



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СВАРОЧНЫХ  
ПРОЦЕССОВ***

Направление подготовки (специальность)  
15.04.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Оборудование и технология сварочного производства

Уровень высшего образования - магистратура  
Программа подготовки - академический магистратура

Форма обучения  
очная

|                     |   |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалообработки |
| Кафедра             | Машины и технологии обработки давлением и машиностроения  |
| Курс                | 1   |
| Семестр             | 1   |

Магнитогорск  
2020 год

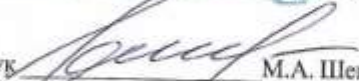
Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 21.11.2014 г. № 1504)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и машиностроения  
18.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук  М.А. Шекшеев

Рецензент:  
профессор кафедры ЛПиМ, д-р техн. наук  А.Б. Сычков

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Теория и технологические основы сварочных процессов» являются: изложение широкого круга вопросов, относящихся к теории процессов, происходящих при сварке, обобщение их в стройную систему теоретических знаний, базирующихся на последних достижениях сварочной науки, техники и технологий, привитие студентам умений качественного и количественного анализа изучаемых процессов.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория и технологические основы сварочных процессов входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин: Математика, Физика, Химия, Теория сварочных процессов, Восстановление и упрочнение деталей машин, Металловедение в сварке, Сварочные и наплавочные материалы, Газотермическая обработка, Технология конструкционных материалов, Материаловедение.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Теория и основы проектирования сварочного оборудования

Теория и основы разработки новых сварочных материалов

Методы сварки с использованием высокоинтенсивных источников энергии

Современные методы описания и анализа металла сварных соединений

Диагностика и контроль качества сварных конструкций

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория и технологические основы сварочных процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  |
|---------------------------------|--|
| ОК-1                            | способностью к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию   |
| Знать                           | методы анализа, систематизации и прогнозированию сварочных процессов   |
| Уметь                           | систематизировать и анализировать массивы данных и формулировать выводы  |
| Владеть                         | способностью к абстрактному мышлению при прогнозировании сварочных процессов   |
| ОК-4                            | способностью на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований |
| Знать                           | основы организации проведения научных исследований   |
| Уметь                           | экспериментально исследовать основные сварочные процессы   |
| Владеть                         | методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений   |

|  |  |
|--|--|
| ОПК-1 способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки   |  |
| Знать  | качественные и количественные параметры, которые характеризуют процесс сварки и готовые изделия          |
| Уметь  | определять приоритетные цели и задачи исследований для достижения поставленных показателей               |
| Владеть  | навыками организации исследований и расстановки приоритетов  |
| ОПК-2 способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы   |  |
| Знать  | современные методы исследования материалов и физико- химических процессов при сварке                     |
| Уметь  | проводить экспериментальные и теоретические исследования   |
| Владеть  | навыками написания научно-технических отчетов и научных публикаций                                       |
| ПК-8 способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов |  |
| Знать  | основы проектирования и стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов |
| Уметь  | формулировать техническое предложение и техническое задание на проектирование и стандартизацию           |
| Владеть  | способностью организовать и проводить работы по проектированию и стандартизации                          |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 77,6 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,6 акад. часов
- самостоятельная работа – 30,7 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - курсовой проект, экзамен

| Раздел/ тема дисциплины  | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы   | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции                |
|--|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|--|---|--------------------------------|
|  |         | Лек.   | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |  |   |                                |
| 1. Раздел 1  |         |  |           |             |                                 |  |   |                                |
| 1.1 Введение. Физические основы и классификация процессов сварки   | 1       | 3  |           | 3           | 2,7                             | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ             | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 1.2 Физико-химические процессы в дуговом разряде. Проводимость твердых тел, жидкостей и газов. Разновидности дуговых разрядов, применяемых в сварочной технике |         | 3  |           | 3           | 3                               | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ             | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 1.3 Термические недуговые источники энергии. Химические источники энергии  |         | 3  |           | 3/ЗИ        | 3                               | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ             | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 1.4 Термопрессовые и прессово-механические сварочные процессы. Основные понятия и законы в расчетах тепловых процессов при сварке                              |         | 3  |           | 3           | 2                               | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ             | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 1.5 Тепловые процессы при нагреве тел источниками теплоты. Нагрев и плавление металла при сварке   |         | 3  |           | 3/ЗИ        | 2                               | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ             | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |

|  |   |    |  |       |      |  |   |                                |
|--|---|----|--|-------|------|--|---|--------------------------------|
| 1.6 Термодинамические, электрохимические и кинетические основы металлургических процессов сварки |   | 3  |  | 3     | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 1.7 Металлургические процессы при сварке плавлением  |   | 3  |  | 3     | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| Итого по разделу   |   | 21 |  | 21/6И | 16,7 |  |   |                                |
| 2. Раздел 2  |   |    |  |       |      |  |   |                                |
| 2.1 Металлургические процессы при различных видах сварки   | 1 | 3  |  | 3     | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 2.2 Понятие о дефектах кристаллической решетки   |   | 2  |  | 2     | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 2.3 Термодеформационные процессы при сварке  |   | 2  |  | 2/2И  | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 2.4 Образование сварных соединений и формирование первичной структуры металла шва                |   | 2  |  | 2/2И  | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 2.5 Химическая неоднородность сварного соединения  |   | 2  |  | 2     | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 2.6 Природа образования горячих и холодных трещин при сварке                                     |   | 2  |  | 2     | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |

|   |   |    |  |        |      |  |   |                                |
|---|---|----|--|--------|------|--|---|--------------------------------|
| 2.7 Фазовые и структурные превращения в металлах в твердом состоянии при сварке |   | 2  |  | 2      | 2    | Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме       | Наличие конспектов лекций, сдача практических работ | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| Итого по разделу  |   | 15 |  | 15/4И  | 14   |  |   |                                |
| 3. Раздел 3   |   |    |  |        |      |  |   |                                |
| 3.1 Курсовой проект   | 1 |    |  |        |      | Выполнение курсового проекта   | Защита курсового проекта                            | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| 3.2 Экзамен   |   |    |  |        |      | Самостоятельное изучение материалов конспекта, а также учебной и справочной литературы | Экзамен по билетам                                  | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |
| Итого по разделу  |   |    |  |        |      |  |   |                                |
| Итого за семестр  |   | 36 |  | 36/10И | 30,7 |  | экзамен, кп   |                                |
| Итого по дисциплине   |   | 36 |  | 36/10И | 30,7 |  | курсовой проект, экзамен                            | ОК-1, ОК-4, ОПК-1, ОПК-2, ПК-8 |



## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Теория сварочных процессов» используются:

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Теория сварочных процессов : учебное пособие / С. И. Платов, Д. В. Терентьев, С. В. Михайлицын, М. А. Шекшеев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 82 с. : ил., табл., схемы URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1139.pdf&show=dcatalogues/1/1120711/1139.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0618-1. - Имеется печатный аналог.

2. Смирнов И.В. Сварка специальных сталей и сплавов [Электронный ресурс]. – М.: Лань, 2012. – 272 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2771> - Загл. с экрана. – ISBN 978-5-8114-1247-1.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Михайлицын, С. В. Сварочные и наплавочные материалы : конспект лекций / С. В. Михайлицын, А. И. Беляев ; МГТУ, каф. [МиТОД]. - Магнитогорск, 2012. - 199 с. : ил., схемы, табл. URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=547.pdf&show=dcatalogues/1/1096819/547.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Михайлицын С.В. Контроль качества сварных и паяных соединений : учебное

пособие / С. В. Михайлицын, М. А. Шекшеев, Д. В. Терентьев, Е. Н. Ширяева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 113 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3624.pdf&show=dcatalogues/1/1524690/3624.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0627-3. - Имеется печатный аналог.

3. Шекшеев, М. А. Структура сварных соединений. Методы описания и анализа : лабораторный практикум / М. А. Шекшеев, А. Б. Сычков, С. В. Михайлицын ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2776.pdf&show=dcatalogues/1/1132914/2776.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

#### в) Методические указания:

1. Платов С.И., Кашенко Ф.Д., Беляев А.И., Терентьев Д.В. Лабораторный практикум по дисциплине «Теория сварочных процессов». Магнитогорск: МГТУ, 2015.

2. Шекшеев М.А., Михайлицын С.В., Ширяева Е.Н. Методические указания к выполнению практических занятий, МГТУ, 2020.

3. Блюменштейн В.Ю., Клепцов А.А., Ковальчук С.Н. Курсовое проектирование по технологии: учебное пособие [Электронный ресурс]. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева, 2016. – 121 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105384> - Загл. с экрана. – ISBN 978-5-906888-38-9.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Программное обеспечение

| Наименование ПО                        | № договора                | Срок действия лицензии |
|--|---------------------------|------------------------|
| MS Office 2007 Professional            | № 135 от 17.09.2007       | бессрочно              |
| 7Zip                                   | свободно распространяемое | бессрочно              |
| MS Windows 7 Professional(для классов) | Д-1227-18 от 08.10.2018   | 11.10.2021             |
| FAR Manager                            | свободно распространяемое | бессрочно              |

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса   | Ссылка   |
|--|--|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)   | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a> |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)   | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                     |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>                                 |

#### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

322 (Лекционная аудитория) - видеопроектор, экран настенный, компьютер; тестовые задания для текущего контроля успеваемости;

Лаборатория сварки (лабораторный корпус с лабораторией резания) - комплект печатных и электронных версий методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам «Теория сварочных процессов». Сварочные аппараты. Образцы выполненных сварных швов. Сварочная оснастка;

031a (Лабораторный класс по сварочным дисциплинам) - комплект методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам «Теория сварочных процессов», оптические микроскопы, твердомер стационарный;

Компьютерные классы университета - рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

По дисциплине «Теория и технологические основы сварочных процессов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

**Вопросы для сдачи экзамена:**

1. Какие основные источники тепла применяются в сварочной технике. Каким требованиям они должны удовлетворять.
2. Сварочная дуга и ее свойства.
3. Что такое тепловая мощность источника тепла. Ее характеристика и КПД.
4. Статическая (вольт-амперная) характеристика дуги.
5. Процессы, протекающие в столбе дуги и их сущность.
6. Процесс термоэлектронной эмиссии. Сущность и факторы, влияющие на этот процесс.
7. В чем различие механизма проводимости тока для жидкого металла и шлака?
8. Способы передачи тепла в твердом теле и с его поверхности. Основные теплофизические величины, понятия и определения.
9. Уравнение теплопроводности. Упрощенные расчетные схемы нагреваемого тела и источников тепла.
10. Распространение тепла в бесконечном и ограниченном теле.
11. Расчетные схемы нагрева металла дугой.
12. Расчет процесса распространения тепла при наплавке валика на массивное тело и при однопроходной сварке пластин встык.
13. Нагрев мощными быстродвижущимися источниками тепла. Термический цикл и максимальные температуры.
14. Нагрев и плавление электрода и проволоки при дуговой сварке.
15. Нагрев и проплавление основного металла сварочной дугой.
16. Сущность первого начала термодинамики и его математическое выражение.
17. Сущность второго начала термодинамики и его математическое выражение.
18. Что выражает собой химический потенциал системы?
19. Особенности процессов диффузии протекающих при сварке плавлением.
20. Как влияет давление и температура на положение константы равновесия реакций?
21. Какие условия необходимы для растворения газов в жидкой фазе? В чем сущность закона распределения Нернста?
22. Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии.
23. Виды переноса электродного металла через дуговой промежуток.
24. Опишите механизм насыщения жидкого металла газами.
25. Как попадают кислород, азот и водород в реакционное пространство при дуговой сварке и как они влияют на свойство стали?
26. Назначение шлаков при сварке. Молекулярная и ионная теория шлаков.
27. Металлургические функции шлаков.
28. Процессы окисления, раскисления и легирования при сварке плавлением.
29. Опишите процесс рафинирования стали от серы и фосфора.
30. Особенности условий рафинирования стали шлаком при дуговой сварке по сравнению с мартеновским процессом.
31. Роль Са и Mn в процессе рафинирования стали от серы.
32. Непрерывная и периодическая кристаллизация металла шва.
33. Процессы кристаллизации металла при сварке.

34. Особенности первичной кристаллизации при сварке. Причины слоистости и столбчатости строения сварных швов.
35. Механизм возникновения пор в металле шва.
36. Причины образования шлаковых включений в металле шва и способы их устранения.
37. Ликвация в металле шва и ее виды.
38. Опишите механизм вторичной кристаллизации малоуглеродистой стали при сварке.
39. Трещины при сварке и их классификация.
40. Сущность термомеханических явлений при сварке.
41. Механизм образования горячих трещин и методики оценки сопротивляемости металла шва их образованию.
42. Механизм образования холодных трещин. Пути их устранения.
43. Влияние C, Si, S, Cu на технологическую прочность металла шва.
44. Пути повышения технологической прочности сварных соединений.
45. Что следует понимать под свариваемостью тех или иных материалов?

Классификация свариваемости.

46. Свариваемость углеродистых сталей.
47. Свариваемость легированных сталей.
48. Свариваемость чугунов.
49. Свариваемость цветных металлов.
50. Свариваемость цветных металлов со сталью.
51. Что выражает собой химический потенциал системы?
52. Особенности процессов диффузии протекающих при сварке плавлением.
53. Как влияет давление и температура на положение константы равновесия реакций?
54. Какие условия необходимы для растворения газов в жидкой фазе? В чем сущность закона распределения Нернста?
55. Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии.
56. Опишите механизм насыщения жидкого металла газами.
57. Как попадают кислород, азот и водород в реакционное пространство при дуговой сварке и как они влияют на свойство стали?
58. Назначение шлаков при сварке. Молекулярная и ионная теория шлаков.
59. Процессы окисления, раскисления и легирования при сварке плавлением.
60. Опишите процесс рафинирования стали от серы и фосфора.
61. Особенности условий рафинирования стали шлаком при дуговой сварке по сравнению с мартеновским процессом.
62. Роль Са и Mn в процессе рафинирования стали от серы.
63. Непрерывная и периодическая кристаллизация металла шва.
64. Особенности первичной кристаллизации при сварке. Причины слоистости и столбчатости строения сварных швов.

### **Примерные аудиторские контрольные работы (АКР):**

**АКР №1** «Рассчитайте приращение температуры в точке тела при воздействии электрической дуги»

На поверхности массивного тела из низкоуглеродистой стали горит неподвижная дуга, которую можно считать точечным непрерывно действующим неподвижным источником теплоты. Определить приращение температуры в точке на расстоянии  $R = 15\text{ мм}$  спустя  $t = 20\text{ сек}$  после начала нагрева при  $I = 200\text{ А}$ ,  $U = 30\text{ В}$ , КПД  $\eta = 0,7$ .

### **Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):**

**ИДЗ №1** «Рассчитать размер изотермы на поверхности тела при действии электрической дуги»

На поверхности массивного тела движется точечный источник теплоты мощностью 6000Вт. Определить расстояние от источника теплоты до конца изотермы  $T = 820 \text{ }^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности металла  $\lambda = 0,4 \text{ Вт/(см}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$ .

### Примерная тема курсовых проектов (КП):

1. Расчет тепловых процессов при сварке.
2. Виды переноса электродного металла через дуговой промежуток.
3. Металлургические функции шлаков.
4. Микроструктура основных участков зоны термического влияния при сварке.
5. Роль водорода на образование холодных трещин.
6. Процессы кристаллизации металла при сварке.

### Примерное задание на курсовой проект:

Рассчитать температурно-временные характеристики точек тела в соответствии с нижеприведенными расчетными схемами. Определить температурное поле тела, скорости охлаждения и термический цикл различных точек тела при действии сварочного источника теплоты.

#### Часть 1.

$$T(R, x) = T_H + \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot R} \cdot \exp\left(-\frac{v}{2 \cdot a} \cdot (R + x)\right),$$

где  $R$  - длина радиус-вектора рассматриваемой точки, см;

$T_H$  - начальная температура изделия,  $^\circ\text{C}$ ;

$q = I \cdot U \cdot \eta$  - эффективная тепловая мощность, Вт;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $\text{Вт/(см}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$ ;

$v$  - скорость сварки, см/сек;

$a$  - коэффициент температуропроводности,  $\text{см}^2/\text{с}$ .

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2},$$

где  $x, y, z$  - координаты рассматриваемой точки, см.

#### Часть 2.

$$\omega = -2 \cdot \pi \cdot \lambda \frac{(T - T_H)^2}{q/v},$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $\text{Вт/(см}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$ ;

$T$  - температура при которой определяется скорость охлаждения,  $^\circ\text{C}$ ;

$T_H$  - начальная температура изделия,  $^\circ\text{C}$ ;

$q$  - эффективная тепловая мощность, Вт;

$v$  - скорость сварки, см/сек.

#### Часть 3.

$$T_{x,y,z} = T_H + \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot v \cdot t} \cdot e^{-\frac{r^2}{4 \cdot a \cdot t}}$$

где  $t$  - коэффициент теплопроводности, сек

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине «Теория и технологические основы сварочных процессов» за один семестр и проводится в форме экзамена и защиты курсового проекта в конце первого семестра.

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

| Структурный элемент компетенции   | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства   |
|---|--|--|
| ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию |  |  |
| Знать   | сущность теоретических основ сварки, основные теоретические положения, касающиеся источников сварочного нагрева, тепловых процессов при сварке, изменения структуры и свойств металла под влиянием термомеханических циклов сварки, металлургии сварки, и элементы химической термодинамики, образования сварочного соединения при сварке давлением и плавлением | <p><b>Вопросы для сдачи экзамена:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие основные источники тепла применяются в сварочной технике. Каким требованиям они должны удовлетворять.</li> <li>2. Сварочная дуга и ее свойства.</li> <li>3. Что такое тепловая мощность источника тепла. Её характеристика и КПД.</li> <li>4. Статическая (вольт-амперная) характеристика дуги.</li> <li>5. Процессы, протекающие в столбе дуги и их сущность.</li> </ol>      |
| Уметь   | экспериментально исследовать основные сварочные процессы и рассчитывать параметры этих процессов с использованием, в частности, компьютерной техники   | <p><b>Примерные темы курсовых проектов (КП):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет тепловых процессов при сварке.</li> <li>2. Виды переноса электродного металла через дугу промежутков.</li> <li>3. Металлургические функции шлаков.</li> <li>4. Микроструктура основных участков зоны термического влияния при сварке.</li> <li>5. Роль водорода на образование холодных трещин.</li> <li>6. Процессы кристаллизации металла при сварке.</li> </ol> |
| Владеть   | методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений, изыскания возможности сокращения цикла работ, содействия подготовке процесса их  | <p><b>Примерное задание на курсовой проект:</b></p> <p>Рассчитать температурно-временные характеристики точек тела в соответствии с нижеприведенными расчетными схемами.</p>   |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | реализации с обеспечением необходимых технических данных в машиностроительном (сварочном) производстве   | <p>Определить температурное поле тела, скорости охлаждения и термический цикл различных точек тела при действии сварочного источника теплоты.</p> <p><b>Часть 1.</b></p> $T(R, x) = T_H + \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot R} \cdot \exp\left(-\frac{v}{2 \cdot a} \cdot (R + x)\right),$ <p>где R - длина радиус-вектора рассматриваемой точки, см;<br/> <math>T_H</math> - начальная температура изделия, °С;<br/> <math>q = I \cdot U \cdot \eta</math> - эффективная тепловая мощность, Вт;<br/> <math>\lambda</math> - коэффициент теплопроводности, Вт/(см·°С);<br/> v - скорость сварки, см/сек;<br/> a - коэффициент температуропроводности, см<sup>2</sup>/с.<br/> <math>R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}</math>, где x, y, z - координаты рассматриваемой точки, см.</p> |
| ОК-4 способностью на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований |  |  |
| Знать   | сущность теоретических основ сварки, основные теоретические положения, касающиеся источников сварочного нагрева, тепловых процессов при сварке, изменения структуры и свойств металла под влиянием термомеханических циклов сварки, металлургии сварки, и элементы химической термодинамики, образования сварочного соединения при сварке давлением и плавлением | <p><b>Вопросы для сдачи экзамена:</b></p> <p>6. Что выражает собой химический потенциал системы?</p> <p>7. Особенности процессов диффузии протекающих при сварке плавлением.</p> <p>8. Как влияет давление и температура на положение константы равновесия реакций?</p> <p>9. Какие условия необходимы для растворения газов в жидкой фазе? В чем сущность закона распределения Нернста?</p> <p>10. Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии.</p>  |
| Уметь   | экспериментально исследовать основные сварочные процессы и рассчитывать параметры этих процессов с использованием, в частности, компьютерной техники   | <p><b>Примеры практических вопросов к зачету:</b></p> <p>1. Оценить длину сварочной ванны при наплавке валика на массивное тело:</p> $L = \frac{q}{2\pi\lambda(T_{на} - T_{н})}$ <p>2. Оценить полный тепловой КПД наплавки:</p>   |



|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | $\eta_{\text{н}} = v F_{\text{н}} \rho h_{\text{н}} / (UI)$   |
| Владеть  | методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений, изыскания возможности сокращения цикла работ, содействия подготовке процесса их реализации с обеспечением необходимых технических данных в машиностроительном (сварочном) производстве   | <b>Примеры практических вопросов к экзамену:</b><br>1. Определить время пребывания выше заданной температуры при наплавке на массивное тело:<br>$t_{3\text{н}} = \tau_{3\text{н}} r^2 / (4a)$<br>2. Определить время пребывания выше заданной температуры при наплавке на пластину:<br>$t_{2\text{н}} = \tau_{2\text{н}} y^2 / (4a)$  |
| ОПК-1 способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки |  |   |
| Знать  | сущность теоретических основ сварки, основные теоретические положения, касающиеся источников сварочного нагрева, тепловых процессов при сварке, изменения структуры и свойств металла под влиянием термомодеформационных циклов сварки, металлургии сварки, и элементы химической термодинамики, образования сварочного соединения при сварке давлением и плавлением | <b>Вопросы для сдачи экзамена:</b><br>11. Механизм возникновения пор в металле шва.<br>12. Причины образования шлаковых включений в металле шва и способы их устранения.<br>13. Ликвация в металле шва и ее виды.<br>14. микроструктура основных участков зоны термического влияния при сварке.<br>15. Опишите механизм вторичной кристаллизации малоуглеродистой стали при сварке. |
| Уметь  | экспериментально исследовать основные сварочные процессы и рассчитывать параметры этих процессов с использованием, в частности, компьютерной техники   | <b>Примеры практических вопросов к зачету:</b><br>1. Рассчитать скорость охлаждения при наплавке валика на массивное тело:<br>$\omega = -2\pi\lambda \frac{(T - T_{\text{н}})^2}{q/v}$<br>2. Рассчитать скорость охлаждения при наплавке валика на пластину:<br>$\omega = -2\pi\lambda c\rho \frac{(T - T_{\text{н}})^3}{[q/(v\delta)]^2}$  |
| Владеть  | методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений, изыскания возможности сокращения цикла работ, содействия подготовке процесса их реализации с обеспечением необходимых технических  | <b>Примеры практических вопросов к экзамену:</b><br>1. Определить размер зоны нагрева в массивном теле:<br>$2l = \sqrt{\frac{8q}{\pi \nu c \rho \Delta T_i}}$   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | данных в машиностроительном (сварочном) производстве   | 2. Определить размер зоны нагрева в пластине:<br>$2l = \frac{q \sqrt{\frac{2}{\pi e}}}{\sigma_{ср} \delta \Delta T_1}$   |
| ОПК-2 способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы   |  |  |
| Знать  | сущность теоретических основ сварки, основные теоретические положения, касающиеся источников сварочного нагрева, тепловых процессов при сварке, изменения структуры и свойств металла под влиянием термомеханических циклов сварки, металлургии сварки, и элементы химической термодинамики, образования сварочного соединения при сварке давлением и плавлением | <b>Вопросы для сдачи экзамена:</b><br>16. Влияние C, Si, S, Cu на технологическую прочность металла шва.<br>17. Роль водорода на образование холодных трещин.<br>18. Пути повышения технологической прочности сварных соединений.<br>19. Что следует понимать под свариваемостью тех или иных материалов? Классификация свариваемости.<br>20. Свариваемость углеродистых сталей. |
| Уметь  | экспериментально исследовать основные сварочные процессы и рассчитывать параметры этих процессов с использованием, в частности, компьютерной техники   | <b>Примеры практических вопросов к зачету:</b><br>1. Оценить длину сварочной ванны при наплавке валика на массивное тело:<br>$L = \frac{q}{2\pi\lambda(T_{нл} - T_{н})}$<br>2. Оценить полный тепловой КПД наплавки:<br>$\eta_{н} = vF_{н} \rho h_{нл} / (UI)$   |
| Владеть  | методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений, изыскания возможности сокращения цикла работ, содействия подготовке процесса их реализации с обеспечением необходимых технических данных в машиностроительном (сварочном) производстве   | <b>Примеры практических вопросов к экзамену:</b><br>1. Определить время пребывания выше заданной температуры при наплавке на массивное тело:<br>$t_{3н} = \tau_{3н} r^2 / (4a)$<br>2. Определить время пребывания выше заданной температуры при наплавке на пластину:<br>$t_{2н} = \tau_{2н} y^2 / (4a)$   |
| ПК-8 способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов |  |  |
| Знать  | сущность теоретических основ сварки, основные  | <b>Вопросы для сдачи экзамена:</b>   |



**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория и технологические основы сварочных процессов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и один практический вопрос.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку *«отлично»* (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку *«хорошо»* (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку *«удовлетворительно»* (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку *«неудовлетворительно»* (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку *«неудовлетворительно»* (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Теория и технологические основы сварочных процессов». При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

**Показатели и критерии оценивания курсового проекта:**

– на оценку *«отлично»* (5 баллов) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку *«хорошо»* (4 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку *«удовлетворительно»* (3 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку *«неудовлетворительно»* (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку *«неудовлетворительно»* (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.