

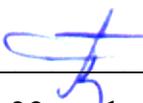
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 22 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Архитектура и программное обеспечение
высокопроизводительных систем
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
(код и наименование направления)

Направленность: Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей
летательных аппаратов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является изучение основных элементов высокопроизводительных систем, принципов их работы и взаимодействия, операционных систем и программных средств управления ресурсами.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение принципов функционирования высокопроизводительных систем;
- освоение подходов разработки параллельных программ;
- формирование навыков выполнения параллельных вычислений применительно к задачам расчета конструкции двигателей летательных аппаратов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- высокопроизводительные системы;
- архитектуры вычислительных систем;
- технологии параллельного программирования, пакеты инженерного анализа.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знает принципы функционирования высокопроизводительных вычислительных систем.	Знает теоретические основы рабочих процессов в двигателях летательных аппаратов.	Зачет
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Умеет выполнять разработку параллельных программ, определять потребные вычислительные ресурсы, осуществлять запуск на распределенной вычислительной системе.	Умеет пользоваться современными суперкомпьютерными технологиями для моделирования рабочих процессов в двигателях летательных аппаратов и их агрегатах.	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеет навыками формулирования задачи вычислительного эксперимента, методикой выполнения расчета с использованием средств параллельных вычислений и инструментами анализа получаемых результатов.	Владеет навыками постановки исследовательских задач, планирования и проведения вычислений, анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании двигателей летательных аппаратов.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	25	25	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Суперкомпьютеры в современном мире.	4	5	0	13
Тема 1. Современные суперкомпьютеры и сферы их применения Понятие суперкомпьютера. Сферы применения суперкомпьютеров. Суперкомпьютеры в России. Оценка производительности. Тема 2. Классификация параллельных вычислительных систем. Основные показатели эффективности и масштабируемости параллельных программ. Архитектуры параллельных вычислительных систем. Классификация Флинна. Компьютеры с общей и распределенной памятью.				
Компоненты суперкомпьютерных систем.	7	10	0	25
Тема 3. Архитектуры вычислительных систем. Аспекты параллелизма. Компоненты вычислительных систем. Развитие архитектуры и параллелизм вычислений. Параллельные архитектуры. Неклассические архитектуры. Параллелизм и пути его достижения. Закон Амдала. Тема 4. Основы компьютерных сетей. История развития компьютерных сетей. Топологии физических сетей. Уровни сетевой модели OSI. Протоколы TCP/IP. Маршрутизация пакетов в сети. Протоколы прикладного уровня. Тема 5. Системы хранения данных и файловые системы. Уровни хранения информации: блочное, файловое, объектное. Сетевой доступ к удаленному хранилищу. Отказоустойчивость. Резервное копирование данных. Производительность систем хранения данных.				
Программное обеспечение высокопроизводительных вычислительных систем.	7	10	0	25
Тема 6. Анализ производительности высокопроизводительных вычислительных систем. Оценка производительности суперкомпьютера. Рейтинг суперкомпьютеров TOP500 и TOP50. Пиковая производительность. Производительность в тесте Linpack. Тема 7. Технологии параллельного программирования OpenMP и OpenMPI. Технология параллельного программирования. Основные понятия. Общие процедуры. Передача и прием сообщений между процессами. Параллельные и последовательные области кода. Компиляция программ. Тема 8. Параллельные вычисления в пакетах инженерного анализа.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Параллелизм в сложных программных комплексах. Планировщики заданий. Вычисления на графических процессорах. Примеры команд запуска расчетов в системах инженерного анализа.				
ИТОГО по 1-му семестру	18	25	0	63
ИТОГО по дисциплине	18	25	0	63

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Развертывание виртуальной тестовой среды.
2	Сетевое взаимодействие внутри локальной сети.
3	Параллельное программирование OpenMP и OpenMPI.
4	Работа с планировщиком заданий при запуске задач на высокопроизводительном комплексе.
5	Параллельные вычисления в программном комплексе ANSYS.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Гергель В. П. Теория и практика параллельных вычислений : учебное пособие. Москва : ИНТУИТ : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007. 423 с.	4
2	Таненбаум Э. С. Архитектура компьютера : пер. с англ. 5-е изд. Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2009. 843 с.	10
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Илюшечкин В. М. Операционные системы : учебное пособие. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. 111 с.	7
2	Таненбаум Э. С. Компьютерные сети : пер. с англ. 4-е изд. Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2008. 991 с.	40
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Мищенко, В. К. Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем : учебное пособие. Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. 40 с.	https://elib.pstu.ru/Record/ipr44898	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Павлов А. В. Архитектура вычислительных систем. Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. 86 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lan91328	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ABAQUS (Лиц. 44UPSTUCLUS)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	LS-DYNA (Лицензия PSTU-1353)
Среды разработки, тестирования и отладки	MS Visual studio 2019 community (Free)

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Высокопроизводительный вычислительный кластер	1
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Архитектура и программное обеспечение высокопроизводительных систем»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки	<u>24.04.05 Двигатели летательных аппаратов</u>
Направленность (профиль) образовательной программы:	<u>Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей летательных аппаратов</u>
Квалификация выпускника:	<u>магистр</u>
Выпускающая кафедра:	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>

Курс: 1

Семестр: 1

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану:

108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачёт: 1 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Зачёт
Усвоенные знания						
З.1 знать принципы функционирования высокопроизводительных вычислительных систем		ТО1	ОЛР1-2	КР1		ТВ
Освоенные умения						
У.1 Уметь выполнять разработку параллельных программ, определять потребные вычислительные ресурсы, осуществлять запуск на распределенной вычислительной системе.			ОЛР3-5	КР1		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками формулирования задачи вычислительного эксперимента, методикой выполнения расчета с использованием средств параллельных вычислений и инструментами анализа получаемых результатов.			ОЛР3-5			ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме

защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 5 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Суперкомпьютеры в современном мире», вторая КР – по модулю 2 «Компоненты суперкомпьютерных систем», третья КР – по модулю 3 «Программное обеспечение высокопроизводительных вычислительных систем».

Типовые задания первой КР:

1. Понятие суперкомпьютера. Сферы их применения.
2. Классификация параллельных систем.
3. Показатели эффективности и масштабируемости параллельных программ.

Классификация Флинна.

Типовые задания второй КР:

1. Структура и основные компоненты вычислительной системы, их назначение.

2. Параллельные архитектуры. Параллелизм и пути его достижения. Закон Амдала.

3. Компьютерные сети. Топологии построения суперкомпьютерных сетей.

4. Системы хранения данных в суперкомпьютерах. Файловые системы. Удаленный доступ к файлам. Резервное копирование и отказоустойчивость.

Типовые задания третьей КР:

1. Методы оценки производительности суперкомпьютеров. Понятие пиковой производительности. Рейтинги суперкомпьютеров ТОП-50 и ТОП-500.

2. Технологии параллельного программирования OpenMP и OpenMPI. Преимущества и недостатки.

3. Структура параллельной программы. Создание параллельных нитей в OpenMP программе. Обмен данными между нитями.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Способы повышения производительности современных микропроцессоров.
2. Основные виды коммуникационных сред в кластерных системах.
3. Характеристики различных видов коммуникационных сред в кластерных системах.

4. Основные отличия и особенности использования CPU и GPU в параллельных программах. Типы задач, в которых наиболее эффективно использование GPU.

5. Системы пакетной обработки заданий. Запуск параллельных программ в распределенной системе. Состояния выполнения задачи.

6. Преимущества и недостатки использования готового программного обеспечения, предназначенного для выполнения в кластерных системах.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Разработать программу для параллельного решения системы линейных уравнения.

2. Выполнить запуск параллельной программы на нескольких вычислительных устройствах.

3. Определить показатели производительности учебного компьютера.

4. Оценить масштабируемость тестовой программы на различном количестве ядер.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Составить программу, реализующую возможность умножения двух матриц.

2. Выполнить доработку полученной программы для выполнения в параллельном режиме с использованием технологии OpenMP.

3. Получить оценку ускорения параллельного варианта реализации программы по сравнению с последовательной реализацией.

4. Оценить характеристики выполнения различных участков кода.

5. Основываясь на полученных характеристиках выполнения программы, дать рекомендации по ее доработке.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.