

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

УТВЕРЖДАЮ



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Проректор по научной работе



Ю.В. Фомин

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

2026

Ответственный по аспирантуре

от института

к.т.н, доцент

О. В. Кочнева

Составители:

Д.т.н., профессор

С.Г. Паршин

Д.т.н., профессор

В.А. Кархин

К.т.н., доцент

И.В. Иванова

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом (протокол № 4 от «18» марта 2026 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.

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	Научные (научно-исследовательские) достижения	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	категория К1;		25
	категория К2;		15
	категория К3.	10	
	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	5
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, 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, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	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	
4	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций индексируемых в международной базе данных, проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
	за конференцию, индексируемую в международной базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с		5

	публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).		
	за прочие конференции.		3
5	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3
6	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра (специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

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, родственных процессов и технологий

Физическая сущность процесса получения сварного соединения. Виды атомных, ионных и молекулярных связей. Классификация способов сварки по технологическому и энергетическому признакам. Основные способы сварки давлением и плавлением. Схемы этих способов. Области применения основных способов сварки. Понятие о электрической дуге и плазме. История открытия дугового разряда. Вклад Ломоносова М.В., Петрова В.В., Бенардоса Н.Н., Славянова Н.Г. в изучение дуги. Условия возникновения и существования газового разряда. Способы возбуждения дуги. Элементарные и физические процессы в дуге. Диссоциация молекул и ассоциация атомов. Ионизация атомов и деионизация. Рекомбинация заряженных частиц. Амбиполярная диффузия в плазме дуги. Виды эмиссии электронов из поверхности твердых тел. Термо- и автоэлектронная эмиссия, работа выхода

электрона. Уравнение Саха. Элементы-ионизаторы. Понятие о потенциале ионизации элемента. Понятие о квазинейтральности плазмы. Эффективный потенциал ионизации. Энергетические характеристики сварочной дуги. Распределение продольного потенциала в дуге. Вольтамперная характеристика дуги. Температуры сварочных дуг. Дуга плавящегося электрода. Дуга неплавящегося электрода. Дуга постоянного тока. Дуга переменного тока. Дуга в защитных газах. Строение сварочной дуги и баланс энергии в дуге. Плазменные потоки. Излучение плазмы сварочной дуги. Магнитное поле дуги, магнитное дутье. Продольное и поперечное поле. Статические характеристики сварочной дуги. Ввод тепла в изделие при различных видах сварочных дуг. КПД дуговых процессов сварки. Плавление основного и присадочного металла. Понятие о сварочной ванне. Перенос металла в дуге, силы в дуге, пинч-эффект. Тепловые процессы при сварке. Модели источников теплоты. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении. Неподвижные и подвижные источники теплоты. Сосредоточенные и распределённые источники теплоты. Размер зоны нагрева и поле температур. Термический цикл при сварке. Мгновенная скорость и время охлаждения. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Термодеформационный цикл сварки. Механизм возникновения напряжённого состояния при сварке. Поля остаточных сварочных напряжений. Сварочные деформации. Конструктивные концентраторы напряжений. Влияние напряженного состояния на механические свойства металла.

Металлургические основы сварки

Свойства металлов. Полиморфизм железа. Понятие о сплавах. Понятие о системе Fe-C. Микроструктурные фазы. Взаимодействие металлов: Fe, Al, Ti, Cu, Ni с кислородом и азотом воздуха. Газовая защита сварочной ванны. Диссоциация карбонатов и органических соединений. Газошлаковая защита сварочной ванны. Классификация и характеристика сварочных шлаков. Их значение в процессах металлургической обработки сварочной ванны. Основные, кислые, нейтральные шлаки, их состав. Причины возникновения шлаковых включений. Механизм поглощения и удаления азота. Металлургия раскислительных процессов в сварочной ванне. Способы раскисления. Легирование и микролегирование шва. Коэффициенты перехода и усвоения легирующих элементов. Кремне- и марганцевосстановительный процесс. Механизм поглощения и удаления водорода. Взаимодействие металлов с водородом. Способы защиты сварочной ванны от проникновения водорода. Понятие о диффузионном водороде. Причины возникновения холодных и горячих трещин. Рафинирование шва. Значение серы и фосфора, их взаимодействие с металлами, растворимость в сварочной ванне. Принципы десульфурации и дефосфорации. Способы удаления серы и фосфора при сварке. Причины появления газовых пор. Значение азота и водорода в этом явлении. Способы предотвращения газовых пор. Понятие о свариваемости металлов и сплавов. Механизм возникновения холодных трещин. Механизм возникновения горячих трещин. Способы борьбы с холодными и горячими трещинами. Определение свариваемости. Эквивалент углерода. Параметр трещиностойкости. Диаграмма Шеффлера. Строение сварного соединения. Характеристика участков ЗТВ. Причины образования неоднородной структуры по участкам ЗТВ. Образование границы шва, диффузия элементов по линии сплавления, влияние долей участия основного и присадочного металла на свойства шва. Образование и виды микрохимической неоднородности (МХН). Влияние МХН на механические свойства, сопротивление холодным и горячим трещинам. Образование сварочной ванны. Процессы в

сварочной ванне. Формирование первичной и вторичной микроструктуры шва. Связь этого процесса с полиморфными и фазовыми превращениями.

Технологии сварки и родственных процессов

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 меди, никеля, алюминия, магния, титана и их 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. Типы паяных соединений.

Сварочные материалы

Классификация и назначение сварочных и наплавочных материалов. Технология производства покрытых сварочных и наплавочных электродов. Сварочно-технологические свойства покрытых электродов. Металлургические процессы при сварке сталей с применением покрытых электродов с покрытием типа А, Р, Б и Ц и смешанного типа. Принципы выбора покрытых электродов, сплошных и порошковых проволок для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных, теплоустойчивых сталей и высоколегированных сталей. Характеристика конструкций и химического состава шихты порошковых проволок для сварки и наплавки. Технология производства порошковых проволок. Металлургические процессы при сварке сталей с применением порошковых проволок с шихтой рутилового, основного и смешанного типа. Классификация сварочных флюсов для сварки сталей. Технологический процесс производства керамических, плавящихся и агломерированных флюсов. Химический состав сварочных флюсов, основность и активность флюсов. Металлургические процессы при дуговой сварке под слоем флюса с различной основностью. Принципы выбора сварочных флюсов для сварки конструкций из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей. Классификация, производство и применение вольфрамовых электродов. Классификация, производство и применение защитных сварочных газов и их смесей. Принципы выбора защитных сварочных газов и их смесей для сварки конструкций из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей, а также для сварки сплавов цветных металлов. Классификация, производство и применение флюсов и припоев для пайки сталей и сплавов цветных металлов.

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

1. Физическая сущность процесса получения сварных и паяных соединений.
2. Классификация способов сварки по технологическому и энергетическому признакам. Основные способы сварки давлением и плавлением.
3. Элементарные и физические процессы в сварочной дуге. Строение дуги.
4. Теплофизические характеристики сварочных дуг постоянного и переменного тока. Температура и КПД дуг.
5. Плавление основного и присадочного металла. Понятие о сварочной ванне. Перенос металла в дуге, силы в дуге, пинч-эффект.
6. Тепловые процессы при сварке. Модели источников теплоты. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении.
7. Неподвижные и подвижные источники теплоты. Сосредоточенные и распределённые источники теплоты.
8. Размер зоны нагрева и поле температур. Термический цикл при сварке. Мгновенная скорость и время охлаждения.
9. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Термодеформационный цикл сварки.
10. Механизм возникновения напряжённого состояния при сварке. Поля остаточных сварочных напряжений. Сварочные деформации. Конструктивные концентраторы напряжений. Влияние напряжённого состояния на механические свойства металла.
11. 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.
12. Металлургические процессы при взаимодействии сварочной ванны с кислородом и азотом воздуха. Газошлаковая защита сварочной ванны.
13. Металлургические процессы при взаимодействии сварочной ванны с водородом и влагой. Методы удаления водорода.
14. Взаимодействию сварочной ванны со шлаками, удаления вредных примесей.
15. Механизм образования газовых пор и шлаковых включений в сварных швах.
16. Механизм возникновения холодных и горячих трещин. Способы борьбы с холодными и горячими трещинами.
17. Определение свариваемости. Эквивалент углерода. Параметр трещиностойкости. Диаграмма Шеффлера.
18. Строение сварного соединения. Характеристика участков ЗТВ. Причины образования неоднородной структуры по участкам ЗТВ.
19. Образование границы шва, диффузия элементов по линии сплавления, влияние долей участия основного и присадочного металла на свойства шва.
20. Образование и виды микрохимической неоднородности (МХН). Влияние МХН на механические свойства, сопротивление холодным и горячим трещинам.
21. Образование сварочной ванны. Процессы в сварочной ванне.
22. Формирование первичной и вторичной микроструктуры шва. Связь этого процесса с полиморфными и фазовыми превращениями.
23. Технология сварки низкоуглеродистых, низколегированных конструкционных и теплоустойчивых сталей.
24. Технология сварки высоколегированных сталей мартенситного, ферритного и аустенитного классов.

25. Технология сварки меди, алюминия и их сплавов.
26. Технология сварки титана и его сплавов.
27. Технология сварки никеля и его сплавов.
28. Технология контактной сварки. Условия формирования сварных соединений при точечной и шовной сварке.
29. Технология лазерной и электроннолучевой сварки легированных сталей и сплавов.
30. Классификация и назначение сварочных и наплавочных материалов.
31. Технология производства покрытых сварочных и наплавочных электродов.
32. Сварочно-технологические свойства покрытых электродов.
33. Металлургические процессы при сварке сталей с применением покрытых электродов с покрытием типа А, Р, Б и Ц и смешанного типа.
34. Принципы выбора покрытых электродов, сплошных и порошковых проволок для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных, теплоустойчивых сталей и высоколегированных сталей.
35. Технология производства порошковых проволок. Металлургические процессы при сварке сталей с применением порошковых проволок с шихтой рутилового, основного и смешанного типа.
36. Классификация сварочных флюсов для сварки сталей. Технологический процесс производства керамических, плавленых и агломерированных флюсов.
37. Принципы выбора сварочных флюсов для сварки конструкций из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей.
38. Принципы выбора защитных сварочных газов и их смесей для сварки конструкций из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей, а также для сварки сплавов цветных металлов.
39. Классификация, производство и применение флюсов и припоев для пайки сталей и сплавов цветных металлов.

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. Кархин В.А. Тепловые процессы при сварке. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. 572 с.
2. Завьялов В.Е., Иванова И.В. Технология, оборудование и материалы сварки плавлением. Учебное пособие с грифом ФУМО. СПб.: Политех-Пресс, 2022. 620 с.
3. Паршин С.Г. Сварка высокопрочных низколегированных сталей. Санкт-Петербург: Издательство Политех-Пресс, 2026. 400 с.
4. Левченко А.М. Книга лекций по сварке в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого. Стали и чугуны. Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2022. 254 с.
5. Левченко А.М. Книга лекций по сварке в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого. Цветные металлы. Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2022. 139 с.
6. Паршин С.Г. Сварочные материалы для дуговой наплавки (Учебное пособие). Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2022. 142 с.
7. Паршин С.Г. Защитные газы и флюсы для дуговой сварки (Учебное пособие). Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2022. 84 с.
8. Паршин С.Г. Сварочные покрытые электроды и проволоки (Учебное пособие) Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2022. 73 с.
9. Кархин В.А., Левченко А.М. Поведение водорода при сварке сталей. Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2024. 321 с.
10. Паршин С.Г. Металлургия сварки. Санкт-Петербург, Политех-Пресс, 2020. 508 с.
11. Теория сварочных процессов. Под ред. В.М. Неровного. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. 704 с.
12. Куркин А.С., Лукьянов В.В. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2021. 264 с.

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

№ п/п	Научные (научно-исследовательские) достижения	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	категория К1;		25
	категория К2;		15
	категория К3.		10
	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	5
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, 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, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	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

4.	<p>Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций индексируемых в международной базе данных, проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему.</p> <p>Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:</p>	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
	за конференцию, индексируемую в международной 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.	Копия диплома	3
6.	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра (специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

Кандидат в аспирантуру _____
(подпись) _____ (Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель _____
(подпись) _____ (Ф.И.О).

Ответственный по аспирантуре от института _____
(подпись) _____ (Ф.И.О).