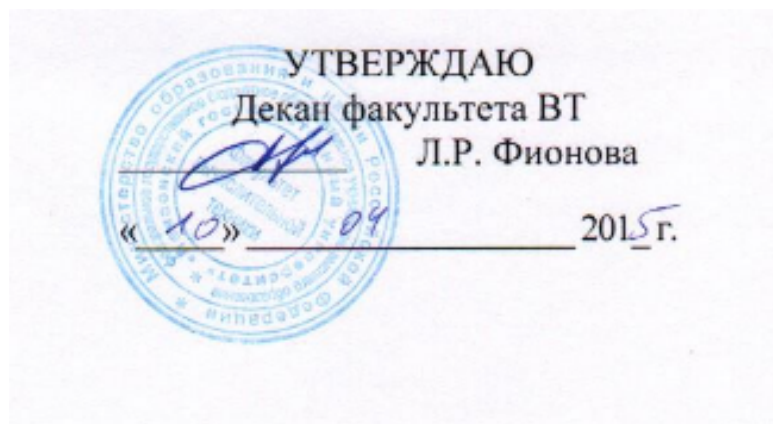


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.2.18.1 Суперкомпьютерное моделирование

Направление подготовки **01.03.01 «Математика»**

Профиль подготовки **Вычислительная математика и компьютерные науки**

Квалификация (степень) выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Пенза, 2015

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Б1.2.18.1 «Суперкомпьютерное моделирование» являются: изучение основ разработки параллельных алгоритмов для решения задач вычислительной математики и математического моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Суперкомпьютерное моделирование» в учебном плане находится в вариативной части блока **Б.1** и является одной из дисциплин, формирующих профессиональные знания и навыки, характерные для бакалавра по профилю подготовки «Вычислительная математика и компьютерные науки».

Изучение данной дисциплины базируется на знании следующих дисциплин:

1. численные методы;
2. технология программирования и работа на ЭВМ, современные информационные;
3. практикум на ЭВМ, численные методы решения краевых задач;

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- численные методы решения краевых задач, численные методы решения задач алгебры и анализа, численные методы решения задач линейной алгебры;
- 4. производственная практика.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины Б1.2.18.2 «Суперкомпьютерное моделирование»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ОПК-4	способностью находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	Знать: правила компиляции, отладки и запуска готовых программ на вычислительных кластерах; иметь представление о существующих методах позволяющих работать и создавать параллельные программы
		Уметь: владеть навыками создания программ и их распараллеливания
		Владеть: методами и технологиями разработки программ для задач из указанных разделов
ПСК-1	способность разрабатывать параллельные алгоритмы для решения задач вычислительной математики и математического моделирования	Знать: правила компиляции, отладки и запуска готовых программ на вычислительных кластерах; иметь представление о существующих методах позволяющих работать и создавать параллельные программы
		Уметь: владеть навыками создания программ и их распараллеливания
		Владеть: методами и технологиями разработки программ для задач из указанных разделов

ПСК-2	<p>способность разрабатывать и реализовывать на суперкомпьютерных и распределенных вычислительных системах численные методы решения задач математики и естествознания</p>	<p>Знать: правила компиляции, отладки и запуска готовых программ на вычислительных кластерах; иметь представление о существующих методах позволяющих работать и создавать параллельные программы</p>
		<p>Уметь: владеть навыками создания программ и их распараллеливания</p>
		<p>Владеть: методами и технологиями разработки программ для задач из указанных разделов</p>

4. Структура и содержание дисциплины Б1.2.18.1 «Суперкомпьютерное моделирование»

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/ п	Наименование разделов и тем дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)		
				Аудиторная работа			Самостоятельная работа						
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к ауд. занятиям	Курсовая работа	Подготовка к экзамену	Коллоквиум	Проверка лаб. работ	курсовая работа
1.	Раздел 1. Синтез алгоритмов для параллельных вычислительных систем	8	1-4										
	Тема 1.1. Общие вопросы синтеза алгоритмов для параллельных вычислительных систем.	8	1-2	16	4	12	8	8				2	
	Тема 1.2. Оценка эффективности параллельных алгоритмов	8	3-4	16	4	12	8	8				4	
2.	Раздел 2. Параллельные методы и алгоритмы.	8	5-12				8	8					
	Тема 2.1. Параллельные методы и алгоритмы линейной алгебры.	8	5-6	16	4	12	8	8					
3.	Тема 2.2. Методы минимизации для решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод сопряженных направлений	8	7-8	16	4	12	8	8					
4.	Тема 2.3. Параллельные алгоритмы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений	8	9-10	16	4	12	8	8				10	
5.	Тема 2.4. Параллельные алгоритмы решения краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных	8	11-12	16	4	12	8	8				12	
	<i>Подготовка к экзамену</i>												
	Общая трудоемкость, в часах			96	24	72	48	48					

		Промежуточная аттестация	
		Форма	Семестр
		Зачет	8
		Экзамен	

4.2. Содержание дисциплины

1. Общие вопросы синтеза алгоритмов для параллельных вычислительных систем.
2. Типы параллелизма и методы синтеза параллельных алгоритмов.
3. Зернистость алгоритма.
4. Параллелизм данных.
5. Функциональный параллелизм.
6. Геометрический параллелизм.
7. Оценка эффективности параллельных алгоритмов.
8. Эффективный параллельный алгоритм.
9. Ускорение параллельного алгоритма.
10. Эффективность параллельного алгоритма.
11. Закон Амдала.
12. Парадокс параллелизма.
13. Параллельные алгоритмы вычисления рекурсий.
14. Параллельные методы и алгоритмы линейной алгебры.
15. Базовые алгоритмы.
16. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод исключения Гаусса.
17. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Якоби.
18. Методы минимизации для решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод сопряженных направлений.
19. Параллельные алгоритмы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
20. Задача Коши
21. Двухточечная краевая задача для уравнений второго порядка.
22. Параллельные алгоритмы решения краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных.
23. Нестационарная задача.
24. Стационарная краевая задача.

5. Образовательные технологии

Активные и интерактивные формы: лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены. В течение семестров студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В каждом семестре проводятся контрольные работы и коллоквиумы (или письменные тесты).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

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

Контрольные, коллоквиумы оцениваются по пятибалльной системе. Экзамены оцениваются по системе: неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично. На практических занятиях контроль осуществляется при ответе у доски и при проверке домашних заданий. В течение каждого семестра студенты разбирают и решают задачи, указанные преподавателем к каждому семинару, разбирают и повторяют основные понятия и теоремы, доказанные на лекциях. В каждом семестре предусмотрены коллоквиумы и контрольные работы.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-2, 8сем .	Общие вопросы синтеза алгоритмов для параллельных вычислительных систем	Подготовка аудиторным занятиям	к Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 500 с.	8
3-4, 8сем .	Оценка эффективности параллельных алгоритмов	Подготовка аудиторным занятиям	к Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 500 с.	8
5-6, 8сем .	Параллельные методы и алгоритмы линейной алгебры.	Подготовка аудиторным занятиям	к Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 500 с.	8
7-8, 8сем .	Методы минимизации для решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод сопряженных направлений	Подготовка аудиторным занятиям	к Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 500 с.	8
9-10, 8сем .	Параллельные алгоритмы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений	Подготовка аудиторным занятиям	к Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 500 с. В-Петербург, 2002. – 608 с	8
11-12, 8сем .	Параллельные алгоритмы решения краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных	Подготовка аудиторным занятиям	к Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 500 с.	8

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Студенты получают от преподавателя задание на повторение пройденного материала и самостоятельное изучение дополнительного материала по изучаемым темам лекционного курса. Преподаватель предлагает студентам литературу для самостоятельного изучения, а также выдает дополнительные практические задания (списки задач из учебников и сборников задач согласно списку основной и дополнительной литературы по изучаемой дисциплине).

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	лабораторная работа, зачет	Общие вопросы синтеза алгоритмов для параллельных вычислительных систем	ОПК4, ПСК1,2
2	лабораторная работа, зачет	Оценка эффективности параллельных алгоритмов	ОПК4, ПСК1,2
3	лабораторная работа, зачет	Параллельные методы и алгоритмы линейной алгебры.	ОПК4, ПСК1,2
4	лабораторная работа, зачет	Методы минимизации для решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод сопряженных направлений	ОПК4, ПСК1,2
5	лабораторная работа, зачет	Параллельные алгоритмы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений	ОПК4, ПСК1,2
6	лабораторная работа, зачет	Параллельные алгоритмы решения краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных	ОПК4, ПСК1,2

Лабораторная работа № 1

Тема работы: «MPI-программа Hello World. Процессы в OS Linux»

Задание. Изучить структуру MPI-программы: аргументы функций main, MPI_Init, MPI_Finalize, MPI_Comm_rank, MPI_Comm_size. Произвести компиляцию и запуск программы, опции команд mpicc, mpicxx, mpiun.

Лабораторная работа № 2

Тема работы: «MPI-функции точечного обмена»

Задание. Написать MPI-программу нахождения скалярного произведения векторов.

Лабораторная работа № 3

Тема работы: «Повышение производительности операции умножения матрицы на столбец»

Задание. Написать программу, реализующую умножения матрицы на столбец. Исследовать внутренний параллелизм. Проверить, как влияет на время работы использование различных конструкторов. Для компиляции программы использовать параметры -O2, -O3, -O4.

Лабораторная работа № 4

Тема работы: «Параллельная реализация численного решения уравнения теплопроводности»

Задание. Исследовать внутренний параллелизм явной схемы решения уравнения теплопроводности. Написать параллельную программу реализующую явную схему.

Примечание. Для написания программы можно использовать язык C++, конструктор `std::thread`.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Этапы численного эксперимента.
2. Ограничение максимальной производительности однопроцессорных ЭВМ.
3. Многопроцессорные вычислительные комплексы.
4. Концепция неограниченного параллелизма. Граф сдваивания.
5. Представление алгоритма в виде графа потока данных.
6. Расписание параллельных вычислений. Показатель временной сложности алгоритма.
7. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов.
8. Характеристики топологий сети передачи данных. Алгоритмы маршрутизации.
9. Методы передачи данных.
10. Модель выполнения MPI программы.
11. Процессы и потоки в ОС Linux. Технологии параллельного программирования.
12. Многопоточное программирование. `std::thread`.
13. Способы повышения производительности умножения матриц.
14. Преимущества и недостатки вычислительных систем с общей памятью на примере вычисления элементов матрицы.
15. Технологии программирования вычислительных систем с распределенной памятью.
16. Параллелизм на уровне данных.
17. Получение количества процессоров, доступных для выполнения.
18. Получение номера процесса в группе.
19. Распараллеливание циклов. Стратегия распределения циклов по процессам.
20. Организация передачи сообщений. Скалярное произведение векторов.
21. Компиляция и запуск программ на вычислительном комплексе (Компиляторы, опции компиляторов, make- файл, очередь выполнения и тд...)
22. Внутренний параллелизм на примере решения системы линейных уравнений методом Гаусса.
23. Внутренний параллелизм на примере решения системы линейных уравнений методом простой итерации.
24. Внутренний параллелизм на примере решения системы линейных уравнений с трехдиагональной матрицей.
25. Способы повышения производительности умножения матриц.
26. Внутренний параллелизм вычисления произведения $A^T(B - B^T)A$.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 500 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100527>. — Загл. с экрана.

2. Гергель, В.П. Технологии построения и использования кластерных систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 548 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100517>. — Загл. с экрана.

б) дополнительная литература:

1. Воеводин, В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 145 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100738>. — Загл. с экрана.

в) Интернет-ресурсы

- <http://www.mccme.ru/free-books/> - Свободно распространяемые издания Московского Центра непрерывного математического образования.
- <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> - Электронная физико-математическая библиотека EqWorld
- <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский математический портал Math-Net.Ru
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

г) Программное обеспечение

5. OS Linux.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При освоении дисциплины необходимы учебные аудитории для проведения лекционных и лабораторных занятий, доступ студентов к суперкомпьютеру и компьютеру с OS Linux (бесплатное ПО).

9. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающиеся, из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья. Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на компьютере, в формате тестирования и т.д.) и позволяют оценить достижения ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровня сформированности всех заявленных компетенций. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете и экзамене.

Рабочая программа дисциплины Б1.2.18.1 «Суперкомпьютерное моделирование» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.01 «Математика».

Программу составили:

1. Доцент кафедры МСМ

И.А. Долгарев

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры МСМ

Протокол № ____ от «____» _____ 20__
года

Зав. кафедрой МСМ

Ю.Г. Смирнов
(подпись, Ф.И.О.)

Программа одобрена методической комиссией факультета ВТ

Протокол № ____ от «____» _____ 20__
года

Председатель методической комиссии
факультета ВТ

Н.Н. Коннов
(подпись) (Ф.И.О.)

