

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс и оборудование для восстановления
шнеков бурового оборудования

Студент

В.П. Соломаха

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Консультанты

к.э.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

Аннотация

Цель настоящей работы – экономия материальных ресурсов путем увеличения диаметра шнека для бурения скважин.

По ходу выполнения работы для стали 110Г13Л подобран наплавочный материал; разработан типовой технологический процесс наплавки; выполнен эскизный проект устройства для формирования наплавленного слоя на ребро шнека; выполнен анализ разработанных технических решений на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала; рассчитаны экономические показатели предложенного процесса наплавки.

Структурно работа состоит из пояснительной записки объемом 57 страниц формата А4, 11ти рисунков, 13ти таблиц и графической части объемом 6 листов формата А1.

Анализ литературных и патентных данных показал, что лучшим присадочным вариантом для формирования слоя, успешно сопротивляющегося абразивному износу является присадочная проволока

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	6
1.2 Анализ свойств материала	7
1.3 Анализ возможных способов восстановления изношенного шнека	10
1.4 Возможные варианты наплавочных материалов	16
1.5 Задачи работы.....	20
2 Разработка технологического процесса восстановления.....	21
2.1 Подбор присадочного материала.....	21
2.2 Устройство для формирования	23
2.3 Технология наплавки	26
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	28
3.1 Технологическая характеристика объекта	28
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	29
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	31
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	33
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	35
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.....	37
4.1 Исходная информация для выполнения экономической	37
оценки предлагаемых технических решений	37
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	39
4.3 Расчёт штучного времени.....	40
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	42
.....	42
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии	47
.....	47
4.6 Показатели экономической эффективности.....	50
Заключение	53
Список используемой литературы и используемых источников	54

Введение

В ряде случаев в строительстве требуется бурение скважин. Преимущественно применяется вращательный способ бурения. Данный вариант получения скважин наиболее успешно реализуется при бурении мягких и средних пород. Преимущественно это песчаные и гравийные грунты. При этом требуется применение специализированного инструмента – бурового шнека. Непосредственно шнек нужен для извлечения разрушенной породы. Однако даже при бурении мягких пород происходит износ шнека по диаметру. Поскольку долото применяется диаметром на 2-3 сантиметра больше, чем шнек, уменьшение диаметра шнека может привести к тому, что в увеличенный зазор между шнеком и стенками скважины будет осыпаться порода. Производительность бурения снизится.

Следует помнить, что шнековые буры изготовлены из достаточно дорогих сталей, например, стали Гадфильда. Поэтому восстановление изношенных шнеков является актуальным для практики.

Особенность стали Гадфильда - при высоком содержании углерода она дополнительно легирована марганцем в количестве 11-15%. За счет такого легирования данная сталь при эксплуатации, в процессе механического воздействия, сильно наклепывается – ее твердость повышается до значений 53-56 HRC.

Наиболее экономичным вариантом увеличения диаметра шнека является технология дуговой наплавки. Известные практике восстановления способы дуговой наплавки нуждаются в анализе, так как геометрические характеристики восстанавливаемого изделия достаточно необычны. Также нуждаются в анализе применяемые на практике наплавочные материалы. В зависимости от выбранного способа наплавки это могут быть штучные электроды, порошковая проволока, проволока сплошного сечения. Помимо обширного перечня отечественных наплавочных материалов есть возможность использовать наплавочные материалы зарубежных

производителей.

Новые наплавочные материалы могут быть предложены на основе порошковых проволок, которые при малой стоимости наплавочного материала позволяют, при заданном содержании соответствующих легирующих компонентов, оставить эксплуатационные характеристики нанесенного слоя на достаточном уровне. При этом в качестве основы для таких материалов могут быть использованы стали содержащие углерод и марганец, в количестве, примерно, совпадающем с содержанием данных элементов в стали Гадфильда. Кроме того, могут быть применены другие присадочные материалы, которые имеют систему легирования обеспечивающую высокие эксплуатационные характеристики при абразивном изнашивании.

Таким образом, можно обозначить цель выпускной работы – экономия материальных ресурсов путем увеличения диаметра шнека для бурения скважин.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

В целом бурение скважин можно классифицировать на ударное и вращательное. Применяют также их комбинации: ударно-поворотное; ударно-вращательное; Для проходки нефтяных и газовых скважин ударное бурение в настоящее время практически не применяется. Вращательное бурение с использованием шнека позволяет выполнять скважины незначительных глубин, до 50 метров. Одним из преимуществ данного способа бурения является простота способа и оборудования. Не требуется оборудование для подготовки бурового раствора. Извлечение разрушенной породы осуществляется шнеком.

На рисунке 1 показан процесс бурения скважины шнеком.



Рисунок 1 – Бурение скважины шнеком

Конструктивно шнек представляет из себя трубу или стержень, к которым приварена по спирали лента. Толщина ленты находится в пределах

5-6 мм. Непосредственно разрушающее породу долото также может быть приварено к трубе или стержню, но может крепиться механически, винтами. В данном случае изношенное долото может быть легко заменено. Иногда долото усиливают для лучшего сопротивления износу. Например, напайкой металлокерамики или наваркой износостойкого материала.

К параметрам технологического процесса бурения относятся нагрузка на долото и частота вращения шнека. Начало бурения скважины характеризуется низкими значениями нагрузки на долото при незначительной частоте вращения, 60-70 оборотов в минуту. Нагрузка на долото при этом составляет 4-6 кН.

После заглубления скважины частоту вращения увеличивают до 100-200 оборотов в минуту.

При этом следует помнить, что условия эксплуатации шнека достаточно жесткие. На шнек действует вес извлекаемой породы. При бурении вязких глин – они налипают на шнек. Меры борьбы с данным негативным явлением реверс шнека, подача воды в скважину.

1.2 Анализ свойств материала

Рассматриваемый вариант шнека бурового изготовлен из стали 110Г13Л. Содержание химических элементов и механические свойства данной стали указаны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав в % стали 110Г13Л, (Fe – остальное)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,9-1,4	0,8-1	11,5-15	до 1	до 0,05	до 0,12	до 1	до 0,3

Таблица 2 – Механические свойства отливок из стали 110Г13Л

Предел прочности	Предел текучести	Относительное удлинение	Относительное сужение	Твердость по бринелю
МПа	МПа	%	%	
654-830	360-380	34-53	34-43	186-229

Хотя рассматриваемая сталь содержит углерод в количестве около одного процента, ее пластические характеристики, характеризуемые показателями относительного удлинения и относительного сужения достаточно высокие. Но это в состоянии отливки. Для указанного материала характерным является значительное повышение прочностных характеристик при механических воздействиях.

Выполним анализ материала шнека на его свариваемость. Определить к какой группе сталь относится по свариваемости можно рассчитав эквивалент углерода. Данный показатель позволяет определить группу свариваемости по химическому составу.

В разработке математических моделей эквивалента углерода существуют два подхода.

Первый учитывает раздельное влияние каждого из элементов, входящих в состав стали:

$$С_{экв} = C + Mn/kMn + Si/kSi + Cr/kCr + Ni/kNi + Mo/kMo + V/kV + Cu/kCu + P/kP,$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, Cu, P — массовые доли химических элементов; kMn, kSi, kCr, kNi, kMo, kV, kCu, kP — коэффициенты влияния упомянутых химических элементов на С_{экв}.

Второй подход учитывает совместное влияние некоторых элементов:

$$С_{экв} = C + 0,155 (Cr + Mo) + 0,14 (Mn + V) + 0,11 Si + 0,045 (Ni + Cu).$$

В настоящее время насчитывается более десятка моделей расчета С_{экв}. Каждый исследователь применяет их по своему усмотрению. Однако, с нашей точки зрения, надо придерживаться руководящих материалов. В ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций» и в ГОСТ 192811-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия» предложено:

$$С_{экв} = Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2.$$

Широкое распространение получила формула Международного института сварки (МИС), рекомендованная европейским стандартом EN 1011-2:2001 «Рекомендации по сварке металлических материалов»:

$$С_{экв} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15.$$

В зависимости от значения эквивалента углерода свариваемость сталей характеризуется как хорошая, удовлетворительная, ограниченная и плохая. Для стали Гадфильда диапазон $S_{экв}$ от хорошей свариваемости до плохой колеблется от 0,2 до 0,41%, в то время как для машиностроительных конструкций — от 0,5 до 0,9%.

Высокий уровень механических свойств, в том числе и повышенная износостойкость и твердость за счет высокого содержания углерода и марганца вызывает трудности при сварке и наплавке [9, 10, 11].

Во-первых, следует отметить склонность к появлению холодных трещин в околошовной зоне.

Во-вторых, в металле сварного шва высока вероятность появления горячих (кристаллизационных) трещин.

В-третьих, при сварке изделий из-за структурных изменений практически невозможно достижение равнопрочности металла сварного шва и основного металла.

Для борьбы с холодными трещинами необходимо обеспечить формирование соединения в условиях оптимального термического цикла, исключающего перегрев металла. Время нахождения металла при температуре более 1000°C должно быть максимально ограничено, для чего погонная энергия наплавки должна быть минимальна.

Если уменьшение погонной энергии наплавки не позволяет устранить вероятность получения холодных трещин, то необходимо применение предварительного подогрева изделия перед наплавкой. Температура предварительного подогрева составляет 200...300°C. Для изделия достаточно протяженного, каковым является шнек, одним из вариантов предварительного подогрева будет применение газовой горелки.

Вероятность образования холодных трещин после наплавки может быть существенно уменьшена, если применить низкий отпуск изделия после наплавки. В ходе такой термической обработки происходит измельчение структуры наплавленного слоя и существенное снижение остаточных напряжений в детали.

Для борьбы с холодными трещинами следует максимально ограничить содержание в наплавленном валике водорода, для этого выполняют тщательную очистку поверхности детали перед наплавкой и применяют соответствующие наплавочные материалы.

Для борьбы с горячими трещинами наплавку следует выполнять при минимальной длине дуги. Следует выполнять тщательное заплывление кратеров с получением выпуклого мениска. Выводить кратер на основной металл запрещено.

Если произошёл вынужденный обрыв дуги, повторное возбуждение следует выполнять только после того, как убедились в отсутствии кратерной трещины, если кратерная трещина обнаружена, её следует удалить механическим способом.

1.3 Анализ возможных способов восстановления изношенного шнека

Выбор способа наплавки при построении технологии восстановления изношенных деталей играет решающую роль, так как от него зависит последовательность и режимы вспомогательных операций, состав технологического оборудования и экономические показатели эффективности проектной технологии.

Выбор способа наплавки предусматривает анализ конструктивных особенностей изделия, возможностей конкретного производства и достижений современной науки в области сварочных технологий.

В числе основных критериев, которыми следует руководствоваться при выборе способа наплавки, следует назвать:

- свойства и толщина металла заготовок, из которых состоит восстанавливаемое изделие, химический состав и свариваемость металла;
- геометрия наплавляемой поверхности;
- при выборе того или иного способа наплавки следует руководствоваться приоритетом механизированных способов перед ручными и автоматических способов перед механизированными, при этом из автоматических способов следует отдавать предпочтение способу, имеющему большую производительность;
- оценка преимуществ и недостатков рассматриваемых способов наплавки с точки зрения экономичности и стабильности качества соединений.

Анализ начнем со способа наплавки при нагреве пламенем от сгорания в кислороде различных углеводородов. Характерной особенностью данного вида наплавки является простота оборудования. Кроме того, возможность регулирования в широких пределах механических воздействий пламени является важным фактором управления формированием шва, особенно при сварке в различных пространственных положениях.

Серьезным достоинством газовой сварки является отсутствие магнитных полей, которые имеют место при дуговых процессах сварки и могут отрицательно сказываться на качестве швов.

Существенными недостатками газовой сварки по сравнению с дуговой является сравнительно низкая производительность процесса, относительно высокая стоимость сварочных материалов и повышенная степень взрывоопасности в связи с использованием горючих газов, кислорода, ацетиленовых генераторов и баллонов под высоким давлением.

Дуговая наплавка штучными электродами, рисунок 2, по-прежнему широко применяется в практике восстановления и ремонта. Широкая номенклатура выпускаемых промышленностью электродов позволяет успешно наносить покрытия, обладающие стойкостью к коррозии,

кавитационному разрушению, термической и контактной усталости.

Дуговая наплавка металлическими электродами с покрытием в настоящее время остаётся одним из самых распространённых методов, используемых при восстановлении деталей машин [6]. Главная причина этого лежит в простоте и мобильности оборудования. Покрытие на электродном стержне обеспечивает ряд технологических функций. Вводимые в покрытия компоненты могут обеспечивать легирование сварочной ванны в нужном направлении. Компоненты покрытий облегчают зажигание сварочной дуги и ее устойчивое горение, обеспечивают защиту сварочной ванны от кислорода и азота воздуха.

Конечно, следует помнить и о недостатках. Главный из них – затраты времени на замену израсходованного электрода. Помимо затрат времени прерывание цикла сварки чревато появлением дефектов сварного шва. Кроме того, сварщик при выполнении соединения вручную, в соответствии со своим опытом и практическими навыками управляет процессом.

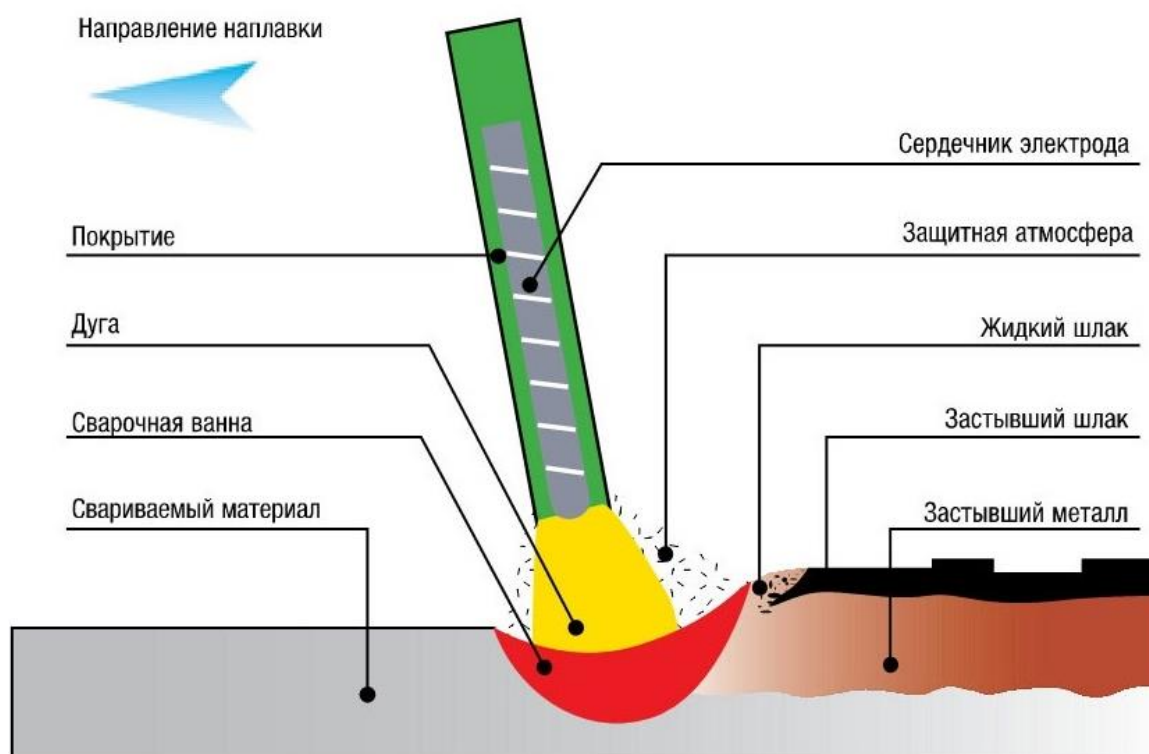


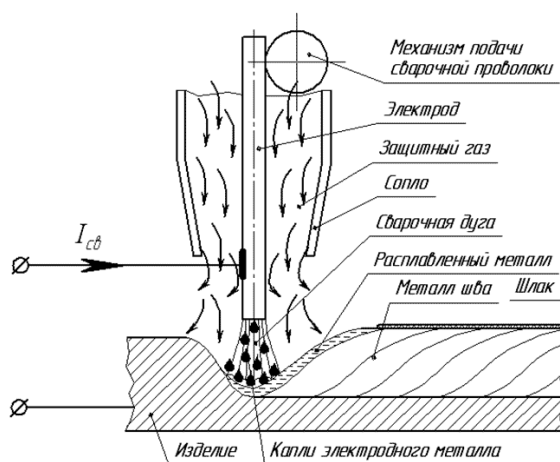
Рисунок 2 - Схема процесса ручной дуговой наплавки

В частности при получении наплавленного слоя способом ручной дуговой наплавки рабочему приходится выполнять движение электродом в трех направлениях. Первое направление – вдоль оси стержня электрода. Второе - вдоль оси наплавляемого валика, по сути оно определяет скорость сварки. Третье – поперек наплавляемого валика. Выполняя движения электродом в данном направлении рабочий обеспечивает высокую производительность процесса наплавки.

Необходимость управления и контроля множества параметров процесса требует высокой квалификации сварщика, приводит к быстрой его утомляемости.

Следует указать еще такой недостаток, как различная скорость плавления электрода в начале процесса сварки замененным электродом и в конце процесса, также и разный химический состав наплавленного покрытия получается.

В какой то степени перечисленные недостатки устраняются применением длинного электрода (присадочной проволоки), механизированная наплавка, но данный способ требует обеспечения защиты сварочной ванны, наличия устройства, подающего из бухты в зону горения сварочной дуги проволоку, рисунок 3.



1 – дуга; 2 – сопло; 3- защитный газ; 4- основной металл.

Рисунок 3 - Схема наплавки в среде защитных газов

Кроме того, не требуются операции по удалению флюса, шлака, засыпке флюса. Есть возможность визуального контроля за процессом формирования покрытия, возможна наплавка как вручную, так полуавтоматически и автоматически.

Устранить приведенный здесь такой недостаток механизированной сварки в газовых смесях, как периодическое прерывание процесса сварки из за необходимости замены израсходованного электродного стержня, можно применив способ сварки порошковой проволокой, рисунок 4. Порошковая проволока по сути является вывернутым наизнанку штучным электродом, рисунок 5.

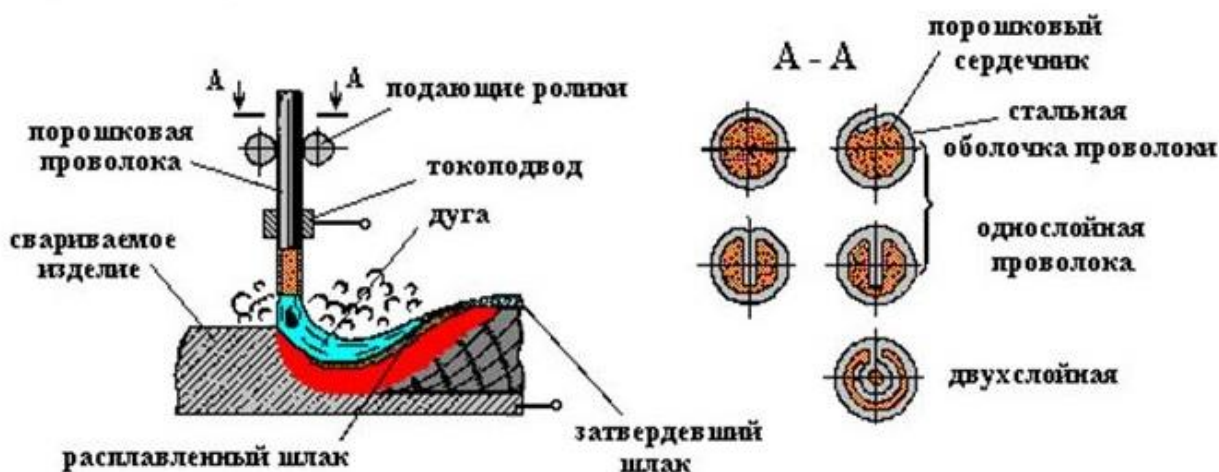


Рисунок 4 – Схема сварки порошковой проволокой



Рисунок 5 – Общий вид порошковой проволоки

Она может применяться при обеспечении газовой защиты зоны горения дуги и без газовой защиты – самозащитная проволока. При этом устраняются такие недостатки как сложность способа и низкая маневренность сварщика.

Вариант наплавки неплавящимся электродом в общем случае подразумевает, что подача присадочного материала осуществляется сварщиком вручную, рисунок 6.

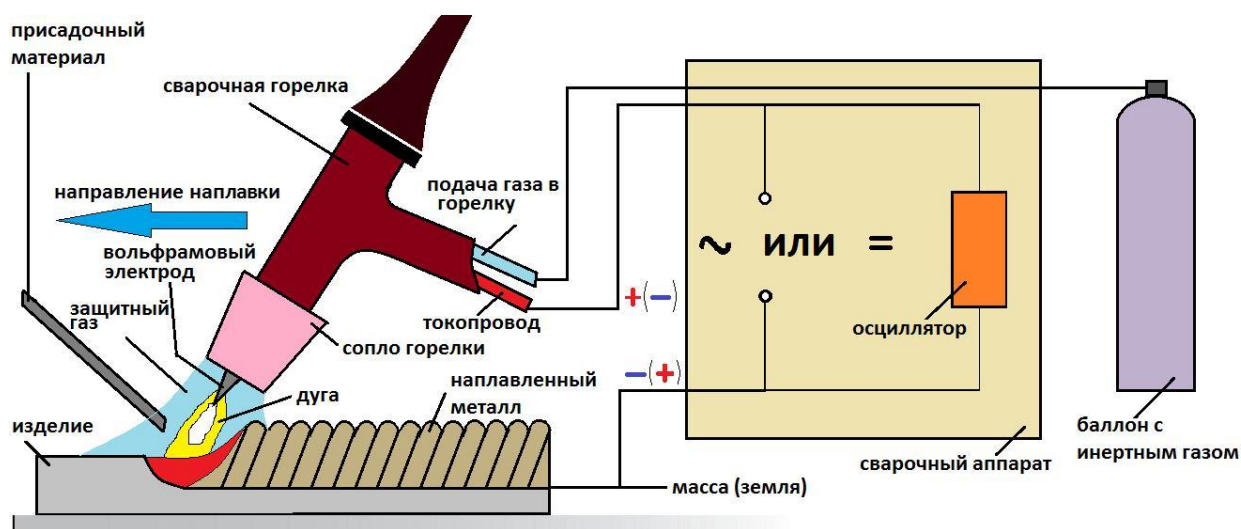


Рисунок 6 – Наплавка неплавящимся электродом.

К достоинствам наплавки неплавящимся электродом в среде защитного газа следует отнести широкий спектр материалов, на которые можно данным способом наносить слой. Практически на все цветные металлы возможно нанесение данным способом покрытия. К плюсам способа следует отнести легкость поддержания длины дуги, по сравнению со сваркой плавящимся электродом.

К минусам данного способа наплавки следует отнести необходимость использования дорогостоящего аргона. Неплавящийся электрод из вольфрама нуждается в хорошей защите. К другому минусу следует отнести необходимость манипуляций присадочной проволокой вручную. Возможна механизированная подача присадки в зону горения дуги. Для этого необходимо внесение изменений в оборудование, должен быть механизм подачи присадочной проволоки и измененная горелка, рисунок 7.

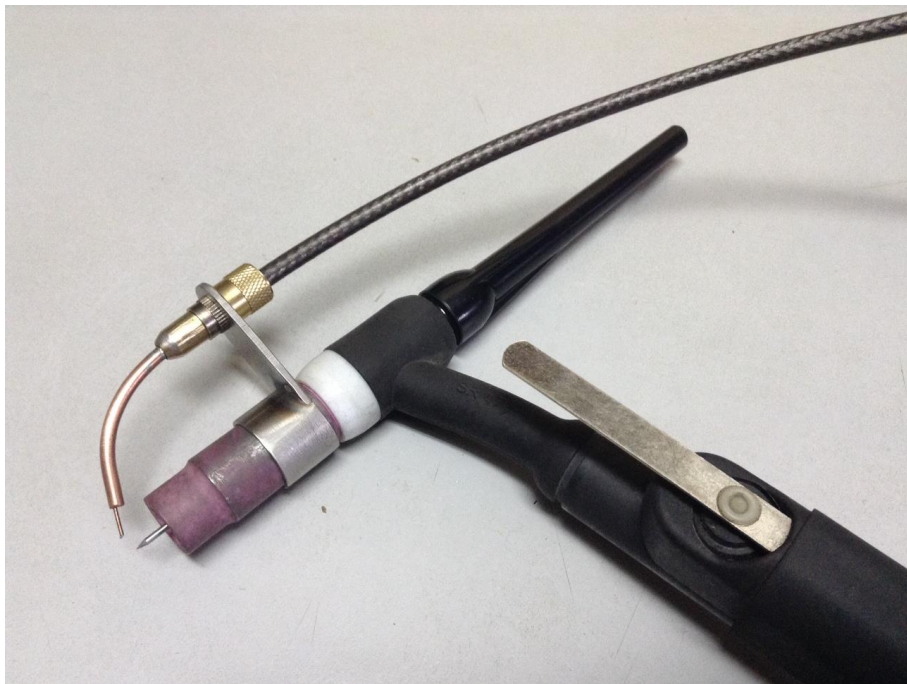


Рисунок 7 – Горелка для механизированной сварки неплавящимся электродом

Общим достоинством дуговых способов наплавки является хорошее сцепление наплавленного слоя с основой. Применение дуговой наплавки рекомендуется при величине износа более 0,5 мм. В нашем случае величина износа достигает 2-3 см.

Таким образом останавливаемся на варианте дуговой наплавки.

1.4 Возможные варианты наплавочных материалов

Сначала разработка технологии нанесения слоя наплавкой предусматривает выбор наплавочного материала [11]. Здесь есть смысл проанализировать предложения ведущих производителей наплавочных материалов. Рассмотрим, что предлагает из наплавочных материалов порошковой проволоки фирма LINCOLN ELECTRIC [9].

Проволока Lincore 15CrMn применяется для нанесения предварительного слоя. Химический состав наплавленного данной проволокой материала около 0,4% углерода, и по 15% хрома и марганца. Структура наплавленного слоя – аустенит. Ввиду высокого содержания марганца наплавленный слой склонен к наклепу, как сталь Гадфилда. При

этом происходит увеличение твердости от значений 18 – 22 HRC (после наплавки) до 40 – 50 (после наклепа).

Проволока Lincore M также в наплавленном слое содержит около 13% марганца и обладает аустенитной структурой. Наплавленный металл обладает склонностью к наклепу. При этом происходит увеличение твердости от значений 18 – 28 HRC (после наплавки) до 30 – 48 (после наклепа).

Проволока Lincore 50 обеспечивает содержание в наплавленном слое углерода, до 2% и хрома до 10%. За счет высокого содержания данных химических элементов твердость наплавленного слоя составляет 48 – 52 HRC.

Проволока Lincore 60 также обеспечивает значительную твердость наплавленного слоя за счет высокого содержания углерода и хрома в наплавленном слое. Твердость 55 – 60 HRC.

Проволока Lincore 65-O характеризуется еще большим содержанием углерода и хрома в наплавленном слое. Поэтому его твердость еще больше, достигает 60 – 65 HRC.

Другим всемирно известным производителем присадочных материалов, в том числе и для нанесения слоев, является фирма Castolin Eutectic [10]. Среди выпускаемых данным предприятием самозащитных наплавочных проволок рассмотрим следующие варианты.

TeroMatec AN 4630. Наплавочная проволока для защиты от абразивного и эрозионного износа в условиях минимальных ударных нагрузках. Твердость 1й слой [HRC] 66 2й слой [HRC] 70.

TeroMatec AN 4660. Наплавочная проволока для защиты от абразивного и эрозионного износа в условиях умеренных ударных нагрузок. Твердость 1_й слой HRC 59, 2й слой HRC 62

TeroMatec AN 4666. Наплавочная проволока для защиты от абразивного и эрозионного износа в условиях умеренных ударов и давления.

Предприятие ESAB выпускает самозащитные порошковые проволоки для наплавки [12].

Проволока ОК Tubrodur 14.70 используется на практике для наплавки деталей, работающих в контакте с рудой, землей и т.д. в условиях абразивного износа. Проволока после того, как получен наплавленный слой обеспечивает следующий его химический состав, %. С 3,5; Si 0,4; Mn 0,9; Cr 22,0; Mo 3,5; V 0,4. Твердость полученного слоя 50 - 60 HRC.

Отечественные разработки по порошковой самозащитной проволоке. Проволока ПП-Нп-200Х15С1ГРТ, старое обозначение ПП-АН125. Область применения – наплавка слоя на детали подверженные абразивному износу. Проволока после того, как получен наплавленный слой обеспечивает следующий его химический состав, %. С 1,9; Si 1,5; Mn 1,2; Cr 17,0; Ti 0,5; В 0,7. Твердость полученного слоя 46 - 58 HRC.

Проволока ПП-Нп-250Х10Б8С2Т, старое обозначение ПП-АН135. Область применения – наплавка слоя на детали подверженные абразивному износу в сочетании с ударными нагрузками. Проволока после того, как получен наплавленный слой обеспечивает следующий его химический состав, %. С 2,6; Si 2,0; Mn 1,2; Cr 9,5; Ti 0,9; Nb 7,5. Твердость полученного слоя 50 - 58 HRC.

Проволока ПП-Нп-80Х20Р3Т, старое обозначение ПП-АН170. Область применения – наплавка слоя на детали подверженные абразивному износу. Проволока после того, как получен наплавленный слой обеспечивает следующий его химический состав, %. С 0,8; Si 0,8; Mn 0,8; Cr 20,0; Ti 0,5; В 3,4. Твердость полученного слоя 58 - 65 HRC.

Анализ химического состава проволоки показывает, что характерным является повышенное содержание углерода. Это обеспечивает наплавленному слою высокие значения твердости. Также для химического состава проволоки является характерным высокое содержание хрома.

Рассмотрим подробнее характеристики отечественных проволок: ПП-Нп-200Х15С1ГРТ; ПП-Нп-250Х10Б8С2Т; ПП-Нп-80Х20Р3Т [13].

Данные проволоки выпускаются следующих диаметров.

ПП-Нп-200Х15С1ГРТ 1,6-1,8; 2,0-2,2; 2,4-2,6; 2,8-3,0; 3,2 мм.

ПП-Нп-250Х10Б8С2Т, ПП-Нп-80Х20Р3Т: 2,0-2,2; 2,4-2,6; 2,8-3,0; 3,2 мм.

Соответственно диаметру проволоки устанавливаются и параметры режима наплавки.

Для проволоки ПП-Нп-200Х15С1ГРТ параметры режима наплавки составят: при диаметре 1,6-1,8 мм сила тока 160-240 А; напряжение 24-27 В; скорость наплавки 10-15 м/час;

при диаметре 2,0-2,2 мм сила тока 180-260 А; напряжение 25-28 В; скорость наплавки 12-18 м/час;

при диаметре 2,4-2,6 мм сила тока 200-320 А; напряжение 26-28 В; скорость наплавки 15-20 м/час;

при диаметре 2,8-3,0 мм сила тока 260-350 А; напряжение 26-29 В; скорость наплавки 18-23 м/час;

при диаметре 3,2 мм сила тока 300-450 А; напряжение 27-30 В; скорость наплавки 20-25 м/час.

Для проволоки ПП-Нп-250Х10Б8С2Т параметры режима сварки:

при диаметре 2,0-2,2 мм сила тока 180-260 А; напряжение 26-29 В; скорость наплавки 12-18 м/час;

при диаметре 2,4-2,6 мм сила тока 200-320 А; напряжение 27-30 В; скорость наплавки 15-20 м/час;

при диаметре 2,8-3,0 мм сила тока 260-350 А; напряжение 28-32 В; скорость наплавки 18-23 м/час;

при диаметре 3,2 мм сила тока 300-450 А; напряжение 29-33 В; скорость наплавки 20-25 м/час.

Для проволоки ПП-Нп-80Х20Р3Т параметры режима сварки:

при диаметре 2,0-2,2 мм сила тока 200-280 А; напряжение 26-28 В; скорость наплавки 12-18 м/час;

при диаметре 2,4-2,6 мм сила тока 220-320 А; напряжение 27-29 В;
скорость наплавки 15-20 м/час;

при диаметре 2,8-3,0 мм сила тока 280-350 А; напряжение 28-30 В;
скорость наплавки 18-23 м/час;

при диаметре 3,2 мм сила тока 320-450 А; напряжение 30-32 В;
скорость наплавки 20-25 м/час.

Рассмотрим отечественную наплавочную проволоку Нп-30Х10Г10Т.

При диаметре 2,0 мм сила тока 200-280 А; напряжение 26-28 В;
скорость наплавки 12-18 м/час;

1.5 Задачи работы

Цель выпускной квалификационной работы, сформулированная в разделе Введение – экономия материальных ресурсов путем увеличения диаметра шнека для бурения скважин. Анализ геометрии шнека показывает, что приходится выполнять наплавку на ребро толщиной 5-6 мм при величине износа 20-30 мм. Без применения специальных формующих устройств это не представляется возможным.

Поэтому достичь поставленную в работе цель можно решив следующие задачи: выбор режимов наплавки; разработка типового технологического процесса наплавки; разработка эскизного проекта устройства, обеспечивающего формирование наплавленного слоя на ребро шнека; анализ разработанных технических решений на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала; рассчитать экономические показатели предложенного процесса наплавки.

2 Разработка технологического процесса восстановления

2.1 Подбор присадочного материала

В первом разделе работы проанализированы: ручная дуговая сварка штучными покрытыми электродами, международная аббревиатура MMA; сварка самозащитной порошковой проволокой, в том числе и автоматическая, международное обозначение FCAW; сварка под слоем флюса, международное обозначение SMAW; сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах, обозначение MIG/MAG; сварка неплавящимся электродом .

С учетом необходимости применения формующих устройств останавливаем свой выбор на варианте наплавки проволокой сплошного сечения в защитных газах, обозначение MIG/MAG.

«Первым этапом разработки технологии механизированной наплавки является выбор порошковой проволоки. Это важный этап в разработке технологии наплавки, так как марка выбранного материала определяет химический состав получаемого в процессе восстановления слоя, значит и эксплуатационные его эксплуатационные характеристики» [15]. В процессе бурения скважины шнек подвержен действию абразивного износа и ударных нагрузок. Поэтому материал шнека, сталь 110Г13Л, содержит сравнительно высокое количество таких элементов как углерод, 0,9-1,4% и марганец, 11-15%.

При выборе сварочных материалов, в данном случае это порошковая проволока необходимо обеспечить получение наплавленного слоя, химический состав которого совпадает со сталью 110Г13Л. Однако при наплавке протекают в сварочной ванне металлургические процессы, поэтому содержание элементов в присадочной проволоке и нанесенном наплавкой слое могут отличаться. Часть химических элементов может выгореть, часть перейти в шлак.

Предварительный анализ подходящих по химическому составу порошковой проволоки выполняли исходя из информации, заложенной в ГОСТ 26101-84. Согласно таблице 4 данного документа с высоким содержанием марганца и углерода выпускаются следующие проволоки:

Проволока ПП-Нп-65Х5Г12МС: С - 0,6 %; Si - 0,9 %; Mn - 12 %; Cr - 4 %; W - 2 %; Mo - 2,2 %; V - 0,2 %.

Проволока ПП-Нп-200Х12ВФ: С - 1,8 %; Si - 0,4 %; Mn - 0,3 %; Cr - 12 %; W - 1 %; V - 0,25 %.

Проволока ПП-Нп-200Х15С1ГРТ: С - 2 %; Si - 1,5 %; Mn - 1 %; Cr - 15 %; Ti - 0,6 %; В - 0,7 %.

Проволока ПП-Нп-90Г13Н4: С - 0,7...0,9 %; Si - 0,1-0,3 %; Mn - 13...15 %.

Характеристики проволоки ПП-Нп-65Х5Г12МС следующие:
Коэффициент наплавки 23 г/Ач; Твердость после наплавки HRC - 40...46.

Характеристики проволоки ПП-Нп-200Х12ВФ следующие:
Коэффициент наплавки составляет 12 г/Ач; Твердость после наплавки HRC - 40...44.

Характеристики проволоки ПП-Нп-200Х15С1ГРТ следующие:
Коэффициент наплавки составляет 16 г/Ач. Твердость после наплавки HRC - 50...56.

Характеристики проволоки ПП-Нп-90Г13Н4 следующие:
Коэффициент наплавки составляет 11 г/Ач; Твердость после наплавки HRC - 40...46.

Если анализировать свойства, то высокими эксплуатационными характеристиками в процессе абразивного износа обладают проволоки: ПП-Нп-200Х15С1ГРТ и ПП-Нп-200Х12ВФ. Но у нас еще и ударные нагрузки, поэтому рекомендуем проволоку ПП-Нп-90Г13Н4.

2.2 Устройство для формирования

Основой кристаллизатора 3 является торцовая пластина и две боковые пластины, одна из которых 11 выполнена подвижной относительно торцовой пластины кристаллизатора 3 и ее прижимает к перу шнека пружина 13. За счет того, что подвижная пластина подпружинена, она прижимается к наплавляемой поверхности и исключает протекание расплавленного металла, рисунок 8.

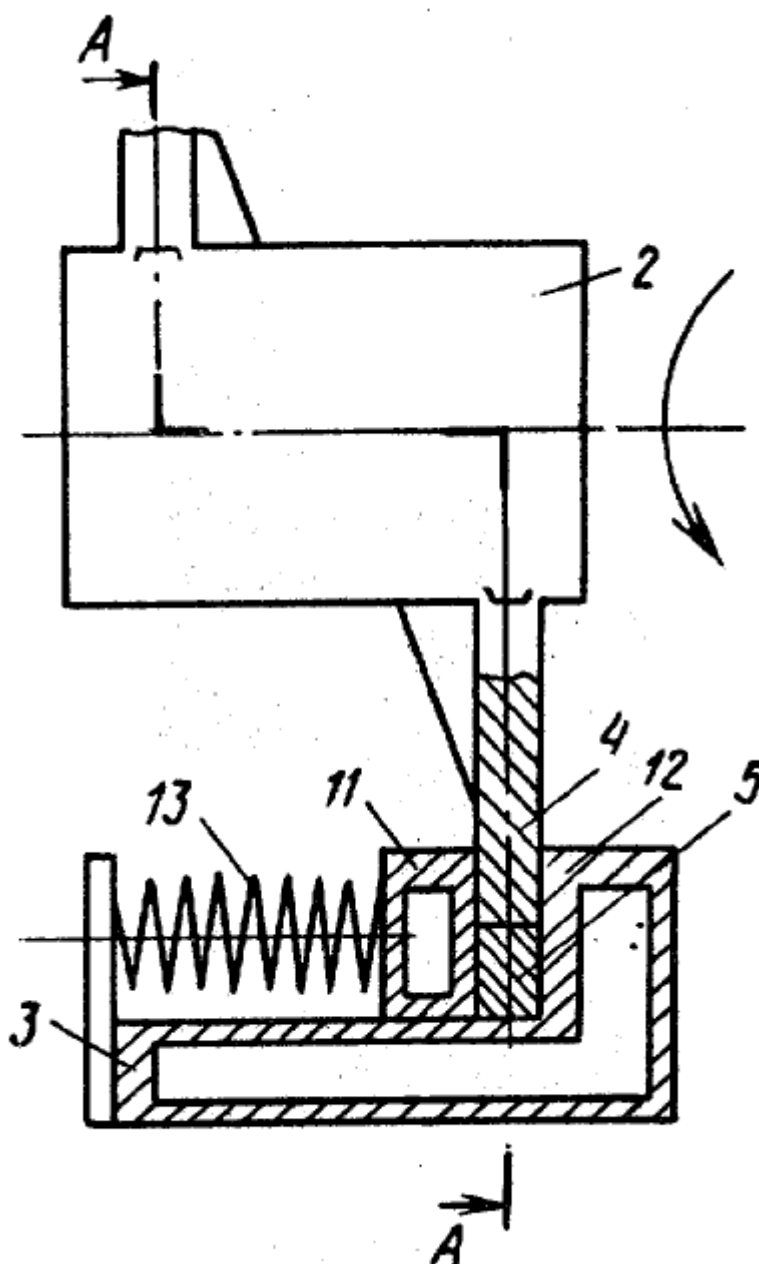


Рисунок 8 – Схема кристаллизатора

Перед началом наплавки в нижней части зазора 5 между пластинами 11 и пластиной кристаллизатора 3 устанавливают технологическую пластину (закладную деталь), затем зажигают дугу, и при заполнении зазора на 2-3 высоты включается вращение шнека. Общая высота кристаллизатора принимается равной трем высотам жидкого металла H , рисунок 9.

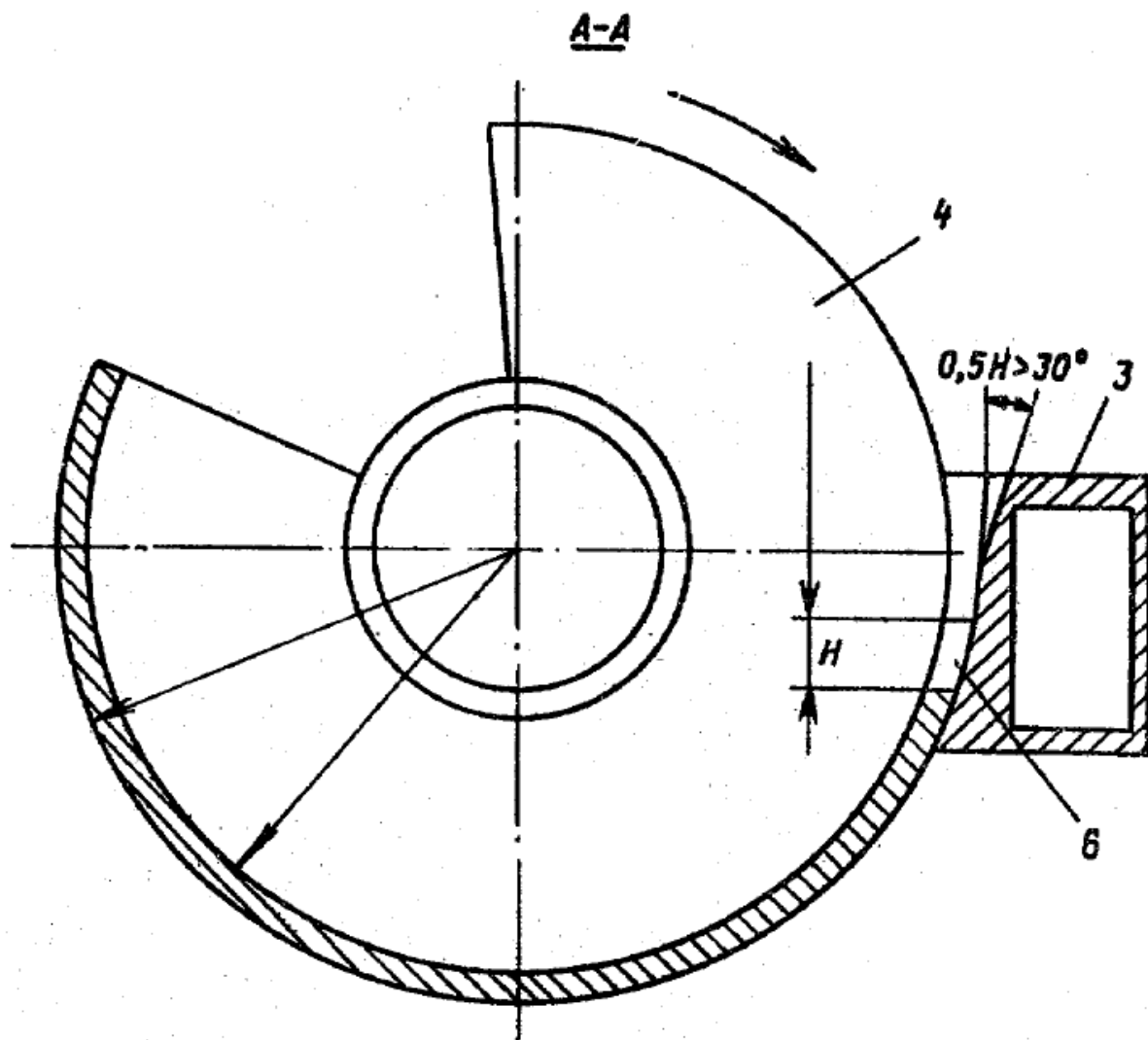


Рисунок 9 – Схема кристаллизатора, сечение А-А

Общая схема установки приведена на рисунке 10. Последовательность работы установки следующая. Сначала устанавливается шнек 2 и фиксируется с возможностью поворота вокруг оси. Кристаллизатор при помощи механизма подачи 17 подводится в контакт с боковыми поверхностями, выставляется размер наплавляемого слоя. При помощи узла коррекции 14 кристаллизатор 3 ориентируется относительно вертикальной плоскости таким образом, чтобы пластина 11 и кристаллизатор 3 касались

без зазора пера шнека 2. Держатель 20 сварочной горелки устанавливает вылет и пространственную ориентацию сварочной горелки относительно рабочего пространства. Затем снизу закрываем рабочее пространство закладной пластиной.

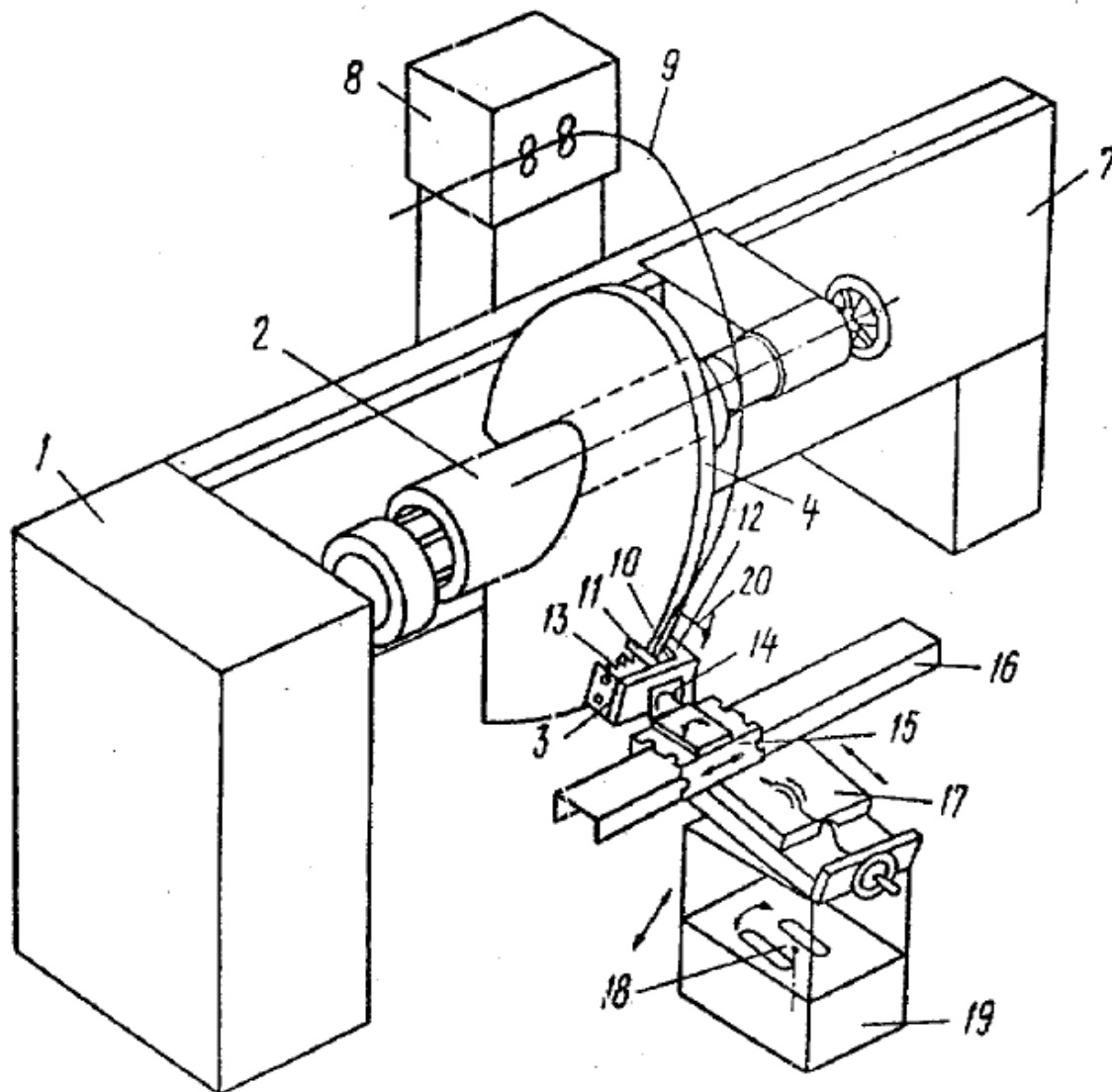


Рисунок 10 – Общий вид установки

Угол наклона плоскости, сопряженной с цилиндрической поверхностью торцевой пластины кристаллизатора, должен быть не менее 30° , является расчетным и технологически подтвержден стабильностью надежного возбуждения процесса наплавки на дне кристаллизатора с закладной деталью и необходимостью визуального и автоматического контроля уровня шлаковой ванны при установившемся режиме. Если угол

меньше 30° , то электродная проволока не сможет достигнуть закладной детали на дне кристаллизатора и в ограниченном пространстве из-за кривизны поверхности. В этом случае произойдет выход дуги на изделие или кристаллизатор, что приводит к невозможности формирования качественного направленного слоя на периферийной кромке шнека.

2.3 Технология наплавки

Первым этапом проектного технологического процесса является подготовительная операция. Вначале производят очистку шнека от загрязнений. Для очистки применяется аппарат высокого давления, OERTZEN E 500-30, рисунок 11.



Рисунок 11 – Аппарат высокого давления

Затем устанавливают шнек в установку, см. рис. 2.3. Устанавливают кристаллизатор. Зажигают дугу и после формирования должной глубины расплавленного металла Н, см. рис. 9, и включают вращение шнека.

Скорость вращения шнека, по сути скорость наплавки, 0,8-2,6 м/ч. При скорости менее 0,8 м/ч получается низкая производительность. Увеличение скорости наплавки свыше 2,6 м/ч не обеспечивает должной степени охлаждения жидкой ванны в кристаллизаторе, что ведет к прорывам.

При этом скорость подачи присадочной проволоки составляет 10 м/мин. Напряжение дуги 22-24 В, и сила тока 210-230 А.

В качестве присадочного материала используют порошковую проволоку ПП-Нп-90Г13Н4 диаметром 2,6 мм.

Наплавку производят в воздушной среде, так как проволока самозащитная.

По окончании наплавки гасят дугу, выключая источник сварочного тока, делают выдержку примерно 5 минут, чтобы

Далее выполняют контроль качества визуальным осмотром, выявляя наличие таких дефектов, как выходящие на поверхность поры, непровары, трещины, шлаковые включения. В случае обнаружения дефектов их зачищают и заваривают способом РДСПЭ электродами электродами ОЗЛ-19, ОМГ-Н, Т 590 или НИИ-48Г с повторным контролем качества.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при восстановительной наплавке изношенных шнеков бурового оборудования. Проектная технология предусматривает применение автоматической сварки с применением специализированного оборудования, формующего устройства и установки для вращения шнека. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, таблица 3:

- входной контроль (для выполнения операции применяются мостовой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор);
- подготовительная операция (для выполнения операции применяются щетка металлическая, аппарат высокого давления);
- настроечная (для выполнения операции применяются специализированное оборудование с формующим устройством, сварочный источник питания, полуавтомат, сварочная проволока, зачистная машинка);

- наплавка (для выполнения операции применяются для выполнения операции применяются специализированное оборудование с формующим устройством, сварочный источник питания, полуавтомат, сварочная проволока,);

- контроль качества (для выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля, шаблон УШС-3).

Таблица 3 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
Входной контроль	Дефектоскопист	мостовой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	щетка металлическая, аппарат высокого давления	Рукавицы, вода техническая
Настроечная операция	Электросварщик	Источник питания, сварочный полуавтомат, устройство формирования	Рукавицы, сварочная проволока
Операция наплавки	Электросварщик	Источник питания, сварочный полуавтомат, устройство формирования	Рукавицы сварочная проволока
Контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, шаблон УШС-3	Рукавицы

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса,

таблица 4. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм [24].

Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 	<ul style="list-style-type: none"> - мостовой кран; - инструменты
Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - швеллер технологический
Настроечная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 	<ul style="list-style-type: none"> - устройство формирования; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка;

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Операция наплавки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - сварочный полуавтомат; - сварочный источник питания; сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Мероприятия по уменьшению действия профессиональных рисков систематизируем и проанализируем в таблице 5. Основа мероприятий – инструктажи по технике безопасности. На производстве правилами предусмотрены вводные инструктажи, первичный инструктаж на рабочем месте, ежеквартальные инструктажи и в случае травмы кого то из сотрудников проводится внеочередной инструктаж. Также важным для обеспечения техники безопасности является применение спецодежды. Для каждого технологического процесса предусмотрен свой вариант спецодежды.

Таблица 5 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха;	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, таблица 6, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 7.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Наименование участка» [30].	«Наименование оборудования» [30].	«Классификация по виду горящего вещества» [30].	«Наименование основных опасных факторов пожара» [30].	«Наименование вторичных опасных факторов пожара» [30].
«Участок, на котором осуществляется сборка и сварка» [30].	«Технологический швеллер, источник питания сварочной дуги AUTOTIG 250-4 SE, головка сварочная POLYSOUND TS34, машинка шлифовальная» [30].	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [30].	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [30].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [30].

3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию, таблица 9 этих негативных факторов и предложить меры защиты, таблица 10.

Таблица 9 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Наплавка на ребро изношенного шнека	«Подготовительная операция, настроечная операция, операция наплавки, контрольные операции» [30].	«Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [30].	«Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения» [30]..	«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [30].

Таблица 10 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [30].
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в системе охлаждения сварочной головки и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [30].

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии наплавки изношенного шнека бурового оборудования.

Изучение особенностей технологического процесса наплавки с применением технологии механизированной сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложено для повышения эффективности наплавки изношенного шнека бурового оборудования применить современные достижения сварочной науки. Принято решение построение проектной технологии наплавки выполнять на базе оборудования формирования слоя при наплавке на ребро шнека. Необходимость применения специализированного кристаллизатора для формирования наплавленного на ребро слоя обусловлена тем, что без кристаллизатора придется выполнять множество проходов и потом механически доводить каждый проход до кондиции.

Базовый вариант технологии предполагает использование ручной дуговой сварки по методу ММА. Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки порошковой самозащитной проволокой.

Замена способа ручной сварки на механизированную позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 11.

Таблица 11 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
Принятые значения коэффициента доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
Принятые значения коэффициента отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
Принятые значения коэффициента отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	15000	240000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
Принятые значения коэффициента нормы амортизации оборудования	$Н_а$	%	21,5	21,5
Принятые значения коэффициента т транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Принятые значения коэффициента затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	11	11
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, см. табл. 4.1: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$.

Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$:

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

Машинное время рассчитаем исходя из длины сварного шва и скорости сварки. Скорость сварки для варианта дуговой наплавки штучными электродами составляет $V_{св} = 20-25$ см/мин, для варианта механизированной наплавки $V_{св} = 50-55$ см/мин.

Протяженность сварных швов в применяемом и предлагаемом варианте технологии составляет $L = 28703$ миллиметров.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

$$t_{маш} = \frac{\Sigma L}{V_{св}} \quad (4)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4), составит:

$$t_{машб} = 28703,7/25 = 1148,148 \text{ мин} = 19,13 \text{ час}$$

$$t_{машпр} = 28703,7/50 = 574,07 \text{ мин} = 9,56 \text{ час}$$

Штучное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит, таблица 12:

Таблица 12 – Штучное время

Вариант	$t_{маш}$	$t_{всп}$ 15%	$t_{обсл}$ 10%	$t_{отл}$ 5%	$t_{п-з}$ 1%	$t_{шт}$
Базовый:	19,13	2,8695	1,913	0,9565	0,1913	25,06
Проект.	9,56	1,434	0,956	0,478	0,0956	12,53

Годовая программа $\Pi_{г}$ выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{э}$ и согласно (3) штучного времени $t_{шт}$:

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $\Pi_{г}=50$ изделий в год.

При этом необходимое количество $n_{расч}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического

процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{вн}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$):

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{ШГ} \cdot \Pi_{Г}}{F_{Э} \cdot K_{ВН}} \quad (5)$$

Требуемое количество оборудования $n_{расч}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{РАСЧ.б} = \frac{25,06 \cdot 50}{2054 \cdot 1,1} = 0,55 \text{ед.}, \quad n_{РАСЧ.пр} = \frac{12,53 \cdot 50}{2054 \cdot 1,1} = 0,27 \text{ед.}$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{пр} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,55/1 = 0,55,$$

$$K_{3п} = 0,27/1 = 0,27.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

При получении наплавленного слоя на изношенные ребра спирали шнека бурового оборудования требуются вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии технологический процесс ручной

сварки характеризуется расходом присадочной проволоки и защитного газа. Разработанный и предлагаемый к применению технологический процесс автоматической сварки характеризуется расходом защитной смеси газов и сварочной проволоки.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{ТЗ}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 550 \cdot 1,05 = 6353 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{проектн.}} = 11 \cdot 470 \cdot 1,05 + 130 \cdot 7 \cdot 1,05 = 6384 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента K_d доплат:

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

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 25,06 \cdot 200 \cdot 1,88 = 9400 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 12,53 \cdot 200 \cdot 1,88 = 4711 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12 \%$):

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

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{доп.базов.} = 9400 \cdot 12 / 100 = 1128 \text{ руб.},$$

$$Z_{доп.проектн.} = 4711 \cdot 12 / 100 = 565 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{осн}$ и дополнительной $Z_{доп}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{базов.} = 9400 + 1128 = 10528 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 4711 + 565 = 5276 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{сн}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды:

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{сн.баз.} = 10528 \cdot 34 / 100 = 3579 \text{ руб.},$$

$$O_{сн.проектн.} = 5276 \cdot 34 / 100 = 1794 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{об}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{об}$ на амортизацию и $P_{ээ}$ на электрическую энергию:

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

Величина $A_{об}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{об}$, нормы амортизации H_a , машинного времени $t_{маш}$, и эффективного фонда времени F , с использованием зависимости:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot На \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{ОБ.БАЗ} = \frac{150000 \cdot 19,13 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 1067 \text{ руб.}$$

$$A_{ОБ.ПР} = \frac{240000 \cdot 9,56 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 804 \text{ руб.}$$

$$A_{об. пр.} = 2400000 \cdot 21,5 \cdot 3,2 / 2054 / 100 = 804 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{ээ}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{уст}$, цены электрической энергии $Ц_{ээ}$ для предприятий, машинного времени $t_{маш}$ и $KПД$ оборудования:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД}. \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{ээ баз} = 6,8 \cdot 19,13 \cdot 3,2 / 0,7 = 594 \text{ руб.},$$

$$P_{ээ пр} = 3,2 \cdot 9,56 \cdot 3,2 / 0,85 = 115 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Зоб_{баз.} = 1067 + 594 = 1661 \text{ руб.},$$

$$Зоб_{проектн.} = 804 + 115 = 919 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $З_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сн}} + З_{\text{об}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 6353 + 10528 + 3579 + 1661 = 22121 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 6384 + 5276 + 1794 + 919 = 14373 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 22121 + 1,5 \cdot 9400 = 22121 + 14100 = 36221 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 14373 + 1,5 \cdot 4711 = 14373 + 7066 = 21439 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{ЗАВБаз.} = 36221 + 1,15 \cdot 9400 = 36221 + 10810 = 47031 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 21439 + 1,15 \cdot 4711 = 21439 + 5417 = 26856 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для варианта наплавки ручной дуговой сварки и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 13.

Таблица 13 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на вспомогательные материалы	<i>М</i>	6353	6384
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	10528	5276
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	3579	1794
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	1661	919
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	22121	14373
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	14100	7066
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	36221	21439
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	10810	5417
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	47031	26856

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $C_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{об.б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (17)$$

Остаточную стоимость $C_{\text{об.б.}}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $C_{\text{перв}}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$Ц_{ОБ.Б.} = Ц_{ПЕРВ.} - (Ц_{ПЕРВ.} \cdot T_{СЛ} \cdot N_A / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$Ц_{ОБ.Баз.} = 15000 - (15000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 8550 \text{ руб.},$$

$$K_{ОБЩБаз.} = 1 \cdot 8550 \cdot 0,55 = 2736 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{общ. пр.}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{об. пр.}$, вложений в производственные площади $K_{пл. пр.}$, сопутствующих вложений $K_{соп.}$:

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

Капитальные вложения $K_{об. пр.}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $Ц_{об. пр.}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{ЗП}$ по проектному варианту:

$$K_{об. пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{ЗП}. \quad (20)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{ОБ.ПР} = 240000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 37800 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения $K_{соп.}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{дем}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{монт}$ проектного оборудования:

$$K_{соп.} = K_{дем} + K_{монт}. \quad (21)$$

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $C_{\text{б}}$ и $C_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (22)$$

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

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 150000 \cdot 0,05 = 7500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 240000 \cdot 0,05 = 12000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 7500 + 12000 = 19500 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ. пр.}} = 37800 + 19500 = 57300 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ и $K_{\text{общ. б.}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ. пр.}} - K_{\text{общ. б.}} \quad (24)$$

$$K_{\text{доп}} = 57300 - 27360 = 29940 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы $\Pi_{\text{Г}}$:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\text{Г}}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 27360/50 = 547 \text{ руб./ед.}; K_{\text{удПроктн.}} = 57300/50 = 1146 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{шт.б.}$ и $t_{шт.пр.}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% . \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{25,06 - 12,53}{25,06} \cdot 100\% = 50\%$$

Расчёт повышения производительности труда Π_T при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} . \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{22121 - 14373}{22121} \cdot 100\% = 35\%$$

Расчёт условно-годовой экономии $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (47031 - 26856) \cdot 50 = 1295769 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{УГ}}} \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = \frac{29940}{1295769} \approx 0,5 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{УГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$ЭГ = 1295769 - 0,33 \cdot 29940 = 1285888 \text{ руб.}$$

При выполнении базовой технологии наплавки слоя на изношенную поверхность шнека применяется способ сварки – ручная дуговая штучными электродами.

Недостатки применения ручной дуговой сварки штучным электродом: малая производительность выполнения сварочных работ; работа сварщика в тяжёлых условиях; низкая стабильность качества сварки; повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование сварки порошковой самозащитной проволокой при помощи головки, обеспечивающей автоматическое ведение процесса сварки [30].

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 50 %, повышение производительности труда на 100 %, уменьшение технологической себестоимости на 35%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 1,29 млн. рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,28 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

Цель выпускной работы – экономия материальных ресурсов путем увеличения диаметра шнека для бурения скважин. Шнековые буры изготавливают из дорогих сталей, например, стали Гадфильда. Особенность стали Гадфильда - при высоком содержании углерода она дополнительно легирована марганцем в количестве 11-15%. За счет такого легирования данная сталь при эксплуатации, в процессе механического воздействия, сильно наклепывается – ее твердость повышается до значений 53-56 HRC.

Анализ применяемого технологического процесса наплавки штучными электродами показал, что ему сопутствует ряд недостатков. Главным недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов снижает производительность и качество сварочных работ. Следующий недостаток - работа сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Также существенным недостатком следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика.

Выполненный анализ возможных вариантов нанесения слоя на изношенную поверхность шнека бурового оборудования позволил рекомендовать механизированную сварку с применением порошковой проволоки. Выбрана наплавочная проволока ПП-Нп-90Г13Н4.

Применение механизированной сварки самозащитной порошковой с использованием формующего устройства позволяет повысить производительность труда на 84%. При этом, рассчитанный в разделе «Экономическое обоснование» бакалаврской работы размер годового экономического эффекта составит 36000 руб.

Можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ. М.: Высшая школа, 1986. 167 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение, 2006. 368 с.
3. Антошин, Е.В. Газотермическое напыление покрытий. М.: Машиностроение, 1974. 95 с.
4. Бабинец А.А., Рябцев И.А., Панфилов А.И. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
5. Балашова С.А. Математическое моделирование взаимодействия лазерного излучения с плазменным потоком для повышения прочности покрытий. Автореферат диссертации кандидата техн. наук. Иваново. 2009. 20 с.
6. Горбатов И.Н., Шкиро В.М., Терентьев А.Е. Исследование свойств газотермических покрытий из композиционных порошков никель-карбид титана и хрома // Физико-химическая обработка материалов. – 1991. – № 4. – С. 102–106.
7. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
8. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
9. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2001. 206 с.
10. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России. 1995. 230 с.

11. Доронин О.Н. Разработка электроискровой технологии упрочнения прокатных валков из белого чугуна. Автореферат диссертации кандидата технических наук. М.: 2013. 22 с.

12. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.

13. Жариков С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.

14. Зайцев К.В. Совершенствование технологии процесса ультразвуковой обработки поверхностей стальных деталей перед нанесением газотермических покрытий. Автореферат диссертации кандидата техн. наук. Тюмень. 2011. 19 с.

15. Землянушнова Н.Ю. Совершенствование технологии ремонта колец опорно-поворотных устройств // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. №4. С. 34

16. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.

17. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.

18. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.

19. Коротков В.А., Бердников А.А., Толстов И.А. Восстановление и упрочнение деталей и инструмента плазменными технологиями. Челябинск: Изд-во Металлургия. 1993. 144 с.

20. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.

21. Мьяконьков М.Б., Хмелевская В.Б. Сравнительные исследования способов нанесения покрытий на поршневые кольца для уменьшения их износа // Металлообработка. 2010. № 3. С. 36-40

22. Никонов В.О. Совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов автомобильных двигателей плазменным напылением с одновременной электрохимической обработкой. Автореферат диссертации кандидата техн. наук. Владимир. 2013. 17 с.

23. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.

24. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.

25. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).

26. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.

27. Черноиванов В.И. Голубев И.Г. Восстановление деталей машин. – М.: ФНГУ «Росинформагротех», 2010. 376 с.

28. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.

29. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

30. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

31. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // *Welding and Metal Fabrication*. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

32. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // *Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph* /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.

33. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // *Welding and Metal Fabrication*. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

34. Malinov L.S., Malinov, L.V. Burova D.V., Anichenkov V.V. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure // *Journal of Friction and Wear*. – 2015. – №3. – P. 237–240.

35. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // *Metal Constr. and Brit. Weld. J.* 1971. № 6. P. 230–233.