

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ»  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Выпускная квалификационная работа

по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля Машиностроение и материалобработка  
специализации «Технологии и технологический менеджмент в сварочном  
производстве»

Идентификационный код ВКР: 775

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и  
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ  
Заведующий кафедрой ИММ  
\_\_\_\_\_ Б.Н.Гузанов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

### **РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Идентификационный код ВКР: 775

Исполнитель:

студент группы ЗСМ-404С

А.А. Карпов

Руководитель,

доцент, канд.пед.наук

М.А. Федулова

Нормоконтролер:

доцент, канд.техн.наук

Д.Х. Билалов

Екатеринбург 2018

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа содержит 93 листа машинописного текста, 27 рисунков, 10 таблиц, 21 использованный источник литературы.

Ключевые слова: БАКАЛАВРИАТ, ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, БАКАЛАВР ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ, КОМПЕТЕНЦИИ, ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ.

В дипломной работе на основе изучения теории использования информационных технологий в профессиональном обучении и анализа учебно-программной документации подготовки бакалавров по направлению Профессиональное обучение профиль Машиностроение и материалобработка профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном производстве разработано учебно-методическое сопровождение учебных занятий по теме «Физико-химические процессы в сварочной дуге» дисциплины «Теория сварочных процессов» в виде электронных презентаций.

В технологической части дипломной работы представлена разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Информационные технологии в теории и практике высшего образования .....	7
1.1 Компетентностный подход в высшем образовании Российской Федерации .....	7
1.2 Роль современных информационных и коммуникационных технологий в подготовке бакалавров.....	11
1.3 Особенности использования информационных технологий на лекционных занятиях.....	15
2 Изучение и анализ учебно-программной документации подготовки бакалавров профессионального обучения профилизации «Технологии и технологический менеджмент в сварочном производстве».....	17
2.1 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению Профессиональное обучение (по отраслям) .....	17
2.2 Учебный план подготовки бакалавра профессионального обучения .....	21
2.3 Место дисциплины «Теория сварочных процессов» в подготовке бакалавров профессионального обучения.....	22
3 Проектирование учебно-методических материалов для изучения раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге».....	28
3.1 Характеристика возможных источников учебной информации.....	28
3.3 Отбор учебной информации по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге».....	32
3.4 Построение структурно-логической схемы раздела .....	34
3.5 Разработка электронных презентаций по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге» .....	39
3.6 Методические рекомендации использования электронной презентации при проведении лекций .....	53
4 Технология изготовления двутавровой несущей балки.....	57
4.1 Описание изделия и условия его эксплуатации.....	57
4.2 Характеристика стали 15ХСНД.....	58
4.3 Выбор способа сварки .....	59
4.4 Выбор сварочных материалов .....	62
4.5 Расчет и выбор режимов сварки.....	64
4.6 Выбор сварочного оборудования .....	69
4.7 Выбор оборудования и приспособления для сварочных работ .....	75
4.8 Контроль качества сварных соединений балки моста .....	81
4.9 Технология изготовления балки.....	82
Заключение .....	90
Список использованных источников .....	91
Приложение А - Спецификация .....	94

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Российское образование переходит на двухуровневое компетентностно-ориентированное образование. Компетенции – это способность конвертации знаний, умений и навыков в практику. Формирование компетенций будущего выпускника вуза сложная и многогранная задача, которая может быть решена посредством совершенствования содержания образования, введения и применения новых инновационных форм, методов и технологий обучения. В связи с этим перед преподавателями ставится проблема выбора таких технологий и методов обучения, использование которых позволило студентам не только усвоить знания и приобрести умения, но и сформировали способности к самообразованию, адаптации к профессиональной деятельности, мобильности на рынке труда. Здесь актуальным становится внедрение в процесс подготовки студентов вуза информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Усвоение студентами знаний с помощью информационно-коммуникационных технологий происходит значительно быстрее, чем посредством обычных технологий. Эти технологии изменяют характер развития, приобретения и распространения знаний, позволяют углублять и расширять содержание изучаемых дисциплин, быстро обновлять его, применять более эффективные методы обучения, а также значительно расширяют доступ к образованию.

Внедрение современных информационно-коммуникационных технологий ставит перед преподавателями новые проблемы, которые могут быть обусловлены неразработанностью теоретико-методологической базы проектирования методического обеспечения дисциплин подготовки и также отсутствием учебно-методических материалов, позволяющих широко использовать ИКТ в рамках преподавания дисциплин различного характера.

В связи с этим целью данной работы является разработка учебно-методического сопровождения дисциплины "Теория сварочных процессов" раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге» с использованием информационных технологий.

Объект исследования – процесс подготовки бакалавров профессионального обучения.

Предмет исследования – формирование компетенций бакалавров профессионального обучения при изучении специальной дисциплины «Теория сварочных процессов».

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать и обосновать целесообразность применения электронных учебных презентаций при подготовке бакалавров профессионального обучения;
2. Изучить особенности и правила проектирования электронных учебных презентаций;
3. Провести анализ содержания научной и учебной литературы по дисциплине «Теория сварочных процессов»;
4. Определить структуру содержания и теоретическое наполнение электронных учебных презентаций раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге»
5. Разработать электронные учебные презентации для раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге» и апробировать его в рамках преподавания дисциплины «Теория сварочных процессов».

Исследования при выполнении дипломной работы будут проводиться на основе изучения и анализа научной, технической, психолого-педагогической литературы и нормативных документов, а также с использованием таких теоретических методов, как анализ, синтез, формализация, конкретизация, моделирование.

# **1 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

## **1.1 Компетентностный подход в высшем образовании Российской Федерации**

В настоящий момент перед всеми российскими вузами на первый план выдвинута актуальная задача перехода от действующих основных образовательных программ (ООП), реализующих государственный образовательный стандарт высшего образования второго поколения (ГОС ВО), к новому поколению ООП, реализующих Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования третьего поколения (ФГОС ВО).

Государственный образовательный стандарт (ГОС) – документ, регламентирующий формирование основных образовательных программ, введен Закон Российской Федерации «Об образовании» в 1992 году (статья 7).

Сегодня в России сложилась система высшего образования, которая состоит из двух образовательных подсистем: первая – включает непрерывную подготовку дипломированных специалистов по 500 специальностям высшего профессионального образования (срок обучения 5 лет), вторая - ступенчатая обеспечивает реализацию образовательных программ по ступеням высшего профессионального образования с присвоением степени (квалификации) «бакалавра» (срок обучения 4 года) и «магистра» (срок обучения 6 лет) по 120 направлениям подготовки высшего профессионального образования. Практическая реализация этих подсистем в России осуществляется по разным схемам:

- независимые траектории обучения по подсистемам бакалавров и специалистов не имеют общих частей;
- совмещенные траектории обучения на первых курсах (с 1 по 2 или 3 курсы) с последующим разведением потоков специалистов и бакалавров на старших, чему способствует ГОС ВО, введенные в 2000 году.

В целях развития уровневого высшего профессионального образования Министерством образования был разработан и затем принят закон, в соответствии с которым бакалавриата, магистратура и подготовка специалиста рассматриваются в качестве самостоятельных образовательных уровней высшего образования, где основные образовательные программы магистров и специалистов являются программами одного уровня.

Введение высшего уровневого образования является важнейшим элементом комплексного преобразования сферы высшего образования в России, это в большей мере отвечает быстро изменяющемуся рынку труда и поможет формированию более гибкой структуры квалификаций и образовательных программ, соответствующих потребностям личности и общества.

При формировании образовательных стандартов профессионального образования, определении необходимых квалификаций (степеней) в определенной области деятельности лидирующую роль должен играть стандарт, т.е. требования, которые предъявляет к работнику, - конкретная область трудовой деятельности. Именно на основе этих требований к умениям строится как требования к выпускнику, так и требования к содержанию подготовки.

На основе опыта разработки и реализации ГОС ВПО первого и второго поколения и с учетом документов Болонского процесса ФГОС ВО предусматривает:

- включение стандартов по направлениям подготовки как совокупности образовательных программ бакалавра, специалиста и магистра, объединяемых на базе общности их фундаментальной части;

- требования к результатам освоения основных образовательных программ подготовки в виде компетенций как в области профессиональной деятельности, так и социально-личностной;

- стандарты, где нет деления их на федеральный, национально-региональный и вузовский компоненты одновременно с расширением академических свобод вузов при формировании ООП;

- введение научно-исследовательской работы студента как обязательного компонента основной образовательной программы;

- установление трудоемкости (объема учебной работы студента) основных образовательных программ в зачетных единицах вместо часовых эквивалентов.

На основе проделанной исследовательской и аналитической работы, с учетом международного и отечественного опыта сохраняется цикловая структура ФГОС ВО (гуманитарный, социальный и экономический цикл; математический и естественнонаучный цикл; профессиональный цикл; практики и научно-исследовательская работа) при этом каждый цикл (который в европейском варианте называется модулем) должен иметь базовую и вариативную части.

Формирование ФГОС ВО на компетентностной основе ставит новые сложные задачи для обеспечения и контроля качества, как в самом вузе, так и при внешних оценках.

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) - это совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ высшего образования образовательными учреждениями, имеющими государственную аккредитацию.

ФГОС ВО включают в себя требования к:

-структуре основных образовательных программ, в том числе требованиям к соотношению частей основной образовательной программы и их объему, а также к соотношению обязательной части основной образовательной программы и части, формируемой участниками образовательного процесса;

-условиям реализации основных образовательных программ, в том числе кадровым, финансовым, материально-техническим и иным условиям;

-результатам освоения основных образовательных программ.

Основная образовательная программа высшего профессионально-педагогического образования (ООП ВО) - это система учебно-методических документов, регламентирующих цели, ожидаемые результаты, содержание,

условия и технологии реализации образовательного процесса, систему оценки качества подготовки выпускника.

ООП ВО разрабатывается на основе ФГОС ВО и рекомендованной примерной основной образовательной с учетом потребностей регионального рынка труда, традиций и достижений научно-педагогической школы конкретного вуза. ООП включает в себя учебный план, рабочие программы учебных курсов, предметов, дисциплин (модулей) и другие материалы, обеспечивающие воспитание и качество подготовки обучающихся, а также программы соответствующих вузов практик, календарный учебный график и методические материалы, обеспечивающие реализацию соответствующей образовательной технологии.

ООП ВО устанавливает цели, ожидаемые результаты, структуру и содержание образования, условия и технологии реализации образовательного процесса, системы деятельности преподавателей, студентов, организаторов образования, средства и технологии оценки и аттестации качества подготовки студентов на всех этапах их обучения в вузе.

Компетентностный подход - подход, акцентирующий внимание на результате образования, причем в качестве результата рассматривается не сумма усвоенной информации, а способность человека действовать в различных ситуациях.

Компетентностный подход связан с переносом акцента с преподавателя и содержания образования на студента и ожидаемые результаты образования, что является проявлением существенного усиления направленности образовательного процесса на студента.

Результаты образования - это формулировка того, что, как ожидается, будет знать, понимать и/или в состоянии продемонстрировать обучающийся по окончании образовательного процесса (например, лекции, дисциплины, модуля или ООП в целом).

Компетентностная модель выпускника вуза по направлению подготовки «Профессиональное обучение (по отраслям)» - комплексный интегральный об-

раз конечного результата образования в вузе по направлению подготовки, в основе которого лежит понятие «компетенция».

Компетенции и результаты образования рассматриваются как главные целевые установки в реализации ФГОС ВО, как интегрирующие начала «модели» выпускника. Сама компетентностная модель выпускника, с одной стороны, охватывает квалификацию, связывающую будущую его деятельность с предметами и объектами труда, с другой стороны, отражает междисциплинарные требования к результату образовательного процесса.

## **1.2 Роль современных информационных и коммуникационных технологий в подготовке бакалавров**

Компетентностная ориентация основной образовательной программы (ООП) определяет необходимость компетентностной ориентации не только самого образовательного процесса, его содержания и технологий реализации, но и соответствующей переориентации оценочных процедур, технологий и средств оценки качества подготовки обучающихся в рамках компетентностно-ориентированных требований ФГОС ВПО. В результате изучения всех без исключения предметов ВПО начинается формирование навыков, необходимых для жизни и работы в современном высокотехнологичном обществе. Обучающиеся приобретут опыт работы с гипермедийными информационными объектами, в которых объединяются текст, наглядно-графические изображения, цифровые данные, неподвижные и движущиеся изображения, звук, ссылки и базы данных и которые могут передаваться как устно, так и с помощью телекоммуникационных технологий или размещаться в Интернете. Обучающиеся познакомятся с различными средствами информационно коммуникационных технологий, освоят общие безопасные и эргономичные принципы работы с ними. Осознают возможности различных средств информационно коммуникационных технологий для использования в обучении.

В высших учебных заведениях, готовящих будущих педагогов, студентам должны быть созданы самые благоприятные условия для использования технологических возможностей современных компьютеров и средств связи, для поиска и получения информации, развития познавательных и коммуникативных способностей, умения оперативно принимать решения в сложных ситуациях. Преподаватели же, освобожденные от передачи формальных знаний, получившие свободу в выборе форм взаимодействия с обучаемыми, смогут приложить свои силы к тому, что и должно составлять суть их работы. Речь идет о выработке подходов к изучению той или иной дисциплины с учетом индивидуальных возможностей и потребностей студентов, обучении последних в ходе дискуссий, совместном проектировании и критическом анализе полученных результатов, нестандартном взгляде на стоящие проблемы. Для высшего учебного заведения, готовящего будущих педагогов, очень важно то, что даже традиционные аудиторные формы работы наполнятся в этом случае новым содержанием, поскольку время, сэкономленное благодаря применению информационных и коммуникационных технологий, может быть отдано личному общению педагогов и обучаемых, крайне необходимых для их профессиональной подготовки.

Вопрос о роли современных информационных, а в последнее время и коммуникационных технологий в деле совершенствования и модернизации сложившейся образовательной системы остается актуальным на протяжении последних двух десятилетий. Для успешной реализации программы модернизации высшего образования во многом базирующейся на его компьютеризации и «интернетизации», потребуется не только современное техническое оснащение учебных заведений, но и соответствующая подготовка педагогов и организаторов системы образования.

Однако все далеко не так просто, и при более внимательном рассмотрении здесь обнаруживается весьма принципиальное противоречие – между качеством и доступностью образования. Так для каждого преподавателя, главная цель – обеспечение качества образования, чему в большей степени может способствовать использование информационных и коммуникационных техноло-

гий. В то же время для руководителя помимо качества очень важной задачей является организация максимально широкого доступа к имеющемуся оборудованию и другим учебным ресурсам. И зачастую вместо обеспечения доступного качественного образования делается выбор в пользу решения только одной из этих задач.

Применение информационных и коммуникационных технологий в высшем образовании традиционно сводится к двум основным направлениям. Первое состоит в использовании возможностей этих технологий для увеличения доступности образования, что осуществляется путем включения в систему образования тех лиц, для которых иной способ может быть вообще недоступен. Необходимо отметить, что такая дистанционная форма обучения встречает множество возражений. Ее противники справедливо отмечают, что будущие студенты будут лишены всего того, что требуется для получения подлинного качественного образования: работа в лабораториях, доступ к научным библиотекам, общение с преподавателями и другими студентами на семинарах и в неформальной обстановке.

Второе направление предполагает использование информационных технологий для изменения того, чем учить и как учить, т.е. содержания и способов обучения в рамках традиционной очной формы. Но здесь возникает весьма щепетильная проблема, связанная с тем, что внедрение передовых технологий часто создает дополнительные преимущества наиболее успевающим, активным и способным студентам, не влияя на уровень основной массы. Подобная ситуация может быть связана, например, с тем, что используемые технологии не адаптированы для системы образования и работа с ними требуется специальной подготовки. Иными словами, может оказаться так, что внедрение информационных технологий в обучение на практике способствует росту или доступности образования, или его качества, - но для избранных. В то время как потребность общества состоится, естественно, в получении и доступного, и качественного образования.

Действительно, между доступностью образования и его качеством существуют вполне объяснимые противоречия. Ключевые образовательные ресурсы всегда присутствуют в строго ограниченном количестве и имеют совершенно определенный денежный эквивалент: места в аудитории, книги в научной библиотеке, лабораторное оборудование, квалифицированные преподаватели.

Особая роль в процессе создания и использования информационных технологий принадлежит в системе высшего образования как основному источнику квалифицированных высокоинтеллектуальных кадров и мощной базе фундаментальных и прикладных научных исследований. Характерной особенностью системы, в качестве потребителя, пользователя, а с другой – создателя информационных технологий, которые впоследствии используются в самых различных сферах. Это, по сути дела, обеспечивается в самых различных сферах. Это, по сути дела, обеспечивает практическую реализацию концепции перехода от информатизации высшего образования к информатизации общества. Но при этом не стоит преувеличивать возможности компьютеров, поскольку передача информации – это не передача знаний, культуры, и поэтому информационные технологии предоставляют педагогам очень эффективные, но вспомогательные средства.

Говоря об информационных технологиях, в одних случаях подразумевается определенное научное направление, в других же – конкретный способ работы с информацией: это и совокупность знаний о способах и средствах работы с информационными ресурсами, а также способ и средства сбора, обработки и передачи информации для получения новых сведений об изучаемом объекте.

В контексте высшего образования будем руководствоваться последним определением. Все педагогические технологии (понимаемые как способы) являются информационными, так как учебно-воспитательный процесс всегда сопровождается обменом информацией между педагогом и студентом. Но в современном понимании информационная технология обучения – это педагогическая технология, использующая специальные способы, программные и техни-

ческие средства (кино, аудио – и видеосредства, компьютеры, телекоммуникационные сети) для работы с информацией.

Таким образом, информационные технологии обучения следует понимать, как приложение информационных технологий для создания новых возможностей передачи знаний (деятельности педагога), восприятия знаний (деятельности обучаемого), оценки качества обучения и, безусловно, всестороннего развития личности обучаемого в ходе учебно-воспитательного процесса.

### **1.3 Особенности использования информационных технологий на лекционных занятиях**

В высшем учебном заведении при устном изложении учебного материала в основном используются словесные методы обучения. Среди них важное место занимает вузовская лекция. Лекция выступает в качестве ведущего звена всего курса обучения и представляет собой способ изложения объемного теоретического материала, обеспечивающий целостность и законченность его восприятия студентами. Лекция должна давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывать состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники, концентрировать внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления. Однако, традиционная вузовская лекция имеет ряд недостатков, которые обусловлены следующим:

1. Лекция приучает к пассивному восприятию чужих мнений, тормозит самостоятельное мышление обучающихся.
2. Лекция отбивает стремление к самостоятельным занятиям.
3. Лекции нужны, если нет учебников или их мало.
4. Одни слушатели успевают осмыслить, другие - только механически записать слова лектора. Это противоречит принципу индивидуализации обучения.

Однако опыт обучения в высшей школе свидетельствует о том, что отказ от лекции снижает научный уровень подготовки обучающихся, нарушает системность и равномерность их работы в течение семестра. Поэтому лекция по-прежнему остается как ведущим методом обучения, так и ведущей формой организации учебного процесса в вузе. Указанные недостатки в значительной степени могут быть преодолены правильной методикой и рациональным построением изучаемого материала.

В определенной степени остроту названных противоречий снимает возможность применения в учебном процессе нетрадиционных видов чтения лекций. Современная методика насчитывает свыше 250 различных методов. Эти методы приводят к изменению роли преподавателя, новым инструментам оценки достижений обучающихся.

## **2 ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ УЧЕБНО-ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРОФИЛИЗАЦИИ «ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»**

### **2.1 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению Профессиональное обучение (по отраслям)**

ФГОС ВО направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) был утвержден Министерством образования и науки Российской Федерации 22 декабря 2013 года. Данный документ является основой формирования ООП ВПО, в которых реализуются идеи компетентностного подхода. Присущий последнему перенос акцента с преподавателя и содержания дисциплины на студента и ожидаемые результаты образования является проявлением существенного усиления направленности образовательного процесса на студента как отражение важнейшей из мировых тенденций в развитии высшего профессионально-педагогического образования.

Компетентностный подход для российской высшей школы не является принципиально новым. Он представляет развитие системно-деятельностного подхода к проектированию квалификационных требований к выпускникам вузов, который освоен отечественной высшей школой и УМО по ППО уже с конца 80-х годов XX-го столетия и получил реализацию в квалификационных характеристиках выпускников вузов и ГОС ВПО первого и второго поколений.

В наши дни к причинам интенсивного развития компетентностного подхода обычно относят следующие факторы и тенденции:

- появление нового типа экономики, вызвавшее потребность в изменении требований к качеству подготовки выпускников, содержания труда и видов профессиональной деятельности;

- интенсивное развитие информационных технологий;
- возрастающий приоритет творческих аспектов профессиональной деятельности и интеллектуального потенциала специалистов;
- рост динамики модификации профессий, их глобализация.

Это определяет и различные подходы к оценке качества образования, что находит выражение в таких понятиях как «компетентность» и «компетенция».

Компетенция - это способность применять знания, умения, навыков и личностные качества для успешной деятельности в различных проблемных профессиональных ситуациях.

Компетентность - это уровень владения совокупностью компетенций, степень готовности к применению компетенций в профессиональной деятельности.

ФГОС ВПО предлагает руководствоваться требованиями к результатам освоения ООП бакалавриата, выраженным через компетенции. Выделены 2 группы компетенций: общекультурные (ОК) и профессиональные (ПК). К общекультурным относят группу универсальных, ключевых, надпрофессиональных компетенций, которые имеют большое значение как в жизни, так и в профессиональной деятельности. В числе профессиональных компетенций выделяют компетенции для всех профилей подготовки (инвариантные) и компетенции, связанные с конкретными профилизациями (вариативные). Обе группы соотносятся с двумя рядами требований: требованиями к академической подготовленности и требованиями к профессиональной подготовленности.

К жестко регламентированным требованиям ФГОС ВПО к разработке ООП относятся:

- Нормативный срок освоения ООП, включая последипломный отпуск - 4 года.
- Трудоемкость (в зачетных единицах) - 240.

Трудоемкость основной образовательной программы по очной форме обучения за учебный год равна 60 зачетным единицам.

Раздел основной образовательной программы бакалавриата «Учебная и производственная практики» является обязательным и представляет собой вид учебных занятий, непосредственно ориентированных на профессионально-практическую подготовку обучающихся.

Программа бакалавриата вуза должна включать лабораторные практикумы и/или практические занятия по дисциплинам (модулям) базовой части, формирующим у обучающихся умения и навыки в области теоретической и прикладной механики, физики, химии, информатики, электротехники и электроники, безопасности жизнедеятельности, истории, философии, социологии, иностранного языка, математики, начертательной геометрии, инженерной графики, экономики, менеджмента, маркетинга, а также по дисциплинам (модулям) вариативной части, рабочие программы которых предусматривают цели формирования у обучающихся соответствующих умений и навыков.

Оценка качества освоения основных образовательных программ должна включать текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию обучающихся и итоговую государственную аттестацию выпускников.

Итоговая государственная аттестация включает защиту выпускной квалификационной работы.

К требованиям, допускающим некоторую свободу вузу можно отнести:

Сроки освоения основной образовательной программы бакалавриата по очно-заочной (вечерней) и заочной формам обучения, а также в случае сочетания различных форм обучения могут увеличиваться на один год относительно указанного нормативного срока.

Общая трудоемкость циклов устанавливается в диапазоне до 10 зачетных единиц.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 20% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа не могут составлять более 40% аудиторных занятий.

Основная образовательная программа должна содержать дисциплины по выбору обучающихся в объеме не менее одной трети вариативной части суммарно по циклам Б.1, Б.2 и П.3. Порядок формирования дисциплин по выбору обучающихся устанавливает Ученый совет вуза.

Максимальный объем учебных занятий обучающихся не может составлять более 54 академических часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы по освоению основной образовательной программы и факультативных дисциплин, устанавливаемых вузом дополнительно к ООП и являющихся необязательными для изучения обучающимися.

Объем факультативных дисциплин не должен превышать 10 зачетных единиц.

Максимальный объем аудиторных учебных занятий в неделю при освоении основной образовательной программы по очной форме обучения составляет 24 академических часа. В указанный объем не входят обязательные аудиторские занятия по физической культуре.

Общий объем каникулярного времени в учебном году должен составлять 7-10 недель, в том числе не менее двух недель в зимний период.

Конкретные виды практик определяются ООП вуза. Цели и задачи, программы и формы отчетности определяются вузом по каждому виду практики.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний по каждой дисциплине разрабатываются вузом самостоятельно и доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

Требования к содержанию, объему и структуре выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы) определяются высшим учебным заведением.

## **2.2 Учебный план подготовки бакалавра профессионального обучения**

Каждое высшее учебное заведение имеет свою культуру проектирования рабочего учебного плана.

Учебный план представляет собой полную картину образовательного процесса, он включает в себя график учебного процесса, полный перечень всех дисциплин как базовой, так и вариативной части, определяет их трудоемкость в зачетных единицах и часах, устанавливает место каждой дисциплины в образовательном процессе, формы промежуточной аттестации.

Учебный план по направлению Профессиональное обучение (по отраслям) профиля «Машиностроение и материалобработка» профилизации «Технологии и технологический менеджмент в сварочном производстве» квалификация бакалавр очной формы обучения включает график учебного процесса на 4 года, план учебного процесса. В план учебного процесса включены 7 блоков:

Гуманитарный, социальный и экономический цикл 30-40 зач.ед. (содержит базовую часть 19 зач.ед., вариативную часть, в т.ч. дисциплины по выбору студента, - 20 зач.ед.);

Математический и естественнонаучный (общенаучный) цикл 76 зач.ед. (содержит базовую часть 31 зач.ед., вариативную часть, в т.ч. дисциплины по выбору студента, - 45 зач.ед.);

1) Профессиональный цикл 90 зач.ед. (содержит базовую часть 45 зач.ед., вариативную часть, в т.ч. дисциплины по выбору студента, - 45 зач.ед. );

2) Физическая культура 2 зач.ед. (400 часов)

3) Учебная и производственная практика - 18 зач.ед.

4) Итоговая государственная аттестация -15 зач.ед.

5) Факультативы - 10 зач.ед.

Дисциплина «Теория сварочных процессов» входит в Блок 2 «Математический и естественный (общенаучный) цикл» учебного плана по направлению 051000 Профессиональное обучение профиля Машиностроение и материалоб-

работка профилизации Технологии и технологический менеджмент в сварочном производстве.

### **2.3 Место дисциплины «Теория сварочных процессов» в подготовке бакалавров профессионального обучения**

Изучение дисциплины «Теория сварочных процессов» запланировано на II курсе 4-м семестре, оно составляет всего 144 часа, из которых аудиторные занятия - 80 часов из них: лекции – 40 часов, практические занятия – 20 часов, лабораторные работы – 20 часов, самостоятельная работа студента – 64 часов.

Целью освоения учебной дисциплины «Теория сварочных процессов» является формирование системы знаний теоретических основ сварочных процессов:

- физико-химических и металлургических основ сварочных процессов;
- физико-механические и химических процессов в сварочных источниках энергии;
- тепловых процессов при сварке;
- термомодеформационных процессов (структурные и фазовые превращения в металлах и сплавах при сварке), свариваемость;
- теоретических и экспериментальных сведений о свариваемости металлов и сплавов.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- Материаловедение

Знания: строение твердых тел, строение железоуглеродистых сплавов, их структура в зависимости от температурного воздействия и содержания углерода, маркировка сталей.

Умение: оценивать влияние различных факторов на механические и технологические свойства сплава.

Владения: расшифровка сталей, выбор вида термообработки для придания необходимых свойств сплавам.

- Химия

Знания: строение вещества, основы химической термодинамики, основы теории растворов, окислительно-восстановительные реакции, химическое равновесие, его характеристика.

Умения: расчет термодинамических величин, уравнения ОВР.

Владения: расчет электронных балансов окислительно-восстановительных реакций, определение валентности элементов, расчет тепловых балансов химических реакций, расчет константы равновесия химических реакций.

- Физика

Знания: законы механики, законы электростатики и электромагнетизма, законы термодинамики, диффузии, основы молекулярно-кинетической теории, способов теплопередачи.

Умения: расчеты электрической цепи.

Владения: определение физических констант.

- Математика

Знания: интегральное и дифференциальное исчисление.

Умения: производить расчеты, построение векторов

Владения: определение и расчет интегралов и дифференциалов.

Результатами освоения дисциплины являются следующие компетенции:

**Профессиональные компетенции (ПК):**

- готов к конструированию содержанию учебного материала по общепрофессиональной и специальной подготовке рабочих (ПК-20);
- способен использовать передовые отраслевые технологии в процессе обучения рабочей профессии (специальности) (ПК-31).

**Профильно-специализированные компетенции (ПСК):**

- готов участвовать в разработке и реализации проектирования технологических процессов сборки и сварки металлоконструкций в процессе обу-

чения рабочих (специалистов) соответствующего квалификационного уровня в области сварочного производства в учреждениях среднего профессионального и дополнительного профессионального образования (ПСК-2);

- способен к освоению современных технологий сварочного производства (ПСК-5);

- готов к работе с научно-технической информацией в области машиностроения при осуществлении проектирования и модернизации сварочных учебно-производственных мастерских в процессе обучения рабочих (специалистов) соответствующего квалификационного уровня в области сварочного производства в учреждениях среднего профессионального и дополнительного профессионального образования (ПСК-6).

Компетенции, формируемые при изучении дисциплины «Теория сварочных процессов», необходимы для успешного освоения последующих учебных дисциплин, таких как

- Высокотехнологичное оборудование сварочного производства;
- Технология и оборудование электродуговой сварки;
- Контроль качества сварных соединений;
- Производство сварных конструкций.

*В результате освоения дисциплины обучающийся должен:*

*Знать:*

31. Виды сварки, их характеристики;

32. Источники энергии для сварки, физико-химические процессы в источниках энергии для сварки;

33. Процессы, идущие в сварочной ванне и на межфазной границе при различных видах сварки;

34. Принципы выбора сварочных материалов для реализации выбранного способа сварки;

35. Расчет распределения температуры в свариваемом изделии во время и после сварки;

36. Оценки возможности образования дефектов в металле сварного соединения в результате сварочного процесса;

37. Технологические меры, способствующие предотвращению появления дефектов в металле сварного соединения.

*Уметь:*

У1. Обосновать выбор вида сварки для заданной конструкции и сплава при проектировании технологических процессов сборки и сварки металлоконструкций в процессе обучения рабочих (специалистов);

У2. Прогнозировать и объяснять процессы, идущие в источниках энергии для сварки и в металле сварочной ванны и на межфазной границе;

У3. Обосновать выбор сварочных материалов для проведения различных видов сварки при освоении современных технологий сварочного производства;

У4. Производить тепловые расчеты в сварных соединениях;

У5. Определять и прогнозировать свариваемость различных металлов и сплавов;

У6. Производить отбор учебной информации по теории сварочных процессов.

*Владеть:*

В1. Методами выбора и обоснования способа сварки;

В2. Методами выбора и обоснования сварочных материалов в зависимости от способа сварки и свариваемого сплава;

В3. Основами прогнозирования физико-химических процессов на межфазной границе и в источниках энергии для сварки;

В4. Методикой выбора, обоснования и расчета распределения температуры в сварном соединении;

В5. Методикой прогнозирования свариваемости металлов и сплавов.

В данной работе рассматривается раздел «Физико-химические процессы в сварочной дуге», который является составной частью темы «Физико-химические и физико-механические процессы в источниках энергии для сварки».

Раздел «Физико-химические процессы в сварочной дуге» содержит следующие дидактические единицы:

- Понятие сварки. Классификация видов сварки.
- Физико-химические процессы в дуговом разряде.
- Электрический разряд в газах. Дуговой разряд, история его открытия русским ученым В.В. Петровым. Процесс возбуждения дуги, способы ее зажигания. Основные зоны дуги и их геометрические параметры.
- Элементарные процессы в прикатодной области дуги. Явление эмиссии, работа выхода электрона. Механизмы эмиссии электронов.
- Элементарные процессы в столбе дуги. Явление ионизации, потенциал ионизации. Механизмы ионизации. Термическая ионизация газа. Уравнение Саха и расчет степени ионизации дуговой плазмы.
- Явление переноса в столбе дуги (электро- и теплопроводность), их назначение. саморегулирование процессов в столбе дуги.
- Баланс энергии в столбе дуги. Средняя температура, напряженность и средняя плотность в столбе дуги. Уравнения К.К. Хренова для расчетов температуры дуги.
- Процессы в прианодной области дуги, их характеристика.
- Неоднородность электрического поля дуги. Распределение потенциала в дуге.
- Вольт-амперная характеристика дуги, ее объяснение с позиции процессов, происходящих в дуге. Действие магнитных полей на дугу.
- Общие условия устойчивости электрической дуги.
- Перенос металла в сварочной дуге. Силы, действующие на каплю электродного металла при переносе, их характеристика. Виды переноса. Управление переносом металла в дуге.

- Особенности распространенных видов сварочных дуг. Особенности дуги переменного тока.
- Вентильный эффект. Сварочная дуга с неплавящимся электродом.
- Особенности дуги в защитных газах. Дуговой разряд в среде активного защитного газа (углекислого газа). Сварочная дуга в среде инертных газов.
- Особенности существования и характеристики сжатых дуг в плазмотронах.

Раздел «Физико-химические процессы в сварочной дуге» имеет важное значение для специальной подготовки бакалавров профессионального обучения профилизации "Технологии и технологический менеджмент в сварочном производстве".

### **3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛА «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СВАРОЧНОЙ ДУГЕ»**

#### **3.1 Характеристика возможных источников учебной информации**

Учебник излагает предметное содержание образования, предназначенное программой для обязательного изучения. Поэтому учебники создаются на основе учебной программы по предмету. При изложении содержания составители учитывают цели обучения, возрастные особенности учащихся и другие дидактические требования.

Учебное пособие обычно раскрывает отдельные проблемы и вопросы, описанные в учебнике, но требующие более детального рассмотрения. Кроме того, учебные пособия нередко содержат материалы по руководству процессом самостоятельного изучения предмета. Обычно учебное пособие создается в дополнение к какому-либо учебнику.

Учебно-методические пособия предназначены для преподавателей, и в них, как правило, содержатся методические сведения по подготовке и проведению занятий по предмету.

Справочники являются вспомогательными дидактическими средствами. Они предназначены для выборочного, а не для сплошного чтения. Максимальная информация при минимальном объеме – другая особенность справочника.

Наиболее важным видом учебной литературы является учебник. Главное отличие учебника от другой литературы, например, научной (монографической, энциклопедической) заключается в том, что он имеет не только предметное содержание, но и педагогическое. Учебник призван не только констатировать факты, законы, теории, но, и включает в себя дидактический, справочно-ориентировочный и воспитательный компоненты.

Таким образом, учебник выполняет сразу несколько функций:

- 1) информационную – в учебнике излагаются знания, способы деятельности, опыт деятельности;
- 2) трансформационную – научное знание в учебнике переработано в содержание образования для изучения в соответствующем учебном заведении;
- 3) систематизирующую – учебник преподносит учебный материал в систематизированном виде;
- 4) закрепляющую и контролирующую – учебник руководит процессом обучения и самообразования;
- 5) координирующую – учебник координирует функции всех остальных средств обучения;
- 6) интегрирующую – учебник дает целостное представление об изучаемом предмете;
- 7) развивающую и воспитательную – развитие познавательных возможностей и способностей формирования нравственных качеств личности осуществляется не только в ходе непосредственного педагогического воздействия, но и через учебник.

Для учебника, созданного в соответствии с учебной программой предмета, характерно строгая структура, элементами которой являются части, разделы, главы и параграфы. Параграф чаще всего отвечает материалу одного учебного занятия. Глава соответствует теме в программе учебного предмета. Раздел, как правило, рассчитан на полугодие.

При подготовке к занятиям педагог занимается анализом учебной литературы и, в первую очередь, учебников. Эта работа необходима в связи со следующими обстоятельствами:

для наиболее распространенных профессий рекомендовано несколько учебников по одному и тому же предмету;

по некоторым дисциплинам учебники для данной профессии отсутствуют, но имеются учебники для родственных профессий, в связи с этим, возможность их использования требует проверки;

при анализе программы учебного предмета педагог мог внести существенные коррективы так, что содержание рабочей программы уже не стало обеспечиваться рекомендуемыми учебниками.

Известно значительное количество методов и приемов анализа учебников. Наиболее широкое распространение нашли следующие методы:

социологический, предполагающий опрос или анкетирование широкого круга участников педагогического процесса (преподавателей, учащихся);

экспериментальный связанный с оценкой качества учебников коллективом квалифицированных специалистов;

органолептический, основанный на личных ощущениях, знаниях и умениях педагога, производящего оценку;

структурно-функциональный, рассматривающий учебник как главный элемент системы средств обучения и требующий оценивать учебник в неразрывной связи с другими обучающими средствами.

С нашей точки зрения, в данной разработке наиболее приемлемым является органолептический метод.

### **3.2 Подбор учебного материала по разделу**

Подбор учебной информации по дисциплине очень важный этап при подготовке процесса обучения. Учебная информация по специальным дисциплинам технического характера, как правило, отсутствует. Педагогу приходится поэтапно изучать технические описания, инструкции, научные статьи, справочную литературу, монографии, ИНТЕРНЕТ и т.п. для подбора необходимого материала. Данные сложности обусловлены следующим:

1.Отсутствием или устареванием учебников по техническим учебным дисциплинам. Это приводит к тому, что преподавателю приходится отбирать и структурировать учебный материал из справочников, статей периодических изданий, монографий. Известно, что уровень теоретического обобщения и степень абстракции предъявляемого учебного материала в них не соответствуют

уровню обученности студентов, психологическим и возрастным закономерностям усвоения учебной информации. В подобных ситуациях преподаватель должен переработать, трансформировать содержание вводимых понятий и адаптировать его к познавательным возможностям студентов;

2. недостаточной полнотой учебной информации по отдельным темам в рекомендуемых учебниках. В такой ситуации деятельность педагога по анализу связана с поиском этой информации в различных технических документах, журналах, специальной литературе и других источниках; отбором содержания формируемых понятий, ее переработкой и представлением в форме, доступной для усвоения обучаемыми;

3. отсутствием учебников для учебных заведений высшего образования по целому ряду специальных дисциплин.

4. особенностями содержания некоторых специальных дисциплин, в них нет ориентации на какую-либо одну базовую научную дисциплину. Поэтому содержание этих дисциплин объединяет и интегрирует факты теории, методы технических и естественнонаучных областей знаний. Указанные специфические черты современного научно-технического знания проецируются на конкретные учебные предметы, которые порождают определенные трудности в дидактической и методической переработке содержания учебного материала в соответствующих учебниках.

В результате работы с алфавитным и систематическим каталогом библиотеки РГППУ был проведен отбор литературы по дисциплине «Теория сварочных процессов» для студентов профилизации Технологии и технологический менеджмент в сварочном производстве, главный акцент при этом был сделан на подбор учебного материала по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге».

В результате проведенной работы были отобраны нижеперечисленные учебники, учебные пособия и публикации из журнала «Автоматическая сварка»:

1. Теория сварочных процессов: учебник для вузов /под ред. В. В. Фролова, В. Н. Волченко, В. М., Ямпольский, В. А. Винокуров и др.- М.: Высш. шк., 1988. - 559 с.
2. Ерохин, А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. / А.А.Ерохин. - М.: Машиностроение, 1973. – 448 с.
3. Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов. / К.В. Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. Киев: Выща шк., 1976. - 423 с.
4. Теория сварочных процессов: учебник для вузов /А.В.Коновалов, А.С.Куркин, Э.Л.Макаров, В.М.Неровный, Б.Ф.Якушин; Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007. 752 с.
5. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. /Под ред. акад. Б.Е. Патона.- М: Машиностроение, 1974. -703 с.
6. *Ленивкин В. А.* Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. М.: Машиностроение, 1989.
7. Теплофизические свойства углекислого газа и их влияние на процессы в сварочной дуге. В.С. Мечев, А.А. Валеева, А.Ж. Жайнаков, В.С. Слободянюк, М.А. Самсонов, В.С. Энгельшт. – Автоматическая сварка, 1982, № 4, с. 30 – 34.
8. *Федулова М.А.* Физико-химические процессы в сварочной дуге: учеб. пособие для вузов [Гриф УМО по ППО] / М. А. Федулова; – Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2009. 78 с.

Учебный материал, представленный в перечисленных учебниках и монографиях, дает возможность глубоко и детально изучить раздел «Физико-химические процессы в сварочной дуге».

### **3.3 Отбор учебной информации по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге»**

1. В учебнике «Теория сварочных процессов» под редакцией В.В.Фролова изложен материал по источникам энергии, а именно физическим основам и классификациям процессов при сварке. Большое внимание уделяется расчётам

температурных полей при сварке разнородных металлов, деформациям при сварке легированных сталей и сплавов. Механизм образования холодных трещин, причины их возникновения, способы оценки склонности металла сварных соединений к холодным трещинам. Способы повышения сопротивляемости сварных соединений легированных сталей холодным трещинам. Общие положения теории кристаллизации

2. Учебник «Теория сварочных процессов», авторы Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. описаны строение и основные свойства металлов, а также процессы деформации, разрушения и схватывания, лежащие в основе образования сварного соединения. Приведены краткие сведения об основных источниках тепла, применяемых при сварке. Даны основные сведения по химической термодинамике, физической химии и диффузии, необходимые для понимания металлургических процессов при сварке. Рассмотрены основные вопросы свариваемости металлов, а именно свариваемости углеродистых конструкционных, низко-, среднелегированных и высоколегированных сталей. Механизм образования холодных трещин.

3. В статье «Теплофизические свойства углекислого газа и их влияние на процессы в сварочной дуге» на основе анализа данных выбраны наиболее корректные температурные зависимости термодинамических свойств и коэффициентов переноса плазмы углекислого газа при атмосферном давлении. На примере сварочных дуг при токе 200 А в углекислом газе и аргоне показано, что вследствие более высоких значений теплопроводности и теплоемкости энергетические и динамические процессы в плазме  $\text{CO}_2$  сосредоточены в более узкой пространственной области по сравнению с плазмой аргона.

4. В учебнике «Теория сварочных процессов» Петрова Г.Л., Тумарев А.С. описаны и рассмотрены: физические основы свариваемости металлов, основы физической химии, сварочные источники тепла, нагрев металла сварочными источниками тепла, металлургические процессы при сварке плавлением, влияние термомодеформационного цикла сварки на структуру и свойства металла в

сварных соединениях, технологическая свариваемость металлов и факторы, ее определяющие.

5. Учебный материал, представленный в пособии данном Федуловой М.А. «Физико-химические процессы в сварочной дуге», отражает основные процессы, которые происходят в широко используемом в сварочном производстве источнике энергии – электрической дуге. Имеются контрольные вопросы и контрольные тесты.

Таким образом, для разработки учебно-методического сопровождения дисциплины «Теория сварочных процессов» по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге» нами будет использоваться учебное пособие Федуловой М.А. «Физико-химические процессы в сварочной дуге», и привлекаться материал рассмотренных выше учебников по дисциплине «Теория сварочных процессов».

### **3.4 Построение структурно-логической схемы раздела**

Технологический подход к организации процесса обучения требует определения оптимальной структуры. Для этого следует руководствоваться следующими принципами, предложенными В.Я. Сквирским []:

- принцип минимизации требует исключить все, что можно, без ущерба для цели. Когда это требование игнорируется, то информация отбирается по противоположному принципу: «Это не мешает» или «Это может пригодиться»;

- принцип объективно существующих связей, то есть тех связей, информация о которых должна быть усвоена обучаемыми;

- принцип историзма, то есть соответствие структуры истории развития изучаемого объекта;

- принцип логического следования, то есть отражение в структуре информации причинно-следственных связей между ее элементами;

- принцип подчиненности, отражающий иерархическую структуру информации;
- принцип соответствия структуры учебной информации характеру практической деятельности, к которой готовится обучаемый;
- принцип соответствия структуры учебной информации закономерностям познавательной деятельности.

Специалисты в области визуального мышления разделяют процесс восприятия и переработки визуальной информации на три этапа.

*Первый этап* выступает как анализ ее структуры. Ему должны соответствовать два важнейших параметра: нацеленность студентов на активное (продуктивное) восприятие и специальная организация учебного материала.

На *втором этапе* происходит создание новых образов. При этом умственные усилия студентов направлены на формирование целостной системы, отвечающей поставленной задаче.

*Третий этап* по своим целям и учебным возможностям можно отнести к поисковой деятельности. В этом случае любая формула, рисунок или схема подразумевают подсказку.

Построение структурно-логической схемы – необходимая часть методической работы при отборе и структурировании содержания учебного материала выбранной темы, оно производится исходя из целей обучения, психолого-педагогических требований к процессу обучения и структуры базисной науки. В структурно-логической схеме учитываются межпредметные и внутриспредметные связи, изначально производится выделение опорных понятий, которые уже знакомы студентами, и на их основе вводятся новые понятия, которые должны быть усвоены в процессе изучения. Таким образом, постепенно с опорой на уже усвоенные знания изучается новый учебный материал.

Структурирование содержания учебной информации начинается с выделения основных учебных элементов и установления связей между ними.

*Учебный элемент (УЭ)* – это подлежащая усвоению логически законченная часть информации. При анализе структуры учебный элемент является неде-

лимой частью информации в данном конкретном случае. Неделимость УЭ – понятие условное и в другом случае при более подробном рассмотрении вопроса может детализироваться. И, наоборот, если подробное рассмотрение не требуется, данный УЭ может войти в УЭ более высокого порядка. Таким образом, каждый учебный элемент является носителем собственной информации, отсутствующей в других учебных элементах.

В зависимости от конкретного содержания учебной информации в качестве учебного элемента могут быть: *определение понятия, факт, явление, процесс, закономерность, принцип, способ действия, характеристика объекта, вывод или следствие*. Следует иметь в виду, что способ выражения понятия (формула, график) не является учебным элементом.

Структура создается всей совокупностью учебных элементов, включенных в определенные связи. Можно выделить следующие типы связей: *взаимодействие, порождение, преобразование, строение, управление и функциональные связи*. Часто связь сама выступает как учебный элемент, то есть как информация, подлежащая усвоению.

Для составления спецификации учебных элементов необходимо провести структурно-логический анализ содержания, то есть выделить сами УЭ, а также установить связи между ними.

Спецификация учебных элементов как форма наглядного отображения структуры учебного материала, представляет собой таблицу, в которой представлены: перечень изучаемых понятий, уровни их усвоения и время изучения (то есть, опорное это понятие или новое), иногда добавляется тип ООД (ориентировочной основы действий) и условное обозначение. Методика построения графа подробно изложена в пособиях М.И. Ерецкого и В.Я. Сквирского [ ].

Граф – это схема, показывающая, каким образом множество точек (вершин) соединяется множеством линий (ребер). Граф учебной темы отображает структуру учебной информации. Вершина в графе отображает учебный элемент, а ребро – связь между учебными элементами, которая является существенной с точки зрения преподавателя, разрабатывающего структуру.

В данном параграфе нами разработана структурно-логическая схема учебной информации по теме «Физико-химические процессы в сварочной дуге». Изучение темы, необходимо начать с актуализации знаний о сварочной дуге как источники энергии для сварки, рассмотреть строение дуги; процессы, протекающие в ее областях, характеристики этих процессов. Далее продемонстрировать принципы применения разновидностей дуг в сварочном производстве, что может быть обусловлено особенностями защиты дугового разряда, воздействием магнитных полей, различным тепловложением и др.

На первом этапе нами были определены учебные элементы по теме «Физико-химические процессы в сварочной дуге» и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Наименования учебных элементов раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге»

№ п\п	Название учебных элементов, понятий
1	2
1.	Сварочная дуга
2.	Катодная область
3.	Катод
4.	Анодная область
5.	Анод
6.	Столб дуги
7.	Эмиссия
8.	Работа выхода электрона
9.	Ионизация
10.	Энергия ионизации
11.	Эффективная степень ионизации
12.	Температура столба дуги
13.	Плазма дуги
14.	Температура анодной области
15.	Температура катодной области
16.	Вольт-амперная характеристика дуги
17.	Падающая характеристика
18.	Пологая характеристика
19.	Возрастающая характеристика
20.	Магнитное поле
21.	Амбиполярная диффузия
22.	Обрывная длина дуги
23.	Сварочная дуга с плавящимся электродом
24.	Сила поверхностного натяжения
25.	Поверхностное натяжение расплавленного металла
26.	Реактивные силы
27.	Электродинамические силы
28.	Плазменные потоки

Окончание таблицы 1

1	2
29.	Характер переноса расплавленного металла
30.	Крупнокапельный перенос
31.	Мелкокапельный перенос
32.	Струйный перенос
33.	Дуга постоянного тока обратной полярности
34.	Дуга переменного тока
35.	Пик зажигания дуги
36.	Вентильный эффект
37.	Сварочная дуга в защитных газах
38.	Сварочная дуга в инертных газах
39.	Сварочная дуга в среде CO <sub>2</sub>
40.	Разбрызгивание металла
41.	Инертные газы
42.	Сварочная дуга в аргоне
43.	Сварочная дуга под флюсом
44.	Плазменная струя
45.	Плазменная дуга

Данная спецификация помогла нам четко структурировать учебный материал, который может быть представлен в следующем порядке. Сначала изучаемая тема «Общая характеристика дуги, ее строение» (граф 1) далее тема «Элементарные процессы, происходящие в электрической дуге» разбивается на три подтемы: 1) Процессы на катоде и в катодной области 2) Процессы в столбе дуги 3) Процессы на аноде и в анодной области.

На основании полученных знаний возможно изучение следующей темы «Неоднородность свойств электрической дуги», «Влияние магнитных полей на сварочную дугу», «Условия устойчивого горения дуги», «Сварочная дуга плавящимся электродом. Перенос металла через дугу», «Особенности дуги обратной полярности» «Особенности дуги переменного тока», «Особенности дуги в защитных газах», «Сварочная дуга под флюсом», «плазменная сварочная дуга (сжатая дуга)». Каждая тема дает знания и базу для изучения последующей, обобщает ранее изученный материал и представляет физико-химические процессы в сварочной дуге как систему, где все части взаимосвязаны и взаимно влияют друг на друга.

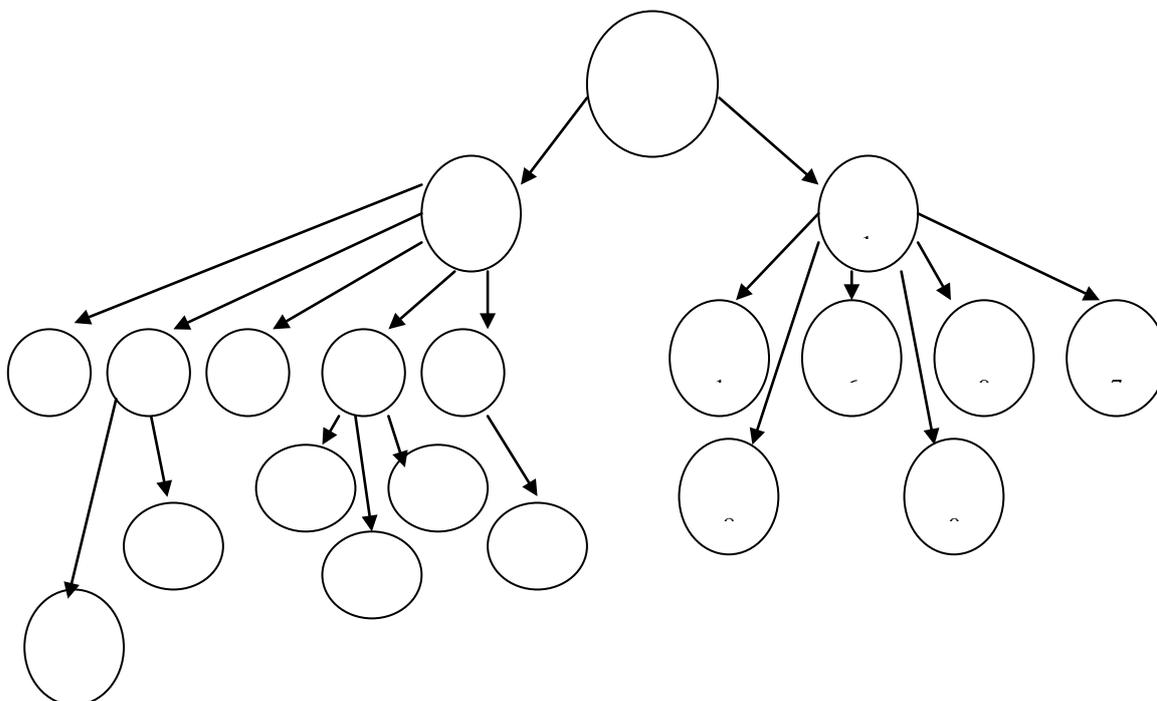


Рисунок 1 – Граф учебной информации по теме «Физико-химические процессы в сварочной дуге»

Построенный граф помогает более тщательно структурировать учебный материал, дает возможность акцентировать внимание на основных понятиях и при необходимости дополнять учебную информацию современными научными исследованиями в данной области.

### **3.5 Разработка электронных презентаций по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге»**

Электронная презентация – это электронный документ, представляющий собой набор слайдов, предназначенный для демонстрации аудитории.

Целью любой презентации является визуальное представление замысла автора, максимально удобное для восприятия конкретной аудиторией и побуждающее ее на позитивное взаимодействие с объектом или автором презентации.

Задачи презентации:

- привлечь внимание аудитории;

- включать всю необходимую информацию, достаточную для восприятия аудиторией без пояснений;
- предоставлять информацию аудитории максимально комфортно;
- обратить внимание аудитории на наиболее существенные информационные разделы.

Электронная презентация, выполненная в среде Microsoft Power Point или ее аналогах, – удобный способ преподнести информацию самой разной аудитории – учащимся, коллегам, подчиненным, руководству, бизнес-партнерам, инвесторам. Основным преимуществом презентации является возможность демонстрации текста, графики (фотографий, рисунков, схем), анимации и видео в любом сочетании без необходимости переключения между различными приложениями – программой для просмотра изображений, видеопроигрывателем и т.д. Для проведения успешной презентации, способной завоевать внимание слушателей и произвести на них должное впечатление, необходимо подготовить грамотную речь, правильно ее озвучить, соблюдая несложные правила поведения при публичном выступлении, а также уделить определенное внимание оформлению слайдов.

Перед разработкой содержания слайдов проектируется конспект лекции по данной теме, в котором отражаются основные понятия, взаимосвязи, формулы, законы и закономерности.

В данной работе разработан комплект электронных презентаций, который возможно использовать при проведении лекционных занятий по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге», изучаемому в рамках дисциплины «Теория сварочных процессов».

В пояснительной записке представлена презентация по теме «Общая характеристика сварочной дуги». На первом этапе разработан конспект по данной теме.

### 3.5.1 Конспект лекции «Общая характеристика дуги, ее строение»

Сварка – процесс получения неразъемных монолитных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве или пластическом деформировании, или совместными действиями того и другого.

Электрический ток при некоторых условиях может проходить не только через металлические твердые проводники, но и через газы. Явление протекания электрического тока через газы называется электрическим газовым разрядом.

Существует несколько видов газового разряда. Все они могут быть подразделены на две основные группы: несамостоятельные газовые разряды и самостоятельные. Для существования несамостоятельных газовых разрядов необходимы внешние «ионизаторы», непрерывно создающие электрические заряженные частицы: электроны, положительно и отрицательно заряженные ионы.

При самостоятельных газовых разрядах внешние «ионизаторы» не нужны, так как заряженные частицы в необходимом количестве образуются в результате явлений, протекающих в самом разряде. Одним из важнейших видов самостоятельного газового разряда является электрическая дуга, которая была открыта в 1802 г. профессором физики медико-хирургической академии в Петербурге Василием Владимировичем Петровым.

**Сварочной дугой** называется мощный, длительно существующий между находящимися под напряжением электродами, электрический разряд в смеси газов и паров. Сварочная дуга характеризуется высокой температурой газов и большим током в зоне разряда.

Возникновение дуги осуществляется двумя способами:

1) *коротким замыканием* электродов либо электрода на свариваемое изделие, а затем их разведением. После короткого замыкания двух твердых тел проходящий через имеющиеся на поверхности электродов микровыступы электрический ток вызывает быстрый нагрев и испарение контактных мостиков, в

результате чего металл разогревается до температуры кипения и после нарушения металлического контакта в межэлектродном промежутке появляются электрически заряженные частицы;

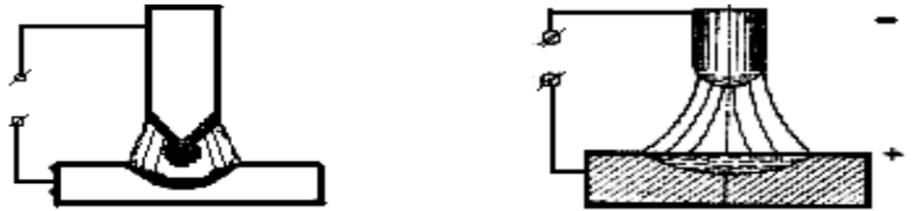
2) *путем электрического пробоя воздушного промежутка* с помощью высокочастотного электрического разряда, для этого в сварочную цепь параллельно основному источнику питания подключают источник высокочастотного переменного тока высокого напряжения (осциллятор). Осциллятор обеспечивает бесконтактное зажигание. Его используют при сварке дугой малой мощности, аргонодуговой сварке на малых токах, при сварке в защитных газах тонколистового металла, при пониженном напряжении холостого хода источника тока.

Электрическая дуга представляет собой определенный объем цилиндрической или конической формы. Она материальна и состоит из конкретных носителей энергии, которую они передают в зону сварки посредством лучистой энергии (излучение) и конвективной теплоотдачи. Носителями энергии в дуге являются: ионы (положительные и отрицательные частицы), электроны (масса электрона  $9,03 \cdot 10^{-28}$  г, заряд  $1,59 \cdot 10^{-19}$  Кл), молекулы и атомы газов.

В зависимости от материала и числа электродов, а также способа включения электродов и заготовки в электрическую цепь различают следующие схемы дуговой сварки:

– Сварка плавящимся (металлическим) электродом дугой прямого действия, когда происходит одновременное расплавление основного металла и электрода. Существенным признаком характера дуги является происхождение газа в столбе дуги, который в значительной мере образуется из материалов электродов, такую дугу называют *дугой в парах* (рисунок 2, а);

– Сварка неплавящимся (вольфрамовым или угольным) электродом, когда соединение выполняется путем расплавления основного металла либо с применением присадочного. Если дуга горит в постороннем газе, например, дуга между вольфрамовыми электродами в водороде при атомно-водородной сварке, или дуга в аргоне, то такую дугу называют *дугой в газе* (рисунок 2, б).



а) дуга в парах плавящимся электродом; б) дуга в газах с неплавящимся электродом

Рисунок 2 - Схема дуги

– Сварка косвенной дугой, горящей между двумя, как правило, неплавящимися электродами, когда основной металл нагревается и расплавляется теплотой столба дуги (рисунок 3);

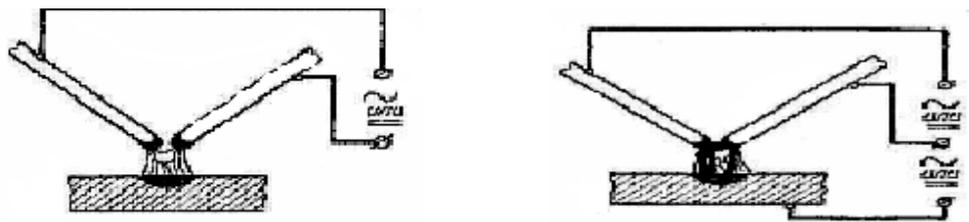


Рисунок 3 – Схема дуги косвенного действия

– Сварка трехфазной дугой, при которой дуга горит между электродами, а также между каждым электродом и основным металлом (рисунок 4).

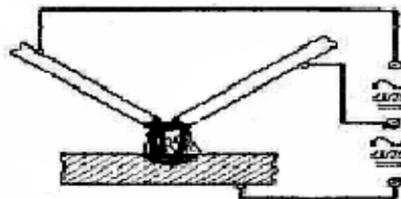


Рисунок 4 - Схема трехфазной дуги

При применении постоянного тока (источника питания для сварки являются сварочные генераторы и выпрямители) различают сварку на прямой и обратной полярности. В первом случае электрод подключается к отрицательному полюсу и называется катодом, во втором случае – к положительному и служит анодом.

При сварке на переменном токе каждый из электродов является попеременно то анодом, то катодом.

Промежуток между электродами называют областью дугового разряда или дуговым промежутком. Длину дугового промежутка называют длиной дуги. Если длина дуги составляет 2-3 мм, то это короткая дуга; 3-5 мм – средняя, 5 и более - длинная дуга. От длины дуги зависит устойчивость ее горения.

Дуговой промежуток обычно разделяют на 3 характерные области (рисунок 5):

- область, примыкающая к катоду (2), называется катодной (3);
- область, примыкающая к аноду(1), называется анодной (5);
- промежуток между катодной и анодной областями – столб дуги (4).

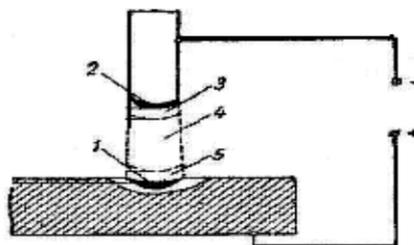


Рисунок 5 - Схема строения сварочной дуги

Катодная и анодная области имеют незначительную протяженность ( $\approx 10^3-10^5$  см), но процессы, происходящие в данных областях очень важны для формирования свойств электрической дуги. На поверхности анода и катода образуются активные, наиболее нагретые пятна (соответственно *анодное и катодное* пятна), через которые проходит ток дуги.

### 3.5.2 Электронная презентация по теме «Общая характеристика дуги, ее строение»

Общий вид электронной презентации по теме «Общая характеристика дуги» представлен на рисунке 6.

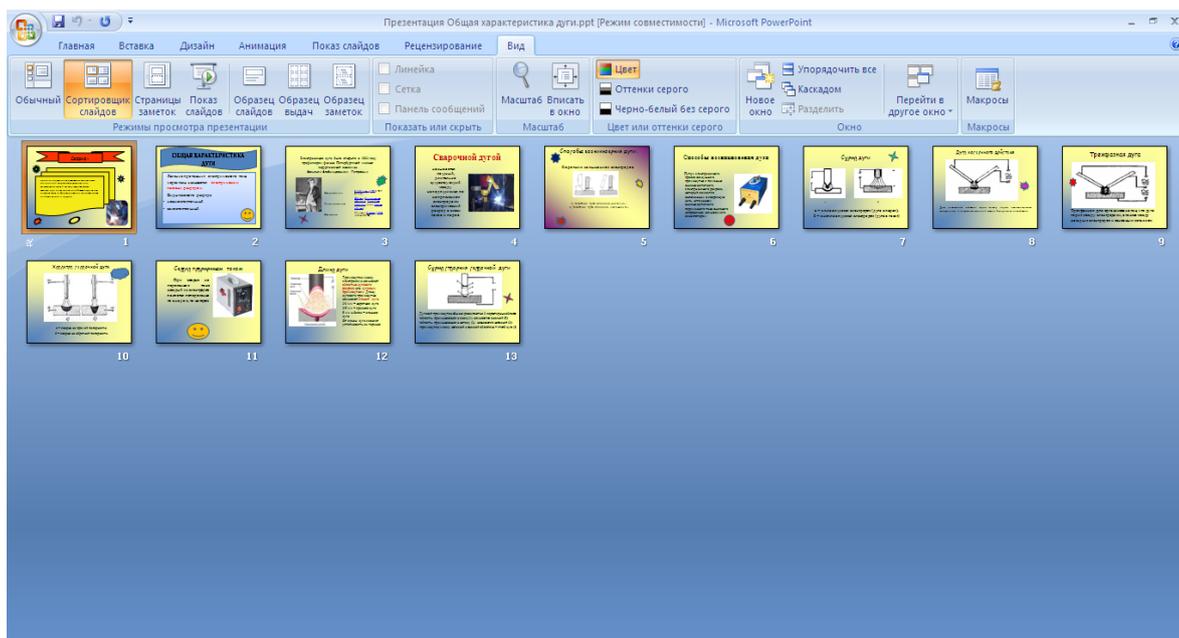


Рисунок 6 – Общий вид электронной презентации по теме «Общая характеристика дуги»

Изложение темы «Общая характеристика дуги» раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге» начинается с представления определения сварки. Слайд представлен на рисунке 7.

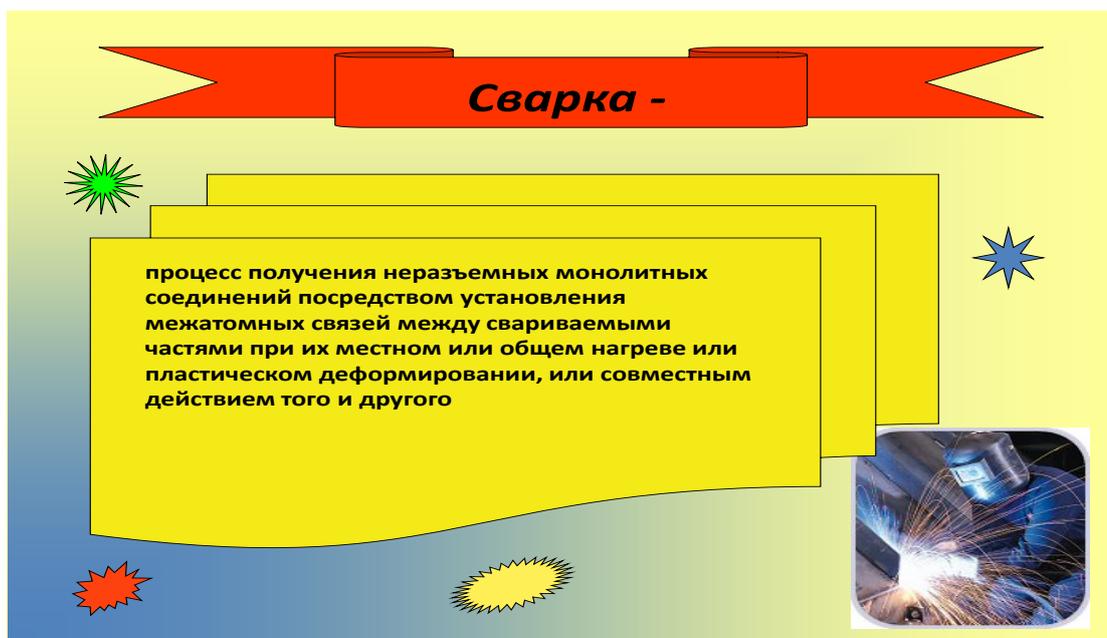


Рисунок 7 – Слайд «Сварка»

Рассмотрим общую характеристику дуги (слайд на рисунке 8)

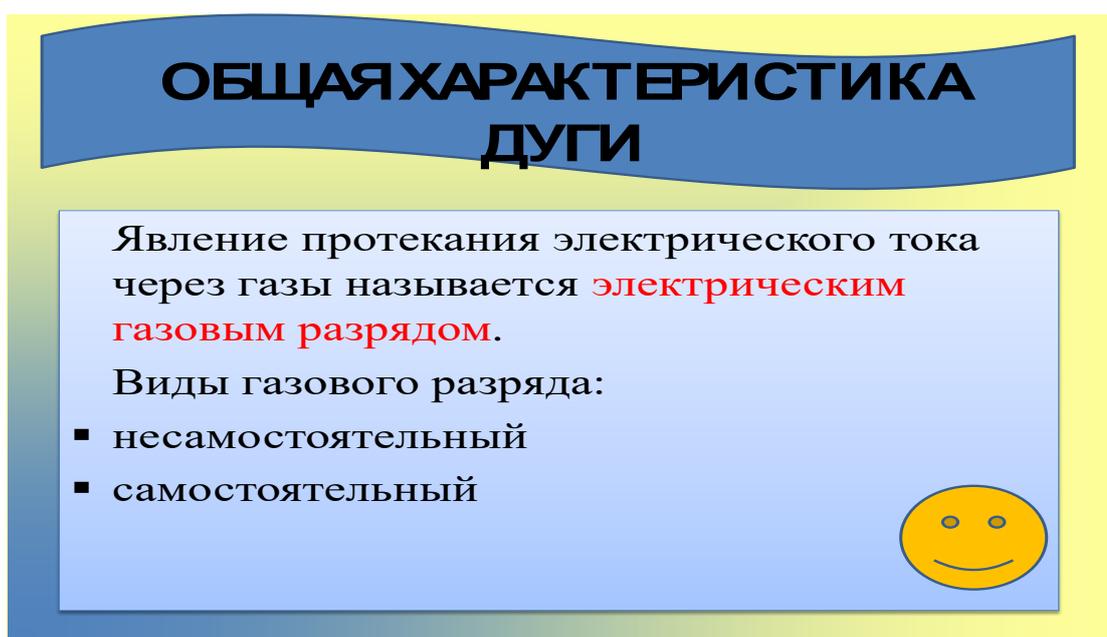


Рисунок 8 – Слайд «Общая характеристика дуги»

Короткий рассказ об открытии электрической дуги (слайд рисунок 9)

Электрическая дуга была открыта в 1802 году профессором физики Петербургской медико-хирургической академии *Василием Владимировичем Петровым*



Дата рождения: [8 \(19\) июля 1761](#)(1761-07-19)  
Место рождения: [Обоянь, Белгородская губерния, Российская империя](#) (ныне [Курская область](#))  
Дата смерти: 22 июля ([3 августа](#)) [1834](#) (1834-08-03)



Рисунок 9 – Слайд «Открытие электрической дуги»

Даем определение «Сварочной дуге» (слайд рисунок 10)

## Сварочной дугой

называется  
мощный,  
длительно  
существующий  
между  
находящимися по  
напряжению  
электродами  
электрический  
разряд в смеси  
газов и паров



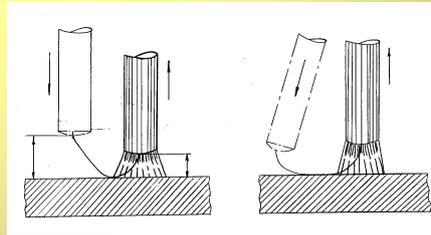
Рисунок 10 – Слайд «Сварочная дуга»

Далее излагаем способы возникновения дуги слайды на рисунке 11



## Способы возникновения дуги:

### Коротким замыканием электродов



- а) зажигание дуги способом «ВПРИТЫК»;  
б) зажигание дуги способом «ЧИРКАНЬЕМ»



## Способы возникновения дуги

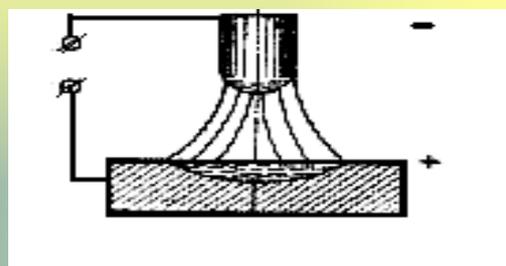
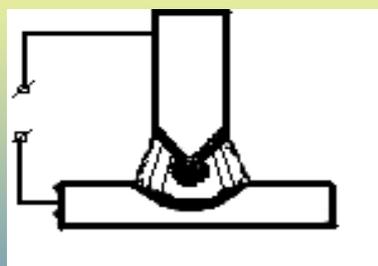
Путем электрического пробоя воздушного промежутка с помощью высокочастотного электрического разряда, который создается включенным в сварочную цепь источником высокочастотного переменного тока высокого напряжения, называемого осциллятором



Рисунок 11 – Слайды «Способы возникновения дуги»

Ознакомимся со схемой дуги (слайд на рисунке 12)

## Схема дуги



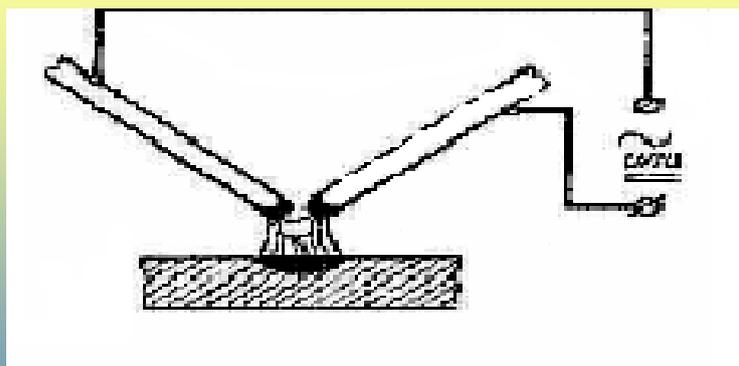
б

**а – с плавящимся электродом (дуга в парах);  
б – с неплавящимся электродом (дуга в газах)**

Рисунок 12 – Слайд «Схема дуги»

Далее предлагается описание дуги косвенного действия, неплавящимся электродом (слайд на рисунке 13)

## Дуга косвенного действия

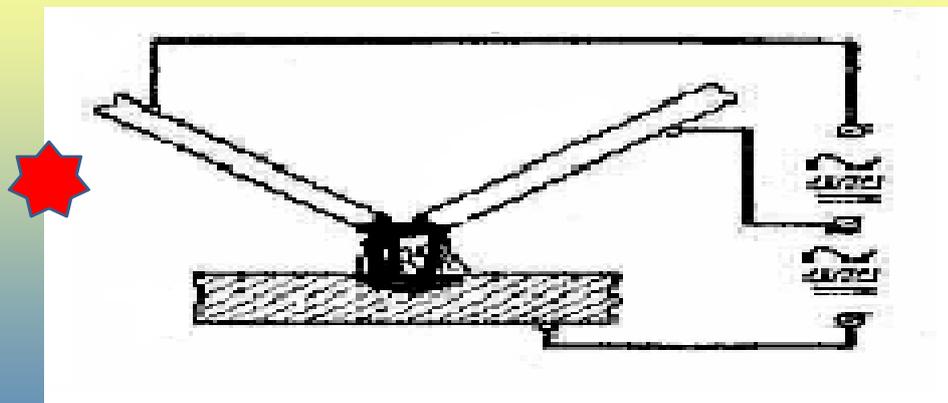


Дуга косвенного действия горит между двумя неплавящимися электродами и нагревает основной металл без прямого воздействия

Рисунок 13 – Слайд «Дуга косвенного действия»

Рассказываем о сварке трехфазной дугой (слайд на рисунке 14)

## Трехфазная дуга

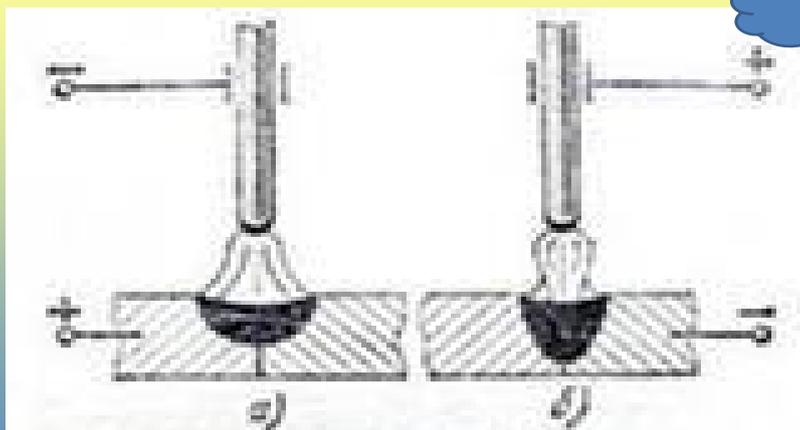


**Трехфазная дуга организована так, что дуга горит между электродами, а также между каждым электродом и основным металлом**

Рисунок 14 – Слайд «Трехфазная дуга»

Далее описания характера сварочной дуги (слайд на рисунке 15)

## Дуга постоянного тока



**а – сварка на прямой полярности;  
б – сварка на обратной полярности**

Рисунок 15 – Слайд «Характер сварочной дуги»

Дается определение дуги (слайд на рисунке 16)

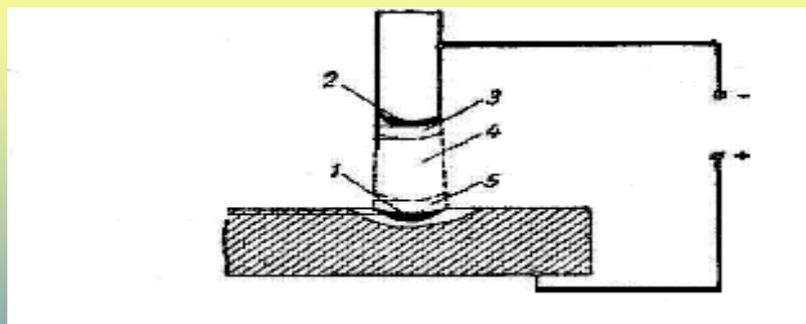
## Длина дуги



Промежуток между электродами называют **областью дугового разряда** или **дуговым промежутком**. Длину дугового промежутка называют **длиной дуги**.  
2-3 мм – короткая дуга  
3-5 мм – средняя дуга  
5 мм и более – длинная дуга.  
От длины дуги зависит устойчивость ее горения.

Рисунок 16 – Слайд «Длина дуги»

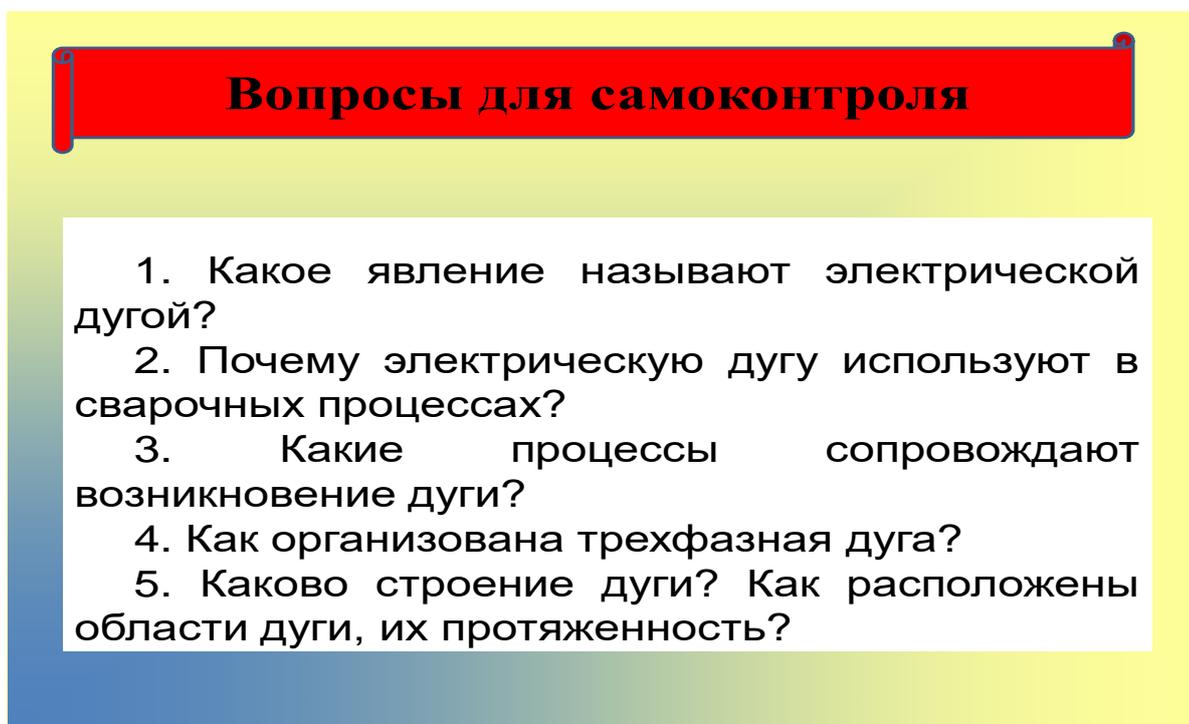
Рассказываем схему строения сварочной дуги (слайд на рисунке 17)



Этот промежуток обычно разделяют на 3 характерные области:  
область, примыкающая к аноду (1), называется анодной (5);  
область, примыкающая к катоду (2), называется катодной (3);  
столб дуги между катодной и анодными областями – столб дуги (4)

Рисунок 17 – Слайд «Схема строения сварочной дуги»

Затем следуют контрольные вопросы по данной теме (слайд на рисунке 18)



**Вопросы для самоконтроля**

1. Какое явление называют электрической дугой?
2. Почему электрическую дугу используют в сварочных процессах?
3. Какие процессы сопровождают возникновение дуги?
4. Как организована трехфазная дуга?
5. Каково строение дуги? Как расположены области дуги, их протяженность?

Рисунок 18 – Слайд «Вопросы для самоконтроля»

Электронная презентация совместно с лекцией позволяет лучше усвоить полученные знания, благодаря наглядности.

### *3.5.3 Электронные презентации по темам раздела*

Презентационный материал приведен подробно по одной из тем раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге». Однако этим разработка не ограничивается, в рамках данной работы подобран материал для конспекта лекций и иллюстрационный материал виде слайдов по следующим темам:

1. Общая характеристика дуги, и ее строение.
2. Элементарные процессы, происходящие в электрической дуге.
  - 2.1. Процессы на катоде и в катодной области.
  - 2.2. Процессы в столбе дуги.

- 2.3. Процессы на аноде и в анодной области.
3. Неоднородность свойств электрической дуги.
4. Влияние магнитных полей на сварочную дугу.
5. Условия устойчивого горения дуги.
6. Сварочная дуга плавящимся электродом. Перенос металла через дугу.
7. Особенности дуги обратной полярности.
8. Особенности дуги переменного тока.
9. Особенности сварочной дуги в защитных газах.
  - 9.1. Сварочная дуга в среде углекислого газа.
  - 9.2. Сварочная дуга в среде инертных газов.
10. Сварочная дуга под флюсом.
11. Плазменная сварочная дуга (сжатая дуга).

Также разработаны контрольные вопросы, которые можно использовать как для закрепления усвоенного материала, так и для актуализации знаний.

Электронная презентация раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге» может быть использована не только для аудиторной работы студентов, но и для их самостоятельной работы.

### **3.6 Методические рекомендации использования электронной презентации при проведении лекций**

При использовании мультимедийных лекций непосредственное участие при их организации принимают как обучаемые (студенты) так и обучающие (преподаватели).

Преподаватели должны совместно со студентами представлять:

1. Основное назначение (цели) лекции по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге» и его тем;
2. Условия организации данной лекции;
3. Методические приемы использования ИК-технологий;

#### 4. Основные правила формирования и контроля учебно-познавательной деятельности студентов.

Основными методологическими требованиями использования мультимедийных лекций являются:

- обеспечение научности содержания педагогических программных средств - предполагает предъявление научно достоверных сведений (по возможности методами изучаемой науки);
- обеспечения доступности означает, что предъявляемый программой учебный материал, формы и методы организации образовательной деятельности должны соответствовать уровню подготовки обучаемых. Установление того, доступен ли пониманию обучаемого предъявляемый с помощью педагогических программных средств учебный материал, соответствует ли он ранее приобретенным знаниям, умениям и навыкам, производится с помощью тестирования. От полученных результатов зависит дальнейшее использование педагогических программных средств;
- адаптивности (приспосабливаемость педагогических программных средств к индивидуальным возможностям обучаемого) предполагает реализацию индивидуального подхода к обучаемому, учет индивидуальных возможностей восприятия предложенного учебного материала. Реализация требования адаптивности может обеспечиваться различными средствами наглядности, несколькими уровнями дифференциации при предъявлении учебного материала по сложности, объему, содержанию;
- обеспечения систематичности и последовательности обучения с использованием педагогических программных средств предполагает необходимость усвоения обучаемым системы понятий, фактов и способов деятельности в их логической связи с целью обеспечения последовательности и преемственности в овладении знаниями, умениями и навыками;
- обеспечения компьютерной визуализации учебной информации, предъявляемой педагогическим программным средствам, предполагает реализацию возможностей современных средств визуализации объектов, процессов,

явлений, а также их моделей, представление их в динамике развития, во временном и пространственном движении, с сохранением возможности диалогового общения с программой;

- обеспечения сознательности обучения, самостоятельности и активизации деятельности обучаемого предполагает обеспечение средствами программы самостоятельных действий по извлечению учебной информации при четком понимании конкретных целей и задач учебной деятельности. Активизация деятельности обучаемого может обеспечиваться возможностью: самостоятельного управления ситуацией на экране; выбора режима образовательной деятельности; вариативности действий в случае принятия самостоятельного решения; создания позитивных стимулов, побуждающих к образовательной деятельности, повышающих мотивацию обучения;

- обеспечения прочности усвоения материалов обучения предполагает обеспечение осознанного усвоения обучаемым содержания, внутренней логики и структуры учебного материала, предъявляемого с помощью педагогических программных средств. Это требование достигается осуществлением самоконтроля и самокоррекции; обеспечением контроля на основе обратной связи с диагностикой ошибок по результатам обучения и оценкой результатов учебной деятельности, объяснением сущности допущенной ошибки; тестированием, констатирующим продвижение в учении;

- обеспечения интерактивности диалога предполагает необходимость его организации при условии обеспечения возможности выбора вариантов содержания изучаемого, исследуемого учебного материала, а также режима учебной деятельности, осуществляемой с помощью педагогических программных средств;

- развития интеллектуального потенциала обучаемого предполагает обеспечение: развития мышления; формирования умения принимать оптимальное решение или вариативные решения в сложной ситуации; формирования умения по обработке информации

Для успешного управления учебным процессом преподаватель может использовать руководство по применению мультимедийной лекции по разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге» или план-конспект теоретического обучения с прописанной методикой осуществления учебных действий.

Первый этап. Подготовка и мотивация к осуществлению познавательной деятельности.

Второй этап. Методика представления теоретического материала.

Третий этап. Контроль за осуществлением учебно-познавательной деятельности студентов.

Четвертый этап. Формирование познавательного интереса. Приведение примеров. Связь теоретических аспектов с практикой.

Пятый этап. Методика контроля, проверки и закрепления полученных знаний студентов.

## 4 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВУТАВРОВОЙ НЕСУЩЕЙ БАЛКИ

### 4.1 Описание изделия и условия его эксплуатации

Изделием является сварная двутавровая несущая балка моста, которая изображена на рисунке 19. Габаритные размеры балки: длина 6887 мм, высота 601 мм, ширина 640 мм.

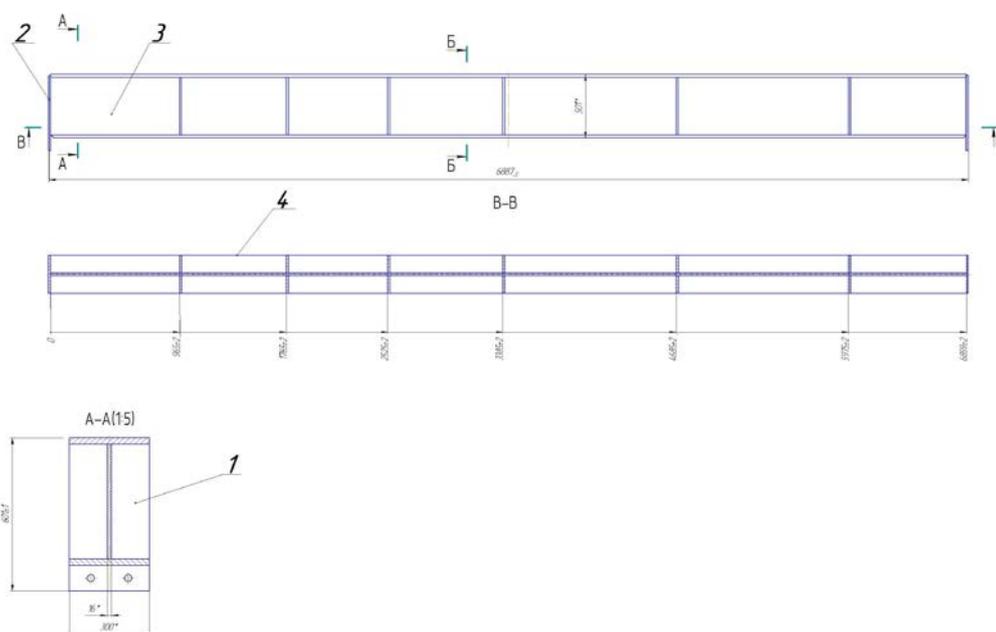


Рисунок 19 - Двутавровая балка

Двутавровая балка представляет собой металлическую конструкцию, состоящую из стенки и двух поясов. Толщина стенки 16 мм, поясов 25 мм. Кроме того, для увеличения прочности и обеспечения жесткости и местной устойчивости, на балку устанавливаются вертикальные ребра жесткости. Толщина ребер 14 мм. Также к балке довариваются заданные чертежом конструктивные элементы: фланцы. Толщина фланцев 14 мм.

В данном изделии присутствуют тавровые и нахлесточные соединения. Необходимым условием для изготовления балки является строгое соблюдение

геометрических размеров, соблюдение перпендикулярности поясов со стенкой, так как конструкции такого типа относят к первой категории ответственности.

Балка - конструктивный элемент, работающий в основном на изгиб, так как обладает достаточно большим моментом инерции в вертикальной плоскости.

При соединении балок между собой с помощью продольных и поперечных связей получается жесткая решетчатая конструкция, на которую укладывают железобетонные плиты перекрытия моста.

Возводимый мост, элемент которого рассматривается в курсовом проекте, будет находиться на севере, то есть в холодной климатической зоне нашей страны. Поэтому сварная двутавровая балка должна удовлетворять следующим требованиям: обладать высокой конструктивной прочностью, выносливостью, высокой коррозионной стойкостью и достаточным пределом хладноломкости.

## 4.2 Характеристика стали 15ХСНД

При изготовлении стальных конструкций мостов используются, в основном, стали 16Д, 09Г2С, 10ХСНД и 15ХСНД. Элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от – 70 до 450 °С [20].

Сталь 15ХСНД - низкоуглеродистая низколегированная хромоникельмедистая сталь, поставляемая по ГОСТ 6713-91. Химический состав стали приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав стали 15ХСНД, % по ГОСТ 6713-91 [20]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Сн	P	S	As	N
0,12-0,18	0,4-0,7	0,4-0,7	0,6-0,9	0,3 -0,6	0,2-0,4	не более			
						0,035	0,040	0,08	0,008

Механические свойства стали 15ХСНД по ГОСТ 6713-91 приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Механические свойства стали 15ХСНД по ГОСТ 6713-91[20]

Марка стали	Сортамент	Размер (мм)	$\sigma_b$ (МПа)	$\sigma_T$ (МПа)	$\delta_5$ (%)
15ХСНД	Прокат	40	500		21
15ХСНД	Лист	5-9	500	350	21

Технологические свойства стали 15ХСНД приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Технологические свойства стали 15ХСНД [20]

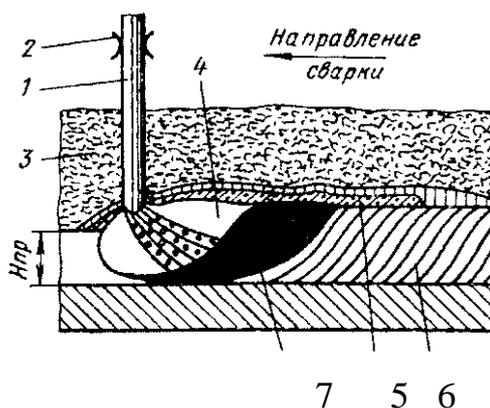
Марка стали	Свариваемость	Флокеночувствительность	Склонность к отпускной хрупкости
15ХСНД	без ограничений	не чувствительна	малосклонна

### 4.3 Выбор способа сварки

#### *Дуговая сварка под слоем флюса*

Широкое применение этого способа в промышленности при производстве конструкций из сталей, цветных металлов и сплавов объясняется высокой производительностью процесса, высоким качеством и стабильностью свойств сварного соединения, улучшенными условиями работы, более низким, чем при ручной сварке, расходом сварочных материалов и электроэнергии. К недостаткам способа относится возможность сварки только в нижнем положении ввиду возможного отека расплавленных флюса и металла при отклонении плоскости шва от горизонтали более чем на 10 - 15°.

Наиболее широко распространен процесс при использовании одного электрода - одnodуговая сварка [5]. Сварочная дуга горит между голой электродной проволокой 1 и изделием, находящимся под слоем флюса 3, как показано на рисунке 20.



- 1 - электродная проволока; 2 - токоподвод; 3 - флюс; 4 - газовый пузырь;  
5 - расплавленный флюс; 6 - сварной шов; 7 - жидкий металл

Рисунок 20 - Схема процесса сварки под слоем флюса:

В расплавленном флюсе 5 газами и парами флюса и расплавленного металла образуется полость - газовый пузырь 4, в котором существует сварочная дуга. Давления газов в газовом пузыре достаточно для оттеснения жидкого металла из-под дуги, что улучшает теплопередачу от нее к основному металлу. Повышение силы сварочного тока увеличивает механическое давление дуги и глубину проплавления основного металла  $H_{пр}$ .

Кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны 7 приводит к образованию сварного шва 6. Затвердевший флюс образует, шлаковую корку на поверхности шва. Расплавленный флюс, образуя пузырь и покрывая поверхность сварочной ванны, аффективно защищает расплавленный металл от взаимодействий с воздухом. Metallургические взаимодействия между расплавленным металлом и шлаком способствуют получению металла шва с требуемым химическим составом.

#### *Преимущества дуговой сварке под слоем флюса*

В отличие от ручной дуговой сварки металлическим электродом при сварке под флюсом, также, как и при сварке в защитных газах, токоподвод к электродной проволоке 2 осуществляется на небольшом расстоянии (вылет электрода) от дуги (до 70 мм). Это позволяет без перегрева электрода использовать повышенные сварочные токи (до 2000 А). Плотность сварочного тока достигает 200 - 250 А/мм<sup>2</sup>, в то время как при ручной дуговой сварке не превыша-

ет  $15\text{A}/\text{мм}^2$ . В результате повышается глубина проплавления основного металла, и скорость расплавления электродной проволоки, т. е. достигается высокая производительность процесса.

Сварку под флюсом можно осуществлять переменным и постоянным током. В зависимости от способа перемещения дуги относительно изделия сварка выполняется автоматически и полуавтоматически. При автоматической сварке подача электродной проволоки и перемещение вдоль шва осуществляется специальными механизмами. При полуавтоматической сварке подача проволоки осуществляется механизмом, а вдоль шва горелку сварщик перемещает вручную.

Влияние параметров режима на форму и размеры шва обычно рассматривают при изменении одного из них и сохранении остальных постоянными. С увеличением силы сварочного тока глубина проплавления возрастает до некоторой величины. Это объясняется ростом давления дуги на поверхность сварочной ванны, которым оттесняется расплавленный металл из-под дуги (улучшаются условия теплопередачи от дуги к основному металлу), и увеличением погонной энергии. Ввиду того, что повышается количество расплавляемого электродного металла, увеличивается и высота усиления шва. Ширина шва возрастает незначительно, так как дуга заглубляется в основной металл (находится ниже плоскости основного металла). Увеличение плотности сварочного тока (уменьшение диаметра электрода при постоянном токе) позволяет резко увеличить глубину проплавления.

#### *Недостатки автоматической сварки под флюсом:*

– при использовании для сварки односторонних швов съемных медных подкладок качество шва зависит от надежности поджатая к ним кромок; при зазорах свыше 0,5 мм расплавленный металл может вытекать в него, что приводит к образованию дефектов в шве. Недостатком этого способа - трудность точной укладки кромок длинного стыка вдоль формирующей канавки неподвижной медной подкладки.

– Небольшие изменения расстояния от держателя до поверхности изделия не нарушают процесса сварки и незначительно влияют на форму и размеры шва.

– Невозможность наблюдения за формированием шва;

– Необходимость последующей зачистки швов от шлака;

– Сварка ведется только в нижнем положении, так как при наклоне на 10 - 15° происходит стекание жидкого металла и шлака.

Для сварки протяженных швов в нижнем положении сварного соединения целесообразнее использовать сварку под флюсом.

#### 4.4 Выбор сварочных материалов

Для автоматической сварки под слоем флюса следует использовать следующее сочетание проволоки и флюса: проволока Св-08А и флюс АН-348-А.

Химический состав проволоки приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Химический состав сварочной проволоки Св-08А ГОСТ 2246-70, в % [19]

Марка проволоки	С	Mn	Si	Сн	Cr	Ni	Р	S
							не более	
Св-08А	0,1	0,35-0,6	0,03	0,25	0,12	0,25	0,03	0,03

Проволока производится из стали Св-08А без покрытия. При автоматической сварке под флюсом углеродистых сталей с пределом текучести 235-285 МПа, а также при создании электродов, предназначенных для сварки низкоуглеродистой и низколегированной стали, используется именно этот вид материала.

Таблица 7 - Механические свойства стальной проволоки Св-08А

Диаметр проволоки, мм	Временное сопротивление разрыву, МПа			
	Термически необработанная		Термически обработанная (вязальная)	
	1 группы	2 группы	без покрытия	оцинкованная проволока
4-6	390-830	490-780	-	-

Флюс АН-348А предназначен для механизированной дуговой сварки изделий широкой номенклатуры из углеродистых и низколегированных сталей. Сварочно-технологические свойства: устойчивость дуги хорошая; разрывная длина дуги до 13 мм; формирование шва вполне удовлетворительное; склонность металла к образованию пор и трещин низкая; отделимость шлаковой корки вполне удовлетворительная, затрудненная при сварке корневых валиков.

Таблица 8 - Химический состав флюса АН-348А

Марка флюса	Массовая доля, %							
	Кремния (IV) оксид	Марганца (II) оксид	Кальция оксид	Магния оксид	Алюминия оксид			
АН-348-А	40-44	31-38	Не более 12	Не более 7	Не более 6			
Марка флюса	Массовая доля, %							
	Кальций фтористый	(Калия+натрия) оксид	Титана (IV) оксид	Циркония (IV) оксид	Железо (III) оксид	Сера	Фосфор	Углерод
АН-348-А	3-6	-	-	-	0,5-2,0	0,12	0,12	-

Цвет зерен - коричневый с оттенками; размер зерен 0,35-3 мм; строение зерен стекловидное; объемная масса 1,3 ч- 1,8 кг/дм<sup>3</sup>. Относится к группе высококремнистых высокомарганцовистых оксидных флюсов с химической активностью  $A_{\phi} = 0,7 - 0,75$ . Содержание  $O_2$  в металле шва в виде оксидных мелкодисперсных включений составляет 0,06 % (для однопроходных) и до 0,1 % (для многослойных). Концентрация S и P в среднем составляет 0,04 % каждого. Ударная вязкость 120 Дж/м<sup>2</sup> при 20 °С. Данные для применения: род и значение максимально допустимого тока (~, =) 1100А; максимально допустимая скорость сварки 120 м/ч; минимально допустимое  $U_{xx}$  не ограничено.

Высокоактивные плавные флюсы характеризуются протеканием кремне- и марганцево-восстановительных процессов, что приводит к засорению шва дисперсными силикатными включениями, что снижает пластичность и ударную вязкость металла шва. В то же время эти флюсы имеют высокие сварочно-технологические свойства, отсутствие склонности к гидратации, в связи с чем перед употреблением достаточно просушка при температуре 100 - 150 °С.

Таким образом, в качестве сварочных материалов для изготовления сварной двутавровой балки из стали 15ХСНД ГОСТ 6713-91 выбираем низкоуглеродистую сварочную проволоку Св-08А ГОСТ 2246-70 и высококремнистый марганцовистый флюс АН-348А (менее дефицитен, дешевле). При этом засорение металла шва силикатными включениями не приведет к значительному снижению механических свойств металла и не уменьшит несущей способности конструкции.

Поверхность проволоки перед намоткой в кассеты необходимо очищать от ржавчины, жиров, технологической смазки и других загрязнений посредством пропуска через специальные устройства. При наличии смазки проволоку перед очисткой рекомендуется прокалить в печи при температуре 150-200 °С в течение 1,5- 2 часов.

Флюс перед применением должен быть прокален при температуре 400°С в течение 2 часов в объеме потребности на одни сутки, после чего его сразу извлекают из прокалочной печи и хранят в резервных сушильных шкафах при температуре 80 - 90 С. На сварочном участке флюс необходимо хранить в закрытой таре.

#### **4.5 Расчет и выбор режимов сварки**

*Расчёт и выбор режимов сварки под слоем флюса таврового соединения*

Исходные данные: толщина металла стенки (S) составляет 16 мм и толщина металла поясов ( $S_1$ ) составляет 25 мм. Выполняем тавровое соединение по ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные, основные типы, конструктивные элементы и размеры. Выбираем соединение тавровое ТЗ, двустороннее, без разделки кромок. Схема соединения таврового ТЗ по ГОСТ 8713-79 представлена на рисунке 21.

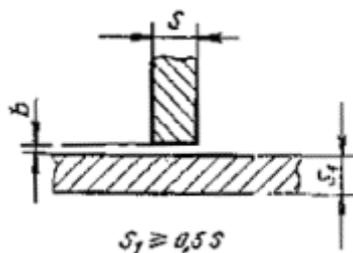


Рисунок 21 - Схема соединения таврового ТЗ по ГОСТ 8713-79

Определяем глубину провара  $H_{пр}$ , мм, глубина провара при двусторонней сварке

$$H_{пр} = 0,6 S \text{ мм}$$

$$H_{пр} = 0,6 \cdot 16 = 9,6 \text{ мм}$$

- 1) Рассчитываем силу сварочного тока  $I_{св}$ , А

$$I_{св} = H_{пр} \cdot h$$

где  $h$  – табличное значение коэффициента, ( $h = 100$ );

$H_{пр}$  – глубина провара

$$I_{св} = 9,6 \cdot 100 = 960 \text{ А}$$

$$I_{св} = 960 \text{ А}$$

- 2) Рассчитываем диаметр электродной проволоки  $d_3$ , мм

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{j}}$$

где  $j$  – допустимая плотность тока, для сварки под флюсом выбираем допустимую плотность тока -  $40\text{А/мм}^2$

$I_{\text{св}}$  – сила сварочного тока, А

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{960}{40}} = 5,38\text{мм}$$

Принимаем  $d_s = 5\text{ мм}$

3) Определяем скорость сварки  $V_{\text{св}}$ , м/ч по формуле

$$V_{\text{св}} = \frac{A}{I_{\text{св}}}$$

где  $A$  – постоянная, зависящая от диаметра электродной проволоки [18]

$$V_{\text{св}} = (30-45) \cdot 10^3 / 960 = 45\text{м/ч}$$

4) Напряжение дуги находим по формуле:

$$U = 20 + \frac{0,05 \times I_{\text{св}}}{\sqrt{d}} \pm 1$$

где  $d_s$  - диаметр электрода; мм

$$U = 20 + \frac{0,05 \times I_{\text{св}}}{\sqrt{d}} \pm 1 = 30\text{В}$$

$U_A = 30\text{В}$

Проверяем оптимальность рассчитанных режимов сварки:

Рассчитываем погонную энергию по формуле

$$q_n = \frac{0,24 \times I_{св} \times U_d \times K_n}{V_{св}}$$

где  $K_n$  - эффективный коэффициент использования тепла дуги от 0,8 до 0,9

$I_{св}$  - сила сварочного тока, А

$V_{св}$  - скорость сварки, м/ч

$U_d$  - напряжение дуги, В

$q_n = 1680000$  Дж/м

5) Фактическая глубина проплавления

$$H_{факт} = B \sqrt{\frac{q_n}{1680000}} = 9,6 \text{ мм}$$

где  $B$  – константа (при сварке под слоем флюса  $B = 0,0156$ )

$\Psi_{пр}$  - коэффициент формы провара

$q_n$  — погонная энергия Дж/м

$$H_{факт} = 9,6 \text{ мм}$$

б) Коэффициент формы провара

$$\Psi_{пр} = K \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot d_э \cdot U_d / I_{св}$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от рода тока и полярности.

$$\Psi_{пр} = 0,74 \cdot (19 - 0,01 \cdot 960) \cdot 5 \cdot 30 / 960 = 1,08$$

При сварке постоянным током обратной полярности на плотностях тока более  $100\text{А/мм}^2$  [24]

$$K=0,367 * j^{1,925}$$

$$K= 0,367 \times 2,034 = 0,74$$

А при сварке на прямой полярности  $K = 1,38$

Если  $N_{\text{факт}}$  отличается от  $N_{\text{пр}}$  то следует провести корректировку значений  $I_{\text{св}}$  и повторить расчет  $N_{\text{факт}}$  с целью приближения его значения к заданному  $N_{\text{пр}}$

Определяем ширину шва; мм

$$e = \Psi_{\text{пр}} * H$$

$$e = 10 \text{ мм}$$

При сварке под флюсом ввиду незначительности потерь электродного металла; для технических расчетов принимают  $a_n = a_p$

11). Находим коэффициент формы усиления

$$\Psi_B = e/g$$

$$\Psi_B = 10$$

Для получения оптимальной формы необходимо предусмотреть зазор между свариваемыми кромками или их разделку (при  $\Psi_B < 7$ ) или скорректированы параметры режима сварки (при  $\Psi_B > 10$ )

Расчет величины зазора ведется из условия что при неизменном режиме сварки общая высота шва  $C$  остается постоянной и не зависит от формы подготовки под сварку

$$C = H + g = \text{const};$$

$$C = 1 \text{ мм}$$

Таблица 10 – Обобщенная информация по расчетам

$d_3$ (мм)	$I_{св}$ (А)	$U_d$ (В)	$V_{св}$ (м/ч)
5	960	30	45

#### 4.6 Выбор сварочного оборудования

Для выполнения сварочных работ при изготовлении балки моста выбрано следующее оборудование.

*Установка для сварки балочных конструкций IT258 В А* представлена на рисунке 22. Она предназначена для автоматической сварки расщепленной дугой тавровых соединений под слоем флюса "в угол" одной или двумя сварочными головками и одной или двумя сварочными проволоками, каждой головкой, а так же и для простой автоматической сварки. В процессе сварки установка стационарна, перемещается свариваемое изделие. Сварка производится при горизонтальном положении полки и вертикальном положении стенки балки, прижатой к полке. Полка и стенка точно подаются сквозь машину, которая работает как сварочный кондуктор.

Установка позволяет сваривать балки с непараллельными полками с максимальным углом наклона 8 градусов.

Установка для сварки балочных конструкций IT258 В А позволяет вести сварку не только расщепленной дугой с использованием 2-х сварочных проволок (2x1,5-2,5), но и сплошной проволокой диаметром 2,5-5 мм.

Правка несимметричных балок осуществляется после их сварки на установке.

Для сварки швеллеров требуется дополнительное приспособление.

Установка имеет входной и выходной конвейер. На входном конвейере, за счет пяти подъемных рычагов кантователей, стенка устанавливается в вертикальное положение на пояс, центрируется и подается в зону сварки. При подъеме стенки она удерживается электромагнитами, которые отключаются при вертикальном положении стенки. Ролики выходного конвейера имеют возмож-

ность регулирования по высоте для поддержки балки после сварки, система рычагов позволяет кантовать балку в горизонтальное положение. Управление входным и выходным конвейером осуществляется с соответствующего пульта управления, установленного около установки. Поворотные рычаги входного и выходного конвейера обеспечивают кантовку тавровых профилей с максимальной массой 600 кг/м и двутавровые профили с максимальной массой 900 кг/м.

Основными частями сварочной установки являются:

- Основная рама;
- Устройство центрирования стенки и пояса;
- Подающее устройство;
- Узел нажимного ролика;
- Устройство правки пояса;
- Блок управления;
- Сварочное оборудование;
- Флюсовое оборудование;

Рама установки сварная, жёсткой коробчатой конструкции, с двумя вертикальными колоннами, прикрепленными к ней болтовыми соединениями.

Устройства центрирования пояса и стенки оборудованы несколькими направляющими роликами, которые определяют взаимное положение стенки и пояса балки при сварке. Установка положения направляющих роликов обоих центрирующих устройств осуществляется двумя винтами, с ручными приводами; положение роликов устанавливается по шкале и отражается в цифровом виде на блоке управления. Центрирующие ролики, с противоположной стороны установки, поджимаются к стенке и поясу гидроцилиндрами, создающими постоянное противодействие.

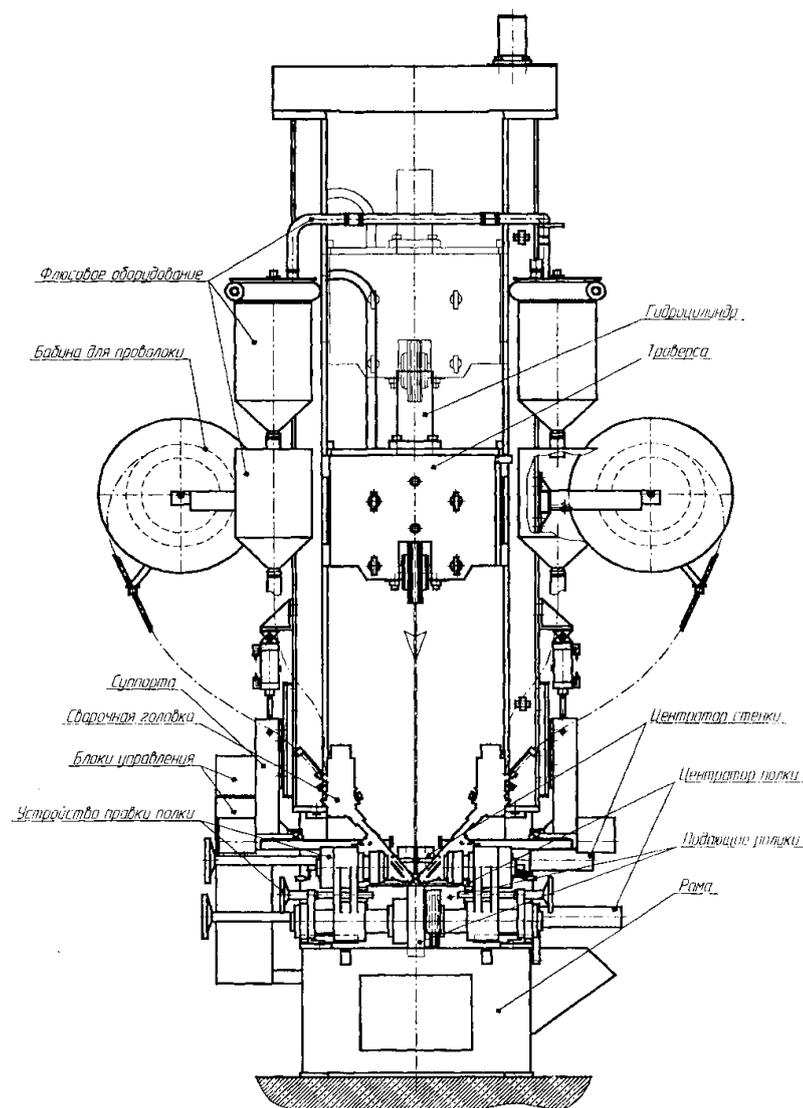


Рисунок 22 - Установка для сварки балок ИТ 258 В А (фронтальная проекция)

Подача свариваемой балки осуществляется основным и вспомогательным подающими роликами, которые располагаются непосредственно под полкой балки. Один ролик находится прямо под устройством зажима балки, а второй является частью правильного устройства. Оба ролика приводятся во вращение гидродвигателем через редуктор и цепную передачу. Скорость вращения роликов плавно регулируется, на одном из блоков управления процессом сварки

РЕП, и благодаря обратной связи через тахогенератор обеспечивает скорость сварки 0,3-2 м/мин с минимальной погрешностью.

Устройство правки пояса расположено примерно в 800 мм от места сварки и предназначено для создания деформации пояса обратной сварочным деформациям. Нажимные ролики смонтированы на эксцентриковых валах и могут регулироваться по высоте в зависимости от толщины пояса и необходимого усилия правки. Ролики имеют шкалу, по которой выставляется их положение. Максимальная толщина исправляемого пояса 25 мм. Устройство имеет раскрытие 50x700 мм, для прохода фланцев, правка которых не является необходимой.

Узел нажимного ролика предназначен для создания необходимого давления поджима стенки к поясу в месте сварки (до 15 тонн) и состоит из траверсы, нажимного ролика и гидроцилиндра, перемещающего ролик (ход поршня 200 мм). Траверса перемещается при помощи двух ходовых винтов расположенных в вертикальных колоннах. Ходовые винты приводятся во вращение гидродвигателем через цепную передачу.

Система управления включает в себя шкафы управления (один на гидростанции, другой на основной раме), два блока управления процессом сварки РЕП (укреплены на шкафу управления) и два выносных пульта управления по обеим сторонам установки (позволяют регулировать направление движения сварочной проволоки и её скорость подачи).

В состав системы подачи и рециркуляции флюса входят: контейнер для флюса объемом 75 литров, находящийся под давлением.

Также в состав системы входят вакуумная установка (ТЕДАК «Е-РЛК 300»), бункеры для флюса, клапана подачи флюса и шланги подачи. Сварочный флюс засыпается в контейнер через сепаратор, далее сжатым воздухом подается в нижние бункеры, откуда по шлангам, при открытом клапане, поступает в зону сварки. Неиспользованный флюс засасывается вакуумной установкой, создающей постоянную разность давления, и возвращается в верхние бункеры, на 75 литров каждый, проходя через циклон. По окончании сварки вакуумное

устройство отключается, и флюс поступает через открывшиеся клапана в нижние бункеры. Встроенный в систему сепаратор отделяют от пыли флюс и шлак.

Сварочное оборудование включает в себя две сварочные головки (А6 «TwinArc»), расположенных по обеим сторонам свариваемого таврового соединения, на направляющих с гидроприводами (горизонтальными и вертикальными).

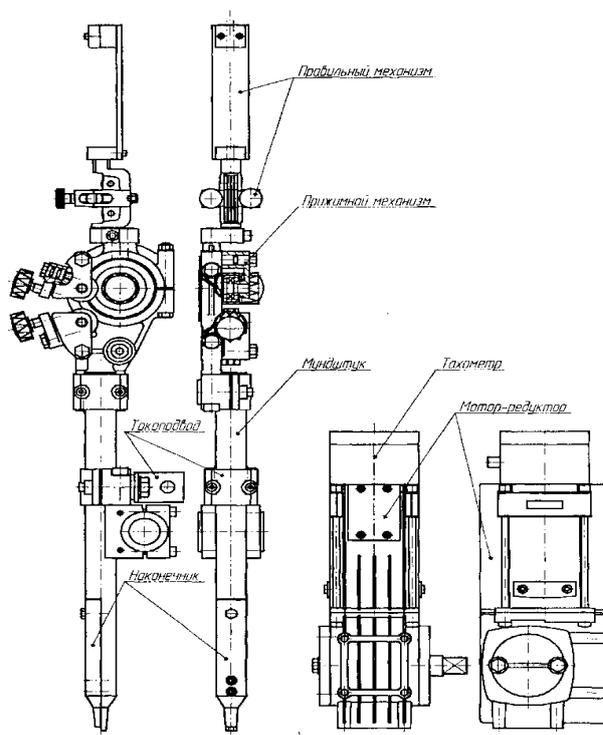


Рисунок 23 - Сварочная головка А6 «TwinArc»

Слежение по стыку осуществляется жесткими направляющими роликами, выставляемыми к стыку под углом в  $45^{\circ}$ . Ролики надёжно крепятся к подвескам сварочных головок, что обеспечивает наплавку металла шва в установленном месте сварного соединения. А также используется источник питания ВДУ-1201

Источник питания для однопостовой механизированной сварки в среде защитных газов и под флюсом. Диаметр электродной проволоки 2-5мм. в пределах режимов, обеспечивающих удовлетворительное формирование сварочных швов. Технические характеристики сварочного выпрямителя ВДУ-1201 представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Технические характеристики сварочного выпрямителя ВДУ-1201 с жесткой падающей внешними характеристиками

Климатическое исполнение, категория размещения	УЗ, ТЗ
Нижняя температура окружающей среды для исполнения У, °С	-30
Режим работы ПВ, %	Продолжительная
Продолжительность цикла сварки, мин	-----
Номинальный сварочный ток, А	1250
Пределы регулирования сварочного тока, А: - жесткие - падающие	300-1250 300-1250
Пределы регулирования рабочего напряжения, В: - жесткие - падающие	24-66 26-60
Напряжение холостого хода, В не более	100
Напряжение сети, В	380
Первичная мощность, кВт	120
КПД, %, не менее	83
Габаритные размеры (длина высота ширина), мм	1400x850x1250
Масса, кг, не более	850

Сварочное оборудование также комплектуется двумя блоками управления процессом сварки РЕН, кабелями управления и сварочными кабелями (сечением 2x120мм<sup>2</sup> каждый). Благодаря электронной обработанной связи параметры сварки поддерживаются с очень малыми отклонениями от установленных. Параметры (сила тока, напряжение, скорость сварки) отображаются в цифровом виде на дисплее. Также рассчитывается и выводится на дисплей тепловложение. В сварочное оборудование входят четыре держателя катушек с проволокой (на 100 кг каждая), расположенных на установке.

## 4.7 Выбор оборудования и приспособления для сварочных работ

Для сборки и сварки поясных швов балки выбрана установка для автоматической дуговой сварки под слоем флюса ИТ 258 В А фирмы „ESAB" рисунок 24.

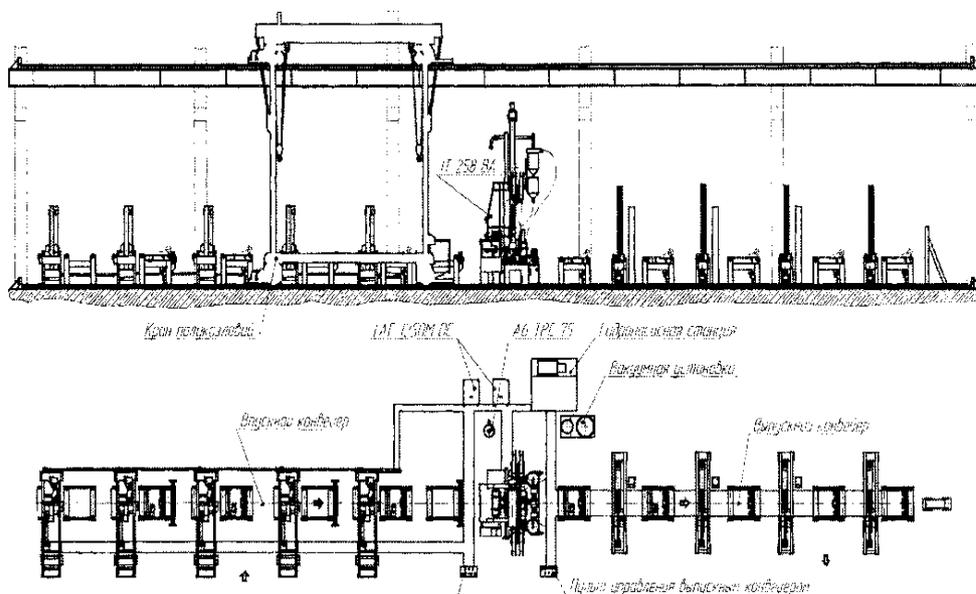


Рисунок 24 - Общая схема установки ИТ 258 В А

Основными частями сварочной автоматической установки ИТ 258 В А являются:

1. Установка для сварки состоит из:
  - Основная рама;
  - Устройство центрирования стенки и пояса;
  - Подающее устройство;
  - Узел нажимного ролика;
  - Устройство правки пояса;
  - Блок управления;
  - Сварочное оборудование;
  - Флюсовое оборудование;
  - Гидронасосная станция.

2 Транспортирующая система установки для автоматической сварки балок типа IT 258 В А, показанная на рисунке 24, состоит из:

- Впускной (сборочный) конвейер;
- Выпускной конвейер;
- Гидронасосная станция.

3. Кран полукозловой, состоящий из:

- Рама сварная;
- Два приводных колеса;
- Два ведомых колеса;
- Две грузоподъемные лебедки;
- Рельсовые пути.

Кран полукозловой изображен на рисунке 25.

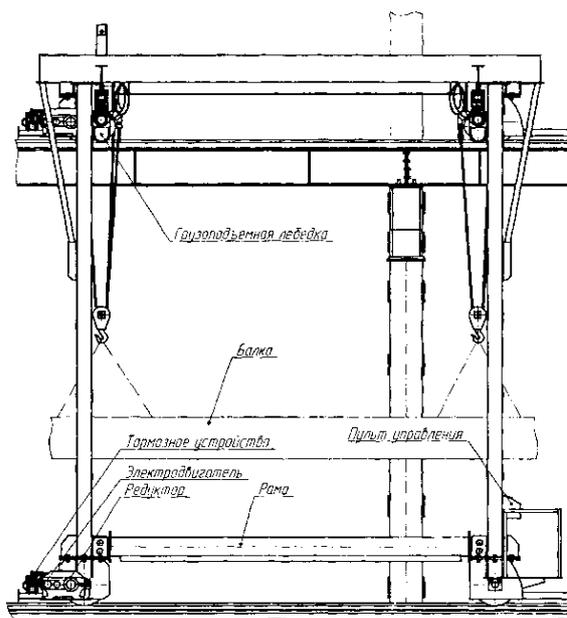


Рисунок 25 - Кран полукозловой

Кран полукозловой осуществляет все грузоподъемные операции около автоматической линии по изготовлению сварных балок, перемещаясь вдоль неё по рельсовому пути.

Технические характеристики полукозлового крана:

Скорость подъёма груза - 15 м/мин;

Максимальная высота подъёма - 5 м;

Число грузоподъёмных лебёдок - 2;

Максимальная грузоподъёмность каждой лебёдки - 5 тонн;

Мощность электродвигателя лебёдки - 100 кВт;

Мощность приводного электродвигателя - 200 кВт;

Число приводных электродвигателей - 2;

Редуктор привода колеса Ц2У-200-25-12-КУЗ;

Число редукторов привода колес - 2;

Скорость перемещения - 5 км/ч;

Длина рельсового пути - 40 м;

Масса - 8950 кг;

Габариты 7700x8700x11000 мм

Транспортирующая система установки для автоматической сварки балок типа IT 258 VA.

Для обеспечения эффективного производства балок на установке очень важно, чтобы балка была закреплена и транспортировалась через установку нужным образом. Детали балки должны направляться в правильном положении, а сваренная балка транспортироваться с осторожностью, поскольку она ещё тёплая и имеет небольшую деформацию. Конструкция системы рассчитана на балки длиной до максимум 16 метров и может быть приспособлена к необходимой длине балок.

Впускной (сборочный) конвейер состоит из шести рольгангов (столов) и пяти устройств кантования и удерживания стенок как показано на рисунке 26.

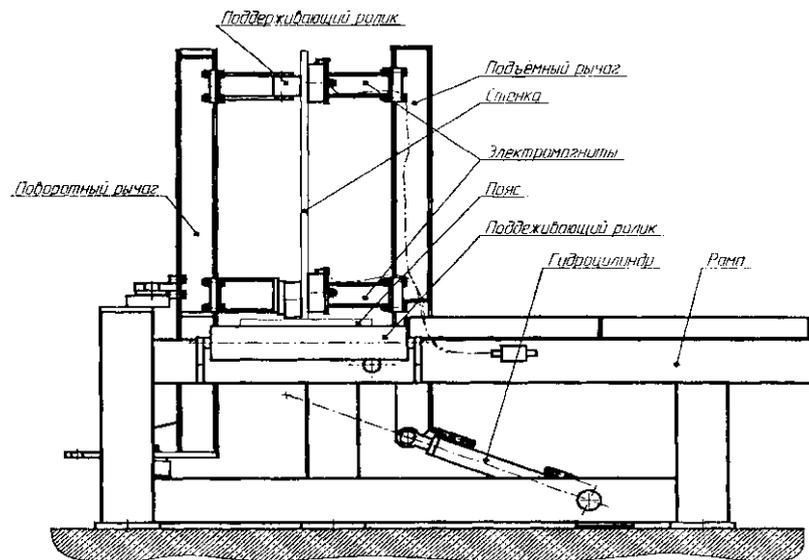


Рисунок 26 - Кантователь впускного конвейера

Каждый рольганг имеет один неподвижно закреплённый опорный ролик и один перемещающийся вверх-вниз по команде с пульта управления впускным конвейером на рисунке 27.

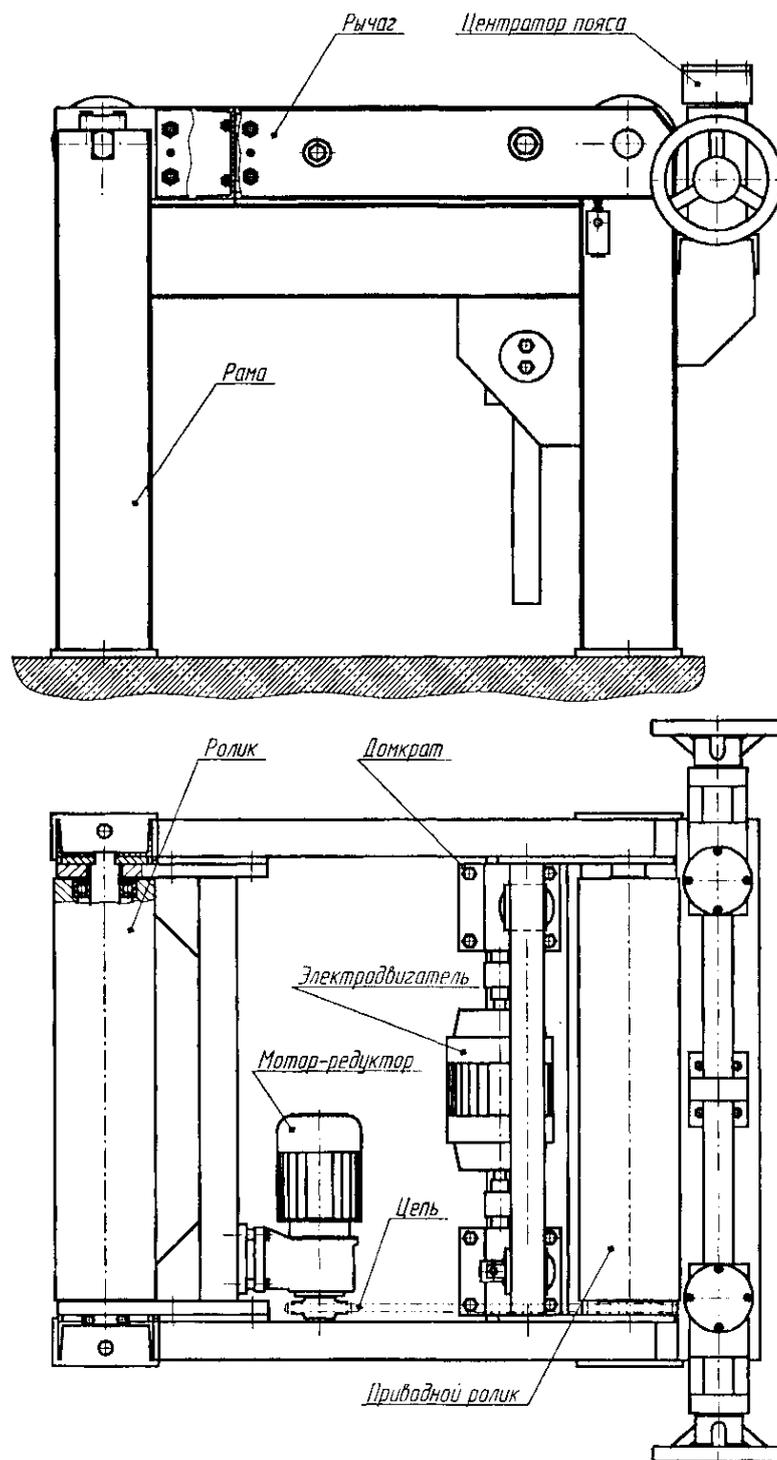


Рисунок 27 - Подъёмный стол с подающим механизмом и центратором полки

Каждый перемещающийся вверх-вниз ролик приводится в движение электродвигателем через цепную передачу и подаёт балку в сварочную установку. Три рольганга оборудованы направляющими устройствами (центраторами полки), которые направляют и центрируют полки во время транспорти-

ровки. Пять поддерживающих и кантующих устройств имеют приспособления для удержания стенки балки (тавровый профиль) при транспортировке по линии. Рычаги устройства, поддерживающего стенку в вертикальном положении, могут поворачиваться на 90 градусов, давая возможность полукозловому крану положить на стол полку. Поворот осуществляется системой рычагов с приводом от гидроцилиндра. Рычаги, удерживающие стенку, имеют возможность поворачиваться при помощи гидроцилиндра, расположенного в нижней части рамы кантователя, из горизонтального в вертикальное положение. При повороте стенки, высотой 200 - 700 мм, удерживаются на рычагах электромагнитами. По достижении вертикального положения, магниты обесточиваются и стенка перемещается вниз до соприкосновения с полкой. Стенка и полка готовы теперь для транспортировки в установку для сварки. Вышеуказанные рычаги способны кантовать тавровые профили с максимальной массой 600 кг/м и двутавровые профили с максимальной массой 900 кг/м стенки. В зависимости от типа профиля возможность кантовки может быть ограничена высотой стенки до 1500мм. Для кантования балок больших размеров следует применять полукозловой край. Входной конвейер может транспортировать тавры высотой до 2500 мм.

Выпускной конвейер состоит из пяти рольгангов (столов) для поддержания балки после операции сварки. Каждый рольганг (стол) имеет один неподвижно закреплённый опорный ролик и один, перемещающийся вверх-вниз по команде с пульта управления выпускным конвейером. Вертикальное перемещение роликов позволяет удерживать только что сваренную балку, слегка деформированную и тёплую. Каждый перемещающийся вверх-вниз ролик приводится в движение электродвигателем через цепную передачу и перемещает балку после того, как она покинула сварочную установку. Выпускной конвейер оборудован четырьмя кантующими рычагами для кантовки на 90 градусов готовых балок.

## 4.8 Контроль качества сварных соединений балки моста

Тавровые соединения испытывают на образцах по ГОСТу. Контроль проводят визуально измерительный для таврового соединения.

Ультразвуковая дефектоскопия шовных, стыковых и тавровых соединений связана с расшифровкой импульсов, которую успешно осуществляют с применением ЭВМ. Изгиб стыковых соединений облегчает выявление дефектов ультразвуком.

Для лучшего ввода ультразвука поверхность смачивают минеральным маслом. Способ может выявлять трещины и непровары при стыковой сварке. Поперечные волны вводят под определенным углом к дефекту призматическими щупами. Точки проверяют щупами с двумя пьезоэлементами. Перспективен контроль точек ультразвуком, при размещении пьезоэлектрического излучателя и приемника ультразвуковых колебаний (УЗК) в каналах с водой верхнего и нижнего электрода. УЗК различно поглощаются твердым и жидким металлом. Продольные колебания слабо реагируют на расплав, а поперечные не распространяются в нем и отражаются от границы ядра. Продольные колебания от излучателя конусным дном преобразуются в поперечные, а после зоны сварки снова в продольные и попадают в приемник. УЗК. Для каждого материала разрабатываются эталоны записи качественных точек.

Для контроля качества сварных швов применяем ультразвуковой метод.

Ультразвуковой контроль основан на способности ультразвуковых волн проникать в металл на большую глубину и отражаться от находящихся в нем дефектных участков. В процессе контроля пучок ультразвуковых колебаний от вибрирующей пластинки-щупа (пьезокристалла) вводится в контролируемый шов. При встрече с дефектным участком ультразвуковая волна отражается от него и улавливается другой пластинкой-щупом, которая преобразует ультразвуковые колебания в электрический сигнал. Эти колебания после их усиления подаются на экран электронно-лучевой трубки дефектоскопа, которые свидетельствуют о наличии дефектов. По характеру импульсов судят о протяженности

дефектов и глубине их залегания. Ультразвуковой контроль можно проводить при одностороннем доступе к сварному шву без снятия усиления и предварительной обработки поверхности шва.

#### **4.9 Технология изготовления балки**

Процесс изготовления балки начинается с заготовительных операций. Листовой прокат подается со склада проката с помощью козлового крана и самоходной тележки в цех. Далее листы с помощью цехового мостового крана загружаются на входной конвейер установки по очистки проката „SCILICK Roto- jet". Проходя сквозь установку, листы прокаливаются в печи и очищаются дробью. После очистки прокат подвергается входному контролю. Неустранённые поверхностные дефекты могут быть зачищены шлифмашинкой с абразивным диском или вырезаны и заварены, с последующим контролем мест ремонта.

После входного контроля и ремонта, если он потребовался, листы с помощью цехового мостового крана перегружаются на входной рольганг листопрямительной машины. Листовой прокат, подаваемый в обработку должен быть выправлен на листопрямительной машине UBR-32x2000 независимо от исходного состояния проката. Зазор между поверхностью выправленного листа, уложенного на ровную горизонтальную плоскость, и ребром стальной линейки длиной 1 м не должен превышать 1,5 мм для любой толщины листа. При правильно подобранном режиме лист выправляется за один проход. Количество проходов (при необходимости) не должно превышать шести. На листопрямительных машинах запрещается править волнистость кромок и саблевидность листа или полосы с помощью прокладок.

Далее листы с помощью цехового мостового крана перегружаются на рабочий стол кислородно-плазменной резательной машины. Выправленные и очищенные листы подвергаются раскрою и разметке по размерам, заданным

чертежом. Разметку и последующий раскрой листов ведут с учетом требований, заложенных для стальных конструкций мостов:

- Минимальная пристыковываемая часть листа имеет размер не менее 800 мм;
- Стыки в местах стенки и листах полок должны быть удалены не менее чем на 200 мм друг от друга;
- Расстояние между вертикальным ребром жесткости и стыком листов стенки не менее двадцати толщин стенки;
- Расстояние от вертикального ребра жесткости до стыка не менее 200мм;
- Расстояние от стыка в поясах до места установки упора не менее 200мм.

Раскрой и разметка листов осуществляется на порталной машине кислородно-плазменной резки SUPRAREX SXE-P3 шведской фирмы „ESAB". Разделка кромок под сварку осуществляется также на этой машине. После резки дефекты (выхваты более 2 мм, грат, бороздки), а также термоупрочнённый и термомодеформированный слои устраняются зачистной машинкой, оснащенной вращающимся от пневмопривода наждачным диском. При обработке абразивным инструментом не допускаются ожоги металла из-за сильного нажатия на инструмент и малой скорости его перемещения по обрабатываемой поверхности.

При резке и разметке необходимо учитывать величину усадки при наложении сварных швов:

- На сварной двутавр с четырьмя продольными поясными швами катетом 8 мм дают 1 мм припуска на 1 м сварного двутавра.
- Припуск на укорочение балки от приварки пары поперечных рёбер с двух сторон четырьмя угловыми швами равен 1 мм.

После резки заготовки стенки, поясов и рёбер, с помощью мостового крана и самоходной платформы, доставляются к впускному конвейеру установки для дуговой автоматизированной сварки под слоем флюса ИТ 258 В А, а заготовки фланцев к сверлильному станку, где производится сверловка отверстий в заготовках, для соединения, в дальнейшем, между собой балок стыковыми

накладками. Сверловка осуществляется на радиально-сверлильном станке 2Н55.

Все грузоподъемные операции, непосредственно, около сварочной установки осуществляются с помощью полукозлового крана.

Сборка балки производится в следующей последовательности:

- Установить, с помощью полукозлового крана, и зафиксировать центрами полки, расположенными на столах впускного конвейера, пояс;

- Установить, с помощью полукозлового крана, и зафиксировать электромагнитами, расположенными на рычагах кантователей впускного конвейера, стенку;

- Установить стенку вертикально, по разметке, на пояс, для чего поднять рычаги в вертикальное положение и отключить электромагниты;

- Выполнить прихватку стенки с двух сторон (катет прихватки не более 4 мм) на режиме:  $d_{эл} = 1,6$ ;  $I_{СВ} = 300 \pm 10A$ ;  $U_d = 24 В$ ;  $Q = 18$  л/мин; длина прихватки = 50 мм; количество прихваток = 22;

- Установить и приварить выводные планки (на аналогичном режиме);

Материал выводных планок и материал балки должны быть одинаковыми.

Толщина выводных планок тавровых соединений может быть уменьшена в соответствии с СТП 012-2000.

- Перед сваркой, прихватки должны быть тщательно очищены от шлака, брызг, неровностей. К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и к основным швам. В начале и конце прихватки необходимо делать «заход» и «сход», т.е. плавное уменьшение металла прихватки для плавного захода и схода ролика следящего устройства.

- Далее, собранная на прихватках балка, поступает на стенд установки для автоматической дуговой сварки под слоем флюса продольных швов IT 258 В А;

Сварка балки производится в следующей последовательности:

- При сварке угловых соединений из стали марки 15ХСНД при температуре окружающей среды +15°C и выше предварительный подогрев свариваемых кромок не производится.

- Приварить стенку к поясу одновременно двумя сварочными головками. Режимы для сварки 1-й сварочной головкой (1СГ) и 2-й сварочной головкой (2СГ) следующие:

1СГ -  $d_{эл} = 5$  мм;  $I_{св} = 960$  А;  $U_{д} = 30$  В;  $V_{св} = 45$  м/ч;

2СГ -  $d_{эл} = 5$  мм;  $I_{св} = 960$  А;  $U_{д} = 30$  В;  $V_{св} = 45$  м/ч;

Установить вылет электрода, равный 25 - 35 мм.

Сварка осуществляется наклонным электродом. При этом необходимо:

- задать угол наклона мундштука сварочной головки равным 35° по отношению к вертикали.

- Выставить электроды вдоль шва.

- Повернуть мундштук вокруг поперечной оси подвески сварочной головки, обеспечивая смещение проволок относительно оси шва 1,5мм в сторону горизонтального элемента;

- Обеспечить смещение между сварочными головками равное минимум 100мм, вдоль стыка.

- Шов начинать и заканчивать на выводных планках. При случайных перерывах в работе сварку разрешается возобновлять только после очистки кратера и концевого участка шва длиной 50 мм от шлака. Переходы сварных швов в местах перерывов должны быть зачищены шлифмашинкой. При сварке катетом 8 мм плавный переход сварного шва может быть только к вертикальной детали, к горизонтальной детали может иметь прямой переход. Этот участок шва и кратер полностью перекрывать новым швом.

- Зачистить сварные швы от шлака и остатков флюса.

Далее, готовая сварная балка таврового сечения, поступает на выпускной конвейер установки, откуда полукозловым краном вновь перегружается на впускной конвейер.

- Операция повторяется. На выпускном конвейере оказывается требуемая сварная двутавровая балка.

- Контроль качества сварки на IT 258 В А.

Ответственность за качество сварных конструкций на всех этапах сварки несут исполнители и руководители данного вида работ согласно должностным инструкциям.

В начале и в конце сварного шва необходимо ставить клеймо сварщика.

Визуальным контролем с помощью шаблонов и измерительного инструмента проверяется форма и размер шва.

Отклонения геометрических размеров формы сварного шва должны соответствовать, при катете равном 5 - 8 мм, +2 мм

Внешним осмотром устанавливается: соответствие сварных швов следующим требованиям:

- Фактические катеты (размеры) угловых швов должны соответствовать проектным.

- Поверхность швов должна быть гладкой или равномерно мелкочешуйчатой, без наплывов и перерывов.

- В швах не должно быть пор, трещин, не заваренных кратеров и др. недопустимых дефектов.

- Наплывы и недопустимая выпуклость (усиление) сварного шва устраняется удалением излишнего металла абразивным кругом.

- Недопустимая вогнутость, неполное заполнение шва или чрезмерные подрезы исправляются путем наложения дополнительного шва.

Швы, относящиеся к швам 1 категории, подвергаются 100 % ультразвуковому контролю. Сварные соединения, не отвечающие требованиям к их качеству, допускается исправлять путем частичного или полного их удаления с последующей заваркой.

Участки с недопустимым количеством пор должны быть полностью удалены кислородной резкой и заварены вновь.

При обнаружении трещин в сварных швах - известить технолога ТО или ОГС с целью выяснения причины возникновения трещин.

Метод исправления - установить протяженность трещины с помощью УЗД. Зачистить шлифмашинкой с абразивным кругом  $\text{Ø}150-180$  мм и  $b = 3 - 4$  мм до полного ее удаления, плюс 50 мм длины металла с каждого ее конца. Выполнить разделку кромки по оси трещины с углом раскрытия  $60^\circ$ . Допускается производить подварку (исправление дефектов) механизированной дуговой сваркой в среде защитного газа проволокой Св-08А или автоматической сваркой под слоем флюса в зависимости от глубины и протяженности трещины.

- Исправленные швы контролируются также, как и вновь сваренные.
- Выводные планки удалять газокислородной резкой, с последующей зачисткой места приварки шлифмашинкой до полного удаления с конструкции остатков металла швов, подрезов, брызг и других неровностей, только после визуального контроля качества шва. Не допускается удалять технологические планки ударным способом, при помощи кувалды.

После подварки дефектных участков проверить грибовидность и перекосяк полок относительно стенки. В стыках и местах примыкания перекосяк и грибовидность не более 0,005- $b$ , в прочих местах не более 0,01-  $b$ , где  $b$  - ширина пояса в месте замера грибовидности. При превышении установленных величин произвести правку. Правку производить местным нагревом. Нагрев одного и того же места более двух раз не допускается.

Параллельно сборке и сварке балки осуществлять сборку и сварку ребер с помощью полуавтомата ПДГ - 508, непосредственно, на распложенном в безопасной близости от выпускного конвейера стеллаже;

- Произвести контроль качества сварных швов.

После сборки и сварки готовый сварной двутавр, с помощью полукозлового крана, перегружается с выпускного конвейера на стоящий рядом стеллаж, где подвергается следующим технологическим операциям.

Сборка и сварка ребер с балкой производится в следующей последовательности:

- Установить ребро, по разметке, на балке и осуществить прихватку. Параметры режима сварки прихватки:  $d_{эл} = 1,6$  мм;  $I_{СВ} = 300 - 350$  А;  $U_d = 24$  В;  $Q = 18$  л/мин; длина прихватки = 10 мм; количество прихваток = 4;

- Повторить для всех требуемых по чертежу рёбер (для шести);

- С помощью металлической щетки зачистить места прихваток от брызг металла;

- Осуществить сварку ребра с балкой. Режим сварки:  $d_{эл} = 1,6$  мм;  $I_{СВ} = 300 - 350$  А;  $U_d = 24$  В;  $Q = 18$  л/мин; длина прихватки = 10 мм; количество прихваток = 4;

- Повернуть, с помощью полукозлового крана, балку на  $180^\circ$  и осуществить сварку потолочных швов в нижнем положении (режимы аналогичны);

- С помощью металлической щетки зачистить сварные швы от брызг металла;

- Произвести контроль качества сварных швов.

Сборка и сварка фланцев с балкой производится в следующей последовательности:

- Установить фланец, по разметке, на балке и осуществить прихватку. Режим сварки:  $d_{эл} = 1,6$  мм;  $I_{СВ} = 300 - 350$  А;  $U_d = 24$  В;  $Q = 18$  л/мин; длина прихватки = 10 мм; количество прихваток = 8.

- С помощью металлической щетки зачистить места прихваток от брызг металла.

После сварки балка подвергается визуальному осмотру. Проверяется точность выполнения монтажных отверстий, присоединительных элементов, точность размеров самой балки после всех сварочных деформаций, а также контролируются размеры и форма швов.

Если все контролируемые размеры в пределах заложенных допусков, то балка переходит на малярный участок. Если отклонения размеров оказываются выше допустимых, то в зависимости от вида брака (неисправимый или исправимый) балка бракуется и разрезается на заготовки или подвергается доработке до устранения брака.

Годная балка поступает на малярный участок. На этом участке балка грунтуется двумя слоями грунтовки ГФ-0163 и покрывается тремя слоями эмали ХВ- 16. При этом каждый последующий слой наносится на слегка липкий предыдущий слой, что устанавливается органолептическим методом. При покраске подтеки, вспучивание не допускаются.

После окраски балка отгружается на склад готовой продукции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При реализации уровневой системы образования в системе высшего профессионального образования выявлена актуальность использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). При этом в настоящее время имеется потребность в методических разработках, основанных на внедрении ИКТ в образовательный процесс подготовки бакалавров

В дипломной работе проведен анализ учебно-программной документации подготовки бакалавров по направлению Профессиональное обучение профиль машиностроение и металлообработка профилизации Технологии и технологический менеджмент в сварочном производстве. Изучены особенности, требования и правила проектирования электронных учебных презентаций.

Проведен анализ содержания научной и учебной литературы по дисциплине «Теория сварочных процессов», особое внимание уделено разделу «Физико-химические процессы в сварочной дуге».

Определена структура раздела, подобрано содержание и произведено теоретическое наполнение электронных учебных презентаций раздела «Физико-химические процессы в сварочной дуге». Разработанные презентации апробированы в рамках изучения дисциплины «Теория сварочных процессов» при изучении данного раздела студентами 2-го курса очной формы обучения.

В технологической части дипломной работы произведена разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Беляева, А. П. Профессионально-педагогическая технология в профессиональных учебных заведениях [Текст] / А. П. Беляева [и др.]; под ред. А. П. Беляевой. – СПб.: Высш. шк., 1995. – 294 с.
- 2 Байбаков, А.М. Педагогика [Текст]: учебное пособие / А.М. Байбаков, Н.М. Боротко, И.А. Соловцова. - М.: Академия, 2007. – 496 с.
- 3 Гриценко, Л.И. Теория и практика обучения: интегративный подход [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов / Л.И. Гриценко. - М.: Академия, 2008. – 238 с.
- 4 Коджаспирова, Г.М. Педагогика [Текст]: учебное пособие / Г.М. Коджаспирова. -М.: Академия, 2007. – 527 с.
- 5 Полат, Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина. – М.: Академия, 2008. – 365 с.
- 6 Подласый, И.П. Педагогика [Текст]: учеб. для студентов вузов / И.П. Подласый. - М.: Высшее образование, 2007. – 540 с.
- 7 Ерецкий, М.И. Проверка знаний, умений и навыков учащихся техникумов [Текст]: учеб. пособие / М. И. Ерецкий, Э.С. Пороцкий. – М.: Высшая школа, 1992. – 276 с.
- 8 Белозерцев, Е.П. Педагогика профессионального образования [Текст]: учеб. пособие для вузов по специальности «Педагогика» / Е.П. Белозерцев [и др.]; под ред. В.А. Сластенина. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2008.- 368 с.
- 9 Романцев, Г.М. Теория и практика профессионально-педагогического образования [Текст]: монография: в 2 т. Т.1 / Г.М. Романцев и др.; под ред. Г.М. Романцева. – Екатеринбург: изд-во РГППУ, 2007. – 340 с.
- 10 Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов [Текст]: учебник для вузов / К.В. Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. – Киев: Изд-во «Вища школа», 1976. – 424 с.

11 Мечев, В.С. Теплофизические свойства углекислого газа и их влияние на процессы в сварочной дуге [Текст] / В.С. Мечев, А.А. Валеева, А.Ж. Жайнаков, В.С. Слободянюк, М.А. Самсонов, В.С. Энгельшт// Автоматическая сварка, 1982, № 4, С. 30 – 34.

12 Петров, Г.Л. Теория сварочных процессов [Текст]: учебник для вузов / Г.Л. Петров, А.С. Тумарев. – М.: Машиностроение, 1977. – 392 с.

13 Федулова, М.А. Физико-химические процессы в сварочной дуге [Текст]: учеб.пособие / М.А. Федулова. - Екатеринбург: Изд-во ГОУВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», Киев: Изд-во «Вища школа», 2009.- 79 с.

14 Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя [Текст]: справочник / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1999.

Т. 1 - 912 с.

Т. 2 - 875 с.

Т. 3 - 847 с.

15 Федеральный государственный образовательный стандарт ВО [Электронный ресурс] / РГППУ. - Электрон. дан. – Екатеринбург: ФГАОУ ВПО Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2017. – Режим доступа: <http://www.rsvpu.rtf/> - Загл. с экрана. – Яз. рус.

16 Учебный план направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) Профиль «Машиностроение и материалобработка» профилизация «Технология и технологический менеджмент в сварочном производстве» [Текст]. - Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2011. – 3с.

17 Рабочая программа дисциплины «Теория сварочных процессов» [Текст] / М.А. Федулова. - Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2017. – 26 с.

18 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

19 Сварка и свариваемые материалы: справочное издание: в 3-х т. Т. 1. Свариваемость материалов / В.Н. Волченко, Э.Л. Макаров, В.В. Шип [и др.]; под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 528 с.

20 ГОСТ 6713-91 Прокат низколегированный конструкционный для мостостроения. Технические условия. - Введ. 1991-07-01. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 39 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А - СПЕЦИФИКАЦИЯ**