

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

**Институт машиностроения, материалов и транспорта**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИММиТ



А.А. Попович

« 19 » сентября 2023 г.

## **ПРОГРАММА**

**вступительного испытания для поступающих в магистратуру  
по направлению подготовки**

**22.04.02 «Металлургия»**

**22.04.02\_03 «Теоретические основы процессов сварки»**

---

*Код и наименование направления подготовки / образовательной программы*

Санкт-Петербург  
2023

## АННОТАЦИЯ

Программа содержит перечень тем (вопросов) по дисциплинам базовой части профессионального цикла учебного плана подготовки бакалавров по направлению **22.04.02 «Металлургия»**, вошедших в содержание билетов (тестовых заданий) вступительного испытания в магистратуру.

Вступительное испытание оценивается по стобалльной шкале и проводится в форме междисциплинарного экзамена в объеме требований, предъявляемых государственными образовательными стандартами высшего образования к уровню подготовки бакалавра по направлению, соответствующему направлению магистратуры, проводимого очно в письменной или устной форме и дистанционно.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение междисциплинарного экзамена – **50 баллов (50%)**.

Руководитель ОП



И.В. Иванова

Составители:

Доцент, к.т.н.



И.В. Иванова

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию ученым советом ИММиТ (протокол № 02 от «29» сентября 2023 г.).

# 1. ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧЁННЫЕ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ

- 1.1 Металлургические основы сварки.
- 1.2 Основы теплопередачи при сварке и пайке.
- 1.3 Производство и применение сварочных материалов.
- 1.4 Технология сварки плавлением.
- 1.5 Технология сварки давлением.
- 1.6 Контроль качества сварных и паяных конструкций.
- 1.7 Сварочное оборудование.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

### 1.1 Металлургические основы сварки

Темы:

1. Классификация способов сварки по технологическому и энергетическому признакам;
2. Основные способы сварки давлением и плавлением;
3. Основные требования к сварочным источникам теплоты; сопоставление различных источников по энергетическим характеристикам, локальности ввода теплоты, технологическим возможностям и экономическим показателям;
4. Сварочные шлаки, их классификация и основные характеристики;
5. Взаимодействие шлаков с металлом; особенности взаимодействия металл-шлак при электрошлаковой сварке;
6. Механизм переноса электродного металла при сварке;
7. Окисление, азотирование и наводороживание при сварке;
8. Влияние кислорода, азота и водорода на свойства стали;
9. Металлургические процессы окисления, раскисления, легирования, микролегирования, модифицирования и рафинирования;
10. Основные закономерности процесса кристаллизации металлов и их особенности в условиях сварки;
11. Схема строения многослойных швов при сварке сплавов, имеющих и не имеющих полиморфные превращения при охлаждении;
13. Горячие трещины;

14. Холодные трещины; особенности превращений и конечных структур металла сварных швов; характерное строение металла ЗТВ при сварке закаливаемых и не закаливаемых сталей.

Литература для подготовки:

1. Паршин, С.Г. Металлургия сварки / С.Г. Паршин. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 508 с.
2. Паршин С.Г. Металлургические основы сварки. Пайка материалов. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2017. – 90 с.
3. Паршин С.Г. Металлургические основы сварки. Свариваемость сталей и сплавов. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. – 100 с.
4. Паршин С.Г. Металлургические процессы при сварке. Нагрев и кристаллизация. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2014. – 74 с.
5. Паршин С.Г. Металлургические процессы при сварке. Газовая фаза. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2014. – 54 с.
6. Паршин С.Г. Металлургические процессы при сварке. Конденсированная фаза. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2014. – 66 с.
7. Макаров Э.Л., Якушин Б.Ф. Теория свариваемости сталей и сплавов. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 487 с.
8. Теория сварочных процессов. Под ред. В.М. Неровного. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. 704 с.
9. Петров, Г.Л. Теория сварочных процессов [Текст]: учеб. для вузов. / Г.Л. Петров, А.С. Тумарев. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1977. – 392 с.
10. Теоретические основы сварки [Текст]: под ред. В.В. Фролова. – М.: Высш. школа, 1970. – 593 с.
11. Лившиц, Л.С. Металловедение сварки и термической обработки сварных соединений [Текст]: учебник для вузов / Л.С. Лившиц, А.Н. Хакимов – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.

## **1.2 Основы теплопередачи при сварке и пайке**

Темы:

1. Закон теплопроводности Фурье; дифференциальное уравнение теплопроводности в неподвижной и подвижной системах координат;

2. Краевые условия; схемы источников теплоты и нагреваемых тел;
3. Метод источников; мгновенные источники теплоты;
4. Неподвижные непрерывно действующие источники теплоты;
5. Подвижные источники теплоты; периоды теплонасыщения и выравнивания температуры;
6. Быстродвижущиеся источники теплоты;
7. Расчет распределения максимальной температуры; расчет скорости охлаждения при данной температуре;
8. Периодические источники теплоты;
9. Распределенные источники теплоты;
10. Расчет температурного поля с учетом ограниченности размеров свариваемого тела;
11. Метод конечных разностей, явные и неявные схемы;
12. Метод конечных элементов.

Литература для подготовки:

1. Кархин В.А. Тепловые процессы при сварке. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2015. – 571 с.
2. Karkhin V.A. Thermal Processes in Welding. Springer, 2019. – 478.
3. Гатовский, К.М. Теория сварочных деформаций и напряжений [Текст]: учебное пособие / К.М. Гатовский, В.А. Кархин. – Ленинград: ЛКИ, 1980. – 331 с.

### **1.3 Производство и применение сварочных материалов**

Темы:

1. Классификация сварочных материалов;
2. Назначение электродных покрытий, классификация, основные функции; сварочно-технологические свойства электродов для ручной дуговой сварки;
3. Технологический процесс изготовления электродов;
4. Классификация проволок применяемых для сварки и наплавки; проволоки и лента специального назначения;
5. Технология производства порошковой проволоки;
6. Классификация флюсов; флюсы для электрошлаковой сварки;
7. Особенности применения неплавящихся электродов;

8. Неплавящиеся электроды для дуговой сварки и плазменной обработки; угольные электроды, сопоставление их свойств и методов производства;
9. Вольфрамовые электроды, их характеристики и способы производства;
10. Классификация газов для дуговой сварки плавящимся и неплавящимся электродами;
11. Газовые смеси; газы для газопламенной обработки и пайки; активные и нейтральные газы и газовые флюсы для пайки и газовой сварки;
12. Классификация припоев; составы припоев на основе галлия, олова, висмута, кадмия, цинка, алюминия, меди, никеля, железа, золота, серебра, палладия;
13. Флюсы для пайки, классификация; материалы для обезжиривания, удаления окислов, удаления остатков флюса.

Литература для подготовки:

1. Паршин, С.Г. Сварочные материалы. Часть 1. Сварочные электроды и проволоки : учебное пособие / С. Г. Паршин ; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, 2020, 1 файл (2,50 Мб), 10.18720/SPBPU/2/s20-147, Текст : электронный
2. Паршин, С.Г. Сварочные материалы. Часть 2. Сварочные флюсы и газы : учебное пособие / С. Г. Паршин ; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, 2020, 1 файл (909 Кб), 10.18720/SPBPU/2/s20-148, Текст : электронный
3. Паршин, С.Г. Сварочные материалы. Часть 3. Наплавочные материалы : учебное пособие / С. Г. Паршин ; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, 2020, 1 файл (699 Кб), 10.18720/SPBPU/2/s20-149, Текст : электронный.
4. Паршин С.Г. Производство и применение сварочных материалов. Наплавочные материалы. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. – 62 с.
5. Паршин С.Г. Производство и применение сварочных материалов. Металлические материалы. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2014. – 88 с.
6. Паршин С.Г. Производство и применение сварочных материалов. Неметаллические материалы. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2014. – 62 с.



7. Паршин С.Г. *Металлургические основы сварки. Пайка материалов.* СПб.: Издательство Политехнического университета, 2017. – 90 с.

#### **1.4 Технология сварки плавлением**

Темы:

1. Назначение стандартов сварных соединений; элементы сварных соединений в отечественных и зарубежных странах; стандарты по основным и сварочным материалам;
2. Техника выполнения ручной дуговой сварки, выбор диаметра электрода, расчет количеств прохода;
3. Расчеты параметров автоматической и механизированной сварки;
4. Способы односторонней и двухсторонней сварки;
5. Разновидности электрошлаковой сварки и область их рационального применения;
6. Технология сварки в защитных газах;
7. Понятие технологической свариваемости и ее параметры;
8. Технология сварки низкоуглеродистых низколегированных конструкционных сталей общего назначения;
9. Технология сварки закаливаемых углеродистых низколегированных сталей;
10. Технология сварки теплоустойчивых сталей с особыми свойствами;
11. Технология сварки среднелегированных машиностроительных сталей высокой прочности;
12. Технология сварки высокохромистых сталей;
13. Технология сварки ферритных, мартенситных хромистых сталей;
14. Технология сварки хромоникелевых сталей;
15. Технология сварки разнородных сталей;
16. Технология сварки чугуна;
17. Технология сварки меди в среде защитных газов неплавящимся и плавящимся электродом;
18. Технология сварки никеля и сплавов на его основе;
19. Технологические особенности сварки алюминия и его сплавов;
20. Технология сварки титана в среде инертных газов вольфрамовым и плавящимся электродами.

Литература для подготовки:

1. Паршин С.Г. Технология сварки. Сварка плавлением. Технология сварки цветных металлов и сплавов СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. – 108 с.
2. Паршин С.Г. Технология сварки. Сварка плавлением. Технология сварки углеродистых, низколегированных сталей и чугунов. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. – 154 с.
3. Паршин С.Г. Технология сварки. Сварка плавлением. Технология сварки высоколегированных сталей СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. – 102 с.
4. Теория сварочных процессов. Под ред. В.М. Неровного. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. 704 с.
5. Акулов, А.И. Технология и оборудование электрической сварки плавлением [Текст]: учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.Г. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

### **1.5 Технология сварки давлением**

Темы:

1. Применение основных законов электродинамики для исследования характера распределения сварочного тока в зоне формирования сварного соединения;
2. Особенности распределения сварочного тока при других способах контактной сварки;
3. Кинетика формирования литого ядра при контактной точечной сварке;
4. Основные гипотезы природы формирования сварного соединения в твердой фазе;
5. Шовная контактная сварки и ее технологические особенности;
6. Рельефная контактная сварка и ее технологические особенности;
7. Стыковая контактная сварка сопротивлением и оплавлением;
8. Технологические особенности основных способов сварки давлением при формировании сварного соединения в твердой фазе – диффузионной сварки в вакууме, сварки трением, ультразвуковой сварки, холодной сварки, сварки токами высокой частоты и дугоконтактной, сварки взрывом, а также методов сварки с подогревом применительно к технологиям электронной промышленности;



9. Принципы получения сварочного тока в контактных машинах различных типов, выбора способа сварки и сварочного оборудования применительно к конкретным свариваемым материалам и деталям;

10. Расчет и выбор режимов контактной, сварки; общие сведения о режимах и об оборудовании сварки давлением.

Литература для подготовки:

1. Федотов, Б.В. Металлургические основы сварки. Методические указания к выполнению курсовой работы : учебное пособие / Б. В. Федотов, С. Г. Паршин ; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, 2020, 1 файл (746 Кб), [10.18720/SPBPU/2/s20-173](https://www.spbpu.ru/2/s20-173). Текст : электронный.

2. 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.

3. Теория сварочных процессов. Под ред. В.М. Неровного. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. 704 с.

4. Акулов, А.И. Технология и оборудование электрической сварки плавлением [Текст]: учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.Г. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

5. Конюшков, Г.В. Специальные методы сварки давлением [Текст]: учебное издание / Г.В. Конюшков, Р.А. Мусин. – Саратов Ай Пи Эр Медиа, 2009. – 631 с.

6. Кочергин, К.А. Контактная сварка [Текст]: справочник. – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.

## **1.6 Контроль качества сварных и паяных конструкций**

Темы:

1. Классификация и определение дефектов сварных соединений;
2. Влияние технологических факторов сварки и пайки на образование дефектов;
3. Категории сварных швов по технологическим дефектам для оценки качества сварки;

4. Понятие о браке; нормы дефектности разных отраслей промышленности; связь между методом контроля и видом дефекта сварки и пайки; комплексный контроль сварных и паяных соединений;

5. Разрушающие и неразрушающие методы контроля;

6. Неразрушающие методы контроля: визуальный и измерительный контроль (РД 03-606-03), радиационные методы контроля (ГОСТ 7512), акустические методы контроля (ГОСТ 14782), методы контроля герметичности (ГОСТ 22161, 3845, 3285 и др.), капиллярные методы контроля (ГОСТ 18442), магнитные методы контроля (ГОСТ 21105);

7. Оборудование для контроля качества сварных и паяных соединений; методы определения механических свойств сварных и паяных соединений, применяемые на листах и трубах; ГОСТ 6996;

8. Методы испытаний на длительную прочность, ползучесть и ударный изгиб;

9. Технологические пробы для оценки сопротивляемости холодным и горячим трещинам в сварных и паяных соединениях;

10. Требования надзорных органов России (Госгортехнадзора, Регистра, Атомнадзора и др.), предъявляемые к сварным соединениям изготавливаемых конструкций.

Литература для подготовки:

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. Алешин, Н.П. Контроль качества сварочных работ [Текст] / Н.П. Алешин, В.Г. Щербинский. – М.: Высш. школа, 1986. – 144 с.

3. Щербинский, В.Г. Ультразвуковой контроль сварных соединений [Текст]: 3-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Щербинский, Н.П. Алешин. – М.: Изд-во МГТУ, 2000. – 496 с.

## **1.7 Сварочное оборудование**

Темы:

1. Сварочные свойства источников питания для дуговой сварки; вольтамперные характеристики дуги при дуговой и плазменной обработке;

2. Статические и динамические характеристики источников питания дуговых и плазменных установок;
3. Требования к форме внешней характеристики дуги;
4. Сварочные генераторы;
5. Сварочные выпрямители;
6. Средства возбуждения и повышения стабильности дуги; сварочные осцилляторы для дуговой и плазменной обработки; импульсные стабилизаторы горения дуги;
7. Источники питания для сварки неплавящимся электродом: для сварки нержавеющей стали и сплавов, для сварки алюминия, для импульсной дуговой сварки;
8. Источники питания для автоматизированной сварки плавящимся электродом: под флюсом, в защитных газах и порошковой проволокой;
9. Источники питания для установок электрошлаковой сварки;
10. Конструкции электроннолучевых сварочных установок;
11. Оборудование для лазерной обработки;
12. Основные типы установок для сварки давлением;
13. Источники сварочного тока контактных машин;
14. Источники опасности при эксплуатации электросварочного оборудования; электроопасность, световое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, ионизация, газовые баллоны и вакуумные системы; основные меры предупреждения поражения электрическим током.

Литература для подготовки:

1. Паршин С.Г. Техника сварки. Техника ручной и механизированной сварки. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. – 112 с.
2. Паршин С.Г. Специальное сварочное оборудование и технологии. Сварка и пайка в микроэлектронике СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. – 252 с.
3. Милютин, В.С. Источники питания для сварки [Текст]: учебник для студентов вузов / В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М. Шанчуров. – Айрис-пресс, 2007. – 376 с.
4. Конюшков, Г.В. Специальные методы сварки давлением [Текст]: учебное издание / Г.В. Конюшков, Р.А. Мусин. – Саратов Ай Пи Эр Медиа, 2009. – 631 с.

5. Кочергин, К.А. Контактная сварка [Текст]: справочник. – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.

### 3. ПРИМЕР ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт машиностроения, материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_ И.А. Матвеев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ВСТУПИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ

по образовательной программе

22.04.02\_03 Теоретические основы процессов сварки

---

*Код и наименование направления подготовки / образовательной программы*

#### 1. Примеры тестовых вопросов (балл каждого вопроса – 3):

*а. Основным недостатком автоматической сварки под флюсом является:*

- низкая производительность процесса;
- сварка возможна только в нижнем положении;
- неудовлетворительное качество сварного шва;
- высокая склонность сварных швов к горячим трещинам.

*б. Подготовка поверхности соединяемых деталей под контактную точечную сварку должна осуществляться применительно к соединению алюминиевых сплавов*

- только химическим травлением в ортофосфорной кислоте с добавками
- только механической зачисткой стальными щетками из нержавеющей стали

- возможно применять оба указанных выше способа

***в. Оценку свариваемости принято осуществлять по:***

- величине эквивалента водорода
- величине эквивалента углерода
- размеру свариваемых заготовок

**2. Примеры описательного вопроса в тесте (максимальный балл – 40):**

- Опишите преимущества и недостатки аналитических методов расчета тепловых процессов.
- Дайте краткое сопоставление особенностей технологии контактной точечной сварки алюминиевых и титановых сплавов.
- Опишите процессы переноса металла, осуществляющиеся под воздействием электрической дуги при сварке плавящимся электродом при условии возрастания тока дуги.

**3. Примеры вопросов билета (максимальный балл – 100)**

1. Сварочные свойства источников питания для дуговой сварки.
2. Оборудование для возбуждения и повышения стабильности дуги.
3. Ультразвуковой метод контроля качества сварных соединений.
4. Разрушающие методы контроля качества сварных соединений.
5. Контактная сварка оплавлением и сопротивлением. Сущность, преимущества, недостатки, области применения.
6. Технология сварки алюминия и его сплавов.
7. Технология сварки низкоуглеродистых, низколегированных и среднелегированных конструкционных сталей.
8. Сварочные материалы. Электроды плавящиеся. Основные виды электродных покрытий.
9. Лазерный луч как источник нагрева при сварке и резке.
10. Горячие трещины при сварке. Способы предотвращения горячих трещин.