

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



Ю.С. Ключков

ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

научная специальность

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Санкт-Петербург

2022

Руководитель ОП

к.т.н.

О.Б. Шагниева

Составитель:

д.ф.-м.н., доцент

М.Е. Фролов

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом (протокол № 5 от «21» марта 2022 г.).

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Структура вступительного экзамена

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности **1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.**

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);

- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла, портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

в. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

г. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

| № п/п | Индивидуальное достижение | Подтверждающий документ | Количество баллов за каждое достижение |
|-------|---|--|--|
| 1. | Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): | Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL | |
| | в журналах перечня ВАК; | | 10 |
| | в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2; | | 25 |
| | в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4. | | 15 |
| 2. | Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся: | Копия подписанного соглашения с грантодателем | |
| | руководителем | | 10 |
| | исполнителем | | 5 |
| 3. | Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности: | Копия патента или свидетельства | |
| | – патент на изобретение; | | 10 |
| | – патент на полезную модель; | | 7 |
| | – свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ; | | 5 |
| | – свидетельство о государственной регистрации базы данных; | | 5 |
| | – свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем. | | 5 |

| № п/п | Индивидуальное достижение | Подтверждающий документ | Количество баллов за каждое достижение |
|-------|---|--|--|
| 4. | <p>Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:</p> <p>за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).</p> <p>за прочие конференции.</p> | Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии) | |
| | | | 5 |
| | | | 3 |
| 5. | Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру. | Копия диплома | 3 |

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2.3 Перечень тем для теоретического экзамена

Вероятность, условная вероятность. Выпуклые задачи поиска минимума функционала. Линейные непрерывные функционалы. Математическое программирование. Метрические и нормированные пространства. Оптимальное управление. Основы вариационного исчисления. Понятие меры и интеграла Лебега. Пространства

интегрируемых функций. Пространства Соболева. Обобщенные производные. Случайные величины и векторы. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов. Булевы функции. Графы и их представление в ЭВМ. Деревья и их основные свойства. Комбинаторика. Множества и отношения. Потoki в сетях. Теорема Форда и Фалкерсона. Алгоритмы нахождения максимального потока. Представление деревьев в ЭВМ. Связность графов. Алгоритмы обхода графов. Алгоритмы сортировки.

Аппроксимация функциональных зависимостей. Вычислительные методы линейной алгебры. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Лагранжевы элементы. Метод конечных элементов. Эрмитовы элементы. Метод граничных элементов. Метод наименьших квадратов. Полиномиальная интерполяция. Сплайн-аппроксимация. Численные методы вычисления определителей и обратных матриц. Моделирование методом динамики частиц. Молекулярная динамика.

Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Численные методы поиска экстремума функций. Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Вариационные принципы построения математических моделей. Вариационные методы решения краевых задач и определения собственных значений. Краевые задачи для дифференциальных уравнений в частных производных.

Математические модели в биологии и биоинформатике. Математические модели в механике деформируемого твердого тела. Математические модели в экономике. Математические модели механики жидкости и газа.

Вычислительный эксперимент в математическом моделировании. Источники погрешности в математическом моделировании. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа. Пакеты прикладных программ для математического моделирования.

Базовые концепции объектно-ориентированного программирования. Компьютерная графика. Работа с графическими библиотеками.

Основные понятия и принципы математического моделирования. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Проверка адекватности математических моделей. Универсальность математических моделей. Принцип аналогий. Иерархия моделей.

Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования.

Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ. Суперкомпьютерные технологии.

2.4 Перечень вопросов для теоретического экзамена

1. Вероятность, условная вероятность.
2. Выпуклые задачи поиска минимума функционала.
3. Линейные непрерывные функционалы.
4. Математическое программирование.
5. Метрические и нормированные пространства.
6. Оптимальное управление.
7. Основы вариационного исчисления.
8. Понятие меры и интеграла Лебега.
9. Пространства интегрируемых функций.
10. Пространства Соболева. Обобщенные производные.
11. Случайные величины и векторы.

12. Элементы корреляционной теории случайных векторов.
13. Элементы теории случайных процессов.
14. Булевы функции.
15. Графы и их представление в ЭВМ.
16. Деревья и их основные свойства.
17. Комбинаторика.
18. Множества и отношения.
19. Потоки в сетях. Теорема Форда и Фалкерсона. Алгоритмы нахождения максимального потока.
20. Представление деревьев в ЭВМ.
21. Связность графов. Алгоритмы обхода графов.
22. Аппроксимация функциональных зависимостей.
23. Вычислительные методы линейной алгебры.
24. Метод конечных разностей.
25. Метод конечных элементов. Лагранжевы элементы.
26. Метод конечных элементов. Эрмитовы элементы.
27. Метод наименьших квадратов.
28. Полиномиальная интерполяция.
29. Сплайн-аппроксимация.
30. Численное дифференцирование.
31. Численное интегрирование.
32. Численные методы поиска экстремума функций.
33. Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
34. Вариационные принципы построения математических моделей.
35. Вычислительный эксперимент в математическом моделировании.
36. Источники погрешности в математическом моделировании.
37. Краевые задачи для дифференциальных уравнений в частных производных.
38. Математические модели в биологии и биоинформатике.
39. Математические модели в механике деформируемого твердого тела.
40. Математические модели в экономике.
41. Математические модели механики жидкости и газа.
42. Проверка адекватности математических моделей.
43. Универсальность математических моделей.
44. Базовые концепции объектно-ориентированного программирования.
45. Компьютерная графика. Работа с графическими библиотеками.
46. Пакеты прикладных программ для математического моделирования.
47. Представление о языках программирования высокого уровня.
48. Суперкомпьютерные технологии.
49. Основные понятия и принципы математического моделирования. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Универсальность математических моделей. Принцип аналогий. Иерархия моделей.
50. Интерполирование функций, полиномы Чебышева, интерполяция с кратными узлами, кубические сплайны.
51. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования.

52. Вариационные методы решения краевых задач и определения собственных значений.
53. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.
54. Моделирование методом динамики частиц. Молекулярная динамика.
55. Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.
56. Численные методы вычисления определителей и обратных матриц.
57. Метод граничных элементов.
58. Алгоритмы сортировки.

2.5 Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

75 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

50 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

0 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

2.6 Список рекомендуемой литературы

1. Элементы теории функций и функционального анализа : [для студентов ун-тов, аспирантов, преподавателей а также для науч. работников в области математики и в смежных областях] / А.Н. Колмогоров, С. В. Фомин .— Изд.7-е .— М. : Физматлит, 2006.— 570 с.
2. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций: учебное пособие / ; под общ. ред. А. А. Свешникова - СПб. [и др.]: Лань, 2008 - 445 с.
3. Бахвалов Н. С. Численные методы: учеб. пособие для физ.-мат. специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков; Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 - 636 с.
4. Сьярле, Филипп. Метод конечных элементов для эллиптических задач / Ф. Сьярле ; пер. с англ. Б. И. Квасова ; под ред. Н. Н. Яненко .— Москва : Мир, 1980 .
5. Дискретная математика для программистов : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. специалистов "Информатика и вычисл. техника" / Ф. А. Новиков .— 2-е изд. — М. [и др.] : Питер, 2005 .— 363 с.
6. Основы численных методов : учебник для вузов по направлению подготовки «Прикладная математика» / В. М. Вержбицкий .— Изд. 2-е, перераб. — Москва : Высшая школа, 2005 .— 848 с.

Приложение

Сведения об достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ

| (Ф.И.О. кандидата для поступления в аспирантуру) | | | |
|--|---|--|---|
| (научная специальность) | | | |
| № п/п | Индивидуальное достижение | Количество баллов за каждое достижение | Рейтинговая оценка показателя, общий балл |
| 1. | Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): в журналах перечня ВАК; | 10 | |
| | в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2; | 25 | |
| | в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4. | 15 | |
| 2. | Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся: | | |
| | руководителем, | 10 | |
| | исполнителем. | 5 | |
| 3. | Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности: | | |
| | – патент на изобретение; | 10 | |
| | – патент на полезную модель; | 7 | |
| | – свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ; | 5 | |
| | – свидетельство о государственной регистрации базы данных; | 5 | |
| | – свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем. | 5 | |
| 4. | Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных); | 5 | |
| | за прочие конференции. | 3 | |
| 5. | Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру | 3 | |
| Суммарный рейтинговый балл | | | |

Кандидат в аспирантуру

(подпись)

(Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель

(подпись)

(Ф.И.О).

Руководитель образовательных программ
по аспирантуре института

(подпись)

(Ф.И.О).