

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 Технологический процесс и оборудование для изготовления воронки из  
высоколегированной стали для химической промышленности

Студент

А. А. Богданов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент К. В. Моторин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

канд. пед. наук, доцент С. А. Гудкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. техн. наук, доцент, А. Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О. М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Аннотация

Воронка для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны изготавливается из высоколегированной стали 12Х18Н10Т, так как сталь данной марки устойчива к кислотным и щелочным средам.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности при изготовлении воронки для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны.

В работе решены следующие задачи:

- Разработать технологический процесс изготовления воронки;
- Провести анализ альтернативных способов изготовления воронки;
- Предложить меры по повышению эффективности способа изготовления воронки
- Провести оценку безопасности и охраны окружающей среды в предложенных технических решениях;
- Оценить экономическая эффективность предлагаемых технических решение.

При реализации экологических разделов был проведен анализ, они предлагаются в итоговой квалификации по экологической безопасности, мы работаем над техническими решениями и предлагаем меры по защите сотрудников от вредных и опасных факторов, возникающих при реализации технологического проекта.

Проведенный экономический анализ эффективности предложенных решений позволил определить, что внедрение результатов выпуска продукции квалифицированной рабочей силы позволит получить годовой экономический эффект в размере 2,225 млн. руб.

## **Annotation**

The funnel for filling chemical liquids and petroleum products in railway tanks is made of high-alloy steel 12H18N10T, since the steel of this brand is resistant to acidic and alkaline environments.

The purpose of the final qualification work is to increase productivity in the manufacture of a funnel for filling chemical liquids and petroleum products in railway tanks.

The following tasks have been solved:

- Develop a technological process for making a funnel;
- To analyze alternative methods of making a funnel;
- Propose measures to improve the efficiency of the funnel manufacturing method;
- Perform an assessment of the safety and environmental friendliness of the proposed technical solutions;
- Evaluate the economic efficiency of the proposed technical solutions.

During the implementation of the environmental section, an analysis of the environmental safety of the technical solutions proposed in the final qualification work was made and measures were proposed to protect personnel from harmful and dangerous factors that arise during the implementation of the project technology.

The analysis of the economic efficiency of the proposed solutions allowed us to establish that the implementation of the results of the final qualification work in production will allow us to obtain an annual economic effect of 2,225 million rubles.

## Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению воронок для залива химических жидкостей в железнодорожные цистерны .....	8
1.2 Описание конструкции воронок.....	8
1.2 Материал воронки и его характеристики .....	11
1.3 Базовый технологический процесс изготовления воронок .....	13
1.4 Анализ источников научно-технической информации по сварке конструкционных сталей.....	16
1.5 Формулировка задач бакалаврской работы.....	17
2 Технологический процесс изготовления воронки .....	19
2.1 Анализ материалов для изготовления воронок для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны .....	19
2.2 Подбор присадочных материалов .....	21
2.3 Технология изготовления воронок.....	22
2.3.1 Подготовка металла к разметке.....	22
2.3.2 Разметка .....	22
2.3.3 Резка .....	23
2.3.4 Обработка кромок и подгон заготовок .....	23
2.3.5 Гибка .....	23
2.3.6 Сборка воронки .....	24
2.3.7 Технология сварки воронки.....	25
2.3.8 Контроль качества сварных соединений .....	26
2.4 Заключение по разделу «Технологический процесс изготовления воронки».....	26
3 Безопасность и экологичность технического объекта .....	28
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	28
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	29
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	30
Организационно-технические методы и необходимые средства для снижения профессиональных рисков представлены в таблице 3.....	30
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	30

Чтобы понимать необходимые мероприятия для обеспечения пожарной безопасности, необходимо в таблице 4, представить идентификацию классов и опасных факторов пожаров. ....	30
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	34
3.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» .....	36
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы.....	38
4.1 Исходные данные для оценки экономической эффективности технология сборки и сварки воронки для залива химической жидкости ....	38
4.2 Расчет фонда времени работы на оборудование .....	42
4.3 Расчет штучного времени .....	43
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки .....	47
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам.....	53
4.6 Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений .....	57
4.7 Вывод по оценке экономической эффективности выпускной квалификационной работы .....	60
Заключение .....	61
Список используемой литературы и используемых источников.....	63

## Введение

Железнодорожные перевозки – на данный момент самый лучший способ для транспортировки грузов на большие расстояния. Железнодорожный транспорт с легкостью может приспособливаться к перевозу грузов, различающихся как по габаритам, так и по агрегатному состоянию. Цена таких перевозок не высока и не подвержена случайным воздействиям.

Благодаря постоянному обновлению и модернизации железнодорожных сообщений доставка грузов становится быстрее, надежнее и качественней. Строительство новых путей помогает добраться в абсолютно в разные уголки нашей родины и за ее пределы.

Перевозка жидкостей производится в железнодорожных цистернах, объем которых составляет в среднем 3240 кубических метра. Не редко можно заметить, что борта этих цистерн испачканы жидкостями, которые они перевозят, это могут быть какие-то кислоты, нефтехимические жидкости и т.п. Все это происходит потому что, на станциях залива не используют специализированных воронок.

Из-за факторов сказанных выше, экологичность железнодорожных перевозок ставится под вопрос.

Если рассматривать проблему с разных сторон, то можно обратить внимание на то, что при использовании данных воронок время на залив химических жидкостей и нефтепродуктов увеличивается, но с другой стороны происходит меньше потерь продукта, который является экологически вредным для окружающей среды. Следовательно, применение воронок не только повысит культуру труда, но и сохранит чистоту окружающей среды – это является актуальностью для железнодорожных перевозок.

Воронки представляют из себя усеченный конус с шейкой и горловиной, защищающий внешние стенки емкости от попадания

химических жидкостей и нефтепродуктов при заливке продукта. Так же они оснащены двумя вертикально приваренными ручками для удобного монтажа и демонтажа. Воронки изготавливают из стали устойчивой к агрессивной кислотно-щелочной среде. В процессе изготовления используется сварка покрытым электродом.

В исходном технологичном процессе сварка производится покрытым электродом, что весьма снижает скорость изготовления изделия. На изготовление одной такой воронки на заводе уходит пол-восьмичасовой смены, из которых два часа уходит на сварку. Следовательно, базовый вариант не обеспечивает высокой производительности.

Поэтому целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности при изготовлении воронки для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны.

# **1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению воронок для залива химических жидкостей в железнодорожные цистерны**

## **1.2 Описание конструкции воронок**

Воронки для залива химических жидкостей эксплуатируются в условиях агрессивной среды, которую создают щелочи, соли, кислоты, нефтехимические жидкости. Для того, чтобы воронка выдерживала такую среду и могла долгое время в ней использоваться, ее следует изготавливать из сплава устойчивого к данным условиям.

Как было сказано ранее, на станциях залива химических жидкостей и нефтепродуктов не используются воронки, что приводит к разливу и разбрызгиванию продукта по внешним стенкам железнодорожных цистерн (рисунок 1).



Рисунок 1 – Результат залива химической жидкости без использования специальных воронок



Цистерны предназначены для перевозки жидкостей: нефтепродуктов и их переработки, химически активных и агрессивных жидкостей (кислоты, щелочи и другие сложные вещества), сжиженных газов (пропан-бутан, кислоты) [11].

Погрузочно-разгрузочные шланги для погрузочно-разгрузочных работ ж/д. Емкости с жидкими газами (пропаном, бутаном и их смесями) предназначены для погрузки и разгрузки в установках хранения и обработки жидких газов. Области применения: Применение при погрузке и разгрузке железнодорожных эстакад на АЗС; Используются в качестве стационарных трубопроводов в системах сжиженного газа.

Многие современные предприятия используют системы полной герметизации (рисунок 2) при заливе, но все еще остались станции, которые заливают химические жидкости напрямую через шланги большого диаметра. Для таких станций и следует использовать заливные воронки.



Рисунок 2 – Современные методы наполнения железнодорожных цистерн

Воронка (рисунок 3) представляет из себя усеченный конус и имеют у оснований обечайки. Высота конструкции составляет 700 мм из которых 500 мм это тело воронки, каждая обечайка имеет высоту 100 мм (рисунок 3). Обечайка диаметром 300мм предназначена для стабилизации воронки в

заливной горловине цистерны, обечайка диаметром 500мм нужна для фиксации заливного шланга в воронке. Воронка снабжена двумя ушами для строп, которые предназначены для удобного монтажа и демонтажа воронки на станции залива продукта. Диаметр меньшего основания составляет 300мм, диаметр большего основания составляет 400 мм. Толщина стенки изделия составляет 2мм. Вес изделия составляет 89,62 кг.

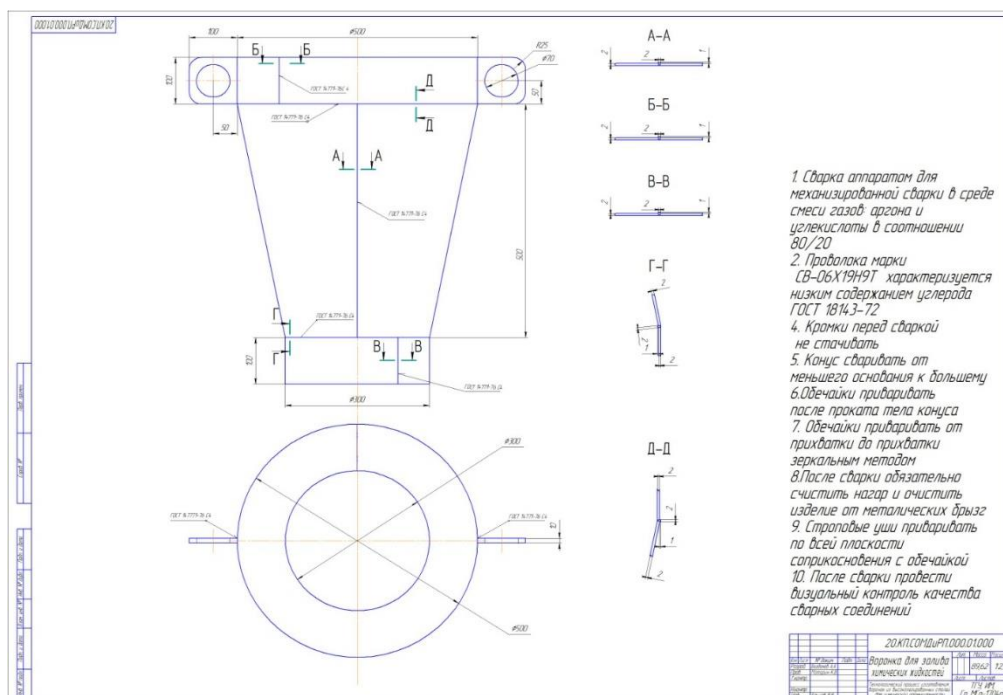


Рисунок 3 – Модель воронки для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны

Такие воронки изготавливают в основном из высоколегированных никелевых и хромовых сталей устойчивых к кислотам, щелочам, солям и повышению температуры эксплуатации.

Как было сказано выше на многих станциях не используют специальные устройства для залива жидкостей в виду их отсутствия или не пригодности от времени эксплуатации.

Не смотря на функционал данной воронки, есть и минусы. В виду большого веса для установки и демонтажа требуется кран-балка. Как раз для этого на верхней обечайке воронки приварены строповые уши.

## 1.2 Материал воронки и его характеристики

Оптимальным материалом для изготовления воронок решено было принять конструкционные стали, которые используются в строительстве, машиностроении и т.п. по своему составу эти стали бывают легированные или углеродистые.

В данное время воронки для залива химических жидкостей изготавливаются из конструкционной стали 12X18H10T. Такая сталь используется в деталях, которые подвержены температурам свыше 600 °С или в среде разбавленных кислот, агрессивных щелочей и солевых растворов.

В технологическом процессе используется конструкционная сталь 12X18H10T толщиной 2 мм, сваривается покрытым электродом марки ЦЛ-11 диаметром 1,6 мм. Сила тока при сварке составляла 50 А.

12X18H10T это высокоуглеродистая, коррозионно-стойкая немагнитная сталь, содержащая титан. Группа аустенита. Относится к сложнолегированным сплавам. Из-за присутствия в сплаве хрома и никеля эту сталь также называют стабилизированной хромоникелевой сталью. Сегодня это наиболее широко используемая и широко используемая сталь из всех марок нержавеющей стали. Основными достоинствами стали 12X18H10T являются высокая прочность, твердость, ударопрочность и пластичность. Он отличается отличной свариваемостью и отличной гигиеной. Среди преимуществ – жаропрочность и жаростойкость, криогенность – пределы температурных возможностей эксплуатации (без потери свойств) огромны, от -196 °С до + 600 °С.

Сталь марки 12X18H10T содержит в себе 0,12 % углерода, 18 % хрома, 10 % никеля, 1,0-1,5 % титана. Химический состав данной стали регламентирует ГОСТ 5632-72 [15].

Существенное влияние на ее свойства оказывают основные добавки комплексно-легированной стали: хром повышает антикоррозионные

свойства. Благодаря введению никеля сталь относится к категории аустенита и сочетает в себе все технологические и эксплуатационные свойства нержавеющей сталей. За счет включения в сплав алюминия, титана и кремния 12X18H10T сохраняет качество ферритной стали. Титан создает карбидообразующий эффект и предотвращает риск межкристаллитной коррозии. Марганец позволяет производить мелкозернистую сталь. Кремний увеличивает плотность и улучшает гладкость. В то же время снижается пластичность, что затрудняет холодную прокатку. Содержание фосфора не должно превышать 0,035 %, так как это вызывает снижение механических свойств, что затрудняет использование стали в криогенной зоне.

Сталь 12X18H10T отлично сваривается, без каких либо ограничений. Для надежности и прочности швов, необходима термообработка. Оптимальная закалка проходит при температурах 1050-1080 °С в воде. При сварке конструкционной стали 12X18H10T могут возникать горячие трещины. Неровные трещины, зигзагообразной формы, сложные разветвленные трещины. Может встречаться неоднородность по зерну [15].

Применение стали 12X18H10T с учетом характеристик и свойств. Сталь класса 12X18H10T имеет очень разнообразную область применения, что, в первую очередь, демонстрирует расшифровка стали 12X18H10T. Благодаря устойчивости к агрессивным средам (кроме сред, содержащих серу), он пользуется большим спросом в химической промышленности – при производстве сосудов, работающих под высоким давлением.

Трубопроводы из стали 12X18H10T для транспортировки разбавленных растворов фосфорной, азотной, уксусной кислоты, агрессивных оснований и солей, для подключения трубопроводов к оборудованию с повышенным излучением. Бесшовные трубы из нержавеющей стали 12X18H10T незаменимы во всех сферах пищевой промышленности, нефтяной и нефтеперерабатывающей, химической, топливно-энергетической промышленности. Он активно используется в автомобильной, военно-морской, авиационной и промышленной сферах.

Кроме того, 12X18Н10Т используется в криогенной технике при экстремально низких температурах – до  $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что не мешает его использованию при высоких температурах (например, в дуговых печах).

Листы 12X18Н10Т используются как строительный и отделочный металл.

Трубы 12X18Н10Т, поковки для механического строительства, проволока, обруч, лента и т. д. Проволока используется для сварки. В виде проволоки или канатов из стали можно делать сети, пружины, тросы и канаты.

### 1.3 Базовый технологический процесс изготовления воронок

Разметка развертки воронки (рисунок 4) выполняется на цельном листе металла толщиной 2 мм, усеченный конус рассчитывается с помощью формулы длины окружности, разметка производится белым маркером. Вырезается инверторным аппаратом «РЕСАНТА ИПР 40» для плазменной резки, который обеспечивает быстрый и качественный рез, кромки обрабатываются угловой шлифовальной машинкой.

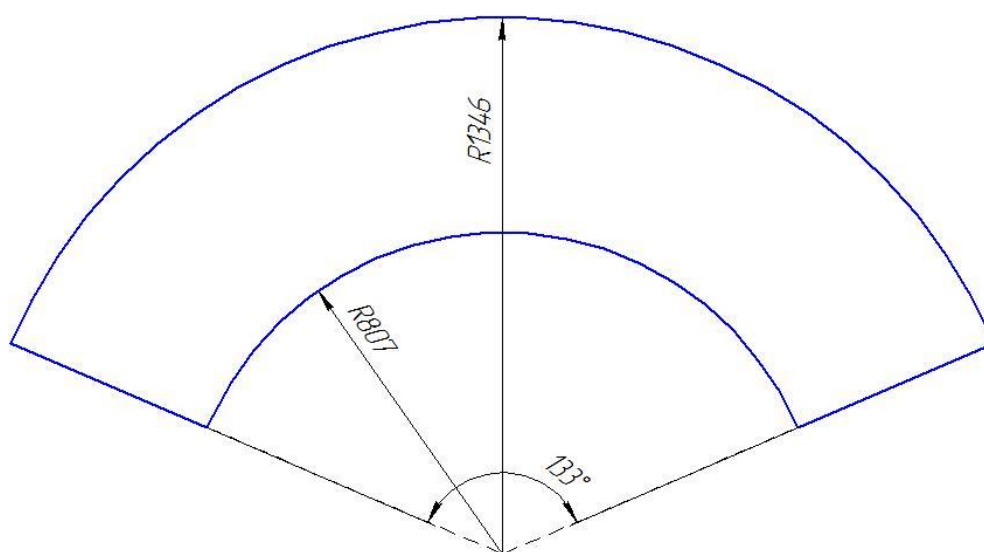


Рисунок 4 – Развертка воронки

Фаска под сварку при толщине металла до 5 мм не выполняется, при толщине 6 мм и выше кромки скашивают до середины толщины. Срезать кромку с металлического проката можно тремя способами:

- V-образным способом;
- X-образным;
- U-образным (другое название – «рюмочная» фаска).

На гильотине, предназначенной для резки листового металла, изготавливаются две заготовки для обечаек. Размеры заготовок составляют 1570×100×2 мм и 942×100×2 мм соответственно. Процесс резки гильотинными ножницами является наиболее производительным по сравнению с другими операциями разделения, такими как газовая резка, лезвия пилы или диски. Гидравлический привод ножниц и закаленные режущие лезвия обеспечивают неизменно высокое качество резки.

После подготовки заготовки и планок к вырезу элементы собираются на сварном столе для сварки и фиксируются в необходимом положении относительно друг друга. Между деталями имеется зазор 1,6 мм. Для завершения сварки в первую очередь определяется режим сварки, гарантирующий хорошее качество сварного соединения, заданные размеры и форму с минимальными затратами материалов, энергии и труда. На стыке стыков даны практические рекомендации по выбору диаметра электрода по толщине свариваемых кромок. Длина дуги очень сильно влияет на качество шва. Скорость движения электрода не должна быть высокой, поскольку металлический электрод не может опускаться от основного металла, также соответствует неправильному, с очень низкой скоростью разряда. Поэтому по возможности сварку следует проводить в нижнем положении. Поверхность металла подвергается мощному сконцентрированному потоку тепловой энергии. Подводимый тепловой поток нагревает края материала выше точки плавления. Расплавленный металл на обоих краях плавится, образуется общая ванна расплавленного металла (ванна расплава). Ванна держится за частично оплавленные края. Разрыв между частями исчезает.

Когда прекращается тепловое воздействие на край свариваемого элемента (выключите источник тепла или переместите его по краям), зона сварки остывает за счет тепла внутри среды свариваемого элемента. Сварочная ванна застеклена с образованием структуры в случае припоя, т.е. создает химические связи на свариваемом участке стыка. Частично расплавленные зерна основного металла на краю сварочной ванны являются основой для «связывания» атомов в жидкости с целью кристаллизации сварного шва.

По окончанию подготовительных работ заготовку с помощью цехового крана, рассчитанного на вес до 10 тонн, строповку производят с помощью строп предназначенных для листового металла, перемещают на трехвалковые вальцы, которые оснащены устройством для гибки конусов, центральным утолщением валов для компенсации прогиба обеспечивающее лучшее качество продукции, откидным валом, для облегчения снятия заготовки, электродвигателем с тормозом и ножной педалью для правого и левого вращения валов, делая управление станком простым и понятным. На станке задается форма конуса и стабилизируется прихватками.

После выполнения всех вышеуказанных операций заготовку перемещают на сварной стол, где производят сварку покрытым электродом марки ЦЛ-11 диаметром 1,6 мм. Используя при этом сварочный инвертор, тип сварки ММА, максимальная сила тока инвертора 190 А. Сваривают воронку на постоянном токе прямой полярностью. Сила сварочного тока составляет 50 А. Вести электрод следует без колебательных движений, и производить сварку с учетом возникновения всех термических напряжений.

После сварки производится контроль сварных швов. Так как изделие не является несущей конструкцией, не работает под давлением или как емкость для хранения, то к данному изделию применяют только визуальный контроль сварного соединения. Если при проверке обнаруживается брак, то для устранения дефектов проводя раскройку шва в области дефекта, после прохода раковин проводят заварку шва и повторную проверку качества.

Наиболее характерные дефекты при сварке:

- Трещины;
- Подрез;
- Наплыв;
- Кратеры;
- Свищи;
- Непровар;
- Поры;
- Прожог.

#### **1.4 Анализ источников научно-технической информации по сварке конструкционных сталей**

В ходе предварительного анализа состояния вопроса был произведен поиск источников научно-технической информации по проблеме сварки конструкционных сталей. Ищем источники научно-технической информации в Интернете по, ключевым, словам: «сварка», «Конструкционные стали», журнал «Сварочное производство», «диссертация», «сварка обечаек», «изготовление воронок», «WELDING JOURNAL».

Проведя поиск по методам сварки, привожу список с наиболее вероятными методами.

Ручная дуговая сварка (РДС) – Сварка производится при помощи классического инвертера покрытым электродом марки ЦЛ-11.

Аргонодуговая сварка не плавящимся электродом в среде аргона. Сварка производится инвертером для TIG сварки неплавящимся электродом в среде аргона присадочная проволока марки СВ-06Х19Н9Т.

Механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов. Сварка производится при помощи сварочного полуавтомата MIG-MAG в среде углекислоты проволокой марки СВ-06Х19Н9Т

Полуавтоматическая сварка – сварка механизированной дугой в среде защитного газа металлическим газовым электродом (проволокой). Этот



метод также известен как сварка MIG/MAG. В зависимости от используемой безопасности различают сварку в инертном газе (MIG) и активную газовую сварку (MAG). Двуокись углерода в основном используется в качестве активного газа в сварочной среде. В отличие от ручной дуговой сварки покрытыми электродами с механизированной сварочной подачей, сварка зоны электрода выполняется с использованием механизма, в котором сварщик перемещает горелку вдоль швов вала и при необходимости выполняет колебательные движения электрода. [12].

К преимуществам сварочных полуавтоматов можно отнести:

- Возможность относительно легко получить качественный сварной шов, в том числе тонкостенные сварные конструкции.

- Высокопроизводительная сварка этим методом по сравнению с ручной дуговой сваркой, газовой сваркой и другими.

- Механическая обработка, сварка в среде защитного газа может выполняться во всех положениях помещения: нижнем, горизонтальном, вертикальном и плоском.

- Отсутствие заливок и покрытий, а также соответственно операции очистки швов от шлака.

- Дуговая сварка в защитных газах более концентрическая, поэтому зона теплового воздействия минимальна.

- Сварка сопровождается небольшими напряжениями и деформациями. Возможность полной автоматизации процесса сварки [11].

Контактная шовная сварка – сварка производится с помощью машины для шовной сварки МШ 2201.

### **1.5 Формулировка задач бакалаврской работы**

В бакалаврской работе поставлена цель – увеличить производительность изготовления воронки для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны.

Базовый метод изготовления с использованием ручной дуговой сварки имеет недостатки. Поиск и анализ методов сварки позволил выделить несколько альтернативных способов по изготовлению воронок для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны. Таким образом, можно сформулировать задачи курсовой работы, решение которых позволит добиться поставленной цели:

- Разработать технологический процесс изготовления воронки;
- Провести анализ альтернативных способов изготовления воронки;
- Предложить меры по повышению эффективности способа изготовления воронки;
- Выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;

Выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

## **2 Технологический процесс изготовления воронки**

### **2.1 Анализ материалов для изготовления воронок для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны**

При выборе материала для изготовления воронок следует учитывать конструктивно-технологические особенности изделия, условия работы и среды. Также следует принимать во внимание особенности самих способов изготовления детали, которые определяют скорость изготовления самого изделия.

Высоколегированные стали (содержание легирующих элементов более 10 %).

Свойства высоколегированных сталей указаны ниже. Их критерии, особенности и прочее. Так же расписаны количественные содержания химических элементов и их назначение

Конкретные свойства, полученные в результате изменения химического состава стали, зависят в основном от количества, придаваемого ей легирующим элементом. Например, содержание хрома более 5 % увеличивает прочность и предел прочности стали на разрыв, а если содержание хрома превышает 12 %, придает ей антикоррозионные свойства. Содержание никеля более 8 % в сочетании с 18 % хрома увеличивает пластичность стали и не оказывает на нее никакого эффекта; 1,5-2,5%, при этом кремний значительно увеличивает содержание меди; марганец увеличивает прочность стали и т. п.

Для изготовления воронки можно использовать конструкционные стали, которые в отличие от обычных, например сталь 3, устойчивые к агрессивным средам, а также их зарубежные аналоги. Выше уже описывалась сталь 12X18H10T, говорилось, что эта сталь может эксплуатироваться в среде разбавленных кислот, агрессивных щелочей и солей, при этом не

теряет свои свойства при рабочей температуре до +600° С. Эта сталь хорошо сваривается, без каких-либо ограничений.

Анализируя так же иностранные источники можно найти статью о результатах исследований в области сварки высоколегированных сталей, которые «показали, что в зависимости от химического состава стали, параметров моделирования сварного шва и применения цикла отпуска может быть получена относительно низкая твердость в зоне термического воздействия ( $H_V < 300$  кг/мм<sup>2</sup>). Для самых низкоуглеродистых сталей были достигнуты единичные значения, составляющие около 270 кг/мм<sup>2</sup>. Прочность зазубрин, которая является основной проблемой, была довольно высокой ( $> 50$  джоулей), за исключением стали с самым высоким содержанием углерода (0,11 % С). После импульса отпуска (600 °С, 700 °С и 800 °С для 60-х годов) стали ведут себя совершенно по-разному – яростно. В то время как твердость была снижена для большинства сталей, ударная вязкость была снижена для одной из сталей и улучшена для двух из них, также с некоторым явлением охрупчивания для двух из них. Низкоуглеродистая высоколегированная сталь E с 12Cr-6Ni-2,5 Мес, а сталь из легированного сплава A с 13Cr-4,7 Ni-1,7 Мес, по-видимому, обладала лучшей общей ударной вязкостью после короткого импульсного отпуска. Составы этих двух сталей очень близки к тем, которые сейчас имеются в продаже» [19].

«Для сравнения с аналогом был выбран радиационно-стойкий вариант нержавеющей стали 316, содержащий титан, примерно в 6 раз превышающий содержание углерода, названный сплавом D9. Исследован металл сварного шва и растрескивание зоны термического воздействия (HAZ) сплава аустенитных нержавеющей сталей D9 и 316L(N). В частности, была изучена роль титана в сплаве D9 и азота в 316L(N), наряду с примесными элементами» [21].

Еще одним аналогом является «Сплав 690 (А690) представляет собой сплав Ni-Cr-Fe с отличной устойчивостью к общей коррозии, локализованной коррозии и коррозионному растрескиванию под напряжением» [18].

## **2.2 Подбор присадочных материалов**

Для сварки легированной стали 12Х18Н10Т используется проволока, обладающая антикоррозийными свойствами, безопасная благодаря высоколегированной стали, составляющей основу материала. Такая проволока используется для работ в нефтяных, химических, фармацевтических, пищевых, машиностроительных и судостроительных областях, для связки водопроводов, ёмкостей из нержавеющей стали. Такая проволока должна соответствовать ГОСТ 18143-72. Содержание хрома здесь достаточно высокое. Это защищает поверхность от окисления. Для сварки применяется холодная утоненная проволока, которая имеет относительно низкую стоимость и при этом сохраняет свои полезные свойства. Это обеспечивает высокое качество швов даже при работе с таким трудно шлифуемым металлом. Некоторые трубы для сантехники изготавливаются из одной марки стали, поэтому при ремонте сварочная проволока СВ-06Х19Н9Т, оказывается лучшим вариантом.

Изделия из нержавеющей стали - очень сложный процесс, в котором может заключаться много браков. Чтобы этого не произошло, необходимо очень тщательно выбирать состав материала. Проволока сварочная для сварки стали 12Х18Н10Т – это особый продукт, способный подходить не ко всем типам легированных сталей. Потому что основным условием работы является индивидуальность композиции. Стоит отметить, что при выборе присадочного материала, где все компоненты еще можно поменять, все делается для удобства, ведь можно изменить состав основного металла, чтобы этот провод легко соединить, а также практически без проблем с каждым прочие расходные материалы. На частной территории ситуация

немного иная, потому что там в основном используются материалы для ремонта, и необходим точный выбор. Изучив состав основного металла и присадочной проволоки, можно точно определиться с выбором.

Знак проволоки удобен тем, что у нее широкий ассортимент. Нет проблем с поиском необходимой толщины. Даже в тех сценах, где не допускаются большие вариации и точность, если говорить о малых габаритах, то здесь диаметр шага составляет 0,1-0,2 мм. Все это позволяет получить качественное сварное соединение без проблем с основным металлом. Конечно, не у всех бывает возможность получить всю серию, поэтому стоит выбирать такую ориентацию, чтобы толщина основного металла совпадала со значением диаметра проволоки.

Для изготовления воронок не обходимо использовать проволоку толщиной 1,6мм.

## **2.3 Технология изготовления воронок**

### **2.3.1 Подготовка металла к разметке**

Перед разметкой необходимо выполнить следующее: очистить лист от пыли, грязи, окалины, следов коррозии стальной щеткой и др.; тщательно осмотреть его, при обнаружении раковин, пузырей, трещин и т. п. их точно измерить и, составляя план разметки, принять меры к удалению этих дефектов в процессе дальнейшей обработки (если это возможно).

### **2.3.2 Разметка**

Разметка выполняется на подготовленном листе металла при помощи шаблона и белого маркера. Необходимо разметить заготовку конуса и заготовки обечаек. Разметка производится на сварном столе, при хорошем освещении. Погрешность не должна превышать 1 мм.

### **2.3.3 Резка**

После выполнения разметки, лист металла с размеченной заготовкой конуса переносят на пост плазменной резки. Рез конуса производят с помощью инверторного плазменного резака РЕСАНТА ИПР40. Рез производится вручную с припуском не более 2 мм. Точность реза составляет  $\pm 2$  мм.

Обечайки рубятся на электромеханической гильотине марки Durma MS 1303. Рубка заготовок производится при помощи программы для ЧПУ станка.

### **2.3.4 Обработка кромок и подгон заготовок**

После плазменной резки конуса, на металле остаются дефекты, такие как наплывы, грат. В зависимости от того, какой получился грат, в ход идут любые средства слесарной обработки – напильник, пассатижи, УШМ

По завершению рубки на гильотине, выровнять деформированные детали, которые появились в процессе выполнения работ. После выравнивания необходимо очистить кромки пластины от заусенцев.

После выполнения зачистки кромок от наплавов и заусенцев, необходимо очистить их от загрязнений и обезжирить на ширину не более 50 мм сверху, снизу и торец чтобы грязь и жир не попали в сварную ванну и не вызвали дефектов, таких как непровар, кратеры или поры.

### **2.3.5 Гибка**

Подготовленную трапецию заготовки тела воронки и заготовки для обечаек перемещают с помощью цехового крана на трехволковые вальцы марки Vendmak CYL 110-10/5.0. Процесс образования конуса происходит за счет поджима центральным волком заготовки и прокатом заготовки по и

против часовой стрелки. После предания формы края заготовки не сходятся, чтобы совместить края и задать нужный зазор используют специальное приспособление: «вилка». Задача слесаря совместить края будущего конуса. После того как края совмещены сварщик ставит несколько прихваток длиной не менее 10 мм каждая с шагом 100 мм. При этом конус не снимают с гибочного станка. После того как конус собрал на прихватки его необходимо еще раз прокатать в вальцах.

Заготовки для обечайек загибают на этом же станке до состояния кольца. После гибки кольца собираются также на прихватках.

После того как форма конуса придана, он собран на прихватки его снимают с вальцев и с помощью цехового крана перемещают на сварочный стол. Воронку устанавливают на столе в специальный стапель так, чтобы сварка производилась в нижнем положении.

### **2.3.6 Сборка воронки**

Размещаются заготовки в специальном стапеле так что зазор между конусом и обечайками должен быть 2 мм. Производят сборку воронки на прихватках при помощи инверторного аппарата Aurora PRO OVERMAN 200 Mosfet 13709 для механизированной сварки присадочной проволокой СВ-06Х19Н9Т, диаметр проволоки составляет 1,2 мм, скорость подачи проволоки равен 190 м/ч. Сила сварочного тока при выполнении прихваток составляет 160 А. Сварка производится в среде аргона. Расстояние между прихватками составляет 100-150мм. При постановке прихваток необходимо, чтобы провар корня шва был хорошим, так как во время последующей сварки корни прихватки часто уже не расплавляются. Длина прихваток составляет не менее 10мм. Обязательно надо обратить внимание на то, чтобы при повороте воронки в стапеле, не сместился зазор между конусом и обечайками.



### 2.3.7 Технология сварки воронки

Сварку производят сварочным инвертором для механизированной сварки типа MIG-MAG присадочной проволокой СВ-06Х19Н9Т, диаметр проволоки составляет 1,2 мм, скорость подачи проволоки равен 190 м/ч. Сила тока при выполнении прихваток составляет 160 А. Сварка производится в среде аргона.

Последовательность проведения сварки:

– Производят сварку тела конуса от меньшего основания к большему, таким образом легче компенсировать тепловые напряжения, возникающие при сварке.

– Сначала сваривают меньшую обечайку. Шов должен идти зеркально между прихватками (рисунок 5).

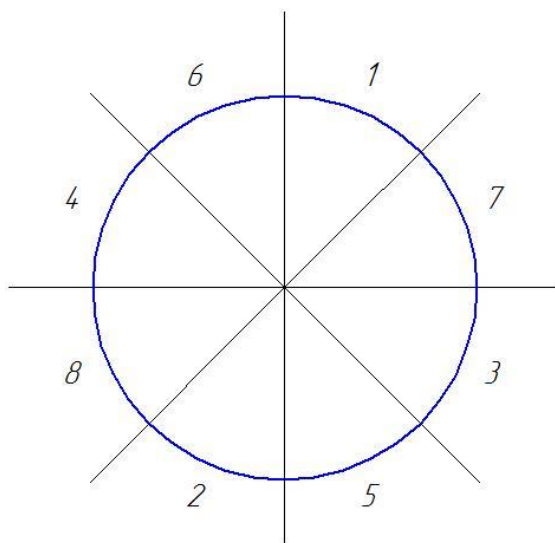


Рисунок 5 – Схема сварки обечайки с телом конуса

Таким способом легче компенсировать тепловые напряжения, возникающие при сварке.

Сваривают большую обечайку с телом конуса, приваривают строповые уши к большей обечайке. Уши должны находиться на противоположных сторонах обечайки.

### **2.3.8 Контроль качества сварных соединений**

Так как данное изделие не является несущей конструкцией, не работает под давлением и не используется как сосуд для хранения, для него используется метод визуального контроля сварных соединений. Наиболее доступный способ определить качество сварных соединений. Для внешнего осмотра не нужны никакие дополнительные приборы или материалы. Достаточно иметь хорошее зрение и обладать внимательностью к деталям. Место осмотра должно быть хорошо освещено со всех сторон, освещенность должна быть не менее 500 лм, сотрудник ОТК должен иметь при себе лупу для увеличения обзора шва в 10 раз.

Надежность соединения нужно оценивать как можно тщательнее. Говорить насовсем только в том случае, если нет видимых дефектов, изломов, трещин; а швы имеют одинаковую ширину (высоту) по всей длине. Очень важно не иметь грубых дефектов сварки: складок, приплюснутых, негерметичных деталей.

Чтобы максимально контролировать качество швов, стоит перечислить инструменты, которые использовались, включая хорошую лампу, лупу, линейку и колесо рулетки. Эти инструменты необходимы, чтобы найти дефект, определить его размер и определить способы устранения проблемы. Самая простая фурнитура, конечно, не позволяет полностью контролировать качество сварного шва, но также будет первым шагом к этому.

### **2.4 Заключение по разделу «Технологический процесс изготовления воронки»**

Проектный вариант в отличии от базового технологического процесса изготовления изделия предлагает внедрение в производство механизированной сварки плавящимся электродом в среде инертных газов. Благодаря этому введению время на изготовление одной воронки

сократиться приблизительно на десять минут. Это подтверждает тот факт, что скорость механизированной сварки больше в три раза, чем скорость сварки покрытым электродом. Исходя из этого можно сказать, что ручная дуговая сварка покрытым электродом: устаревший метод, который давно необходимо заменить на автоматическую или механизированную сварку.

На многих крупных предприятиях уже практически полностью отказались от ручной дуговой сварки покрытым электродом. Если для примера взять предприятие ААА «EuroAngar деловые сооружения» то сварка на нем производится механизированной сваркой в среде газа Corgon, а при больших толщинах корень шва сначала сваривается с использованием ручной дуговой сварки не плавящимся электродом в среде инертных газов, а при дальнейшей сварке используется механизированная сварка. На этом предприятии ручная дуговая сварка покрытым электродом используется только в ремонтных полевых работах, на конструкциях не подвергающимся большой нагрузке.

Наши британские коллеги разработали эффективный метод сварки конструкционных высоколегированных сталей без предварительного подогрева, что дает большой прорыв в технологии сварки. Подробно изучив метод можно понять, что для выведения лишнего окислительно – присадочных элементов достаточно изменить состав присадочных материалов [17].

### 3 Безопасность и экологичность технического объекта

#### 3.1 Технологическая характеристика объекта

Участок (рисунок 6), на котором изготавливаются воронки предусматривает склад металла, стол для разметки, гильотину, сварочный аппарат, пост плазменной резки, трехволковые вальцы, стол для подгонки кромок, плазменный резак, сварочный инвертер цеховой кран или кран-балку, а так же места рабочих.

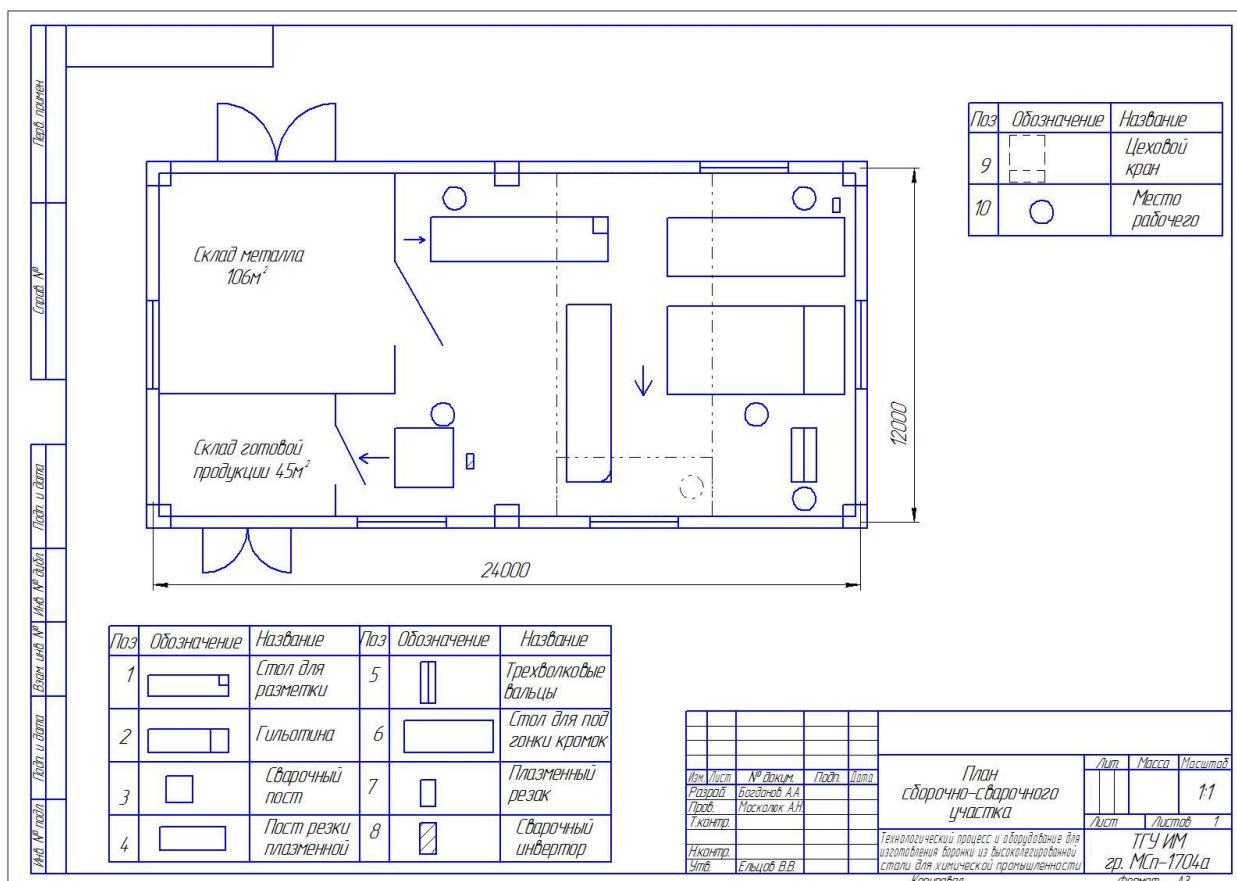


Рисунок 6 – План сборочно-сварочного участка

Так же цех должен быть снабжен системой вентиляции и пожаротушения. В помещении необходимы пожарные щиты и первичные средства для пожаротушения и оказания первой помощи.

В таблице 1 описан технологический паспорт производства воронок.

Таблица 1 – Технологический паспорт производства воронок для залива в цистерны химических жидкостей и нефтепродуктов

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Технологический процесс изготовления воронки	Резка	Сварщик	Инверторный плазменный резак РЕСАНТА ИПР 40, защитная маска, сварочные рукавицы	Сталь 12x18н10 т Газ: Кислород
Технологический процесс изготовления воронки	Сварка	Сварщик	Инверторный аппарат Aurora PRO OVERMAN 200 Mosfet 13709, цеховой кран, защитная маска	Газ: аргон

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков при технологическом производстве воронок представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Резка	Повышенное напряжение цепи, замыкание которой может пройти через тело человека Повышенная пульсация светового потока Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	Электрическая сеть цеха Плазморез
Сварка	Повышенное напряжение цеп, замыкание которой может пройти через тело человека Повышенная пульсация светового потока Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации Вдыхание аргона	Сварочный аппарат для механизированной сварки Электрическая сеть цеха Аргон

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Организационно-технические методы и необходимые средства для снижения профессиональных рисков представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Организационно-технические методы и технические средства / технические устройства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Повышенное напряжение цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	Установка стабилизаторов напряжения, проверка распределяющих щитов, распаечных коробок, розеток и подключающих кабелей.	Спец одежда, выдаваемая на предприятии, ботинки с прорезиненной подошвой.
Повышенная пульсация светового потока	Установка защитных экранов	Спец одежда, ботинки, защитная затемняющая маска или очки.
Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	Установка защитных экранов	Спец одежда, ботинки, защитная затемняющая маска или очки, перчатки
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Проверка агрегатов на наличие неисправностей и их устранение, смазка оборудования, проверка давления в пневматических системах, установка в цехе подавителя шумов.	Бируши, наушники, глушители.
Повышенный уровень вибрации на рабочем месте	Проверка агрегатов на наличие неисправностей и их устранение, смазка оборудования, проверка давления в пневматических системах	Спец одежда, выдаваемая на предприятии, ботинок с прорезиненной подошвой, специальные перчатки

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Чтобы понимать необходимые мероприятия для обеспечения пожарной безопасности, необходимо в таблице 4, представить идентификацию классов и опасных факторов пожаров.

Таблица 4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Котельно-сварочный участок	Сварочные машины и сварочные инверторы, плазменный резак	D	Пламя, искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды	Образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных и инженерно-технического оборудования
Котельно-сварочный участок	Ручной электроинструмент: УШМ, бурмашины, дрели	D	Искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды	Образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования
Котельно-сварочный участок	Стационарный электроинструмент: Отрезные машины, гильотины, трубогибы, валковые станки, сверлильные станки, токарные станки.	D	Пламя, искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды	Образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования

Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Переносные и передвижные огнетушители	Пожарные автомобили	Пожарные сухотрубы	Системы автоматической пожарной защиты (САПЗ)	Боевая одежда, защитная обувь пожарных, спасателей входят	СИЗОД	Топор	Техника связи
Пожарные краны и средства обеспечения их использования	Пожарные мотопомпы	Противопожарные завесы	-	Средства спасения людей	СИЗ	Багор	Измерительная аппаратура, зарядные и выпрямительные источники и агрегаты электропитания
Пожарный инвентарь	Приспособленные ТС	Перфорированный противопожарный водопровод локального пожаротушения	-	Пожарные стволы	Диэлектрические средства	Лом	Проводные линейные средства
Покрывала для изоляции очага возгорания	-	Стационарные лафетные стволы	-	Генераторы пены	-	Крюк	Сигнальные средства связи (звуковые, светотехнические)
-	-	Установки пожаротушения с ручным пуском	-	Пожарные рукава различных видов	-	комплект универсального инструмента и устройство для резки воздушных линий электропередач и внутренней электропроводки	-
-	-	-	-	Средства защиты органов дыхания	-	Гидравлические ножницы	-
-	-	-	-	Диэлектрические средства	-	Разжим ножницы	-
-	-	-	-	Теплозащитные	-	Цепные пилы по	-



Продолжение таблицы 5

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
				костюмы		дереву	
-	-	-	-	Переносные углекислотные, порошковые огнетушители	-	Отрыватель петель	-
-	-	-	-	Ручной механизированный инструмент	-	Мото-, электро-, пневмо-молотки	-
-	-	-	-	ГАСИ	-	Электроперфораторы домкраты	-

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Изготовление воронки для залива химических жидкостей и нефтепродуктов, резка, плазморез	Установка экрана из асбестового полотна, для предотвращения большого разброса искр, на посту плазмотрона имеется огнетушитель, асбестовое полотно, багор	Применение электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси, применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок или других устройств, исключающих появление источников зажигания, поддержание безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой.

## Продолжение таблицы 6

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Изготовление воронки для залива химических жидкостей и нефтепродуктов, сварка, сварочный инвертор	Установка экрана из асбестового полотна, для предотвращения большого разброса искр, на посту плазмотрона имеется огнетушитель, асбестовое полотно, багор	Применение оборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси, применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок или других устройств, исключающих появление источников зажигания, поддержание безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Сначала необходимо представить идентификацию негативных экологических факторов в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Идентификация негативных экологических факторов

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т. п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Сварка	Сварочные механизированные	При выполнении сварочных работ	При подводной сварке пары	При работе в условиях

## Продолжение таблицы 7

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т. п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
	инверторы	атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов, а также газообразные соединения. Железа оксид, марганец и его соединения, фтористые газообразные соединения, пыль не органическая, содержащая 70 – 20 % SiO <sub>2</sub> [9].	сгорания металла и обмазки электродов загрязняют водоем, в котором производятся сварочно-огневые работы такими продуктами как: Железа оксид, марганец и его соединения, фтористые газообразные соединения, пыль не органическая, содержащая 70 – 20 % SiO <sub>2</sub>	погружения под землю без использования спецвытяжек продукты горения при сварочных работах попадают в породу и почву.
Резка	Плазменные инверторные резачки	Процесс плазменной резки сопровождается повышенным уровнем выделения сварочных аэрозолей, газов (озона, азота), углерода, хрома, марганца, никеля [19]	При подводной сварке пары сгорания металла и обмазки электродов загрязняют водоем, в котором производятся сварочно-огневые работы	При работе в условиях погружения под землю без использования спецвытяжек продукты горения при сварочных работах попадают в породу и почву.

Дополнительные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия сварки представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Дополнительные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия сварки на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«Установка на сварочных постах вытяжек с системой фильтров для сбора, очистки и нейтрализации продуктов горения» [8].
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Организация фильтров воды, которые будут прогонять через себя воду от сварочных работ для нейтрализации продуктов горения.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на сварочных постах вытяжек с системой фильтров для сбора, очистки и нейтрализации продуктов горения» [8].

### **3.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»**

В разделе «Безопасность и экологичность производственного приямка до отсека резервуаров для химических жидкостей и нефтепродуктов» приводится описание производственного процесса сварки и резки, перечислены технологические операции, должности занятых в производственно-технической и инженерной областях, оборудование, прикладные товары, технологии и расходные материалы и материалы, комплектующие и готовая продукция (см. таблицу 1).

Выявлены риски, связанные с профессиональными рисками после производства технологических процессов сварки и резки, выполнены основные и дополнительные работы, выполняемые по видам технологических операций. К опасным и вредным производственно-технологическим факторам относятся: цепь высокого напряжения, короткое замыкание, которое может пройти через тело человека, повышенный мигающий световой поток, повышенный уровень ультрафиолетового излучения [19].

Разработаны организационно-технические мероприятия с использованием технического оборудования для выпускной работы по

снижению риска профессиональных заболеваний, а именно: установка, проверка стабилизаторов напряжения, проверка панелей управления, распределительных коробок, розеток и суб-кабелей, проверка оборудования, проверка наличия ошибки, ошибки в пневмосистемах, установка в цеху шумит, установка защитных экранов. Подобранные специфические, технически обоснованные средства индивидуальной защиты сотрудников, работающих в технологическом процессе производства (см. таблицу 3).

Разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственных котлованов заливных емкостей для химических жидкостей и нефтепродуктов. Осуществлено определение классов пожаров и пожарной опасности, разработка дополнительных технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности (см. таблицу 4). Технические средства и организационные меры, разработанные для обеспечения пожарной безопасности (см. таблицу 5). Разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению указанного технического объекта пожарной безопасности, соответствующие действующим нормативным требованиям (см. таблицу 6).

Выявить негативные факторы окружающей среды, связанные с реализацией, производственным и технологическим процессом (см. таблицу 7), и разработать соответствующие организационные и технические меры по обеспечению экологической безопасности на указанном техническом объекте в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (см. таблицу 8) [3].

## 4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

### 4.1 Исходные данные для оценки экономической эффективности технология сборки и сварки воронки для залива химической жидкости

В выпускной квалификационной работе разработана технология сборки и сварки воронки для залива химических жидкостей в железнодорожные цистерны, которые изготавливаются из высоколегированной стали марки 12X18H10T с применением механизированной сварки в среде инертного аргона.

По базовому варианту работы выполнялись ручной дуговой сваркой покрытым электродом, недостатком является низкая скорость сварки и большой перегрев металла.

Проектный вариант технологии предполагает изменение технологического процесса за счет замены ручной дуговой сварки покрытым электродом на механизированную сварку в защитном газе аргон.

Исходные данные для оценки экономической эффективности представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные для оценки экономической эффективности технология сборки и сварки воронки для залива химической жидкости

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется технологический процесс	$K_{см}$	-	1	1

Продолжение таблицы 9

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
«Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций» [8]	$R_p$	-	V	V
«Утверждённая часовая тарифная ставка работника» [8]	$C_ч$	руб/час	200	250
«Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы» [8]	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
«Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [8]	$K_{доп}$	%	12	12
«Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [8]	$K_d$	-	1,88	1,88
«Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды» [8]	$K_{сн}$	%	30	30
«Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [8]	$H_a$	%	21,5	21,5
«Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных	$H_{a-пл.}$	%	5	5

Продолжение таблицы 9

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
площадей на их амортизацию» [8]				
«Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса» [8]	S	м <sup>2</sup>	180	180
«Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса» [8]	Ц <sub>пл</sub>	руб/м <sup>2</sup>	30000	30000
«Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [8]	С <sub>эксп</sub>	(руб/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
«Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы» [8]	К <sub>т-з</sub>	%	5	5
«Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж» [8]	К <sub>монт</sub> К <sub>дем</sub>	%	3	5
«Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого	Ц <sub>об</sub>	руб.	1358678	1425578



Продолжение таблицы 9

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
технологического процесса» [8].				
«Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь» [8]	$K_{пл}$	-	3	3
«Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [8]	$M_{уст}$	кВт	14,3	14,3
«Принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [8]	$C_{э-э}$	руб/ кВт	6,74	6,74
«Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [8]	КПД	-	0,7	0,85
«Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений» [8]	$E_n$	-	0,33	0,33
«Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов» [8]	$K_{цех}$	-	1,5	1,5

## Продолжение таблицы 9

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
«Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов на переоборудование цехового помещения» [8]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

### 4.2 Расчет фонда времени работы на оборудование

Исходя из необходимости рассчитать все трудозатраты и экономическую эффективность, необходимо провести следующие расчеты.

«Размер временного резерва, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе, по основным и конструктивным возможностям можно определить по формуле:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{П} \cdot T_{П}) \cdot K_{CM} \quad (1)$$

где  $T_{CM}$  – продолжительность рабочей смены в часах;

$D_P$  – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{П}$  – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{П}$  – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{CM}$  – количество рабочих смен» [5].

«После подстановки в формулу (1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_H = (247 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 1969 \text{ ч}$$

Расчет эффективного фонда наработки сварочного оборудования, участвующего в выполнении операций технологического процесса по основным и конструктивным возможностям, можно определить по данной формуле:

$$F_{\text{Э}} = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right) \quad (2)$$

где  $B$  – процент планируемых потерь рабочего времени» [5].

«После подстановки в формулу (2), указанную выше, численных значений соответствующих переменных, то после расчетов получим:

$$F_{\text{Э}} = 1969 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 1831,17 \text{ ч}$$

### 4.3 Расчет штучного времени

«Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{\text{ШТ}} = t_{\text{ОСН}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}} \quad (3)$$

где  $t_{\text{ШТ}}$  – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;  
 $t_{\text{ОСН}}$  – основное время – количество времени в часах, которое сотрудники затрачивают на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями. Определяется по формуле:

$$t_{OCH} = \frac{L_{ШВ}}{V_{ШВ}} \quad (4)$$

где  $L_{ШВ}$  – сумма длин всех швов, м  $\sum L_{ШВ} = 3,54$  м;

$V_{св}$  – скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{св} = 15$  м/ч;

$V_{св}$  – скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{св} = 5$  м/ч.

Определяем основное время по формуле (4) для обоих вариантов:

$$t_{OCH} \text{ (базовый)} = 3,54/5=0,708 \text{ ч}$$

$$t_{OCH} \text{ (проектный)} = 3,54/15=0,236 \text{ ч}$$

$t_{ВСП}$  – вспомогательное время – количество времени в часах, которое сотрудники будут затрачивать на выполнение подготовительных операций технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ВСП} = 10\%$  от  $t_{OCH}$ ;

$t_{ОБСЛ}$  – наработка – количество времени в часах, которое будет определять обслуживающий персонал, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ОБСЛ} = 5\%$  от  $t_{OCH}$ ;

$t_{ОТЛ}$  – время личный досуг – объем-время в часах, которое будет затрачено работником на обеспечение личных потребностей в отпуске при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ОТЛ} = 5\%$  от  $t_{OCH}$ ;

$t_{П-З}$  – время подготовки-финальное – количество времени в часах, которое будет определено сотрудником для выполнения подготовки – окончательная операция технологического процесса по базовому

и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{\text{оп-з}} = 1\%$  от  $t_{\text{осн}}$ » [5].

«После подстановки в формулу (3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,708 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,856 \text{ ч.}$$
$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,236 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,285 \text{ ч.} \text{» [5].}$$

«Расчет годовой программы сварочных работ по рассматриваемому технологическому процессу по основному и конструктивному вариантам возможен по формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{F_{\text{э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (5)$$

где  $F_{\text{э}}$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;  
 $t_{\text{шт}}$  – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$P_{\Gamma.\text{баз}} = 1831 / 0,856 = 2139 \text{ изделий за год;}$$
$$P_{\Gamma.\text{проект}} = 1831 / 0,285 = 6425 \text{ изделий за год.} \text{» [5].}$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе годовой программы  $P_{\Gamma} = 5000$  изделий в год» [5].

«Необходимое количество сварочного оборудования, которое будет

использовано при выполнении операций технологического процесса согласно основным и конструктивным возможностям, рассчитывается по формуле:

$$n_{PACЧ} = \frac{t_{шт} \cdot Пг}{F_{\text{Э}} \cdot K_{BH}} \quad (6)$$

где Пг – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$  – сдельное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение всех операций технологического процесса согласно базовым и проектным возможностям;

$F_{\text{Э}}$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{BH}$  – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (6) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{\text{расч. баз}} = \frac{0,856 \cdot 5000}{1831 \cdot 1,03} = 2,26$$
$$n_{\text{расч. проект}} = \frac{0,285 \cdot 5000}{1831 \cdot 1,03} = 0,76 \gg [5].$$

«Исходя из расчета по определению эффективного функционального рабочего времени на единицу оборудования, времени, которое будет затрачено рабочими на выполнение всей работы технологического процесса, основных возможностей и возможностей в проекте, можно сделать вывод о

необходимое количество и сварочное оборудование. Для реализации ключевой технологии необходимо использовать штучное производственное оборудование. Для реализации технологии проекта необходимо использовать единое производственное оборудование» [5].

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$K_3 = \frac{n_{РАСЧ}}{n_{ПР}} \quad (7)$$

где  $n_{расч}$  – полученное согласно (6) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;  
 $n_{пр}$  – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{з.б} = 2,26/3 = 0,75$$

$$K_{з.проект} = 0,76/1 = 0,76.$$

#### **4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки**

«Сварочные изделия являются подходящими сварочными материалами. Базовая технология сварки предполагает использование ручной дуговой сварки кого-либо, покрытого электродом. Технология проекта предусматривает использование механизированной сварки в среде защитного газа аргона. Стоимость сварочных материалов, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей проекта, рассчитывается по формуле:

$$M = C_M \cdot H_P \cdot K_{T-3} \quad (8)$$

где  $C_M$  – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{T-3}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент затрат на оборудование по затратам на транспорт и подготовку.

После подстановки в формулу (8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_{\text{баз.}} = 120 \cdot 2 \cdot 1,05 = 252,00 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 90 \cdot 0,6 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 198,45 \text{ рублей} \text{ [5].}$$

«Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$ .

Объём  $Z_{\text{осн}}$  основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (9)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (9) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,856 \cdot 200 \cdot 1,88 = 321,9 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,285 \cdot 250 \cdot 1,88 = 402,32 \text{ рублей.}$$

Объём  $Z_{\text{доп}}$  дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:



$$Z_{ДОП} = \frac{K_{ДОП}}{100} \cdot Z_{ОСН} \quad (10)$$

где  $K_{доп}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы.

После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\begin{aligned} Z_{доп.базов.} &= 321,9 \cdot 12/100 = 38,6 \text{ рублей;} \\ Z_{доп.проектн.} &= 402,32 \cdot 12/100 = 48,28 \text{ рублей;} \\ \Phi ЗП_{базов..} &= 321,9 + 38,6 = 360,5 \text{ рублей;} \\ \Phi ЗП_{проектн.} &= 402,32 + 48,28 = 450,6 \text{ рублей.} \end{aligned} \quad [5].$$

«Объём  $O_{сн}$  отчислений на страховые взносы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{СН} = \Phi ЗП \cdot K_{СН}/100 \quad (11)$$

где  $K_{сн}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на страховые взносы» [5].

После подстановки в формулу (11) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\begin{aligned} O_{ссбаз.} &= 306,5 \cdot 30/100 = 91,95 \text{ рублей;} \\ O_{сспроектн.} &= 450,6 \cdot 30/100 = 135,18 \text{ рублей.} \end{aligned}$$

«Объём  $Z_{об}$  финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{ОБ} = A_{ОБ} + P_{Э-Э} \quad (12)$$

«где  $A_{об}$  – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;  
 $P_{э-э}$  – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5].

«Финансовые потери от износа оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}, \quad (13)$$

где  $Ц_{об}$  – цена оборудования, задействованного в операциях технологического процесса, по основным и конструктивным возможностям, определяемая по каталогам компаний в сети Интернет;

$N_a$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{маш}$  – машинное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями;

$F_э$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [5].

После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{об.баз}} = \frac{1358678 \cdot 21,5 \cdot 0,856}{1831 \cdot 100} = 136,57 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{об.проект}} = \frac{1425578 \cdot 21,5 \cdot 0,285}{1831 \cdot 100} = 47,7 \text{ рублей}.$$

«Стоимость электроэнергии при проведении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определяется расчетным методом по формуле:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}}, \quad (14)$$

где  $M_{\text{уст}}$  – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$C_{\text{э-э}}$  – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [5].

После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-э.баз}} = \frac{14,3 \cdot 6,74 \cdot 0,856}{0,7} = 117,86 \text{ рублей};$$

$$P_{\text{э-э.проект}} = \frac{14,3 \cdot 6,74 \cdot 0,285}{0,7} = 39,24 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{об.баз.}} = 136,57 + 117,86 = 254,43 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{об.проектн.}} = 47,7 + 39,24 = 86,94 \text{ рублей}.$$

Значение  $C_{\text{тех}}$  показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{ТЕХ} = M + \Phi ЗП + Осс + З_{ОБ} \quad (15)$$

После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ТЕХ.баз} = 252 + 360,5 + 91,95 + 254,43 = 958,88 \text{ рублей};$$

$$C_{ТЕХ.проект} = 198,45 + 450,6 + 135,18 + 86,94 = 817,17 \text{ рублей}.$$

«Значение  $C_{цех}$  показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{цех} = C_{ТЕХ} + З_{осн} \cdot K_{цех} \quad (16)$$

где  $K_{цех}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю производственных затрат при выполнении операций технологического процесса по основным и проектным возможностям» [5].

После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{цехБаз} = 958,88 + 321,9 \cdot 1,5 = 1438,73 \text{ рублей};$$

$$C_{цехпроект} = 817,17 + 402,32 \cdot 1,5 = 1474,65 \text{ рублей}.$$

Значение  $C_{зав}$  показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{зав} = C_{цех} + З_{осн} \cdot K_{зав} \quad (17)$$

где  $K_{зав}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ЗАВБаз}=1438,73+321,9 \cdot 1,15=1808,92 \text{ рублей};$$

$$C_{ЗАВпроект}=1474,65+402,32 \cdot 1,15=1937,32 \text{ рублей}.$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 10.

Таблица 10 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Показатели	Условные обозначения	Калькуляция, руб.	
		Базовый	Проектный
Материалы	М	252	198,45
Фонд заработной платы	ФЗП	360,5	450,6
Отчисления на соц. нужды	О <sub>сс</sub>	190,77	190,08
Затраты на оборудование	З <sub>об</sub>	254,43	86,94
Себестоимость технологическая	С <sub>тех</sub>	955,88	817,17
Себестоимость цеховая	С <sub>цех</sub>	1438,73	1474,65
Себестоимость заводская	С <sub>зав</sub>	1808,92	1937,32

#### 4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

«Значение  $K_{общ}$  капитальные затраты, которые потребуются для выполнения технологических операций над базовыми и проектными вариантами, определяются расчетным путем по формуле:

$$K_{ОБЩ,Б} = n \cdot Ц_{ОБ,Б} \cdot K_{З,Б}, \quad (18)$$

где  $K_3$  – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования;

$Ц_{ОБ,Б}$  – остаточная стоимость в рублях технологического

оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

$n$  – приобретенное ранее количество единиц технологического оборудования, для выполнения технологических операций в базовом и конструктивном вариантах.

Величину  $C_{\text{ОБ.Б.}}$  остаточная стоимость технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определяется расчетным методом по формуле:

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (19)$$

где  $C_{\text{ПЕРВ.}}$  – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$  – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

$N_{\text{А}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [5].

После подстановки в формулу (18) и (19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ОБ.Баз}} = 1358678 - (1358678 \cdot 4 \cdot 21,5 / 100) = 206519,06 \text{ рублей};$$

$$K_{\text{ОБЩ.Б}} = 3 \cdot 206519,06 \cdot 0,75 = 464667,885 \text{ рублей.}$$

«Величину  $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$  суммарные капитальные затраты на выполнение операций технологического процесса в технологии проекта определяем

расчетным способом по формуле:

$$K_{\text{ОБЩпр}} = K_{\text{ОБпр}} + K_{\text{ПЛпр}} + K_{\text{СОПпр}} \quad (20)$$

где  $K_{\text{ОБ.ПР}}$  – оценочная сумма капитальных вложений в оборудование, используемое для выполнения технологических операций в технологии проекта;

$K_{\text{ПЛ.ПР}}$  – предполагаемый объем капитальных вложений в производственные мощности, которые используются для выполнения технологических операций по технологии проекта;

$K_{\text{СОП.ПР}}$  – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём  $K_{\text{ОБ.ПР}}$  капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБПроект}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (21)$$

После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$K_{\text{ОБПроект}} = 1425578 \cdot 1.05 \cdot 0,76 = 1137611,24 \text{ рублей.}$$

«Объём  $K_{\text{СОП}}$  сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса в технологии проекта определяется расчетным методом по формуле:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}} \quad (22)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации

базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [5].

«Затраты  $K_{\text{ДЕМ}}$  на демонтаж оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса на базовом исполнении, определяются расчетным способом по формуле:

$$K_{\text{ДЕМ}} = \text{Ц}_Б \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (23)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [5].

После подстановки в формулу (23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1358678 \cdot 0,05 = 67933,9 \text{ рублей.}$$

«Стоимость  $K_{\text{МОН}}$  на установку оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту, мы определяем расчетным способом по формуле:

$$K_{\text{МОНТ}} = \text{Ц}_{\text{пр}} \cdot K_{\text{МОНТ}} \quad (24)$$

где  $K_{\text{МОНТ}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.» [5].

После замены числовых значений соответствующих переменных в формулах (22) и (24) имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 1425578 \cdot 0,05 = 71278,9 \text{ рублей;}$$

$$K_{\text{СОП}} = 67933,9 + 71278,9 = 139212,8 \text{ рублей;}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн}} = 1137611 + 139212,8 = 1276824,04 \text{ рублей.}$$



Размер  $K_{\text{доп}}$  дополнительных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общ}} \quad (25)$$

После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (4.25) имеем:

$$K_{\text{доп}} = 1276824 - 464667,885 = 812156,16 \text{ рублей.}$$

Размер индивидуальных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (26)$$

где  $\Pi_{\Gamma}$  – принятое значение годовой программы.

$$K_{\text{удБаз}} = 464667,885 / 5000 = 92,9 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн}} = 1276824 / 5000 = 255,36 \text{ руб./ед.}$$

#### **4.6 Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений**

«Сокращение трудозатрат при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным методом по формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штТБ}} - t_{\text{штПП}}}{t_{\text{штТБ}}} \cdot 100\% \quad (27)$$

После замены в формуле (27) числовых значений соответствующих переменных имеем» [5]:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,856 - 0,285}{0,856} \cdot 100\% = 66,7\%$$

«Прирост производительности труда  $\Pi_T$  при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным путем по формуле:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (28)$$

После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 66,7}{100 - 66,7} = 200,3 \%$$

«Снижение технологических трудозатрат  $\Delta C_{тех}$  при внедрении в производство предлагаемых решений, благодаря чему качество сварных швов повысилось до 35 %, поэтому технологические затраты базового варианта изменятся и будут:

$$C_{техБ1} = C_{техБ} \cdot 1,35 = 1290,44 \text{ рублей.}$$

В результате снижение технологических затрат будет определяться расчетным способом по формуле» [5]:

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техБ1} - C_{техПр}}{C_{техБ1}} \cdot 100\% \quad (29)$$

После подстановки в формулу (29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{тех} = \frac{1290,44 - 817,17}{1290,44} \cdot 100\% = 36,7\%$$

«Условная годовая экономия затрат  $Pr_{ож}$  (ожидаемая прибыль) при внедрении предложенного решения в производство будет определяться расчетным способом по формуле:

$$Pr_{ож} = \Delta y - \Gamma = (C_{завБ} - C_{завПР}) \cdot П\Gamma \quad (30)$$

После замены в формуле (30) числовых значений соответствующих переменных имеем» [9]:

$$\Delta y - \Gamma = (2442,04 - 1937,32) \cdot 5000 = 2523600 \text{ рублей}$$

«Срок окупаемости  $T_{ок}$  дополнительных капитальных вложений при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta y - \Gamma} \quad (31)$$

После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (31) имеем» [5]:

$$T_{ок} = 812156,16 / 2523600 = 0,3$$

«Годовой экономический эффект  $\Delta \Gamma$  на участке при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле:

$$\Delta \Gamma = \Delta y - \Gamma - E_n \cdot K_{доп} \quad (32)$$

После подстановки в формулу (32) численных значений

соответствующих переменных, имеем» [5]:

$$\text{Эг} = 2523600 - 0,33 \cdot 812156,16 = 2255588,47 \text{ рублей.}$$

#### **4.7 Вывод по оценке экономической эффективности выпускной квалификационной работы**

«По базовому варианту работа выполнялась ручной дуговой сваркой покрытым электродом, недостатком является весьма низкая скорость сварки и высокий перегрев металла в зоне сварки. В связи этим, выбираем способ механизированной сварки в защитном газе аргон, который позволит обеспечить хорошую производительность, экономичность, высокое качество сварочного соединения, контролируемое тепловложения и форму шва, обеспечивая минимальное разбрызгивание электродной проволоки.

Проведенные экономические расчеты подтвердили эффективность предложенных решений: снижение интенсивности на 66,7 %, повышение производительности труда на 200,3 %, снижение затрат на технологию на 36,7 %. Реализация предлагаемого решения в производстве позволяет получить условно-годовую экономию в размере 2523600 руб.» [5].

«Расчетный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 2255588,47 руб. Стоимость капитальных вложений, которые необходимо будет сделать для приобретения нового производственного оборудования, будет увеличиваться на 0,4 в год. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о предлагаемых высокоэффективных решениях, которые были бы внедрены в производство» [5].

## Заключение

Рассматривая проблему перевозки жидкостей в железнодорожных цистернах с использованием специальных заливных воронок, можно сделать следующий вывод: не смотря, на то, что изготовление воронок – это трудоемкий и долгий процесс, использование механизированной сварки дает возможность частично автоматизировать сварочное производство и ускорить изготовление изделия для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны.

Целью бакалаврской работы является повышение производительности при изготовлении воронки для залива химических жидкостей и нефтепродуктов в железнодорожные цистерны. Анализируя научно-техническую литературу:

- Контактной шовной сварке,
- Аргодуговой сварке,
- Автоматической
- Механизированной сварке.

На основании проведенного анализа плюсов и минусов каждого способа принято решение использовать механизированную сварку в среде защитных газов проволокой сплошного сечения.

А так же, опираясь на опыт в изготовлении таких воронок на практике, убедился, что при использовании механизированной сварки во время изготовления воронок время тратиться на сварку одной воронки вдвое меньше, чем при ручной дуговой сварке покрытым электродом. В процессе РДС покрытым электродом тратиться время на замену электрода, на поджиг дуги и на последующую очистку шва от шлака. Качество такого шва значительно ниже, чем при сварке в среде аргона.

Представленный процесс, разработка которого направлена на сокращение времени при сварке изделия и повышение качества сварного соединения, является современным и экономичным. Использование таких

воронок на станциях залива химических жидкостей и нефтепродуктов является экологосберегающей технологией.

Так же в работе проведен анализ безопасности и экологичности цеха, в котором производится сборка воронок. Спроектирован цех. Так же произведены расчеты экономической эффективности, которая составила 2255588,47 рублей в год.

Цели бакалаврской работы достигнута, за счет полного решения ряда задач, направленных на внедрение в технологический процесс современного вида сварки.

Делая вывод из материалов сказанных выше можно с уверенностью сказать, что многие предприятия нуждаются в обновлении оборудования на более современное, так как после обновления сразу видно повышение производительности и качества выпускаемой сварной продукции.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Анахов С. В. Основы безопасности электроплазменных процессов [Текст]: учеб. пособие / С. В. Анахов. ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2009. 48 с.
2. Банников Е. А. Сварка [сварочные работы, современное оборудование, технологии дуговой и холодной сварки: руководство] Москва, 2014 – 24с.
3. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. – Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –51 с.
4. ГОСТ 18143-72 Проволока из высоколегированной коррозионностойкой и жаропрочной стали
5. Зубкова Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Тольятти: ТГУ, 2020. – 123 с.
6. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150700.62 «Машиностроение» / А. С.Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014 – 52с.
7. Крепчук М. И. Технология сварки тройниковых соединений на магистральных газопроводах: бакалаврская работа / М. И. Крепчук – Тольятти: ТГУ, 2020. – 67 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13207> (дата обращения 19.06.2021)
8. Масаков В. В. Сварка нержавеющей сталей: учеб. Пособие / В. В. Масаков, Н. И. Масакова, А. В. Мельзитдинова. – Тольятти: ТГУ, 2011 – 184 с.

9. Методы контроля качества сварных соединений [Электронный ресурс]: URL: <https://dspace.tltsu.ru/bitstream/https://vtmstol.ru/blog/vidy-kontrolja-kachestva-svarnyh-soedinenij> (дата обращения 12.04.2021)

10. Нелина Т. Е. МДК 01.01 Технология сварочных работ: курс лекций / Т. Е. Нелина. – Керчь, 2020 – 176 с. URL: <https://lib.kgmtu.ru/wp-content/uploads/no-category/1353t.pdf> (дата обращения 18.05.2021)

11. Полуавтоматическая сварка [Электронный ресурс]: URL: <http://osvarke.net/mig-mag/> (дата обращения 15.03.2021.)

12. Проволока сварочная для нержавеющей стали – Нержавеющая сварочная проволока – характеристики и применение [Электронный ресурс]: URL: <https://kovka-svarka.net/provoloki/nerzhaveiushchaia/> (дата обращения 15.03.2021)

13. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потапьевский. – Издание 2-е, недоработанное. – К.: ЭкоТехноЛопя, 2007. – 192 с.

14. Потапьевский А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

15. Смирнов А. Н. Характеристики структуры сварных соединений из стали 12Х18Н10Т в зависимости от особенностей введения теплоты при сварке плавлением. – Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева 2020 с. 24-29.

16. ТК РФ Статья 209. Основные понятия [Электронный ресурс] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/78f36e7afa535cf23e1e865a0f38cd3d230eecf0/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/78f36e7afa535cf23e1e865a0f38cd3d230eecf0/) (дата обращения 3.06.2021)

17. By A. J. Kinsey / The Welding of Structural Steels without Preheat/ Welding Research Supplement 2000 P. 79-88s.



18. By F. F. Noecker II and J. N. DuPond/ Metallurgical Investigation into Ductility Dip Cracking in Ni-Based Alloys: Part I/ Welding Journal 2009 P. 7-20s.
19. By O. M. Akselsen, G. Rorvik, P. E. Kvaale, and C. Van Der Eijk/ Microstructure-Property Relationships in HAZ of New 13% Cr Martensitic Stainless Steels / Welding Journal 2004 P. 106 – 167s.
20. Lebedev V.A. Application of mechanical oscillations with controllable parameters for improvement of arc mechanized and automatic arc welding and surfacing using consumable electrode / V. A. Lebedev, S. Yu. Maksimov // Doc.XII-2082-12, Draft Agenda Commission XII «Arc Welding Processes and Production Systems» July 9-11, 2012, Denver, USA - 22s.
21. S. Srinivasan, A. K. Bhaduri, V. Shankar & B. Raj /Evaluation of Hot Cracking Susceptibility of Some Austenitic Stainless Steels and a Nickel-Base Alloy/ Welding in the World volume 52, (2008) pages 4-17s.