

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»
 Институт математики информатики

Рабочая программа дисциплины






Б1.В.ДВ.2.1 Методы усреднения и многомасштабные методы

для программы магистратуры
 по направлению подготовки
 01.04.02 Прикладная математика и информатика
 магистерская программа: Вычислительные технологии

Форма обучения: очная

Авторы: Васильева Мария Васильевна, доцент-исследователь, научно-исследовательская кафедра вычислительных технологий, институт математики и информатики, e-mail: vasilyevamv@s-vfu.ru

Степанов Сергей Павлович, научный сотрудник, научно-исследовательская кафедра вычислительных технологий, институт математики и информатики, e-mail: sp.stepanov@s-vfu.ru

| РЕКОМЕНДОВАНО | ОДОБРЕНО | ПРОВЕРЕНО |
|--|---|---|
| Заведующий кафедрой разработчика ВТ ИМИ  / Васильев В.И. протокол № <u>18</u> от « <u>12</u> » <u>октября</u> 2016 г. | Заведующий выпускающей кафедрой ВТ ИМИ  / Васильев В.И. протокол № <u>18</u> от « <u>12</u> » <u>октября</u> 2016 г. Руководитель программы  / Васильев В.И. « <u>12</u> » <u>октября</u> 2016 г. | Нормоконтроль в составе ОП пройден Специалист УМО/деканата  / Егорова О.Н. « <u>25</u> » <u>октября</u> 2016 г. |
| Рекомендовано к утверждению в составе ОП Председатель УМК ИМИ  / Николаева И.В. протокол УМК № <u>2</u> от « <u>25</u> » <u>октября</u> 2016 г. | Эксперт УМК  / Николаева И.В. « <u>25</u> » <u>октября</u> 2016 г. | |

Якутск 2016

1. АННОТАЦИЯ
к рабочей программе дисциплины
Б1.В.ДВ.2.1 Методы усреднения и многомасштабные методы
Трудоемкость 3 з.е.

1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение студентами информации о методах усреднения и многомасштабных методах, подготовка магистров к применению этих численных методов, многомасштабного метода конечных элементов и вычислительного эксперимента для решения прикладных задач в профессиональной деятельности.

Краткое содержание дисциплины: Усреднение линейных уравнений. Численное усреднение. Многомасштабные методы конечных элементов. Усреднение нелинейных уравнений. Численное усреднение нелинейных уравнений. Обобщенные многомасштабные методы конечных элементов.

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

| Планируемые результаты освоения программы (содержание и коды компетенций) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| Способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива (ПК-1); Способность разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК-3). | Знать методы усреднения, многомасштабные методы конечных элементов, обобщенные многомасштабные методы конечных элементов. Уметь использовать методы усреднения и многомасштабные методы. Владеть методиками аналитического и численного усреднения, многомасштабного метода конечных элементов. Владеть практическими навыками решения прикладных задач с помощью метода усреднения и многомасштабного метода. |

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

| Индекс | Наименование дисциплины (модуля), практики | Семестр изучения | Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик | |
|-------------|--|------------------|---|--|
| | | | на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля) | для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой |
| Б1.В.ДВ.2.1 | Методы усреднения и многомасштабные методы | 4 | Б1.В.ОД.2.3 Практика научных вычислений. | Б2.Н.1 Научно-исследовательская работа; Б2.П.3 Преддипломная практика. |

1.4. Язык преподавания: русский.

2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Выписка из учебного плана:

| | | |
|---|--|--|
| Код и название дисциплины по учебному плану | Б1.В.ДВ.2.1 Методы усреднения и многомасштабные методы | |
| Курс изучения | 2 | |
| Семестр(ы) изучения | 4 | |
| Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) | ЗаО | |
| Курсовой проект/ курсовая работа (указать вид работы при наличии в учебном плане), семестр выполнения | | |
| Трудоемкость (в ЗЕТ) | 3 | |
| Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.: | 108 | |
| №1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР), в часах: | Объем аудиторной работы, в часах | В т.ч. с применением ДОТ или ЭО, в часах |
| Объем работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.): | 37 | |
| 1.1. Занятия лекционного типа (лекции) | 15 | |
| 1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.: | | |
| - семинары (практические занятия, коллоквиумы т.п.) | 15 | |
| - лабораторные работы | | |
| - практикумы | | |
| 1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации) | 7 | |
| №2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах) | 71 | |
| №3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане) | | |

3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3.1. Распределение часов по темам и видам учебных занятий

| Тема | Всего часов | Контактная работа, в часах | | | | | | | | Часы СРС |
|---|-------------|----------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|-----------|
| | | Лекции | из них с применением ЭО и ДОТ | Семинары (практические занятия, коллоквиумы) | из них с применением ЭО и ДОТ | Лабораторные работы | из них с применением ЭО и ДОТ | Практикумы | из них с применением ЭО и ДОТ | |
| Введение | 1 | 1 | | | | | | | | |
| Усреднение линейных уравнений. | 13 | 2 | | | | | | | 1 | 10 |
| Численное усреднение. | 15 | 2 | | 2 | | | | | 1 | 10 |
| Многомасштабные методы конечных элементов. | 15 | 2 | | 2 | | | | | 1 | 10 |
| Усреднение нелинейных уравнений. | 16 | 2 | | 3 | | | | | 1 | 10 |
| Численное усреднение и многомасштабные методы нелинейных уравнений. | 22 | 2 | | 4 | | | | | 1 | 15 |
| Обобщенные многомасштабные методы конечных элементов. | 26 | 4 | | 4 | | | | | 2 | 16 |
| Всего часов | 108 | 15 | | 15 | | | | | 7 | 71 |

3.2. Содержание тем программы дисциплины

Тема 1. Введение

Содержание темы: Примеры многомасштабных процессов. Существующие «многомасштабированные» модели. Ограничения и проблемы.

Тема 2. Усреднение линейных уравнений

Содержание темы: Малые масштабы, уравнения с осцилирующими коэффициентами. Усреднение эллиптических уравнений. Оценки для усредненных коэффициентов. Усреднение с медленно меняющимися периодическими коэффициентами. Усреднение параболических уравнений. Усреднение уравнения конвекции-диффузии. Усреднение уравнения Стокса. Сходимость. Усреднение уравнений упругости: усреднение в перфорированных областях.

Тема 3. Численное усреднение

Содержание темы: Основная концепция численного усреднения. Результаты сходимости для численного усреднения. Подходы построения сеток. Численное усреднение параболических уравнений. Численное усреднение уравнения Стокса. Численное усреднение общих систем.

Тема 4. Многомасштабные методы конечных элементов

Содержание темы: Многомасштабные методы конечных элементов. Уменьшение граничных эффектов. Сходимость многомасштабного метода конечных элементов. Смешанный многомасштабный метод конечных элементов. Многомасштабный метод для параболических уравнений.

Тема 5. Усреднение нелинейных уравнений

Содержание темы: Монотонные и псевдомонотонные операторы, усреднение.

Тема 6. Численное усреднение и многомасштабные методы для нелинейных уравнений

Содержание темы: Численное усреднение. Использование подобластей. Многомасштабные методы конечных элементов для нелинейных задач.

Тема 7. Обобщенные многомасштабные методы конечных элементов

Содержание темы: Введение. Обобщенный метод POD. Спектрально обогащенный многомасштабный метод конечных элементов. Ограничения, иллюстративные примеры. Обсуждения и применение метода для конкретных задач.

3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии

Формы проведения занятий: лекции, практические занятия, СРС. Для лекционных занятий требуется доска и презентационное оборудование. Для практических занятий требуется компьютерный класс с интернет доступом.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Содержание СРС

| № | Наименование раздела (темы) дисциплины | Вид СРС | Трудоемкость (в часах) | Формы и методы контроля |
|---|--|--|------------------------|--|
| 1 | Усреднение линейных уравнений. | Внеаудиторная. Самостоятельная работа | 10 | Прием проработок. Устный опрос. |
| 2 | Численное усреднение. | Внеаудиторная. Самостоятельная работа | 10 | Прием практических работ. Устный опрос. |
| 3 | Многомасштабные методы конечных элементов. | Внеаудиторная. Самостоятельная работа | 10 | Прием практических работ. Устный опрос. |

| | | | | |
|---|---|--|----|--|
| 4 | Усреднение нелинейных уравнений. | Внеаудиторная. Самостоятельная работа | 10 | Прием практических работ. Устный опрос. |
| 5 | Численное усреднение и многомасштабные методы для нелинейных уравнений. | Внеаудиторная. Самостоятельная работа | 15 | Прием практических работ. Устный опрос. |
| 6 | Обобщенные многомасштабные методы конечных элементов. | Внеаудиторная. Самостоятельная работа | 16 | Прием практических работ. Устный опрос. |

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Теоретический материал изучается в форме проработки прочитанных лекций, а также в изучении рекомендованной литературы. Самостоятельная работа магистрантов предусматривает изучение теоретического материала и решение практических задач.

Самостоятельная работа включает выполнение практических заданий и изучение российских и иностранных публикаций по методам усреднения и многомасштабным методам. Целью данной работы является освоение русской и иностранной терминологии по вычислительным методам и в рассматриваемой предметной области.

Выполнение проработки теоретического материала, практических заданий и контрольных работ оценивается на основе рейтинговой системы.

Семестровая оценка успеваемости студента по дисциплине выводится, исходя из максимальной суммы баллов, равной 100 и ставится согласно балльно-рейтинговой системе принятой в СВФУ.

Если студент по итогам семестра набрал из 100 возможных не менее **60 баллов**, то ему ставится зачет.

Если студент не набрал 60 баллов, необходимых для получения зачета, то он должен сдать весь обязательный минимум и/или получить у преподавателя дополнительные задания с указанием конкретных баллов за данную работу и срок ее сдачи.

Рейтинговый регламент по дисциплине:

| Вид выполняемой учебной работы (контролирующие мероприятия) | Количество баллов (min) | Количество баллов (max) |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Знание теоретического материала, контролируется в форме проработки прочитанных лекций, рекомендованной литературы и устного опроса | 10 | 15 |
| Выполнение практических работ | 25 | 45 |
| Самостоятельная работа, предусматривает решение практических задач | 25 | 40 |
| Количество баллов для получения зачета (min-max) | 60 | 100 |

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания

| Коды оцениваемых компетенций | Показатель оценивания (дескриптор) (по п.1.2.РПД) | Уровни освоения | Критерий оценивания | Оценка |
|---|--|-----------------|--|---------------------|
| Способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива (ПК-1); Способность разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК-3). | Знать методы усреднения, многомасштабные методы конечных элементов, обобщенные многомасштабные методы конечных элементов. Уметь использовать методы усреднения и многомасштабные методы. Владеть практическими навыками работы с методами усреднения и многомасштабными методами | Высокий | Знает все изученные методы и самостоятельно проводит все этапы расчетов с использованием методов | отлично |
| | | Базовый | Знает методы и умеет использовать численные методы усреднения и многомасштабный метод | хорошо |
| | | Минимальный | Знает методы и численно реализовывает и проводит расчеты с использованием метода усреднения. | удовлетворительно |
| | | Не освоены | Не знает методы усреднения, многомасштабные методы конечных элементов. Не умеет численно реализовывать и проводить расчеты с использованием данных методов. | неудовлетворительно |

6.2. Типовые контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации

| Коды оцениваемых компетенций | Оцениваемый показатель (ЗУВ) | Тема | Образец типового (тестового или практического) задания (вопроса) |
|---|---|--|--|
| Способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного | Знать методы усреднения, многомасштабные методы конечных элементов, обобщенные многомасштабные методы конечных элементов. Уметь использовать | Численное усреднение. | Решить нестационарное уравнение теплопроводности с определенными граничными условиями в неоднородной среде или в перфорированной области методом усреднения. |
| | | Многомасштабные методы конечных элементов. | Решить нестационарное уравнение теплопроводности с определенными граничными условиями в неоднородной |

| | | | |
|---|--|---|--|
| <p>коллектива (ПК-1); Способность разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК-3).</p> | <p>методы усреднения и многомасштабные методы</p> <p>Владеть практическими навыками работы с методами усреднения и многомасштабных методах</p> | <p>Численное усреднение и многомасштабные методы для нелинейных уравнений.</p> <p>Обобщенные многомасштабные методы конечных элементов.</p> | <p>среде или в перфорированной области многомасштабным методом конечных элементов.</p> <p>Решить нелинейную эллиптическую задачу методом усреднения или многомасштабным методом.</p> <p>Решить задачу обобщенным многомасштабным методом конечных элементов.</p> |
|---|--|---|--|

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета с оценкой.

Зачет ставится при выполнении студентом всех практических заданий, сдачи СРС.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее сеть-Интернет), необходимых для освоения дисциплины

Ресурсы:

- <http://elibrary.ru/> - научная электронная библиотека
- <http://s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/vspomogatelnye-podrazdeleniya/nauchnaya-biblioteka/> Сайт научной библиотеки СВФУ, с полным доступом к электронному каталогу полнотекстовым базам данных, диссертациям.

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| Тип занятия | Требования |
|----------------------|--|
| Лекция | Лекционная аудитория. Проекционная техника. |
| Практическое занятие | Компьютерный класс. |

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного учебного пособия);
- использование специализированных программ для операционной системе Ubuntu Linux <http://ubuntu.ru>;

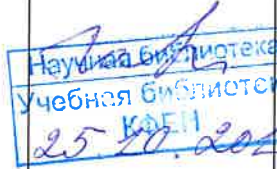
10.2. Перечень программного обеспечения

FEniCS - <http://fenicsproject.org>

Gmsh - <http://gmsh.info>

ParaView - <http://www.paraview.org>

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

| № | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов | Наличие грифа, вид грифа | НБ СВФУ, кафедральная библиотека и кол-во экземпляров | Электронные издания: точка доступа к ресурсу (наименование ЭБС, ЭБ СВФУ) |
|----------------------------------|--|--------------------------|---|--|
| Основная литература | | | | |
| 1 | Y.Efendiev, T.Y.Hou. <u>Multiscale finite element methods: theory and applications</u> . Springer Science & Business Media. 2009. | | Библиотека кафедры ВТ ИМИ | http://www.springer.com/gp/book/9780387094953 |
| 2 | Y. R. Efendiev, <u>Multiscale Finite Element Method (MsFEM) and its Applications</u> , Ph. D. Thesis, Applied Mathematics, Caltech, 1999. | | Библиотека кафедры ВТ ИМИ | https://search.proquest.com/docview/304498576 |
| 3 | Y. Efendiev, T. Hou, and V. Ginting, <u>Multiscale finite element methods for nonlinear problems and their applications</u> , Comm. Math. Sci., 2 (2004), pp. 553–589. | | Библиотека кафедры ВТ ИМИ | https://projecteuclid.org/euclid.cms/1109885498 |
| 4 | Y. Efendiev and A. Pankov, <u>Homogenization of nonlinear random parabolic operators</u> , Advances in Differential Equations, vol. 10, Number 11, 2005, pp., 1235-1260. | | Библиотека кафедры ВТ ИМИ | http://www.math.tamu.edu/~yalchin.efendiev/papers/homo_random_parab_ad_diff.pdf |
| 5 | Шокин, Ю.И. <u>Современные многосеточные методы. Многоуровневые методы. Применение многомасштабных методов : учебное пособие / Ю.И. Шокин, Э.П. Шурина, Н.Б. Иткина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 98 с. - ISBN 978-5-7782-2119-2 ;</u> | | | http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228858  |
| Дополнительная литература | | | | |
| 1 | M. Brewster and G. Beylkin, <u>A Multiresolution Strategy for Numerical Homogenization</u> , АСНА, 2(1995), 327-349. | | | https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S106352038571024X |

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| 2 | W. E, Homogenization of linear and nonlinear transport equations, Comm.Pure Appl. Math., XLV (1992), pp. 301–326. | | | http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cpa.3160450304/full |
| 3 | J.Aarnes and B.O. Heimsund, Multiscale discontinuous Galerkin methods for elliptic problems with multiple scales, Lecture Notes in Computational Science and Engineering, Volume 44, Multiscale Methods in Science and Engineering, Springer Berlin, 2005, pp. 1-20. | | | https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-26444-2_1 |
| 4 | Шокин Ю.И. Современные многосеточные методы. Часть I. Многомасштабные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.И. Шокин, Э.П. Шурина, Н.Б. Иткина. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 68 с. — 978-5-7782-1378-4. | | | http://www.iprbookshop.ru/45434.html |

