

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Вычислительная и прикладная математика»

«СОГЛАСОВАНО»

Директор ИМиА

_____ А.В. Корячко

«__» _____ 201__ г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор

по учебной работе

_____ К.В. Бухенский

«__» _____ 201__ г.

Руководитель ОПОП

_____ А.Н. Пылькин

«__» _____ 201__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.6.В.05а «МАШИННЫЕ МЕТОДЫ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ»

Направление подготовки —

09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»

ОПОП подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре —

«Управление в социальных и экономических системах»

Квалификация выпускника — Исследователь.

Преподаватель-исследователь

Формы обучения — очная, заочная

Рязань 2018 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Программа по дисциплине «Машинные методы линейной алгебры» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»; требования установлены Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» (уровень подготовки кадров высшей квалификации) (утв. Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 г. № 875).

Программа предназначена для аспирантов, обучающихся по основной профессиональной образовательной программе «Управление в социальных и экономических системах», реализуемой по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Целью дисциплины является формирование теоретических знаний в области решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ); ознакомление с методами машинного решения СЛАУ; формирование практических навыков численного решения СЛАУ.

Задачи изучения дисциплины: сформировать представление об особенностях машинного решения СЛАУ; освоить методы машинного решения СЛАУ; развить навыки численного решения СЛАУ; углубить представления об обусловленности матрицы, разложениях матриц; сформировать навыки машинного решения СЛАУ для прикладных задач.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Коды компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.	<i>Знать:</i> сложившиеся практики, методы и способы решения исследовательских задач в соответствующей профессиональной области, информационные и мультимедийные технологии, используемые в науке и технике.
ПК-1	Владение методами и алгоритмами решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.	<i>Знать:</i> методы и алгоритмы решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах. <i>Уметь:</i> применять методы и алгоритмы решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах. <i>Владеть:</i> методами и алгоритмами решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.

ПК-4	Знание методов формализации и постановки задач управления в социальных и экономических системах.	<i>Знать:</i> методы формализации и постановки задач управления в социальных и экономических системах.
------	--	--

В результате изучения дисциплины аспиранты должны

знать:

— принципы использования математических методов и моделей в дисциплинах, которым ее изучение должно предшествовать, и в прикладных задачах;

уметь:

— использовать математических методы и модели при изучении дисциплин естественнонаучного и профессионального циклов;

владеть:

— математическими методами и моделями необходимыми для формирования соответствующих компетенций.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к вариативной части дисциплин блока № 1. Дисциплина изучается по очной форме обучения на 2 курсе в 4 семестре, по заочной форме обучения на 3 курсе, базируется на знаниях, полученных в ходе изучения математических дисциплин бакалавриата (или специалитета), магистратуры.

Пререквизиты дисциплины. Для освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

— основные методы математического анализа и матричного анализа и способы матричных вычислений;

уметь:

— проводить матричные вычисления;

— работать с программными средствами для матричных вычислений;

— организовывать матричные вычисления и решение СЛАУ на ЭВМ;

— анализировать результаты решения СЛАУ;

— выявлять проблемы машинного решения СЛАУ;

владеть:

— навыками решения СЛАУ;

— методами матричных вычислений

— методами и приемами анализа результатов решения СЛАУ.

Постреквизиты дисциплины. Полученные знания используются далее при изучении дисциплин «Методология научных исследований», «Информационные технологии в социальных и экономических системах», при выполнении НИР и при подготовке научно-квалификационной работы (диссертации).

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

Общая трудоемкость (объем) дисциплины при **очной форме** обучения составляет 3 зачетные единицы (ЗЕ).

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	48
Лекции	24
Практические занятия	24
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	60
Консультации в семестре	6
Самостоятельные занятия	54
Вид промежуточной аттестации обучающихся — зачет (4 семестр)	

Общая трудоемкость (объем) дисциплины при **заочной форме** обучения составляет 3 зачетные единицы (ЗЕ).

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	12
Лекции	6
Практические занятия	6
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	96
Экзамены и консультации	27
Контрольная работа	10
Самостоятельные занятия	59
Вид промежуточной аттестации обучающихся — экзамен (3 курс)	

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

4.1. Содержание разделов дисциплины, структурированное по темам

В структурном отношении программа дисциплины представлена следующими разделами.

I раздел. Особенности машинного решения задач линейной алгебры.

II раздел. Классификация СЛАУ. Проблемы машинного решения СЛАУ.

III раздел. Разложение Холецкого и его использование для решения СЛАУ.

IV раздел. Решение СЛАУ через QR-разложение матрицы.

V раздел. Сингулярное разложение матрицы и его использование для решения СЛАУ.

**4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий
(в академических часах)**

При очной форме обучения

№ п/п	Тема	Общая трудо- емкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Сам о- стоя тель ная рабо та обу- чаю щих ся
			всег о	лекци и	Практи ческие заняти я	др уг ие ви ды	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>I раздел Особенности машинного решения задач линейной алгебры</i>	10	4	2	2		6
2	<i>II раздел Классификация СЛАУ. Проблемы машинного решения СЛАУ</i>	20	8	4	4		12
3	<i>III раздел Разложение Холецкого и его использование для решения СЛАУ</i>	24	12	6	6		12
4	<i>IV раздел Решение СЛАУ через QR-разложение матрицы</i>	24	12	6	6		12
5	<i>V раздел Сингулярное разложение матрицы и его использование для решения СЛАУ</i>	24	12	6	6		12
6	<i>Консультации в семестре</i>	6					6
	Всего:	108	48	24	24		60

При заочной форме обучения

№ п/п	Тема	Общая трудо- емкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Сам о- стоя тель ная рабо та обу- чаю щих ся
			всего	лекции	Практи ческие заняти я	др уг ие ви ды	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>I раздел Особенности машинного решения задач линейной алгебры</i>	9	4	2	2		5
2	<i>II раздел Классификация СЛАУ. Проблемы машинного решения СЛАУ</i>	11	4	2	2		7
3	<i>III раздел Разложение Холецкого и его использование для решения СЛАУ</i>	11	4	2	2		7
4	<i>IV раздел Решение СЛАУ через QR-разложение матрицы</i>	20					20
5	<i>V раздел Сингулярное разложение матрицы и его использование для решения СЛАУ</i>	20					20
6	<i>Экзамены и консультации</i>	27					27
7	<i>Контрольная работа</i>	10					10
	Всего:	108	12	6	6		96

4.3. План лекционных занятий

Раздел дисциплины	Содержание
<i>I раздел</i> <i>Особенности машинного решения задач линейной алгебры</i>	Необходимость учета влияния вычислительных погрешностей и плохо обусловленных матриц на решение задач линейной алгебры на ЭВМ. Понятие нормы вектора и его использование при решении СЛАУ. Основные нормы векторов. Понятие нормы матрицы и его использование при решении СЛАУ. Связь нормы вектора и нормы матрицы. Основные нормы матриц.
<i>II раздел</i> <i>Классификация СЛАУ. Проблемы машинного решения СЛАУ</i>	Понятия совместной, несовместной, неопределенной СЛАУ. Необходимые и достаточные условия совместности и определенности СЛАУ. Три вида СЛАУ в зависимости от соотношения числа уравнений и числа неизвестных. Нормальное решение неопределенной СЛАУ. Псевдорешение несовместной СЛАУ. Нормальное псевдорешение. Связь вычисления псевдорешения несовместной СЛАУ с решением задачи аппроксимации функции методом наименьших квадратов. Особенности представления вещественных чисел в ЭВМ в стандарте <i>IEEE-754</i> и влияние этих особенностей на погрешности машинного решения СЛАУ. Число обусловленности матрицы.
<i>III раздел</i> <i>Разложение Холецкого и его использование для решения СЛАУ</i>	Симметричные положительно определенные матрицы и их свойства. Алгоритм разложения Холецкого и его использование для решения СЛАУ. Нормальная СЛАУ. Достоинства разложения Холецкого при вычислении псевдорешений несовместной СЛАУ через нормальную СЛАУ.
<i>IV раздел</i> <i>Решение СЛАУ через QR-разложение матрицы</i>	QR-разложение матрицы и его свойства. Решение СЛАУ через QR-разложение матрицы. Метод Грама — Шмидта. Решение СЛАУ посредством преобразований Хаусхолдера. Решение СЛАУ посредством преобразований Гивенса. Полное QR-разложение матрицы. Использование полного QR-разложения матрицы для получения нормального псевдорешения СЛАУ. Проблемы определения ранга при машинном полном QR-разложении матрицы.
<i>V раздел</i> <i>Сингулярное разложение матрицы и его использование для решения СЛАУ</i>	Сингулярное разложение матрицы и его свойства. Использование сингулярного разложения матрицы для решения СЛАУ. Связь нормального псевдорешения СЛАУ и сингулярного разложения матрицы. Алгоритмы сингулярного разложения матрицы.

4.4. План практических занятий

Тема 1. Особенности машинного решения задач линейной алгебры.

Цель занятия: изучить особенности машинного решения задач линейной алгебры.

Задачи закрепления теоретических знаний и практических умений и навыков: аспирант должен знать: понятие нормы вектора и его использование при решении СЛАУ; основные нормы векторов.; понятие нормы матрицы и его использование при решении СЛАУ; связь нормы вектора и нормы матрицы; основные нормы матриц. Аспирант должен иметь представление о необходимости учета влияния вычислительных погрешностей и плохо обусловленных матриц на решение задач линейной алгебры на ЭВМ.

Форма проведения: анализ решения типовых задач на аудиторных занятиях, самостоятельное решение аналогичных задач в аудитории.

Литература: [1, 2, 4, 6, 7].

Тема 2. Классификация СЛАУ. Проблемы машинного решения СЛАУ.

Цель занятия: изучить классификацию СЛАУ, познакомиться с проблемами машинного решения СЛАУ.

Задачи закрепления теоретических знаний и практических умений и навыков: аспирант должен знать: понятия совместной, несовместной, неопределенной СЛАУ; необходимые и достаточные условия совместности и определенности СЛАУ; понятие нормального решения неопределенной СЛАУ; понятие псевдорешения несовместной СЛАУ; понятие нормального псевдорешения; связь вычисления псевдорешения несовместной СЛАУ с решением задачи аппроксимации функции методом наименьших квадратов; понятие о числе обусловленности матрицы. Аспирант должен изучить особенности представления вещественных чисел в ЭВМ в стандарте *IEEE-754* и влияние этих особенностей на погрешности машинного решения СЛАУ.

Форма проведения: анализ решения типовых задач на аудиторных занятиях, самостоятельное решение аналогичных задач в аудитории.

Литература: [1, 3, 4, 7].

Тема 3. Разложение Холецкого и его использование для решения СЛАУ.

Цель занятий: освоить разложение Холецкого и его использование для решения СЛАУ.

Задачи закрепления теоретических знаний и практических умений и навыков: аспирант должен знать: понятие симметричной положительно определенной матрицы и свойства таких матриц; алгоритм разложения Холецкого и его использование для решения СЛАУ; понятие нормальной СЛАУ. Аспирант должен иметь представление о достоинствах разложения Холецкого при вычислении псевдорешений несовместной СЛАУ через нормальную СЛАУ.

Форма проведения: анализ решения типовых задач на аудиторных занятиях, самостоятельное решение аналогичных задач в аудитории.

Литература: [3, 4].

Тема 4. Решение СЛАУ через *QR*-разложение матрицы.

Цель занятий: освоить решение СЛАУ через *QR*-разложение матрицы.

Задачи закрепления теоретических знаний и практических умений и навыков: аспирант должен знать: *QR*-разложение матрицы и его свойства; способ решения СЛАУ через *QR*-разложение матрицы. Аспирант должен иметь представление: о методе Грама — Шмидта; о решении СЛАУ посредством преобразований Хаусхолдера; о решении СЛАУ посредством преобразований Гивенса; о полном *QR*-разложении матрицы; об использовании

полного QR -разложения матрицы для получения нормального псевдорешения СЛАУ; о проблемах определения ранга при машинном полном QR -разложении матрицы.

Форма проведения: анализ решения типовых задач на аудиторных занятиях, самостоятельное решение аналогичных задач в аудитории.

Литература: [3, 4, 5].

Тема 5. Сингулярное разложение матрицы и его использование для решения СЛАУ.

Цель занятий: освоить сингулярное разложение матрицы и его использование для решения СЛАУ.

Задачи закрепления теоретических знаний и практических умений и навыков: аспирант должен знать: сингулярное разложение матрицы и его свойства; способы использования сингулярного разложения матрицы для решения СЛАУ; связь нормального псевдорешения СЛАУ и сингулярного разложения матрицы; алгоритмы сингулярного разложения матрицы.

Форма проведения: анализ решения типовых задач на аудиторных занятиях, самостоятельное решение аналогичных задач в аудитории.

Литература: [3, 5].

Список литературы для практических занятий

1. Бортакровский А.С., Пантелеев А.В. Линейная алгебра в примерах и задачах: учеб. пособие. — М.: Высш. школа, 2005.
2. Бубнов В.А., Толстова Г.С., Клемешова О.Е. Линейная алгебра: компьютерный практикум. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012.
3. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления: пер. с англ. — М.: Мир, 1999.
4. Горбаченко В.И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB: учеб. пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
5. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения: пер. с англ. — М.: Мир, 2001.
6. Нормы векторов и матриц: методические указания к практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. И.А. Цветков. — Рязань, 2017. — 8 с. — № 5140.
7. Шевцов Г.С. Линейная алгебра: теория и прикладные аспекты: учебное пособие. — М.: Магистр: НИЦ ИНФРА-М, 2013.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельное изучение тем учебной дисциплины способствует закреплению знаний, умений и навыков, полученных в ходе аудиторных занятий, углублению и расширению знаний по отдельным вопросам и темам дисциплины; освоению умений практического использования полученных знаний при моделировании и анализе различных функциональных узлов каналов передачи данных, расчете их основных характеристик.

Самостоятельная работа обучающихся по данной дисциплине заключается:

- при подготовке к лекциям и практическим занятиям в изучении и доработке конспекта лекции и практического занятия с применением учебно-методической литературы, в решении заданных и подборе дополнительных примеров к теоретическим положениям курса по данной теме;
- в самостоятельном изучении отдельных вопросов и тем курса с применением рекомендуемой учебно-методической литературы;
- при подготовке к экзамену в изучении, осмыслении и повторении пройденного теоретического материала и выполненных практических заданий с применением конспекта лекций и учебно-методической литературы.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Борताковский А.С., Пантелеев А.В. Линейная алгебра в примерах и задачах: учеб. пособие. — М.: Высш. школа, 2005.
2. Ганеев Р.М. Численные методы решения задач линейной алгебры / Рязан. радиотехн. ин-т. — Рязань, 1992. — № 1990.
3. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления: пер. с англ. — М.: Мир, 1999.
4. Горлач Б.А. Линейная алгебра: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2012.
5. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения: пер. с англ. — М.: Мир, 2001.
6. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение: пер. с англ. — М.: Мир, 1998.
7. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов: пер. с англ. — М.: Наука, 1986.
8. Нормы векторов и матриц: методические указания к практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. И.А. Цветков. — Рязань, 2017. — 8 с. — № 5140.
9. Форсайт Дж., Молер К. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений: пер. с англ. — М.: Мир, 1969.
10. Цветков И.А. Представление и обработка информации в ЭВМ: учеб. пособие / Рязан. гос. радиотехн. акад. — Рязань, 2003.
11. Чураков Е.П. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент (процессы, линейные статические модели): учеб. пособие / Рязан. радиотехн. ин-т. — Рязань, 1991.
12. Электронные учебники, учебные пособия и учебно-методическое обеспечение по данной дисциплине в учебных классах кафедры в папке //FS/Work/Docs/МО_дисциплин_кафедры.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в виде оценочных материалов и приведен в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Машинные методы линейной алгебры»).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная учебная литература

1. Березина Н.А. Линейная алгебра: учеб. пособие. — Саратов: Научная книга, 2012. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6293.html>.
2. Горлач Б.А. Линейная алгебра: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2012. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4042>.
3. Икрамов Х.Д. Задачник по линейной алгебре. — СПб.: Лань, 2006. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/165>.
4. Нормы векторов и матриц: методические указания к практическим занятиям / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. И.А. Цветков. — Рязань, 2017. — 8 с. — № 5140. (39 экз. в БФ РГРТУ)
5. Постников М.М. Линейная алгебра: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2009. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/319>.
6. Шевцов Г.С. Линейная алгебра: теория и прикладные аспекты: учебное пособие. — М.: Магистр: НИЦ ИНФРА-М, 2013. (15 экз. в БФ РГРТУ)

Дополнительная учебная литература

1. Бортаковский А.С., Пантелеев А.В. Линейная алгебра в примерах и задачах: учеб. пособие. — М.: Высш. школа, 2005. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/810649/>.
2. Бубнов В.А., Толстова Г.С., Клемешова О.Е. Линейная алгебра: компьютерный практикум. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. (4 экз. в БФ РГРТУ)
3. Ганеев Р.М. Численные методы решения задач линейной алгебры / Рязан. радиотехн. ин-т. — Рязань, 1992. — № 1990. (35 экз. в БФ РГРТУ)
4. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления: пер. с англ. — М.: Мир, 1999. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/29260/>.
5. Горбаченко В.И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB: учеб. пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/1448488/>.
6. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. Теория и приложения: пер. с англ. — М.: Мир, 2001. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/1421908/>.
7. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение: пер. с англ. — М.: Мир, 1998. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/2211896/>.
8. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов: пер. с англ. — М.: Наука, 1986. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/2174703/>.
9. Форсайт Дж., Молер К. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений: пер. с англ. — М.: Мир, 1969. — Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/43332/>.
10. Цветков И.А. Представление и обработка информации в ЭВМ: учеб. пособие / Рязан. гос. радиотехн. акад. — Рязань, 2003. (20 экз. в БФ РГРТУ)
11. Чураков Е.П. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент (процессы, линейные статические модели): учеб. пособие / Рязан. радиотехн. ин-т. — Рязань, 1991. (94 экз. в БФ РГРТУ)

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-библиотечная система «Лань». — Режим доступа: с любого компьютера РГРТУ без пароля. — URL: <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «IPRbooks». — Режим доступа: с любого компьютера РГРТУ без пароля, из сети Интернет по паролю. — URL: <https://iprbookshop.ru/>.
3. Электронная библиотека РГРТУ. — URL: <http://weblib.rtu.ebs>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приведены в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины (см. документ «Методическое обеспечение дисциплины «Машинные методы линейной алгебры»).

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

В учебном процессе применяются следующие информационные технологии:

- чтение лекций с использованием презентаций;
- выполнение заданий с использованием лицензионного или свободно распространяемого программного обеспечения, установленного на рабочих местах в компьютер-

ных классах и в помещениях для самостоятельной работы, а также для выполнения самостоятельной работы в домашних условиях.

Перечень используемого программного обеспечения: *WINDOWS XP*, *WINDOWS 7*, свободно распространяемое программное обеспечение — система компьютерной алгебры *PARI/GP* (сайт <http://pari.math.u-bordeaux.fr>).

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

Для освоения дисциплины необходимы:

- 1) лекционная аудитория, оборудованная средствами отображения презентаций и других лекционных материалов на экран;
- 2) класс для проведения практических занятий с обычной (не электронной) доской.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» (квалификация выпускника — Исследователь. Преподаватель-исследователь, форма обучения — очная, срок обучения — 4 года, форма обучения — заочная, срок обучения — 4,5 года).

Программу составил
д.т.н., профессор кафедры
«Вычислительная
и прикладная математика»

И.А. Цветков

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Вычислительная и прикладная математика» (протокол № 11 от 30 мая 2018 г.).

Заведующий кафедрой
«Вычислительная и прикладная математика»
д.т.н., профессор

А.Н. Пылькин