

Федеральное агентство научных организаций

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения
Российской академии наук

Принято на заседании
Объединенного ученого совета
ПФИЦ УрО РАН
Протокол № 7
«24» сентября 2019 г.

Утверждаю

Директор ПФИЦ УрО РАН
Чл. корр. РАН А.А. Барях



«24» сентября 2019 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Параллельные вычисления в механике сплошных сред»
(наименование дисциплины по учебному плану)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление 01.06.01 Математика и механика
(код и наименование)

Профиль программы аспирантуры Механика деформируемого твердого тела (01.02.04)

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Курс: 1 Семестр(ы): 1, 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч

Виды контроля:

Экзамен: - нет Зачёт: 2 Курсовой проект: - нет Курсовая работа: - нет

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Параллельные вычисления в механике сплошных сред
(полное наименование дисциплины)

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Параллельные вычисления в механике сплошных сред» Б1.В.ДВ2.1 входит в Блок 1 и относится к циклу дисциплин по выбору вариативной части Модуля 1 образовательной программы по направлению подготовки: 01.06.01 – Математика и механика, направленность Механика деформируемого твёрдого тела (01.02.04), и разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «30» июля 2014 г. номер приказа «866» по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации);
- компетентностной модели выпускника ООП по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры Механика деформируемого твёрдого тела (01.02.04), утверждённой «24» сентября 2019 г.;
- учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры Механика деформируемого твёрдого тела (01.02.04), утверждённой «24» сентября 2019 г.

Рабочая программа согласована с рабочей программой дисциплины

1. Соотношения на поверхностях разрыва
2. Физика вязкоупругих магнитных материалов

участвующей в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик к.ф.-м.н., доцент
(учёная степень, звание)

ВВ
(подпись)

Вертгейм И.И.
(инициалы, фамилия)

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор
(учёная степень, звание)

АА
(подпись)

Роговой А.А.
(инициалы, фамилия)

3. Общие положения

Цель учебной дисциплины

Дисциплина «Параллельные вычисления в механике сплошных сред» является частью подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации. Курс предназначен для ознакомления аспирантов с программированием на параллельных вычислительных системах, формирования базовых представлений об особенностях разработки параллельных вариантов численных алгоритмов, их структуре и способах их разработки и обеспечения эффективности в применении к задачам механики сплошных сред, физики и техники. Курс является междисциплинарным, опирается на базовые понятия и концепции программирования и численных методов механики сплошных сред.

В результате изучения дисциплины аспирант формирует части следующих компетенций:

– ПК-2 (способность получать численные и аналитические решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях).

– ПК-3 (способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения).

Аспирант должен

знать

- физические и математические основы численных методов;
- основные виды инженерного анализа;
- технологии высокопроизводительных вычислений с применением кластерных систем и суперкомпьютеров;
- общие принципы решения исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

уметь

- ставить задачу и проводить численные и аналитические исследования краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях;
- применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи информации

владеть

- методами самостоятельного анализа краевых задач для различных классов уравнений;
- практическими навыками и знаниями использования современных исследовательских и проектных технологий.

Задачами учебной дисциплины являются изучение:

- параллельных вычислительных систем (ПВС), их развитие, современное состояние и способы классификации;
- основных теоретических понятий и принципов, на которых базируются функционирование современных ПВС и разработка параллельных вычислительных алгоритмов;
- методов и средств достижения высоких эффективности и качества параллельных алгоритмов для различных типов задач механики сплошных сред и других областей физики; и формирование умений и навыков:
 - программирования с учетом особенностей разработки параллельных алгоритмов для задач механики сплошных сред и других областей физики;
 - оценки эффективности и качества параллельных вычислительных алгоритмов и способов их повышения.

Предметами освоения дисциплины являются:

- представления об основных типах современных параллельных вычислительных систем (ПВС), способах их классификации; теоретических понятиях и принципах, на которых основано функционирование ПВСа.

- методы разработки эффективных параллельных вычислительных алгоритмов задач механики сплошных сред и способы оценки их качества;
- знание принципов и овладение методикой программирования с использованием основных функций библиотек параллельных функций MPI, Open MP, Cuda, специализированных библиотек параллельных программ для научных вычислений.

Связь с предшествующими дисциплинами

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по высшей математике, уравнениям математической физики, вариационному исчислению, общей физике в объеме программы высшего профессионального образования.

Связь с последующими дисциплинами

Знания и навыки, полученные аспирантом при изучении данного курса, необходимы при работе над диссертацией и при её написании по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

4. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-2, ПК-3.

4.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

Код ПК-2	Формулировка компетенции Способность получать численные и аналитические решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях
Код ПК-2. Б1.В.ДВ2.1	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность приобретать знания современных методов анализа вычислительных алгоритмов, на их основе выявлять возможности их распараллеливания и оценивать достигаемые при этом эффективность и ускорение в расчетах задач механики сплошных сред.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции аспирант: Знает: - методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем механики деформируемого твёрдого тела (3 ПК-2).	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, консультации научного руководителя, ведение текущей научно-исследовательской работы	Вопросы для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: - ставить задачу и проводить численные и аналитические исследования краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета,	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и

разнообразных воздействиях (У1 ПК-2); - применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи информации (У2 ПК-2).	консультации научного руководителя, ведение текущей научно- исследовательской работы	участия в конференциях
Владеет: - методами самостоятельного анализа краевых задач для различных классов уравнений, практическими навыками и знаниями использования современных исследовательских и проектных технологий (В ПК-2).	Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно- исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

4.2. Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3	Формулировка компетенции Способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения
Код ПК-3. Б1.В.ДВ2.1	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность применять существующие библиотеки и пакеты вычислительного моделирования с использованием распараллеливания для решения конкретных задач механики сплошных сред

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции аспирант: Знает: - методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (З ПК-3).	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, консультации научного руководителя, ведение текущей научно- исследовательской работы	Вопросы для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: - ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения (У ПК-3).	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно- исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами самостоятельного анализа имеющейся информации (данных оптической, атомно-силовой и электронной микроскопии, результатов механических и физических экспериментов); практическими навыками и знаниями использования результатов современных исследований в области связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (В ПК-3). 	<p>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-исследовательской работы</p>	<p>Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях</p>
--	--	--

5. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч		
		по семестрам		всего
		1й	2й	
1	2	3		4
1	Аудиторная работа	14	-	14
	- лекции (Л)	14	-	14
	- практические занятия (ПЗ)	2	-	2
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-	-
3	Самостоятельная работа (СР)	36	52	90
	- изучение теоретического материала	36	52	90
4	Итоговая аттестация по дисциплине: Зачёт	2	2	4
5	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	54 1,5	54 1,5	108 3

6. Содержание учебной дисциплины

6.1 Модульный тематический план

Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)							Трудоёмкость, ч / ЗЕ	
			аудиторная работа					итоговая аттестация	самостоятельная работа		
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	Введение	1	1	-	-	-	-	-	-	1
		1	2	2	-	-	-	-	-	4	6
		2	-	-	-	-	-	-	-	7	7
		3	3	3	-	-	-	-	-	9	12
		4	-	-	-	-	-	-	-	11	11
		5	3	3	-	-	-	-	-	12	15
		6	3	3	-	-	-	-	-	10	13

		7	2	-	2	-	-	-	8	10
		8	-	-	-	-	-	-	11	11
		9	2	2	-	-	-	-	16	18
	Итого по модулю:	16	14	2	-	-	-	-	88	104
Итоговая аттестация		-	-	-	-	-	-	4	-	4
	Всего:	16	14	2				4	88	108/3

6.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение.

Л – 1 ч.

Организация учебного процесса. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.

Раздел 1.

Л – 14 ч., СР – 88 ч.

Тема 1.

Исторический обзор основных идей и методов, способы классификации параллельных вычислительных систем. Методы разработки и способы представления параллельных вычислительных алгоритмов. Алгоритмические проблемы параллелизма. Характеристики и показатели качества параллельных вычислительных алгоритмов. Законы Амдала.

Тема 2.

Модификация языков программирования для параллельных вычислений. Системы параллельных вычислений.

Тема 3.

Основные цели и задачи разработки, функции и компоненты библиотеки MPI. Программирование на основе MPI. Точечные взаимодействия, прием и передача сообщений. Коллективный обмен данными и распределенные операции в MPI. Группы и топологии процессов в MPI. Разработка программ на MPI.

Тема 4.

Системы параллельного программирования, отличные от MPI: PVM, OpenMP, CUDA.

Тема 5.

Кластеры ПК и рабочих станций как перспективный вид ПВС. Особенности реализации и программирования MPI и других систем параллельного программирования для различных платформ. Знакомство и работа с базовым ПО кластера «ИМСС УрО РАН» и средой программирования на основе MPI. Способы автоматического распараллеливания программ на основе анализа структуры алгоритма. Библиотеки параллельных программ на основе MPI.

Тема 6.

Библиотеки параллельных программ и средства автоматического распараллеливания на основе MPI и других систем («НОРМА», OpenMP, CUDA, и др.).

Тема 7.

Практическое занятие: разработка программ на MPI для кластера ИМСС УрО РАН и освоение технологии параллельного программирования на сравнительно несложных задачах, требующих реализации отдельных алгоритмов из области линейной алгебры, вычисления сумм рядов, определенных интегралов и т.д.

Тема 8.

Обработка полученных при выполнении практического задания результатов, определение параметров эффективности и качества параллельного алгоритма.

Тема 9.

Особенности и способы построения параллельных алгоритмов для задач линейной алгебры, конечно-разностных и спектральных методов решения задач механики сплошных сред.

6.3 Перечень тем практических занятий

ПЗ – 2ч.

Практические занятия по дисциплине предназначены для закрепления знаний, полученных в лекционном курсе, и приобретению навыков использования этих знаний для решения практических задач. В ходе занятий предполагается развитие практических навыков построения вычислительных алгоритмов и программирования для ПВС. Методология параллельного программирования иллюстрируется на сравнительно несложных задачах, требующих реализации отдельных алгоритмов из области линейной алгебры, вычисления сумм рядов, определенных интегралов и т.д.

6.4 Перечень тем лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

6.5 Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в чтении рекомендуемой литературы и в применении усвоенного аппарата при работе над диссертацией, в подготовке и выступлении с рефератами по вопросам разработки параллельных программ для реальных проблем механики сплошных сред и других областей физики.

6.6. Участие в научных мероприятиях различного уровня

№ п/п	Полное название мероприятия
1	Научный семинар Лаборатории кинетики анизотропных жидкостей, научный семинар «ИМСС УрО РАН»
2	Зимняя школа по механике сплошных сред, г. Пермь, «ИМСС УрО РАН» (каждые два года)
3	Всероссийская конференция молодых ученых «Математическое моделирование в естественных науках», г. Пермь, ПНИПУ (ежегодная)
4	Всероссийская конференция молодых ученых «Неравновесные процессы в сплошных средах», г. Пермь, ПГНИУ (ежегодная)
5	Участие в международных конференциях различного уровня
5	Участие в проектах РНФ, РФФИ (индивидуально)

7. Методические указания по изучению дисциплины

Аспирантам

Изучение учебной дисциплины должно проводиться систематически. Написание конспекта лекций должно вестись кратко, схематично, последовательно с фиксированием основных положений, выводов, формулировок, обобщений. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

При самостоятельной научно-исследовательской работе проводить знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект и т.д.; составлять аннотации к прочитанным литературным источникам; писать разделы глав научно-исследовательской работы; проводить самоконтроль освоения программного материала.

Необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента.

Преподавателям

Преподавателю необходимо систематически контролировать результаты самостоятельной работы и учитывать их при аттестации студента. При проведении аттестации студентов важно помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний. Проверка, контроль и оценка знаний студента требуют учета его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

8. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В ходе аудиторной работы формируется фундамент теоретических основ, дается физическое толкование процессов. Преподаватель ведет диалог с аспирантами, задает вопросы, нацеленные на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список тем рефератов, подготовка к которым стимулирует ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических занятий основывается на методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом преобладает активность аспирантов в процессе обучения, преподаватель же направляет деятельность аспирантов на достижение целей занятия.

9. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

10. Управление и контроль освоения компетенций

Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме:

- устного опроса;

Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный и промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме:

- устного опроса.

Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого аттестационного испытания по билетам, тестирования и контроля самостоятельной работы.

2) Экзамен

Не предусмотрен.

11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Воеводин В.В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. СПб, «БХВ-Петербург», 2002, 608 с.	2
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. М.: Мир, 1979 http://snilit.tspu.ru/uploads/files/default/computer_algorithms.pdf	1
2.2 Периодические издания		
1	Журнал «Вычислительная механика сплошных сред» http://www2.icmm.ru/journal/cont.htm	
2	Журнал «Известия РАН. Механика твердого тела», http://mtt.ipmnet.ru/ru	
3	Журнал «Известия РАН. Механика жидкости и газа» http://mzg.ipmnet.ru/ru	
4	Вестник ПНИПУ. «Механика» журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г. http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/	
5	Вестник ПГНИУ. «Физика» журнал / Пермский государственный национальный исследовательский университет; Под ред. В. А. Дёмина. - Пермь: Изд-во ПГНИУ, с 2016 г. http://press.psu.ru/index.php/phys/index	
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		
2.5 Электронные информационно-образовательные ресурсы		
1	Электронная библиотека диссертаций РГБ http://diss.rsl.ru	
2	Научная электронная библиотека РИНЦ (Elibrary) http://elibrary.ru	
3	Научная электронная библиотека ScienceDirect https://www.sciencedirect.com/	
4	Научная электронная библиотека SpringerLink https://link.springer.com/	
5	Научная электронная библиотека Elsevier https://www.elsevier.com	
6	Полнотекстовая мультидисциплинарная база данных диссертаций ProQuest Dissertations & Theses Global http://proquest.com/pqdtglobal/dissertations	
7	Университетская информационная система Россия https://uisrussia.msu.ru/	
8	Университетские библиотеки г. Перми http://biblioclub.ru/	

	http://pspu.ru/university/biblioteka/jelektronnye-resursy-biblioteki https://perm.hse.ru/library/ http://biblioteki.perm.ru/main/index.html?id=34	
9	Наукометрическая и реферативная база данных Scopus https://www.scopus.com	
10	Электронная база данных Web of Science http://apps.webofknowledge.com	
11	Национальная электронная библиотека https://нэб.рф/	

12. Материально-техническое обеспечение, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

№ п.п.	Помещения		
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории
1	2	3	4
1.	Лекционная мультимедийная аудитория	БОН	ауд.203
2.	Лекционная мультимедийная аудитория	«ИМСС УрО РАН», корп. Б	ауд.233

13 Перечень информационных технологий, используемых при проведении практики

Образовательный процесс предполагает использование лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем:

Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Номер договора на покупку лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	RadExPro Plus	180530-1 от 18.06.2018	Моделирование геофизических процессов
2	Практическое	ZondRes	337.04/2019/74 от 15.11.2019	Моделирование геофизических процессов
3	Практическое	Kaspersky total security	A0019369661 от 14.08.2019	Безопасность данных
4	Практическое	COMSOL Multiphysics	сетевая лицензия (FNL) №9600871, Договор 43/17 от 11.08.2017	Моделирование механических процессов
5	Практическое	ANSYS	Договор 08-ПО/2016 КАДФЕМ Си-Ай-Эс от 08.09.2016	Моделирование механических процессов
6	Практическое, Лекционное	Office Standard 2013 Russian OLP NL Academic Edition	93/14 от 16.12.2014	Работа с текстовыми документами, презентациями и таблицами

