ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(СПбГУ)

ПРИКАЗ

08.11.2021 № 10763/1

О методическом обеспечении государственной итоговой аттестации в 2022 году (МК.3002.*)

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 2022 году

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить программу государственной итоговой аттестации в форме государственного экзамена по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре МК.3002.* «Прикладная математика и процессы управления» по направлению подготовки 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.3002.* «Прикладная математика и процессы управления» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» (Приложение № 2).

3. Начальнику Управления по связям с общественностью Скороспеловой Д.И. обеспечить размещение настоящего приказа на сайте СПбГУ в разделе «Методическое обеспечение государственной итоговой аттестации в 2022 году» (https://edu.spbu.ru/gia/19-normativnye-akty/lokalnye-normativnye-akty-spbgu/348-metodicheskoe-obespechenie-gosudarstvennoj-itogovoj-attestatsii-v-2022-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 первому проректору по учебной 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 от 29.09.2021 № 05/2.1/01-03-15.

Первый проректор по
учебной работе М.Ю. Лаврикова

Приложение № 1
УТВЕРЖДЕНА
приказом от 08.11.2021 № 10763/1

**Программа государственной итоговой аттестации
в форме государственного экзамена
по основной образовательной программе
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
МК.3002.* «Прикладная математика и процессы управления»
по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика»**

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: язык реализации образовательной программы.

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 по одному из перечисленных направлений.

Теоретическая механика

1. Пространства и координаты. Аффинные евклидовы пространства. Криволинейные и лагранжевы координаты.
2. Кинематика точки. Движение точки в криволинейных координатах. Проекции скорости и ускорения точки на оси криволинейной системы координат.
3. Движение точки в естественных координатах.
4. Механическая система. Твердое тело. Группа движений аффинного евклидова пространства.
5. Подгруппы движений твердого тела.
6. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Геометрические теоремы. Формула Эйлера.
7. Углы Эйлера. Уравнения Эйлера-Пуассона.
8. Сложное движение точки и твердого тела.
9. Механика Ньютона. Законы Ньютона. Уравнения движения и основные законы динамики механической системы
10. Силовое поле. Условия потенциальности силового поля. Движение точки в центральном силовом поле.

11. Динамика твердого тела. Масса и плотность. Геометрия масс. Основные законы динамики твердого тела.
12. Вращение твердого тела вокруг неподвижной точки. Динамические уравнения Эйлера.
13. Динамика точки с переменной массой. Уравнение Мещерского.
14. Механика Лагранжа. Общее уравнение механики в декартовых и лагранжевых координатах. Уравнения Лагранжа II рода.
15. Обобщенный потенциал и уравнения Лагранжа II рода. Уравнения Лагранжа I рода и реакции идеальных связей.
16. Механика Гамильтона. Канонические уравнения, циклические координаты, первые интегралы. Метод Якоби. Уравнение Гамильтона-Якоби. Общий интеграл уравнений движения точки в центральном поле сил.
17. Вариационные принципы механики. Дифференциальные принципы в декартовых и канонических переменных. Интегральный принцип Гамильтона-Остроградского.

Механика деформируемого твердого тела

1. Различные способы классификации материалов. Классификация свойств материалов (электрические, магнитные, механические, тепловые). Строение атома. Квантовые числа. Распределение электронов по уровням.
2. Химические связи (ковалентная, ионная, металлическая, Ван-дер-Вальсова). Агрегатное состояние вещества. Изменение свойств при изменении агрегатного состояния вещества. Определение фазы. Фазовые превращения. Однофазные и многофазные материалы.
3. Кристаллизация. Термодинамический стимул кристаллизации. Положение атомов в кристаллах. Кристаллические решетки (ОЦК, ГЦК, ГПУ). Дефекты кристаллического строения. Точечные дефекты.
4. Дислокации: определение, типы дислокаций (краевая, винтовая, криволинейная). Вектор и контур Бюргерса.
5. Поликристаллы. Типы границ зерен. Структура аморфных материалов. Структура полимеров.
6. Пространственные и материальные координаты. Основные характеристики деформации. Компоненты деформации, их геометрический смысл. Уравнения сплошности. Их математический и физический смысл.
7. Предмет реологии. Механические модели реологических сред. Различные формулировки закона Гука. Закон Гука для изотропного и анизотропного тела. Физическая природа упругости. Влияние внешних факторов на упругие свойства твердых тел. Потенциальная энергия деформации.
8. Диаграмма деформирования упругопластического тела. Деформационное упрочнение. Механизмы пластической деформации (скольжение и двойникование). Базовые понятия и соотношения деформационной теории пластичности. Уравнения деформационной теории Девиса-Надаи.
9. Закон вязкого течения Ньютона. Уравнения механических состояний вязкоупругого тела. Ползучесть. Упругое последействие. Релаксация напряжений.
10. Виды разрушения материалов (хрупкое, вязкое, усталостное, эрозия, коррозионный износ). Влияние внешних факторов на тип разрушения. Механизмы разрушения твердых тел. Механизмы зарождения трещин.
11. Силовые, деформационные и энергетические критерии локального разрушения. Трещиностойкость. Подходы механики разрушения к прогнозированию долговечности.

12. Постановка и математическая запись основных краевых задач механики деформируемого тела и теории разрушения. Задача Ламе.
13. Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Функция напряжений. Применение теории функций комплексного переменного в плоской задаче теории упругости.
14. Механика разрушения. Квазихрупкое и вязкое разрушение. Общие энергетические интегралы в механике разрушения. Учет пластических деформаций в конце трещины. Линейная модель пластической зоны. Характеристики раскрытия трещины.
15. Применение теории разрушения к задачам усталостного разрушения. Понятие о теориях накопления повреждений. Применение правила суммирования повреждений.
16. Динамические задачи теории упругости. Распространение волн в неограниченной упругой среде. Волны сжатия и сдвига. Плоские и сферические волны. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява. Отражение волн. Распространение волн в стержнях.
17. Теория изгиба пластин. Вывод уравнения равновесия упругой пластины переменной толщины. Изгибающие и крутящие моменты. Граничные условия. Потенциальная энергия изогнутой пластины. Изгиб прямоугольных пластин.

Системный анализ, управление и обработка информации

1. Понятия о системном подходе, системном анализе. Задачи системного анализа.
2. Системы и закономерности их функционирования и развития.
3. Управляемость, достижимость, устойчивость.
4. Свойства системы: целостность и связность, структура, организация, интегрированные качества.
5. Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений.
6. Экспертные процедуры. Модели систем. Методы многокритериальной оценки альтернатив.
7. Принятие решений в условиях неопределенности. Принятие коллективных решений.
8. одели и методы принятия решений при нечеткой информации.
9. Игра как модель конфликтной ситуации. Классификация игр. Нахождение оптимальных стратегий. Сведение игры к задаче линейного программирования.
10. Оптимизационный подход к проблемам управления и принятия решений.
11. Постановка задачи линейного программирования. Методы решения. Двойственные задачи.
12. Выпуклые функции и их свойства. Постановка задачи выпуклого программирования. Линейное программирование как частный случай выпуклого. Понятие о негладкой выпуклой оптимизации. Субдифференциал.
13. Классификация методов безусловной оптимизации.
14. Основные подходы к решению задач с ограничениями.
15. Задачи стохастического программирования.
16. Методы и задачи дискретного программирования.
17. Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Классификация систем управления.
18. Устойчивость в управляемых системах. Устойчивость линейных стационарных систем, критерии устойчивости.
19. Построение программных управлений. Дуальность управляемости и наблюдаемости
20. Методы синтеза обратной связи.
21. Управление при действии возмущений.

22. Дискретные задачи управления.
23. Устойчивость дискретных систем.
24. Управление системами с последействием.
25. Критерии качества в задачах управления. Задачи оптимизации.
26. Принцип максимума Л.С. Понтрягина
27. Достаточные условия оптимальности. Принцип Беллмана.
28. H^2- и H^∞-стабилизация. Minimax-стабилизация.
29. Эвристические методы стабилизации: нейросети, размытые множества, интеллектуальное управление.
30. Определение и общая классификация видов информационных технологий.
31. Программно-технические средства реализации современных офисных технологий. Стандарты пользовательских интерфейсов.
32. Создание и обработка текстовых файлов и документов с использованием текстовых редакторов и процессоров.
33. Программные средства создания графических объектов, графические процессоры (векторная и растровая графика).
34. Понятие информационной системы, банки и базы данных. Логическая и физическая организация баз данных.
35. Языки программирования в СУБД, их классификация и особенности. Стандартный язык баз данных SQL.
36. Основные сетевые концепции. Глобальные, территориальные и локальные сети.
37. Среда передачи данных. Преобразование сообщений в электрические сигналы, их виды и параметры. Проводные и беспроводные каналы передачи данных.
38. Локальные сети. Протоколы, базовые схемы пакетов сообщений и топологии локальных сетей.
39. Глобальные сети. Основные понятия и определения. Принципы межсетевого взаимодействия и организации пользовательского доступа. Методы и средства защиты информации в сетях. Обзор и сравнительный анализ популярных семейств сетевых ОС.
40. Принципы функционирования Internet, типовые информационные объекты и ресурсы. Ключевые аспекты WWW-технологии

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана-Банаха. Линейные операторы. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.
2. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.
3. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Основы теории информации.

4. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.
5. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта.
6. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Искусственный интеллект. Распознавание образов.
7. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа.
8. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.
9. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.
10. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей
11. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.
12. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.
13. Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.
14. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры. Режимы с обострением.

2.2. Государственный экзамен может включать следующие виды контрольных заданий:*(перечислить в соответствии с Положением о фондах оценочных средств)* не предусмотрено

2.3. Примеры контрольных заданий:*(привести не менее 2 различных примеров каждого вида контрольного задания)* …

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

3.1. Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену:*(перечислить)*

При подготовке к государственному экзамену обучающемуся предлагается список вопросов и перечень литературы.

- Основной акцент по освоению дисциплины делается на самостоятельную работу обучающихся.
- Обучающийся самостоятельно готовится к экзамену, используя для подготовки материалы, приведенные в списке литературы.
- Роль преподавателя в организации самостоятельной работы состоит в координации действий обучающихся в освоении дисциплины, в методическом и организационном обеспечении учебного процесса.
- Взаимодействие между преподавателем и студентом осуществляется в форме консультаций.

3.2. Перечень литературы и электронных библиотечно-информационных ресурсов для подготовки к государственному экзамену:*(перечислить из фондов литературы и библиотечно-информационных ресурсов, имеющихся в Научной библиотеке им. М. Горького СПбГУ)*

- Аппель П. Теоретическая механика. Т. 1, 2. М.: Физматгиз, 1960.
- Журавлев В.Ф. Основы теоретической механики. М.: Наука, 1997.
- Маркеев А.П. Теоретическая механика. М.: ЧеРо, 1999.
- Четаев Н.Г. Устойчивость движения. М.: Наука, 1965. 1990.
- Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. М.: Физматлит, 1969.
- Журавлев В.Ф., Климов Д.М. Прикладные методы теории колебаний. М.: Наука, 1988.
- Суслов Г.К. Теоретическая механика. М.: Гостехиздат, 1946.
- Уиттекер Е.Т. Аналитическая динамика. Изд-во Удмурдсткого университета, 1999.
- Ройтенберг Я.Н. Автоматическое управление. М.: Наука, 1992.
- Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. М.: Высшая школа, 1998.
- 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.
- Журавлев Е. А., Теоретическая механика. Курс лекций. Учебное пособие, ISBN 978-5-534-04294-8, Издательство Юрайт, Серия Университеты России, 2017.
- Веретенников В.Г. Теоретическая механика (дополнения к общим разделам), ФИЗМАТЛИТ, 2006.
- Поляхов Н.Н., Зегжда С.А., Юшков М.П. Теоретическая механика. М.: Юрайт, 2012., 2015
- Афанасьев В.Н. Управление неопределёнными динамическими объектами: М.: Физматлит, 2008.
- Александров В.В. и др. Оптимальное управление движением: учебное пособие для студентов и аспирантов вузов. М.: Физматлит, 2005.

- Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. М.: Мир, 1987. 542с.
- Демидов С.П. Теория упругости. М.: Высшая школа, 1979. 432с.
- Зубчанинов В.Г. Механика сплошных деформируемых сред. Тверь: ТГТУ, 2000. 703с.
- Зубчанинов В.Г. Математическая теория пластичности. Тверь: ТГТУ, 2002. 300с.
- Ивлев Д.Д. Теория идеальной пластичности. М.: Наука, 1996. 232с.
- Ильюшин А.А. Пластичность. М.: Гостехиздат, 1998. 376с.
- Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории пластичности. М.: АНСССР, 1963. 272с.
- Ильюшин А.А. Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости . М.: Наука, 1970. 280с.
- Ильюшин А.А. Ленский В.С. Сопротивление материалов. М.: Физматгиз, 1959.
- Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969. 420с.
- Керштейн И.М.., Клюшников В.Д, Ломакин Е. В., Шестериков С.А. Основы экспериментальной механики разрушения М.: МГУ, 1989.
- Клюшников В.Д. Математическая теория пластичности. М.: МГУ. 1979.

- Лихачев В.А., Малинин В.Г. Структурно-аналитическая теория прочности. С.-П Наука, 1993. 471с.
- Лехницкий С.Г. Тория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 416с.
- Малинин Н.Н Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1986. 400с.
- Морозов Е.М., Партон В.З. Механика упруго пластического разрушения. М.: Наука, 1985.
- Мусхелишвин Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966. 648с.
- НовожиловВ.В Вопросы механики сплошной среды. Л.: Судостроение, 1989. 397с.
- Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л.: Судостроение, 1962.
- Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир. 1980.
- Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упруго пластического разрушения. М.: Наука. 1974. 416с.
- Прагер В., Ходж Ф.Г. Теория идеально- пластических тел. М.: ИЛ, 1956.
- Работнов Ю.Н. Сопротивление материалов. Физматчиз, 1962.
- Работнов Ю.Н Механика деформированного твердого тела. М.: Наука, 1979. 744с.
- Соколовский В.В Теория пластичности. М.: Высшая школа, 1969. 608с.
- Стренг Г., Фикс Дж. Теория конечных элементов. М.: Мир. 1977.
- Тимошенко С.П. , Гудъер Д.Ж. Теория упругости. М.: Наука, 1979. 560с.
- Толоконников Л. А. Механика деформируемого твердого тела. М.: Высшая школа, 1979. 318с.
- Хилл Р. Математическая теория пластичности. М.: ГИТТЛ, 1956. 407с.

- Александров А. Ю., Платонов А. В., Старков В.Н., Степенко Н.А. Математическое моделирование и исследование устойчивости биологических сообществ. СПб., 2006.
- Динамическая теория биологических популяций: научное издание / А. А. Гимельфарб [и др.]; ред. : Р. А. Полуэктов. - М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1974. - 455 с.
- Андерсон Р., Мэй Р. Инфекционные болезни человека. Динамика и контроль. М.:Мир, 2004.
- Базыкин А.Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. М., 2003.
- Братусь А., Новожилов А., Платонов А., Динамические системы и модели биологии. М.: Физматлит, 2010.
- Мюррей Дж., Математическая биология. Том 1. Введение. М. 2009.
- Романюха А.А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011.
- Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. Matlab 7. СПб. БХВ-Петербург. 2005.1104 с.
- Бродовский Г.А., Кондратьев А.С., Чоудери А.Д. Физические основы математического моделирования. М.: «Академия», 2005. 320 с.
- Романов М.Ф., Федоров М.П. Математические модели в экологии. СПб., 2003. 240 с.
- Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическое моделирование в биофизике. М., 2004, 472 с.
- Свирежев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. М., 1987. 368 с.

- Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Бином, 2006. 640 с.
- В.М. Вержбицкий. Основы численных методов. М.: Высшая школа, 2005.
- Габасов Р., Кириллова Ф.М. Методы линейного программирования (в 3-х частях). М.: УРСС, 2010.
- Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. М.: УРСС, 2014.
- Самарский А.А., Вабищев П.Н. Численные методы решения обратных задач математической физики. М.: УРСС, 2015.
- Андреев Ю.Н. Управление конечными линейными объектами. М.: Наука, 1976.
- Ахиезер Н.И. Лекции по вариационному исчислению. М., 1955.
- Березин И.С, Жидков Н.П. Методы вычислений. Т.1,2. М.: Физматгиз, 1962. 464 с.
- Владимиров В. С. Уравнения математической физики. М., 1981.
- Габов С.А. Новые задачи математической теории волн. М. 1998.
- Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. М., 1977.
- Гюнтер Н.М. Курс вариационного исчисления. Л.; М., 1941.
- Жабко А.П., Харитонов В.Л. Методы линейной алгебры в задачах управления. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991.
- Курант Р. Уравнения с частными производными. М., 1964.
- Лаврентьев М.А., Люстерник Л.А. Курс вариационного исчисления. М., 1950.
- Ладыженская О. А. Краевые задачи математической физики. М., 1973.
- Лакс П., Филлипс Р. Теория рассеяния.
- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М., 1988.
- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. М., 1992.
- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. М., 1986.
- Мысовских И.П. Лекции по методам вычислений. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. 470

- научная электронная библиотека http://elibrary.ru;
- онлайн-сборник www.sciencedirect.com;
- база данных http://www.scopus.com
- иные базы данных, доступные через научную библиотеку им. М. Горького СПбГУ.

4. Методика и критерии оценки государственного экзамена

4.1. Форма проведения государственного экзамена *(указать нужное)*:

■ Устная □ Письменная □ Устно-письменная □ С применением компьютера

4.2. Продолжительность государственного экзамена: 2 часа.

4.3. Методика и критерии оценки государственного экзамена:

На экзамене производится оценка знаний, умений. Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно». Оценка за экзамен выставляется по следующим критериям:

1. Знание определений понятий, доказательств теорем, описаний алгоритмов, относящихся к вопросам, включенным в программу государственного экзамена (пассивные знания).

2. Умение привести примеры, иллюстрирующие вышеупомянутые понятия, отдельные элементы доказательств и алгоритмов (активные знания).

3. Объем знаний по программе экзамена:

1. знание всех понятий, теорем и алгоритмов, относящихся к вопросам, включенным в программу экзамена;

2. знание всех основных понятий, теорем и алгоритмов, относящихся к вопросам, включенным в программу экзамена;

3. знание существенной части вопросов, включенных в программу экзамена.

4. Наличие навыка свободного и правильного использования математической терминологии при устном изложении доказательств теорем и решений задач.

5. Способность отвечать на дополнительные вопросы по программе экзамена без использования дополнительного времени на подготовку к ответу.

Оценка «отлично» выставляется в том случае, если ответы экзаменуемого демонстрируют наличие пассивных и активных знаний по всем или по всем основным вопросам по программе экзамена; экзаменуемый правильно отвечает на дополнительные вопросы; правильно использует математическую терминологию при устном ответе.

Оценка «хорошо» выставляется в том случае, если ответы экзаменуемого демонстрируют наличие пассивных и активных знаний по вопросам, составляющим существенную часть (не ниже 75%) программы экзамена; экзаменуемый правильно отвечает не менее чем на 75% дополнительных вопросов; правильно использует математическую терминологию при устном ответе.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в том случае, если ответы экзаменуемого демонстрируют наличие пассивных знаний по вопросам, составляющим существенную часть (не менее 50%) программы экзамена, однако он не способен активно применять эти знания при решении нестандартных учебных задач.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если ответы экзаменуемого демонстрируют наличие пассивных знаний по вопросам, составляющим менее 50% программы экзамена, а также отсутствие способности активно применять эти знания при решении учебных задач, требующих комплексного использования полученных знаний.

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 в СПбГУ.

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 08.11.2021 № 10763/1

Программа государственной итоговой аттестации в форме выпускной квалификационной работы по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре МК.3002.* «Прикладная математика и процессы управления» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика»

1. Общие положения

1.1. Выпускная квалификационная работа (далее – ВКР) представляет собой выполненную обучающимся работу, демонстрирующую уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности. 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. Целью защиты ВКР является определение уровня подготовленности выпускников и проверка сформированности компетенций, предусмотренных учебным планом основной образовательной программы в соответствии с требованиями действующего образовательного стандарта.

1.4. 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).

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

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

2. Требования к структуре и содержанию ВКР

1.1. При подготовке ВКР аспирантом могут быть привлечены материалы выполненных им ранее работ, исследований, осуществленных за время обучения в рамках научно-исследовательской работы, а также материалы, собранные, экспериментально апробированные и систематизированные во время педагогических и учебных практик в образовательных и профильных учреждениях.

1.2. ВКР может быть связана с разработкой конкретных теоретических или экспериментальных вопросов, являющихся частью научно-исследовательских, учебно-методических, экспериментальных и других работ, проводимых выпускающей кафедрой. В этом случае в работе обязательно должен быть

отражен личный вклад автора в работу научного коллектива.

1.3. ВКР должна свидетельствовать:

1.1.1. Об умении выпускника применять полученные профессиональные знания, умения и навыки в практической деятельности;

1.1.2. О степени овладения им специальной литературой;

1.1.3. О способности анализировать профессиональный материал и результаты его применения;

1.1.4. О возможности решать конкретные задачи профессиональной деятельности;

1.1.5. О навыках формулировать свою позицию по дискуссионным проблемам и отстаивать ее, разрабатывать рекомендации по совершенствованию профессиональной деятельности;

1.1.6. Об индивидуальности авторского подхода к научному освещению проблемы, оценкам существующих мнений и оформлению результатов проведенного исследования.

2.4. Последовательность подготовки ВКР:

1.1.1. Выбор темы, ее обсуждение с руководителем научной работы;

1.1.2. Сбор материала по избранной проблеме, его анализ;

1.1.3. Составление плана (содержания) работы, согласование его с научным руководителем;

1.1.4. Осуществление опытно-экспериментальных мероприятий;

1.1.5. Написание текста;

1.1.6. Ознакомление научного руководителя с содержанием работы, доработка ее согласно высказанным замечаниям;

1.1.7. Оформление текста в соответствии с требованиями, предъявляемыми к выпускным квалификационным работам;

1.1.8. Передача работы на отзыв научному руководителю;

1.1.9. Представление работы на рецензирование;

1.1.10. Защита выпускной квалификационной работы перед Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК).

2.5. Содержание выпускной квалификационной работы должно соответствовать направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2.6. Изложение материала должно быть ясным и логически последовательным, формулировки – точными и конкретными, выводы – обоснованными, аргументация – убедительной.

2.7. Структура работы должна дать возможность любому специалисту из любой смежной области понять содержание данной работы и оценить уровень её выполнения по различным признакам, в том числе и косвенным. В связи с этим рекомендуется включение в работу следующих разделов:

2.7.1. Введение, где автор описывает место данной предметной области в общей научной картине мира, обосновывает актуальность рассматриваемой темы, степень ее разработанности, характеризует объект и предмет исследования, раскрывает цель и задачи работы, теоретическую и практическую значимость работы, описывает решаемую задачу на языке, понятном специалисту из любой смежной области. Здесь же могут быть введены понятия и результаты, необходимые для понимания основной части текста.

2.7.2. Постановка задачи. Здесь решаемая задача должна быть четко сформулирована в терминах данной предметной области. Должны быть описаны требования к ожидаемому решению и методы его верификации.

2.7.3. Обзор литературы. В этом разделе автор работы должен продемонстрировать широту и глубину своих знаний публикаций,

релевантных решаемой задаче. Желательно, чтобы список литературы охватывал важнейшие публикации в данной области, как классические, так и современные, как на русском, так и на английском языке. Автор должен иметь в виду, что как рецензент, так и член ГЭК могут задать вопросы, связанные с характеристикой, данной в ВКР любой работе, упомянутой в списке литературы. Важный момент заключается в том, что обзор литературы должен носить аналитический характер. Автор должен высказывать свое мнение относительно упомянутых работ, степень использования каждой работы при подготовке собственной ВКР.

2.7.4. Основная часть. Содержание и структура основной части во многом зависят от типа работы, и будут более подробно описаны в разделе «Типы ВКР».

2.7.5. Выводы. Здесь автор должен перечислить полученные результаты и критически их охарактеризовать, отмечая, насколько полно была решена поставленная задача. В случае, если задача была решена не полностью, автор должен указать причины и предполагаемые способы решения выявленных проблем в будущем.

2.7.6. Заключение. Дается краткое описание полученных результатов, понятное любому специалисту из смежных областей, и рекомендации по использованию результатов исследования в практической деятельности.

3. Требования к порядку выполнения и оформления ВКР

3.1. Требованием 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 неправомочных заимствований.

3.2. Титульный лист ВКР оформляется в соответствии с формой титульного листа утвержденной приказом проректора по учебно-методической работе от 03.07.2018 №6616/1 «Об утверждении формы программы государственной итоговой аттестации».

3.3. Содержание ВКР должно быть оформлено по следующему образцу:

Содержание

Введение .....

Постановка задачи .....

Обзор литературы .....

Глава 1. Название главы .....

1.1. Название параграфа .....

1.2. Название параграфа .....

1.3. Название параграфа .....

Глава 2. Название главы .....

2.1. Название параграфа .....

2.2. Название параграфа .....

2.3. Название параграфа .....

Глава 3. Название главы .....

3.1. Название параграфа .....

3.2. Название параграфа .....

3.3. Название параграфа .....

Выводы .....

Заключение .....

Список литературы .....

Приложение .....

3.4. Текст ВКР должен быть оформлен в соответствии со следующими требованиями:

3.4.1. Формат бумаги: А4.

3.4.2. Поля: верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1.5 см.

3.4.3. Нумерация страниц должна быть сквозной и включать титульный лист и приложения. Страницы нумеруются арабскими цифрами, на титульном листе номер страницы не указывается.

3.4.4. Межстрочный интервал: 1.5 строки.

3.4.5. Абзацный отступ. Первая строка каждого абзаца должна иметь абзацный отступ 1.25 см.

3.4.6. Выравнивание основного текста по ширине поля.

3.4.7. Гарнитура шрифта. Основной текст ВКР оформляется одним шрифтом, например «Times New Roman». Названия заголовков могут оформляться другим шрифтом. Возможно оформление другим шрифтом вставок программных кодов, цитат и др.

3.4.8. Кегль: основной текст – 14 пт, названия параграфов – 16 пт, названия глав – 18 пт, текст в таблице, подписи к рисункам, таблицам – 12 пт.

3.4.9. При подготовке текста, иллюстраций и таблиц необходимо обеспечивать равномерную контрастность и четкость их изображения независимо от способа выполнения. Допускаются только четкие рисунки (черно-белые или цветные), выполненные средствами компьютерной графики или сканированные. Ширина рисунка не должна быть больше полосы набора текста. Обозначения на рисунках должны четко читаться. Все рисунки должны быть пронумерованы сквозной нумерацией или привязаны к главам (Рис. 1.1 или Рис. 1) и иметь подрисуночные подписи. Ссылки на рисунки в тексте обязательны.

3.4.10. Оформление формул. Одиночные формулы располагаются по центру строки. Номера формул выравнены по правому краю. Нумерация формул только тех, на которые есть ссылка в тексте.

3.4.11. Список цитируемой литературы. Литературу в списке следует расположить в алфавитно-хронологическом порядке (если есть ссылка на работы одного автора, то первой будет та, которая вышла раньше) или в порядке упоминания в тексте. В список литературы включаются только издания, на которые есть ссылки в тексте. Ссылки в тексте на источник – в квадратных скобках в строгом соответствии с библиографическим списком. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

4. Методика и критерии оценки ВКР

4.1. Типы ВКР. Выпускная работа может относиться к любому из следующих типов или их комбинации:

4.1.1. Теоретическая работа. Основным содержанием данной работы может быть:

4.1.1.1. Формулировка и доказательство новых теоретических результатов;

4.1.1.2. Построение новых моделей и оценка точности моделирования;

4.1.1.3. Разработка новых или модификация известных вычислительных алгоритмов и оценка их эффективности;

4.1.1.4. Разработка новых или модификация известных методов анализа данных и демонстрация их эффективности релевантным способом на реальных данных.

4.1.2. Прикладная работа. Решение задачи известными методами в новой постановке. Автор должен продемонстрировать владение технологией и методикой вычислительного и/или натурального эксперимента, включая необходимую предварительную обработку данных, эффективную организацию вычислительного процесса, верификацию полученных результатов. Важным моментом является проведение экспериментов при различных наборах параметров, оформление результатов в виде таблиц, графиков. Желательно проведение статистического или иного релевантного обоснования сделанных выводов.

4.1.3. Важнейшим требованием к данному типу работы является внедрение продукта в реальную практику. Работа должна содержать описание требований к продукту, его отличия и преимущества по отношению к известным аналогам, описание его архитектуры, технологии разработки и тестирования, демонстрацию продукта, желательно предоставление актов о внедрении.

4.2. Продолжительность защиты ВКР: 20 минут.

4.3. Методика и критерии оценки ВКР/ научного доклада:

4.3.1. Критерии, которым должна отвечать выпускная квалификационная работа:

4.3.1.1. ВКР должна быть научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны;

4.3.1.2. ВКР должна быть написана автором самостоятельно, обладать внутренним единством, содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствовать о личном вкладе автора в науку;

4.3.1.3. Предложенные автором ВКР решения должны быть аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями;

4.3.1.4. Автор ВКР обязан ссылаться на автора и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов. При использовании в ВКР результатов научных работ, выполненных лично и (или) в соавторстве, автор обязан отметить в ВКР это обстоятельство;

4.3.1.5. Обзор литературы охватывает важнейшие публикации в данной предметной области, как классические, так и современные, как на русском, так и на английском языке. Обзор литературы носит аналитический

характер. Автор высказывает свое мнение относительно всех цитируемых работ, указывая степень их использования при подготовке ВКР;

4.3.1.6. Формулировки и доказательства теоретических утверждений проведены со всей возможной строгостью и полнотой, с использованием общепринятых обозначений;

4.3.1.7. Модели и алгоритмы описаны с использованием языка, принятого в научных публикациях по данной тематике. Уровень детализации описания должен быть достаточен для воспроизведения всех результатов, полученных в ВКР, любым специалистом в смежных областях;

4.3.1.8. Разработка новой модели, вычислительного алгоритма сопровождены оценкой точности моделирования, эффективности алгоритма;

4.3.1.9. Вычислительные эксперименты проведены в соответствии с практикой, стандартами и тенденциями, используемыми в современных научных работах данной области науки. Уровень сложности эксперимента должен соответствовать уровню экспериментов, представленных в современных научных публикациях в рецензируемых журналах;

4.3.1.10. Результаты вычислительных экспериментов оформлены в виде таблиц и/или графиков. Проведено обоснование выводов, сделанных на основе экспериментов;

4.3.1.11. Процесс разработки программного продукта и сам продукт описаны с достаточной степенью подробности. Указаны отличия и преимущества по отношению к известным аналогам. Приведены обоснования по решениям, принятым на всех этапах проектирования и разработки продукта. Описана методика тестирования продукта и приведены результаты тестирования. Желательно предъявление акта о внедрении;

4.3.1.12. Результаты, полученные в работе, соответствуют постановке задачи.

4.3.2. Результаты защиты ВКР определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» в соответствии со степенью реализации в ВКР следующих критериев:

4.3.2.1. На основании выполненной ВКР:

4.3.2.1.1. Разработана научная концепция; новая научная идея, обогащающая научную концепцию, новая экспериментальная методика, позволившая выявить качественно новые закономерности исследуемого явления, повысить точность измерений с расширением границ применимости полученных результатов и т.п.;

4.3.2.1.2. Предложены оригинальная научная гипотеза, оригинальные суждения по заявленной тематике; нетрадиционный подход и т.п.;

4.3.2.1.3. Доказана перспективность использования новых идей в науке, в практике, наличие закономерностей, неизвестных связей, зависимостей и т. п.;

4.3.2.1.4. Введены новые понятия, измененные трактовки старых понятий, новые термины и т.д.

4.3.2.2. Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны теоремы, леммы, положения, методики, вносящие вклад в расширение представлений об изучаемом явлении, расширяющие границы применимости полученных результатов и т.п.

4.3.2.3. Применительно к проблематике ВКР результативно (эффективно, т.е. с получением обладающих новизной результатов):

4.3.2.3.1. Использован комплекс существующих методов исследования, в т. ч. численных методов, экспериментальных методов и т. п.;

4.3.2.3.2. Изложены положения, идеи, аргументы, доказательства, элементы теории, аксиомы, гипотезы, факты, этапы, тенденции, стадии, факторы, условия и т.п.;

4.3.2.3.3. Раскрыты существенные проявления теории: противоречия, несоответствия;

4.3.2.3.4. Выявлены новые проблемы и т.п.;

4.3.2.3.5. Изучены связи данного явления с другими, генезис процесса, внутренние и внешние противоречия, факторы, причинно-следственные связи и т.п.;

4.3.2.3.6. Проведена модернизация существующих математических моделей, алгоритмов и/или численных методов, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации и т.п.

4.3.2.4. Значение полученных результатов ВКР для практики подтверждается тем, что:

4.3.2.4.1. Разработаны и внедрены технологии, новые универсальные методики измерений, образовательные технологии, ГОСТы и т.п.;

4.3.2.4.2. Создана модель эффективного применения знаний, система практических рекомендаций и т.п.;

4.3.2.4.3. Представлены методические рекомендации, рекомендации для более высокого уровня организации деятельности, предложения по дальнейшему совершенствованию и т.п.

4.3.2.5. Оценка достоверности результатов исследования выявила:

4.3.2.5.1. Для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, обоснованы калибровки, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях и т.п.;

4.3.2.5.2. Теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, в т.ч. для предельных случаев, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме ВКР или по смежным отраслям и т.п.;

4.3.2.5.3. Идея базируется на анализе практики, обобщения передового опыта и т.п.;

4.3.2.5.4. Использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

4.3.2.5.5. Установлено качественное и/или количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным;

4.3.2.5.6. Использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов (единиц) наблюдения и измерения и т.п.

4.3.2.6. Личный вклад выпускника состоит в следующем:

4.3.2.6.1. Включенное участие на всех этапах процесса;

4.3.2.6.2. Непосредственное участие автора в получении исходных данных и научных экспериментах;

4.3.2.6.3. Личное участие в апробации результатов исследования;

4.3.2.6.4. Разработка экспериментальных стендов и установок (ключевых элементов экспериментальных установок), выполненных лично автором или при участии автора;

4.3.2.6.5. Обработка и интерпретация экспериментальных данных, выполненных лично автором или при участии автора;

4.3.2.6.6. Подготовка основных публикаций по выполненной работе и т.п.

4.3.2.7. ВКР охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

4.3.3. Правила выставления оценок:

4.3.3.1. Оценка «отлично» выставляется в том случае, если ВКР выполняется в соответствии с критериями 4.3.1.1-4.3.1.12, а в каждом из критериев 4.3.2.1-4.3.2.7. выполнен хотя бы один пункт;

4.3.3.2. Оценка «хорошо» выставляется в том случае, если ВКР выполняется в соответствии с критериями 4.3.1.1-4.3.1.12 и в каждом из критериев 4.3.2.1, 4.3.2.2., 4.3.2.6., 4.3.2.7. выполнен хотя бы один пункт, а в одном из критериев 4.3.2.4. или 4.3.2.5. хотя бы один пункт выполняется в основном;

4.3.3.3. Оценка «неудовлетворительно» выставляется в следующих случаях:

4.3.3.3.1. В выпускной квалификационной работе обнаружен плагиат;

4.3.3.3.2. Объем работы, степень детализации изложения недостаточны для того, чтобы составить объективное мнение о знаниях, навыках и умениях автора работы;

4.3.3.3.3. Задача, сформулированная в разделе «Постановка задачи», не решена;

4.3.3.4. Оценка «удовлетворительно» выставляется во всех остальных случаях.

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 научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбГУ.

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 осуществляется в соответствии с Правилами обучения по программам научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбГУ.

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.

Оформление титула:

Санкт-Петербургский государственный университет

ФАМИЛИЯ Имя Отчество

Выпускная квалификационная работа

Название

Уровень образования:
Направление *Код «Наименование»*
Основная образовательная программа *Шифр «Наименование»*
Профиль (при наличии) _____

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

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

Санкт-Петербург
2021