

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
Факультет физико-математических и естественных наук

ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

**для обучающихся по программам
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
Направление подготовки
01.06.01 Математика и механика**

Профиль:

Теоретическая механика

(высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации)

Квалификация (степень) выпускника:

Исследователь. Преподаватель-исследователь

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 01.06.01 «Математика и механика» по профилю «Теоретическая механика» включает государственный экзамен, соответствующий программе кандидатского минимума по специальности «Теоретическая механика», 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 20.01.2017 г. № 41.
- 1.5. Подготовка и оформление научно-квалификационной работы (диссертации) 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 20.01.017 № 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 основных образовательных программ требованиям ОС ВО РУДН для программ аспирантуры по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» по профилю «Теоретическая механика» (квалификация: Исследователь. Преподаватель – исследователь). Государственная итоговая аттестация включает государственный экзамен, установленный Ученым советом университета, и презентацию научного доклада по теме диссертационного исследования.

2.1. Задачей государственной итоговой аттестации являются проверка уровня сформированности компетенций, определенных ОС ВО РУДН и ООП направлению подготовки «Теоретическая механика»:

– *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);

- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках, в том числе готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности, владение иноязычной коммуникативной компетенцией в официально-деловой, учебно-профессиональной, научной, социокультурной, повседневно-бытовой сферах иноязычного общения (УК-4);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- *обще профессиональные компетенции:*
 - владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
 - владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- *профессиональные компетенции:*
 - способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области теоретической механики (ПК-1);
 - готовность осуществлять самостоятельный анализ физических аспектов в классических постановках математических задач, собственное видение прикладного аспекта в строгих математических формулировках (ПК-2);
 - умение сформулировать задачу исследования и пути ее осуществления, обобщить полученные результаты и сделать соответствующие выводы, должен понимать практические аспекты получаемых теоретических результатов (ПК-3).

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:

- *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);
 - готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках, в том числе готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности, владение иноязычной коммуникативной компетенцией в официально-деловой, учебно-профессиональной, научной,

- социокультурной, повседневно-бытовой сферах иноязычного общения (УК-4);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- *общепрофессиональные компетенции:*
 - владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
 - *профессиональные компетенции:*
 - способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области теоретической механики (ПК-1);
 - готовность осуществлять самостоятельный анализ физических аспектов в классических постановках математических задач, собственное видение прикладного аспекта в строгих математических формулировках (ПК-2);
 - умение сформулировать задачу исследования и пути ее осуществления, обобщить полученные результаты и сделать соответствующие выводы, должен понимать практические аспекты получаемых теоретических результатов (ПК-3).

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:

- 3 вопроса из основной части программы кандидатского минимума по специальности «Теоретическая механика»;

Содержание *основной части* программы кандидатского минимума по специальности «Теоретическая механика»:

1. Кинематика

1.1. *Кинематика точки.* Естественный трехгранник Дарбу. Криволинейные координаты и параметры Ламе.

1.2. *Кинематика системы отсчета* (кинематика абсолютно твердого тела). Свойства матрицы направляющих косинусов и кватернионов. Спиновые матрицы Паули и параметры Келли-Клейна. Угловая скорость. Кинематические уравнения для углов Эйлера, для матрицы направляющих косинусов (уравнения Пуассона) и уравнения для кватернионов. Теорема о телесном угле в кинематике вращательного движения.

1.3. *Кинематика относительного движения.*

2. Динамика

2.1. *Геометрия масс и основные теоремы динамики.* Теоремы об изменении количества движения и момента количества движения. Теорема о движении центра масс. Реактивное движение. Уравнение Мещерского. Теорема об изменении кинетической энергии. Основные теоремы динамики для относительного движения.

2.2. *Специальные задачи динамики точки.* Задача двух тел и ее решение. Классификация траекторий. Законы Кеплера для эллиптических траекторий. Основная задача внешней баллистики.

2.3. *Классические задачи динамики твердого тела.* Случаи Эйлера, Лагранжа, Ковалевской. Стационарные движения: перманентные вращения и регулярная прецессия. Гироскоп.

2.4. *Лагранжева механика.* Принцип Даламбера-Лагранжа. Конфигурационное многообразие системы с конечным числом степеней свободы. Обобщенные координаты. Виртуальные перемещения. Голономные и неголономные системы. Уравнения Лагранжа. Уравнения Лагранжа с множителями. Уравнения Аппеля. Уравнения Рауса для систем с циклическими координатами. Первые интегралы уравнений Лагранжа.

3. Устойчивость движения

3.1. *Основные понятия теории устойчивости движения.* Устойчивость по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Функции Ляпунова. Общие теоремы второго метода Ляпунова.

3.2. *Устойчивость линейных стационарных систем.* Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии (критерии Михайлова, Найквиста). Теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Понятие о критических случаях. Критический случай пары чисто мнимых корней.

3.3. *Устойчивость стационарных движений механической системы.* Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия и ее обобщения. Обращение теоремы Лагранжа. Коэффициенты устойчивости Пуанкаре. Влияние структуры сил на характер устойчивости положения равновесия.

4. Колебания

4.1. *Колебания линейных стационарных систем.* Спектральные свойства линейных систем. Нормальные координаты. Классификация линейных сил. Теоремы Релея. Вынужденные колебания. Амплитудно-частотные характеристики. Резонанс. Параметрический резонанс в линейных системах с периодическими коэффициентами.

4.2. *Колебания нелинейных систем.* Амплитудно-частотные характеристики. Бифуркации стационарных состояний. Автоколебания, как устойчивые предельные циклы на фазовой плоскости. Понятие нормальной формы Пуанкаре. Понятие о разделении движений и методах осреднения. Метод точечных отображений.

5. Вариационные принципы механики

5.1. Принцип наименьшего принуждения Гаусса.

5.2. Принцип Гамильтона-Остроградского.

5.3. Принцип наименьшего действия в формах Лагранжа и Якоби.

6. Элементы теории групп Ли

6.1. Группы преобразований. Операторы группы. Теорема единственности однопараметрической группы. Ряды Ли и Хаусдорфа.

6.2. Группы симметрий. Канонические координаты. Продолжение группы. Дифференциальные и интегральные инварианты.

7. Гамильтонова механика

7.1. Обобщенные импульсы. Преобразования Лежандра. Уравнения Рауса и Гамильтона. Первые интегралы. Скобки Пуассона. Теорема Лиувилля о фазовом объеме. Интегральные инварианты Пуанкаре и Пуанкаре-Картана.

- 7.2. Канонические преобразования. Локальный критерий каноничности. Производящие функции. Метод Биркгофа нормализации гамильтониана. Уравнение Гамильтона-Якоби.
- 7.3. Переменные действие-угол. Теорема Лиувилля об инвариантных торах.

8. Элементы небесной механики

- 8.1. Дифференциальные уравнения возмущенного движения в оскулирующих элементах в задаче двух тел.
- 8.2. Задача трех тел и ее первые интегралы. Ограниченная круговая задача трех тел. Понятие о точках либрации и их устойчивости.
- 8.3. Задача о движении небесного тела вокруг его центра масс под действием момента гравитационных сил.

9. Механика управляемых движений

- 9.1. *Структурный анализ и линейный синтез управляемых систем.* Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость линейных систем. Критерии управляемости и наблюдаемости. Управление по принципу обратной связи. Стабилизация по первому приближению.
- 9.2. Оценивание состояния линейных систем. Фильтр Калмана. Совместная задача оценивания и управления.
- 9.3. *Инерциальная навигация.* Методы определения местоположения и ориентации объекта, движущегося в поле сил притягивающего центра. Уравнения ошибок инерциальной навигации и их свойства.
- 9.4. Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования Беллмана. Связь принципа максимума с методом Беллмана.

4. Методические рекомендации к подготовке и сдаче итогового государственного экзамена

3.2.Рекомендуемая литература

а) Основная литература

1. Аппель П. Теоретическая механика. Т.1,2. М.: Физматгиз. 1960.
2. Журавлев В.Ф. Основы теоретической механики. М.: Наука. 1997.
3. Маркеев А.П. Теоретическая механика. М.: ЧеРо, 1999.
4. Четаев Н.Г. Устойчивость движения. М.: Наука.1965.Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. М.: Физматлит. 1969.
5. Журавлев В.Ф., Климов Д.М. Прикладные методы теории колебаний. М.: Наука. 1988.
6. Суслов Г.К. Теоретическая механика. М.: Гостехиздат,1946.
7. Уиттекер Е.Т. Аналитическая динамика. Изд-во Удмурдского университета. 1999.
8. Ройтенберг Я.Н. Автоматическое управление. М.: Наука, 1992.
9. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. М.: Высшая школа. 1998.

б) Дополнительная литература

1. Ланцош К. Вариационные принципы механики. М.: Мир. 1965.
2. Александров В.В., Болтянский В.Г., Лемак С.С., Парусников Н.А., Тихомиров В.М. Оптимизация динамики управляемых систем. Изд-во МГУ,2000.
3. Климов Д.М. Инерциальная навигация на море. М.: Наука. 1984.
4. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Б.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука. 1967.
5. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. М.: Наука. 1976.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
- Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.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 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 представлены в коллекции HSS
- Sage Publications 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
- 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>.
- Гости система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу <http://www.ifap.ru/library/gost/sibid.htm>.
- Электронная библиотека РУДН <http://www.rsl.ru/>

г) периодические издания

- Алгебра и анализ
- Дискретная математика
- Журнал вычислительной математики и математической физики
- Известия Российской академии наук. Серия математическая
- Математические заметки
- Математический сборник
- Математическое моделирование
- Теоретическая и математическая физика
- Теория вероятностей и ее применения
- Успехи математических наук
- Функциональный анализ и его приложения
- Информатика и её применения
- Проблемы передачи информации
- Системы и средства информатики
- Труды Математического института им. В. А. Стеклова

- Математические вопросы криптографии
- Современные проблемы математики
- Вычислительные методы и программирование
- Труды семинара имени И. Г. Петровского
- Учёные записки Московского государственного университета
- Фундаментальная и прикладная математика

5. Оценочные средства

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

6. Требования к научному докладу об основных результатах научно-квалификационной работы

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 20.01.2017 г. № 41.

6.3. В рамках проведения защиты научного доклада об основных результатах НКР проверяется степень освоения обучающимися следующих компетенций:

- *универсальные компетенции:*
 - готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- *общепрофессиональные компетенции:*
 - владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-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 20.01.2017 г. № 41, 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 2020 года поступления, выходящих на защиту НКР в 2024-2025 уч. г.:

Симметрии в механике Остроградского систем с бесконечным числом степеней свободы

Некоторые свойства дискретных динамических систем Биркгофа

Обратные задачи механики Остроградского систем с бесконечным числом степеней свободы

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 20.01.2017 г. № 41, «Регламентом подготовки и оформления научно-квалификационной работы (диссертации) по программам подготовки кадров высшей квалификации в Российском университете дружбы народов», утвержденным Приказом ректора от 20.01.017 № 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 научного доклада об основных результатах 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
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</i>	15

международных реферативных баз данных и систем цитирования Web of Science, Scopus, MathSciNet, zbMATH, Springer), а также зарегистрированных патентов и программных продуктов, алгоритмов ЭВМ)	
Апробация научной квалификационной работы (результаты диссертационного исследования доложены на научных семинарах и конференциях с публикацией тезисов докладов)	5
Оригинальность научной квалификационной работы (набранный балл исчисляется как определенная системой «Антиплагиат» степень оригинальности основной части НКР с коэффициентов 0,1)	10
Оформление научной квалификационной работы (степень аккуратности оформления работы, наличие в ней необходимого иллюстративного материала, а также оформленные должным образом ссылки на литературные источники)	10
Содержание научной квалификационной работы на основе представленного научного доклада об основных результатах НКР (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)	20
Представление научного доклада об основных результатах НКР перед ГАК (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)	20
Защита представленных основных результатов НКР (оценивается умение вести полемику по теоретическим и практическим вопросам научной квалификационной работы, глубина и правильность ответов на вопросы членов ГАК и замечания рецензентов)	20
Максимально возможная сумма баллов:	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

01.06.01 Математика и механика,

Директор Математического института

им. С.М. Никольского

название кафедры



подпись

Скубачевский А.Л.

инициалы, фамилия