

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Технологии MPI

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Вычислительная геометрия и высокопроизводительные вычисления

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Маркина А.Г. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), AngGMarkina@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Способен применять знания и методы дисциплин естественно-научного и математического цикла при проведении научных исследований, в том числе математического и компьютерного моделирования и высокопроизводительных вычислений
ПК-4	Разработка, отладка, рефакторинг программного кода, баз данных, информационных ресурсов; проектирование и интеграция программного обеспечения, управление проектами в области ИТ

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основы дисциплин естественнонаучного и математического цикла, методы и принципы математического, компьютерного моделирования и высокопроизводительных вычислений, средства и методы получения новых научных знаний, способы и методы анализа и обобщения полученных научных данных, современные информационные технологии;
- приемы разработки и отладки программного кода; технологию MPI и языки программирования, среды разработки, стандартные библиотеки языков программирования, современные компиляторы, отладчики и оптимизаторы программного кода;
- теоретические основы, методы, средства и способы проверки работоспособности, рефакторинга и оптимизации программного кода, методы автоматической и автоматизированной проверки работоспособности программного обеспечения;
- методы и средства разработки программного обеспечения, проектирования программных интерфейсов, основные практические приемы интеграции программных модулей и компонент, включая компоненты, реализованные с помощью разных языков и технологий программирования;
- основные принципы и технологии управления проектами, основы системного администрирования, основы конфигурационного управления, методы формирования и взаимодействия проектных команд.

Должен уметь:

- применять знания естественно-научного и математического цикла при проведении научных исследований;
- проводить математическое, компьютерное моделирование и высокопроизводительные вычисления с использованием специализированного ПО, современных программных продуктов и методов системного подхода;
- получать и обрабатывать информацию из различных источников, вести самостоятельно или в составе группы научный поиск, используя специальные средства и методы получения новых знаний, обрабатывать и анализировать результаты научно-исследовательских работ;
- применять выбранные языки программирования и технологию MPI для написания программного кода, использовать выбранную среду программирования, выявлять ошибки в программном коде;
- применять методы и приемы отладки программного кода, применять современные компиляторы, отладчики и оптимизаторы программного кода, составлять план сценария проверки работоспособности программного обеспечения и на основании анализа результата проверки строить план модификации программного обеспечения, применять методы и средства для рефакторинга и оптимизации программного обеспечения;
- применять методы и средства проектирования программного обеспечения, программных интерфейсов, применять методы и средства сборки модулей и компонент программного обеспечения в программный продукт, интегрировать разнородное программное обеспечение;
- планировать работы в проектах в области ИТ, контролировать выполнение работ, разрабатывать плановую документацию и отчетность, проводить аудит качества в проектах.

Должен владеть:

- опытом применения знаний естественно-научного и математического цикла, опытом математического, компьютерного моделирования и проведения высокопроизводительных вычислений с использованием специализированного ПО и методов системного подхода, опытом анализа и обобщения научной информации, опытом научного поиска и проведения научных исследований, используя современные информационные технологии;
- опытом разработки и оптимизации программного кода, навыками анализа и проверки исходного программного кода;
- навыками отладки программного кода на уровне программных модулей, межмодульных взаимодействий и взаимодействий с окружением, опытом использования языков, сред программирования и технологии MPI;
- практическим опытом проведения проверки работоспособности программного обеспечения системного и прикладного уровня разной степени сложности,
- практическим опытом разработки процедур сборки модулей и компонент программного обеспечения, интеграции программных модулей и компонент, реализованных на различных системных и программных платформах, опытом проектирования баз данных, программных интерфейсов и программного обеспечения;
- опытом разработки плана конфигурационного управления, управления сборкой программных элементов, назначения и распределение ресурсов, разработки плана управления проектом и частных планов (управления качеством рисками, содержанием и т.п.) в области ИТ.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.04 "Прикладная математика (Вычислительная геометрия и высокопроизводительные вычисления)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 34 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 34 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 56 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции- всего	Лекции- в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Стандарт MPI. Основные понятия.	3	0	0	0	0	2	0	4
2.	Тема 2. Прием/передача сообщений между отдельными процессами.	3	0	0	0	0	6	0	10
3.	Тема 3. Коллективные взаимодействия процессов.	3	0	0	0	0	8	0	10
4.	Тема 4. Группы и коммуникаторы.	3	0	0	0	0	4	0	5
5.	Тема 5. Пересылка разнотипных данных.	3	0	0	0	0	8	0	12

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-мestr	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стое-тель-ная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
6.	Тема 6. Применение технологии MPI в решении задач вычислительной математики.	3	0	0	0	0	6	0	15
	Итого		0	0	0	0	34	0	56

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Стандарт MPI. Основные понятия.

Краткая история развития MPI и область применения. Основные понятия и определения. Средства редактирования, компиляции и запуска параллельной программы. Модель программирования. Структура программы MPI. Инициализация группы параллельных процессов. Определение номера процесса и количества процессов.

Тема 2. Прием/передача сообщений между отдельными процессами.

Совмещенный прием и передача сообщений между отдельными процессами. Прием и передача сообщений с блокировкой и без блокировки. Анализ и разрешение тупиковых ситуаций (deadlock) при использовании блокирующих процедур приема и отправки сообщений. Параллельная обработка одномерных и двумерных массивов.

Тема 3. Коллективные взаимодействия процессов.

Особенности коллективного обмена данными между процессорами. Использование функций рассылки данных от одного процесса всем остальным. Использование функций сборки данных со всех процессов. Применение операции редукции. Параллельная обработка одномерных и двумерных массивов. Барьерная синхронизация процессов.

Тема 4. Группы и коммуникаторы.

Определение основных понятий. Группа, коммуникатор, типы коммуникаторов. Операции с группами: создание и уничтожение новых групп процессов; разбиение процессов на непересекающиеся группы. Операции с коммуникаторами: создание коммуникатора; разбиение коммуникатора на несколько новых коммуникаторов; удаление коммуникатора.

Тема 5. Пересылка разнотипных данных.

Производные типы данных. Регистрация и уничтожение производных типов данных. Виды конструкторов, особенности описания производного типа данных и их отличия. Использование производных типов для пересылки разнотипных данных. Операции упаковки и распаковки данных. Определение необходимого объема памяти для упаковки разнотипных данных.

Тема 6. Применение технологии MPI в решении задач вычислительной математики.

Разработка параллельной программы для решения краевой задачи на многопроцессорных системах с разделяемой памятью. Принципы разработки параллельных алгоритмов. Анализ внутренней структуры алгоритма и выявление параллелизма. Написания эффективных параллельных программ для решения задач вычислительной математики.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета
Вычислительный практикум по технологии MPI - https://parallel.ru/tech/tech_dev/MPIcourse
Среда параллельного программирования MPI - <http://tsusu1.rnd.runnet.ru/tutor/method/m2/content.html>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

MPI Documents - <https://www mpi-forum.org/docs/>

MPI: The Message Passing Interface - https://parallel.ru/tech/tech_dev/mpi.html

The Message Passing Interface (MPI) standard - <https://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi/index.html>

Команда MS Teams "Технологии MPI" -

<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a9f9f70be83eb4ba59d4055f0ce6638bf%40thread.tacv2/conversations?groupId=85424f43-a5a3-0000-0000-000000000000&tenantId=72f988bf-86f1-41af-91ab-2d7cd011db47>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	При выполнении лабораторных работ необходимо использовать теоретический материал из предложенного списка литературы. Все работы ориентированы на применение технологии MPI в разработке параллельных программ для решения задач вычислительной математики. Учебный материал по каждой работе излагается подробно и содержит необходимые пояснительные ссылки и учебные примеры. Текущие задания на лабораторные работы выдаются каждую неделю на практическом занятии. Реализация данной дисциплины предполагает как очное, так и дистанционное формат обучения.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Изучение данного курса предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над теоретическим материалом, текстами рекомендованных учебников и учебных пособий. Основной целью самостоятельных занятий является углубленное изучение основных принципов и методов распараллеливания программ на многопроцессорных системах с разделяемой памятью. При работе с учебными примерами необходимо научиться проводить анализ внутренней структуры алгоритма и выявлять возможные участки параллелизма. При подготовке к каждому занятию необходимо обратиться к рекомендованным учебным пособиям. Самостоятельная работа по изучению курса предполагает внеаудиторную работу. Этапы выполнения самостоятельных работ: 1. Просмотр учебного пособия и рекомендуемой литературы по теме задания. 2. Составление резюме прочитанной главы соответствующего раздела рекомендуемого теоретического источника или учебника. 3. Выполнение заданий по теме и их комментирование.
экзамен	При подготовке к экзамену обучающемуся рекомендуется составить план процесса подготовки, включающей изучение, повторение, систематизацию, логическую обработку материала, подготовку к выполнению практических задач по темам дисциплины, а также составление списка возможных дополнительных вопросов и заданий. На экзамене оценивается владение материалом обучающего, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачётке или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.04 "Прикладная математика" и магистерской программе "Вычислительная геометрия и высокопроизводительные вычисления".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.01 Технологии MPI*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Вычислительная геометрия и высокопроизводительные вычисления

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Богачёв, К. Ю. Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. - 5-е эл.изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2024. - 345 с. - ISBN 978-5-93208-802-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/458324> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Абрамян, М. Э. Практикум по параллельному программированию с использованием электронного задачника Programming Taskbook for MPI : учебное пособие / М. Э. Абрамян. - Ростов-на-Дону : Издательство ЮФУ, 2010. - 172 с. - ISBN 978-5-9275-0778-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/549949> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Карепова, Е. Д. Основы многопоточного и параллельного программирования: учебное пособие / Карепова Е.Д. - Красноярск: СФУ, 2016. - 356 с.: ISBN 978-5-7638-3385-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/966962> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
4. Федотов, И. Е. Параллельное программирование. Модели и приемы : практическое пособие / И. Е. Федотов. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2020. - 390 с. - (Серия 'Библиотека профессионала'). - ISBN 978-5-91359-222-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858781> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Плещинский, Н.Б. Многопроцессорные вычислительные комплексы. Технологии параллельного программирования: учебное пособие / Н.Б. Плещинский, И.Н. Плещинский. - Казань : КФУ, 2018. - 112 с. - Текст : электронный. - URL: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/118048/-1/F_mcc18a.pdf (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: открытый.
2. Стуколов, С. В. Параллельное программирование. Практикум : учебное пособие / С. В. Стуколов. - Кемерово : КемГУ, 2020. - 273 с. - ISBN 978-5-8353-2723-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/173547> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Михайличенко, Ж. В. Программирование на языке Си : учебно-методическое пособие / Ж. В. Михайличенко, М. А. Кузниченко, В. С. Яне. - 2-е изд., стер. - Москва : ФЛИНТА, 2017. - 103 с. - ISBN 978-5-9765-3434-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1583197> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: по подписке.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.01 Технологии MPI

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая
перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Вычислительная геометрия и высокопроизводительные вычисления

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.