,5	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №3 Итерационные методы вычисления спектров	- консультации по решению ИДЗ №3 защита ИДЗ № 3 Итерационные методы вычисления спектров	ОПК-1, ПК-2
3.3. LU и QR алгоритмы. Несимметричные задачи. Разложение Шура		2		4/2И	3,9	- подготовка к практическим занятиям, - выполнение ИДЗ №3 Итерационные методы вычисления спектров	- консультации по решению ИДЗ №3 защита ИДЗ № 3 Итерационные методы вычисления спектров	ОПК-1, ПК-2

Итого по разделу	6		12/6И	10,9			
4. Экзамен							
4.1 Экзамен	8						ОПК-1, ПК-2
Итого по разделу							
Итого за семестр	22		44/18И	38,9		ЭКЗАМЕН	
Итого по дисциплине	22		44/18 И	38,9		ЭКЗАМЕН	

5 Образовательные технологии

1. Традиционные образовательные технологии. Организация образовательного процесса, предполагает прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий:

- информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами.
- практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

В ходе проведения практических занятий (в интерактивной форме), а также в процессе самостоятельной работы студентов предусматривается использование средств ИКТ и пакетов прикладных программ при выполнении индивидуальных заданий и самоподготовки, в частности, математического пакета MATLAB.

2. Технологии проблемного обучения. Организация образовательного процесса предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий:

- проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

- лекция «вдвоем» (бинарная лекция) – изложение материала в форме диалогического общения двух студентов (заранее подготовившихся) или студента и преподавателя (например, реконструкция диалога исторических личностей – свидетелей открытия какого-либо научного факта; «ученого» и «практика» и т.д.).

- практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

- самостоятельная работа (с консультациями преподавателя) на основе кейс-метода – обучение в контексте моделируемой ситуации, воспроизводящей реальные условия научной, производственной. Обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них. Кейсы базируются на реальном фактическом материале или же приближены к реальной ситуации.

3. Информационно-коммуникационные образовательные технологии. Организация образовательного процесса с применением специализированных программных сред и технических средств работы с информацией (информационную среду университета MOODUS MOODLE).

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Спектральные методы анализа: Учебное пособие / Пашкова Е.В., Волосова Е.В., Шипуля А.Н. - Москва :СтГАУ - "Агрис", 2017. - 56 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/976630> (дата обращения: 28.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы: Учебник / Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М., - 8-е изд., 90ЭЛ. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. - 639 с.: ISBN 978-5-9963-2616-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/539069> (дата обращения: 28.10.2020). – Режим доступа: по подписке.
2. Пименов, В. Г. Численные методы: разностные схемы решения уравнений : учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 134 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10892-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453444> (дата обращения: 28.10.2020).
3. Уравнения математической физики. Нелинейные интегрируемые уравнения : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / А. В. Жибер, Р. Д. Муртазина, И. Т. Хабибуллин, А. Б. Шабат. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 375 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-03041-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/437563> (дата обращения: 28.10.2020).
4. Полянин, А. Д. Уравнения и задачи математической физики в 2 ч часть 1 : справочник для академического бакалавриата / А. Д. Полянин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 261 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01644-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/437082> (дата обращения: 28.10.2020).
5. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 256 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/437088> (дата обращения: 28.10.2020).

в) методические указания

1. Калиткин, Н. Н. Численные методы: Учебное пособие / Калиткин Н.Н., - 2-е изд., исправленное. - СПб:БХВ-Петербург, 2015. - 587 с. ISBN 978-5-9775-2575-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/944508> (дата обращения: 28.10.2020). – Режим доступа: по подписке.
2. Пантелеев, А. В. Численные методы. Практикум : учебное пособие / А.В. Пантелеев, И.А. Кудрявцева. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 512 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-012333-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1028969> (дата обращения: 28.10.2020). – Режим доступа: по подписке.
3. Практикум по курсу "Уравнения математической физики" : методические указания / [сост.: О. А. Торшина]; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2012 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2668.pdf&show=dcatalogues/1/1131371/2668.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
4. Давыдов, А. П. Методы математической физики. Классификация уравнений и постановка задач. Метод Даламбера. Курс лекций : учебное пособие / А. П. Давыдов, Т. П. Злыднева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2412.pdf&show=dcatalogues/1/1130111/>

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Far Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
МАХИМА	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Git	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Международная справочная система «Полпред» polpred.com отрасль «Образование, наука»	URL: http://education.polpred.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа Доска, мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Компьютерные классы, 372 (1-5), 142, 144 для проведения практических занятий Доска, персональные компьютеры с пакетом MSOffice, MATLAB и выходом в Интернет, Комплекс методических разработок (раздаточного материала и методических указаний) и\или комплекс тестовых заданий для подготовки и проведения промежуточных и рубежных контролей

Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, MATLAB, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Доска, мультимедийный проектор, экран

Комплекс методических разработок (раздаточного материала и методических указаний) и\или комплекс тестовых заданий для подготовки и проведения промежуточных и рубежных контролей

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования
Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
Раздел 1. Спектр самосопряженного оператора			
1.1. Положительно определенные операторы.	Конспектирование монографий, статей, первоисточников (с составлением конспекта). ОЛ 1.	16	Проверка конспектов. Опрос, обсуждение
1.2. Неограниченные операторы. Симметричность и самосопряженность. Расширение положительно определенного оператора.	Конспектирование монографий, статей, первоисточников. ОЛ1, ДЛ 1-2	16	Опрос, обсуждение. Проверка конспектов.
1.3. Спектр самосопряженного оператора. Вполне непрерывные возмущения.	Конспектирование монографий, статей, первоисточников (с составлением конспекта). ОЛ 2, ДЛ 1	12	
Итого по разделу		44	
Раздел 2. Методы вычисления спектра			
2.1. Процесс Ритца. Метод Бубнова-Галеркина.	Конспектирование монографий, статей, первоисточников (с составлением конспекта). ОЛ 2, ДЛ 3	12	Проверка конспектов. Опрос, обсуждение
2.2. Метод Леверрье. Спектральный след.	Конспектирование монографий, статей, первоисточников (с составлением конспекта). ОЛ 2	12	Проверка конспектов. Опрос, обсуждение
2.3. Методы А.Н. Крылова и А.М. Данилевского.	Конспектирование монографий, статей, первоисточников (с составлением конспекта). ОЛ 3, ДЛ 2	12	Опрос, обсуждение. Проверка конспектов.
Итого по разделу		36	

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
Раздел 3. Оператор Штурма-Лиувилля			
3.1. Оператор Штурма-Лиувилля: основные свойства оператора.	Конспектирование монографий, статей, первоисточников (с составлением конспекта). ОЛ 3, ДЛ 3	10	Проверка конспектов. Опрос, обсуждение
3.2. Признаки ограниченности и дискретности спектра.	Конспектирование монографий, статей, первоисточников (с составлением конспекта). Подготовка к экзамену ОЛ 1-3, ДЛ 1-3	16	Проверка конспектов. Опрос, обсуждение
Итого по разделу		26	

Приложение 2.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1 способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий		
Знать	Основные теоремы спектральной теории дифференциальных операторов, новые научные результаты, которые можно применить в области прикладной математики и информатики	<i>Перечень теоретических вопросов</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие спектра линейного оператора. 2. Нахождение собственных чисел. Вековое уравнение. 3. Алгоритм нахождения собственного вектора.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		4. Основы программирования в пакете MATLAB.
Уметь	<p>решать задачи, требующие навыков абстрактного мышления.</p> <p>применять методы спектральной теории дифференциальных операторов для решения математических задач.</p>	<p><i>Практические задания</i></p> <p>3.54. Выяснить, является ли оператор $\tilde{A}(x) = (2x_1 - x_3; x_3; x_1 - x_2)$ линейным, если вектор $x = (x_1, x_2, x_3)$.</p> <p>3.55. Найти матрицу линейного оператора $y = A(x) = (x_1 + x_2 - x_3; 2x_3; 2x_2 + 5x_3)$, где $x = (x_1, x_2, x_3)$ в том базисе, в котором даны координаты векторов x, y.</p> <p>3.57. Матрица линейного оператора в базисе (e_1, e_2, e_3) имеет вид:</p> $A = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 1 \\ 3 & 1 & 0 \\ 2 & -1 & 1 \end{pmatrix}.$ <p>Найти матрицу A^* этого оператора в базисе (e_1^*, e_2^*, e_3^*), если $e_1^* = 3e_1 + e_2 + 2e_3, e_2^* = 2e_1 + e_2 + 2e_3, e_3^* = -e_1 + 2e_2 + 5e_3$.</p> <p>1. Докажите, что собственные векторы линейного оператора, соответствующие различным собственным значениям, линейно независимы. 2. Найти собственные значения тождественного и нулевого операторов в Гильбертовом пространстве X.</p> <p>3. Пусть A линейный оператор и оператор A^{-1} существует. Докажите, что A и A^{-1} имеют одни и те же собственные векторы.</p> <p>4. Пусть x_1, x_2 собственные векторы линейного оператора A с различными собственными значениями. Покажите, что вектор $\alpha x_1 + \beta x_2, (\alpha \neq \beta)$ не</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>является собственным для оператора A.</p> <p>5. Найдите собственные значения и собственные векторы операторов $A: l_2 \rightarrow l_2$, если для $x = (x_1, x_2, x_3, \dots) \in l_2$:</p> <p>a) $Ax = (x_1 + x_2, x_2 + x_3, \dots)$;</p> <p>b) $Ax = (x_2, x_3, \dots)$;</p> <p>c) $Ax = (0, x_1, x_2, \dots)$.</p> <p>6. В пространстве $C[0; 1]$ рассмотрим оператор $Ax(t) = \frac{dx}{dt}$. Найдите собственные значения и собственные векторы оператора A, если:</p> <p>a) $D(A) = \{x(t) \in C^1[0; 1]\}$;</p> <p>b) $D(A) = \{x(t) \in C^1[0; 1], x(0) = 0\}$.</p>
Владеть	<p>эффективными методами анализа и синтеза</p> <p>навыками исследования и разработки математических моделей;</p> <p>навыками и методиками обобщения результатов решения математической проблемы.</p> <p>Методами исследования в этой дисциплине.</p> <p>Практическими навыками использования знаний в других дисциплинах</p>	<p><i>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</i></p> <p>Матричное представление линейного ограниченного оператора.</p> <p>Однозначное определение линейного ограниченного оператора матрицей.</p> <p>Программная реализация.</p> <p>Метод Леверрье.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2 способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат		
Знать	основные методы спектрального анализа, применяемые при решении теоретических и прикладных математических задач, основные понятия, подходы и методы прикладной математики и информатики; основные концепции и принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	<p><i>Перечень теоретических вопросов</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Процесс ортогонализации Грамма-Шмидта. 2. Неограниченные операторы. Симметричность и самосопряженность. 3. Расширение положительно определенного оператора. 4. Классификация точек спектра. 5. Спектры расширений и расщеплений. 6. Спектр самосопряженного оператора. 7. Вполне непрерывные операторы. 8. Метод А.Н. Крылова. Нахождение собственных чисел. 9. Метод А.Н. Крылова. Нахождение собственных функций. 10. Метод А.М. Данилевского. Нахождение собственных чисел. 11. Метод А.М. Данилевского. Нахождение собственных функций. 12. Метод простой итерации.
Уметь	применять методы спектрального анализа в научно-исследовательских и научно-производственных работах, применять современные подходы и методы решения прикладных задач.	<p><i>Практические задания</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ортогонализировать заданную систему векторов в пространстве $L_2[0; 1]$: $1, x, x^2, x^3, \dots, x^n, \dots$ 2. Построить ортонормированный базис линейной оболочки заданной системы векторов. 3. Методом Крылова найти характеристический полином матрицы

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 & 4 \\ 2 & 4 & 1 & 1 \\ 3 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$ <p>4. Методом Данилевского найти собственные векторы оператора, заданного в матричной форме</p> $A = \begin{pmatrix} 6,1818 & 0,1818 & 0,3141 & 0,1415 & 0,1516 & 0,2141 \\ 0,1818 & 7,1818 & 0,2141 & 0,1815 & 0,1526 & 0,3141 \\ 0,3141 & 0,2141 & 8,2435 & 0,1214 & 0,2516 & 0,2618 \\ 0,1415 & 0,1815 & 0,1214 & 0,3141 & 0,3145 & 0,6843 \\ 0,1516 & 0,1526 & 0,2516 & 0,3145 & 5,3116 & 0,8998 \\ 0,2141 & 0,3114 & 0,2613 & 0,6343 & 0,8998 & 4,1313 \end{pmatrix}.$ <p>5. Методом Зейделя решить систему с точностью $\epsilon = 10^{-3}$:</p> $\begin{cases} 20,9x_1 + 1,2x_2 + 2,1x_3 + 0,9x_4 = 21,70, \\ 1,2x_1 + 21,2x_2 + 1,5x_3 + 2,5x_4 = 27,46, \\ 2,1x_1 + 1,5x_2 + 19,8x_3 + 1,3x_4 = 28,76, \\ 0,9x_1 + 2,5x_2 + 1,3x_3 + 32,1x_4 = 49,72. \end{cases}$ <p>6. Методом вращений Якоби найти собственные значения и собственные векторы матрицы</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$A = \begin{pmatrix} 5 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$
Владеть	<p>навыками организации научно-исследовательских и научно-производственных работ;</p> <p>навыками проведения критического анализа современных достижений;</p> <p>навыками и методиками обобщения результатов научной деятельности;</p> <p>навыками междисциплинарного применения новых полученных результатов.</p>	<p><i>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</i></p> <p>Лабораторная работа №2</p> <p>Методы Крылова, Данилевского и простой итерации для нахождения собственных чисел и собственных функций оператора, заданного в матричной форме</p> <p>Лабораторная работа №3</p> <p>Процесс ортогонализации Грамма-Шмидта. Программная реализация</p>

Перечень примерных вопросов к экзамену по курсу

1. Характеристическое уравнение.
2. Сопровождающая матрица.
3. Метод Зейделя. Случай нормальной системы.
4. Достаточные условия сходимости метода Зейделя..
5. Оценка погрешности приближений процесса итерации..
6. Оценка погрешности приближений метода Зейделя по m -норме.
7. Оценка погрешности приближений метода Зейделя по l -норме.
8. Вычисления наибольшего собственного числа.
9. PM-алгоритм.
10. SP-алгоритм.
11. INVIT-алгоритм.
12. Обратные итерации с переменным сдвигом.
13. Метод вращений Якоби.
14. Циклический метод с барьерами.
15. LU и QR алгоритмы.
16. Разложение Шура.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «**Методы вычисления спектров операторов**» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по дисциплине проводится по результатам отчетности на лабораторных работах с опросом в устной форме по билетам экзамена.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- на оценку «**отлично**» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку «**хорошо**» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку «**удовлетворительно**» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку «**неудовлетворительно**» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку «**неудовлетворительно**» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.