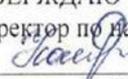


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ульяновский государственный педагогический университет  
имени И.Н. Ульянова»  
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования  
Кафедра высшей математики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе  
 Н.А. Ильина  
«30» августа 2016 г.

### **ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ МАТРИЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ**

Программа учебной дисциплины вариативной части  
для направления подготовки 01.06.01 «Математика и механика»  
Направленность (профиль):  
Вещественный, комплексный и функциональный анализ  
(очная и заочная форма обучения)

Составитель: Цыганов А.В.,  
канд. физ.-мат. наук, доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании ученого совета факультета физико-математического  
и технологического образования  
(протокол от « 22 » июня 2016 г. № 9 ).

Ульяновск, 2016

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Рабочая программа учебной дисциплины «Высокопроизводительные матричные вычисления» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утверждённого приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 866 (зарегистрирован в Минюсте России 25.08.2014 № 33837), и с учебным планом.

**Цель** изучения дисциплины: формирование у обучающихся знаний, умений и навыков в области высокопроизводительных матричных вычислений.

**Задачи** дисциплины:

- раскрыть содержание базовых понятий, предмета, методов и принципов высокопроизводительных матричных вычислений;
- дать представление о современных технологиях высокопроизводительных матричных вычислений;
- обучить основам применения высокопроизводительных матричных вычислений в математических исследованиях.

### Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина по выбору вариативной части образовательной программы (Б1.В.ДВ.02.2), изучается в 7 семестре при очной и заочной формах обучения. Альтернативная дисциплина: «Вариационные проблемы и методы в математическом анализе». Итоговая форма аттестации – зачет.

### Требования к усвоению дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у аспиранта в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности соответствующих компетенций.

Выпускник аспирантуры по итогам изучения дисциплины должен обладать следующими

**общепрофессиональными компетенциями (ОПК):**

**ОПК-1** – способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

**профессиональными компетенциями:**

**ПК-3** – способностью приводить информацию к проблемно-задачной форме, строить математические модели объектов и процессов из различных предметных областей;

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать:**

- основные понятия высокопроизводительных матричных вычислений;
- принципы построения моделей задач математики и ее приложений, при работе с которыми могут применяться высокопроизводительные матричные вычисления;

**Уметь:**

- использовать высокопроизводительные матричные вычисления в профессиональной деятельности;
- планировать и проектировать высокопроизводительные матричные вычисления;

**Владеть:**

- навыками переформулировки задач для их численного решения;
- основами работы с библиотеками высокопроизводительных матричных вычислений.

**Структура и содержание дисциплины  
«Высокопроизводительные матричные вычисления»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов): 6 часа – лекции, 12 часов практическая работа, 90 часов самостоятельной работы. Форма отчетности – зачет.

№ п/п	Раздел дисциплины	Год обучения (очная/заочная форма)	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов, и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Формы промежуточной аттестации (по итогам освоения дисциплины)
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
1.	Тема 1. Библиотеки BLAS и LAPACK, их реализации и аналоги	4/4	2	4	30	Контрольная работа
2.	Тема 2. Технология вычислений на GPU CUDA и ее аналоги		2	4	30	Контрольная работа
3.	Тема 3. Библиотека Armadillo		2	4	30	Контрольная работа
	Всего		<b>6</b>	<b>12</b>	<b>90</b>	Зачёт

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Тема 1. Библиотеки BLAS и LAPACK, их реализации и аналоги.**

Обзор основных возможностей библиотек BLAS и LAPACK. Различные реализации BLAS и LAPACK: Netlib, Atlas, OpenBLAS, GSL, MKL. Аналоги BLAS и LAPACK. Библиотеки BLAS и LAPACK для Windows, установка и примеры использования в проектах на C/C++.

### **Тема 2. Технология вычислений на GPU CUDA и ее аналоги.**

Обзор основных возможностей архитектуры параллельных вычислений CUDA. Установка CUDA Toolkit и SDK. Интеграция CUDA с MS Visual Studio. Примеры использования. Обзор аналогов: OpenCL, OpenACC.

### **Тема 3. Библиотека Armadillo.**

Обзор основных возможностей библиотеки Armadillo. Интеграция библиотеки с MS Visual Studio. Организация векторно-матричных вычислений с использованием Armadillo. Примеры портирования программного кода из MATLAB. Исследование производительности приложений.

## Образовательные технологии

Выбор образовательных технологий при реализации курса диктуется постановкой следующих педагогических целей:

- 1) **фундаментальная теоретическая подготовка аспирантов**, расширение математического кругозора, формирование цельной картины современной математики, представления о месте в ней функционального анализа, о его связях с другими разделами математики и с приложениями;
- 2) **формирование различных компонентов математической деятельности**, в т.ч. навыков чтения и понимания аутентичной математической литературы, выдвижения и проверки математических гипотез, доказательства теорем, выяснения границ применимости алгоритмов решения определенных классов задач и модификации таких алгоритмов в случае необходимости, доказательства правомерности и оценки погрешностей приближенных методов решения задач и т.д.; освоение компьютерных математических сред как одного из инструментов математической деятельности;
- 3) **формирование навыков профессиональной коммуникации**, в т.ч. ведения математической дискуссии, реферирования математической литературы, составления обзоров по заданной теме, представления новых результатов и др.

Для достижения указанных целей предполагается использование активных методов обучения, в том числе проблемных лекций, аналога case-технологий на практических занятиях, элементов ролевых технологий (генератор идей – критик и т.п.) Предусмотрена большая доля самостоятельной работы исследовательского характера, в частности, ознакомительное или детальное (по выбору аспиранта, в зависимости от тематики его исследовательской работы) знакомство с источниками литературы, содержащими дальнейшее развитие вопросов, включенных в программу.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта**

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- работа с конспектами лекций; постановка вопросов по теме лекции;
- проработка математического содержания темы по конспекту лекций, учебникам и пособиям на основании вопросов, подготовленных преподавателем либо самим аспирантом;
- проработка дополнительных тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины;
- изучение, анализ, реферирование обязательной и дополнительной литературы, сопоставление различных подходов к построению математических теорий;
- написание рефератов по отдельным разделам дисциплины; подготовка научных докладов и творческих работ;
- решение сформулированных преподавателем и/или самостоятельно поставленных задач по основным разделам курса; разработка систем заданий по курсу; работа над проектами;
- подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.

В целях фиксации результатов самостоятельной работы аспирантов по дисциплине проводится аттестация самостоятельной работы. Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется преподавателем в течение всего семестра. При освоении дисциплины могут быть использованы следующие формы контроля самостоятельной работы:

- 1) реферат,
- 2) коллоквиум,
- 3) тестовый контроль,
- 4) другие по выбору преподавателя.

Научный руководитель организует самостоятельную работу аспиранта в соответствии с рабочим учебным планом и графиком, рекомендованным преподавателем. Аспирант должен выполнить объем самостоятельной работы, предусмотренный рабочим учебным планом, максимально используя возможности индивидуального творческого и научного потенциала для освоения образовательной программы в целом.

Самостоятельная работа аспирантов может носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер. Самостоятельная работа, носящая репродуктивный характер, предполагает, что в процессе работы аспиранты пользуются методическими материалами и методическими пособиями, в которых указывается, в какой последовательности следует изучать материал дисциплины, обращается внимание на особенности изучения отдельных тем и разделов. Самостоятельная работа, носящая частично-поисковый и поисковый характер, нацеливает аспирантов на самостоятельный выбор способов выполнения работы, на развитие у них навыков творческого мышления, инновационных методов решения поставленных задач.

Для анализа организации своей самостоятельной работы аспиранту рекомендуется в письменной форме ответить на предлагаемые вопросы и затем критически проанализировать, насколько эффективно он работает самостоятельно.

Во время самостоятельной работы обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам, а также доступом к сети Интернет.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины	Наименование оценочного средства	Код формируемой компетенции	
			ОПК-1	ПК-3
1.	Библиотеки LAPACK и BLAS и их аналоги.	ОС-1. Контрольная работа	*	*
2.	Технология вычислений на GPU CUDA и ее аналоги.	ОС-2. Контрольная работа	*	*
3.	Библиотека Armadillo.	ОС-3. Контрольная работа	*	*
5.	Итоговая аттестация	ОС-4. Зачет	*	*
		Наименование средства, используемого для итогового оценивания образовательного результата	ОС-1, 2, 3, 4	ОС-1, 2, 3, 4

### ОС-1. Контрольная работа.

#### Примерные варианты заданий.

1. Напишите программу, реализующую заданный алгоритм матричных вычислений с использованием библиотеки Intel MKL.

### ОС-2. Контрольная работа.

#### Примерные варианты заданий.

1. Напишите программу, реализующую заданный алгоритм матричных вычислений с использованием технологии CUDA.

### **ОС-3. Контрольная работа.**

#### **Примерные варианты заданий.**

1. Напишите программу, реализующую заданный алгоритм матричных вычислений с использованием библиотеки Armadillo.

### **ОС-4. Зачет.**

#### **Примерные вопросы к зачету.**

1. Основные возможности библиотек BLAS и LAPACK.
2. Основные реализации BLAS и LAPACK.
3. Аналоги BLAS и LAPACK.
4. Использование библиотек BLAS и LAPACK в проектах на C/C++.
5. Библиотека Intel MKL.
6. Архитектура параллельных вычислений CUDA.
7. Интеграция CUDA с MS Visual Studio.
8. Фреймворк OpenCL.
9. Стандарт OpenACC.
10. Основные возможности библиотеки Armadillo.
11. Реализация матричных вычислений с использованием Armadillo.

#### **Критерии формирования зачетной оценки**

**Отметка «Зачтено» ставится, если** аспирант в устном и/или письменном ответе продемонстрировал следующие знания и умения:

- приведен достаточно полный ответ на поставленный вопрос;
- продемонстрировано умение мыслить логически, устанавливать причинно-следственные связи, доказательно раскрыты основные положения;
- ответ имеет достаточно четкую структуру, изложение последовательно, отражает сущность раскрываемых понятий.
- ответ на вопрос изложен грамотно, с использованием математической терминологии.

При выставлении зачётной отметки может быть учтено также качество работы аспиранта в процессе освоения дисциплины (результаты текущей аттестации).

Аспиранты, не сдавшие зачет, сдают его повторно в соответствии с графиком, разработанным отделом аспирантуры.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основы высокопроизводительных вычислений : учебное пособие / К.Е. Афанасьев, С.Ю. Завозкин, С.Н. Трофимов; А.Ю. Власенко. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011. - 246 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232203>
2. Афанасьев, К.Е. Основы высокопроизводительных вычислений : учебное пособие / К.Е. Афанасьев, С.В. Стуколов, В.В. Малышенко и др. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - Т. 2. Технологии параллельного программирования. - 412 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232204>
3. Афанасьев, К.Е. Основы высокопроизводительных вычислений : учебное пособие / К.Е. Афанасьев, И.В. Григорьева, Т.С. Рейн. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - Т. 3. Параллельные вычислительные алгоритмы. - 185 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232205>
4. Немнюгин, С.А. Введение в программирование на кластерах / С.А. Немнюгин. - 2-е изд., испр. - М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 247 с. : [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429082>
5. Немнюгин, С.А. Программирование на кластерах с использованием инструментов Intel (Intel Cluster Studio) / С.А. Немнюгин. - 2-е изд., испр. - М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 259 с. : [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429823>

### Дополнительная литература

1. Алексеев, А.А. Основы параллельного программирования с использованием Visual Studio 2010 / А.А. Алексеев. - 2-е изд., испр. - М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 332 с. : [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=4288292>.
2. Гергель, В.П. Технологии построения и использования кластерных систем : курс / В.П. Гергель ; Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2009. - 470 с. : ил. ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233768>
3. Биллиг, В.А. Параллельные вычисления и многопоточное программирование / В.А. Биллиг. - 2-е изд., испр. - М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 311 с. : ил., схем. - Библиогр. в кн. ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428948>
4. Гордин, В.А. Математика, компьютер, прогноз погоды и другие сценарии математической физики : учебное пособие / В.А. Гордин. - М. : Физматлит, 2010. - 734 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76682>
5. Зализняк, В.Е. Теория и практика по вычислительной математике : учебное пособие / В.Е. Зализняк, Г.И. Щепановская ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 174 с. : [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229271>
6. Немнюгин, С. А. Введение в программирование на Intel Cilk Plus / С.А. Немнюгин. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 148 с. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429080>
7. Сердюк, Ю.П. Параллельное программирование для многоядерных процессоров / Ю.П. Сердюк, А.В. Петров. - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2009. - 217 с. ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234668>

## Информационное обеспечение дисциплины

1. <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский математический портал (свободный доступ к полным текстам статей журналов Академиздатцентра "Наука" РАН).
2. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/calculus.htm> (библиотека «Мир математических уравнений»), книги по математике, математический анализ, функциональный анализ).
3. <http://www.mcsme.ru> – Московский центр непрерывного математического образования.
4. <http://ium.mcsme.ru/courses.php> - Московский центр непрерывного математического образования, библиотека курсов Независимого Московского университета.
5. <http://lib.mexmat.ru/books> - Электронная библиотека Попечительского совета МГУ.
6. <http://math-portal.ru>
7. <http://reslib.com> – Research library
8. <http://people.virginia.edu>
9. <http://projecteuclid.org>
10. <http://www.springerlink.com>
11. <http://www.encyclopediaofmath.org>
12. <http://myweb.facstaff.wvu.edu>

## МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Для проведения аудиторных занятий:

Наименование специализированных аудиторий и лабораторий	Перечень оборудования
Аудитория № 417 (УлГПУ им. И.Н. Ульянова, пл. 100-летия со дня рождения В.И. Ленина д. 4)	Посадочные места – 50 Преподавательский стол – 1 шт. Столы ученические двухместные – 14 шт. Столы ученические трехместные – 8 шт. Тумба под компьютер – 1 шт. Встроенные шкафы – 2 шт. Стулья – 50 шт. Мультимедийный класс в составе: интерактивная система SMART Board SB 685. Ноутбук HP Pavilion g6-2364. Доска – 1 шт. Жалюзи – 3 шт. Стул из кожи черный – 1 шт.
Аудитория № 426а – научно-исследовательская лаборатория математического моделирования (аудитория для практических занятий)	Посадочные места – 11. Преподавательский стол – 1 шт. Столы ученические двухместные – 1 шт. Столы ученические трехместные – 3 шт. Столы для оборудования – 2 шт. Стул руководителя – 3 шт. Стулья ученические – 11 шт. Оборудование: 1. Высокопроизводительный вычислительный кластер. 2. Рабочая станция. 3. Проектор. 4. Экран. 5. 3D-проектор. 6. 3D-телевизор.

	<p>7. 3D-принтер.</p> <p>8. 3D-очки (активные, пассивные).</p> <p>9. Очки виртуальной реальности.</p> <p>10. Наборы для технического творчества на платформе Arduino.</p>
--	---

**Помещения для самостоятельной работы обучающихся:**  
компьютерные классы (с выходом в Интернет), библиотека (с выходом в Интернет).

<p>Медиацентр (УлГПУ им. И.Н. Ульянова, пл. 100-летия со дня рождения В.И. Ленина д. 4)</p>	<p>73 моноблока, соединённых локальной компьютерной сетью; беспроводная сеть Wi-Fi; стационарный проектор; экран; 5 ЖК-мониторов, 2 ЖК-панели; система видеоконференцсвязи – PolycomHDX6000HD; акустическая система: вокальная аудиосистема и акустические колонки. Секционные столы-18шт.</p>
<p>Читальный зал (электронная библиотека, (УлГПУ им. И.Н. Ульянова, пл. 100-летия со дня рождения В.И. Ленина д. 4)</p>	<p>Ноутбуки 15,6 ACER Packard Bell EasyNote ENTE11HC-B9604G50MNKS 8 шт.  Ноутбук Lenovo IdeaPad B590 Intel Pentium Dual-Core B960 2.2ГГц 4G/500G/DVD-RW15.6*/Windows 7 Home -7шт.</p>