

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП

В.В. Смирнов

«4» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
технологии материалов и промышленной
инженерии
Е.Ю. Степанович

«4» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория сварочных процессов

Составитель

Рзаев Р.А., старший преподаватель.

Согласовано с работодателями:

Сафронов Н.В., начальник лаборатории ООО ОСФ
«Стройспецмонтаж»;

Шатов А.А., главный сварщик ООО «Южный
центр судостроения и судоремонта»
15.03.01 Машиностроение

Направление подготовки / специаль-
ность

Направленность (профиль) ОПОП

**Технология и оборудование сварочного производ-
ства**

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

заочная

Год приема

2024

Курс

3- 4

Семестр(ы)

6-7

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Теория сварочный процессов»: являются: **формирование** у будущих инженеров знаний и умений физических, физико-химических и металлургических процессов, происходящих при сварке в металле шва и околошовной зоне сварного соединения.

1.2. Задачи освоения дисциплины: «Теория сварочный процессов»: научить студента по наименованию марки стали (или другого материала), т.е. по химическому составу металла, определить принципиальные трудности образования сварного соединения и меры их преодоления; по заданным геометрическим параметрам шва или механическим свойствам сварного соединения выбрать оптимальный режим дуговой сварки; по заданным эксплуатационным характеристикам сварного соединения (например, механическим свойствам зоны термического влияния, структуры металла шва и др.) выбрать и обосновать необходимые режимы сварки; по заданным режимам сварки рассчитать производительность процесса и оценить его эффективность.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «Теория сварочный процессов» относится к вариативной части Б1.В.03 и осваивается в 6,7 семестрах.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, формируемые предшествующими учебными дисциплинами: -«Математика», «Физика», «Химия», «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Кристаллофизика», «Физика твердого тела».

Знания: дифференциального и интегрального исчисления, уравнения математической физики, электромагнитные колебания, тепловое излучение, термодинамика, квантово-оптические явления, строение атома и химические связи, основные понятия химической термодинамики и кинематики, металлы и сплавы, коррозия и защита металлов, свойства металлов и сплавов, основы производства черных и цветных металлов, основы литейного производства и обработки металлов давлением, законы термодинамики, основы теории тепло и массообмена.

Умения: производить расчеты, построение векторов, расчет термодинамических величин, уравнения ОВР, расчеты электрической цепи, оценивать влияние различных факторов на механические и технологические свойства сплава.

Навыки: определение и расчет интегралов и дифференциалов, расчет электронных балансов окислительно-восстановительных реакций, определение валентности элементов, расчет тепловых балансов химических реакций, расчет констант равновесия химических реакций, определение физических констант, расчеты тепловых балансов, термодинамических потенциалов, расшифровка сталей, выбор вида термообработки для придания необходимых свойств сплавам.

2.3. Последующие учебные дисциплины, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: в результате освоения дисциплины «Теория сварочных процессов» полученные знания, умения и навыки, формируемые при изучении, могут быть востребованы при изучении дисциплин и курсов по выбору, таких как «Математическое моделирование технологических процессов», «Источники питания для сварки», «Проектирование сварных конструкций», «Производство сварных конструкций», «Автоматизация сварочных процессов», «Технология сварки плавлением», «Технология контактной сварки», «Контроль качества сварных соединений», «Основы кораблестроения», «Особенности резки и подготовки кромок под сварку в кораблестроении», «Особенности использования ручной дуговой сварки покрытым электродом и автоматической сварки под слоем флюса в кораблестроении», «Расчет материальных и энергетических затрат при производстве сварочных конструкций», «Специальные методы получения неразъемных соединений», а также при написании выпускной квалификационной работы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

в) профессиональных (ПК): ПК-1; ПК-5.

Таблица 1 - Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения дисциплины		
	Знать	Уметь	Владеть
ПК-1. Техническая подготовка сварочного производства, его обеспечение и нормирование	ПК-1.1. Знает требования единой системы конструкторской и технологической документации, передовой отечественный и зарубежный опыт производства сварных конструкций, виды и методы неразрушающего контроля и разрушающих испытаний сварных соединений, нормативы расхода свариваемых и сварочных материалов, методы анализа технического уровня и технологий сварочного производства;	ПК-1.2. Разработка технических заданий, проведение экспертизы конструкторской и производственно-технологической документации на соответствие техническим заданиям и нормативным документам; подготовка комплекта технической документации для производства любой сложности, анализ выполнения сварочных работ, проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой сварной конструкции, разработка рабочих инструкций для работников сварочного производства	ПК-1.3. Выполнять расчеты и определять оптимальные технологические режимы и параметры сварки конструкций, определять технологичность сварной конструкции, производить подбор сварочного и вспомогательного оборудования, разрабатывать планировочные решения рабочих мест, производственных участков и подразделений, выполняющих сварочные работы
ПК-5. Разработка технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства	ПК-5.1. Критерии определения типа производства, качественной и количественной оценки технологичности Нормативно-технические и руководящие документы в области	ПК-5.2. Технологический контроль, анализ технических требований и оформление документации и технических заданий Разработка тех-	ПК-5.3. Работать с прикладными компьютерными программами находить информацию в нормативносправочных документах

	технологичности Основные средства, методы и способы контроля технических требований Правила выбора технологического процесса - аналога изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства	нологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства Оценка соответствия достигнутого уровня технологичности при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства	Выявлять основные технологические задачи, решаемые при разработке технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства
--	---	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины в соответствии с учебным планом составляет 5 зачетные единицы (180 часов).

Трудоемкость отдельных видов учебной работы студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Трудоемкость отдельных видов учебной работы по формам обучения

Вид учебной и внеучебной работы	для очной формы обучения	для очно-заочной формы обучения	для заочной формы обучения
Объем дисциплины в зачетных единицах			5
Объем дисциплины в академических часах			180
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе (час.):			23,25
- занятия лекционного типа, в том числе:			10
- практическая подготовка (если предусмотрена)			-
- занятия семинарского типа (семинары, практические, лабораторные), в том числе:			13
- консультация (предэкзаменационная)			0,25
- промежуточная аттестация по дисциплине			
Самостоятельная работа обучающихся (час.)			156,75
Форма промежуточной аттестации обучающегося (зачет/экзамен), семестр (ы)			зачет – 6 семестр, экзамен – 7 семестр

Таблица 2.2. - Структура и содержание дисциплины

Раздел, тема дисциплины	Контактная работа, час.						СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
	Л		ПЗ		ЛР				
	Л	В т.ч. ПП	ПЗ	В т.ч. ПП	ЛР	В т.ч. ПП			
Семестр 5-6.									
Модуль 1. Физические основы сварки металлов									
Основная сварочная терминология. Основные трудности, препятствующие получению межатомных связей при сварке. Пути преодоления этих трудностей	0,5		1				5	6,5	
Классификация способов сварки. Образование сварных соединений при холодной, стыковой контактной сварке, при сварке плавлением. Особенности образования сварных соединений при точечной и шовной контактной сварке	0,5		1				4	5,5	Устный опрос, тестирование
Трудности образования сварных соединений при сварке разнородных металлов	0,5		0,5				10	11	Устный опрос, тестирование
Модуль 2. Электрическая сварочная дуга									
Отличительные свойства дугового разряда. Физические процессы (эмиссия, ионизация), обеспечивающие протекание тока в межэлектродном промежутке	0,5		1				5	6,5	Устный опрос, тестирование
Способы возбуждения сварочной дуги	0,5		0,5				4	5	Устный опрос, тестирование
Основные параметры сварочной дуги, ее статистическая характеристика. Физические процессы и энергетические преобразования в различных зонах сварочной дуги	0,5		0,5				10	11	Устный опрос, тестирование
Модуль 3. Тепловые процессы при сварке									
Расчеты нагрева металла дугой	0,5		0,5				5	6	Устный опрос, тестирование

Раздел, тема дисциплины	Контактная работа, час.							СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
	Л		ПЗ		ЛР		КР / КП			
	Л	в т.ч. ПП	ПЗ	в т.ч. ПП	ЛР	в т.ч. ПП				
Нагрев и плавление электродного металла при сварке	0,5		0,5					10	11	Устный опрос, тестирование
Плавление основного металла сварочной дугой	0,5		0,5					5	6	Устный опрос, тестирование
Термический цикл основного металла при сварке	0,5		0,5					5	6	Устный опрос, тестирование
Темы с 1 по 11	0,5							6	6,5	Устный опрос, тестирование
7 семестр										
Модуль 4. Металлургические процессы при сварке										
Газовая фаза в зоне сварки плавлением	0,5		0,5					7	8	Устный опрос, тестирование
Шлаковая фаза при сварке плавлением	0,5		1					10	11, 5	Устный опрос, тестирование
Окисление и раскисление металла при сварке	0,5		0,5					6	7	Устный опрос, тестирование
Легирование металла при сварке плавлением	0,5		0,5					10	11	Устный опрос, тестирование
Модуль 5. Технологическая прочность сварных соединений										
Поры в металле шва	0,5		1					8	9,5	Устный опрос, тестирование
Шлаковые включения в металле шва	0,5		1					8	9,5	Устный опрос, тестирование
Горячие трещины при сварке	0,5		1				0,25	8,75	10, 5	Устный опрос, тестирование
Холодные трещины при сварке	0,5		1					8	9,5	Устный опрос, тестирование
Модуль 6. Свариваемость металлов										

Раздел, тема дисциплины	Контактная работа, час.						СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]	
	Л		ПЗ		ЛР					КР / КП
	Л	в т.ч. ПП	ПЗ	в т.ч. ПП	ЛР	в т.ч. ПП				
Понятие свариваемости. Физическая (принципиальная) и технологическая свариваемость	0,5		1					8	9,5	Устный опрос, тестирование
Способы оценки технологической свариваемости	0,5		1					8	9,5	Устный опрос, тестирование
Темы с 12-22	0,5		1					8,7 5	10,5	Устный опрос, тестирование
Консультации										
Контроль промежуточной аттестации	0,25								Зачет – 6 семестр, Экзамен – 7 семестр	
ИТОГО за семестр:	10		13				0,2 5	156 .75	180	

*Форма контроля: Т – тестирование; кр – контрольная работа

Таблица 3 - Матрица соотнесения тем учебной дисциплины/модуля и формируемых в них компетенций

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
6-7 семестр			
Модуль 1. Физические основы сварки металлов			
Тема 1. Основная сварочная терминология. Основные трудности, препятствующие получению межатомных связей при сварке. пути преодоления этих трудностей	6,5	ПК-1; ПК-5	2
Тема 2. Классификация способов сварки. Образование сварных соединений при холодной, стыковой контактной сварке, при сварке плавлением. Особенности образования сварных соединений при точечной и шовной контактной сварке	5,5		2
Тема 3. Трудности образования сварных соединений при сварке разнородных металлов	11		2
Модуль 2. Электрическая сварочная дуга			
Тема 4. Отличительные свойства дугового разряда. Физические процессы (эмиссия, ионизация), обеспечивающие протекание тока в межэлектродном промежутке	6,5		2

Тема 5. Способы возбуждения сварочной дуги	5		2
Тема 6. Основные параметры сварочной дуги, ее статистическая характеристика. Физические процессы и энергетические преобразования в различных зонах сварочной дуги	11		2
Тема 7. Перенос металла с электрода в сварочную ванну. Способы создания управляемого переноса металла	6		2
Модуль 3. Тепловые процессы при сварке Тема 8. Расчеты нагрева металла дугой	11		2
Тема 9. Нагрев и плавление электродного металла при сварке	6		2
Тема 10. Плавление основного металла сварочной дугой	6		2
Тема 11. Термический цикл основного металла при сварке	6,5		2
Модуль 4. Металлургические процессы при сварке Тема 12. Газовая фаза в зоне сварки плавлением	8		2
Тема 13. Шлаковая фаза при сварке плавлением	11,5		2
Тема 14. Окисление и раскисление металла при сварке	7		2
Тема 15. Легирование металла при сварке плавлением	11		2
Тема 16. Рафинирование металла при сварке	9,5		2
Модуль 5. Технологическая прочность сварных соединений Тема 17. Поры в металле шва	9,5		2
Тема 18. Шлаковые включения в металле шва	10,5		2
Тема 19. Горячие трещины при сварке	6,5		2
Тема 20. Холодные трещины при сварке	9,5		2
Модуль 6. Свариваемость металлов Тема 21. Понятие свариваемости. Физическая (принципиальная) и технологическая свариваемость	9,5		2
Тема 22. Способы оценки технологической свариваемости	10,5		2
Контроль промежуточной аттестации	0,25		
<i>Итого.</i>	180		

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине.

Лекционные и лабораторные занятия проходят в аудиториях, оборудованных мультимедийной техникой и чертежными столами.

Лекции проводятся с использованием презентации с мультимедийными эффектами. Учебно-методическое обеспечение: презентации, курс лекций (moodle), модели, чертежные инструменты.

На лабораторных занятиях студентами выполняются индивидуальные задания по пройденному теоретическому курсу.

Учебно-методическое обеспечение: презентации, курс лекций (moodle), модели, чертежные инструменты, комплект заданий, тестовые задания, задания к контрольным работам.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

В moodle содержаться все необходимые методические материалы по дисциплине для каждой темы.

Рекомендуется для освоения темы:

1. изучить теоретический курс (предварительно материал рассматривается на лекционном занятии);
2. ответить на вопросы пробных тестов (в случае затруднения еще раз внимательно изучить лекцию по данной теме);
3. выполнить индивидуальные задания.

Рекомендуется подготовка к каждому занятию, т.к. материал последующих занятий предполагает усвоение предыдущего материала.

Таблица 4 - Содержание самостоятельной работы обучающихся

Номер раздела (темы)	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
1.	Модуль 1. Физические основы сварки металлов Тема 1. Основная сварочная терминология. Основные трудности, препятствующие получению межатомных связей при сварке. пути преодоления этих трудностей	5	Внеаудиторная самостоятельная работа
2.	Тема 2. Классификация способов сварки. Образование сварных соединений при холодной, стыковой контактной сварке, при сварке плавлением. Особенности образования сварных соединений при точечной и шовной контактной сварке	4	
3.	Тема 3. Трудности образования сварных соединений при сварке разнородных металлов	10	
4.	Модуль 2. Электрическая сварочная дуга Тема 4. Отличительные свойства дугового разряда. Физические процессы (эмиссия, ионизация), обеспечивающие протекание тока в межэлектродном промежутке	5	
5.	Тема 5. Способы возбуждения сварочной дуги	4	
6.	Тема 6. Основные параметры сварочной дуги, ее статистическая характеристика. Физические процессы и энергетические преобразования в различных зонах сварочной дуги	10	
7.	Тема 7. Перенос металла с электрода в сварочную ванну. Способы создания управляемого переноса металла	5	
8.	Модуль 3. Тепловые процессы при сварке Тема 8. Расчеты нагрева металла дугой	10	
9.	Тема 9. Нагрев и плавление электродного металла при сварке	5	
10.	Тема 10. Плавление основного металла сварочной дугой	5	
11.	Тема 11. Термический цикл основного металла при сварке	6	
12.	Модуль 4. Металлургические процессы при сварке Тема 12. Газовая фаза в зоне сварки плавлением	7	
13.	Тема 13. Шлаковая фаза при сварке плавлением	10	
14.	Тема 14. Окисление и раскисление металла при сварке	6	

15.	Тема 15. Легирование металла при сварке плавлением	10	
16.	Тема 16. Рафинирование металла при сварке	8	
17.	Модуль 5. Технологическая прочность сварных соединений Тема 17. Поры в металле шва	8	
18.	Тема 18. Шлаковые включения в металле шва	8,75	
19.	Тема 19. Горячие трещины при сварке	5	
20.	Тема 20. Холодные трещины при сварке	4	
21.	Модуль 6. Свариваемость металлов Тема 21. Понятие свариваемости. Физическая (принципиальная) и технологическая свариваемость	10	
22.	Тема 22. Способы оценки технологической свариваемости	5	
	Итого	156,75	

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно.

Методические рекомендации к выполнению контрольной работы по курсу «Теория сварочных процессов»

Цель контрольной работы – изучить методы расчета тепловых процессов при различных способах сварки и научиться практически использовать полученные знания при выборе параметров режима сварочного процесса.

Порядок выполнения работы:

1. Выпишите исходные данные к контрольной работе (в соответствии с выданным вариантом).
2. Дайте характеристику основного металла и материалов для сварки.
3. Произведите расчет режимов сварки.
4. Выполните расчет максимальной температуры и термического цикла сварки.
5. Рассчитайте основные параметры сварочной ванны и сварного шва.
6. Определите тепловую эффективность процесса сварки
7. Выполните расчет параметров термического цикла сварки.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ выдает преподаватель, а именно: марку стали, способ сварки, тип соединения, толщину изделия, тип и марку электрода (при РДС), марку проволоки (при сварке в защитных газах и автоматической сварке), марку флюса.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВАРКИ. Необходимо описать химический состав стали, ее механические свойства, структуру и др., также сварочные материалы.

Далее следует выбрать тип соединения (по ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные», ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные» или ГОСТ 8713-79 «Сварка под флюсом. Соединения сварные»), изобразить и обозначить сварной шов в соответствии с ГОСТ 2.312-72 «Условные обозначения и изображения сварных швов». Например:

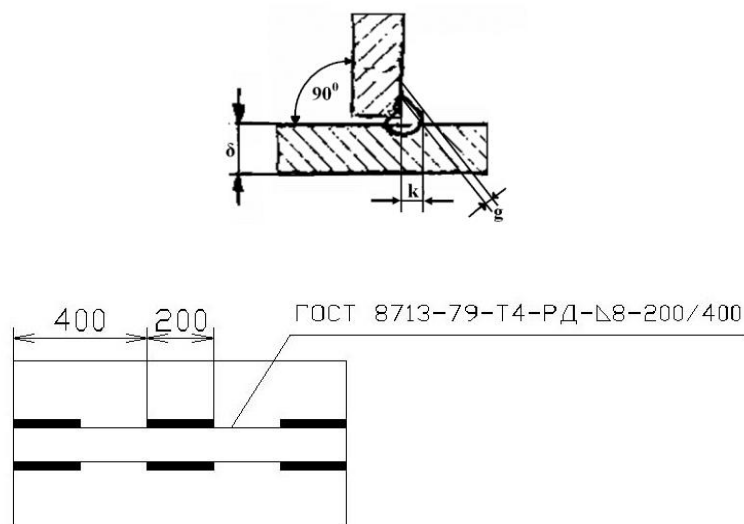


Рис. 1. Пример изображения сварного шва.

3. ВЫБОР РЕЖИМОВ СВАРКИ

1.1 Ручная дуговая сварка (РДС)

Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла, типа сварного соединения. При этом можно использовать ориентировочные данные, представленные в таблице 5.

Таблица 5. Ориентировочные данные для выбора режимов РДС

Толщина металла δ , мм (при сварке встык)	1÷2	3	4÷8	8÷12	12÷16	более 16
Катет шва К, мм (для таврового или нахлесточного соединения), $K \sim 0,8\delta \div 1,0\delta$	0,8÷1,6	3	4÷5	5÷6	6÷8	≤ 8 за 1 проход
Диаметр электрода d , мм	1,6÷2,0	2,0 – 3,0	4	4÷5	5	5÷6

При толщине металла более 4 мм следует рассчитать число проходов по формуле:

$$n = \frac{\sum F_n}{F_{n1}},$$

где рекомендуемая площадь наплавки за один проход $F_{n1} = 0,20 \div 0,30 \text{ см}^2$.

В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом 3÷4 мм, последующие слои выполняют электродами большего диаметра.

Сила сварочного тока рассчитывается по формуле:

$$I = (20 + 6 d_s) d_s, \text{ A},$$

где d_s – диаметр электрода, мм.

Напряжение дуги при РДС определяется по формуле:

$$U = 20 + 0,04 I, \text{ В}.$$

Скорость сварки:

$$V = \frac{\alpha_n \cdot I}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \text{ см/с.}$$

где F_n - площадь наплавленного металла, см^2 , рекомендуемое значение – не более $0,3 \text{ см}^2$, (если больше, то для расчета скорости сварки берется половина F_n); $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ – плотность стали; α_n – коэффициент наплавки (например, для электродов марки УОНИ-13/55 $\alpha_n = 8 \div 9,5 \text{ г/(А·ч)}$, ЦЛ-11 $\alpha_n = 12,5 \text{ г/(А·ч)}$, ЦУ-2ХМ $\alpha_n = 9 \div 10 \text{ г/(А·ч)}$). Рекомендуемая скорость сварки до $0,5 \text{ см/с}$.

1.2 Сварка в CO_2

Диаметр проволоки выбирается в зависимости от толщины металла. Можно пользоваться ориентировочными данными, приведенными в таблице 6.

Таблица 6. Ориентировочные данные для выбора режимов сварки в CO_2

Толщина металла δ , мм	0,6÷1,0	1,2÷2,0	3,0÷4,0	5,0÷8,0	9,0÷12,0	13,0÷18,0	19,0÷40,0
Диаметр проволоки d_3 , мм	0,5÷0,8	0,8÷1,0	1,0÷1,2	1,6÷2,0	2,0	2,0÷2,5	1,6÷4,0

Сила тока рассчитывается по формулам:

для стыковых соединений:

$$I = \frac{75 \cdot \delta}{1,75 - 0,15 d_3}, \text{ А}$$

где d_3, δ в мм.

для нахлесточных и тавровых соединений:

$$I = \frac{\pi \cdot d_3^2 \cdot a}{4}, \text{ А}$$

где параметр $a = 110 \div 130 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$.

Напряжение дуги при сварке в CO_2 :

$$U = (14 + 0,05 \cdot I) \pm 1 \text{ В}$$

Скорость сварки рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\alpha_n \cdot I}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \text{ см/с.}$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/(А·ч) , дан в [4, стр.28] или определяется по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \Psi),$$

где Ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, $\Psi = 0,12$ α_p – коэффициент расплавления проволоки, г/(А·ч) ;

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_3}, \text{ г/(А·ч)},$$

F_n – площадь наплавки металла, см^2 .

Вылет проволоки $l_6 = 10 d_3$, мм.

1.3 Сварка под флюсом

Расчет сварочного тока производится по формуле:

$$I_{CB} = \frac{\pi d_{эл}^2 a}{4},$$

где a – плотность тока в электродной проволоке, А/мм² ($a \geq 40 \dots 60$ А/мм²).

Зависимость напряжения дуги от силы сварочного тока представлена в таблице 7.

Таблица 7. Зависимость напряжения дуги от силы тока при АФ

Сила сварочного тока, А	180÷300	300÷400	500÷600	600÷700	700÷850	850÷1000
Напряжение дуги, В	32÷34	34÷36	36÷40	38÷40	40÷42	41÷43

Вылет проволоки $l_6 = 10 d_3$.

Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле:

$$V_{пп} = \frac{4\alpha_p I_{CB}}{\pi d_{эл}^2 \gamma}, \text{ м/ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления проволоки, г/(А·ч), для проволоки сплошного сечения при сварке под флюсом принимается равным 10-12 г/(А·ч) (для постоянного тока обратной полярности); d_3 , см – диаметр электродной проволоки; $\gamma=7,8$ г/см³ – плотность металла.

Скорость сварки определяется как:

$$V = \frac{\alpha_n \cdot I}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \text{ см/с},$$

где F_n – площадь наплавки металла, см².

α_n – коэффициент наплавки, г/(А ч), дан в [4, стр. 146] или определяется как:

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \Psi),$$

где Ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, $\Psi=0,02 \div 0,03$.

4. РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ТЕРМИЧЕСКОГО ЦИКЛА СВАРКИ

1) Если толщина металла $\delta \leq 10$ мм, то расчет ведется по следующей схеме.

Максимальная температура определяется по формуле:

$$T_{\max} = \frac{0,242 \cdot q_u}{V \cdot C \cdot \gamma \cdot \delta \cdot y}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Эффективная тепловая мощность нагрева изделия:

$$q_u = q \cdot \eta_u, \text{ Дж/с}.$$

η_u – эффективный КПД нагрева изделия: для РДС $\eta_u = 0,7 \div 0,85$, для сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа $\eta_u = 0,78 \div 0,92$, для сварки под флюсом $\eta_u = 0,8 \div 0,95$.

$q = I \cdot U$ – полная мощность, Дж/с;

$C \gamma$ – объемная теплоемкость, $\frac{\text{Дж}}{\text{см}^3 \cdot K}$;

λ – коэффициент теплопроводности, $\frac{\text{Дж}}{\text{см} \cdot \text{с} \cdot K}$;

a – коэффициент температуропроводности, $\text{см}^2 / \text{с}$;

Значения теплофизических величин приведены в таблице 8.

Таблица 8. Значения теплофизических величин

Материал	Коэффициент	Объемная	Коэффициент
----------	-------------	----------	-------------

	теплопроводности, Дж/см·К·с	теплопроводность, Дж/см ³ ·К	температуропроводности, см ² /с
Низкоуглеродистые и низколегированные стали	0,38÷0,42	4,9÷5,2	0,075÷0,090
Коррозионно-стойкие стали	0,25÷0,33	4,7÷4,8	0,053÷0,070
Алюминий	2,7	2,7	1,0

Полученные значения $T_{\max}$ рекомендуется занести в таблицу 9.

Таблица 9. Максимальная температура точек сварного соединения

y	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
$T_{\max},$ $^{\circ}\text{C}$										

По полученной таблице строится график зависимости $T_{\max}(y)$. Пример графика приведен на рис.1.

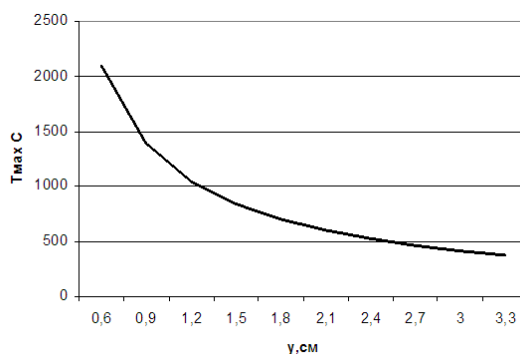


Рис. 1. График зависимости максимальной температуры точки от расстояния от оси шва до данной точки сварного соединения

Расчет времени достижения максимальной температуры t_m проводится для трех точек:

$$y = \frac{e}{2} + 0,1 \text{ см}, \quad y = \frac{e}{2} + 0,2 \text{ см}, \quad y = \frac{e}{2} + 0,3 \text{ см},$$

где e - ширина шва:

$$e = \frac{0,484 \cdot q_u}{C \gamma V \delta T_{nl}} (\text{см})$$

T_{nl} для сталей принимается равным 1500°C .

Время достижения максимальной температуры:

$$t_m = \frac{y^2}{2a},$$

где a – коэффициент температуропроводности. Это время определяется для всех трех точек.

Далее рассчитывается температура данных трех значений y в зависимости от времени

$$T(y, t) = \frac{q_u}{VC \gamma \delta \sqrt{4\pi at}} e^{-\frac{y^2}{4at}}$$

Полученные результаты заносятся в таблицу 10.

Таблица 10. Зависимость температуры точек шва от времени

t, с		0,5	1	2	5	10	20	40	60	80	100
y ₁	T, °C										
y ₂											
y ₃											

Затем строится график термического цикла сварки – зависимость T(t). Пример графика приведен на рис.2.

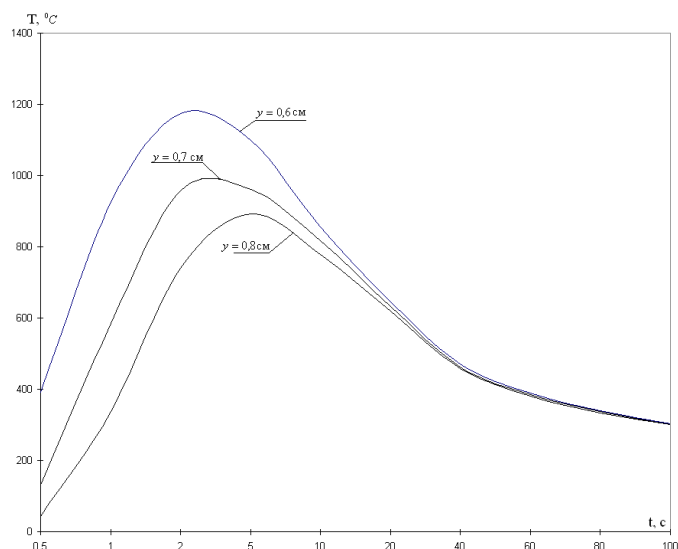


Рис. 2. Термический цикл точек сварного соединения.

2) Если толщина металла $\delta > 10$ мм, то расчет ведется в том же порядке, что и выше, но некоторые формулы изменяются:

$$T_{\max} = \frac{0,234 \cdot q_u}{V \cdot C \gamma \cdot y^2}$$

$$t_m = \frac{y^2}{4a}$$

$$e = \sqrt{\frac{0,936 \cdot q_u}{VC \gamma \delta T_{nl}}}$$

$$T(y, t) = \frac{q_u}{2\pi\lambda Vt} e^{-\frac{y^2}{4at}}$$

5. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ И СВАРНОГО ШВА

1) Если толщина металла $\delta \leq 10$ мм, то расчет ведется по следующим формулам.

Время существования сварочной ванны:

$$t_B = \frac{q_u^2}{4\pi\lambda C_\gamma (V\delta)^2 T_{nl}^2}, \text{с}.$$

Длина сварочной ванны:

$$L_e = t_e \cdot V, \text{см}.$$

Ширина шва:

$$e = \frac{0,484 \cdot q_u}{C_\gamma V \delta T_{nl}}, \text{см}.$$

Коэффициент формы сварочной ванны:

$$\frac{L}{e}.$$

Глубина проплавления:

$$a' = K \cdot I, \text{ мм}.$$

Для сталей при РДС величина $K = \left(\frac{1}{80} \div \frac{1}{100} \right) \text{ мм} / A$, для автоматической сварки

$$K = \left(\frac{1}{50} \div \frac{1}{60} \right) \text{ мм} / A, \text{ для сварки в углекислом газе:}$$

$$a' = \frac{I(1,75 - 0,15 d_s)}{75}, \text{ мм}$$

Относительная глубина проплавления:

$$\frac{a'}{e}.$$

Коэффициент формы шва:

$$\frac{e}{a'}.$$

Площадь проплавления:

$$F_{np} = \frac{q_u}{V} \eta_t \cdot \frac{1}{S'_{nl}}$$

η_t - термический КПД проплавления.

При сварке встык тонких пластин за один проход величину η_t можно вычислить по уравнению:

$$\eta_t = \exp \left(- \frac{5,9494}{\exp \varepsilon_2} - \frac{1,6737}{\varepsilon_2} - 710,14 \cdot 10^{-3} \right),$$

$$\text{где } \varepsilon_2 = \frac{q_u}{a \delta S'_{nl}},$$

$S'_{nl} = \gamma S_{nl}$, Дж/см³ - теплосодержание единицы объема расплавленного металла при температуре плавления. Для сталей $S'_{nl} = 10530 \text{ Дж} / \text{см}^3$.

2) Если толщина металла $\delta > 10 \text{ мм}$, то расчет ведется в том же порядке, что и выше, но некоторые формулы изменяются:

$$t_B = \frac{q_u}{2 \pi \lambda V T_{nl}}, c$$

$$e = \sqrt{\frac{0,936 q_u}{VC \gamma \delta T_{nl}}}, \text{ см}$$

$$F_{np} = \frac{q_u}{V} \cdot \eta_t \cdot \frac{1}{S'_{nl}}, \text{ см}^2$$

$$\varepsilon_3 = \frac{q_u \cdot V}{a^2 S'_{nl}}$$

η_t определяется в зависимости от критерия ε_3 и относительной глубины проплавления $\frac{a}{e}$ по графику, приведенному на рис.3. [1]

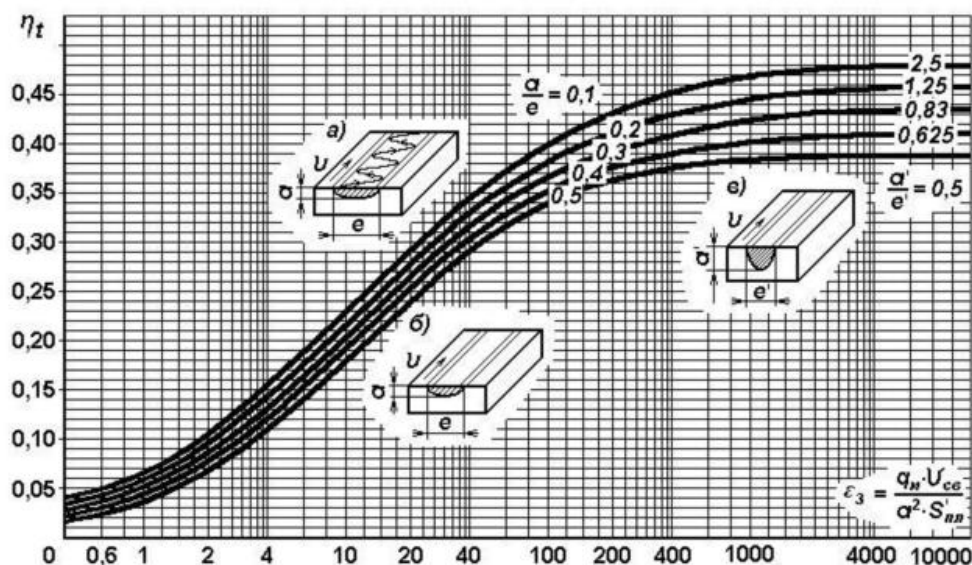


Рис. 3. График зависимости термического КПД проплавления η_t от безразмерной величины ε_3 .

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СВАРКИ

КПД наплавки

$$\eta_n = \frac{F_n \cdot V \cdot S_{nl}}{q}$$

где F_n - площадь металла, наплавленного за один проход.

Чаще всего $\eta_n = 0,15 \div 0,30$.

Полный тепловой КПД:

$$\eta_{np} = \eta_t \cdot \eta_u$$

Теоретически $\eta_{np} \leq 0,45$.

КПД сварки:

$$\eta_{св} = \eta_n + \eta_{np}$$

Теоретически $\eta_{св} \leq 0,5 \div 0,65$.

7. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИЧЕСКОГО ЦИКЛА СВАРКИ

1) Если толщина металла $\delta \leq 10$ мм, то расчет ведется по следующим формулам.

Скорость охлаждения определяется из уравнения:

$$W = - \frac{2 \pi \lambda C \gamma (T_{\min} - T_0)^3}{\left(\frac{q_u}{V \delta} \right)^2}, \text{ } ^\circ\text{C} / \text{c};$$

Для сталей средняя температура минимальной устойчивости аустенита $T_{\min} = 550$ °C.

Время пребывания металла при температуре интенсивного роста аустенитного зерна:

$$t_H = f_2 \frac{\left(\frac{q_u}{V\delta} \right)^2}{\lambda C \gamma (T_{\max} - T)^2};$$

где $T_{\max}$ - максимальная температура нагрева данной точки;

f_2 - критерий, зависящий от параметра θ_1 :

$$\theta_1 = \frac{T - T_0}{T_{\max} - T_0},$$

где T - температура, время пребывания выше которой нас интересует:

$$T = T_{A_{C3}} + 100 \text{ } ^\circ C = 1000 \text{ } ^\circ C.$$

$$f_2 = \frac{1}{13,4\theta_1^2 - 0,089\theta_1};$$

где $T_{\max} = 1500 \text{ } ^\circ C$, T_0 - температура окружающего воздуха.

Написать вывод, основываясь на следующем: при $t_H > (12 \div 15)с$ ухудшение свойств металла будет существенно; при $t_H \leq 2с$ нет никаких ухудшений свойств ЗТВ. Также следует обратить внимание, не превышает ли скорость охлаждения допустимую; если да, предложить способы ее снижения.

2) Если толщина металла $\delta > 10 \text{ мм}$, то расчет ведется следующим образом.

Скорость охлаждения определяется из уравнения:

$$W = - \frac{q}{\theta} \cdot \frac{2\pi \cdot \lambda \cdot (T_{\min} - T_0)^2}{\frac{q_u}{V}};$$

Величина безразмерного критерия $\frac{q}{\theta}$ определяется уравнением:

$$\frac{q}{\theta} = 0,145 + \exp \left[- \left(\frac{1}{\theta} - 0,39 \right) \right],$$

где

$$\frac{1}{\theta} = \frac{\frac{2q_u}{V}}{\pi\delta^2 C \gamma (T_{\min} - T_0)}.$$

Время пребывания металла при температуре интенсивного роста аустенитного зерна:

$$t_H = f_3 \frac{\frac{q_u}{V}}{\lambda (T_{\max} - T_0)};$$

$$\theta_1 = \frac{T - T_0}{T_{\max} - T_0};$$

$$f_3 = 0,181 \cdot \theta_1^{-1} - 0,144$$

Написать вывод о целесообразности корректировки выбранных режимов сварки, сварочных материалов.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, при условии:
 - – своевременного представления работы;
 - – правильного решения задач;

- – глубокого и полного представления решения, с необходимыми расчётами и пояснениями;
 - – высокого уровня оформления и качественного представления графического материала;
 - – студент демонстрирует глубокое понимание и усвоение материала и правильно отвечает на все предлагаемые вопросы.
- оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он демонстрирует знание, понимание материала и умение его практически использовать, в основном, удовлетворяет критериям оценки «5», однако допускаются несущественные неточности, погрешности в изложении, небрежности в оформлении записей и рисунков.
 - оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он проявляет при оформлении работы и её защите твердое знание фундаментальных положений курса, но не показывает должной глубины в понимании существа вопросов, а также допускает неточности, иногда поверхностные формулировки, излагает материал нелогично, испытывает затруднения в практическом применении знаний.
 - оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если он не знает основных положений курса, либо не знает или не понимает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большим затруднением выполняет практические работы.

Общие требования к оформлению контрольной работы

Контрольная работа выполняется на листах бумаги формата А-4 в Microsoft Word или OpenOffice Writer. Поля документа: верхнее, нижнее – 20мм; левое – 30мм; правое – 15мм. Шрифт - Times New Roman, размер шрифта – 14; междустрочный интервал – 1,5; абзацный отступ – 1,25; выравнивание текста по ширине страницы, нумерация страниц сквозная по середине внизу (номер на первой странице не указывается, нумерация начинается с титульного листа). Нумерацией страниц сверху страницы посередине, абзацный отступ на расстоянии 2,25 см от левой границы поля. В тексте обязательны ссылки на первоисточники. Количество источников: не менее 5-8 различных источников для доклада, не менее 8-10 для реферата.

Оформление таблиц:

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы указывается над таблицей. В заголовке указывается номер таблицы (справа, размер шрифта – 14, начертание – жирное), на следующей строке ее название (посередине, размер шрифта – 14, начертание – без начертания).

Оформление иллюстраций:

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотографии) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки. Размер шрифта – 12.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст).

Формулы:

Формулы в тексте набираются во встроенном редакторе формул (Microsoft Equation и др.) посередине, справа при необходимости указывается ее номер.

Представление:

Контрольная работа для защиты должна быть представлена в электронном и печатном виде.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6.1. Образовательные технологии: кейс-анализ; презентации; проекты; интерактивные лекции; групповые дискуссии; peer education/равный обучает равного; проектные семинары, групповая консультация.

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

	Тема дисциплины	Форма учебного занятия	
		Лекция	Лабораторные работы
1.	Модуль 1. Физические основы сварки металлов Тема 1. Основная сварочная терминология. Основные трудности, препятствующие получению межзатомных связей при сварке. пути преодоления этих трудностей	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
2.	Тема 2. Классификация способов сварки. Образование сварных соединений при холодной, стыковой контактной сварке, при сварке плавлением. Особенности образования сварных соединений при точечной и шовной контактной сварке	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
3.	Тема 3. Трудности образования сварных соединений при сварке разнородных металлов	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
4.	Модуль 2. Электрическая сварочная дуга Тема 4. Отличительные свойства дугового разряда. Физические процессы (эмиссия, ионизация), обеспечивающие протекание тока в межэлектродном промежутке	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
5.	Тема 5. Способы возбуждения сварочной дуги	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
6.	Тема 6. Основные параметры сварочной дуги, ее статистическая характеристика. Физические процессы и энергетические преобразования в различных зонах сварочной дуги	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
7.	Тема 7. Перенос металла с электрода в сварочную ванну. Способы создания управляемого переноса металла	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)

	Тема дисциплины	Форма учебного занятия	
		Лекция	Лабораторные работы
8.	Модуль 3. Тепловые процессы при сварке Тема 8. Расчеты нагрева металла дугой	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
9.	Тема 9. Нагрев и плавление электродного металла при сварке	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
10.	Тема 10. Плавление основного металла сварочной дугой	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
11.	Тема 11. Термический цикл основного металла при сварке	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
12.	Модуль 4. Металлургические процессы при сварке Тема 12. Газовая фаза в зоне сварки плавлением	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
13.	Тема 13. Шлаковая фаза при сварке плавлением	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
14.	Тема 14. Окисление и раскисление металла при сварке	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
15.	Тема 15. Легирование металла при сварке плавлением	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
16.	Тема 16. Рафинирование металла при сварке	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
17.	Модуль 5. Технологическая прочность сварных соединений Тема 17. Поры в металле шва	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
18.	Тема 18. Шлаковые включения в металле шва	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
19.	Тема 19. Горячие трещины при сварке	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)

	Тема дисциплины	Форма учебного занятия	
		Лекция	Лабораторные работы
20.	Тема 20. Холодные трещины при сварке	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
21.	Модуль 6. Свариваемость металлов Тема 21. Понятие свариваемости. Физическая (принципиальная) и технологическая свариваемость	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)
22.	Тема 22. Способы оценки технологической свариваемости	лекция-презентация	выполнение практических заданий, анализ конкретных ситуаций, обучение действием («action learning»)

6.2. Информационные технологии

- использование виртуальной обучающей среды (LMS Moodle «Электронное образование»);
- использование электронных учебников и различных сайтов как источник информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление учащихся с оценками и т.д.);
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 10 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
Notepad++	Текстовый редактор
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
Scilab	Пакет прикладных математических программ
MathCad 14	Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением

Наименование программного обеспечения	Назначение
KOMPAS-3D V21	Создание трёхмерных ассоциативных моделей отдельных элементов и сборных конструкций из них
Blender	Средство создания трёхмерной компьютерной графики
PyCharm EDU	Среда разработки
R	Программная среда вычислений
VirtualBox	Программный продукт виртуализации операционных систем
Autodesk 3ds Max 2021	Профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации при создании игр и проектировании.
Autodesk AutoCad 2021	Пакет программ для точного проектирования и цифрового черчения планов, развёрток, схем и виртуальных трёхмерных моделей.
FreeCAD	Программа параметрического трёхмерного моделирования, предназначенная прежде всего для проектирования объектов реального мира любого размера.
CorelDRAW Graphics Suite x6	Надёжное программное решение для графического дизайна, которое подойдет как начинающим, так и опытным пользователям. Пакет включает в себя среду с обширным контентом и профессиональные приложения для графического дизайна, редактирования фотографий и веб-дизайна.

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. [Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС»](http://dlib.eastview.com)

<http://dlib.eastview.com>

Имя пользователя: AstrGU, Пароль: AstrGU

2. Электронные версии периодических изданий, размещённые на сайте информационных ресурсов - www.polpred.com

3. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем» - <https://library.asu.edu.ru/catalog/>

4. Электронный каталог «Научные журналы АГУ» - <https://journal.asu.edu.ru/>

5. Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) – сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек.

<http://mars.arbicon.ru>

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Паспорт фонда оценочных средств.

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «**Теория сварочных процессов**» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных

в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем

Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств

№ п/п	Контролируемая тема дисциплины	Код кон- тролируе- мой ком- петенции	*Наим. оценоч- ного средства
1.	Модуль 1. Физические основы сварки металлов Тема 1. Основная сварочная терминология. Основные трудности, препятствующие получению межатомных связей при сварке. пути преодоления этих трудностей	ПК-1; ПК-5	1-3
2.	Тема 2. Классификация способов сварки. Образование сварных соединений при холодной, стыковой контактной сварке, при сварке плавлением. Особенности образования сварных соединений при точечной и шовной контактной сварке		1-3
3.	Тема 3. Трудности образования сварных соединений при сварке разнородных металлов		1-3
4.	Модуль 2. Электрическая сварочная дуга Тема 4. Отличительные свойства дугового разряда. Физические процессы (эмиссия, ионизация), обеспечивающие протекание тока в межэлектродном промежутке		1-3
5.	Тема 5. Способы возбуждения сварочной дуги		1-3
6.	Тема 6. Основные параметры сварочной дуги, ее статистическая характеристика. Физические процессы и энергетические преобразования в различных зонах сварочной дуги		1-3
7.	Тема 7. Перенос металла с электрода в сварочную ванну. Способы создания управляемого переноса металла		1-3
8.	Модуль 3. Тепловые процессы при сварке Тема 8. Расчеты нагрева металла дугой		1-3
9.	Тема 9. Нагрев и плавление электродного металла при сварке		1-3
10	Тема 10. Плавление основного металла сварочной дугой		1-3
11	Тема 11. Термический цикл основного металла при сварке		1-3
12	Модуль 4. Металлургические процессы при сварке Тема 12. Газовая фаза в зоне сварки плавлением		1-3
13	Тема 13. Шлаковая фаза при сварке плавлением		1-3
14	Тема 14. Окисление и раскисление металла при сварке		1-3
15	Тема 15. Легирование металла при сварке плавлением		1-3
16	Тема 16. Рафинирование металла при сварке		1-3

17	Модуль 5. Технологическая прочность сварных соединений Тема 17. Поры в металле шва		1-3
18	Тема 18. Шлаковые включения в металле шва		1-3
19	Тема 19. Горячие трещины при сварке		1-3
20	Тема 20. Холодные трещины при сварке		1-3
21	Модуль 6. Свариваемость металлов Тема 21. Понятие свариваемости. Физическая (принципиальная) и технологическая свариваемость		1-3
22	Тема 22. Способы оценки технологической свариваемости		1-3

*Оценочные средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам дисциплины
2	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Для оценивания результатов обучения в виде **знаний** используются: тестирование, индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде **умений и владений** используются: практические задания, включающие одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить. Простые ситуационные задачи (для оценки умений) с коротким ответом или простым действием и несложные задания по выполнению конкретных действий. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуации (для оценки владений).

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	1. Правильное выполнение 90% предложенных тестовых заданий 2. Умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, делать необходимые выводы.

	3. Демонстрация глубоких знаний теоретического материала, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры.
4 «хорошо»	1. Правильное выполнение 80% предложенных тестовых заданий 2. Демонстрируются знания теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	1. Правильное выполнение 70% предложенных тестовых заданий 2. Демонстрируется неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов.
2 «неудовлетворительно»	Демонстрируются существенные пробелы в знании теоретического материала, не способность его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя.

Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	1. Правильное, самостоятельное и своевременное выполнение заданий по темам дисциплины (подпись преподавателя) 2. Демонстрируется способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполнение заданий. 3. Умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.
4 «хорошо»	1. Правильное, самостоятельное и своевременное выполнение заданий по темам дисциплины (подпись преподавателя), допускаются недочеты, не влияющие на суть задачи. 2. Демонстрируется способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательное и правильное выполнение заданий. 3. Умение обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, возможны единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	1. Правильное, самостоятельное и своевременное выполнение заданий по темам дисциплины (подпись преподавателя), допускаются недочеты при решении комплексных задач, задание выполнено с помощью тьютера. 2. Неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя; 3. Демонстрируются отдельные, несистематизированные навыки, неспособность применить знания теоретического материала при выполнении заданий, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	1. Отсутствие выполненных заданий по темам дисциплины (подпись преподавателя) и его теоретического обоснования. 2. Отсутствие умения самостоятельно правильно выполнить задание

7.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Оценочное средство 13 (вопросы для собеседования, устный опрос) имеют следующий вид:

МОДУЛЬ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ

1. Что называют сваркой с точки зрения теории сварочных процессов?
2. В чем сущность введения и преобразования энергии и вещества в зоне сварки?
3. Каким образом происходит создание монолитного соединения в результате сварки?
4. Как классифицировать способы сварки по видам энергии активации и агрегатному состоянию вещества?
5. В чем состоит физическая сущность сварки?
6. Какие технические задачи решают с помощью сварки?
7. Какие источники тепла используют при сварке плавлением?
8. Что такое электрическая дуга и как её применить для сварки?
9. Как определить эффективную мощность сварочной дуги?
10. В чем состоит значение для горения св. дуги эмиссии электронов и ионизации газов?
11. Как использовать энергию излучения в качестве сварочного источника тепла? Поясните на нескольких примерах.
12. Как использовать механическую энергию для соединения материалов? Какие способы сварки основаны на использовании механической энергии?
13. В чем состоит сущность сварки в твердом и жидком состояниях с использованием механической и тепловой энергии?
14. В чем состоит сущность сварки в жидком и парообразном состояниях с применением тепловой энергии? Приведите примеры таких способов сварки.
15. Как можно использовать электрическое сопротивление в качестве источника тепла для сварки? В чем состоит разница при выделении тепла при прохождении тока через металлический проводник и в контакте между двумя проводниками?

Оценочное средство 15 (тест) имеют следующий вид:

МОДУЛЬ I. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ

1 Дайте определение термину «сварной шов».

- А Участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла.
- Б Расплавленный металл в месте соединения свариваемых деталей.
- В Неразъемное соединение, выполненное сваркой.

2 Дайте определение термину «свариваемость».

- А Отношение металла к совокупности физико-химических процессов, определяющих возможность получения сварного соединения без дефектов с требуемыми эксплуатационными свойствами.
- Б Комплексные свойства металла, определяющего возможность получения качественного сварного соединения с заданными эксплуатационными свойствами при дуговой сварке.
- В Процесс образования сварных соединений при сварке плавлением.

3 В чем принципиальные трудности образования сварных соединений?

- А В световом и тепловом воздействии на сварщика во время сварки.
- Б В наличии микронеровностей, загрязнений на поверхности свариваемых деталей.
- В В появлении напряжений и деформаций в процессе сварки.

4 Что следует понимать под энергией активации?

- А Энергия, необходимая для перевода атомов в химически активное состояние.
- Б Энергия, необходимая для поверхностной очистки металлов от загрязнений.
- В Энергия, необходимая для вывода на поверхность ювенильных слоев металла.

- 5 Какие существуют принципы классификации видов сварки?**
А По технологическим признакам.
Б По техническим признакам.
В По физическим признакам.
- 6 Как классифицируются виды сварки по состоянию металла в сварочной зоне в момент сварки?**
А Сварка в жидкой фазе, твердой фазе, твердожидкой фазе.
Б Сварка в жидкой и твердой фазе.
В Сварка металла, имеющую чистую или окисленную поверхность.
- 7 Какие существуют способы защиты металла в зоне сварки?**
А Газовой фазой, шлаковой фазой.
Б Газовой и шлаковой фазой.
В Инертными газами, нейтральными солями.
- 8 За счет каких процессов происходит образование сварного соединения при холодной сварке?**
А В результате рекристаллизации.
Б В результате перекристаллизации.
В В результате явления схватывания.
- 9 При каких методах контактной сварки сварной шов имеет дендритное строение?**
А При контактной стыковой сварке сопротивлением.
Б При контактной стыковой сварке оплавлением.
В При шовной сварке.
- 10 Какие физико-химические процессы обеспечивают получение сварного соединения при сварке плавлением?**
А Плавление, смачивание, взаимная кристаллизация.
Б Дегазация, термическая диссоциация, образование эвтектик.
В Плавление, смачивание, образование интерметаллидов.
- 11 Какие процессы обеспечивают получение непрерывной структурной связи при контактной стыковой сварке?**
А Очистка металла от поверхностных загрязнений, рекристаллизация.
Б Предварительный подогрев изделий, рекристаллизация.
В Очистка металла от поверхностных загрязнений, взаимная кристаллизация.
- 12 Какие свойства свариваемых металлов анализируются при анализе их металлургической совместимости при сварке плавлением?**
А Их химическую активность, тип кристаллической решетки.
Б Теплофизические характеристики, возможность образования жидких и твердых растворов.
В Возможность образования дефектов первичной кристаллизации сварочной ванны.
- 13 Как влияет взаимная растворимость свариваемых металлов на образование сварного соединения при сварке плавлением?**
А Не оказывает влияния.
Б Обеспечивает непрерывную структурную связь.

- В Обеспечивает непрерывную структурную связь в случае предварительного подогрева свариваемых металлов.
- 14 Какие технологические приемы обеспечивают получение сварного соединения при сварке плавлением металлов, не образующих твердых растворов?**
- А Предварительный подогрев.
- Б Увеличение содержания интерметаллидов в металле шва.
- В Использование промежуточных вставок из других металлов.

Оценочное средство 4 (контрольная работа) имеют следующий вид:

Вариант 1

1. Привести классификацию способов сварки, и сформулировать возможные классификационные признаки.
 2. Указать основные параметры термического цикла сварки.
 3. Определить мгновенную производительность расплавления (г/с) и коэффициент расплавления электрода диаметром 5 мм на номинальном токе при РДС малоуглеродистой стали, если $U_0 = 28 \text{ В}$; $\eta_0 = 15\%$; $T_0 = 20^\circ\text{C}$; $D_1 = 200^\circ\text{C}$.
 $A = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^4 \cdot \text{C} \cdot \text{A}^{-2}$; $m = 2,5 \text{ мм}^3 \cdot \text{C} \cdot \text{A}^{-2}$.
- Расчет производительности расплавления электрода производить к концу его плавления, принимая время протекания $t = 50 \text{ с}$. Найти коэффициент неравномерности плавления электрода.

Вариант 2

1. Укажите основные принципиальные трудности, препятствующие установлению межатомных связей при сварке.
 2. Опишите идеальный термический цикл, способы его реализации.
 3. Рассчитайте долю участия основного металла в металле шва при РДС встык ВСтЗкп толщиной 6 мм электродом диаметром 5 мм на номинальном токе, если коэффициент наплавки составляет $9,5 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$, а скорость сварки – 10 м/ч .
- 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК- 1. Техническая подготовка сварочного производства, его обеспечение и нормирование				
1.	Задание закрытого типа	Дайте определение термину «сварной шов». А. Участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла. Б. Расплавленный металл в месте соединения свариваемых деталей. В. Неразъемное соединение, выполненное сваркой.	А	1

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
2.		Дайте определение термину «свариваемость». А. Отношение металла к совокупности физико-химических процессов, определяющих возможность получения сварного соединения без дефектов с требуемыми эксплуатационными свойствами. Б. Комплексные свойства металла, определяющего возможность получения качественного сварного соединения с заданными эксплуатационными свойствами при дуговой сварке. В. Процесс образования сварных соединений при сварке плавлением.	А	1
3.		В чем принципиальные трудности образования сварных соединений? А. В световом и тепловом воздействии на сварщика во время сварки. Б. В наличии микронеровностей, загрязнений на поверхности свариваемых деталей. В. В появлении напряжений и деформаций в процессе сварки.	Б	1
4.		Что следует понимать под энергией активации? А. Энергия, необходимая для перевода атомов в химически активное состояние. Б. Энергия, необходимая для поверхностной очистки металлов от загрязнений. В. Энергия, необходимая для вывода на поверхность ювенильных слоев металла.	А	1
5.		Какие существуют принципы классификации видов сварки? А. По технологическим признакам. Б. По техническим признакам. В. По физическим признакам.	А	1
6.	Задание открытого типа	При аргонодуговой сварке коррозионно-стойкой стали 08Х18Н9Т неплавящимся вольфрамовым электродом на прямой полярности напряжение дуги $U_d = 15$ В. Диаметр электрода $D_{\text{э}} = 4$ мм, ток дуги $I_d = 250$ А. Потери тепла от дуги в окру-	Ответ: $P_r = 940$ Вт.	15

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		жающую среду составляют 20% ее мощности. Определить потери мощности дуги в электрод сварочной горелки.		
7.		Ручная сварка пластин из стали Ст3 (ГОСТ 380) велась покрытыми электродами на постоянном токе прямой полярности. Размеры каждой из пластин 500X300X3 мм. Средняя скорость сварки $V_{св} = 10 \text{ м / час}$, диаметр электрода $D_э = 4 \text{ мм}$, ток дуги $I_д = 140 \text{ А}$, напряжение на дуге $U_д = 22 \text{ В}$. Определить приращение средней температуры пластин после сварки.	$T_{ср} \approx 98^\circ \text{C}$	15
8.		Автоматическая аргонодуговая сварка плавящимся электродом стыкового соединения без разделки кромок на алюминиевом сплаве АМц велась на режиме: напряжение на дуге $U_д = 25 \text{ В}$, то дуги $I_э = 150 \text{ А}$, диаметр электродной проволоки $d_э = 1,2 \text{ мм}$, скорость сварки $V_{св} = 10 \text{ м / час}$. Толщина свариваемых пластин $S = 3 \text{ мм}$. Определить погонную энергию сварки и затраты энергии E на единицу площади соединения.	$q_n = 8910 \text{ Джс / см}$.	15
9.		Сварка пластин из коррозионностойкой стали 08Х18Н9Т производилась на сварочном автомате неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона. Толщина свариваемых пластин $S = 4 \text{ мм}$, сварка велась за один проход без разделки кромок и подачи присадочной проволоки. Скорость сварки $V_{св} = 20 \text{ м / час}$, напряжение дуги $U_д = 15 \text{ В}$, ток дуги $I_д = 250 \text{ А}$, диаметр электрода $D_э = 4 \text{ мм}$. После сварки были изготовлены макрошлифы поперечного сечения шва и получено, что площадь сечения шва $F_{ш} = 20 \text{ мм}^2$. Определите термический и полный КПД процесса сварки.	$\eta_u = 0,44 \cdot 0,55 = 0,24$	15

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
10.		Термический КПД процесса сварки равен $\eta_T = 0,3$. Контур поперечного сечения сварного шва представляет собой параболу. Коэффициент формы шва $\psi = b/h = 2$, где b - ширина шва, h - глубина провара. Напряжение на дуге $U_o = 22 \text{ В}$, ток дуги $I_o = 300 \text{ А}$. Толщина листа 6мм. Сварка автоматическая в среде CO_2 велась со скоростью 18м/час. Определить глубину проплавления металла.	$h = b = 5,3 \text{ мм}$	15
11.	Комбинированный тип заданий	Сделав допущение, что максимальный тепловой поток от сварочной дуги к изделию не зависит от режимов дуги, определите влияние тока и длины дуги на величину коэффициент сосредоточенности k . Расчеты проводить в диапазоне токов дуги 100...400 А, длины дуги 1...5 мм. Принять, что эффективный КПД дуги не зависит от режимов и равен 0,75. Напряжение дуги U_o при $l_o = 1 \text{ мм}$ $U_o = 20 \text{ В}$. Напряженность электрического поля в столбе $E_o = 0,6 \text{ В / мм}$. Принять, что осевой тепловой поток $q_o = 3000 \text{ Вт / см}^2$.	При токе 100 А и длине дуги 1 мм ее эффективная мощность 1650 Вт, а коэффициент сосредоточенности составит $5,7 \text{ см}^2$. Приводимые в литературе результаты экспериментальных исследований коэффициента сосредоточенности также показывают его снижение с увеличением тока дуги. Это объясняется тем, что при увеличении мощности дуги увеличивается площадь пятна нагрева, причем рост площади несколько опережает рост мощности.	2
12.		Два неподвижных источника тепла действуют concentric друг другу с противоположных сторон тонкой пластины. Максимальный тепловой поток первого источника 2400 Вт / см^2 , второго 1800 Вт / см^2 . Диаметры пятен нагрева источников составляют соответственно 10 и 8мм. Определить общую эффективную мощность двух источников сварочного нагрева, если тепловой поток каждого подчиняется закону нормального распределения.	Для 1-го источника $q_u = 628 \text{ Вт}$, для 2-го $q_u = 300 \text{ Вт}$. Общая мощность двух источников 928 Вт.	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-5. Разработка технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства				
1.	Задание закрытого типа	Как можно добиться резкого снижения величины эффективного потенциала ионизации? А. Путем введения щелочных, щелочно-земельных элементов. Б. Состав сварочных материалов. В. Путем введения глинозема в состав сварочных материалов.	А	1
2.		Как влияет эффективный потенциал ионизации на температуру столба дуги? А. Температура столба дуги прямо пропорциональна эффективному потенциалу ионизации. Б. Температура столба дуги обратно пропорциональна эффективному потенциалу ионизации. В. Температура столба дуги не зависит от эффективного потенциала ионизации.	А	1
3.		Из каких основных областей состоит дуговой разряд? А. Из катодной и анодной областей, а также столба дуги. Б. Из катодной и анодной областей, а также межэлектродного промежутка. В. Из межэлектродного промежутка, катодного и анодного пятен.	А	1
4.		За счет какой энергии происходит нагрев металла в катодной и анодной областях? А. За счет энергии заряженных частиц, достигающих активных пятен. Б. За счет лучистой энергии от столба дуги. В. За счет джоулева тепла, выделяющегося в активных пятнах.	А	1
5.		Как влияет величина катодного и анодного падения напряжений на производительность расплавления катода и анода? А. Производительность расплавления катода и анода не зависит от величины падения напряжений в этих областях. Б. Производительность расплавления катода и анода прямо пропорциональна падению напряжений в этих областях.	Б	1

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		В. Производительность расплавления катода и анода обратно пропорциональна падению напряжений в этих областях.		
6.	Задание открытого типа	Сварочный источник тепла имеет следующие параметры нормального распределения: осевой тепловой поток $q_o = 3000 \text{ Вт / см}^2$, эффективная мощность 1320 Вт. Определить форму проплавления металла при действии дуги на пластину из низкоуглеродистой стали через секунду после зажигания дуги. Принять, что тепловой поток от дуги распространяется только перпендикулярно поверхности пластины.	$h = 0,37 \text{ см}$. Форма проплавления в других точках пластины будет определяться соотношением $q_o / q(r)$, то есть сосредоточенностью теплового потока.	15
7.		Сделав допущение, что максимальный тепловой поток от сварочной дуги к изделию не зависит от режимов дуги, определите влияние тока и длины дуги на величину коэффициент сосредоточенности k . Расчеты проводить в диапазоне токов дуги 100...400 А, длины дуги 1...5 мм. Принять, что эффективный КПД дуги не зависит от режимов и равен 0,75. Напряжение дуги U_o при $l_o = 1 \text{ мм}$ $U_o = 20 \text{ В}$. Напряженность электрического поля в столбе $E_o = 0,6 \text{ В / мм}$. Принять, что осевой тепловой поток $q_o = 3000 \text{ Вт / см}^2$.	При токе 100 А и длине дуги 1 мм ее эффективная мощность 1650 Вт, а коэффициент сосредоточенности составит $5,7 \text{ см}^2$. Приводимые в литературе результаты экспериментальных исследований коэффициента сосредоточенности также показывают его снижение с увеличением тока дуги. Это объясняется тем, что при увеличении мощности дуги увеличивается площадь пятна нагрева, причем рост площади несколько опережает рост мощности.	15
8.		Два неподвижных источника тепла действуют concentric друг другу с противоположных сторон тонкой пластины. Максимальный тепловой поток первого источника 2400 Вт / см^2 , второго 1800 Вт / см^2 . Диаметры пятен нагрева источников составляют соответственно 10 и 8 мм. Определить общую эффектив-	Для 1-го источника $q_u = 628 \text{ Вт}$, для 2-го $q_u = 300 \text{ Вт}$. Общая мощность двух источников 928 Вт.	15

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		ную мощность двух источников сварочного нагрева, если тепловой поток каждого подчиняется закону нормального распределения.		
9.		Два сварочных источника тепла с нормально-круговым распределением теплового потока по поверхности движутся по свариваемым пластинам друг за другом со смещением их осей на 3 мм. Эффективная мощность первого источника 2500 Вт, второго 3200 Вт. Коэффициенты сосредоточенности источников составляют соответственно 6 и 4 см^{-2}. Определите тепловой поток суммарного источника тепла в середине между осями источников.	$q_1(0,15) = 1240 \text{ Вт / см}^2$; $q_2(0,15) = 1665 \text{ Вт / см}^2$. Суммарный тепловой поток в центре между источниками равен сумме этих двух тепловых потоков.	15
10.		Два нормально-круговых линейных источника тепла движутся в свариваемых пластинах друг за другом со смещением их осей на $\Delta = 4 \text{ мм}$. Эффективная мощность первого источника 2300 Вт, второго 3000 Вт. Коэффициенты сосредоточенности источников составляют соответственно 5 и 3 см^{-2}. Определите суммарную длину пятна нагрева от двух сварочных источников тепла.	Суммарная длина двух источников $L_u = 3,15 \text{ см}$.	15
11.	Комбинированный тип заданий	Сварка пластин из коррозионностойкой стали 08X18H9T производилась на сварочном автомате неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона. Толщина свариваемых пластин $S = 4 \text{ мм}$, сварка велась за один проход без разделки кромок и подачи присадочной проволоки. Скорость сварки $V_{св} = 20 \text{ м / час}$, напряжение дуги $U_d = 15 \text{ В}$, ток дуги $I_d = 250 \text{ А}$, диаметр электрода $D_e = 4 \text{ мм}$. После сварки были изготовлены макрошлифы поперечного сечения шва и получено, что площадь сечения шва $F_{ш} = 20 \text{ мм}^2$. Определите термический и полный КПД процесса сварки.	$\eta_u = 0,44 \cdot 0,55 = 0,24$	15

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
12.		Термический КПД процесса сварки равен $\eta_T = 0,3$. Контур поперечного сечения сварного шва представляет собой параболу. Коэффициент формы шва $\psi = b / h = 2$, где b - ширина шва, h - глубина провара. Напряжение на дуге $U_d = 22 \text{ В}$, ток дуги $I_d = 300 \text{ А}$. Толщина листа 6мм. Сварка автоматическая в среде CO_2 велась со скоростью 18м/час. Определить глубину проплавления металла.	$h = b = 5,3 \text{ мм}$	15

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины, и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий/баллы	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
6 семестр				
Основной блок				
1.	Опрос	4/6	24	
2.	Контрольная работа	1/20	20	
3.	Расчетно-графическая работа	1/20	20	
4.	Тест по теме	4/6	24	
	Всего		88	
Блок бонусов				
5.	Отсутствие пропусков (лекций, практических занятий)		4	
6.	Активная работа на занятиях		4	
7.	Своевременное выполнение заданий		4	
	Всего		12	
	Итого		100	
7 семестр				
Основной блок				
1.	Опрос	2/5	10	
3.	Расчетно-графическая работа	2/20	40	

4.	Тест по теме	2/5	10	
	Всего		60	
Блок бонусов				
5.	Отсутствие пропусков (лекций, практических занятий)		4	
6.	Активная работа на занятиях		4	
7.	Своевременное выполнение заданий		2	
	Всего		10	
Дополнительный блок				
	Экзамен	1	40	
	Итого		100	
7 семестр				
Основной блок				
1	Опрос по темам	3/7	21	
2	Расчетно-графическая работа 3	1/40	40	
	Всего		61	
Блок бонусов				
4	Отсутствие пропусков (лекций, практических занятий)		4	
5	Активная работа на занятиях		4	
6	Своевременное выполнение заданий		2	
	Всего		10	
Дополнительный блок				
7	Экзамен	1	40	
	Итого		100	

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия из расчета 1 занятие – 100 баллов)

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-10
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-10
<i>Неготовность к занятию</i>	-20
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-30

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Основная литература

1. Краснощёкое Ю.В., Теория сварочных процессов конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс]: учебное пособие / Краснощёкое Ю. В., Заполева М. Ю. - М. : Инфра-Инженерия, 2018. - 296 с. - ISBN 978-5-9729-0205-7 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902057.html>
2. Неровный, В. М. Теория сварочных процессов : учебник для вузов / В. М. Неровный - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. - 702 с. - ISBN 978-5-7038-4543-1. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703845431.html>
3. Кошкарев Б.Т. Теория сварочных процессов: Учебное пособие. Невинномысск, 2012.-217с.
4. Коновалов А.В. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов – Москва: МГТУ им. Баумана, 2007. – 479 с.

8.2. Дополнительная литература

1. ГОСТ 2601-84. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий.
2. ГОСТ 19521-74. Сварка металлов. Классификация.
3. ГОСТ 13585-68. Сталь. Метод для определения допускаемых режимов дуговой сварки и наплавки.
4. ГОСТ 23870-79. Свариваемость сталей. Метод оценки влияния сварки плавлением на основной металл.
5. ГОСТ 26389-84. Соединения сварные. Методы испытаний на сопротивляемость образованию горячих трещин при сварке плавлением.
6. ГОСТ 26388-84. Соединения сварные. Методы испытаний на сопротивляемость образованию холодных трещин при сварке плавлением.

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины

1. <https://book.ru/book/>
2. <http://www.studentlibrary.ru/book/>
3. Moodle: Образовательный портал ФГБОУ ВО «АГУ»

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения занятий по дисциплине необходима аудитория, оборудованная учебной мебелью, мультимедийной техникой с возможностью презентации обучающих материалов, средствами наглядного представления учебных материалов; зал самостоятельной работы, оборудованный компьютерами, имеющими доступ к сети Интернет.

10. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания.

Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочесть задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).