

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сборки и сварки разделочных столов для предприятий общественного питания

Обучающийся

В.Г. Шаронов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Проведены работы по повышению производительности и стабильности качества сварки при изготовлении металлической мебели.

Рассматриваемая конструкция выполняется из нержавеющей стали, поэтому по базовому варианту технологии применяется аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. Выполнен анализ базовой технологии на предмет недостатков.

Для построения проектной технологии сборки и сварки обоснован выбор способа сварки. Сварку неплавящимся электродом предложено заменить на механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Для расширения технологических возможностей способа предложено импульсное управление горением сварочной дуги.

Составлена проектная технология сварки, особенности выполнения операций которой описаны в настоящей выпускной квалификационной работе.

Производительность труда повышается на 223 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 66 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,1 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, на которых происходит сборка и сварка каркасной мебели из нержавеющей стали.

Настоящая выпускная работа показала эффективность замены аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на механизированную сварку в защитном газе с импульсным управлением горением сварочной дуги. Таким образом, область внедрения работы может быть расширена.

## Содержание

Введение . . . . .	5
Современное состояние сварки мебели для предприятий общественного питания из нержавеющей стали. . . . .	7
1.1 Описание конструкции изделия и условий его работы. . . . .	7
1.2 Сведения о материале изделия. . . . .	8
1.3 Описание технологических операций при выполнении базового технологического процесса сборки и сварки. . . . .	10
1.4 Обзор источников научно-технической информации. . . . .	15
1.5 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы. . . . .	17
2 Разработка проектной технологии сборки и сварки. . . . .	19
2.1 Обоснование выбора способа сварки. . . . .	19
2.2 Повышение эффективности сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. . . . .	24
2.3 Выбор защитного газа и параметров режима сварки. . . . .	27
2.4 Описание операций технологического процесса сборки и сварки. . . . .	28
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений . . . . .	32
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта. . . . .	32
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков . . . . .	33
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков . . . . .	35
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта . . . . .	36
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности. . . . .	38

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений . . . . .	40
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям. . . . .	40
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования. . . . .	42
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии . . . . .	43
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам. . . . .	45
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии . . . . .	49
4.6 Показатели экономической эффективности. . . . .	51
Заключение . . . . .	53
Список используемой литературы и используемых источников. . . . .	55

## Введение

Общественное питание всегда будет востребованной отраслью хозяйства. В настоящее время складывающиеся тенденции свидетельствуют о том, что в ближайшее время может понадобиться организация коллективного питания для мужской, женской и детской групп населения.

Исходя из этого следует признать актуальным решение вопроса производства мебели для предприятий общественного питания, которая должна быть современной, отвечать требованиям экологических стандартов и иметь более высокие характеристики по сравнению с мебелью, применяемой в аналогичной ситуации в 30...40-е годы прошлого века.

Современная мебель для пищевых производств изготавливается из коррозионностойкой стали. Для её сварки применяются такие способы, как ручная дуговая сварка, механизированная сварка в защитных газах и сварка неплавящимся электродом в инертных газах. Применение сварочных технологий при изготовлении конструкций из нержавеющей стали требует повышения культуры производства по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей. В этой связи широкое распространение получила аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, достоинствами которой являются хороший внешний вид сварного изделия и сварного шва, высокое качество соединений из-за практически полного отсутствия выгорания легирующих элементов и их перехода в металл сварного шва. Кроме того, следует отметить высокую коррозионную стойкость металла сварного шва, который был получен при помощи аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Также следует указать на практически полное отсутствие разбрызгивания.

Однако применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом ограничивается из-за недостатков этого способа сварки. Первым недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает

производительность. Вторым недостатком является необходимость использования в качестве защитного газа дорогостоящих аргона, гелия или их смесей, что существенно повышает стоимость аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Третьим недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации, что приводит к повышению затрат на организацию производства.

В настоящее время осуществлен прорыв в области управления горением сварочной дуги. Результаты работы исследователей-сварщиков воплощены в оборудовании, реализующем принцип импульсного управления дугой. Это позволяет существенно повысить технологические возможности ранее применяемых способов сварки и получить качество сварного шва, соизмеримое с аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом.

Цель работы – повышение качества и производительности при изготовлении мебели для предприятий общественного питания из нержавеющей стали.

Достижение поставленной цели должно выполняться на основании изучения современных технологических решений, предложенных сварочному производству отечественными и зарубежными исследователями.

С учётом настоящей специфики, характеризующей политическую и экономическую обстановку в России и за рубежом, предпочтение следует отдавать отечественным разработкам, внедрение которых в современное производство не потребует применения импортного оборудования и элементной базы [16].

# 1 Современное состояние сварки мебели для предприятий общественного питания из нержавеющей сталей

## 1.1 Описание конструкции изделия и условий его работы

В качестве типового варианта мебели для предприятий общественного питания следует указать разделочный стол, который представлен на рисунке 1. Конструкция стола включает в себя столешницу 1, две боковых заглушки 2, обечайку 3, четыре опорных ножки 4, две поперечные перемычки 5, одну продольную перемычку 6, вставной бортик 7 и три перегородки 8.

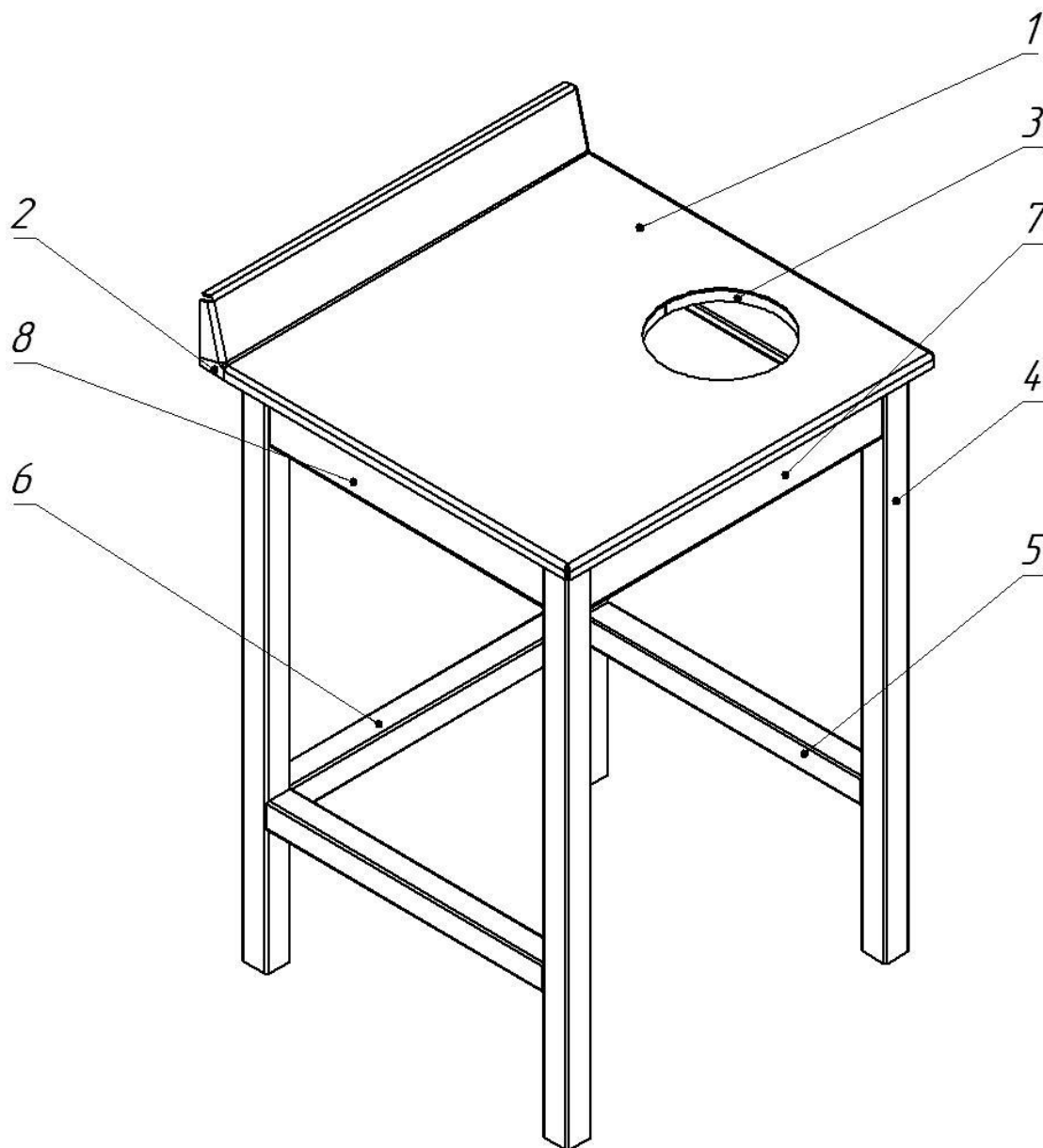


Рисунок 1 – Разделочный стол

Для изготовления столешницы применяется лист нержавеющей стали толщиной 3 мм. Для изготовления каркаса стола применяется профильная труба сечением 40×40 мм и толщиной стенки трубы 1,5 мм. Применение разделочного стола возможно на предприятиях общественного питания (лагеря, школы, профилактории, столовые и т.д.). Для изготовления деталей стола применяется пищевая сталь ASI 304, являющаяся аналогом стали 08X18H10. При изготовлении стола применяется аргонодуговая сврка неплавящимся электродом.

## 1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления стола разделочного в качестве материала применяется сталь AISI 304, которая является аналогом стали 08X18H10. Эта сталь предназначена для изготовления конструкций, которые работают в условиях действия агрессивных сред, а также для изготовления мебели и емкостей для пищевой промышленности. В таблице 1 представлено содержание химических элементов в стали AISI 304.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали AISI 304

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
до 0,8	до 0,8	до 0,2	9-11	до 0,02	до 0,035	17-19	до 0,5	до 0,3

Легирующими элементами стали 12X18H10T являются хром, никель и титан. Содержание хрома в стали составляет 17...19 % и обеспечивает высокую коррозионную стойкость за счёт способности металла к пассивации. Содержание никеля в стали составляет 9...11 %, поэтому в структуре наблюдается преобладание аустенита, что обеспечивает благоприятное сочетание эксплуатационных свойств и высокой технологичности стали 08X18H10 [33], [35].

Высокая совокупная концентрация никеля и хрома позволяет повысить стабильность аустенита. Но при этом следует учитывать, что содержащиеся в



стали кремний, алюминий и титан могут способствовать образованию некоторого количества феррита, который приводит охрупчиванию стали.

При построении технологии изготовления сварных конструкций из стали 08X18H10 необходимо считаться с особенностями, присущими сварке этой стали и отрицательно влияющими эксплуатационные свойства.

Первой особенностью и трудностью при сварке стали 08X18H10 является опасность появления межкристаллитной коррозии, которая возникает как в металле сварного шва, так и в основном металле, который в процессе сварки подвергался нагреву до температур порядка 450...650 °С.

Второй особенностью и трудностью при сварке конструкций из стали 08X18H10 является опасность возникновения горячих трещин, которые образуются в металле сварного шва по причине аустенитной структуры.

Третьей особенностью и трудностью при сварке конструкций из стали 08X18H10 является усиленное коробление изделия по сравнению с низкоуглеродистыми сталями, которое возникает по причине низкой теплопроводности и высокого коэффициента температурного расширения. По этой же причине приходится выполнять прихватки в 1,5...2 раза длиннее, чем при сварке конструкций из низкоуглеродистых сталей.

Четвёртой особенностью и трудностью при сварке конструкций из стали 08X18H10 является снижение пластических свойств металла сварного при длительной работе в условиях действия температур выше 350 °С.

Для того чтобы устранить межкристаллитную коррозию в сварных швах конструкций из стали 08X18H10, необходимо принимать такую последовательность заварки швов, чтобы работающие в условиях коррозионной среды швы выполнялись в последнюю очередь. Также необходимо вести сварку на пониженном токе, применять принудительное охлаждение и повышенную скорость сварки. Сварку следует выполнять без колебаний электродами малого диаметра. Полирование поверхности сварного шва повышает стойкость по отношению к межкристаллитной коррозии.

Для того чтобы устранить горячие трещины при сварке конструкций из стали 08X18H10, следует поддерживать минимальную длину дуги, а сварку вести без поперечных колебаний. Необходимо выполнять тщательное заплавление кратеров, которые запрещено выводить на основной металл. Кратерные трещины, образовавшиеся при обрыве дуги необходимо полностью зачищать перед возобновлением дуги. Необходимо оптимизировать конструкцию изделия, отдавая предпочтение стыковым соединениям перед тавровыми и нахлесточными соединениями.

Для того чтобы устранить охрупчивание околошовной зоны в сварных конструкциях из стали 08X18H10, следует применять технику и параметры режима сварки, обеспечивающие минимальное тепловое вложение в основной металл. При сварке назначают минимальную силу тока, поддерживают максимальную скорость сварки. Сварку выполняют с наложением узких валиков, поперечные колебания не применяют.

Для того, чтобы уменьшить коробления конструкции, изготавливаемой из стали 08X18H10, применяют удлинённые в 1,5...2 раза прихватки по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей. Также повышаются требования к жёсткости сборочных приспособлений и назначению параметров режима сварки, которые должны обеспечивать минимальное вложение тепла в основной металл.

### **1.3 Описание технологических операций при выполнении базового технологического процесса сборки и сварки**

В базовой технологии изготовления разделочного стола применяется аргонодуговая сварка неплавящимся электродом.

Сборка и сварка мебели происходит в цехе производства металлических конструкций, который на своей площади содержит несколько участков.

Одним из участков является подготовительный, на котором выполняется приёмка и подготовка металлического проката, его правка, разметка и резка. Резку листов проводят с использованием гидравлических ножниц НД3312Б, которые представлены на рисунке 2. Резку профильного проката проводят с использованием лентопильного станка JET MBS-1321VS, который представлен на рисунке 3.



Рисунок 2 – Применяемые для резки листов ножницы НД3312Б



Рисунок 3 – Применяемый для резки профильного проката лентопильный станок JET MBS-1321VS

Транспортные операции выполняются с применением ручных тележек.

Сборочно-сварочные операции выполняются с применением универсального сборочного приспособления, которое представлено на рисунке 4.

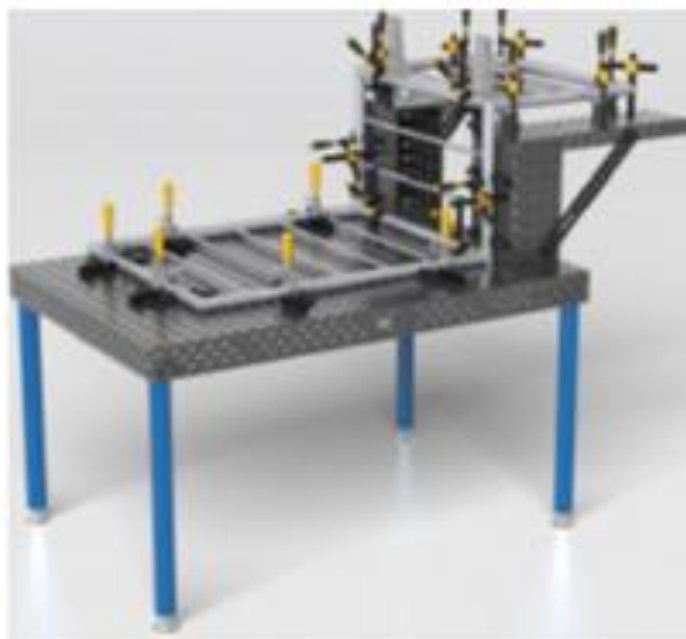


Рисунок 4 – Универсальное сборочное приспособление

Перед выполнением сварки проводят зачистку кромок до блеска. Для этого применяют стальную щётку. После зачистки заготовки протирают растворителем (авиационный бензин или ацетон). Очистка с использованием растворителя требуется для того, чтобы удалить с поверхности жировые загрязнения, наличие которых при сварке уменьшает стабильность горения дуги и приводит к образованию пор. Схема поста для сварки представлена на рисунке 5.

В качестве присадочного материала используют пруток ОК Tigrod 308L, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в присадочных прутках ОК Tigrod 308L

C	Si	Mn	Cr	Ni
0,01	0,5	1,7	20	10

При сварке применяется постоянный ток прямой полярности. При выборе техники сварки необходимо наклонять электрод к изделию под углом 60...80 °, присадочную проволоку следует подавать под углом 90 ° к

неплавящемуся электроду. В качестве неплавящегося электрода применяют прутки из лантанированного вольфрама, которые перед выполнением сварки затачивают на длине 10...15 мм. Перед тем, как начать выполнение очередного сварного шва, необходимо проверить состояние неплавящегося электрода на предмет наличия разрушений и загрязнений, в случае необходимости следует провести зачистку или замену неплавящегося электрода. В таблице 3 представлены параметры режима сварки

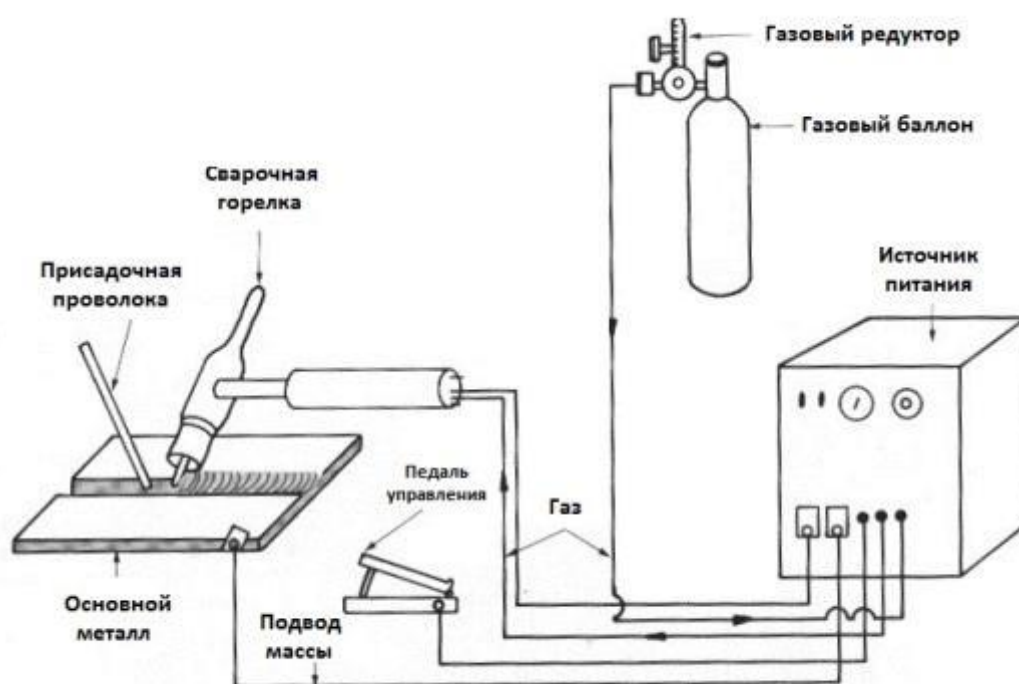


Рисунок 5 – Схема поста для выполнения аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Таблица 3 – Параметры режима сварки

Число проходов	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Расход аргона в горелку, л/мин
1...2	1,6...2,0	50...80	10...11	6...8

Для уменьшения окисления металла сварного шва и повышения качества сварки следует поддерживать максимальную скорость сварки при минимальной площади сварочной ванны. При ведении электрода необходимо поддерживать равномерно-поступательное перемещение электрода и сварочной проволоки без поперечных колебаний.

Для предотвращения окисления поверхности сварного шва подачу защитного газа следует прекращать не раньше, чем через 5...10 секунд после обрыва сварочной дуги.

В качестве защитного газа применяется аргон, который подают под рабочим давлением 0,01...0,03 МПа.

Питание сварочной дуги выполняют от источника GoodWill TIG 315 Digital, который представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Инверторный источник питания GoodWill TIG-315 Digital

При пооперационном контроле проводя проверку точности сборки, качество подготовки кромок и зачистки основного металла, точность расположения элементов.

При выходном контроле качества сварных соединений проводят их визуальный осмотр и измерительный контроль.

Визуально-измерительному контролю подвергается 100% сварных швов независимо от применения других методов контроля. Визуальный осмотр сварного шва выполняют по всей его поверхности, которая доступна для осмотра. Не допускается наличие таких дефектов, как трещины, подрезы, свищи, непровар корня шва, прожоги.

Для проведения визуального контроля применяется набор, который включает в себя: металлические линейки, штангенциркуль с глубиномером, универсальный шаблон сварщика, набор луп, фонарик, инструкцию РД 03-606-03, металлический угольник, щупы и радиусные шаблоны, маркер по металлу.

## 1.4 Обзор источников научно-технической информации

В ходе выполнения работ проведён поиск источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки конструкций из нержавеющей сталей.

Авторами работы [20] являются сотрудники Донбасской государственной машиностроительной академии. В работе показано, что повышение эффективности механизированной сварки конструкций из нержавеющей сталей может быть получено при импульсной подаче сварочной проволоки.

Авторами работы [30] являются сотрудники Приазовского государственного технического университета. В работе представлены результаты исследования вопроса повышения эффективности аргонодуговой сварки неплавящимся электродом за счёт воздействия на сварочную дугу магнитного поля.

Авторами работы [26] являются сотрудники Института электросварки им. Е. О. Патона. В работе показано, что повышение стойкости сварных соединений к коррозии может быть получено при индукционной обработке соединений после сварки.

Авторами работы [32] являются сотрудники Института материаловедения и НПО «Физика-Солнце» Академии Наук Республики Узбекистан. Представлены результаты исследований по повышению эффективности аргонодуговой сварки неплавящимся электродом деталей из нержавеющей сталей.

Авторами работы [14] являются сотрудники Института электросварки им. Е. О. Патона. Представлены результаты и исследования стойкости сварных соединений в конструкциях из нержавеющей сталей.

Авторами работы [2] являются сотрудники Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева. В работе представлены результаты сравнения способов

сварки и наплавки при изготовлении конструкций из нержавеющей стали. Показано, что значительным технологическим потенциалом обладает сварка трёхфазной дугой.

В работе [19], автором которой является сотрудник НПО «Каскад». Показаны трудности, сопровождающие переход от использования стали 08X18H10T к стали 12X18H10T.

Авторами работы [27] являются сотрудники Белорусского национального технического университета. Представлены результаты моделирования аргонодуговой сварки конструкций из нержавеющей стали с принудительным охлаждением сухим льдом. Показано, что применение принудительного охлаждения позволяет значительно уменьшить уровень остаточных напряжений и деформаций.

Авторами работы [4], которые являются сотрудниками Дальневосточного федерального университета, представлена информация по новым материалам для сварки конструкций из нержавеющей стали, поступивших на рынок в 2020-2021 году.

Авторами работы [11] являются сотрудники Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова. В работе предложено в качестве защитного газа использовать восстановительную атмосферу монооксида углерода, применение которого позволяет предотвратить окисление легирующих элементов и повысить коррозионную стойкость сварного шва.



## **1.5 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы**

В настоящей работе поставлена цель – повышение качества и производительности при изготовлении мебели для предприятий общественного питания из нержавеющей стали.

Базовая технология сборки и сварки предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи базовой технологии. Первым недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает производительность. Вторым недостатком является необходимость использования в качестве защитного газа дорогостоящих аргона, гелия или их смесей, что существенно повышает стоимость аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Третьим недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации, что приводит к повышению затрат на организацию производства.

Проведён анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки конструкций из нержавеющей сталей. Показано, что в настоящий момент достигнуты существенные сдвиги в повышении качества сварки за счёт технологических и технических решений, расширяющих применение и возможности различных способов сварки.

Исходя из этого могут быть сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, решение которых обеспечит достижение поставленной цели.

Первой задачей является обоснование выбора способа сварки. При этом следует рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им

экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности сварных соединений. Далее необходимо предложить способ сварки, который будет использован для построения проектной технологии.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции на основании разработок, проведённых отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками.

Третьей задачей является построение проектной технологии сварки. Необходимо будет привести перечень технологических операций, сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

При выполнении разделов оценочного блока будут решаться ещё две задачи.

Четвёртой задачей является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [3], [7].

Пятой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [17], [18].

## 2 Разработка проектной технологии сборки и сварки

### 2.1 Обоснование выбора способа сварки

При изготовлении конструкций из нержавеющей сталей технологю предоставляется широкий выбор из способов сварки.

Наиболее распространённым и универсальным можно признать ручную дуговую сварку, которая не требует применения дорогостоящего оборудования и метрологического обеспечения. Схема выполнения ручной дуговой сварки представлена на рисунке 7-а. Этот способ сварки продолжает играть существенную роль при выполнении конструкций различного назначения. Широкое применение ручной дуговой сварки объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса.

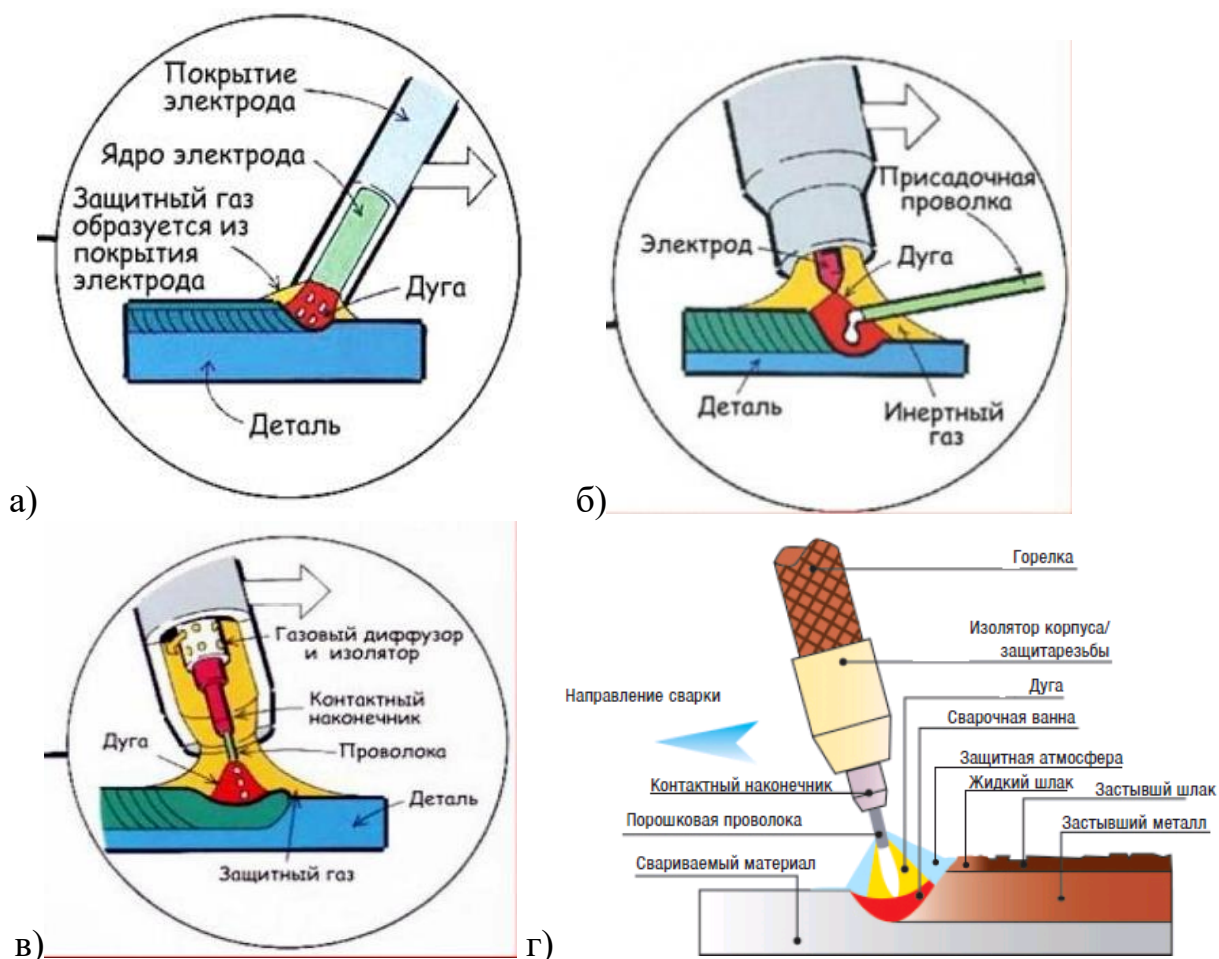


Рисунок 7 – Схемы различных способов сварки: ручная дуговая сварка (а), сварка неплавящимся электродом (б), механизированная сварка в защитном газе (в), сварка самозащитной порошковой проволокой (г)

Несмотря на то, что ручная дуговая сварка продолжает широко использоваться в промышленности, мировой производитель сварочного оборудования и материалов все большее внимание начинает уделять оборудованию и материалам для механизированных способов сварки. Механизированная и автоматическая сварка всё больше вытесняет ручную дуговую сварку [6], [22], [23].

Это объясняется значительным количеством недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке. Первым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Вторым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Третьим недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика. Четвёртым недостатком является увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки.

Альтернативой ручной дуговой сварке является аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, схема выполнения которой представлена на рисунке 7-б. Этот способ сварки позволяет получать соединения наивысшего качества и позволяет сформировать корневой слоя шва без дефектов. Сварка неплавящимся электродом характеризуется условиями труда, намного лучшими, чем ручная дуговая сварка. Достоинствами сварки неплавящимся электродом являются хороший внешний вид сварного изделия и сварного шва, высокое качество соединений из-за практически полного отсутствия выгорания легирующих элементов и их перехода в металл сварного шва. Кроме того, следует отметить высокую коррозионную стойкость металла сварного шва, который был получен при помощи аргонодуговой сварки

неплавящимся электродом. Также следует указать на практически полное отсутствие разбрызгивания.

Существенное ограничение применения аргодуговой сварки неплавящимся электродом происходит по причине недостатков этого способа сварки. Первым недостатком является необходимость использования в качестве защитного газа дорогостоящих аргона, гелия или их смесей, что существенно повышает стоимость аргодуговой сварки неплавящимся электродом. Вторым недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает производительность. Третьим недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации.

Широкое распространение механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах, схема выполнения которой представлена на рисунке 7-в, объясняется преимуществами этого способа сварки. При применении механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах плотность тока, а значит, и производительность, могут быть увеличены по сравнению с ручной дуговой сваркой. При сварке в углекислом газе, расплавленный металл обладает повышенной вязкостью, что упрощает удержание сварочной ванны при выполнении сварки. Условия труда при механизированной сварке в защитных газах намного лучше, чем при ручной дуговой сварке.

Этот способ сварки продолжает совершенствоваться и отвоевывать позиции у других способов сварки. При этом перед исследователем-сварщиком стоят задачи устранения недостатков, в качестве которых следует указать, во-первых, интенсивное разбрызгивание, которое ограничивает величину сварочного тока и не позволяет применять форсированные режимы сварки. Также повышенная вязкость расплавленного металла может стать причиной образования горячих трещин. Кроме того, низкая текучесть

расплавленного металла может стать причиной образования дефектов при выполнении корневого слоя шва.

При варке порошковыми проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 7-д, удаётся сочетать положительные качества ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения [31], [36]. Применение этого способа сварки не требует обеспечения газового оборудования, как при сварке в защитных газах. Также существенно повышается производительность сварки по сравнению с ручной дуговой сваркой.

В качестве основного недостатка сварки самозащитными проволоками следует указать неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя. Это становится причиной осыпания нерасплавленного флюса в сварочную ванну, что вызывает образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при сварке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование корневого слоя шва. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

На основании сформулированных ранее преимуществ и недостатков каждого способа следует выполнить экспертную оценку по критериям, сформулированным в работах [10], [25]. При этом следует принимать во внимание, что на качество сварного соединения оказывает значительное количество факторов: технологических, организационных, ресурсных и производственных. Схема влияния факторов на качество соединений и эксплуатационные свойства сварной конструкции представлена на рисунке 8.

В качестве критериев оценки выступают [10], [25]:

- стоимость применяемого в технологическом процессе оборудования и материалов (критерий № 1),
- производительность процесса ремонтной сварки (критерий № 2),
- качество выполняемого сварного соединения (критерий № 3),
- условия труда сварщика (критерий № 4),

- эксплуатационные качества восстановленного изделия после выполнения ремонтной сварки (критерий № 5),
- интегральная экономическая эффективность способа ремонтной сварки (критерий № 6).

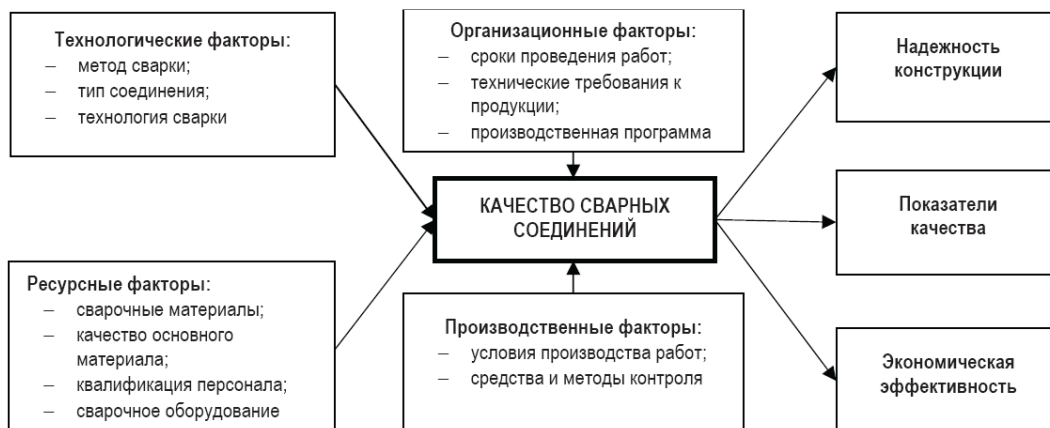


Рисунок 8 – Формирование качества сварного соединения под действием различных факторов производства

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа сварки им были выставлены следующие экспертные оценки по критериям, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Экспертная оценка способов сварки по критериям

«Наименование способа сварки	Номер критерия					
	1	2	3	4	5	6
ручная дуговая сварка покрытыми электродами	4	2	1	1	1	2
сварка неплавящимся электродом в инертных газах	1	1	4	4	4	1
механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах	2	3	3	3	3	4
механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой» [12]	3	4	2	2	2	3

По сумме баллов экспертной оценки ручная дуговая сварка получила 11 баллов, сварка неплавящимся электродом в инертных газах получила 15 баллов, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах получила 18 баллов, сварка самозащитной порошковой проволокой получила 16 баллов,

Перспективным для проектной технологии способом сварки является механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

## **2.2 Повышение эффективности сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах**

Учёными-сварщиками ведутся интенсивные разработки в направлении устранения недостатков механизированной и автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Повышение технологического потенциала этого способа сварки возможно за счёт применения импульсного управления сварочной дугой. При этом становится возможным управление процессом плавления и переноса электродного металла в сварочную ванну [16], [29].

Применение импульсных источников питания сварочной дуги позволяет реализовать преимущества сварки в защитных газах и уменьшить её недостатки:

- происходит существенное уменьшение потерь металла на угар и разбрызгивание, кроме того, устранение разбрызгивания позволяет существенно улучшить качество сварки, улучшить внешний вид изделий и повысить производительность;
- при сварке в различных положениях повышается стабильность горения дуги и качество выполнения сварных швов;
- существенно повышается качество сварных швов в узкую разделку и при выполнении корневого слоя шва, улучшается проплавливающая способность дуги;
- протекание металлургических процессов при кристаллизации сварного шва носит более благоприятный характер, что повышает эксплуатационные свойства сварных соединений.

На основании проведённого анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки в защитных газах для построения проектной технологии принята разработка отечественных исследователей-сварщиков [28].



На рисунке 9 представлено устройство для электродуговой сварки, состоящее из «источника постоянного тока ИП к выводам которого подключен фильтрующий конденсатор 1, плюс источника питания соединен с верхней обкладкой коммутирующего конденсатора 2, соединенной нижней обкладкой через зарядный дроссель 3 с анодом зарядного тиристора 4, который соединен катодом с минусом источника постоянного тока ИП. К плюсу источника постоянного тока подключен коммутирующий дроссель 5, соединенный с анодом силового тиристора 6, катод которого соединен с силовым дросселем 7, который соединен через контактный наконечник 8 и сварочную дугу с минусом источника постоянного тока, а также коммутирующего тиристора 9, соединенного анодом с анодом силового тиристора 6, а катодом - с нижней обкладкой коммутирующего конденсатора 2 и с зарядным дросселем 3. Плюс источника постоянного тока ИП соединен через контактный наконечник 10 с участком электродной проволоки между контактными наконечниками 10 и 8» [28].

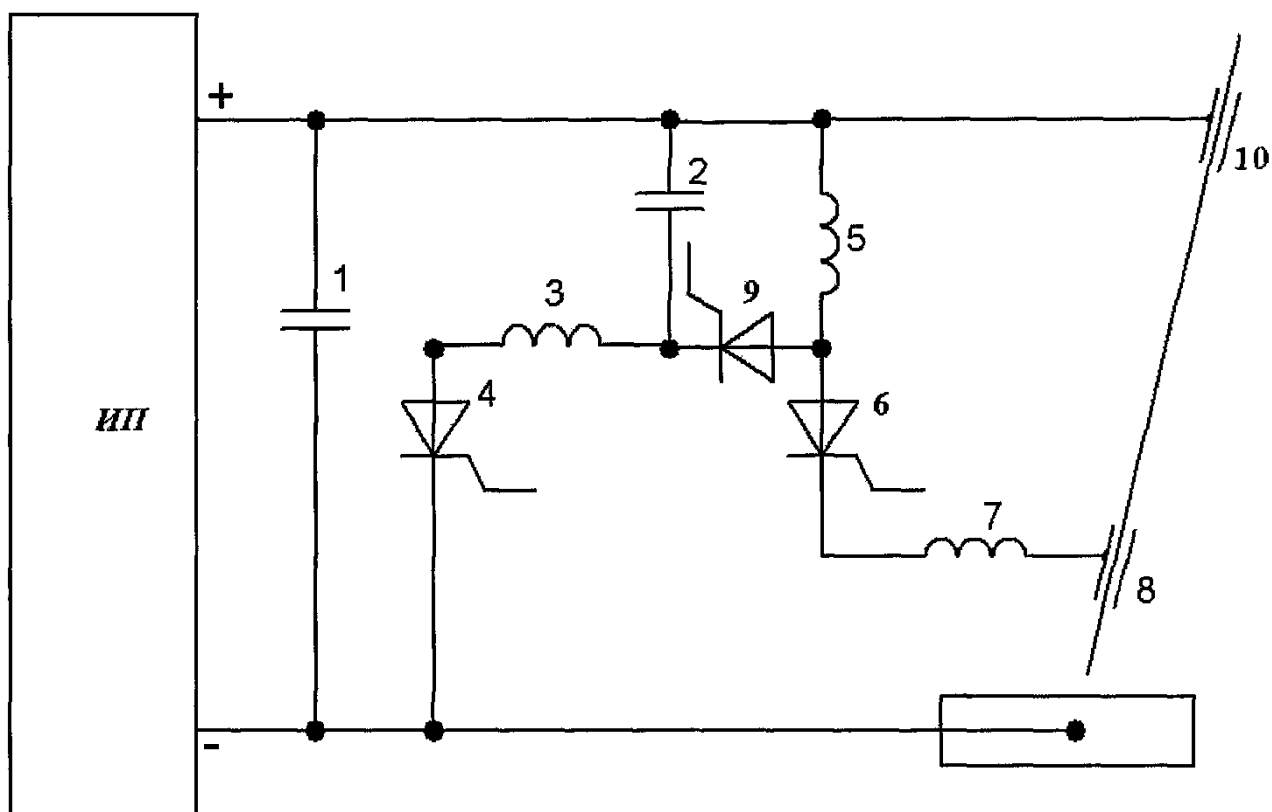


Рисунок 9 – Устройство для электродуговой сварки [28]

Осциллограммы тока и напряжения при сварке с использованием предлагаемого источника питания представлены на рисунке 10. Горение дежурной дуги происходит в течение промежутка времени  $t_1$ - $t_2$ . При этом ток дежурной дуги лежит в диапазоне 15...40 А. Подача электродной проволоки при таком токе приводит к уменьшению длины дугового промежутка.

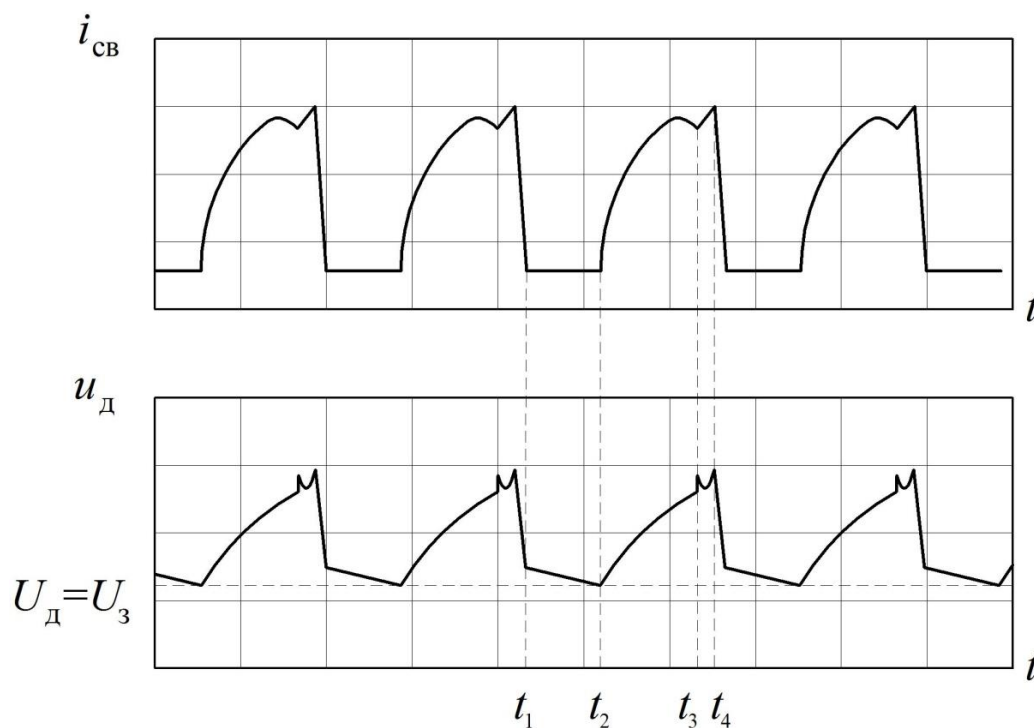


Рисунок 10 – Осциллограммы тока и напряжения

В момент времени  $t_2$  подаётся импульс сварочного тока. Отрыв капли расплавленного металла происходит в момент времени  $t_3$ . В промежуток времени  $t_3$ - $t_4$  происходит дозирование энергии, которая расходуется на образование новой капли расплавленного металла на торце электродной проволоки.

Применение предлагаемого устройства позволяет существенно повысить производительность сварки и качество сварных соединений. Возможность управления теплосодержанием капель электродного металла позволяет обеспечить благоприятные металлургические процессы в сварном шве и уменьшить разбрызгивание. Внешний вид сварных швов и эксплуатационные свойства также повышаются.

## 2.3 Выбор защитного газа и параметров режима сварки

При механизированной сварке высоколегированных сталей происходит интенсивное выгорание элементов, кроме того, низкая стабильность горения сварочной дуги способствует образованию несплавлений и зашлаковок [8]. Для защиты сварочной ванны и перегретого металла от действия воздуха применяется азот [9], смесь углекислого газа с азотом [12] или смесь углекислого газа с воздухом [21], [24]. При этом существует опасность получения пористости в сварном шве [15], [38]. В настоящее время разработка состава газовых смесей, способных обеспечить эффективную защиту и заменить дорогостоящие инертные газы, является актуальной [37].

При исследовании сварочных процессов, проведённых в ИЭС им. Е. О. Патона, установлено, что дополнительное легирование металла сварного шва азотом позволяет уменьшить структурную неоднородность металла в зоне сварного шва [34]. Никель положительно влияет на структуру сварного шва, снижая диффузию углерода и повышая содержание аустенита в нём.

Помимо этого, азот позволяет улучшить защиту металла сварного шва от воздуха и стабилизировать пространственное положение сварочной дуги, что снижает порообразование и несплавления [5], [9].

Таким образом, на основании результатов исследования в качестве защитного газа предлагается применить смесь, в состав которой входит 97 % углекислого газа и 3 % азота.

При механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах в качестве параметров режима сварки выступают:

- «род тока и его полярность;
- диаметр сварочной проволоки  $d_s$ ;
- сила сварочного тока  $I_{св}$ ;
- напряжение дуги  $U_d$ ;

- скорость подачи проволоки  $V_{пр}$ ;
- вылет электрода  $l_{пр}$ ;
- расход углекислого газа  $Q_{г}$ » [24].

В таблице 5 представлены параметры режима сварки, которые будут применены при реализации проектной технологии.

Таблица 5 – Параметры режима сварки

Параметр	Обозначение	Нахлёсточное соединение
«Диаметр электродной проволоки	$d_э$ , мм	1,2
Сила сварочного тока	$I_{св}$ , А	124...150
Напряжение на дуге	$U_{д}$ , В	20...23
Скорость подачи электродной проволоки	$V_{пр}$ , м/ч	170...190
Вылет электрода	$l_{вэл}$ , мм	18...25
Расход газа	$q$ , л/мин	8...10
Скорость сварки» [24]	$V_{св}$ , м/ч	17...20

При выборе расхода защитного газа руководствовались силой принятой сварочного тока, для величины тока 124...150 А расход газа составил 8...10 л в минуту.

#### 2.4 Описание операций технологического процесса сборки и сварки

В проектной технологии изготовления разделочного стола применяется механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Одним из участков является подготовительный, на котором выполняется приёмка и подготовка металлического проката, его правка, разметка и резка. Резку листов проводят с использованием гидравлических ножниц НД3312Б, которые представлены на рисунке 2. Резку профильного проката проводят с использованием лентопильного станка JET MBS-1321VS, который представлен на рисунке 3.

Транспортные операции предлагается выполнять с применением крюкового однобалочного крана, который представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Крюковой однобалочный кран

Для сборки применяется универсальное электромагнитное сборочное приспособление, которое представлено на рисунке 12. В состав набора входят стойки, крепление которых на монтажном столе повторяет контур изделия. Приспособление включает в себя стойку 1, которая снабжена резьбовой осью и позволяет выполнить крепление двух регулируемых опор. Перпендикулярно стойке устанавливается плечо 2, на котором крепится электромагнитный зажим 3. Крепление элементов приспособления относительно друг друга обеспечивается элементами 4, 5, 6, 7 и 8.

В качестве сварочной проволоки применяется проволока Св-08Х20Н9Г7 диаметром 1,2 мм. В качестве защитного газа применяется смесь, в состав которой входит 97 % углекислого газа и 3 % азота.

На рисунке 13 представлен применяемый для питания сварочной дуги источник ВС-300 и механизм подачи проволоки ПДГ-421.

Параметры режима сварки представлены в таблице 5.

При пооперационном контроле проводя проверку точности сборки, качество подготовки кромок и зачистки основного металла, точность расположения элементов.

При выходном контроле качества сварных соединений проводят их визуальный осмотр и измерительный контроль.

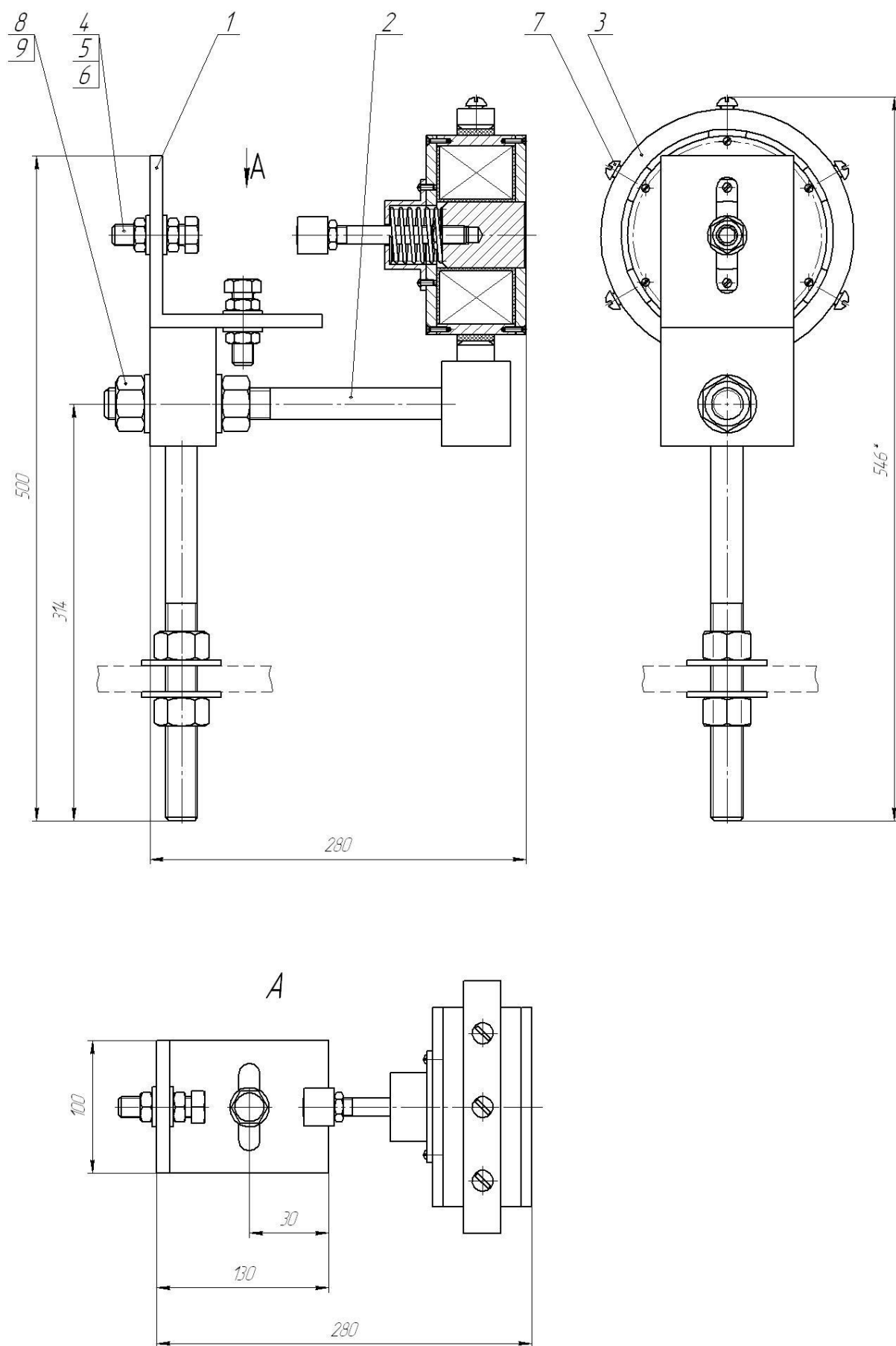


Рисунок 12 – Стойка сборочного приспособления



Рисунок 13 – Источник питания для сварки ВС-300 (а) и подающий механизм ПДГ-421 (б)

Визуально-измерительному контролю подвергается 100% сварных швов независимо от применения других методов контроля. Визуальный осмотр сварного шва выполняют по всей его поверхности, которая доступна для осмотра. Не допускается наличие таких дефектов, как трещины, подрезы, свищи, непровар корня шва, прожоги.

Для проведения визуального контроля применяется набор, который включает в себя: металлические линейки, штангенциркуль с глубиномером, универсальный шаблон сварщика, набор луп, фонарик, инструкцию РД 03-606-03, металлический угольник, щупы и радиусные шаблоны, маркер по металлу.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [13] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [3], [7].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [17], [18].

### 3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

#### 3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных работ при изготовлении мебели для предприятий общественного питания. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

При построении проектной технологии выполняется пять операций, особенности которых представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
Механическая резка	Слесарь-сборщик	Гильотинные ножницы НД 3312Б, лентопильный станок JET MBS-1321VS
Транспортировка	Слесарь-сборщик	Крюковый однобалочный кран грузоподъемностью 2 тс
Сборка	Электросварщик	Сборочное приспособление, струбины
Сварка	Электросварщик	Приспособление для сборки-сварки, полуавтомат, источник питания формирователь импульсов
Выходной контроль	Дефектоскопист	Ультразвуковой дефектоскоп

Представленные в таблице 6 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.



### **3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков**

При работе технологического оборудования, которое задействовано в осуществлении проектного технологического процесса, возникают опасные и вредные производственные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 7 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. В данном случае источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке сварки: шлифовальная машина, сварочное оборудование, дефектоскоп, сборочное оборудование.

В ходе оценки выделено семь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 7 данных.

Таблица 7 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
«Механическая резка»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>
Транспортировка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> </ul>
Сборка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>
Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>
Выходной контроль» [12]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>

При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии. Дальнейшие работы в этом направлении предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

### 3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

В таблице 8 представлены решения по обеспечению безопасности производственного процесса. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств.

Таблица 8 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Представленные в таблице 8 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты.

### **3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта**

Сварка и наплавка являются пожароопасными процессами. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборка и сварка
Наименование оборудования	шлифовальная машина, сварочное оборудование, дефектокоп, сборочное оборудование.
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения,

плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами. В таблице 10 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 10 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели. Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

### 3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

При выполнении операций проектного технологического процесса возникает негативное антропогенное действие на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы.

Особое внимание следует уделить организации селективного сбора мусора, который в значительных количествах накапливается на производственных участках. Раздельный сбор отходов позволяет выполнять эффективный рециклинг, что не только уменьшает нагрузку на окружающую среду, но и позволяет получать значительный экономический эффект за счёт экономии ресурсов.

Предлагаемые средства для защиты от антропогенного воздействия представлены в таблице 11 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 11 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [3]
Гидросфера	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [3]
Литосфера	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [3]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

## **4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений**

### **4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных работ при изготовлении мебели для предприятий общественного питания.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

Проектная технология условно разбита на пять операций. Первая операция проектного технологического процесса – механическая резка, которая выполняется с применением гильотинных ножниц и лентопильного станка. Вторая операция проектного технологического процесса – транспортировка заготовок, которая выполняется с применением однобалочного крана. Третья операция проектного технологического процесса – сборка, которая выполняется с применением сборочного приспособления и измерительного инструмента. Четвёртая операция проектного технологического процесса – сварка, которая выполняется с применением сборочного приспособления, сварочного полуавтомата, источника питания, формирователя импульсов и газовой аппаратуры. Пятая операция проектного технологического процесса – контроль качества, который выполняется с применением набора для визуально-измерительного контроля.

В таблице 12 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов



Таблица 12 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_p$	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_d$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	350 тыс.	200 тыс.
Норма амортизации оборудования	$K_a$	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	30	30
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	$S$	$м^2$	50	50
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $м^2$ )/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

## 4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным  $D_p=277$ , при этом продолжительность рабочей смены составляет  $T_{см}=8$  часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину  $T_{п}=1$  час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет  $D_{п}=7$  дней. Для количества рабочих смен  $K_{см}=2$  рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$  часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени  $V=7\%$ :

$$F_э = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$  часов.

### 4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время  $t_{шт}$  включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время  $t_{маш}$ ), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время  $t_{всп}$ ), личный отдых (время отдыха  $t_{отд}$ ), подготовительно-заключительное время  $t_{п-з}$  и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания  $t_{обсл}$ ):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $t_{шт.баз} = 6,61 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 8$  часа и  $t_{шт.проектн.} = 2,07 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,5$  часа.

Размер годовой программы  $\Pi_{г}$  рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_{г} = F_{\text{в}} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $\Pi_{г.баз.} = 2054/8 = 256$  конструкций для базового технологического процесса и  $\Pi_{г.пр.} = 2054/2,5 = 821$  конструкций для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии  $\Pi_{г} = 200$  конструкций в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы  $K_{\text{вн}} = 1,03$ . Выполняем расчёт:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (5)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $n_{\text{расч}} = 8 \cdot 200 / (2054 \cdot 1,03) = 0,76$  для базового варианта технологического процесса;  $n_{\text{расч}} = 2,5 \cdot 200 / (2054 \cdot 1,03) = 0,24$  для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем  $n=1$ . Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем  $n=1$ . На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{з}}$  для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $K_{\text{з}} = 0,76/1 = 0,76$  для базового варианта технологического процесса и  $K_{\text{з}} = 0,24/1 = 0,24$  для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{з}}$  для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

#### 4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{ТЗ}$ , цены материалов  $C_M$  и нормы расходов материалов  $N_p$  по формуле:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{Т-з} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $(800 \cdot 0,0252 + 1300 \cdot 0,414 + 30000 \cdot 0,000495) \cdot 1,05 = 600$  рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса средства, которые затрачиваются на материалы:  $(800 \cdot 0,0216 + 1300 \cdot 0,342 + 30000 \cdot 0,000468) \cdot 1,05 = 500$  рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени  $t_{шт}$ , часовой тарифной ставки  $C_ч$  и коэффициента доплат  $K_d$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_d = 1,88$ :

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d . \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $Z_{осн} = 8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 3008$  рублей для базового варианта технологического процесса и  $Z_{осн} = 2,5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 940$  рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$  рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы  $Z_{осн}$  и коэффициента доплат  $K_{доп}$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_{доп} = 12 \%$ :

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100 . \quad (9)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину:  $Z_{\text{доп}} = 3008 \cdot 12 / 100 = 361$  рублей для операций базового технологического процесса и  $Z_{\text{доп}} = 940 \cdot 12 / 100 = 113$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$ . Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $\text{ФЗП} = 3008 + 361 = 3369$  рублей для операций базового технологического процесса и  $\text{ФЗП} = 940 + 113 = 1053$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды  $O_{\text{сн}}$  рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды  $K_{\text{сн}}$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_{\text{сн}} = 34 \%$ :

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $O_{\text{сн}} = 6738 \cdot 34 / 100 = 1146$  рублей для операций базового технологического процесса и  $O_{\text{сн}} = 1053 \cdot 34 / 100 = 358$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование  $Z_{\text{об}}$  определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений  $A_{\text{об}}$  и затрат на электрическую энергию  $P_{\text{э}}$ :

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э}}. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений  $A_{\text{об}}$  следует учитывать норму амортизации  $N_{\text{а}}$ , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет  $N_{\text{а}} = 21,5 \%$ . Также в расчёт включено машинное время  $t_{\text{маш}}$ , которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования  $F_{\text{э}}$  и цена оборудования  $\Pi_{\text{об}}$ .

$$A_{\text{об}} = \frac{\Pi_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $A_{об.} = 350000 \cdot 21,5 \cdot 8 / 2054 / 100 = 283$  рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии:  $A_{об.} = 200000 \cdot 21,5 \cdot 2,5 / 2054 / 100 = 52$  рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования  $M_{уст}$ , КПД оборудования, машинного времени  $t_{маш}$  и стоимости электрической энергии для предприятий  $C_{ээ}$ :

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{ээ} / \text{КПД}. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $P_{ээ} = 30 \cdot 8 \cdot 3,4 / 0,7 = 1611$  рублей для базового варианта технологического процесса,  $P_{ээ} = 30 \cdot 2,5 \cdot 3,4 / 0,85 = 415$  рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование:  $Z_{об} = 293 + 1611 = 1904$  рублей по базовому технологическому процессу и  $Z_{об} = 52 + 415 = 467$  рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости  $C_{тех}$  определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы  $M$ , отчислений на социальные нужды  $O_{сн}$ , фонда заработной платы  $\Phi ЗП$ , затрат на оборудование  $Z_{об}$  и затрат на площади  $Z_{пл}$ :

$$C_{тех} = M + \Phi ЗП + O_{сн} + Z_{об} + Z_{пл}. \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $C_{тех} = 600 + 3369 + 1146 + 1904 + 592 = 7611$  рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса  $C_{тех} = 500 + 1053 + 358 + 467 + 185 = 2563$  рублей.

Размер цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$  определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$ , коэффициента цеховых расходов  $K_{\text{цех}}$  и основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$ :

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $C_{\text{цех}}=7611 + 1,5 \cdot 3008 = 7611 + 4512 = 12123$  рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса  $C_{\text{цех}}= 2563 + 1,5 \cdot 940 = 2563 + 1410 = 3973$  рублей.

Размер заводской себестоимости  $C_{\text{зав}}$  определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$ , коэффициента заводских расходов и основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$ :

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $C_{\text{зав}} = 12123 + 1,15 \cdot 3008 = 12123 + 3459 = 15582$  рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса  $C_{\text{зав}}= 3973 + 1,15 \cdot 940 = 3973 + 1081 = 5054$  рублей.

В таблице 13 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 13 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	600	500
2. Фонд заработной платы	ФЗП	3369	1053
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	1146	358
4. Затраты на оборудование	Зоб	1904	467
5. Затраты на площадь	Зпл	592	185
6. Технологическая себестоимость	Стех	7611	2563
7. Цеховые расходы	Рцех	4512	1410
8. Цеховая себестоимость	Сцех	12123	3973
9. Заводские расходы	Рзав	3459	1081
10. Заводская себестоимость» [10]	Сзав	15582	5054

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.



## 4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования  $K_p$  и остаточной стоимости оборудования  $\Pi_{\text{об. б.}}$ .

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования  $\Pi_{\text{перв.}}$ , срока службы оборудования  $T_{\text{сл}}$  и нормы амортизационных отчислений  $N_a$ :

$$\Pi_{\text{об. б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Pi_{\text{об. б.}} = 350000 - (350000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 124250$  рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 124250 \cdot 0,76 = 94430$  рублей.

Расчёт капитальных затрат  $K_{\text{общ. пр.}}$  при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих затрат  $K_{\text{соп}}$  и капитальных затрат на оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$ :

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило  $K_{\text{тз}}=1,05$ , цены оборудования  $\Pi_{\text{об}}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_з$ :

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{з. пр.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{об.пр.} = 200000 \cdot 1,05 \cdot 0,24 = 50400$  рублей.

Величина сопутствующих затрат  $K_{соп}$  рассчитывается с учётом расходов на демонтаж  $P_{дем}$  оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж  $P_{мон}$  оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования  $K_{дем} = 0,05$  рассчитываются как

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{дем} = 1 \cdot 350000 \cdot 0,05 = 17500$  рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования  $K_{мон} = 0,05$  рассчитываются как

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{монт} = 200000 \cdot 0,05 = 10000$  рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт}. \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{соп} = 17500 + 10000 = 27500$  рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты  $K_{общ. пр.} = 50400 + 27500 = 77900$  рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений  $K_{доп}$  проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии  $K_{общ.пр}$  и капитальных затрат по базовой технологии  $K_{общ.б}$ :

$$K_{доп} = K_{общпр} - K_{общб}: \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{доп}} = 90430 - 77900 = 12530$  рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы  $\Pi_{\Gamma}$ :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\Gamma} . \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{уд}} = 90430/200 = 452$  рублей за единицу продукции по базовой технологии и  $K_{\text{уд}} = 77900/200 = 390$  рублей за единицу продукции по проектной технологии.

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости  $\Delta t_{\text{шт}}$  рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}} . \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta t_{\text{шт}} = (8 - 2,5) \cdot 100 \% / 8 = 69 \%$ .

Повышение производительности  $\Pi_{\Gamma}$  рассчитывается как

$$\Pi_{\Gamma} = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) . \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Pi_{\Gamma} = 100 \cdot 69 / (100 - 69) = 223 \%$ .

Уменьшение технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{тех}}$  рассчитывается как

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100 \% / C_{\text{тех.б.}} . \quad (28)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta C_{\text{тех}} = (7611 - 2563) \cdot 100 \% / 7611 = 66 \%$ .

Размер условно-годовой экономии  $\Pi_{\text{ож}}$  рассчитывается как

$$\Pi_{\text{ож}} = \Xi_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{ож} = (15582 - 5054) \cdot 200 = 2105600$  рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий  $T_{ок}$  составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \Delta_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $T_{ок} = 904300 / 2105600 = 0,1$  года.

Величина годового экономического эффекта  $\Delta_r$  рассчитывается как

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta_r = 2105600 - 0,33 \cdot 904300 = 2079900$  рублей.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 223 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 66 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,1 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,1 года.

## Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных работ при изготовлении мебели для предприятий общественного питания.

Базовая технология сборки и сварки предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи базовой технологии. Первым недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает производительность. Вторым недостатком является необходимость использования в качестве защитного газа дорогостоящих аргона, гелия или их смесей, что существенно повышает стоимость аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Третьим недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации, что приводит к повышению затрат на организацию производства.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

Проектная технология условно разбита на пять операций. Первая операция проектного технологического процесса – механическая резка, которая выполняется с применением гильотинных ножниц и лентопильного станка. Вторая операция проектного технологического процесса – транспортировка заготовок, которая выполняется с применением однобалочного крана. Третья операция проектного технологического процесса – сборка, которая выполняется с применением сборочного приспособления и измерительного инструмента. Четвёртая операция

проектного технологического процесса – сварка, которая выполняется с применением сборочного приспособления, сварочного полуавтомата, источника питания, формирователя импульсов и газовой аппаратуры. Пятая операция проектного технологического процесса – контроль качества, который выполняется с применением набора для визуально-измерительного контроля.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 223 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 66 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 2,1 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,1 года.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, на которых происходит сборка и сварка каркасной мебели из нержавеющей стали. Следует отметить, что настоящая выпускная работа показала эффективность замены аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на механизированную сварку в защитном газе с импульсным управлением горением сварочной дуги. Таким образом, область внедрения работы может быть расширена.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Бабенко Э. Г., Казакова Н. П. Расчет режимов электрической сварки и наплавки // Дальневосточный государственный университет путей сообщения: Хабаровск. 1999. 54 с.
2. Безруких А. А., Мейстер Р. А., Лубнин М. А. Сравнительный анализ наплавки различными способами плавящимися электродами для сварки нержавеющей сталей // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева. 2010. № 4. С. 145–148.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Воробьев А. Ю., Якимович А. Р. Обзор современных сварочных материалов для сварки сталей аустенитного класса // Universum: технические науки. 2021. № 4. С. 59–62.
5. Грищенко Л. В., Киселев Я. Н., Петрыкин В. М. Снижение склонности к порообразованию в металле шва при сварке аустенитными электродами на хромоникелевой основе // Вопросы судостроения. Сер. Сварка. 1987. Вып. 26. С. 20–24.
6. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Мельник А.В., Рожков И.В. Основные технологические и маркетинговые тенденции развития сварочного производства // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 46–51.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Готальский Ю. Н. Сварка перлитных сталей аустенитными материалами. Ин-т электросварки им. Е. О. Патона. Киев: Наук. думка, 1992. 224 с.
9. Дятлов В. И., Коринец И. Ф. Автоматическая сварка в азоте аустенитных хромоникелевых сталей и сплавов // Автоматическая сварка. 1968. № 9. С. 25.

10. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.

11. Иванайский Е. А., Ишков А. В., Иванайский В. В. Использование восстановительной атмосферы для сварки сталей аустенитного класса // Ползуновский вестник. 2019. № 2. С. 128–132.

12. Каховский Н. И. Сварка высоколегированных сталей. Киев : Техніка, 1975. 376 с.

13. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

14. Кныш В. В., Соловей С. А., Кузьменко А. З. Кинетика роста несквозных усталостных трещин в сталях 03X20H16AG6 и 12X18H10T при различных значениях коэффициента асимметрии цикла напряжений // Автоматическая сварка. 2007. № 12. С. 21–25.

15. Котвицкий А. Д. Сварка в среде защитных газов. М. : Высш. шк., 1974. 222 с.

16. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

17. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.

18. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

19. Кулик Г. Н. О требованиях к заготовкам из нержавеющей стали для изготовления изделий методами гибки и сварки // Металлообработка. 2010. № 5. С. 55–59.

20. Лебедев В. А., Лендел И. В. Совершенствование механизированной дуговой сварки и наплавки нержавеющей сталей с импульсной подачей



электродной проволоки // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2016. № 2. С. 156–159.

21. Лопухов Ю. И., Ивницкий Б. П., Сорокин Г. А. Газоэлектрическая наплавка арматуры в азотосодержащей защитной атмосфере // Энергомашиностроение. 1989. № 9. С. 33–35.

22. Мазур А.А., Маковецкая О.К., Пустовойт С.В., Петрук В.С. Экономико-статистический обзор мирового и региональных рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45–51.

23. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.

24. Нечаев В. А., Тимофеев М. М., Рубенник Ю. И. Влияние режима сварки на поглощение азота металлом при сварке незащищенной дугой высоколегированной аустенитной проволокой // Сварочное производство. 1974. № 4. С. 24–26.

25. Павлова И. А., Павлов А. С. Техничко-экономический анализ при внедрении инновации на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.

26. Пантелеймонов Е. А., Ныркова Л. И. Применение индукционной термообработки для обеспечения коррозионной стойкости сварных труб из нержавеющей стали // Автоматическая сварка. 2013. № 6. С. 24–28.

27. Пантелеенко Ф. И., Шумов О. В., Монфаред А. Х. Определение деформаций сварке аустенитной стали // Вестник Полоцкого государственного университета. 2016. № 8. С. 43–46.

28. Патент № 2429112 РФ. МПК В23К9/095 Устройство для электродуговой сварки / Н.Ю. Крампит, А.Г. Крампит, М.А. Крампит; Бюл. № 26. 2011. 6 с.

29. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего :

монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.

30. Размышляев А. Д., Миронова М. В., Дели А. А, Особенности процесса проплавления металла при аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом в продольном магнитном поле // Вестник Приазовского государственного технического университета. 2009. № 19. С. 185–187.

31. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.

32. Саидов Р. М., Атабаев И. Г., Ахадов Ж. З. Особенности формирования сварных швов нержавеющей сталей при А-МИГ сварке пульсирующей дугой // Computational nanotechnology. 2017. № 3. С. 45–51.

33. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

34. Снисарь В. В., Липодаев В. Н., Елагин В. П. Влияние легирования аустенитного шва азотом на развитие структурной неоднородности в зоне сплавления с перлитной сталью // Автоматическая сварка. 1991. № 2. С. 10–14.

35. Сорокин В. Г. Э Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.

36. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.

37. Herold H. The use of nitrogen gas at welding of heatresistant nickel alloys // Australasian welding. 2005. Vol. 50. P. 40–47.

38. Lettle K., Stapon G. How to simplify the choice of shielding gas // Practical welding today (USA). 2005. № 1. P. 22–25.