

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-организационной
деятельности

Ю.С. Ключков

«14» апрель 2022 г.

ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

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

**научная специальность
2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии**

Санкт-Петербург

2022

Руководитель ОП

К.т.н., доцент

О.В. Кочнева

Составители:

Д.т.н., доцент

С.Г. Паршин

Д.т.н., профессор

В.А. Кархин

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 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии.

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.

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

д. 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.</p> <p>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

Теоретические основы сварки, наплавки и нанесения покрытий

Природа образования соединений при сварке. Классификация процессов сварки. Источники энергии для сварки, их обобщенные характеристики. Строение, виды и области применения электрической сварочной дуги. Основные процессы в столбе дуги.

Напряженность поля, плотность тока и концентрация мощности в столбе. Физические явления в приэлектродных областях дуги. Перенос металла в дуге. Саморегулирование дуги с плавящимся электродом. Сжатые дуги. Лучевые источники нагрева, их виды, особенности и области применения. Электронный луч, как источник энергии. Лазерный луч как источник нагрева при сварке, резке и термической обработке. Физические процессы формирования излучения лазеров. Виды лазеров. Особенности газовых лазеров. Структурная схема CO₂-лазера. Плавление металлов лазерным лучом. Электрошлаковый нагрев. Электроконтактный нагрев и плавление металлов. Нагрев при трении. Явления при холодной и ультразвуковой сварке. Природа образования соединений при пайке. Классификация технологических процессов нанесения защитных покрытий. Основные процессы газопламенного и детонационного напыления. Свариваемость материалов. Показатели свариваемости. Металлургические процессы при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Взаимодействие металлов, шлаков и газов. Модели источников тепла, объектов сварки, наплавки. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении. Горячие трещины при сварке. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию горячих трещин. Способы предотвращения горячих трещин. Особенности структуры зоны термического влияния в сварных соединениях. Фазовые и структурные превращения при сварке конструкционных сталей. Природа холодных трещин. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию холодных трещин. Способы предотвращения холодных трещин. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Механизм возникновения напряженного состояния при сварке, наплавке и нанесении покрытий.

Технология сварки, наплавки, пайки и нанесения покрытий

Технология сварки и наплавки покрытыми электродами. Технология автоматической и механизированной сварки. Технология сварки низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей. Технология сварки высоколегированных сталей мартенситного, ферритного и аустенитного классов. Технология сварки алюминия, магния, титана и его сплавов. Формирование свойств наплавленного металла, метод его легирования. Технология электрошлаковой сварки и наплавки конструкций из углеродистых и легированных сталей. Дефекты сварных соединений. Поры в сварных швах. Неметаллические включения в швах. Классификация способов контактной сварки. Условия формирования сварных соединений при точечной и шовной сварке. Технология сварки токами высокой частоты. Технология и области применения холодной сварки. Технология и области применения ультразвуковой сварки. Технология сварки трением. Технология сварки пластмасс. Технология газопламенного и детонационного нанесения покрытий. Основные операции дуговой металлизации и плазменного напыления. Техника и технология вакуумных покрытий. Пайка металлов. Теоретические основы пайки металлов. Сущность процесса пайки металлов. Физические процессы при пайке. Припой. Классификация припоев по химическому составу, температуре плавления и механическим свойствам. Флюсы. Назначение, требования к флюсам. Виды флюсов и их классификация. Типы паяных соединений. Методы контроля паяных соединений.

Сварные конструкции

Деформации и напряжения, вызываемые процессами сварки, наплавки и нанесения покрытий. Концентрация напряжений в сварных соединениях. Влияние дефектов на

механические свойства сварных соединений и их работоспособность. Остаточные напряжения в сварных соединениях. Деформации, напряжения и перемещения в элементах сварных конструкций, экспериментальные и расчетные методы их определения. Методы снижения напряжений и деформаций при сварке и наплавке. Напряженное состояние узлов ферм. Напряжения и деформации в листовых конструкциях. Особенности конструкции котлов и сосудов, их напряженное состояние. Основы расчета и проектирования труб и трубопроводов. Методы повышения прочности сварных конструкций при переменных нагрузках. Прочность сварных соединений при высоких и низких температурах.

Механизация и автоматизация технологических операций сварки, наплавки и нанесения покрытий

Классификация процессов и операций сварки, наплавки и нанесения покрытий как объектов механизации и автоматизации. Схемы современных систем автоматизации дуговых методов сварки и наплавки. Принципы автоматизации контактной сварки. Схемы механизированных сборочно-сварочных поточных линий. Автоматические сборочно-сварочные линии. Требования, предъявляемые к промышленным роботам для сварки, наплавки и нанесения покрытий. Типы промышленных роботов. Общие характеристики роботов и их основных блоков. Адаптивные роботы. Автоматические линии и участки роботов. Система автоматизированного проектирования технологии сварки.

Контроль качества сварки, наплавки и нанесения покрытий

Технологические и конструктивные методы повышения качества сварки, наплавки и нанесения покрытий, способы их обеспечения и контроля. Дефекты и уровни дефектности сварных соединений. Классификация методов контроля качества сварки, наплавки и нанесения покрытий. Методы неразрушающего контроля качества металлов, швов, наплавки и покрытий. Физические основы и разновидности магнитных и электромагнитных методов контроля, техника и технология их применения. Основы и классификация радиационных методов контроля. Источники рентгеновского и гамма-излучения, их конструкции, аппаратура и приспособления для управления. Радиографический контроль. Физические основы, классификация ультразвуковых методов контроля. Принципы, классификация и технология капиллярных методов контроля. Методы контроля непроницаемости. Течеискатели. Механические испытания качества сварки, наплавки и нанесения покрытий. Металлография, химический анализ и коррозионные испытания сварных соединений, наплавки и покрытий.

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

1. Природа образования соединений при сварке.
2. Классификация процессов сварки. Источники энергии для сварки, их обобщенные характеристики.
3. Строение, виды и области применения электрической сварочной дуги.
4. Основные процессы в столбе и приэлектродных областях дуги.
5. Лучевые источники нагрева, их виды, особенности и области применения.
6. Электронный луч, как источник энергии. Принцип сварки электронным лучом в вакууме.
7. Лазерный луч как источник нагрева при сварке, резке и термической обработке.

8. Физические процессы формирования излучения лазеров. Виды лазеров. Особенности газовых лазеров.
9. Электрошлаковый нагрев. Энергетические процессы в шлаковой и металлической ваннах.
10. Электроконтактный нагрев и плавление металлов.
11. Нагрев при трении. Процессы сварки трением.
12. Природа образования соединений при пайке.
13. Классификация технологических процессов нанесения защитных покрытий.
14. Основные процессы газопламенного и детонационного напыления. Физические особенности дуговой металлизации и плазменного напыления.
15. Свариваемость материалов. Показатели свариваемости.
16. Металлургические процессы при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Взаимодействие металлов, шлаков и газов.
17. Основные характеристики тепловых процессов. Модели источников тепла, объектов сварки, наплавки. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении.
18. Кристаллизация металла при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Природа химической и физической неоднородности соединений металлов.
19. Горячие трещины при сварке. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию горячих трещин. Способы предотвращения горячих трещин.
20. Особенности структуры зоны термического влияния в сварных соединениях. Фазовые и структурные превращения при сварке конструкционных сталей.
21. Природа холодных трещин. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию холодных трещин. Способы предотвращения холодных трещин.
22. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Механизм возникновения напряженного состояния при сварке, наплавке и нанесении покрытий.
23. Технология сварки низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей.
24. Технология сварки высоколегированных сталей мартенситного, ферритного и аустенитного классов.
25. Технология сварки алюминия и его сплавов.
26. Технология сварки титана и его сплавов.
27. Технология наплавки. Формирование свойств наплавленного металла, метод его легирования.
28. Дефекты сварных соединений.
29. Классификация способов контактной сварки. Условия формирования сварных соединений при точечной и шовной сварке.
30. Технология газопламенного и детонационного нанесения покрытий. Основные операции дуговой металлизации и плазменного напыления.
31. Пайка металлов. Теоретические основы пайки металлов. Сущность процесса пайки металлов. Физические процессы при пайке. Диффузионное и химическое взаимодействие припоя с паяемым металлом.
32. Припой. Классификация припоев по химическому составу, температуре плавления и механическим свойствам. Наиболее распространенные группы припоев.
33. Флюсы для пайки. Назначение, требования к флюсам. Виды флюсов и их классификация.

34. Деформации и напряжения, вызываемые процессами сварки, наплавки и нанесения покрытий. Концентрация напряжений в сварных соединениях.

35. Остаточные напряжения в сварных соединениях. Деформации, напряжения и перемещения в элементах сварных конструкций, экспериментальные и расчетные методы их определения. Методы снижения напряжений и деформаций при сварке и наплавке.

36. Классификация процессов и операций сварки, наплавки и нанесения покрытий как объектов механизации и автоматизации. Схемы современных систем автоматизации дуговых методов сварки и наплавки.

37. Принципы автоматизации контактной сварки. Автоматические системы в электрошлаковой сварке и наплавке.

38. Принципы механизации и автоматизации заготовительных операций. Современные средства механизации и автоматизации транспортных операций. Схемы механизированных сборочно-сварочных поточных линий. Автоматические сборочно-сварочные линии.

39. Требования, предъявляемые к промышленным роботам для сварки, наплавки и нанесения покрытий. Типы промышленных роботов. Общие характеристики роботов и их основных блоков.

40. Технологические и конструктивные методы повышения качества сварки, наплавки и нанесения покрытий, способы их обеспечения и контроля. Дефекты и уровни дефектности сварных соединений.

41. Классификация методов контроля качества сварки, наплавки и нанесения покрытий.

42. Методы неразрушающего контроля качества металлов, швов, наплавки и покрытий.

43. Физические основы и разновидности магнитных и электромагнитных методов контроля, техника и технология их применения.

44. Основы и классификация радиационных методов контроля.

45. Физические основы, классификация ультразвуковых методов контроля. Приборы и оптимальные параметры ультразвукового контроля. Технология ультразвукового контроля, методы измерения дефектов.

46. Принципы, классификация и технология капиллярных методов контроля.

47. Методы контроля непроницаемости. Течеискатели.

48. Механические испытания качества сварки, наплавки и нанесения покрытий. Металлография, химический анализ и коррозионные испытания сварных соединений, наплавки и покрытий.

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. Сварка. Резка. Контроль: Справочник в 2-х томах / Под общ. ред. академика Н.П. Алешина. М.: Машиностроение, 2004. Т. 1 / Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышов, Э.А. Гладков др. 624 с.
2. Макаров Э.Л., Якушин Б.Ф. Теория свариваемости сталей и сплавов. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 487 с.
3. Теория сварочных процессов. Под ред. В.М. Неровного. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. 704 с.
4. Кархин В.А. Тепловые процессы при сварке. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. 572 с.
5. Липпольд Д., Котеки Д. Металлургия сварки и свариваемость нержавеющей сталей. Под редакцией Н.А. Соснина. Перевод с англ. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2011. 467 с.
6. Паршин С.Г. Металлургия сварки. Санкт-Петербург, Политех-Пресс, 2020 г., 508 с.
7. Петров, Г.Л. Теория сварочных процессов (с основами физической химии): учеб. для вузов. / Г.Л. Петров, А.С. Тумарев. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1977. – 392 с.
8. Паршин С.Г. Технология сварки. Сварка плавлением. Технология сварки цветных металлов и сплавов / С.Г. Паршин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 108 с.
9. Паршин С.Г. Металлургические основы сварки. Пайка материалов / С.Г. Паршин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 90 с.
10. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. Изд-во Политехнического ун-та. СПб.: 2008. – 406 с.
11. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учебное пособие для вузов. МГТУ им. Баумана, 2006 г., 664 с.
12. Кочергин К.А. Контактная сварка. Л.: Машиностроение, 1987.
13. Копельман Л.А. Основы теории прочности сварных конструкций, Л: изд. СПбГПУ, 2007.
14. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник для вузов. М.: Высш. школа, 1990.
15. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности / В.А. Винокуров, С.А. Куркин, Г.А. Николаев; Под ред. Б.Е. Патона. М.: Машиностроение, 1996.

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).