

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №5 от 21 января 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ
ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ»

Направление: 15.04.01 Машиностроение

Цифровые, аддитивные технологии в сварочном производстве

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Балановский
Андрей Евгеньевич
Дата подписания: 13.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Балановский Андрей
Евгеньевич
Дата подписания: 18.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Технология обработки материалов концентрированными потоками энергии» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-2 Способность организовать сбор, изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок; осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; проведение исследований и разработок	ПК-2.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-2.5	Способен организовать сбор, изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок, связанных с технологиями обработки материалов концентрированными потоками энергии; проводить исследования и осуществлять теоретическое обобщение результатов	Знать физическую сущность концентрированного источника энергии для различных способов сварки, наплавки, напыления, упрочнения, резки принципы структурных и фазовых превращений при ускоренном нагреве и охлаждении. Уметь определять основные структуры и фазы в металлах и сплавах, после воздействия источника энергии используя современное исследовательское оборудование с использованием технической литературы и других Владеть навыками работы на оптическом, электронном и просвечивающем микроскопах и другом оборудовании.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Технология обработки материалов концентрированными потоками энергии» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Диагностика и обеспечение качества сварных соединений», «Защита металлов от коррозии»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Влияние структуры на свойства сварных соединений», «Производственная практика: преддипломная практика», «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика», «Ремонт и восстановление оборудования», «Технико-экономическое обоснование инноваций в машиностроении», «Технологии отделочно-

упрочняющей обработки», «Технологии пластического формоизменения порошковых материалов», «Учебная практика: научно-исследовательская работа»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	36	36
лекции	12	12
лабораторные работы	24	24
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	72	72
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Высокоэффектив ные источники энергии	1	2	2	2					Устный опрос
2	Плазменная обработка металлов: сварка, резка, напыление, упрочнение	2	4	1, 3, 4	10					Устный опрос
3	Электронно- лучевая и лазерная обработка металлов: сварка, резка, упрочнение	3, 4	6	5, 6	12			1, 2	72	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		12		24				72	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Высокоэффективные источники энергии	Виды энергии, используемые в сварке; теплоносители и источники энергии (электрическая дуга, высококонцентрированный электронный пучок, плазменная струя, газовое пламя, лазерный луч)
2	Плазменная обработка металлов: сварка, резка, напыление, упрочнение	Технологические схемы с применением обработки плазмой. Преимущества плазменной резки металлов. Области применения плазменной обработки.
3	Электронно-лучевая и лазерная обработка металлов: сварка, резка, упрочнение	Технологические схемы с применением электронно-лучевой обработки, приборы и устройства, преимущества и недостатки ЭЛО. Физическая сущность лазерного излучения, виды лазеров, технологические схемы с применением лазеров, их преимущества и недостатки

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Исследование характеристик сжатой дуги в аргоне при различной степени сжатия	4
2	Влияние магнитных полей на дуговой разряд	2
3	Исследование влияния основных параметров режима плазменной сварки на геометрию сварного шва и качество сварного соединения	4
4	Изучение устройства и конструкции установки для плазменного напыления	2
5	Изучение особенностей и принципа действия лазерных генераторов и определение технологических параметров лазерной сварки	6
6	Исследование влияния основных параметров режима лазерной сварки на геометрию сварного шва и качество сварного соединения	6

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение переводов	62
2	Написание реферата	10

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Николаева Е.П. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Инновационный менеджмент в сварочных технологиях». – Иркутск, 2018. – с. (электронный ресурс)

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Николаева Е.П. Методические указания к самостоятельной работе по курсу «Инновационный менеджмент в сварочных технологиях». – Иркутск, 2018. – с. (электронный ресурс)

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Описание процедуры: Каждый студент должен выполнить предусмотренные программой практические (семинарские) занятия. При подготовке к практическому (семинарскому) занятию студент должен ознакомиться с методическими указаниями, изучить теоретический материал по соответствующей теме, и сформулировать ответы на контрольные вопросы. Отчёт оформляется в соответствии с требованиями, указанными в методических указаниях; защита отчётов проходит в форме собеседования.

Критерии оценки – одинаковы для всех тем и разделов:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) формулирование ответа в соответствии с нормами литературного русского языка.

Тема: «Формирование структуры сварного соединения»

Практическое занятие 1: Изучение процесса кристаллизации и формирования структуры металла шва

Примерные вопросы для контроля:

1. Назовите участки зоны термического влияния сварного шва
2. Назовите причину пониженных механических свойств участка перегрева.
3. Какой участок называют участком полной перекристаллизации?
4. Какой из участков определяет прочность сварного соединения?
5. Какова примерная ширина участка перегрева?

Практическое занятие 2: Причины образования дефектов при сварке

Примерные вопросы для контроля:

1. Какие дефекты возникают при сварке и наплавке деталей?
2. Назовите возможные причины появления дефектов при сварке.
3. Какие принимают меры борьбы с дефектами?
4. Какие дефекты называют «подрезами»?

5. Какие дефекты относят к внутренним дефектам?

Тема: «Структурные и фазовые превращения в сталях при сварке»

Практическое занятие 3: Зависимость свойств сварных соединений от структурно-фазового состава

Примерные вопросы для контроля:

1. Что понимают под фазовыми и структурными превращениями в металлах при технологических воздействиях?
2. Какие виды структурно-фазовых превращений имеют место в сталях при сварке?
3. Какие экспериментальные и расчетные методы применяют для определения фазового состава структуры металла сварных соединений углеродистых и легированных сталей?
4. Какие экспериментальные и расчетные методы применяют для оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию горячих трещин?

Тема: «Сварные соединения из цветных металлов и сплавов»

Практическое занятие 4: Особенности сварки цветных металлов

Примерные вопросы для контроля:

1. Какова свариваемость титана и его сплавов ручной дуговой сваркой покрытыми электродами?
2. Какие трудности возникают при сварке меди? алюминия?
3. Перечислите меры по очистке алюминия от окисной пленки;
4. Какие электроды и сварочные проволоки применяют для дуговой сварки алюминия?
5. Какие методы сварки меди вы знаете?

Семестр №3

Тема: «Высокоэффективные источники энергии»

Практическое занятие 1: Исследование характеристик сжатой дуги в аргоне при различной степени сжатия

Примерные вопросы для контроля:

1. Что такое газовый разряд?
2. Каковы основные различия тлеющего разряда и дуги?
3. Что такое вольт-амперная характеристика дуги? Опишите ее основные особенности.
4. Назовите основные виды эмиссии электронов.
5. В чем состоит физический смысл пинч-эффекта?

Практическое занятие 2: Влияние магнитных полей на дуговой разряд

Примерные вопросы для контроля:

1. Каковы виды внешнего магнитного поля по отношению к оси столба дуги?
2. По каким признакам классифицируют сварочные дуги?
3. Что называют магнитным дутьем?
4. Как магнитное дутье влияет на сварной шов?

Тема: «Плазменная обработка металлов: сварка, резка, напыление, упрочнение»

Практическое занятие 3: Изучение устройства и конструкции установки для плазменной сварки

Примерные вопросы для контроля:

1. Сформулируйте определение плазмы. Каковы ее основные параметры?
2. В чем физический смысл максвелловского распределения частиц газа по

скоростям?

3. В каких единицах выражается температура плазмы?
4. В чем суть квазинейтральности плазмы?
5. В каких единицах выражается удельная электропроводность плазмы?

Практическое занятие 4: Расчёт режимов плазменной сварки и выбор оборудования

1. Что называют режимом сварки?
2. Для чего необходимы теплофизические данные свариваемого материала?
3. Каковы функции газовой среды при плазменной обработке?
4. На чем основывается выбор основного оборудования?
5. Как влияет изменение диаметра канала сопла на характеристики дуги?

Практическое занятие 5: Исследование влияния основных параметров режима плазменной сварки на геометрию сварного шва и качество сварного соединения

1. Какие параметры режима сварки оказывают наибольшее влияние на форму и размеры шва?
2. Почему глубина проплавления возрастает почти линейно с увеличением силы сварочного тока?
3. В чем сущность сварки закрытой сжатой дугой?
4. Что представляет собой плазменная сварка плавящимся электродом?
5. Где применяется микроплазменная сварка?

Практическое занятие 6: Изучение устройства и конструкции установки для плазменного напыления

1. Какие операции включает в себя технологический процесс восстановления деталей плазменным напылением?
2. В каких устройствах осуществляется напыление?
3. Какие преимущества у плазменного напыления по сравнению с другими способами восстановления изношенных поверхностей деталей?
4. Какие реакционно-способные газы используют при плазменном напылении?
5. Перечислите основные технологические узлы установки для плазменного напыления.

Тема: «Электронно-лучевая и лазерная обработка металлов: сварка, резка, упрочнение»

Примерные вопросы для контроля:

1. Назовите основные стадии формирования электронного пучка
2. Из каких основных элементов состоит электронная пушка и каково их назначение?
3. Какова примерно сила тока электронного пучка при электронно-лучевой сварке?
4. Что входит в основные параметры режима электронно-лучевой сварки?
5. Какое давление устанавливается в вакуумной камере при электронно-лучевой сварке?
6. Каково приблизительное значение плотности мощности электронного пучка, обеспечивающее кинжальное проплавление?
7. В чем состоят физические особенности эффективного процесса электронно-лучевой сварки? Каковы значения эффективного КПД?
8. Что такое когерентное излучение?
9. В чем отличие спонтанного излучения от вынужденного?
10. Из каких основных элементов состоит лазер?
11. В чем отличие твердотельного лазера от газоразрядного?
12. Для чего используют в CO₂-лазере дополнительно азот и гелий?

Критерии оценивания.

Тема: «Формирование структуры сварного соединения»

Практическое занятие 1: Изучение процесса кристаллизации и формирования структуры металла шва

Примерные вопросы для контроля:

1. Назовите участки зоны термического влияния сварного шва
2. Назовите причину пониженных механических свойств участка перегрева.
3. Какой участок называют участком полной перекристаллизации?
4. Какой из участков определяет прочность сварного соединения?
5. Какова примерная ширина участка перегрева?

Практическое занятие 2: Причины образования дефектов при сварке

Примерные вопросы для контроля:

1. Какие дефекты возникают при сварке и наплавке деталей?
2. Назовите возможные причины появления дефектов при сварке.
3. Какие принимают меры борьбы с дефектами?
4. Какие дефекты называют «подрезами»?
5. Какие дефекты относят к внутренним дефектам?

Тема: «Структурные и фазовые превращения в сталях при сварке»

Практическое занятие 3: Зависимость свойств сварных соединений от структурно-фазового состава

Примерные вопросы для контроля:

1. Что понимают под фазовыми и структурными превращениями в металлах при технологических воздействиях?
2. Какие виды структурно-фазовых превращений имеют место в сталях при сварке?
3. Какие экспериментальные и расчетные методы применяют для определения фазового состава структуры металла сварных соединений углеродистых и легированных сталей?
4. Какие экспериментальные и расчетные методы применяют для оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию горячих трещин?

Тема: «Сварные соединения из цветных металлов и сплавов»

Практическое занятие 4: Особенности сварки цветных металлов

Примерные вопросы для контроля:

1. Какова свариваемость титана и его сплавов ручной дуговой сваркой покрытыми электродами?
2. Какие трудности возникают при сварке меди? алюминия?
3. Перечислите меры по очистке алюминия от окисной пленки;
4. Какие электроды и сварочные проволоки применяют для дуговой сварки алюминия?
5. Какие методы сварки меди вы знаете?

Семестр №3

Тема: «Высокоэффективные источники энергии»

Практическое занятие 1: Исследование характеристик сжатой дуги в аргоне при различной степени сжатия

Примерные вопросы для контроля:

1. Что такое газовый разряд?

2. Каковы основные различия тлеющего разряда и дуги?
3. Что такое вольт-амперная характеристика дуги? Опишите ее основные особенности.
4. Назовите основные виды эмиссии электронов.
5. В чем состоит физический смысл пинч-эффекта?

Практическое занятие 2: Влияние магнитных полей на дуговой разряд

Примерные вопросы для контроля:

1. Каковы виды внешнего магнитного поля по отношению к оси столба дуги?
2. По каким признакам классифицируют сварочные дуги?
3. Что называют магнитным дутьем?
4. Как магнитное дутье влияет на сварной шов?

Тема: «Плазменная обработка металлов: сварка, резка, напыление, упрочнение»

Практическое занятие 3: Изучение устройства и конструкции установки для плазменной сварки

Примерные вопросы для контроля:

1. Сформулируйте определение плазмы. Каковы ее основные параметры?
2. В чем физический смысл максвелловского распределения частиц газа по скоростям?
3. В каких единицах выражается температура плазмы?
4. В чем суть квазинейтральности плазмы?
5. В каких единицах выражается удельная электропроводность плазмы?

Практическое занятие 4: Расчёт режимов плазменной сварки и выбор оборудования

1. Что называют режимом сварки?
2. Для чего необходимы теплофизические данные свариваемого материала?
3. Каковы функции газовой среды при плазменной обработке?
4. На чем основывается выбор основного оборудования?
5. Как влияет изменение диаметра канала сопла на характеристики дуги?

Практическое занятие 5: Исследование влияния основных параметров режима плазменной сварки на геометрию сварного шва и качество сварного соединения

1. Какие параметры режима сварки оказывают наибольшее влияние на форму и размеры шва?
2. Почему глубина проплавления возрастает почти линейно с увеличением силы сварочного тока?
3. В чем сущность сварки закрытой сжатой дугой?
4. Что представляет собой плазменная сварка плавящимся электродом?
5. Где применяется микроплазменная сварка?

Практическое занятие 6: Изучение устройства и конструкции установки для плазменного напыления

1. Какие операции включает в себя технологический процесс восстановления деталей плазменным напылением?
2. В каких устройствах осуществляется напыление?
3. Какие преимущества у плазменного напыления по сравнению с другими способами восстановления изношенных поверхностей деталей?
4. Какие реакционно-способные газы используют при плазменном напылении?
5. Перечислите основные технологические узлы установки для плазменного

напыления.

Тема: «Электронно-лучевая и лазерная обработка металлов: сварка, резка, упрочнение»

Примерные вопросы для контроля:

1. Назовите основные стадии формирования электронного пучка
2. Из каких основных элементов состоит электронная пушка и каково их назначение?
3. Какова примерно сила тока электронного пучка при электронно-лучевой сварке?
4. Что входит в основные параметры режима электронно-лучевой сварки?
5. Какое давление устанавливается в вакуумной камере при электронно-лучевой сварке?
6. Каково приблизительное значение плотности мощности электронного пучка, обеспечивающее кинжальное проплавление?
7. В чем состоят физические особенности эффективного процесса электронно-лучевой сварки? Каковы значения эффективного КПД?
8. Что такое когерентное излучение?
9. В чем отличие спонтанного излучения от вынужденного?
10. Из каких основных элементов состоит лазер?
11. В чем отличие твердотельного лазера от газоразрядного?
12. Для чего используют в CO₂-лазере дополнительно азот и гелий?

Понимает технологические особенности применения высокоэффективных источников энергии для сварки и родственных технологий. Умеет эффективно использовать свои знания в ходе разработки технологических процессов с применением высокоэффективных источников энергии для сварки. Выбирает методику и проводит исследование сварного шва. Сопоставляет и анализирует результаты исследований.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-2.5	Понимает технологические особенности применения высокоэффективных источников энергии для сварки и родственных технологий. Умеет эффективно использовать свои знания в ходе разработки технологических процессов с применением высокоэффективных источников энергии для сварки. Выбирает методику и проводит исследование сварного шва. Сопоставляет и анализирует результаты исследований.	Тестирование / Устный опрос

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

1. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачет. Для подготовки к зачету студентам выдаётся список вопросов. Вопросы для зачета составлены по темам и разделам, в рамках которых не проводились лабораторные работы.
2. Для успешной подготовки к зачету студенты должны выполнить практические работы, во время которых принимать участие в дискуссиях, отвечать на контрольные вопросы и защитить отчеты.
3. Для оценки знаний на зачете студенту предлагается ответить на один вопрос по каждой из тем дисциплины. В зависимости от ответа студента преподаватель может задать дополнительные вопросы, связанные с темами дисциплины. В случае допущения студентом неточности при ответе на контрольный вопрос преподаватель формулирует правильный ответ. При неправильном ответе студенту предлагается устранить недостатки в подготовке, после чего процедура устного опроса повторяется.

Пример задания:

Раздел «Высокоэффективные источники энергии»

1. Как классифицируют источники теплоты по признаку распределенности и времени действия?
2. Дайте определение точечного и линейного источников тепла.
3. Дайте определение плоского и объемного источников тепла.
4. Дайте определение мгновенного и непрерывно действующего источников тепла.
5. Дайте определение подвижного и быстро движущегося источников тепла.
6. Что такое принцип наложения источников тепла?
7. Как определяется эффективная тепловая мощность дуги?
8. Что такое эффективный КПД процесса нагрева изделия дугой?
9. Как влияет увеличение скорости сварки на кривую распределения температуры вдоль оси шва?

Раздел: «Плазменная обработка металлов: сварка, резка, напыление, упрочнение»

1. Что такое плазмотрон?
2. Какова область применения плазмотронов?
3. Какие виды плазмотронов существуют?
4. Объясните смысл т.н. «закрутки» при плазменной обработке.
5. Какие вещества используют в качестве плазмообразующих в дуговых плазмотронах?
6. Какие разновидности высокочастотных плазмотронов существуют?
7. Для чего используют высокочастотные индукционные плазмотроны?
8. Перечислите существующие способы пуска плазмотрона.

Раздел: «Электронно-лучевая и лазерная обработка металлов: сварка, резка, упрочнение»

1. На каком принципе работает фокусирующая система при ЭЛС?
2. Влияние времени импульса и паузы на размеры сварного шва при лучевой сварке
3. Целесообразно ли использование электронно-лучевой сварки при серийном и массовом производстве?
4. С какой целью производят поперечные колебания луча относительно направления сварки?
5. Для каких целей используют при электронно-лучевой сварке двухкамерные установки? Как увеличить глубину проплавления детали при электронно-лучевой сварке?
6. За счет чего регулируют ток луча?

7. Какие процессы протекают в лазерной головке при формировании лазерного луча?
8. Каковы свойства спонтанного и вынужденного излучения?
9. Какие условия необходимы и достаточны для усиления светового потока проходящего через среду?
10. Какую роль выполняет резонатор?
11. Каковы свойства излучения лазера?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
За ответ ставится оценка «зачтено», если при ответе студент: 1) подробно излагает материал, дает правильное определение основных понятий; 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебной литературы, но и составленные самостоятельно; 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.	Ответ на вопрос считается не зачтенным, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

7 Основная учебная литература

1. Ефименко Л. А. Металловедение и термическая обработка сварных соединений : учеб. пособие для вузов по специальности "Мор. нефтегазовые сооружения" .. / Л. А. Ефименко, А. К. Прыгаев, О. Ю. Елагина, 2007. - 455 с.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Теория сварочных процессов : учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Машиностроительные технологии и оборудование", специальность "Оборудование и технология сварочного производства" / А. В. Коновалов [и др.]; под ред. В. М. Неровного, 2007. - 748 с.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Microsoft Office

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 1. Микроскоп МИМ-7 2. Микроскоп МИМ-8 3. Установка плазменной наплавки УПН-303 4. Микроскоп Микромед МЕТ-2 5. Полуавтомат Кетромат 1701 сварочный 6. 314619 Установка "Лига"-03 7. 11536 Сварочный автомат АДФ-1002 8. Установка плазменной наплавки УПН-303 9. Установка ПСС-3500