

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Специальные методы сварки и пайка»

Направление подготовки 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

Профиль Технологии и роботизированные системы сварочного
производства

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2026

Воронеж 2026

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Получение знаний по физическим и техническим основам, областям применения и перспективам использования специальных методов сварки в твердой фазе (холодной сварки, сварки взрывом, магнитно-импульсной сварки и др.), специальным методам сварки плавлением (электронным лучом, лазером, плазменной струей) и пайки.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение физических основ и механизма образования соединения при сварке давлением;
- обучение самостоятельной работе со справочной и нормативно-технической литературой (государственными и отраслевыми стандартами, техническими условиями, руководящими техническими материалами и т. п.);
- изучение сущности, основных схем и параметров специальных методов сварки давлением;
- изучение физических основ и механизма образования соединения при пайке и методов пайки согласно основным типам классификации пайки.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 «Специальные методы сварки и пайка» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Специальные методы сварки и пайка» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов сварки и родственных процессов в ходе подготовки производства новой продукции;

ПК-4 Способен выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении сварных конструкций в машиностроении.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знать способы специальных методов сварки и пайки; теоретические основы образования соединения при специальных методах сварки и пайке; технологические особенности специальных методов сварки и пайки; технологическую и производственную документацию, касающуюся специальных методов сварки и пайки.

	Уметь грамотно и обосновано назначать специальные методы сварки и пайки в соответствии с заданным материалом, конструкцией и техническими условиями на изготовление узла; разрабатывать технологические процессы производства сварных конструкций с применением технически и экономически обоснованных специальных методов сварки и пайки
	Владеть навыками поиска и выбора источников технической информации применительно к производственному профилю; разработки технологической и производственную документации с использованием современных инструментальных средств
ПК-4	Знать основные и вспомогательные материалы и способы реализации специальных методов сварки и пайки; прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения.
	Уметь грамотно и обосновано выбирать материалы припоя и флюса для пайки для заданного узла, материала конструкции и техническими условиями на изготовление узла.
	Владеть справочной литературой при выборе основных и вспомогательных материалов для специальных методов сварки и пайки.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Специальные методы сварки и пайка» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	
Аудиторные занятия (всего)	90	90	
В том числе:			
Лекции	36	36	
Практические занятия (ПЗ), в том числе в форме практической подготовки <i>(при наличии)</i>	36	36	
Лабораторные работы (ЛР), в том числе в форме практической подготовки <i>(при наличии)</i>	18	18	
Самостоятельная работа	54	54	
Курсовой проект (работа)	нет	нет	

Контрольная работа	нет	нет	
Виды промежуточной аттестации	зачет с оценкой	зачет с оценкой	
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	144 4	144 4	

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		9
Аудиторные занятия (всего)	14	14
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ), в том числе в форме практической подготовки <i>(при наличии)</i>	6	6
Лабораторные работы (ЛР), в том числе в форме практической подготовки <i>(при наличии)</i>	4	4
Самостоятельная работа	126	126
Курсовой проект (работа)	нет	нет
Контрольная работа	нет	нет
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации	зачет с оценкой	зачет с оценкой
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	144 4	144 4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Спец. методы сварки в твёрдой фазе	Назначение специальных методов сварки. Физические основы сварки давлением. Холодная сварка. Сварка взрывом. Магнито-импульсная сварка. Сварка прокаткой. Сварка трением. Диффузионная сварка. Сварка ТВЧ. Ультразвуковая сварка.	12	10	6	18	46
2	Спец. методы сварки плавлением	Электронно-лучевая сварка. Сварка лазером. Плазменная сварка. Гибридные методы сварки.	12	14	6	18	50
3	Пайка	Механизм процесса пайки. Поверхностное натяжение, смачиваемость, технологический процесс пайки. Классификация процессов пайки по способам удаления окисной плёнки (флюсовая, в активных и нейтральных газах, ультразвуковая), по кине-	12	12	6	18	48

		тике кристаллизации (кристаллизация при охлаждении, диффузионная). По видам припоя (готовыми, композиционными, контактно-реактивная, реактивно-флюсовая). Капиллярная пайка, пайко-сварка, сварко-пайка. Пайка в печах, индукционная, электросопротивлением, электролитная, погружением. Пайка световыми лучами, электроннолучевая, лазером, газопламенная, плазменная, паяльником, конденсационная. Конструирование паяных соединений. Технологические особенности пайки различных металлов и сплавов. Дефекты паяных швов.					
Итого			36	36	18	54	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Специальные методы сварки	Специальные методы сварки в твёрдой фазе. Специальные методы сварки плавлением.	2	3	2	63	70
2	Пайка	Механизм и технологический процесс процесса пайки. Классификации процессов пайки по: - способам удаления оксидной плёнки; - видам припоя; - способам нагрева. Основы конструирования паяных соединений. Технологические особенности пайки различных материалов. Дефекты пайки.	2	3	2	63	70
Итого			4	6	4	126	140

5.2 Перечень лабораторных работ

№	Наименование лабораторной работы
1	Оценка эффективности понижения давления воздуха для защиты титана от окисления при диффузионной сварке.
2	Исследование кинетики очистки поверхности титана от оксидов в условиях диффузионной сварки.
3	Анализ влияния технологических параметров процесса диффузионной сварки на качество соединения.
4	Влияние различных способов подготовки поверхности металла на смачиваемость и растекание припоя
5	Влияние величины зазора между паяемыми деталями на высоту поднятия припоя при вертикально-капиллярной пайке
6	Определение величины нахлёстки, необходимой для получения равнопрочного паяного соединения
7	Влияние температуры и времени выдержки при пайке на свойства паяных соединений
8	Взаимодействие припоя и основного металла

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы). Контрольная работа может быть использована для заочной формы обучения.

Темы контрольных работ:

№ вар.	Вопросы
1	Схемы сварки ТВЧ, область её применения. Сварка микроплазменной дугой. Особенности, область применения. Пайка паяльником.
2	Оборудование и область применения диффузионной сварки. Характеристики электронного пучка. Физические явления при бомбардировке металла электронами Низкотемпературные припои.
3	Сущность и основные параметры ультразвуковой сварки. Преимущества и недостатки лазерной сварки. Высокотемпературные припои.
4	Термодинамика процесса схватывания при сварке в твёрдой фазе (рассмотрение изменения потенциальной энергии двух кристаллов). Технологические возможности и преимущества ЭЛС. Сущность явления смачивания. Капиллярность.
5	Строение реальной поверхности металла. Типы сварных соединений при ЭЛС. Недостатки ЭЛС. Операции технологического процесса пайки.
6	Механизм образования соединения при сварке давлением. Подготовка свариваемых кромок под ЭЛС. Специальные технологические приёмы при ЭЛС. Основные требования к паяльному флюсу.
7	Активация контактных поверхностей при сварке давлением. Состав установки для электронно-лучевой сварки. Пайка в активной и нейтральной газовой среде, в вакууме.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	Знать способы специальных методов сварки и пайки; теоретические основы образования соединения при специальных методах сварки и пайке; технологические особенности специ-	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	альных методов сварки и пайки; технологическую и производственную документацию, касающуюся специальных методов сварки и пайки.			
	Уметь грамотно и обосновано назначать специальные методы сварки и пайки в соответствии с заданным материалом, конструкцией и техническими условиями на изготовление узла; разрабатывать технологические процессы производства сварных конструкций с применением технически и экономически обоснованных специальных методов сварки и пайки	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками поиска и выбора источников технической информации применительно к производственному профилю; разработать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	Знать основные и вспомогательные материалы и способы реализации специальных методов сварки и пайки; прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения.	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь грамотно и обосновано выбирать материалы припоя и флюса для пайки для заданного узла, материала	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	конструкции и техническими условиями на изготовление узла.			
	Владеть справочной литературой при выборе основных и вспомогательных материалов для специальных методов сварки и пайки.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения, 9 семестре для заочной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	Знать способы специальных методов сварки и пайки; теоретические основы образования соединения при специальных методах сварки и пайке; технологические особенности специальных методов сварки и пайки; технологическую и производственную документацию, касающуюся специальных методов сварки и пайки.	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь грамотно и обосновано назначать специальные методы сварки и пайки в соответствии с заданным материалом, конструкцией и техническими условиями на изготовление узла; разрабатывать технологические процессы производства сварных конструкций с применением технически и экономически обоснованных специальных методов сварки и пайки	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками	Решение прикладных задач в	Продемонстрирован	Задачи не решены

	поиска и выбора источников технической информации применительно к производственному профилю; разработки технологической и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств	конкретной предметной области	верный ход решения в большинстве задач	
ПК-4	Знать основные и вспомогательные материалы и способы реализации специальных методов сварки и пайки; прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения.	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь грамотно и обосновано выбирать материалы припоя и флюса для пайки для заданного узла, материала конструкции и техническими условиями на изготовление узла.	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть справочной литературой при выборе основных и вспомогательных материалов для специальных методов сварки и пайки.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

ПК-3 Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов сварки и родственных процессов в ходе подготовки производства новой продукции	
1	<u>При сварке в твёрдой фазе потенциальная энергия системы</u> а. Достигает абсолютного минимума б. Достигает локального максимума в. Достигает абсолютного максимума

	г. Не изменяется Ответ: а
2	<u>Реальная поверхность заготовки, подготовленной под сварку давлением</u> а. Характеризуется шероховатостью и загрязнениями б. Характеризуется макро - и микронеровностями в. Это ювенильная поверхность г. Имеет макро- и микронеровности, содержит оксидную плёнку и влагу. Ответ: г.
3	<u>Активация контактных поверхностей при сварке давлением</u> а. Включает в себя растворение оксидных плёнок б. Заключается в дроблении оксидных плёнок в. Заключается в высвобождении валентных связей поверхностных атомов г. Включает всё вышеназванное Ответ: г
4	<u>Стадия объёмного взаимодействия</u> а. Нужна для развития взаимодействия материалов в плоскости контакта б. Нужна для завершения соединения в контакте и снятия остаточных напряжений в. Требуется для развития диффузии в зоне контакта. г. Включает всё вышеназванное Ответ: б
5	<u>При магнито-импульсной сварке</u> а. Достигаются температуры в стыке до 500 °С б. Реализуется стадия объёмного взаимодействия в. Толщина свариваемых заготовок не более 1 мм. г. Соединение реализуется за счёт косоого соударения Ответ: г
6	<u>Сварка взрывом применяется для получения</u> а. Нахлесточных соединений однородных материалов б. Биметаллов в. Металлов с неметаллами. г. Всё вышеуказанное. Ответ: б
7	<u>Механизм образования соединения при сварке взрывом основан на</u> а. Действии кумулятивный струи б. Действии кумулятивной струи и косоого соударения в. Сдавливающим действии взрывной волны г. Всё вышеуказанное Ответ: б
8	<u>Метод сварки токами высокой частоты основан на</u> а. На поверхностном эффекте и эффекте близости б. Применении токов высокой частоты для нагрева заготовок в. На явлении скин-эффекта при использовании ТВЧ г. На эффекте локального разогрева кромок. Ответ: а
9	<u>Диффузионная сварка происходит за счёт</u> а. Взаимной диффузии атомов соединяемых заготовок б. Сдавливания заготовок при их нагреве в. Достижения физического контакта и активации соединяемых поверхностей г. Всё вышеназванное Ответ: в
10	<u>Назовите признаки пайки</u>

	а. Заготовки не доводят до плавления. б. Припой доводят до плавления. в. Применяют флюс. Шов кристаллизуется. г. Все вышеуказанные. Ответ: г
11	<u>Смачивание, это:</u> а. Когда силы адгезии превосходят силы когезии б. Минимальный угол смачивания поверхности припоем в. Максимальная площадь растекания припоя г. Когда припой самопроизвольно затягивается в паяльный зазор. Ответ: а
12	<u>Капиллярность, это:</u> а. Явление подъема или опускания жидкости в капиллярах, затекание в узкие зазоры. б. Растекание жидкости по поверхности твёрдого тела в. Явление, используемое при пайке г. Затекание припоя в паяльный зазор. Ответ: а
13	<u>Диффузионная пайка позволяет:</u> а. Обеспечить взаимодиффузию атомов соединяемых материалов б. Выравнивать концентрацию элементов в зоне пайки за счёт диффузии в. Повысить температуру распая и убрать интерметаллиды из паяного шва г. Повысить температуру распая Ответ: в
14	<u>Капиллярная пайка</u> а. Возможна при обеспечении капиллярных зазоров в горизонтальной плоскости б. Возможна при обеспечении минимальных зазоров между паяемыми поверхностями в. Возможна при обеспечении регламентированных капиллярных зазоров в зависимости от материалов заготовок и припоя г. Всё вышеназванное Ответ: в
15	<u>Сваркопайка</u> а. Сочетает в себе преимущества пайки и сварки б. Выполняется оплавлением одной из заготовок, которая одновременно служит припоем в. Позволяет соединять металлы с неметаллами г. Выполняется в монтажных условиях Ответ: б
16	<u>Как происходит прогрев при пайке в печи:</u> а. постепенно б. ускоренно в. замедленно г. равномерно по сечению Ответ: г
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач	
ПК-3 Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов сварки и родственных процессов в ходе подготовки	

производства новой продукции	
1	<u>Назовите область применения специальных методов сварки.</u> а. Машиностроение б. Авиастроение в. Там, где нельзя получить соединения с помощью традиционных видов сварки. г. Всё перечисленное. Ответ: в
2	<u>Механизм образования соединения при сварке давлением включает:</u> а. Образование металлической связи между заготовками б. Физический контакт, активацию и снятие остаточных напряжений в. Физический контакт, активацию и стадию объёмного взаимодействия. г. Всё вышеуказанное. Ответ: в
3	<u>При холодной сварке соединение реализуется</u> а. За счёт высокого давления при сварке б. За счёт высоких нормальных напряжений, создаваемых пуансонами в. При наличии достаточной сдвиговой деформации г. Всё вышеуказанное Ответ: в
4	<u>Сварка трением позволяет</u> а. Соединять детали с частичным оплавлением кромок б. Получать соединения при температуре не выше начала рекристаллизации в. Получать соединения при температуре ниже точки плавления г. Соединять металлы с неметаллами Ответ: в
5	<u>При сварке трением с перемешиванием</u> а. Требуется специальная подготовка кромок и разделка заготовок б. Нужна специальная подготовка операторов в. Перед сваркой требуется удаление поверхностных оксидных плёнок г. Требуется надёжная фиксация заготовок перед сваркой Ответ: г
6	<u>Диффузионная сварка позволяет соединять</u> а. Массивные заготовки б. Массивные заготовки с тонкостенными в. Заготовки с компактными сечениями и слоистые конструкции. г. Всё вышеназванное. Ответ: в
7	<u>Целесообразно применять лазерную сварку для</u> а. Получения максимальной прочности сварных соединений б. Получения максимальной пластичности сварных соединений в. Получения максимальной вязкости шва сварного соединения. г. Получения минимальных короблений сварного соединения. Ответ: г
8	<u>Недостатком плазменной сварки является</u> а. Недостаточная пластичность сварного соединения б. Недостаточная проплавляющая способность в сравнении с ЭЛС 3. Низкий КПД оборудования. 4. Вероятность возникновения каскадной дуги. Ответ: г
9	<u>Для лазерной сварки стальных заготовок толщиной свыше 10 мм целесообразно применять квантовые генераторы</u>

	а. твердотельные б. жидкостные в. газовые г. полупроводниковые Ответ: в
10	<u>Что не является преимуществом пайки</u> а. Возможность получения разъёмного соединения б. Возможность получения соединения при различной температуре пайки. в. Возможность получения стыкового шва, равнопрочного с основным металлом. г. Возможность получения соединений с минимальными остаточными напряжениями. Ответ: в
11	<u>Что не входит в технологический процесс пайки</u> а. Подготовка поверхности заготовок под пайку б. Сборка под пайку и укладка припоя в. Нагрев для расплавления припоя. г. Замер остаточных напряжений в паяном шве. Ответ: г
12	<u>Как выбирается температура пайки</u> а. На 50...100 °С выше температуры плавления припоя б. По температурам плавления паяемых заготовок в. По температуре плавления припоя г. По температуре плавления флюса Ответ: а
13	<u>Назовите роль флюса при пайке</u> а. Устраняет загрязнения с поверхности заготовок и припоя. б. Удаляет оксидную плёнку с поверхности заготовок и припоя. в. Удаляет загрязнения и оксидную плёнку с поверхности заготовок и припоя г. Удаляет оксидную плёнку с поверхности заготовок и припоя, улучшает смачиваемость заготовок припоем. Ответ: г
14	<u>Как обеспечивается активация поверхностей при пайке в вакууме?</u> а. Поверхности очищаются при нагреве в вакууме. б. Поверхности практически не окисляются при нагреве в вакууме. в. Используются самофлюсующиеся припои, а некоторые оксиды разлагаются при нагреве в вакууме. г. Используются специальные флюсы. Ответ: в
15	<u>За счёт чего удаляется оксидная плёнка при ультразвуковой пайке?</u> а. За счёт дробления её ультразвуковыми колебаниями. б. За счёт эффекта кавитации. в. За счёт частичного подтравливания основного металла. г. Всё вышеназванное Ответ: б
16	<u>Некапиллярная пайка</u> а. Имеет преимущество перед капиллярной , как более универсальный метод пайки б. Применяется при невозможности обеспечения капиллярных зазоров под пайку и

	при доработке раковин в отливках. в. Применяется при минимальных зазорах под пайку г. Всё вышеназванное. Ответ: б
7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач	
ПК-4 Способен выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении сварных конструкций в машиностроении	
1	<u>При сварке трением с перемешиванием достигается прочность сварных соединений алюминиевых сплавов:</u> а. 90% от прочности основного металла б. Свыше 50% от прочности основного металла в. Не выше 60% от прочности основного металла г. 100% от прочности основного металла Ответ: а
2	<u>При сварке прокаткой активация поверхностей достигается:</u> а. Зачисткой поверхности слябов б. Вытяжкой заготовок при прокатке и их нагревом без доступа окислителя в. Дроблением оксидов при вытяжке. г. Всё вышеуказанное. Ответ: г
3	<u>Сварка прокаткой применяется для:</u> а. Соединения по плоскости листовых заготовок из одноимённых металлов б. Соединения по плоскости разноимённых металлов в. Соединения металлов с неметаллами г. Получения биметаллических листовых заготовок. Ответ: г
4	<u>Сварка ТВЧ применяется для:</u> а. Соединения заготовок круглого сечения б. Соединения труб встык в. Получения прямошовных труб г. Соединения протяжённых заготовок Ответ: в.
5	<u>Диффузионная сварка может осуществляться</u> а. В специализированных камерах б. В вакууме и инертных газах в. В специализированных вакуумных камерах г. В вакууме и на воздухе. Ответ: б
6	<u>Целесообразно применять ЭЛС при соединении заготовок толщиной:</u> а. 200 мм + 200 мм б. 200 мм + 0,2 мм в. 0,2 мм + 0,2 мм г. 1 мм + 1 мм

	Ответ: а
7	<u>ЭЛС нельзя использовать при сварке:</u> а. Заготовок разной толщины б. Заготовок без разделки кромок под сварку в. Заготовок с разделкой под сварку г. Заготовок в потолочном положении Ответ: в
8	<u>Последней ступенью откачной системы в ЭЛУ являются:</u> а. Инжекционные насосы б. Форвакуумные насосы в. Паромасляные насосы а. Вакуумно-дуговые насосы. Ответ: г.
9	<u>При ультразвуковой сварке соединение происходит за счёт</u> а. Обеспечения физического контакта и активации соединяемых поверхностей б. Активации поверхностей при дроблении оксидных плёнок в. Давления инструмента на детали г. Всё вышеназванное. Ответ: а
10	<u>Назовите требования к флюсу.</u> а. Иметь температуру плавления на 50-100 °С ниже температуры плавления припоя; б. Хорошо растекаться по поверхности основного металла и припоя с образованием сплошной пленки, защищающей их от вредного воздействия окружающей среды; в. Уменьшать поверхностное натяжение расплавленного припоя, обеспечивая наиболее полное смачивание им основного металла; г. Всё вышеназванное. Ответ: г
11	<u>Высокотемпературные припои имеют температуру плавления:</u> а. Менее 1200 °С б. Более 450 °С в. Более 900 °С г. Более 300 °С Ответ: б
12	<u>Композиционные припои применяются для:</u> а. Повышения прочности паяного шва б. Повышения прочности паяного шва и обеспечения возможности пайки с некапиллярными зазорами в. Придания специальных свойств паяному шву г. Повышения эффективности технологического процесса пайки Ответ: б
13	<u>Контактно-реактивная пайка позволяет:</u> а. Выполнять пайку без применения флюса б. Выполнять пайку без применения припоя в. Выполнять пайку без применения припоя при температурах ниже температуры плавления металла заготовок г. Всё вышеназванное Ответ: в

14	<u>Реактивно-флюсовая пайка позволяет:</u> а. Получать припой или металл для лужения из флюса при нагреве под пайку б. Выполнять пайку без применения флюса в. Выполнять пайку без применения припоя г. Обеспечить реактивно-флюсовое лужение паяемых поверхностей Ответ: а
15	<u>При пайке тугоплавких металлов целесообразно</u> а. Нагрев при пайке вести на малой скорости б. Применять диффузионную пайку для повышения температуры распая в. Использовать контактно-реактивную пайку. г. Использовать серебряные припои Ответ: б
16	<u>Для пайки титана целесообразно</u> а. Применять реактивно-флюсовую пайку с целью предварительного облуживания серебром б. Применять пайку композиционным припоем в. Применять пайку погружением в соль. г. Использовать низкотемпературную пайку. Ответ: а

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

ПК-3 Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов сварки и родственных процессов в ходе подготовки производства новой продукции

1.	Назначение и область применения специальных методов сварки.
2.	Виды химических связей в твердых телах.
3.	Характер изменения сил взаимодействия частиц от расстояния между ними.
4.	Термодинамика процесса схватывания (рассмотрение изменения потенциальной энергии двух кристаллов).
5.	Строение реальной поверхности металла.
6.	Механизм образования соединения при сварке давлением.
7.	Активация контактных поверхностей при сварке давлением.
8.	Стадия объёмного взаимодействия при сварке давлением.
9.	Сущность и основные параметры холодной сварки.
10.	Сущность и основные параметры магнито-импульсной сварки
11.	Сущность и основные параметры сварки взрывом.
12.	Сущность и основные параметры сварки трением.
13.	Сущность и основные параметры сварки прокаткой.
14.	Сущность и основные параметры сварки токами высокой частоты.
15.	Сущность и основные параметры диффузионной сварки.
16.	Сущность и основные параметры ультразвуковой сварки.
17.	Сущность электронно-лучевой сварки. Электронная пушка.
18.	Сущность лазерной сварки. Характерные виды соединений при лазерной сварке.
19.	Сущность плазменной сварки. Характеристика плазменной струи.
20.	Определение и признаки пайки.
21.	Пайка в активной газовой среде.
22.	Пайка в нейтральной среде и в вакууме.
23.	Ультразвуковая пайка.
24.	Диффузионная пайка.
25.	Контактно-реактивная пайка.

26.	Реактивно-флюсовая пайка.
27.	Капиллярная пайка.
28.	Пайка в вакуумных печах.
29.	Индукционная пайка.
30.	Пайка электросопротивлением.
31.	Электролитная пайка.
32.	Пайка световыми лучами.
33.	Электронно-лучевая пайка.
34.	Пайка лазером.
35.	Газопламенная пайка.
36.	Пайка паяльником.
37.	Конденсационная пайка.
38.	Виды диффузионной сварки по интенсивности силового воздействия. Типы свариваемых конструкций.
39.	Закономерности образования соединения при сварке плавлением.
40.	Технологические возможности и преимущества ЭЛС.
41.	Типы сварных соединений при ЭЛС. Недостатки ЭЛС.
42.	Области применения электронно-лучевой сварки.
43.	Преимущества и недостатки лазерной сварки.
44.	Области применения лазерной сварки и резки.
45.	Преимущества и недостатки плазменной сварки.
46.	Сварка микроплазменной дугой. Особенности, область применения.
47.	Преимущества пайки.
48.	Основные стадии процесса пайки.
49.	Операции технологического процесса пайки.
50.	Флюсовая пайка. Преимущества и недостатки
51.	Некапиллярная пайка (пайкосварка, сваркопайка).
52.	Пайка в печах. Схема. Преимущества.
53.	Пайка погружением. Общие достоинства и недостатки.
54.	Основные типы паяных соединений.
55.	Зависимость прочности паяного соединения от величины зазора при пайке.
56.	Особенности пайки сталей.
57.	Особенности пайки алюминиевых сплавов.
58.	Особенности пайки магниевых сплавов.
59.	Особенности пайки меди и её сплавов.
60.	Особенности пайки титановых сплавов.
61.	Особенности пайки тугоплавких металлов.
62.	Дефекты паяных швов и причины их возникновения.
ПК-4 Способен выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении сварных конструкций в машиностроении	
1.	Схемы холодной сварки, оборудование, область применения.
2.	Схемы магнито-импульсной сварки, оборудование, область применения.
3.	Схемы сварки взрывом, требования к помещениям и оснастке, область применения.
4.	Схемы сварки трением, типы соединений, область применения. Сварка трением перемешиванием. Орбитальная сварка.
5.	Конструкция пакетов для сварки прокаткой. Область применения.
6.	Схемы сварки ТВЧ, область её применения.

7.	Оборудование для диффузионной сварки. Область применения диффузионной сварки.
8.	Оборудование для ультразвуковой сварки. Область применения УЗС.
9.	Системы вакуумирования установки для ЭЛС.
10.	Энергетическая схема оптического квантового генератора.
11.	Типы квантовых генераторов.
12.	Работа лазера на кристалле рубина. Характеристика лазерного излучения.
13.	Принципиальная схема и работа плазмотрона прямого действия.
14.	Принципиальная схема и работа плазмотрона косвенного действия.
15.	Условия смачивания. Схема сил поверхностного натяжения. Капиллярность.
16.	Основные требования к паяльному флюсу.
17.	Пайка готовым припоем. Классификация припоев по температуре плавления.
18.	Пайка композиционным припоем.
19.	Пайка погружением в расплавленную соль.
20.	Пайка погружением в расплавленный припой. Пайка волной.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрен учебным планом

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Аттестация студентов проводится по недифференцированной системе (зачет/незачет) со следующими критериями оценок.

Студент может получить положительную аттестацию («зачет») по курсу только в случае выполнения практических заданий.

«Незачет» выставляется в случае отсутствия твердых знаний, или не выполнения студентом в целом критериев оценки.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Спец. методы сварки в твердой фазе	ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ
2	Спец. методы сварки плавлением	ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ
3	Пайка	ПК-3, ПК-4	Тест, защита лабораторных работ

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

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Специальные методы сварки и пайки: учебник / В.А. Фролов, В.В. Пешков, И.Н. Пашков, А.Б. Коломенский, В.А. Казаков.- М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2013.– 224 с.

2. Технологические основы сварки и пайки в авиастроении: Учебник для ВУЗов с грифом УМО / В.А. Фролов, В.В. Пешков, В.А. Саликов, В.А. Поклад, А.Б. Коломенский, М.Н. Шушпанов, В.А. Казаков.- 2-е изд.- М.: Интермет Инжиниринг, 2004.– 576 с.

3. Специальные методы сварки и пайка: лабораторный практикум. Учебное пособие / В.В. Пешков, А.Б. Коломенский.- Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016.- 107 с.

4. Кривоносова, Е. А. Пайка металлов : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. — Пермь : ПНИПУ, 2012. — 216 с. — ISBN 978-5-398-00719-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160480> (дата обращения: 04.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Краснопевцева, И. В. Пайка материалов : учебное пособие / И. В. Краснопевцева. — Тольятти : ТГУ, 2022. — 140 с. — ISBN 978-5-8259-1052-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264146> (дата обращения: 04.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Электронная библиотека Научной библиотеки Воронежского государственного технического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов]. - Электрон. дан. - Воронеж. 2017 - Режим доступа: <http://cchgeu.ru/university/library/>. - Загл. с экрана.

Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». - Санкт-Петербург: Лань, 2010-. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>. - Загл. с экрана.

Научная Электронная Библиотека eLibrary [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных: электрон. журн. на рус, англ., нем. яз. : реф. и наукометр. база данных] / Науч. электрон. б-ка. - Москва, 1999- . - Режим доступа: <http://elibrary.ru/>. - Загл. с экрана.

Электронная Библиотечная Система IPRbookshop [Электронный ресурс : электрон.-библ. система: полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естеств., и техн. наукам] / ООО «Ай Пи Эр Медиа», электронное периодическое издание «www.iprbookshop.ru». - Саратов, 2010- . - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>. - Загл. с экрана

Сайт ВГТУ <https://cchgeu.ru/education/programms/15-03-01-mashinostroenie-profil-tehnologii-i-robotizirovannye-sistemy-svarochnogo-proizvodstva/?docs2026>

Образовательный портал ВГТУ <https://old.education.cchgeu.ru/>

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Microsoft Win Pro 10 32-bit/64-bit Russian Russia Only USB <FQC-09118> / Договор с ООО Фирма «РИАН» от 06.04.2017 №130/04 на поставку товара (срок действия лицензий – бессрочно) (Подписан ректором ФГБОУ ВО «ВГТУ» С.А. Колодяжным и директором ООО Фирма «РИАН» А.Г. Кусковым 06.04.2017)
2. Acrobat Pro 2017 Multiple Platforms Russian AOO License TLP (1-4,999), право на использование / Сублицензионный договор с ООО «СиСофт Воронеж» от 15.11.2018 № 120 о предоставлении права использования на программы для ЭВМ (срок действия лицензий - бессрочно) (Подписан ректором ФГБОУ ВО «ВГТУ» С.А. Колодяжным и генеральным директором ООО «СиСофт Воронеж» А.А. Марьяновым 15.11.2018)
3. ANSYS DesignModeler; ANSYS CFD Premium; ANSYS Mechanical Enterprise; ANSYS HPC Pack; ANSYS Geometry Interface for Parasolid / Сублицензионный договор с ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» от 30.03.2019 № 2212-ПО/2019-ПФО о предоставлении на условиях простой (неисключительной) лицензии права программного обеспечения для ЭВМ (срок действия лицензии – бессрочно) (Подписан ректором ФГБОУ ВО «ВГТУ» С.А. Колодяжным и заместителем генерального директора – директором по продажам ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» А.Б. Аведьяном 30.03.2019)
4. «MATLAB Classroom new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License; -
Simulink Classroom new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License; -
MathWorks SMS - Software Maintenance Service (per year) / Сублицензионный договор с ЗАО "СофтЛайн Трейд" от 02.07.2015 № 51892/VRN3о предоставлении прав использования программ для ЭВМ (срок действия лицензии – бессрочно) (Подписан ректором ФГБОУ ВО «ВГТУ» В.Р. Петренко и ЗАО «СофтЛайн Трейд» Р.А. Чикаловым 02.07.2015)

Перечень бесплатного программного обеспечения

1. Adobe Acrobat Reader / Freeware / <http://adobe.com/>

2. 7zip / GNU LGPL / <http://7-zip.org/>
3. LibreOffice / GNU GPL, MPL / <http://libreoffice.org>
4. Компас-3D Viewer / Freeware / <http://kompas.ru/>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Техэксперт | Профессиональные справочные системы для руководителей, инженеров и специалистов: тестовый доступ <http://техэксперт.рус/>
- ГОСТ Эксперт – единая база ГОСТов РФ <https://gostexpert.ru/>
- Информационная система нормативной документации «МЕГАНОРМ» <https://meganorm.ru/>
- КонсультантПлюс <https://www.consultant.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Материально-техническая база ПАО «Ил»-ВАСО

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Специальные методы сварки и пайка» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков и проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы

	наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП

Лист согласования

Автор	Бокарев Дмитрий Игоревич	Подписано	04.09.2026 13:22:17
Заведующий кафедрой	Селиванов Владимир Федорович	Подписано	04.09.2026 15:53:05
Руководитель образовательной программы	Селиванов Владимир Федорович	Подписано	07.09.2026 10:43:13
Декан факультета	Дроздов Игорь Геннадьевич	Утверждено	10.09.2026 9:57:51