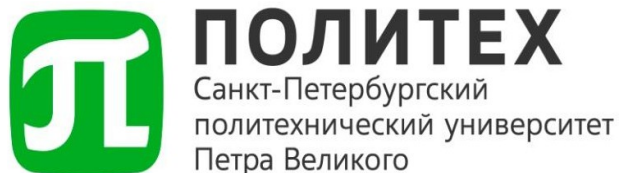


**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



УТВЕРЖДАЮ

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
2.6.4. Обработка металлов давлением**

Санкт-Петербург

2026

Ответственный по аспирантуре

от института

к.т.н, доцент

Составители:

к.т.н.

д.т.н., профессор

к.т.н., доцент



О. В. Кочнева



А. А. Лукьянов



Н. Г. Колбасников



С. В. Ганин

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 2.6.4. Обработка металлов давлением.

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	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 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

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

1. Механика сплошных сред

Теория напряжений

Компоненты напряжений. Тензор напряжений. Величины, характеризующие деформацию тела. Связь между напряжениями и деформациями. Связь деформаций и перемещений. Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Наибольшие касательные напряжения. Сферический тензор и девиатор напряжений. Напряжения на произвольно ориентированной площадке.

Теория деформаций

Деформации в точке. Тензор деформаций и его инварианты. Главные деформации и главные сдвиги. Сферический тензор и девиатор деформаций. Объемная деформация. Закон изменения объема. Конечные деформации.

Уравнения термомеханического состояния сплошной среды.

Замкнутые системы уравнений сплошной среды.

Решение задач теории упругости в напряжениях и перемещениях. Дифференциальные уравнения равновесия для плоской задачи в прямоугольных и цилиндрических координатах. Осесимметричная задача в перемещениях. Дифференциальные уравнения

равновесия для трехмерной задачи. Уравнения совместности (неразрывности) деформаций. Функции напряжений для плоской задачи. Плоская задача в цилиндрических координатах. Осесимметричная задача в напряжениях.

Классические и прикладные задачи теории упругости

Задача Ламэ о напряжениях в упругой трубе под внутренним и наружным давлениями. Упругое растяжение пластины с малым круговым отверстием (задача Кирша). Коэффициент интенсивности напряжений. Критерий Гриффитса. Линейная механика разрушения. Задачи о действии сосредоточенной силы на острие упругого клина (задача Митчела), на упругую полубесконечную плоскость (задача Фламана). Понятие о контактных задачах. Задача Герца о плоской упругой деформации двух соприкасающихся цилиндров с параллельными осями.

2. Теория обработки металлов давлением

Основные закономерности пластической деформации.

Основные показатели пластической деформации. Закон изменения объёма. Обобщённое напряжение и деформация. Закон связи напряжений и деформаций. Смещённые объёмы. Показатель поперечной деформации. Работа деформации. Трение при ОМД.

Деформации и напряжения при осадке.

Форма очага деформации при осадке. Зоны трения по Унковскому Е.П. Диаграмма сжатия. Оценка пластичности металла при осадке. Экспериментальное исследование процесса осадки. Распределение деформаций по объёму.

Теоретический анализ напряжений при осадке.

Применяемые гипотезы при теоретическом анализе напряжений. Уравнение равновесия. Расчёт напряжений в зонах скольжения, торможения и застоя при осадке.

Очаг деформации при продольной прокатке

Геометрический и физический очаги деформации при прокатке. Внеконтактная деформация. Длина очага деформации. Показатели и коэффициенты деформации. Смещённые объёмы при прокатке. Скорость деформации и деформирования.

Распределение сил трения при прокатке.

Виды трения при прокатке. Способы определения среднего коэффициента трения. Влияние параметров прокатки на коэффициент трения. Функция трения, способ её определения.

Классификация очагов деформации по их форме.

Виды очагов деформации. Эпюры напряжений. Распределение деформаций по объёму. Деление на зоны скольжения и прилипания. опережение, уширение.

Несимметричная прокатка.

Возможные варианты несимметричной прокатки. Схема зон очага деформации при несимметричной прокатке. Влияние несимметричной прокатки на основные параметры прокатки.

Прокатка в калибрах

Элементы калибра. Формы калибров. Характеристики деформации металла в калибрах. Расположение калибров на валках.

Продольная периодическая прокатка.

Определения, диаметр валков, элементы калибра. Очаг деформации. Расчёт радиуса валка на переходном участке профиля.

3. Физические основы прочности и пластичности металлов

Дефекты кристаллического строения

Дефекты кристаллического строения и их основные свойства. Пластическая деформация как движение дислокаций. Взаимодействия дефектов при пластической деформации.

Основные представления о разрушении металлов.

Основные определения. Классификация трещин. Механизмы зарождения и роста трещин. Критерии разрушения. Достоинства и недостатки критериев разрушения.

Энтропийный критерий разрушения.

Общая концепция описания разрушения. Новый критерий разрушения для одноосного разрушения и сложного напряженно-деформированного состояния. Меры борьбы с преждевременным разрушением.

Основные представления о термическом разупрочнении

Стадии термического разупрочнения: отдых, полигонизация, рекристаллизация (первичная, вторичная, собирательная). Закономерности рекристаллизации. Первичная рекристаллизация при горячей деформации металлов: статическая, динамическая и метадинамическая. Рекристаллизация холоднодеформированного металла. Влияние скорости нагрева.

Релаксация напряжений при деформации металлов.

Общие представления о релаксации напряжений. Дифференциальное уравнение релаксации. Плотность распределения времен релаксации. Экспериментальное определение плотности распределения времен релаксации.

Экспериментальные исследования сопротивления деформации.

Методы и оборудование для экспериментального определения сопротивления деформации металлов. Влияние факторов на сопротивление деформации. Реологическая модель и механический аналог сопротивления деформации. Сопротивление деформации при повышенных температурах в отсутствие релаксационных процессов.

Критерии устойчивости пластической деформации.

Устойчивость деформации при растяжении по Холломону. Устойчивость пластической деформации по критерию Ляпунова. Структурная интерпретация устойчивости пластической деформации при растяжении по Ляпунову. Вероятностный критерий пластичности (предельных деформаций).

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

1. Физические уравнения деформируемых сред. Простейшие реологические модели. Система уравнений теории упругости.
2. Трение при ОМД. Влияние технологических факторов на коэффициент трения.
3. Процессы термического разупрочнения, сопровождающие релаксацию напряжений при горячей деформации: отдых, полигонизация, рекристаллизация.
4. Условия пластичности для изотропного континуума. Физические уравнения теории малых упруго-пластических деформаций и теории течения.
5. Характер деформации при прокатке. Высокие, низкие и средние очаги деформации. Несимметричная прокатка. Уширение при прокатке.
6. Причины разрушения металлов при пластической деформации. Критерии и микромеханизмы разрушения.
7. Уравнения равновесия в декартовой и цилиндрической системах координат.

8. Характеристики деформации металла в калибрах. Системы калибров. Вытяжная способность калибров.
9. Формирование структуры и свойств металла при горячей пластической деформации. Влияние скорости деформации и температуры. Сопротивление деформации.
10. Граничные условия в напряжениях и перемещениях и граничные условия смешанного типа.
11. Энергосиловые параметры прокатки. Методы расчета. Контактные напряжения. Силы и крутящие моменты.
12. Типы дефектов кристаллического строения. Основные свойства вакансий, дислокаций, границ.
13. Задача Ламэ об упругом нагружении толстостенной трубы внутренним и наружным давлением. Упругопластическая деформация толстостенной трубы.
14. Разновидности процессов поперечной прокатки. Очаг деформации. Энергосиловые параметры. Механизм образования внутренней полости.
15. Релаксация напряжений. Опыты на релаксацию напряжений. Дифференциальное уравнение релаксации напряжений. Зависимость релаксационных свойств от температуры и степени деформации.
16. Тензор напряжений. Сферический тензор и тензор-девиатор. Главные нормальные напряжения и напряжения на произвольно ориентированной площадке. Максимальные касательные напряжения. Инварианты тензора напряжений.
17. Изменение свойств металла при пластической деформации. Процессы, протекающие при нагреве.
18. Механические испытания металлов. Диаграммы условных и истинных напряжений.
19. Тензор деформаций и его геометрический смысл. Удлинения и сдвиги. Малая и конечная деформации. Главные деформации. Чистый сдвиг. Инварианты тензора деформаций. Геометрические уравнения Коши.
20. Пластичность и разрушение металла при ОМД.
21. Структурообразование и формирование свойств при холодной пластической деформации. Деформационное упрочнение, изменение пластичности и прочности.
22. Методы решения задач теории упругости: метод сил, метод перемещений, смешанная задача. Прямая, обратная и полу обратная задачи.
23. Оценка пластичности металла при осадке. Распределение деформаций по объёму. Контактные напряжения.
24. Сверхпластическая деформация (СПД) металлов. Факторы, обеспечивающие переход металлов в сверхпластическое состояние.
25. Плоская задача теории упругости и пластичности. Решение плоской задачи. Функции напряжений для плоской задачи.
26. Основные закономерности пластической деформации. Закон изменения объема.
27. Движущие силы диффузионных фазовых превращений. Кинетика диффузионных фазовых превращений. Влияние пластической деформации на характер ФП.
28. Граничные условия в напряжениях и перемещениях и граничные условия смешанного типа.
29. Очаг деформации при продольной прокатке. Условия захвата и установившегося процесса. Нейтральный угол. Опережение и отставание при прокатке.
30. Движущие силы диффузионных фазовых превращений. Кинетика диффузионных фазовых превращений. Влияние пластической деформации на характер ФП.

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. Рыбин Ю.И., Рудской А.И., Золотов А.М. Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением. – Спб.: Наука, 2004. -644 с. 387 ил.
2. Казакевич Г.С., Рудской А.И. Механика сплошных сред. Теория упругости и пластичности. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 264с.
3. Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства: Учеб. пособие. – СПб.: Наука, 2005. -540 с. 377 ил.
4. Н.Г. Колбасников. Энтропийная теория прочности. Текст лекций // СПбГТУ. СПб., –1995. –171 с.
5. Колбасников Н.Г. Теория обработки металлов давлением. Физические основы прочности и пластичности металлов // Спб.: СПбГПУ, –2004. –220 с.
6. Н.Г. Колбасников. Энтропийная теория прочности. Текст лекций // СПбГТУ. СПб., –1995. –171 с.
7. Колбасников Н.Г. Теория обработки металлов давлением. Физические основы прочности и пластичности металлов // Спб.: СПбГПУ, –2004. –220 с.

Приложение

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.	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 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).