

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-Российского университета

  
Ю.В. Машин

20.10.2023

Регистрационный № УД-150301/Б.1.0.16/р

## ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Направленность (профиль) Инновационные технологии в сварочном производстве

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	2
Семестр	3, 4
Лекции, часы	68
Лабораторные работы, часы	32
Зачёт, семестр	3
Экзамен, семестр	4
Контактная работа по учебным занятиям, часы	100
Самостоятельная работа, часы	152
Всего часов / зачетных единиц	252/7

Кафедра-разработчик программы: Оборудование и технология сварочного производства  
(название кафедры)

Составитель: А. Г. Лупачев, канд.техн.наук, доцент  
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Могилев, 2023

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение № 727 от 09.08.2021 и учебным планом рег. №150301-2.1 от 28.04.2023

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой

Оборудование и технология сварочного производства

(название кафедры)

«11» октября 2023 г., протокол № 3.

Зав. кафедрой  А.О. Коротеев

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом  
Белорусско-Российского университета

18.10.2023, протокол № 2

Зам. председателя  
Научно-методического совета

 С.А. Сухоцкий

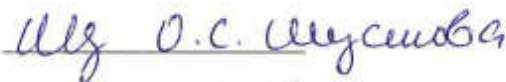
Рецензент:

Железнев Игорь Петрович, главный технолог завода «Могилевтрансмаш» ОАО «МАЗ»  
управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ»

(И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание рецензента)

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического  
отдела

 О. Е. Печковская

# 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## 1.1 Цель учебной дисциплины

Целью преподавания дисциплины является развитие у студентов представлений, знаний и умений о физико-химических процессах, протекающих при сварке и причинно-следственных связей между характером протекания процессов и качеством соединений для управления этими процессами в соответствии с требованиями к свойствам соединений.

## 1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- механизмы взаимодействия металла с газами и шлаками и его последствия;
- методику расчета процессов распространения тепла для различных расчетных схем нагреваемых тел и источников тепла;
- механизмы образования горячих и холодных трещин и методы повышения технологической прочности;

**уметь:**

- применять методы повышения сопротивляемости образованию пор, горячих и холодных трещин при проектировании технологии сварки;
- рассчитывать тепловые процессы при решении технологических задач;
- применять расчетные методы оценки технологической прочности сварных соединений

**владеть:**

- методикой оценки технологической прочности сварных соединений;

## 1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 "Дисциплины (модули)" – (обязательная часть Блока 1).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- «Физика».

Перечень учебных дисциплин, которые будут опираться на данную дисциплину:

- «Технология сварки плавлением и термической резки»;
- «Технология контактной сварки»;
- «Сварка концентрированными потоками энергии»;
- «Сварка и термическая обработка специальных сталей и сплавов в машиностроении»

Кроме того, результаты, полученные при изучении дисциплины на лабораторных и лекционных занятиях будут применены при прохождении первой технологической (проектно-технологической) практики, преддипломной практики, а также при подготовке выпускной квалификационной работы.

## 1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-1	Владеть физическими основами способов сварки, знаниями для решения теоретических и практических задач получения сварных соединений различных металлов и сплавов, вопросами технологической свариваемости металлов и сплавов

## 2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

### 2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Металлы. Строение и свойства	Атомы и межатомные связи в твердых телах. Физические и химические свойства, имеющие отношение к процессу сварки.	ПК-1
2	Сущность процесса сварки. Механизм образования сварного соединения	Сущность процесса сварки. Механизм образования сварного соединения без расплавления (в твердой фазе) и с расплавлением (через жидкую фазу), кинетика возникновения межатомных (металлических) связей между свариваемыми элементами. Энергия активации. Определение понятия сварки по ГОСТ 2601.	ПК-1
3	Классификация процессов сварки (ГОСТ 19521). Признаки классификации	Признаки классификации: физические, технические, технологические. Классы виды и способы сварки. Сварка плавлением и давлением. Источники энергии, используемые для получения сварного соединения. . Пайка и склеивание. Термодинамическое определение сварки.	ПК-1
4	Сварочная дуга. Физическая сущность и процессы, протекающие в сварочной дуге	Электрический разряд в газах. Термоэлектронная и автоэлектронная эмиссия электронов, работа выхода электронов. Ионизация атомов и молекул соударением, термическая и фотоионизация, потенциал ионизации элементов, рекомбинация.	ПК-1
5	Строение и свойства дуги	Строение сварочной дуги, процессы, происходящие в катодной и анодной областях. Электрические свойства дуги, зависимость напряжения дуги от ее длины. Вольтамперная характеристика. Особенности дуги переменного тока.	ПК-1
6	Тепловые и магнитные свойства дуги	Тепловые свойства дуги, температура в различных участках дуги. Полная и эффективная мощность дуги. Магнитные свойства дуги, магнитное дутье. Газовые потоки в дуге и причины их возникновения. Электродинамические силы пинч-эффекта.	ПК-1
7	Перенос металла в сварочной дуге	Перенос металла через дугу при сварке плавящимся электродом. Основные виды переноса. Силы, действующие в дуге на расплавленный металл. Перенос металла в дуге при ручной дуговой сварке покрытыми электродами, при аргонодуговой сварке и в углекислом газе плавящимся электродом. Управление переносом при механизированной сварке в защитном газе.	ПК-1
8	Термические недуговые источники тепла	Газовое пламя. Строение и характеристика ацетиленокислородного пламени, проходящие в нем химические и физические процессы, зоны и температура пламени. Нормальное, окислительное и науглераживающее	ПК-1

		пламя. Мощность газового пламени. Электрошлаковый расплав. Шлаковая ванна., образование ванны и ее основные характеристики. Перенос металла в шлаковой ванне. Сжатая электрическая дуга, электронный и фотонный лучи, реакция термита, токи высокой частоты, печной нагрев, электрический контакт. Принципы нагрева, общая характеристика.	
9	Основные теплофизические величины и понятия. Схемы нагреваемых тел	Основные теплофизические величины и понятия, используемые в расчетах тепловых процессов при сварке. Основные расчетные схемы процесса нагрева металла сварочными источниками теплоты. Классификация источников теплоты. Характер распределения температуры в пластине при подвижном линейном источнике теплоты (однопроходной дуговой сварке листов с проплавлением на всю толщину), влияние теплофизических свойств нагреваемого металла и параметров сварочной дуги на температурное поле.	ПК-1
10	Плавление основного металла	Сварочная ванна, ее образование при сварке плавлением. Форма ванны, головная и хвостовая части, основные геометрические размеры, коэффициенты формы проплавления и формы шва. Температура различных участков ванны. Расчетное определение геометрических параметров и продолжительности существования ванны. Строение сварного соединения, выполненного дуговой сваркой плавящимся электродом.	ПК-1
11	Термический цикл сварки	Термический цикл сварки, понятия, основные параметры. Расчет отдельных параметров термического цикла дуговой сварки. Эффективная погонная энергия процесса сварки, начальная температура свариваемого металла. их влияние на характер термического цикла. Оценка скорости охлаждения металл после сварки по времени охлаждения в диапазоне температур 800-500°C ( $t_{8/5}$ ). Особенности температурного цикла при многопроходной сварке.	ПК-1
12	Нагрев и плавление плавящегося электрода	Схемы нагрева плавящегося электрода при ручной и механизированной дуговой сварке, распределение температуры вдоль электрода, особенности и характеристики плавления электрода.	ПК-1
13	Термодинамические методы анализа металлургических процессов при сварке	Понятие о термодинамической системе. Вычисление энтальпии. Вычисление энтропии. Вычисление термодинамических потенциалов.	ПК-1
14	Расчет констант равновесия в системах	Условия равновесия в гомогенных и гетерогенных системах. Скорость химических реакций. Роль диффузионных процессов в гетерогенной системе.	ПК-1
15	Общая характеристика металлургических процессов при сварке плавлением и их влияние на качество	Специфические условия протекания процессов плавления металла и образования сварного соединения. Взаимодействие расплавленного металла с находящимся в зоне сварки газовой и шлаковой фазами и его влияние на качество сварных соединений. Газовая фаза. Образование и характерный состав при дуговой сварке. Роль газовой фазы в защите зоны сварки от воздуха.	ПК-1
16	Взаимодействие расплавленного металла с содержащимся в газовой фазе кислородом	Источники кислорода в газовой фазе. Растворение кислорода в железе его реакции с основной и элементами, находящимися в стали. Влияние на процессы взаимодействия кислорода с жидким металлом парциального давления кислорода в газовой фазе, температуры и упругости диссоциации оксидов. Воздействие кислорода и продуктов кислорода на качество металла шва.	ПК-1
17	Взаимодействие расплавленного металла с содержащимся в газовой фазе азотом	Источники азота в газовой фазе. Характер взаимодействия азота с железом. Влияние парциального давления и температуры на растворимость азота в железе. Влияние содержания азота в расплавленном металле и сварных швах на механические свойства, на образование пор и процесса старения. Пути снижения содержания азота.	ПК-1
18	Взаимодействие расплавленного металла с содержащимся в газовой фазе водородом	Источники водорода в газовой фазе. Растворение водорода в металле. Влияние парциального давления и температуры на растворимость водорода в железе. Диффузионно-подвижный и остаточный водород в твердой стали. Влияние содержания водорода в расплавленном металле и сварных швах на образование	ПК-1

		пор и холодных трещин. Пути снижения содержания водорода в газовой фазе.	
19	Взаимодействие расплавленного металла со шлаком при сварке	Шлаковая ваза. Образование и характерный состав шлаковой фазы при дуговой сварке. Роль шлаковой фазы в защите зоны сварки от воздуха и в протекании сварочного процесса. Физические свойства шлаков. Строение и основность шлаков.	ПК-1
20	Процессы раскисления металла при сварке	Раскисление металла сварочной ванны. Назначение и сущность. Осаждающее раскисление, схема процесса, элементы-раскислители, раскисление с образованием газообразных и конденсированных продуктов. Диффузионное раскисление, схема и механизм процесса, закон раскисления.	ПК-1
21	Легирование металла при сварке плавлением	Легирование сварочной ванны, назначение и сущность. Основные способы легирования.	ПК-1
22	Рафинирование металла при сварке плавлением	Рафинирование металла, назначение и сущность. Способы удаления из расплавленного металла серы и фосфора.	ПК-1
23	Особенности кристаллизации металла сварочной ванны и формирование первичной структуры металла шва	Основные закономерности кристаллизации жидкого металла. Зарождение центров кристаллизации. Скрытая теплота кристаллизации. Отличительные особенности кристаллизации чистых металла и сплавов. Кристаллизация расплава в условиях равновесного и неравновесного состояний. Типы первичной структуры при кристаллизации. Особенности кристаллизации металла сварочной ванны и формирование первичной структуры металла шва, кристаллическое строение швов. Факторы, влияющие на первичную структуру металла шва.	ПК-1
24	Ликвация примесей при кристаллизации металла сварочной ванны	Химическая неоднородность металла шва (ликвация), виды ликвации. Влияние условий сварки на степень химической неоднородности металла шва. Характерные концентрационные зоны металла шва при одно-и многопроходной сварке, участие основного металла в формировании химического состава и структуры отдельных зон сварного шва.	ПК-1
25	Поры и неметаллические включения в сварных швах	Поры в сварных швах. Механизм образования пор, влияние растворенных в металле газов (кислорода, азота, водорода) на появление и развитие пор в металле шва. Поры в швах, сваренных ручной дуговой сваркой покрытыми электродами и механизированной сваркой в углекислом газе. Факторы, способствующие их образованию. Твердые включения в швах: флюсовые, шлаковые, оксидные, металлические. Природа образования включения в швах, сваренных дуговой сваркой.	ПК-1
26	Особенности металлургических процессов при сварке под керамическими флюсами.	Дуговая сварка под слоем плавящего и керамического флюсов. Степень легирования шва. При сварке под флюсом. Влияние режимов сварки.	ПК-1
27	Принципы выбора флюсов	Снижение содержания водорода. Флюсы для сварки различных сталей и цветных металлов.	ПК-1
28	Особенности металлургических процессов при сварке в защитных газах	Дуговая сварка в защитных газах. Формирования газовой струйной защиты. Сварка в активных, инертных газах и их смесях. Вакуумная защита. Газопламенная обработка.	ПК-1
29	Особенности металлургических процессов при ручной дуговой сварке покрытыми электродами	Назначение электродных покрытий. Нанесение покрытий. Основные типы покрытий. Особенности сварки при различных покрытиях.	ПК-1
30	Свариваемость сталей и факторы, определяющие свариваемость	Современное понятие свариваемости металлов, определение по ГОСТ 29273 (ИСО 581-80). Факторы, влияющие на свариваемость: основной металл, условия сварки, тип конструкции и ее назначение.	ПК-1
31	Методы и критерии оценки сопротивляемости образованию горячих и холодных трещин	Расчетно-статистический метод. Экспериментальная оценка. Машинные методы.	ПК-1
32	Основные виды превращений в зоне термического влияния	Характерные зоны сварного соединения, определение зон по ГОСТ 2601, происхождение. Образование зоны термического влияния при сварке плавлением, принципиальное строение. Анализ процессов, происходящих при нагреве и охлаждении стали, в зоне термического влияния. Влияние параметров термического цикла сварки на возможные структурные превращения	ПК-1

		и изменение свойств свариваемого металла (на примере дуговой сварки углеродистой и легированной сталей).	
33	Холодные трещины в сварных соединениях	Виды и характер холодных трещин в сварных соединениях. Природа, механизм и условия образования трещин. Углеродный эквивалент, параметр трещинообразования, понятия, расчет. Факторы, способствующие сокращению трещин. Лямеллярные трещины. Характер трещин и факторы способствующие их появлению. Конструктивные и технологические мероприятия, направленные на повышение стойкости сварных соединений к лямеллярному разрушению.	ПК-1
34	Горячие трещины в сварных соединениях	Виды и характер горячих трещин. Природа и механизм образования трещин в металле шва и зоне термического влияния. Температурный интервал хрупкости (ТИХ). Факторы, способствующие образованию горячих трещин.	ПК-1

## 2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1, 3 семестр									
1	<b>Тема 1</b> Металлы. Строение и свойства	2			№ 1 Исследование тепловых процессов при сварке пластин	2	3	ЗЛР	3
2	<b>Тема 2</b> Сущность процесса сварки. Механизм образования сварного соединения	2					3		
3	<b>Тема 3</b> Классификация процессов сварки (ГОСТ 19521). Признаки классификации	2			№ 1 Исследование тепловых процессов при сварке пластин	2	3	ЗЛР	3
4	<b>Тема 4</b> Сварочная дуга. Физическая сущность и процессы, протекающие в сварочной дуге	2					3	Т	9
5	<b>Тема 5.</b> Строение и свойства дуги	2			№ 2 Исследование проплавления изделий	2	3	ЗЛР	3
6	<b>Тема 6.</b> Тепловые и магнитные свойства дуги	2					3		
7	<b>Тема 7.</b> Перенос металла в сварочной дуге	2			№ 2 Исследование проплавления изделий	2	3	ЗЛР	3
8	<b>Тема 8.</b> Термические недуговые источники тепла	2					3	Т ПКУ	9 30
Модуль 2, 3 семестр									
9	<b>Тема 9.</b> Основные теплофизические величины и понятия. Схемы нагреваемых тел	2			№ 3 Исследование структуры ЗТВ и металла сварных соединений из малоуглеродистой стали	2	3	ЗЛР	3
10	<b>Тема 10</b> Плавление основного металла	2					3		
11	<b>Тема 11</b> Термический цикл сварки	2			№ 4 Исследование структуры сварных соединений из чугуна	2	4	ЗЛР	3
12	<b>Тема 12</b> Нагрев и плавление плавящегося электрода	2					4	Т	9
13	<b>Тема 13</b> Термодинамические методы анализа металлургических процессов при сварке	2			№ 5 Исследование сварных соединений из цветных металлов	2	4	ЗЛР	3
14	<b>Тема 14</b> Расчет констант равновесия в системах	2					4		
15	<b>Тема 15</b> Общая характеристика металлургических процессов при сварке плавлением и их влияние на качество	2			№ 6. Исследование образования пор	2	4	ЗЛР	3
16	<b>Тема 16</b> Взаимодействие расплавленного металла с содержащимся в газовой фазе кислородом	2					4		
17	<b>Тема 17</b> Взаимодействие расплавленного металла с содержащимся в газовой фазе кислородом	2					4	Т ПКУ ПА	9 30 40

								(зачет)	
	Итого за 3 семестр	34				16	58		100
Модуль 1, 4 семестр									
1	<b>Тема 18</b> Взаимодействие расплавленного металла с содержащимся в газовой фазе водородом	2			№ 7 Исследование механизма образования соединений при холодной сварке	2	3	ЗЛР	3
2	<b>Тема 19</b> Взаимодействие расплавленного металла со шлаком при сварке	2					3		
3	<b>Тема 20</b> Процессы раскисления металла при сварке	2			№ 8 Исследование технологической прочности металла в процессе кристаллизации	2	3	ЗЛР	3
4	<b>Тема 21</b> Легирование металла при сварке плавлением	2					3		
5	<b>Тема 22</b> Рафинирование металла при сварке плавлением	2			№ 9 Исследование свариваемости сталей склонных к закалке	2	3	ЗЛР Т	3 9
6	<b>Тема 23</b> Особенности кристаллизации металла сварочной ванны и формирование первичной структуры металла шва	2					3		
7	<b>Тема 24</b> Ликвация примесей при кристаллизации металла сварочной ванны	2			№ 10 Исследование содержания водорода в наплавленном металле	2	4	ЗЛР Т ПКУ	3 9 30
8	<b>Тема 25</b> Поры и неметаллические включения в сварных швах	2					4		
Модуль 2, 4 семестр									
9	<b>Тема 26</b> Особенности металлургических процессов при сварке под керамическими флюсами.	2			№ 10 Исследование содержания водорода в наплавленном металле	2	4	ЗЛР	3
10	<b>Тема 27</b> Принципы выбора флюсов	2							
11	<b>Тема 28</b> Особенности металлургических процессов при сварке в защитных газах	2			№ 11 Исследование образования холодных трещин	2	4	ЗЛР	3
12	<b>Тема 29</b> Особенности металлургических процессов при ручной дуговой сварке покрытыми электродами	2					4	Т	9
13	<b>Тема 30</b> Особенности металлургических процессов при ручной дуговой сварке покрытыми электродами	2			№ 11 Исследование образования холодных трещин	2	4	ЗЛР	3
14	<b>Тема 31</b> Методы и критерии оценки сопротивляемости образованию горячих и холодных трещин	2					4		
15	<b>Тема 32</b> Основные виды превращений в зоне термического влияния	2			№ 12 Моделирование техники выполнения сварных соединений на базе симулятора сварочных процессов с использованием дополнительной 3D-реальности	2	4	ЗЛР	3
16	<b>Тема 33</b> Холодные трещины в сварных соединениях	2					4	Т	9
17	<b>Тема 34</b> Горячие трещины в сварных соединениях	2					4	ПКУ	30
18-20							36	ПА (экзамен)	40
	Итого за 4 семестр	34				16	94		
	Итого по дисциплине	68				32	152		100

Принятые обозначения:

*Текущий контроль* –

ЗЛР – защита лабораторных работ;

Т – тест;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.

ПА – промежуточная аттестация.



Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Зачет

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

Экзамен, дифференцированный зачет

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

### 3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий		Всего часов
		Лекции	Лабораторные занятия	
1	Традиционные	№ 1 – 3, 5 - 32	№ 3 - 11	84
2	Мультимедиа	№ 4, 33, 34		6
3	Виртуальные		№ 12	2
8	Расчетные		№ 1, 2	8
	ИТОГО	68	32	100

### 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к экзамену	1
2	Вопросы к зачету	1
3	Экзаменационные билеты	1
4	Тестовые задания	8
5	Вопросы к защите лабораторных работ	12

### 5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

#### 5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
Компетенция ПК-1. Владеть физическими основами способов сварки, знаниями для решения теоретических и практических задач получения сварных соединений различных металлов и сплавов, вопросами технологической свариваемости металлов и сплавов.			
ИПК-1.1. Знает основные физические закономерности, описывающие сварочные процессы			
1	Пороговый уровень	Знание физических основ технологических процессов наукоемкого производства	Знание физической сущности наиболее распространенных технологий сварки и наплавки
2	Продвинутый уровень	Умение применять технологиче-	Умение эффективно при-

		ские процессы сварки для выполнения ремонта и изготовления металлоконструкций и деталей машин и механизмов	менять существующие технологии сварки, осуществлять выбор материалов.
3	Высокий уровень	Разработка на основании полученных знаний новых технических решений по эффективному применению технологических процессов сварки и наплавки в области наукоемкого производства	Умение разрабатывать технологические процессы сварки и наплавки на основании анализа особенностей материала и условий его эксплуатации
<b>ИПК-1.2. Владеет основами тепловых расчетов при нагреве изделий при сварке</b>			
1	Пороговый уровень	Знание основ расчета тепловых процессов	Умение рассчитывать тепловые процессы быстродвижущимся источником теплоты
2	Продвинутый уровень	Умение применять тепловые расчеты для сварки закаливаемых сталей структур закалки	Умение рассчитывать тепловые процессы для прогнозирования появления структур закалки
3	Высокий уровень	Разработка технологических процессов сварки на основе тепловых расчетов термического цикла сварки	Умение прогнозировать механические свойства сварных соединений по результатам анализа термического цикла сварки

## 5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
Компетенция ПК-1. Владеть физическими основами способов сварки, знаниями для решения теоретических и практических задач получения сварных соединений различных металлов и сплавов, вопросами технологической свариваемости металлов и сплавов.	
Знание физической сущности наиболее распространенных технологий сварки и наплавки, умение рассчитывать тепловые процессы быстродвижущимся источником теплоты	Вопросы к экзамену Задания к зачету Экзаменационные билеты Вопросы к защите лабораторных работ Тестовые задания
Умение эффективно применять существующие технологии сварки, осуществлять выбор материалов, умение рассчитывать тепловые процессы для прогнозирования появления структур закалки	Вопросы к экзамену Задания к зачету Экзаменационные билеты Вопросы к защите лабораторных работ Тестовые задания
Умение разрабатывать технологические процессы сварки на основании анализа особенностей материала и условий его эксплуатации	Вопросы к экзамену Задания к зачету Экзаменационные билеты Вопросы к защите лабораторных работ Тестовые задания

## 5.3 Критерии оценки лабораторных работ

Каждая выполненная лабораторная работа оценивается до 3 баллов. При этом баллы начисляются за ее защиту в зависимости от уровня знаний студента по теме работы. Если работа выполнена, но не защищена, то баллы по ней не начисляются. А она попадает в разряд задолженностей.

Оценка в балах за выполнение лабораторной работы выставляется в случае её успешной защиты. Руководствуясь следующими критериями:

Лабораторная работа с оценкой в 3 балла:

2 балла – общее представление о теоретических сведениях по лабораторной работе. Знание общих принципов и законов.

3 балла - хорошее знание темы. Ответы более 50 % контрольных вопросов.

Тестовые задания оцениваются до 9 баллов в зависимости от количества правильных ответов.

Тестовое задание включает в себя 9 вопросов. Каждый вопрос содержит 3 ответа, один из которых, правильный. Каждый вопрос оценивается в 1 балл.

Ответы на вопросы оцениваются по следующим критериям:

1 балл – правильный ответ.

0 баллов - неправильный ответ.

#### 5.4 Критерии оценки зачета

Задание на зачет включает в себя решение тестового задания и оценивается до 40 баллов в зависимости от количества правильных ответов.

Тестовое задание включает в себя 10 вопросов. Каждый вопрос содержит 3 ответа, один из которых, правильный. Каждый вопрос оценивается в 4 балла.

Ответы на вопросы оцениваются по следующим критериям:

4 балла – правильный ответ.

0 баллов - неправильный ответ.

#### 5.5 Критерии оценки экзамена

В экзаменационный билет включены два теоретических вопроса. Минимальное количество баллов на экзамене – 15, максимальное – 40. Каждый из вопросов оценивается положительной оценкой до 20 баллов. Ответы на вопросы оцениваются по следующим критериям:

**19-20 баллов** – систематизированное и полное изложение вопроса, точное использование терминологии, глубокое понимание основных физических процессов, умение обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, давать развернутый и четкий ответ, как на поставленный вопрос, так и на дополнительные вопросы по данному материалу, выходящие за пределы рабочей программы.

**17-18 баллов** – систематизированное и полное изложение вопроса, точное использование терминологии и знание основных нормативно-технических документов, умение обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, давать развернутый и четкий ответ, как на поставленный вопрос, так и на дополнительные вопросы по данному материалу в объеме рабочей программы.

**15-16 баллов** – систематизированные и полные знания по поставленному вопросу в объеме рабочей программы, глубокое понимание сущности явлений, точное использование терминологии, логически правильное изложение ответа на вопрос, умение делать обоснованные выводы.

**13-14 баллов** – студент глубоко понимает вопрос, сущность явлений, отвечает четко и всесторонне, самостоятельно рассуждает, отличается способностью делать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

**11-12 баллов** – студент хорошо понимает вопрос, сущность явлений, знает основные подходы и принципы, отвечает правильно, самостоятельно рассуждает, обосновывает выводы и разъясняет их, но допускает ошибки общего характера.

**9-10 баллов** – студент понимает вопрос, сущность явлений, но не может теоретически обосновать некоторые выводы, допускает ошибки общего характера.

**7-8 баллов** – студент отвечает в основном правильно на поставленный вопрос, понимает сущность явлений, но чувствуется механическое заучивание материала, отсутствует логическая последовательность при изложении ответа.

**5-6 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, вопрос охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

**Ниже 5 баллов** – студент имеет общее представление о вопросе, ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки, отсутствует техническая терминология, не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.

## **6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

1. Подготовка к защите лабораторных работ;

Подготовка к защите лабораторных работ представляет собой проработку вопросов к самостоятельной подготовке к лабораторным работам.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

## **7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Основная литература**

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	<b>Куликов, В. П.</b> Технология сварки плавлением и термической резки : учебник / В. П. Куликов. – Минск: Новое знание, 2019. – 463 с. : ил. – (Высшее образование: Бакалавриат).	Утверждено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебника для студентов учреждений образования по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»	6

### **7.2 Дополнительная литература**

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	<b>Теория сварочных процессов:</b> учебник / В. М. Неровный [и др.] ; под ред. В.М. Неровного. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 702с : ил. – 66р.90к.	Рек.УМО вузов РФ по унив. политех. образованию в качестве учебника для студ.	15

### **7.3 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам**

#### **7.3.1 Методические рекомендации**

1. Теория сварочных процессов. Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение» очной формы обучения. Часть 1. Могилев, Белорусско-Российский университет. 2021, 20 экз, 47 стр.

2. Теория сварочных процессов. Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение» очной формы обучения. Часть 2. Могилев, Белорусско-Российский университет. 2021, 20 экз, 29 стр.

#### **7.3.2 Информационные технологии**

Комплект плакатов

1. Кристаллические решетки металлов.
2. Состав зоны термического влияния углеродистых сталей.
3. Состав зоны термического влияния чугуна.
4. Состав зоны термического влияния цветных металлов.
4. Перераспределение водорода в сварных соединениях.
5. Диаграмма анизотермического распада аустенита.

Мультимедиа

Тема 4. Сварочная дуга. Физическая сущность и процессы, протекающие в сварочной дуге.

Тема 33. Холодные трещины в сварных соединениях.

Тема 34. Горячие трещины в сварных соединениях.

### **8 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории «101» рег. номер №ПУЛ-4. 109-101/2-23.