



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СПбГУ)

П Р И К А З

14.11.2023

№

14540/1

Ф [методическом обеспечении
государственной итоговой
аттестации в 2024 году (МК.3004.*)

В соответствии с приказом от 30.08.2018 № 8577/1 «Об утверждении Правил обучения по программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете», приказом от 03.07.2018 № 6616/1 «Об утверждении форм программ государственной итоговой аттестации» и в целях методического обеспечения государственной итоговой аттестации по основным образовательным программам в 2024 году

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить программу государственной итоговой аттестации в форме государственного экзамена по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре МК.3004.* «Механика» направления 01.06.01 «Математика и механика» (Приложение № 1).

2. Утвердить программу государственной итоговой аттестации в форме выпускной квалификационной работы по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре МК.3004.* «Механика» направления 01.06.01 «Математика и механика» (Приложение № 2).

3. Начальнику Управления маркетинга и медиакоммуникаций Шишмакову Д.Э. обеспечить размещение настоящего приказа на сайте СПбГУ в разделе «Методическое обеспечение государственной итоговой аттестации в 2024 году» (<https://edu.spbu.ru/gia/16-normativnye-akty/414-metodicheskoe-obespechenie-gosudarstvennoj-itogovoj-attestatsii-v-2024-godu.html>) не позднее одного рабочего дня с даты издания настоящего приказа.

4. За разъяснением содержания настоящего приказа обращаться посредством сервиса «Виртуальная приемная» на портале СПбГУ к проректору по учебно-методической работе.

5. Предложения по изменению и/или дополнению настоящего приказа направлять на адрес электронной почты org@spbu.ru.

6. Контроль за исполнением настоящего приказа оставляю за собой.

Основание: протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН 01.00.00
Математика и механика 29.09.2023 № 05/2.1/01-03-11.

И. о. проректора
по учебно-методической работе



М.А. Соловьева
09.11.2023

Приложение № 1

УТВЕРЖДЕНА

приказом от 14.11 № 14540/1
2023

**Программа государственной итоговой аттестации
в форме государственного экзамена
по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика»
по образовательной программе МК.3004.* «Механика»
уровень образования: подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре**

1. Общие положения

1.1. Государственный экзамен в соответствии с требованиями действующего образовательного стандарта проводится для проверки выполнения государственных требований к уровню и содержанию подготовки выпускников и уровня их подготовленности к решению как теоретических, так и практических профессиональных задач.

1.2. Целью государственного экзамена является определение уровня подготовленности выпускников и проверка сформированности компетенций, предусмотренных учебным планом основной образовательной программы в соответствии с требованиями действующего образовательного стандарта.

1.3. Объем государственной итоговой аттестации, учебный период и сроки государственной итоговой аттестации указаны в актуальном учебном плане и календарном учебном графике.

1.4. Язык проведения государственного экзамена: русский.

**2. Перечень примерных вопросов, выносимых на государственный экзамен,
оценочные средства (виды и примеры контрольных заданий)**

2.1. Перечень примерных вопросов, выносимых на государственный экзамен:
Экзамен сдается на выбор одной из перечисленных выше специальностей.

01.02.01 «Теоретическая механика»

Кинематика

1. Кинематика точки. Естественный трехгранник Дарбу. Криволинейные координаты и параметры Ламе.

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.

3. Кинематика относительного движения.

Динамика

4. 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.

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

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

7. 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.

8. Уравнения Рауса для систем с циклическими координатами. Первые интегралы уравнений Лагранжа.

Устойчивость движения

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

10. 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.

11. 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.

Колебания

12. 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.

13. 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.

Вариационные принципы механики

14. Принцип наименьшего принуждения Гаусса.

15. Принцип Гамильтона—Остроградского.

16. Принцип наименьшего действия в формах Лагранжа и Якоби.

Элементы теории групп Ли

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

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

Гамильтонова механика

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

20. Канонические преобразования. Локальный критерий каноничности. Производящие функции. Метод Биркгофа нормализации гамильтониана. Уравнение Гамильтона—Якоби.

21. Переменные действие-угол. Теорема Лиувилля об инвариантных торах.

Элементы небесной механики

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

Механика управляемых движений

25. 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.
26. Оценивание состояния линейных систем. Фильтр Калмана. Совместная задача оценивания и управления.
27. Инерциальная навигация. Методы определения местоположения и ориентации объекта, движущегося в поле сил притягивающего центра. Уравнения ошибок инерциальной навигации и их свойства.
28. Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования Беллмана. Связь принципа максимума с методом Беллмана.
29. Стационарные движения твердого тела в центральном ньютоновском поле сил.
30. Гравитационные системы ориентации твердого тела, основанные на применении составных схем, магнитно-жидкостных демпферов, гистерезисных стержней.
31. Магнитные системы ориентации твердого тела.
32. Методы демпфирования колебаний твердого тела, основанные на использовании магнитного поля Земли.
33. Влияние аэродинамических моментов на стабилизацию и либрацию твердого тела.
34. Влияние сил светового давления на вращательное движение твердого тела.
35. Теорема Штильпнагеля.
36. Тензорный подход к описанию магнитного поля Земли.
37. Гауссова модель геомагнитного потенциала.
38. Вопросы теории нелинейных колебаний, устойчивости и управления движением твердого тела.

Аналитическая механика

39. Неголономные связи высокого порядка.
40. Управление системами с неголономными связями высокого порядка.

01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела»

Теория упругости

1. Тензор деформации Коши-Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси. Условия совместности деформаций. Вычисление тензора малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.
2. Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. Тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгофа.

3. Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Тензор упругих модулей. Упругие модули изотропного тела.

4. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Ламе в перемещениях. Уравнения Бельтрами—Митчелла в напряжениях. Граничные условия. Постановка краевых задач математической теории упругости. Основные краевые задачи. Принцип Сен-Венана.

5. Общие теоремы теории упругости: теорема Клапейрона, тождество взаимности, теорема единственности. Основные энергетические функционалы линейной теории упругости.

6. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии, принцип Рейснера. Теоремы Кастильяно. Теорема Бетти. Примеры.

7. Плоское напряженное и плоское деформированное состояние. Плоская задача теории упругости. Метод комплексных потенциалов Колосова—Мусхелишвили. Комплексное представление напряжений и перемещений. Уравнения плоской задачи теории упругости в полярных координатах. Смешанная задача для полуплоскости. Задача Гриффитса. Фундаментальные решения для полуплоскости.

8. Задача о действии штампа с плоским основанием на полуплоскость. Контактная задача Герца.

9. Динамические задачи теории упругости. Уравнения движения в форме Ламе. Динамические, геометрические и кинематические условия совместности на волновом фронте. Волновые потенциалы. Волны в неограниченной изотропной упругой среде. Общее решение в форме Даламбера. Фундаментальное решение динамических уравнений теории упругости для пространства. Плоские волны. Коэффициенты отражения, прохождения и трансформации. Полное отражение. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Установившиеся колебания упругих тел. Частоты и формы собственных колебаний. Вариационный принцип Релея.

10. Температурные задачи теории упругости. Уравнения термоупругости.

Устойчивость упругих систем

11. Критерии и типы потери устойчивости. Потеря устойчивости стержня. Динамические задачи устойчивости стержней.

Колебания упругих систем

12. Уравнения колебаний. Принцип Гамильтона, естественные граничные условия. Частоты и формы продольных колебаний стержней. Свободные продольные колебания стержня. Вынужденные продольные колебания стержня. Поперечные колебания балки.

Асимптотические методы в механике

13. Асимптотические ряды и их свойства. Алгебраические уравнения с малым параметром. Диаграмма Ньютона. Решение систем линейных алгебраических уравнений.

14. Неоднородные краевые задачи. Асимптотика решений краевых задач на собственные значения. Локализованные решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод малого параметра в краевых задачах. Метод возмущения границы.

Теория пластичности

15. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Понятие о дислокациях. Локализация пластических деформаций. Линии Людерса—Чернова.

16. Идеальное упругопластическое тело. Идеальное жесткопластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.

17. Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело. Функция нагружения, поверхность нагружения. Параметры упрочнения.

18. Законы связи между напряженным и деформированным состояниями в теории течения. Принцип Мизеса. Постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения. Теория скольжения. Краевые задачи теории течения. Теоремы единственности. Вариационные принципы теории течения.

19. Теория предельного равновесия. Статическая и кинематическая теоремы теории предельного равновесия. Верхние и нижние оценки. Примеры.

20. Задача Прандтля о вдавливании штампа. Пластическое плоское напряженное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей при условии пластичности Мизеса. Характеристики.

21. Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений. Задача о толстостенной трубе из упрочняющегося материала.

Теория вязко-упругости и ползучести

22. Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона. Время релаксации. Время запаздывания.

23. Определяющие соотношения теории вязко-упругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.

24. Формулировка краевых задач теории вязко-упругости. Методы решения краевых задач теории вязко-упругости: принцип соответствия Вольтерры, применение интегрального преобразования Лапласа, численные методы. Теорема единственности.

25. Вариационные принципы в линейной вязко-упругости. Применение вариационного метода к задачам изгиба.

26. Теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.

Механика разрушения

27. Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений: растяжение упругой полуплоскости с круговым и эллиптическим отверстиями.

28. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.

29. Двумерные задачи о трещинах в упругом теле. Плоская задача о трещине в пластине, асимптотика полей напряжений и перемещений у вершины трещины в упругом теле. Коэффициент интенсивности напряжений. Методы вычисления и оценки коэффициента интенсивности напряжений.

30. Скорость высвобождения энергии при продвижении трещины в упругом теле. Энергетический подход Гриффитса в механике разрушения. Силовой подход в механике разрушения: модели Баренблатта и Ирвина. Эквивалентность подходов в случае хрупкого разрушения. Формула Ирвина.

31. J-интеграл Эшелби—Черепанова—Райса и его инвариантность. Вычисление потока энергии в вершину трещины. JR-кривая.

32. Динамическое распространение трещин. Динамический коэффициент интенсивности напряжений. Предельная скорость трещины хрупкого разрушения (теоретическая оценка и экспериментальные данные).

33. Понятие о поврежденности. Типы поврежденности. Математическое представление поврежденности. Параметр поврежденности Качанова—Работнова.

34. Кинетические уравнения накопления поврежденности. Принцип линейного суммирования повреждений. Накопление повреждений в условиях ползучести.

Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела

35. Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости.

36. Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела. Методы Релея—Ритца, Бубнова—Галеркина и градиентного спуска в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии.

37. Метод конечных элементов в теории упругости. Пределы применимости метода конечных элементов.

38. Формула Сомильяны и метод граничных интегральных уравнений (метод граничных элементов).

39. Метод характеристик в двумерных задачах теории пластичности. Область определенности и область зависимости решения гиперболической краевой задачи.

40. Понятие о вычислительном эксперименте. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела.

01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Вводные положения

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.

2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.

Кинематика сплошных сред

3. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.

4. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.

5. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустойчивое движение среды.

Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики

6. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потoki диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.

7. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.

8. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.

9. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.

10. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

Модели жидких и газообразных сред

11. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.

12. Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа. Явление кавитации.

13. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.

14. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье—Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.

15. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.

Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы

16. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности.

17. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.

Гидростатика

18. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.

Движение идеальной несжимаемой жидкости

19. Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Движение сферы в идеальной жидкости.

20. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.

21. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей.

22. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.

23. Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке.

24. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.

Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность

25. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря.

26. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.

27. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.

28. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.

Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика

29. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.

30. Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.

31. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лаваля.

32. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.

33. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы.

34. Задача о структуре сильного разрыва.

35. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.

36. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля—Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной.

37. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения.

Электромагнитные явления в жидкостях

38. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон

сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова—Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.

39. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия замороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.

Физическое подобие, моделирование

40. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля

2.2. Контрольные задания государственного экзамена представляют собой письменные задания в рамках тем, изложенных в п.2.1. Билет состоит из четырех вопросов. На каждый из четырех вопросов обучающимся должны быть даны развернутые письменные ответы.

2.3. Примеры контрольных заданий.

01.02.01 «Теоретическая механика»

Билет № 1

1. Кинематика точки. Естественный трехгранник Дарбу. Криволинейные координаты и параметры Ламе.
2. 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.
3. Обобщенные импульсы. Преобразования Лежандра. Уравнения Рауса и Гамильтона. Первые интегралы. Скобки Пуассона. Теорема Лиувилля о фазовом объеме. Интегральные инварианты Пуанкаре и Пуанкаре—Картана.
4. Влияние аэродинамических моментов на стабилизацию и либрацию твердого тела.

Билет № 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. Принцип наименьшего принуждения Гаусса.
3. Дифференциальные уравнения возмущенного движения в оскулирующих элементах в задаче двух тел.
4. Управление системами с неголономными связями высокого порядка.

Билет № 3

1. Классические задачи динамики твердого тела. Случаи Эйлера, Лагранжа, Ковалевской. Стационарные движения: перманентные вращения и регулярная прецессия. Гироскоп.
2. Группы преобразований. Операторы группы. Теорема единственности однопараметрической группы. Ряды Ли и Хаусдорфа.
3. 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.

4. Теорема Штильпнагеля.

01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела»

Билет № 1

1. Тензор деформации Коши-Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси. Условия совместности деформаций. Вычисление тензора малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.
2. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.
3. Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений. Задача о толстостенной трубе из упрочняющегося материала.
4. Понятие о поврежденности. Типы поврежденности. Математическое представление поврежденности. Параметр поврежденности Качанова—Работнова.

Билет № 2

1. Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. Тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгофа.
2. Идеальное упругопластическое тело. Идеальное жесткопластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.
3. J-интеграл Эшелби—Черепанова—Райса и его инвариантность. Вычисление потока энергии в вершину трещины. JR-кривая.
4. Понятие о вычислительном эксперименте. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела.

Билет № 3

1. Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Тензор упругих модулей. Упругие модули изотропного тела.
2. Асимптотические ряды и их свойства. Алгебраические уравнения с малым параметром. Диаграмма Ньютона. Решение систем линейных алгебраических уравнений.
3. Определяющие соотношения теории вязко-упругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.
4. Метод конечных элементов в теории упругости. Пределы применимости метода конечных элементов.

01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Билет № 1

1. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
2. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.
3. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.
4. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы.

Билет № 2

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
2. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.
3. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
4. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения.

Билет № 3

1. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
2. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.
3. Интегралы Бернулли и Коши—Лагранжа. Явление кавитации.
4. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

3. Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену, перечень литературы для подготовки к государственному экзамену

3.1. Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену:

Основной акцент по освоению дисциплины делается на самостоятельную работу обучающихся.

Обучающийся самостоятельно готовится к экзамену, используя для подготовки материалы, приведенные в списке литературы.

Взаимодействие между научным руководителем и обучающимся осуществляется в форме консультаций.

3.2. Перечень литературы и электронных библиотечно-информационных ресурсов для подготовки к государственному экзамену.

Экзамен сдается по выбору одной из перечисленных выше специальностей. Далее приводится перечень литературы для каждой из них.

01.02.01 «Теоретическая механика»

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.
5. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. М.: Физматлит, 1969.
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.
10. Френкель Я.И., Курс теоретической механики на основе векторного и тензорного анализа, ISBN 978-5-9710-3978-5, Издательство Едиториал УРСС, Серия Физико-математическое наследие: физика (механика), 2016.
11. Журавлев Е. А., Теоретическая механика. Курс лекций. Учебное пособие, Изд-во Юрайт, Серия Университеты России, 2017, ЭБС «Юрайт».
12. Веретенников В.Г. Теоретическая механика (дополнения к общим разделам), ФИЗМАТЛИТ, 2006.
13. Ланцош К. Вариационные принципы механики. М.: Мир, 1965.
14. Климов Д.М. Инерциальная навигация на море. М.: Наука, 1984.
15. Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Б.Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1967.
16. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. М.: Наука, 1976.

01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела»

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В двух томах. 5-е изд. М.: Наука, 1994.
2. Лейбензон Л.С. Курс теории упругости. Гостехиздат, М.-Л. 1947
3. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966
4. Новожилов В.В. Теория упругости. Л.: Судпромгиз, 1958
5. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1979
6. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969.
7. Кошелев А.И., Нарбут М.А. Механика деформируемого твердого тела. - СПб.: Изд-во С-Петербур. гос. ун-та, 2003.
8. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1975.
9. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир, 1975.
10. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. М.: ЛЕНАНД, 2014.
11. Золоторевский Н. Ю., Рыбин В.В. Материаловедение. Фрагментация и текстуробразование при деформации металлических материалов. М.: 2017. ЭБС «Юрайт».
12. Ахметзянов, М. Х. Техническая механика (сопротивление материалов). М.: Юрайт, 2017. ЭБС «Юрайт».
13. Каргашов Э. М., Цой Б., Шевелев В. В. Разрушение пленок и волокон. Структурно-статистические аспекты. М.: ЛЕНАНД, 2015.
14. Греков М. А. Электродинамика сплошных сред. Электростатика: учебное пособие. СПб.: Изд-во Санкт-Петербур. ун-та, 2012.
15. Греков М. А. Сингулярная плоская задача теории упругости. СПб.: Изд-во Санкт-Петербур. ун-та. 2001.
16. Разрушение / ред. Г. Либовиц. М: Мир, Т. 2, 1975, Т. 3, 1976.

17. Левин В. А. Нелинейная вычислительная механика прочности Т. 1.: Модели и методы. Образование и развитие дефектов. М.: Физматлит, 2015
18. Партон В. З. Механика разрушения: От теории к практике. М.: ЛКИ, 2016.
19. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Наука. 2014.
20. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М., 1963г.
21. Высокоскоростные ударные явления. /Под ред. В.Н. Николаевского. М., 1973.
22. Морозов Н.Ф., Петров Ю.Ф. Проблемы динамики разрушения твердых тел. СПб., 1997.

01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. I, II. М.: Физматгиз, 1963.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, II. 5-е изд. М.: Наука, 1994.
3. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 10-е изд. М.: Наука, 1987.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. 3-е изд. М.: Наука, 1986.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 5-е изд. М.: Наука, 1978.
6. Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.
7. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. М.: Физматгиз, 1962.
8. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гос. изд-во физ.-тех. лит-ры, 1955.
9. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000.
10. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.
11. Седов Л.И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. 3-е изд. М.: Наука, 1980.
12. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976.
13. Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная неустойчивость несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1972.
14. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977.

4. Методика и критерии оценки государственного экзамена

4.1. Форма проведения государственного экзамена:

Устная Письменная Устно-письменная С применением компьютера

4.2. Продолжительность государственного экзамена:

На подготовку ответа аспиранту дается не более 2 часов (астрономических).

4.3. Методика и критерии оценки государственного экзамена:

Критерии оценивания экзамена:

- знание определений, математических понятий, формулировок и доказательств утверждений;
- знание фактического материала;
- владение необходимым математическим аппаратом;
- умение применять имеющиеся теоретические знания при решении задач;
- критическое и самостоятельное изложение материала;
- способность отвечать на дополнительные вопросы по программе экзамена.

Система оценивания государственного экзамена:

Оценка «отлично» выставляется в том случае, если:

- дан исчерпывающий ответ на поставленные вопросы билета;

- даны ответы на дополнительные вопросы;
- продемонстрировано наличие глубоких знаний в рамках программы экзамена;
- безошибочно использован математический аппарат;
- решены поставленные задачи.

Оценка «хорошо»:

- дан достаточно полный ответ на поставленные вопросы билета;
- даны ответы на большую часть дополнительных вопросов;
- продемонстрировано наличие полных знаний в рамках программы экзамена;
- в целом верно использован математический аппарат;
- поставленные задачи решены частично.

Оценка «удовлетворительно»:

- дан ответ на поставленные вопросы билета;
- даны ответы на отдельные дополнительные вопросы;
- продемонстрировано наличие знаний в рамках программы экзамена;
- использование математического аппарата содержит неточности;
- поставленные задачи решены лишь в целом.

Оценка «неудовлетворительно»:

- не дан ответ на поставленные вопросы билета;
- не даны ответы ни на один дополнительный вопрос;
- продемонстрирована недостаточность знаний в рамках программы экзамена;
- использование математического аппарата содержит грубые ошибки;
- поставленные задачи не решены.

Общая оценка за экзамен выставляется по следующим правилам. Оценка «отлично» выставляется в случае, если ответы на все вопросы оценены на отлично, либо один вопрос оценен на «хорошо». Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если имеется хотя бы одна оценка «неудовлетворительно» за ответ на один из вопросов. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если имеется более двух оценок удовлетворительно. В остальных случаях выставляется оценка «хорошо».

5. Процедура проведения государственного экзамена

5.1. Государственная итоговая аттестация для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

5.2. Проведение государственного экзамена осуществляется в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.3. В ситуации крайней необходимости в целях защиты жизни и здоровья обучающихся, научно-педагогических работников и сотрудников, обеспечивающих проведение государственной итоговой аттестации, по решению уполномоченного должностного лица государственная итоговая аттестация может быть проводится исключительно с применением дистанционных технологий.

Приложение № 2

УТВЕРЖДЕНА

приказом от 14.11 № 14540/1
2023

**Программа государственной итоговой аттестации
в форме защиты выпускной квалификационной работы
по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика»
по образовательной программе МК.3004.* «Механика»
уровень образования: подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре**

1. Общие положения

1.1. Выпускная квалификационная работа (далее – ВКР) представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, либо в которой изложены научно-обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение.

1.2. ВКР является самостоятельным исследованием обучающегося, выполненным под руководством назначенного ему научного руководителя, в соответствии с установленными требованиями. ВКР может быть представлена в виде научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

1.3. Требования к научному докладу, порядок его подготовки и представления и критерии его оценки определяются программой государственной итоговой аттестации с учетом «ГОСТ Р 7.0.11-2011. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 13.12.2011 № 811-ст).

1.4. Объем государственной итоговой аттестации, учебный период и сроки государственной итоговой аттестации указаны в актуальном учебном плане и календарном учебном графике.

1.5. Язык подготовки и защиты ВКР: язык реализации образовательной программы.

2. Требования к структуре и содержанию ВКР

В выпускной квалификационной работе должны быть:

- 2.1. Титульный лист
- 2.2. Оглавление
- 2.3. Введение
- 2.4. Содержательная часть
- 2.5. Заключение
- 2.6. Список использованной литературы, оформленный в соответствии с правилами, принятыми в научной литературе по специальности

3. Требования к порядку выполнения и оформления ВКР

3.1. Требованиям при подготовке ВКР в соответствии с общепринятыми этическими и правовыми нормами является добросовестное цитирование. Выполнение данного требования отражается в отзыве научного руководителя ВКР на основании результатов проверки ВКР на объем заимствования, в т. ч. содержательного выявления неправомерных заимствований.

3.2. Как правило, объем работы не должен превышать 50 страниц. Рекомендуется использовать шрифт Times New Roman, 14 пунктов, интервал 1,5, поля: левое – 30 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, правое – 15 мм.

3.3. Титульный лист должен содержать название работы, название специальности, профиль (специализацию), фамилии, имена и отчества автора, научного руководителя и рецензента, должности и звания научного руководителя и рецензента. Форма титульного листа утверждена приказом проректора по учебно-методической работе от 03.07.2018 № 6616/1 «Об утверждении форм программы государственной итоговой аттестации» (с последующими изменениями и дополнениями) (Приложение № 2.1).

3.4. Титульный лист оформляется на русском и английском языках.

4. Методика и критерии оценки ВКР

4.1. Вид ВКР: Выпускная квалификационная работа может быть реализована в виде самостоятельного научного исследования или научного обзора. ВКР может выполняться в форме стартапа, на основании приказа от 12.07.2018 № 6853/1 (с последующими изменениями и дополнениями) «Об учете предпринимательских достижений обучающихся СПбГУ».

4.2. Продолжительность защиты ВКР: как правило, не более 15 минут; время для ответа на вопросы, как правило, не более 20 минут.

4.3. Методика и критерии оценки ВКР: Государственная экзаменационная комиссия (ГЭК) оценивает выпускную квалификационную работу (ВКР) на основании ее содержания и оформления, доклада выпускника на защите, отзыва научного руководителя, отзыва и оценки рецензента, обсуждения содержания работы членами ГЭК.

Оценивание отдельных аспектов работы проводится в соответствии со следующими критериями:

(1) Степень научной новизны полученного результата.

Критерии	Баллы
Работа содержит новые результаты, полученные лично автором	15
Работа содержит результаты, повторяющие уже известные, но они получены применением новых подходов и методов	10
Результаты и методы их достижения, представленные в работе, являются известными, однако выбор и стиль их изложения демонстрирует базовые профессиональные навыки выпускника	5
Не продемонстрировано ничего из вышеизложенного	0

(2) Степень полноты изложения

Критерии	Баллы
Работа содержит полные доказательства представленных утверждений, выводы полностью аргументированы, изложение свободно от неточностей	10
В изложении имеются лакуны, не ставящие под сомнение справедливость результатов и выводов	8
В работе есть преодолимые неточности, незначительные ошибки, потребовавшие дополнительного обсуждения	5
Представленная работа содержит существенные ошибки	0

(3) Умение работать с информацией, опубликованной в научных источниках

Критерии	Баллы
----------	-------

В работе описан научный контекст решаемой задачи, указаны научные источники	10
Продемонстрированы навыки работы с научной литературой, составлена библиография по теме работы	7
В работе не полностью использованы необходимые для раскрытия темы научная литература, материалы исследования	3
Отсутствует литературный обзор, библиография по теме работы	0

(4) Способность к участию в научной дискуссии

Критерии	Баллы
В процессе защиты продемонстрирована способность к участию в научной дискуссии по результатам выполненной работы, даны аргументированные ответы на все вопросы, заданные комиссией	10
В процессе защиты были даны обоснованные ответы на большинство вопросов, заданных комиссией	8
В процессе защиты ответы на вопросы, заданные комиссией, были недостаточно обоснованы	2
В процессе защиты не были даны ответы на большинство вопросов, заданных комиссией	0

(5) Соответствие содержания и оформления предъявленным требованиям

Критерии	Баллы
По своему содержанию и оформлению работа соответствует всем предъявленным требованиям	5
По своему содержанию и оформлению работа частично соответствует предъявленным требованиям	3
По своему содержанию и оформлению работа не соответствует предъявленным требованиям	0

Дополнительные баллы могут быть начислены, если результаты ВКР были опубликованы:

Критерии	Баллы
В изданиях, индексируемых в базах Scopus или WoS	5
В изданиях, индексируемых в РИНЦS	3
В иных научных изданиях	1

Таблица соответствия суммы баллов оценкам за выпускную квалификационную работу

Сумма баллов	Оценка
40-50	Отлично
30-39	Хорошо
15-29	Удовлетворительно
0-14	Неудовлетворительно

5. Процедура защиты ВКР

5.1. ВКР/научный доклад подлежит размещению обучающимся в системе информационной поддержки образовательного процесса в порядке, предусмотренном соответствующим регламентом, в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.2. Государственная итоговая аттестация для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

5.3. Защита ВКР осуществляется в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.4. В ситуации крайней необходимости в целях защиты жизни и здоровья обучающихся, научно-педагогических работников и сотрудников, обеспечивающих проведение государственной итоговой аттестации, по решению уполномоченного должностного лица государственная итоговая аттестация может быть проводится исключительно с применением дистанционных технологий.

Приложение № 2.1
к «Программе государственной итоговой аттестации
в форме защиты выпускной квалификационной
работы по основной образовательной программе
МК.3004 «Механика» уровень образования
подготовка научно-педагогических кадров в
аспирантуре», утвержденной приказом проректора
по учебно-методической работе
от 14.11.2023 № 14540/1

Санкт-Петербургский государственный университет

ФАМИЛИЯ Имя Отчество

Выпускная квалификационная работа

Название

Уровень образования: **аспирантура**

Направление: **01.06.01 «Математика и механика»**

Основная образовательная программа: **МК.3004.* «Механика»**

Направленности: _____

Научный руководитель:
должность, структурное
подразделение, ученая
степень, ученое звание, ФИО

Рецензент: должность,
структурное подразделение/
организация, ученая степень,
ученое звание (при наличии),
ФИО

Санкт-Петербург

20__