



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель программы аспирантуры
1.1.6. «Вычислительная математика»

Алексеев Г.В.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента
Математического и компьютерного
моделирования

Сущенко А.А.

« 28 » июня 2022 г.

« 28 » июня 2022 г..

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Метод конечных элементов

1.1.6. «Вычислительная математика» (физико-математические науки)

курс 2 семестр 1

лекционные занятия 8 час. / з.е.

практические занятия 10 час. / з.е.

с использованием МАО лек. /пр. 10 /лаб. час.

всего часов контактной работы 18 час.

в том числе с использованием МАО час., в электронной форме час.

самостоятельная работа 54 час.

зачет 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 1.1.6. «Вычислительная математика» .

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента математического и компьютерного моделирования , протокол № 20 от « 20 » июня 20 22 г.

Директор департамента Сущенко А.А.

Составители: Алексеев Г.В., Максимов П.А.

I. Рабочая программа актуализирована на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Директор департамента математического и компьютерного моделирования

(подпись)

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа актуализирована на заседании департамента:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Директор департамента математического и компьютерного моделирования

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Метод конечных элементов» предназначена для аспирантов, обучающихся по программе аспирантуры 1.1.6. «Вычислительная математика» (физико-математические науки).

Трудоемкость – 2 з.е. (72 часа). Дисциплина включает в себя 8 часов лекций, 10 часов практических занятий и 54 часа самостоятельной работы. Обучение осуществляется в 3 семестре. Формы промежуточной аттестации: зачет (3 семестр).

Целью дисциплины является обучение аспирантов одному из эффективных проекционных методов решения задач вычислительной математики и основным правилам применения его для дискретизации и численного решения краевых задач математической физики.

Задачи дисциплины:

1. Развить у аспирантов целостное представление о проекционных методах, включая методы коллокаций, Галеркина, Бубнова-Галеркина, Ритца, наименьших квадратов и метод конечных элементов;

2. научить аспирантов качественному анализу свойств дискретных задач, являющихся МКЭ – аппроксимациями непрерывных задач, и, в частности, исследованию сходимости приближенных решений к точному при стремлении к нулю шага разностной сетки либо стремлении к бесконечности размерности конечномерного подпространства, в котором ищется приближенное решение;

3. научить методам решения систем разностных уравнений, возникающих при дискретизации краевых задач математической физики методом конечных элементов.

Для успешного изучения дисциплины «Метод конечных элементов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способностью к абстрактному мышлению, анализу и синтезу
- способностью создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках
- готовностью к саморазвитию, самореализацию, использованию творческого потенциала
- способностью находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие знания, умения и навыки:

Формулировка требований	Этапы формирования	
Способность разрабатывать численные модели для решения научных проблем и задач	Знает	теоретические основы численного моделирования, численные методы решения задач математической физики
	Умеет	анализировать математические модели
	Владеет	Способностью разрабатывать численные модели для решения научных проблем и задач
Способность углубленного анализа проблем корректности численных алгоритмов для решения задач математической физики	Знает	методы, используемые для анализа корректности численных алгоритмов для решения задач математической физики
	Умеет	создавать и анализировать численные математические модели, разрабатывать численные методы и алгоритмы решения задач математической физики
	Владеет	Способностью углубленного анализа проблем корректности численных алгоритмов для решения задач математической физики
Способность к анализу задач математической физики, построению и исследованию соответствующих математических моделей	Знает	теоретические основы и методы, используемые для анализа задач математической физики, построения и исследования соответствующих математических моделей
	Умеет	анализировать задачи математической физики, разрабатывать и исследовать соответствующие математические модели
	Владеет	Способностью к анализу задач математической физики, построению и исследованию соответствующих математических моделей
Способность использовать современные методы обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий	Знает	стратегию применения программных продуктов для обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий
	Умеет	создавать и анализировать существующие численные алгоритмы решения дифференциальных уравнений, интерпретировать полученные результаты с применением компьютерных технологий
	Владеет	навыками использования современных методов обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий
Способность профессионально излагать результаты	Знает	требования оформления результатов своих исследований и представления их в виде научных публикаций и презентаций

своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	Умеет	профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций
	Владеет	Способностью профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций

Для формирования вышеуказанных требований в рамках дисциплины «Метод конечных элементов» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: мини-лекции с актуализацией изучаемого содержания, презентации с использованием доски, книг, видео, слайдов, компьютеров и т.п., с последующим обсуждением материалов, обратную связь с формированием общего представления об уровне владения знаниями аспирантов, актуальными для занятия, разминки с вопросами, ориентированными на выстраивание логической цепочки из полученных знаний (конструирование нового знания), коллективные решения творческих задач, которые требуют от аспирантов не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат большой или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов, работу в малых группах (дает всем аспирантам возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения).

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(8 час., в том числе 0 час. с использованием методов активного обучения)

РАЗДЕЛ 1. Вариационные формулировки основных краевых задач. (3 час).

Тема 1. Сущность метода конечных элементов. Постановки основных краевых задач: пяти задач для обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го и 4-го порядков и трех задач для уравнений второго порядка эллиптического типа **(1 час.)**.

Тема раскрывается с использованием интерактивной формы обучения - презентации с использованием доски и компьютера с последующим обсуждением материалов.

Тема 2. Постановки основных краевых задач: задача Дирихле для простейшего ОДУ 2-го порядка (задача 1), задача Дирихле для ОДУ 2-го порядка с переменными коэффициентами (задача 2), смешанная краевая задача для ОДУ 2-го порядка с переменными коэффициентами (задача 3), задача Дирихле для ОДУ 4-го порядка с переменными коэффициентами

(задача 4), смешанная краевая задача для ОДУ 4-го порядка (задача 5), смешанная краевая задача для двумерного уравнения Лапласа (задача 6), смешанная краевая задача для двумерного уравнения Гельмгольца (задача 7), третья краевая задача для уравнения конвекции-диффузии (задача 8). **(1 час.)**.

Тема 3. Вариационные формулировки задачи 1. Вариационные формулировки задач 2 и 3. Вариационные формулировки задач 4 и 5. Вариационные формулировки задач 6 и 7. Вариационные формулировки задачи 8 **(1 час.)**.

РАЗДЕЛ 2. Проекционные методы дискретизации краевых задач (2 час).

Тема 4. Сущность метода проекций (моментов). Метод коллокаций для задачи 1. Метод Галеркина для задачи 1. Метод Бубнова-Галеркина для задачи 1. Методы Ритца и наименьших квадратов для задачи 1. Основная теорема для метода Ритца. Методы коллокаций, Галеркина, Ритца и наименьших квадратов для других одномерных задач **(1 час.)**.

Тема 5. Сущность метода проекций дискретизации многомерных краевых задач. Методы коллокаций и Галеркина для задач 6 и 7. Методы Бубнова-Галеркина и Ритца для задач 6 и 7. Методы наименьших квадратов для задач 6 и 7. Проекционные методы для задачи 8. **(1 час.)**.

Тема раскрывается с использованием интерактивной формы обучения - мини-лекции с актуализацией изучаемого содержания.

РАЗДЕЛ 3. Метод конечных элементов дискретизации краевых задач (3 час).

Тема 6. Понятие сплайна. Степень и дефект сплайна. Свойства сплайнов. Использование сплайнов в качестве базисных функций. Применение МКЭ для решения задачи 1. Исследование сходимости МКЭ для задачи 1. Применение МКЭ для решения задачи 2. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 2. Применение МКЭ для решения задачи 3. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 3. Применение МКЭ для решения задач 4 и 5. **(1 час.)**.

Тема 7. Основные этапы МКЭ для двумерных задач. Триангуляция области и построение базисных функций. Формирование матрицы коэффициентов. Введение барицентрических координат. Формирование матрицы в случае прямоугольной области I **(1 час.)**.

Тема 8. Вычисление коэффициентов матрицы, отвечающих внутренним узлам. Вычисление коэффициентов, обусловленных краевыми условиями 3-го

рода. Построение разностной схемы на основе МКЭ. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 6. Применение МКЭ для решения задачи 7. Применение МКЭ для решения задачи 8. (1 час.).

Тема раскрывается с использованием интерактивной формы обучения – «обратную связь» с формированием общего представления об уровне владения знаниями аспирантов, актуальными для занятия.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(10 час., в том числе 0 час. с использованием методов активного обучения)

Занятие 1. Выдача задания №1: численное решение одномерной задачи. Выбора алгоритма. (2 час)

Занятие проводится в интерактивной форме разминки с вопросами, ориентированными на выстраивание логической цепочки из полученных знаний (конструирование нового знания).

Занятие 2. Описание программы, реализующей численный метод. (1 час)

Занятие 3. Составление и отладка программы. (1 час)

Занятие 4. Проведение численных экспериментов. Анализ результатов. (1 час)

Занятие 5. Выдача задания № 2: численное решение двумерной задачи. Выбора алгоритма. (1 час)

Занятие проводится в интерактивной форме - коллективное решение творческой задачи, которое требует от аспирантов не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов.

Занятие 6. Описание программы, реализующей численный метод. (1 час)

Занятие 7. Составление и отладка программы. (1 час)

Занятие 8. Проведение численных экспериментов. Анализ результатов. (1 час)

Занятие проводится в интерактивной форме работы в малых группах (дает всем аспирантам возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения).

Занятие 9. Защита отчетов по выполнению задания. (1 час)

Лабораторные работы (0/0 час.)

Курс не предусматривает лабораторных работ.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Метод конечных элементов» представлено в приложении 1 и включает в себя:

3 семестр			
№ п / п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Оценочные средства	
		текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Темы 1-3	Собеседование	Зачет, вопросы 1-15
2	Занятие 1-4	Расчетно-графическая задача	Зачет, вопросы 1-15
3	Темы 4-8	Собеседование	Зачет, вопросы 1-31
4	Занятие 5-9.	Расчетно-графическая задача	Зачет, вопросы 1-31

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Амосов, А.А. Вычислительные методы / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. – СПб.: Лань, 2014. – 672с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42190
2. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации. Кн.1 / Ф.П. Васильев. – М.: МЦНМО, 2011. – 624с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=9304
3. Волков, К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. – М.: Физматлит, 2012. – 468с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59637
4. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации. Кн.2 / Ф.П. Васильев. – М.: МЦНМО, 2011. – 434с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=9305
5. Даутов, Р.З. Программирование МКЭ в MATLAB: Учебное пособие/ Р.З. Даутов. – Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2010. – 71с.
<http://window.edu.ru/resource/069/76069>

Дополнительная литература

1. Гергель В.П., Фурсов В.А. Лекции по параллельным вычислениям: Учебное пособие. - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. - 164 с. <http://window.edu.ru/resource/552/72552>
2. Вервейко Н.Д., Семькина Т.Д., Гребенников Д.Ю., Яковлев А.Ю. Применение метода конечных элементов в механике сплошных сред: Учебно-методическое пособие. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. - 51 с. <http://window.edu.ru/resource/152/27152>
3. Фирсов, Д.К. Метод контрольного объёма на неструктурированной сетке в вычислительной механике: Учебное пособие / Д.К. Фирсов. – Томск: ТГУ, 2007. – 72с. <http://window.edu.ru/resource/903/71903>
4. Смирнов В.В. Метод конечных элементов. Учебное пособие. <http://window.edu.ru/resource/978/32978>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>
4. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>
5. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>
6. Мир математических уравнений. Книги по математике <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/probability.htm>
7. Математическое моделирование <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1028588>
8. Журнал «Математическое моделирование» http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&option_lang=rus
9. Математическое моделирование. Как вычислительные методы меняют жизнь <https://postnauka.ru/courses/84608>
10. Математическое моделирование в Matlab <https://matlab.ru/solutions/tech-calc/mathmod>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D945. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D549.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18.

	<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07,</p> <p>Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</p> <p>ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018.</p> <p>AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2</p> <p>Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</p>
3.	MS Teams	

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина изучается в следующих организационных формах: лекции, практические занятия и самостоятельная работа аспиранта. Аспирант должен планировать график самостоятельной работы по дисциплине и придерживаться его.

Основной формой самостоятельной работы аспиранта является выполнение проекта, а также подготовка докладов для практических занятий.

К практическим занятиям следует готовиться. Для этого необходимо знать программу курса и рекомендованную литературу. Необходимо повторить основные разделы таких курсов, как «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики», чтобы осваивать новый материал более эффективно. Аспиранту необходимо активно участвовать в дискуссиях, не бояться задавать вопросы преподавателю и другим участникам.

Контроль за выполнением самостоятельной работы аспиранта производится в виде контроля каждого этапа работы, отраженного в документации, и защиты проекта.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D945. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D549. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18. Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team

	<p>консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Licensing Subscribtion Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07,</p> <p>Adobe Creative Cloud for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscribtion New Контракт №ЭА-667-17 от 08.02.2018.</p> <p>ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018.</p> <p>AutoCAD Electrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2</p> <p>Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</p>
3.	MS Teams	



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Метод конечных элементов»
1.1.6. «Вычислительная математика»

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

3 семестр

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Виды СРС	Всего часов	Форма контроля
1.	1-5 неделя обучения	Изучение теоретического материала темы 1 по лекциям, решение задач ПЗ-1	14	Собеседование
2.	6-11 неделя обучения	Изучение теоретического материала темы 2 по лекциям, решение задач ПЗ-2-3	16	Собеседование
3.	12-17 неделя обучения	Изучение теоретического материала темы 3 по лекциям, решение задач ПЗ-4	16	Собеседование
4.	18 неделя	Подготовка к зачету	8	
5.		ВСЕГО	54	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Рекомендации по работе с литературой

Для более эффективного освоения и усвоения материала рекомендуется ознакомиться с теоретическим материалом по той или иной теме до проведения практического занятия. Всю учебную литературу желательно изучать «под конспект».

Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала.

Работу с теоретическим материалом по теме можно проводить по следующей схеме:

- название темы;
- цели и задачи изучения темы;
- основные вопросы темы;
- характеристика основных понятий и определений, необходимых для усвоения данной темы;
- краткие выводы, ориентирующие на определенную совокупность сведений, основных идей, ключевых положений, систему доказательств, которые необходимо усвоить.

При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении консультаций, либо в индивидуальном порядке.

Методические указания по подготовке к практическим занятиям

Подготовку к каждому практическому занятию каждый студент должен начать с изучения теоретического материала и ознакомления с планом, который отражает содержание предложенной темы. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы по теме задания, правильном выполнении лабораторной работы.

В процессе практического занятия студент должен создать требуемый документ с помощью предлагаемого программного средства и выполнить требуемые в задании операции, либо подготовить к дискуссии теоретический материал по предложенной теме.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Метод конечных элементов»
1.1.6. «Вычислительная математика»

Паспорт ФОС

Формулировка требований	Этапы формирования	
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Знает	методы исследования процессов и явлений, составляющих содержание прикладной математики и информатики.
	Умеет	анализировать математические модели, работать в электронно-библиотечных системах
	Владеет	методами исследования прикладной математики и информатики, современными информационно-коммуникационными технологиями в области прикладной математики и информатики
Способность к разработке, обоснованию и тестированию эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий	Знает	теоретические основы и методы решения дифференциальных уравнений, методы решения обобщенных краевых задач
	Умеет	создавать и анализировать непрерывные математические модели, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач
	Владеет	современными методами решения дифференциальных уравнений, основами численных методов решения краевых задач
Способность к разработке и обоснованию качественных и приближенных методов исследования математических моделей различных объектов и явлений	Знает	методы, используемые для анализа корректности динамических систем и оптимального управления, методы решения некорректных задач
	Умеет	разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач, обобщенных краевых задач
	Владеет	современными методами решения некорректных задач оптимального управления динамическими системами, основами численных методов решения некорректных краевых задач
Способность к разработке, анализу и исследованию математических методов моделирования	Знает	теоретические основы и методы, используемые для построения динамических систем и оптимального управления, методы решения обобщенных краевых задач
	Умеет	создавать математические модели динамических систем и оптимального управления, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач

различных объектов и явлений	Владеет	современными методами решения задач оптимального управления динамическими системами, основами численных методов решения краевых задач
------------------------------	---------	---

3 семестр			
№ п / п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Оценочные средства	
		текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Темы 1-3	Собеседование	Зачет, вопросы 1-15
2	Занятие 1-4	Расчетно-графическая задача	Зачет, вопросы 1-15
3	Темы 4-8	Собеседование	Зачет, вопросы 1-31
4	Занятие 5-9.	Расчетно-графическая задача	Зачет, вопросы 1-31

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Формулировка требований	Этапы формирования		критерии	показатели
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	методы исследования процессов и явлений, составляющих содержание прикладной математики и информатики.	Сформированные представления о методах исследования процессов и явлений, составляющих содержание прикладной	Способность дать ответы на вопросы о существующих методах

			математики и информатики	
	умеет (продвинутый)	анализировать математические модели, работать в электронно-библиотечных системах	Умение анализировать математические модели Умение работать в электронно-библиотечных системах	Способность найти нужные для решения задач методы
	владеет (высокий)	методами исследования прикладной математики и информатики, современными информационно-коммуникационными технологиями в области прикладной математики и информатики	Успешное и систематическое применение методов исследования фундаментальной и прикладной математики Успешное и систематическое применение современных информационно-коммуникационными технологий в области математики и механики	Способность пояснить выбор методов
Способность к разработке, обоснованию и тестированию эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий	знает (пороговый уровень)	теоретические основы и методы решения дифференциальных уравнений, методы решения обобщенных краевых задач	Сформированные представления о теоретических основах и методах, используемых для решения дифференциальных уравнений и обобщенных краевых задач	Способность дать ответы на вопросы
	умеет (продвинутый)	создавать и анализировать непрерывные математические модели, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач	Умение создавать непрерывные математические модели, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач	Наличие разработанных моделей, методов и алгоритмов решения некорректных задач

	владеет (высокий)	современными методами решения дифференциальных уравнений, основами численных методов решения краевых задач	Успешное и систематическое применение методов решения дифференциальных уравнений, основных численных методов решения краевых задач	Способность объяснить применение методов
Способность к разработке и обоснованию качественных и приближенных методов исследования математических моделей различных объектов и явлений	знает (пороговый уровень)	методы, используемые для анализа корректности динамических систем и оптимального управления, методы решения некорректных задач	Сформированные представления о методах исследования корректности задач оптимального управления, методах решения некорректных задач	Способность дать ответы на вопросы
	умеет (продвинутой)	разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач, обобщенных краевых задач	Умение разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач, обобщенных краевых задач	Наличие разработанных методов и алгоритмов
	владеет (высокий)	современными методами решения некорректных задач оптимального управления динамическими системами, основами численных методов решения некорректных краевых задач	Успешное и систематическое применение методов решения некорректных задач оптимального управления динамическими системами, численных методов решения некорректных краевых задач	Способность объяснить применение методов
Способность к разработке, анализу и исследованию математических методов	знает (пороговый уровень)	теоретические основы и методы, используемые для построения динамических систем и оптимального управления, методы	Сформированные представления о теоретических основах и методах, используемых для построения	Способность дать ответы на вопросы

моделирования различных объектов и явлений		решения обобщенных краевых задач	динамических систем и оптимального управления	
	умеет (продвинутой)	создавать математические модели динамических систем и оптимального управления, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач	Умение создавать математические модели динамических систем и оптимального управления, разрабатывать методы и алгоритмы решения некорректных задач	Наличие разработанных моделей, методов и алгоритмов
	владеет (высокий)	современными методами решения задач оптимального управления динамическими системами, основами численных методов решения краевых задач	Успешное и систематическое применение методов решения задач оптимального управления динамическими системами, численных методов решения краевых задач	Способность объяснить применение методов

КОМПЛЕКСЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

Темы рефератов, докладов, сообщений

по дисциплине «Метод конечных элементов»

1. Элементы теории обобщенных функций.
2. Пространства Соболева. Пространства следов.
3. Эквивалентность вариационной задачи и задачи минимизации квадратичного функционала.
4. Методы решения сеточных уравнений.
5. Применение математического моделирования в динамике жидкости. Примеры гидродинамических моделей.
6. Модели гидродинамики идеальной жидкости.

7. Модели гидродинамики вязкой жидкости.
8. Модели колебательных процессов.
9. Усложненные модели гидродинамики. Методы построения математических моделей.
10. Основные методы дискретизации краевых задач.
11. Сущность метода конечных разностей. Исследование сходимости метода.
12. Применение пакетов прикладных программ для дискретизации и численного решения краевых задач.
13. Сущность и основные особенности пакета FreeFem++.
14. Понятие обобщенной функции. Пространство обобщенных функций.
15. Коэрцитивные билинейные формы. Теорема Лакса-Мильграма.

Вопросы для коллоквиумов

по дисциплине «Метод конечных элементов»

РАЗДЕЛ 1. Вариационные формулировки основных краевых задач.

1. Сущность метода конечных элементов.
2. Постановки основных краевых задач: пяти задач для обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го и 4-го порядков и трех задач для уравнений второго порядка эллиптического типа.
3. Постановки основных краевых задач: задача Дирихле для простейшего ОДУ 2-го порядка (задача 1).
4. Задача Дирихле для ОДУ 2-го порядка с переменными коэффициентами (задача 2).
5. Смешанная краевая задача для ОДУ 2-го порядка с переменными коэффициентами (задача 3).
6. Задача Дирихле для ОДУ 4-го порядка с переменными коэффициентами (задача 4).
7. Смешанная краевая задача для ОДУ 4-го порядка (задача 5).
8. Смешанная краевая задача для двумерного уравнения Лапласа (задача 6).

9. Смешанная краевая задача для двумерного уравнения Гельмгольца (задача 7).
10. Третья краевая задача для уравнения конвекции-диффузии (задача 8).
11. Вариационные формулировки задачи 1.
12. Вариационные формулировки задач 2 и 3.
13. Вариационные формулировки задач 4 и 5.
14. Вариационные формулировки задач 6 и 7.
15. Вариационные формулировки задачи 8.

РАЗДЕЛ 2. Проекционные методы дискретизации краевых задач.

1. Сущность метода проекций (моментов).
2. Метод коллокаций для задачи 1.
3. Метод Галеркина для задачи 1.
4. Метод Бубнова-Галеркина для задачи 1.
5. Методы Ритца и наименьших квадратов для задачи 1.
6. Основная теорема для метода Ритца.
7. Методы коллокаций, Галеркина, Ритца и наименьших квадратов для других одномерных задач.
8. Сущность метода проекций дискретизации многомерных краевых задач.
9. Методы коллокаций и Галеркина для задач 6 и 7.
10. Методы Бубнова-Галеркина и Ритца для задач 6 и 7.
11. Методы наименьших квадратов для задач 6 и 7.
12. Проекционные методы для задачи 8.

РАЗДЕЛ 3. Метод конечных элементов дискретизации краевых задач.

1. Понятие сплайна. Степень и дефект сплайна.
2. Свойства сплайнов. Использование сплайнов в качестве базисных функций.
3. Применение МКЭ для решения задачи 1.
4. Исследование сходимости МКЭ для задачи 1.

5. Применение МКЭ для решения задачи 2.
6. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 2.
7. Применение МКЭ для решения задачи 3.
8. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 3.
9. Применение МКЭ для решения задач 4 и 5.
10. Основные этапы МКЭ для двумерных задач.
11. Триангуляция области и построение базисных функций. Формирование матрицы коэффициентов.
12. Введение барицентрических координат.
13. Формирование матрицы в случае прямоугольной области I.
14. Вычисление коэффициентов матрицы, отвечающих внутренним узлам.
15. Вычисление коэффициентов, обусловленных краевыми условиями 3-го рода.
16. Построение разностной схемы на основе МКЭ.
17. Исследование сходимости МКЭ для решения задачи 6.
18. Применение МКЭ для решения задачи 7.
19. Применение МКЭ для решения задачи 8.