

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
Факультет физико-математических и естественных наук

Принято
Ученым советом факультета
физико-математических и естественных наук
15.12.2020 г., протокол № 201-08/06



ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

**для обучающихся по программам
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
Направление подготовки
02.06.01 Компьютерные и информационные науки**

Профиль:

Вычислительная математика

(высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации)

Квалификация (степень) выпускника:

Исследователь. Преподаватель-исследователь

г. МОСКВА
2021 год

1 Общие положения

- 1.1. Порядок проведения итоговой государственной аттестации обучающихся определяет ответственность и порядок действий по подготовке и проведению государственных итоговых испытаний в РУДН, а также перечень, очередность, сроки прохождения документов, необходимых для осуществления государственной итоговой аттестации.
- 1.2. Государственная итоговая аттестация по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки» по профилю «Вычислительная математика» включает государственный экзамен, соответствующий программе кандидатского минимума по специальности 01.01.07 «Вычислительная математика», и защиту научного доклада об основных результатах научно-квалификационной работы (диссертации).
- 1.3. Результаты любого из видов аттестационных испытаний, включенных в государственную итоговую аттестацию, определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».
- 1.4. Государственная итоговая аттестация проводится согласно «Положению о проведении государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденному Приказом Ректора от 29.11.2019 г. № 726.
- 1.5. Подготовка и оформление научно-квалификационной работы (диссертации) и научного доклада об основных результатах НКР осуществляется в соответствии с «Регламентом подготовки и оформления научно-квалификационной работы (диссертации) по программам подготовки кадров высшей квалификации в Российском университете дружбы народов», утвержденным Приказом ректора от 20.01.2017 № 40, и ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

2 Цели и задачи государственной итоговой аттестации

- 2.1. Целью государственной итоговой аттестации является определение соответствия результатов освоения обучающимися основной образовательной программы по направлению подготовки 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки» по профилю «Вычислительная математика» (квалификация Исследователь. Преподаватель – исследователь) требованиям ОС ВО РУДН по направлению 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки».
- 2.2. Задачей государственной итоговой аттестации являются проверка уровня сформированности компетенций, определенных ОС ВО РУДН и ООП направлению подготовки 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки»:
 - *универсальные компетенции:*
 - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
 - способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);
- *общепрофессиональные компетенции:*
 - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
 - готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);
- *профессиональные компетенции:*
 - способность самостоятельно проводить научные исследования в области вычислительной математики, применять полученные результаты в научных исследованиях и других областях (ПК-1);
 - готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования, связанным с областью профессиональной деятельности (ПК-2).

3 Программа государственного экзамена

3.1. Государственный экзамен проводится в устной форме с использованием экзаменационных билетов.

3.2. В рамках проведения государственного экзамена проверяется степень освоения обучающимися следующих компетенций: УК-1; УК-2; УК-4; ОПК-1; ОПК-2; ПК-1; ПК-2.

3.3. Объем государственного экзамена.

Общее количество экзаменационных билетов определяется числом обучающихся, допущенных к прохождению государственной итоговой аттестации по соответствующему направлению подготовки. Количество вопросов в экзаменационном билете: 3.

По решению экзаменационной комиссии обучающемуся могут быть заданы дополнительные вопросы, относящиеся к основным разделам программы государственного экзамена и включенные в список вопросов для подготовки к государственному экзамену.

3.4. Содержание государственного экзамена

Экзаменационный билет должен содержать:

- 2 вопроса из основной части программы кандидатского минимума по специальности 01.01.07 «Вычислительная математика»;
- вопрос из специальной части программы кандидатского минимума по специальности 01.01.07 «Вычислительная математика».

Содержание *основной части* программы кандидатского минимума по специальности 01.01.07 «Вычислительная математика»:

1. Математические основы

1.1. Элементы теории функций и функционального анализа. Гильбертовы пространства. Норма. Скалярное произведение. Линейные формы, теорема Рисса.

Применение теоремы Рисса при исследовании эллиптических задач математической физики. Билинейные формы, теорема Лакса-Мильграма. Линейные операторы: ограниченные, самосопряженные, вполне непрерывные. Задача на собственные значения. Теорема о полноте системы собственных векторов самосопряженного вполне непрерывного оператора. Использование этой теории при исследовании колебаний мембраны.

1.2. Экстремальные задачи. Выпуклый анализ. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Основы вариационного исчисления. Уравнение Эйлера-Лагранжа.

2. Методы математического моделирования. Основные принципы математического моделирования. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Иерархия моделей. Примеры моделирования при решении прикладных задач.

3. Численные методы исследования моделей, основанных на обыкновенных дифференциальных уравнениях. Модель хищник-жертва. Постановка начально-краевой задачи для системы обыкновенных дифференциальных уравнений, теорема Коши. Метод конечных разностей, в том числе метод Эйлера и метод Рунге-Кутты. Устойчивость. Явные и неявные методы Эйлера: достоинства и недостатки.

3. Численные методы математической физики.

3.1. Методы решения краевых задач для эллиптических уравнений.

3.1.1. Краевые задачи для уравнения Пуассона. Физический смысл краевых условий. Пространства Соболева. Теоремы вложения. Слабая постановка третьей краевой задачи, теорема о существовании и единственности ее решения.

3.1.2. Первая и вторая краевые задачи, условия разрешимости 2-ой краевой задачи.

3.1.3. Метод конечных элементов. Кусочно-линейная аппроксимация в пространствах Соболева, оценки точности. Лемма Сеа. Обоснование сходимости метода решения 3-ей краевой задачи для уравнения Пуассона по методу конечных элементов.

3.2. Методы решения начально краевых задач для уравнения теплопроводности. Сильная и обобщенная постановки начально краевой задачи. Теоремы о существовании и единственности решения. Исследование начально-краевой задачи на отрезке. Метод конечных разностей. Схема Эйлера. Устойчивость.

3.3. Методы исследования моделей, описывающих колебательные процессы.

3.3.1. Уравнение колебаний струны. Постановка начально краевой задачи. Метод Фурье. Метод Даламбера.

3.3.2. Собственные колебания мембраны. Сильная и обобщенная постановки задачи на собственные значения оператора Лапласа. Свойства собственных значений и собственных функций. Первое собственное значение круга, прямоугольника и равностороннего треугольника. Функции Бесселя нулевого порядка нулевого порядка. Старшие собственные значения круга, прямоугольника и равностороннего треугольника. Функции Бесселя. Приближенное отыскание младших собственных значений по методу конечных элементов.

3.3.3. Вынужденные колебания мембраны. Сильная и обобщенная постановки начально-краевой задачи для уравнения колебаний. Метод Фурье и теорема Стеклова. Возбуждение круглой мембраны щипком. Сведение начально-краевой задачи к начальной задаче для системы линейных дифференциальных уравнений по методу конечных элементов. Исследование начальной задачи по явной схема Эйлера или путем разложения по собственным функциям (метод Фурье).

Содержание *специальной части* программы кандидатского минимума по специальности 01.01.07 «Вычислительная математика» формируются для каждого обучающегося в отдельности в зависимости от тематики и направления его исследований.

Программа специальной части утверждается на ученом совете факультета не позднее чем за полгода до проведения государственного экзамена.

4 Методические рекомендации к подготовке и сдаче итогового государственного экзамена

4.1. Рекомендуемая литература

- Лекции по функциональному анализу [Текст] / Ф. Рисс, Секефальви - Надь Бела; Пер. с франц. Д.А.Василькова; Под ред. С.В.Фомина; Ред. С.А.Теляковский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Мир, 1979. - 587 с. : ил. - 2.70. (ЕТ 50)
- Элементы теории функций и функционального анализа [Текст] / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. - 7-е изд. - М. : Физматлит, 2004, 2006. - 572 с. : ил. - (Классический университетский учебник). - ISBN 5-9221-0266-4 : 297.66. (ЕТ 209)
- Арсеньев А.А. Лекции по функциональному анализу для начинающих специалистов по математической физике. Изд. 2-е, испр. и доп. М., 2011.
- Функциональные пространства. Пространства Соболева [Текст] : Учебное пособие. Часть 1 / В.И. Буренков. - М. : Изд-во УДН, 1991. - 64 с. - ISBN 5-209-00403-1 : 0.50. (ЕТ 70)
- Функциональный анализ [Текст] : Учебник / В.А. Треногин. - 4-е изд., исправ. - М. : Физматлит, 2007. - 488 с. : ил. - ISBN 5-9221-0804-1 : 0.00. (ЕТ 1)
- Дифференциальные уравнения [Текст] : Учебник / Л.Э. Эльсгольц. - 6-е изд. - М. : URSS, 2006. - 312 с. : ил. - (Классический учебник МГУ). - ISBN 5-484-00409-8 : 0.00. (ЕТ 1)
- Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление [Текст] : Учебник для вузов / Л.Э. Эльсгольц. - 5-е изд. - М. : Едиториал УРСС, 2002. - 320 с. : ил. - ISBN 5-354-00135-8 : 111.32. (ЕТ 5)
- Численные методы решения экстремальных задач [Текст] : Учебное пособие / Ф.П. Васильев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1988. - 549 с. : ил. - ISBN 5-02-013796-0 : 1.60. (ЕТ 3)
- Численные методы решения экстремальных задач [Текст] : Учебное пособие / Ф.П. Васильев. - М. : Наука, 1980. - 518 с. : ил. - 1.50. (ЕТ 8)
- Численное решение некоторых экстремальных задач [Текст] : Монография / М.Ф. Сухинин. - М. : Изд-во УДН, 2000. - 130 с. - ISBN 5-20901-044-9 : 42.00. (ЕТ 5)
- Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры [Текст] / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2002. - 320 с. : ил. - ISBN 5-92221-0120-X : 115.94. (ЕТ 20)
- Тихонов Н.А., Токмачев М.Г. Основы математического моделирования. Учебное пособие. Часть 1. М.: Физический факультет МГУ, 2013
- Численные методы [Текст] : Учебное пособие для вузов / Н.Н. Калиткин; Под ред. А.А.Самарского. - М. : Наука, 1978. - 512 с. : ил. - 1.30. (ЕТ 40).
- Калиткин Н.Н., Альшина Е.А., Корякин П.В. Численные методы: в двух книгах. М.: Академия, 2013.
- Численные методы [Текст] : Учебное пособие для студентов физико-математических специальностей высших учебных заведений / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков. - 5-е изд., 7-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007, 2015. - 636 с. : ил. - (Классический университетский учебник). - ISBN 5-94774-620-4. - ISBN 978-5-9963-0449-3 : 226.00. (ЕТ 21)
- Краевые задачи математической физики [Текст] : Учебное пособие / О.А. Ладыженская. - М. : Наука, 1973. - 407 с. : ил. - 0.84. (ЕТ 8)

- Лекции по математической физике [Текст] : Учебник по физике / А.Г. Свешников, А.Н. Боголюбов, В.В. Кравцов; А.Г.Свешников, А.Н.Боголюбов, В.В.Кравцов. - М. : Изд-во МГУ, 1993. - 352 с. : ил. - ISBN 5-211-02073-1 : 17.00. (ЕТ 1)
 - Метод конечных элементов [Текст] / Ж. Деклу; Пер. с франц. Б.И.Квасова; Под ред. Н.Н.Яненко. - М. : Мир, 1976. - 95 с. - 0.28. (ЕТ 2)
 - Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред [Текст] / О.К. Зенкевич, И. Чанг; Пер. с англ. О.П.Троицкого, С.В.Соловьева; Под ред. Ю.К.Зарецкого. - М. : Недра, 1974. - 239 с. : ил. - 1.69 (ЕТ 1)
 - Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986
 - Теория метода конечных элементов [Текст] / Г. Стренг, Д. Фикс; Пер. с англ. В.И.Агошкова и др.; Под ред. Г.И.Марчука. - М. : Мир, 1977. - 349 с. - 1.73. (ЕТ 27)
 - Жуков М. Ю., Ширяева Е. В. Использование пакета конечных элементов FreeFem++ для задач гидродинамики, электрофореза и биологии. — Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2008. — 256 с.
 - Алгоритмы вычислительного эксперимента для проектирования оптических наноструктур [Текст/электронный ресурс] : Учебное пособие / Л.А. Севастьянов, К.П. Ловецкий. - М. : Изд-во РУДН, 2008. - 185 с. : ил.
- 4.2. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
- Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
 - Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
 - Science Direct <http://www.sciencedirect.com> Описание: Ресурс содержит коллекцию научной, технической полнотекстовой и библиографической информации. База данных мультидисциплинарного характера включает научные журналы по точным и техническим наукам.
 - EBSCO <http://search.ebscohost.com>, Academic Search Premier (база данных комплексной тематики, содержит информацию по гуманитарным и естественным областям знания).
 - Oxford University Press <http://www3.oup.co.uk/jnls>. Журналы по точным и техническим наукам Oxford University Press представленные в коллекции HSS
 - Sage Publications <http://online.sagepub.com> . База публикаций Sage включает в себя журналы по разным отраслям знаний: Sage_STM – более 100 журналов в области естественных наук, техники.
 - Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>. Журналы и книги издательства Springer/Kluwer охватывают различные области знания и разбиты на предметные категории.
 - Tailor & Francis <http://www.informaworld.com> . Коллекция журналов насчитывает более 1000 именованных по всем областям знаний.
 - American Mathematical Society <http://www.ams.org/> Ресурс американского математического общества.
 - European Mathematical Society <http://www.euro-math-soc.eu/> Ресурс европейского математического общества.
 - Portal to Mathematics Publications <http://www.emis.de/projects/EULER/>
 - Каталог математических интернет ресурсов <http://www.mathtree.ru/>
 - Zentralblatt MATH (zbMATH) <https://zbmath.org>
 - Общероссийский математический портал mathnet.ru
 - Web of Science <http://www.isiknowledge.com>
 - Ресурсы Института научной информации по общественным наукам Российской академии наук (ИНИОН РАН) <http://elibrary.ru>.
 - Университетская информационная система РОССИЯ. <http://www.cir.ru/index.jsp>.

- Госты система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу <http://www.ifap.ru/library/gost/sibid.htm>.
- Цифровая библиотека математических функций NIST Digital Library of Mathematical Functions. URL: <https://dlmf.nist.gov>.
- Numerical recipes. The art of scientific computing. URL: <http://numerical.recipes>.
- COCALC: Collaborative Calculation in the Cloud. Облачный сервис, открывающий доступ к системам компьютерной алгебры (SageMath, GAP, SymPy, Maxima), ПО для обработки данных (R Project, Pandas, Statsmodels), математического ПО общего назначения (Python, Octave, Julia, Scala), LaTeX. URL: <https://cocalc.com>.

4.3. Дополнительные рекомендации

Использование электронных источников информации, средств связи и сети Интернет во время проведения государственного экзамена не допускается.

5 Оценочные средства, предназначенные для установления в ходе аттестационных испытаний соответствия/несоответствия уровня подготовки выпускников, завершивших освоение ОП ВО по направлению подготовки/специальности, требованиям соответствующего ОС ВО РУДН

Оценочные средства представлены в виде фонда оценочных средств в приложении к данной программе.

6 Требования к научно-квалификационной работы (диссертации)

- 6.1. К защите научного доклада об основных результатах научно-квалификационной работы перед ГАК допускается лицо, успешно завершившее в полном объеме освоение основной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и успешно прошедшее все другие виды итоговых аттестационных испытаний.
- 6.2. Защита научного доклада об основных результатах научно-квалификационной работы перед ГАК проводится в виде устного представления научного доклада об основных результатах НКР с последующими устными ответами на замечания рецензента и на вопросы членов Государственной аттестационной комиссии в соответствии с Положением о проведении государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденному Приказом Ректора от 29.11.2019 г. № 726.
- 6.3. В рамках проведения защиты научного доклада об основных результатах НКР проверяется степень освоения обучающимися следующих компетенций: УК-1; УК-2; УК-3; УК-4; УК-5; ОПК-1; ПК-1.
- 6.4. Перечень примерных тем научно-квалификационных работ

В соответствии с п. 32. «Положения о проведении государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре», утвержденному Приказом Ректора от 29.11.2019 г. № 726, примерный перечень тем НКР определяется выпускающей кафедрой / учебным департаментом и утверждается деканом факультета / директором института/ директором академии. До сведения обучающегося примерный перечень НКР доводится в течение 3 месяцев с момента его зачисления в аспирантуру.

Примерный перечень тем НКР обучающихся 2018 года поступления, выходящих на защиту НКР в 2020-2021 уч. г.:

- Построение и анализ математических моделей и показателей качества функционирования виртуализированных и программно-конфигурируемых беспроводных сетей
- Вероятностные модели сегментации радиоресурсов беспроводных сетей и методы расчета характеристик обслуживания пользователей
- Моделирование диффузионных процессов с использованием сингулярно возмущенного уравнения Фоккера-Планка
- Использование смарт-контрактов и блокчейн технологий в автоматизации бизнес-процессов организаций.

Окончательное название НКР может быть утверждено по представлению выпускающей кафедры / учебного департамента на Ученом совете факультета / института/ академии не позднее чем за 2 месяца до представления научного доклада об основных результатах НКР перед ГАК.

6.5. Этапы выполнения научно-квалификационной работы (НКР), условия допуска обучающегося к процедуре защиты научного доклада об основных результатах НКР, требования к структуре, объему, содержанию и оформлению НКР и научного доклада об основных результатах НКР определяются «Положением о проведении государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре», утвержденным Приказом Ректора от 29.11.2019 г. № 726, «Регламентом подготовки и оформления научно-квалификационной работы (диссертации) по программам подготовки кадров высшей квалификации в Российском университете дружбы народов», утвержденным Приказом ректора от 20.01.2017 № 40, а также ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

6.6. Оценочные средства.

Защита научного доклада об основных результатах научно-квалификационной работы (НКР) проводится на открытом заседании государственной аттестационной комиссии с участием не менее двух третей ее состава.

Представление и обсуждение научного доклада об основных результатах НКР в качестве государственного аттестационного испытания носит характер научной дискуссии и проводится в соответствии со следующим регламентом:

- выступление обучающегося с научным докладом об основных результатах НКР (до 15 минут);
- ответы обучающегося на замечания рецензента и на вопросы по научному докладу;
- вынесение и объявление решения государственной аттестационной комиссии о результатах государственного аттестационного испытания в форме научного доклада об основных результатах НКР.

Результаты защиты НКР определяются оценками "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно". Вынесение решения государственной экзаменационной комиссии принимается на закрытом заседании комиссии и объявляется в день представления доклада.

Критерии начисления баллов представлены в следующей таблице.

Критерии начисления баллов	Макс. балл
<p>Публикации по теме научной квалификационной работы (<i>проверяется наличие научных трудов по теме диссертационного исследования, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, приравненных к публикациям перечня ВАК (в том числе в изданиях, входящих в одну из международных реферативных баз данных и систем цитирования Web of Science, Scopus, MathSciNet, zbMATH, Springer), а также зарегистрированных патентов и программных продуктов, алгоритмов ЭВМ)</i>)</p>	15
<p>Апробация научной квалификационной работы (<i>результаты диссертационного исследования доложены на научных семинарах и конференциях с публикацией тезисов докладов)</i></p>	5
<p>Оригинальность научной квалификационной работы (<i>набранный балл исчисляется как определенная системой «Антиплагиат» степень оригинальности основной части НКР с коэффициентов 0,1)</i></p>	10
<p>Оформление научной квалификационной работы (<i>степень аккуратности оформления работы, наличие в ней необходимого иллюстративного материала, а также оформленные должным образом ссылки на литературные источники)</i></p>	10
<p>Содержание научной квалификационной работы на основе представленного научного доклада об основных результатах НКР (<i>проверяется, что содержание работы соответствует направлению подготовки и утвержденной теме, представлен аналитический обзор, сделан достаточно обстоятельный анализ теоретических аспектов проблемы и различных подходов к ее решению, список литературных источников в достаточной степени отражает информацию по теме диссертационного исследования)</i></p>	20
<p>Представление научного доклада об основных результатах НКР перед ГАК (<i>оценивается качество представленного доклада, и иллюстративного материала по теме диссертационного исследования, а также то, что содержание научной квалификационной работы доложено последовательно и логично, проблема раскрыта достаточно глубоко и всесторонне, с четкими и убедительными выводами по результатам исследования и доклад не вышел за пределы установленного лимита времени)</i></p>	20
<p>Защита представленных основных результатов НКР (<i>оценивается умение вести полемику по теоретическим и практическим вопросам научной квалификационной работы, глубина и правильность ответов на вопросы членов ГАК и замечания рецензентов)</i></p>	20
<p>Максимально возможная сумма баллов:</p>	100

Расшифровка критериев оценивания и соответствие баллов оценкам в части защиты научного доклада об основных результатах НКР представлена в приложении к данной программе в виде ФОС.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

**Директор направления
02.06.01 «Компьютерные и информационные науки»**

Заведующий кафедрой
прикладной информатики
и теории вероятностей



К.Е. Самуйлов