

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технологический процесс восстановления лопастей гидротурбины»

Студент

М.В. Колесников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.В. Моторин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« » 20 г.

АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – продление срока службы лопастей гидротурбин за счет ремонта поврежденных кавитацией участков.

Для достижения цели в работе решены следующие задачи: выбран способ наплавки; подобран наплавочный материал и способ наплавки; разработан технологический процесс наплавки подобрано оборудование; предусмотрены мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала, принимающего участие при изготовлении изделия; произведена экономическая оценка мероприятий технического характера, разработанных в проекте.

Пояснительная записка содержит __56__ стр., __14__ рисунков, __6__ таблиц.

В данной работе проведен анализ технологии наплавки лопастей гидротурбин. По результатам анализа сделан вывод, о предпочтительности замены способа наплавки штучными электродами на механизированную наплавку. Для осуществления техпроцесса наплавки подобрано оборудование.

Также разработаны мероприятия по безопасному производству работ и определена экономическая эффективность бакалаврской работы.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Описание процесса кавитации.....	6
1.2 Анализ свойств материала конструкции.....	7
1.3 Базовый технологический процесс наплавки лопастей.....	11
1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления.....	13
1.5 Задачи бакалаврской работы.....	16
2 Разработка технологического процесса наплавки.....	18
2.1 Выбор материала для наплавки.....	18
2.2 Технологический процесс наплавки порошковой проволокой.....	26
3 Выбор оборудования для сварки порошковой проволокой.....	28
4 Безопасность и экологичность проекта.....	31
4.1 Характеристика участка сварки.....	31
4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство.....	32
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков	33
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной и техногенной безопасности участка наплавки.....	34
4.5 Экологическая безопасность участка наплавки лопастей.....	36
4.6 Заключение по разделу.....	36
5 Экономическая эффективность проекта.....	38
5.1 Исходные данные для расчетов.....	39
5.2 Вычисление времени на операцию наплавки.....	40
5.3 Капитальные вложения в оборудование.....	42
5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.....	45
5.5 Цеховая себестоимость.....	50
5.6 Заводская себестоимость.....	50
5.7 Расчет показателей экономической эффективности работы.....	51
5.8 Выводы по экономическому разделу.....	52

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	54

ВВЕДЕНИЕ

При определенных условиях эксплуатации гидравлических турбин и иного оборудования, находящегося в зонах действия быстро движущихся масс жидкости начинается кавитация. Явления кавитации возникают при т.н. критических скоростях движения масс жидкости. Применительно к гидротурбинам критические скорости достигаются в местах, где лопасти рабочего колеса расположены близко к оболочке камеры турбины. Причем, явления кавитации проявляют себя и в тихоходных турбинах и в турбинах эксплуатируемых при высоких скоростях.

Как правило действие кавитации проявляется на выходных кромках лопастей, с их стороны, а также на радиально-осевых колесах и в камере рабочего колеса осевых турбин в зоне, близкой к выходным кромкам. Кавитация при неправильных параметрах эксплуатации оборудования гидростанций может достаточно быстро очень разрушить рабочие колеса и оболочку камеры гидротурбины.

Цель настоящей работы – продление срока службы лопастей гидротурбин за счет ремонта поврежденных кавитацией участков.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание процесса кавитации

Кавитацией возникает в тех местах потока жидкости, где давление приближается или превышает давление насыщенного пара воды или иной жидкости. При этом в материале тракта гидротурбины появляются пустоты. В первую очередь возникшие явления кавитации нарушают характеристики потока в камере рабочего колеса. Поток превращается в смесь воды и пузырьков, состоящих из паров жидкости. Пузырьки пара периодически схлопываются, и если это происходит, допустим, на лопасти, возникший гидроудар действует на материал лопасти разрушающе. Дело в том что замыкание пузырьков происходит с очень высокой скоростью, что вызывает существенное повышение давления, там где пузырек замкнулся, и, сразу же, его уменьшения. Начинается разрушение материала деталей проточного тракта гидротурбины.

Кавитация в гидротурбинах, особенно при высоких стадиях ее развития, вызывает значительные перемены в структуре потока жидкости (воды), его физических свойствах и приводит к следующим последствиям:

1. Ухудшение энергетических характеристик гидротурбины, а именно падение ее КПД и мощности. Мощность турбины снижается еще и по причине уменьшения пропускной способности турбины и ухода от ламинарного режима течения жидкости к турбулентному.

2. Деструкция деталей, следствием чего являются вынужденные остановки для производства ремонта и потери выработки электроэнергии.

3. Шум и удары, причиной чего являются замыкающиеся пузырьки в потоке воды.

4. Вибрация гидроагрегата и здания ГЭС, приводящая, в частности, к образованию трещин на лопастях рабочего колеса.

Наплавка лопастей мощных гидротурбин. Лопастей гидротурбин подвергаются интенсивному разрушению вследствие кавитации. Отливка их из высоколегированных сталей, стойких против кавитации, связана с рядом технических затруднений. Поэтому для защиты от кавитации лопасти облицовывались полосами из нержавеющей стали.

Однако этот способ не давал надежных результатов, так как при эксплуатации полосы зачастую отрывались.

В последние годы разработана технология нанесения защитного слоя посредством автоматической наплавки электродной лентой под флюсом. Эта технология внедрена на

Ленинградском металлическом заводе, изготавлиющем мощные гидротурбины.

На шесть лопастей поворотно-лопастной гидротурбины общим весом 120 т необходимо наплавить около 3000 кг металла и распределить его на площади около 90 м². Для этого применяется высокопроизводительный способ широкослойной наплавки. Наплавка производится лентой из стали 1Х18Н9Т под флюсом АН-26.

1.2 Анализ свойств материала конструкции

Высокой стойкостью к кавитационным процессам обладают коррозионно-стойкие аустенитные стали. Помимо традиционных легирующих компонентов – хрома и никеля в состав таких сталей добавляют в незначительных количествах медь и ванадий. Например, для лопастей применяют сталь 12Х18Н10Т. Марка 12Х18Н10Т является коррозионностойкой и жаропрочной сталью. Данная сталь применяется при изготовлении сварной аппаратуры, теплообменников, электродов свечей зажигания, а также других изделий, работающих в агрессивных средах. Марка 12Х18Н10Т разрешена к эксплуатации при диапазоне температур –196...+ 600 °С без требований к давлению.

ГОСТы 7350–77, 5582–72, 4986–79 предъявляют требования к отсутствию склонности у данной марки стали к коррозии межкристаллитного типа. Данная марка стали по назначению, физическим и механическим характеристика идентична маркам 08X18H10T и 10X18H9T.

Марка 12X18H10T по своему типу является аустенитной сталью, т.е. феррит содержится в малом количестве или совсем отсутствует. Данная марка обеспечивает содержание феррита в металле сварного шва в диапазоне от 2% до 10%.

Таблица 1.1 – Химсостав стали марки 12X18H10T в процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
<0.12	<0.8	<2	9-11	<0.02	<0.035	17-19	<0.3	0,5 – 0,7	оставшиеся %

При положительных эксплуатационных характеристиках аустенитных коррозионно-стойких сталей для заводского технолога их сварка является проблемой. В первую очередь заводской технолог должен предусмотреть мероприятия по предотвращению появления горячих трещин:

- 1) При использовании ручной дуговой сваркой необходимо стремиться поддерживать короткую длину дуги, при это необходимо отказаться от поперечных колебаний электрода;
- 2) При использовании сварки под флюсом сварной шов следует выполнять на низкой скорости с минимально возможным количеством проходов;
- 3) необходимо, образовавшиеся в результате сварки кратеры заполнять до получения выпуклости или проводить их вышлифовку. Запрещено выводить кратеры на основной металл.
- 4) Если произошел обрыв дуги, то следует проверять место сварки на отсутствие кратерной трещины пред продолжением сварки. При обнаружении трещины следует воспользоваться механической обработкой для удаления кратера.

5) При разработке проекта сварных конструкций из аустенитных сталей рекомендуется производить замену тавровых и угловых соединений на стыковые.

6) При сварке толстотолщинных труб необходимо применять метод комбинирования типов электродов. При этом внутренние слои и слои сварного шва не контактирующие с агрессивной средой изготавливаются с использованием электродов, обеспечивающих стойкость к образованию термических трещин, но не обеспечивающих стойкость к коррозии. А остальные слои сварного шва свариваются электродами, обеспечивающими коррозионную стойкость.

Другим неприятным моментом при сварке таких сталей является охрупчивание. Для того чтобы снять эффект охрупчивания металла, возникающий при длительной эксплуатации сварной конструкции при температуре выше 350°C необходимо ограничить содержание феррита в металле сварного соединения.

Металл, попавший в результате сварки в зону термического влияния должна быть исследована при циклических испытаниях на разрывной машине, так такие исследования позволяют достоверно оценить несущей способности стали марки 12X18H10T и других ее аналогов, применяемых при изготовлении лопастей.

Циклическое нагружение стали 12X18H10T приводит к снижению пластичности, а следовательно и к повышению у металла в зоне сварки склонности к хрупкому разрушению. Скорость снижения пластичности стали зависит от циклограммы нагружения и температуры.

Изучение фазового состава образцов металла из зоны термического влияния сварки после проведения циклических испытаний показало присутствие карбидов TiC и $Cr_{23}C_6$. Под действием температуры и упруго-пластических деформаций в стали происходит процесс растворения, выделения и коагуляции карбидных частиц.

Выделения данных частиц хоть и приводит к повышению прочности, но значительно снижает пластичность стали. При этом показатель прочности зависит от геометрических характеристик карбидных частиц (размер, форма).

Интенсивность образования карбидных частиц во многом зависит от величины напряжений, длительности нагружения и температуры нагрева металла.

Учитывая, что эксплуатация происходит в условиях действия воды, необходимы мероприятия по предотвращению межкристаллитной и ножевой коррозии:

- 1) Сторону сварного шва направленного к коррозионной среде необходимо заваривать последней. При выполнении двухсторонней сварки следует выполнять третий облицовочный шов, направленной к коррозионной среде. Если при односторонней сварке отсутствует возможность выполнения сварного шва направленного к коррозионной в последнюю очередь, то следует принять дополнительные меры, направленные на уменьшение перегрева металла первого слоя шва последующими слоями. В том случае следует применить медные массивные прокладки, обдув воздухом, сточки зрения режимов – сварку следует выполнять на максимальной скорости, малым диаметром электродов, на малой силе тока, без поперечных колебаний;
- 2) Не допускать перегрева металла путем ограничения кратности ремонтных подварок – не более двух;
- 3) При необходимости следует выполнить полировку рабочей поверхности сварного соединения;
- 4) Для предотвращения перегрева необходимо и сохранения коррозионной стойкости стали в зоне нагрева сварку следует выполнять при минимально возможном токе, на высокой скорости в условиях отсутствия поперечных колебаний сварочного электрода.

1.3 Базовый технологический процесс наплавки лопастей
СТО 17330282.27.140.001-2006 Стандарт ОАО РАО «ЕЭС России»
«Методики оценки технического состояния основного оборудования
гидроэлектростанций»

ГОСТ 28446-90. Оценка кавитационной эрозии в гидротурбинах,
насосах гидроаккумулирующих станций и насосах-турбинах.

Восстановление поврежденных участков производится ручной дуговой
наплавкой электродами, которые дают наплавленный металл, стойкий к
кавитационным разрушениям.

Можно применять следующие электроды:

1. Аустенитные хромоникелевые электроды, дающие в наплавке
хромоникелевую сталь типа 19-10.

2. Специальные электроды, дающие в наплавке металл типа 30X10Г10,
который устойчив против кавитационного разрушения. Для этих работ
разработаны специальные электроды УПИ-30X10Г10-2, которые дают
наплавленный металл со следующими механическими свойствами: предел
прочности

50—65 кГ/мм², ударная вязкость 5—8 кГм/см². Химический состав
наплавленного металла: 0,22—0,28% С; 9—11% Сг; 9—11% Мп; 0,10—0,25%
Тi; не более 0,5% Si; 0,003% S и 0,003% P. Наплавка должна выполняться с
соблюдением заданного теплового режима, обеспечивающего минимальную
глубину проплавления основного металла и замедленную скорость остыва-
ния. При быстром отводе теплоты в наплавленном слое возможно
появление трещин.

Удаление разрушенного слоя посредством воздушно-дуговой резки.

Зачистка шлифмашинкой поверхности лопасти после воздушно-
дуговой резки вручную.

Дефектный участок зачищают шлифмашинкой, выявляют его точные
границы. Для чего поверхность травят спиртовым раствором азотной
кислоты. В случае, если при дальнейшем визуальном контроле контролер

выявит трещины выполняют их выборку абразивным кругом, засверливают концы сверлом диаметром 2—3 мм. Наплавка выполняется многослойной. Электрод ОЗЛ-8. Вся площадь дефектного участка визуально разграничивается на квадраты стороной 50—100 мм, и, в соответствии с последовательностью на рисунке 2.1 их наплавляют. Сварщик должен обеспечивать перекрытие каждого соседнего валика на $1/3$ — $1/2$ его ширины [11,12].

Затем наплавленная поверхность подвергается обработке абразивным кругом вровень с основным металлом и наплавленный участок контролируется сначала визуально, затем физическими методами.

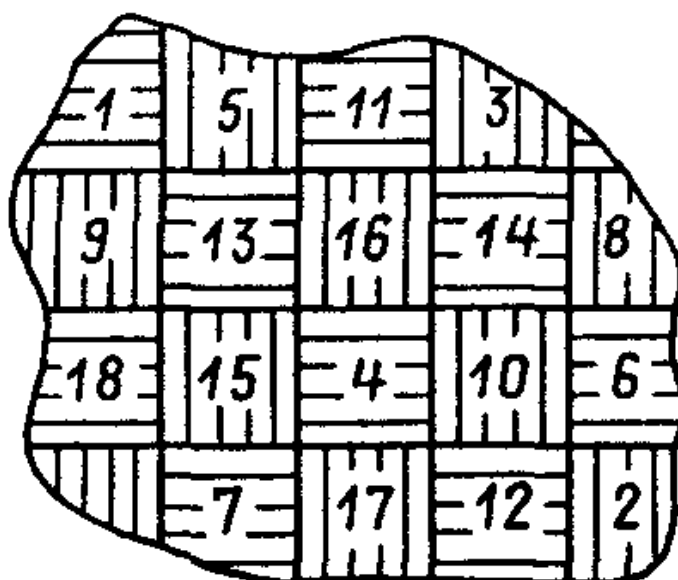


Рисунок 1.1. Последовательность наложения валиков при наплавке дефектных участков

При ремонте на открытом воздухе и при температурах окружающего воздуха менее 0°C возникают дополнительные проблемы при определении режимов сварки и наплавки. Минимальная температура окружающего воздуха, при которой может выполняться прихватка, сварка и наплавка при ремонте лопастей составляет -20 градусов цельсия [11].

Электроды для наплавки, применяемые для ремонта лопастей

необходимо прокалывать. Режимы прокалики электродов ОЗЛ-8 – нагрев до 250-300 С, выдержка 2 часа.. Прокалка электродов может производиться не более трех раз. Если электроды после трех прокалок показали неудовлетворительные сварочно-технологические свойства, то применение их для сварочных работ, не допускается.

1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления

К недостаткам базового технологического процесса можно отнести следующие. Сварщик вручную производит манипуляции электродом, следовательно, расположение сварочной дуги, скорость сварки целиком определяются сварщиком. Получается что качество соединения зависит от субъективных характеристик сварщика. Манипуляции держателем электрода в течение смены – 8 часов – утомляют сварщика. Производительность труда снижается. Следовательно, технологический процесс дуговой сварки штучными электродами нуждается в замене.

Цель настоящей работы можно достичь выбрав способ сварки, обеспечивающий заданные требования качества лемеха и высокую производительность. Дуговая наплавка плавящимися электродами с обмазкой (ММА - Manual Metal Arc), используемая в базовом варианте, и рассмотренная в разделе 1.2, обладает существенными недостатками. Главным является низкая производительность наплавки. При ручной дуговой наплавке зажигание дуги, поддержание длины дуги при наплавке валиков, перемещение дуги и подача электрода в зону сварки по мере его расплавления производится сварщиком вручную. Следовательно, от квалификации сварщика зависит и качество сварного соединения и производительность: насколько быстро сварщик зажжет дугу, уверенно поддерживает требуемую длину дуги, обеспечивает равномерность перемещения дуги при наложении валика. Иногда сварщику приходится выполнять дополнительные движения электрода в процессе наплавки, как правило, колебательные. Кроме того, все манипуляции сварщик должен выполнять так, чтобы обеспечить хорошее формирование наплавляемого

слоя. Главным условием обеспечения этого является постоянство длины дуги и перемещение электрода по заданной траектории. Нормальной при наплавке считают длину дуги $l_d = (0,5 \div 1,2)d_{\text{э}}$. Выдержать постоянство длины дуги под силу сварщикам высокой квалификации, чьи навыки обеспечивают равномерный подвод электрода к изделию, по мере расплавления стержня электрода.

Подводя итог, можно сделать вывод, что сварщику приходится контролировать большое количество параметров технологического процесса, поэтому на качество сварного соединения влияют субъективные характеристики рабочего. При его утомлении существенно снижается производительность. Устранить перечисленные недостатки способа ММА можно применив механизированные и автоматические способы сварки. Они обеспечивают стабильное и высокое качество наплавленного металла.

Из механизированных способов наиболее популярна дуговая сварка в среде защитных газов.

Многочисленные разновидности данного способа объединяет главная особенность – подача газа при сварке в зону факела. Состав подаваемого газа отличен от состава воздуха, рис. 1.2. За счет этого вокруг факела дуги обеспечивается создание среды, защищающей расплавившийся основной металл и присадочный металл от вредного влияния некоторых компонентов воздуха.

Используемые на практике варианты дуговой сварки в среде защитных газов многочисленны. Их можно классифицировать по способам обеспечения газовой защиты, по химическому составу применяемого защитного газа, по типам электродов, по роду сварочного тока, по степени механизации процесса.

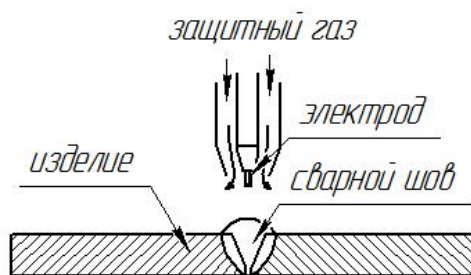
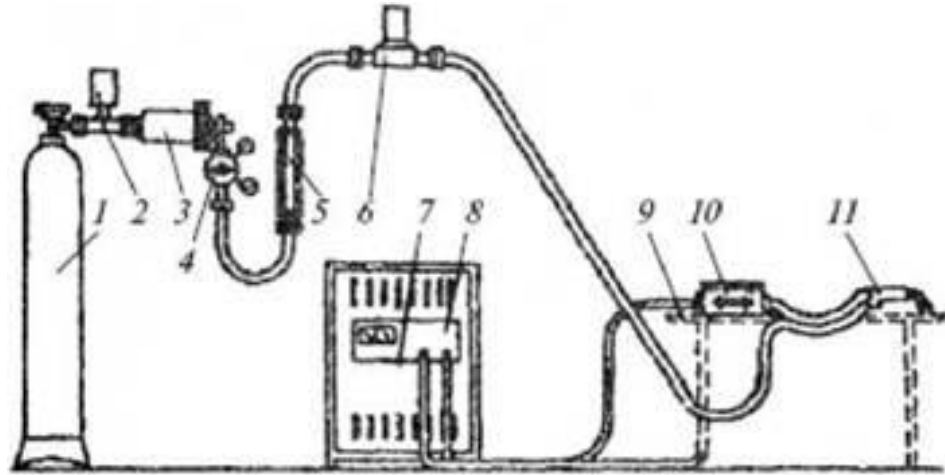


Рисунок 1.2 - Сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа

Чтобы выбрать правильный состав защитной среды необходимо учесть химический состав свариваемого металла, его физические свойства, толщины свариваемых кромок, используемый электрод, и эксплуатационные требования к сварным соединениям. Например, для сварки металлов, с высокой химической активностью применяют инертные газы. Использование смеси инертных и активных газов позволяет повысить устойчивость дуги и обеспечить большую глубину проплавления свариваемого металла. Также сварка в смеси газов снижает разбрызгивание металла при сварке плавящимся электродом, позволяет увеличить скорость, и следовательно, производительность сварки.

В качестве преимуществ механизированной наплавки в защитных газах следует отметить: во-первых, хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла шва; во-вторых, относительную простоту и малую стоимость сварочного оборудования; в-третьих, высокую производительность. В качестве недостатков механизированной сварки в активных газах следует отметить: в-первых, необходимость в оснащении сварочного оборудования механизмом подачи присадочной проволоки, от особенностей работы которого сильно зависит качество выполняемых сварных соединений; во-вторых, необходимость использования газовых баллонов; в-третьих, необходимость борьбы с разбрызгиванием металла. Главным преимуществом механизированной сварки в среде защитных газов является повышенная вязкость расплавленного металла, позволяющая производить сварку стыковых швов на весу и производить механизацию

сварки неповоротных стыков в разных пространственных положениях. Типовой сварочный пост для механизированной сварки в среде защитного газа, способ MIG/MAG, показан на рис. 1.3.



1 - баллон с защитным газом; 2 - подогреватель; 3 - осушитель; 4 - редуктор; 5 - расходомер (ротаметр); 6 – клапан газозащитный; 7 - источник питания; 8 - пульт управления; 9- стол сварщика; 10 – механизм подающий; 11 - сварочная горелка

Рисунок 1.3 – Схема оборудования для сварки в защитных газах.

1.5 Задачи бакалаврской работы

Цель настоящей работы – продление срока службы лопастей гидротурбин, за счет ремонта поврежденных кавитацией участков.

Выполненный в первом разделе анализ базовой технологии, и анализ возможных путей устранения ее недостатков позволяет рекомендовать механизированную сварку порошковой проволокой.

Таким образом, можно следующим образом сформулировать следующие задачи, после последовательного выполнения которых, цель бакалаврской работы будет достигнута:

1. выбрать присадку для наплавки лопастей;
2. разработать технологию наплавки;
3. подобрать необходимое оборудование.

4. Обеспечить безопасность производственных рабочих на операции наплавки
5. Выполнить экономическую оценку разработок.

2 Разработка технологического процесса наплавки

2.1 Выбор материала для наплавки

В первом разделе работы были выявлены недостатки способа наплавки, применяемого при восстановлении балансира. Главный недостаток используемого метода ММА (ручная дуговая сварка штучными электродами) - необходимость контролировать сварщику множество параметров процесса. Получается, что качество соединения и производительность главным образом зависят от квалификации сварщика. Альтернативой применяемому варианту ручной дуговой сварки, по результатам анализа признан способ механизированной сварки порошковой проволокой.

Для разработки технологии наплавки лемеха плуга механизированным способом выберем сначала сварочные материалы.

При разработке технологического процесса наплавки важной является задача выбора присадочных материалов. Необходимо помнить, что марка присадочного материала определяет химический состав наплавленного металла и, соответственно, механические свойства и эксплуатационные свойства сварного шва. Поэтому задача выбора присадочных материалов должна учитывать условия эксплуатации в данном случае лемеха плуга.

Следовательно, при выборе сварочных материалов необходимо учитывать следующее:

- выбранный способ наплавки;
- химический состав металла балансира;
- условия эксплуатации лопасти.

Способ сварки, выбранный по результатам анализа оказывает основное влияние на выбор видов требуемых для его реализации сварочных материалов. Для выбранного по результатам анализа способа наплавки - механизированная самозащитной проволокой, можно указать один вид сварочных материалов - проволока электродная.

При выборе типа и марки сварочных материалов в общем случае следует стремиться к совпадению химического состава свариваемого металла и наплавленного металла, т.к. при этом может быть достигнута равнопрочность основного металла и металла шва, и обеспечена высокая коррозионная стойкость сварного шва.

Необходимо помнить, что не всегда совпадает химический состав присадочного металла и химический состав металла шва. Это происходит потому, что при сварке активно протекающие металлургические процессы в сварочной ванне, могут привести к отличию конечного химического состава металла шва от химического состава присадочного металла. Часть элементов может выгореть, часть после химических реакций может перейти в шлак и т.д.). Поэтому выбор присадочного материала по химическому составу следует производить после анализа химического состава наплавленного металла.

Значительную роль при выборе присадочных материалов играют условия, при которой эксплуатируется сварная конструкция, такие как рабочая температура, рабочее давление и т.п. При разных условиях эксплуатации хорошая работоспособность наплавленного слоя будет обеспечиваться разными по химическому составу наплавочными материалами.

Следует помнить, что химический состав металла шва не всегда совпадает с химическим составом электродного металла или присадочного металла. При выполнении сварного шва в расплавленном металле сварочной ванны энергично протекают металлургические реакции, следствием которых является отличие химического состава закристаллизовавшегося металла шва от химического состава присадочного металла. В ходе металлургических реакций выгорает часть элементов, некоторые из них, в результате проходящих металлургических реакций переходит в шлак и т.д.). Поэтому выбирают присадочный материал того или иного химического состава основываясь на данных анализа химического состава наплавленного металла.

Выбирая сварочный материал химическому составу также следует помнить о том, что необходимо учитывать комплексное взаимодействие сварочных материалов при формировании сварного соединения. В этом случае можно обоснованно назначить сочетание сварочных материалов: защитный газ – проволока; флюс-проволока, и т.д. Так как одна и та же проволока но при взаимодействии с разными флюсами даст разные химические составы наплавленного металла. Аналогичные проблемы и при выполнении сварных швов в среде защитных газов. Так, при сварке в активных газах, углекислого, например, выгорают некоторые химические элементы. При сварке той же проволокой в среде инертных газов указанное выгорание практически отсутствует. Поэтому, чтобы при выполнении сварного шва в разной защитной газовой среде был обеспечен одинаковый химический состав наплавленного металла необходимо при сварке в активных газах использовать присадочный материал более легированный, чем при сварке в инертных газах.

Значительно влияют на выбор сварочных материалов и условия при которых конструкция эксплуатируется, рабочая температура, например, рабочее давление и другие. При разных условиях эксплуатации к сварным швам предъявляют разные требования к свойствам, и, соответственно к его химическому составу. Например, если химический состав среды предъявляет высокие требования к стойкости при межкристаллитной коррозии, то необходимо применение специальных сварочных материалов, более легированных и дорогих.

Для квалифицированного подбора наплавочного материала можно рекомендовать применение систем искусственного интеллекта, экспертных систем. Например, экспертной системы «ASWARE». С экспертными системами мы познакомились при изучении дисциплины «САПР в сварке». Экспертные системы относят к системам искусственного интеллекта. Экспертные системы предназначены для автоматизации задач и процессов принятия решений. В нашем случае речь идет о выборе из большого

многообразия наплавочных материалов. Каждый из них обладает высокой стойкостью в определенных условиях эксплуатации восстанавливаемого изделия. Кроме того, должны быть учтены особенности взаимодействия наплавленного металла с основным материалом. Поэтому для выполнения поставленной задачи рекомендовано привлечь экспертную систему.

Создание экспертных систем для разработки технологий наплавки особенно актуально по причине большого количества факторов, которые при разработке технологии наплавки нужно учитывать.

В Тольяттинском государственном университете экспертная система ASWARE, установлена в секции «Оборудование и технология пайки» кафедры СОМДиПП. Разработчик экспертной системы Институт электросварки имени Патона (Украина).

По совпадающим условиям эксплуатации в экспертной системе детали, нуждающиеся в наплавке, объединены в 42 группы. Поэтому возможны два варианта поиска подходящего наплавочного материала:

- 1) по условиям работы и видам изнашивания, характерным для данной группы деталей;
- 2) заданием индивидуальных условий работы и видов изнашивания конкретной детали.

Поскольку в нашем случае необходимо обеспечить максимально возможное увеличение продолжительности срока службы балансира, то производим поиск наплавочного материала по второму пути.

Способ выполнения наплавки определяется в зависимости от выбранного для наплавки материала, пространственного положения подлежащей наплавке поверхности, габаритов изделия. В нашем случае способ наплавки задан – это дуговая сварка плавящимся электродом порошковой проволокой.

Начиная работу с системой указываем группу деталей, к которой относится лопасть. Анализ имеющихся групп и их характеристик позволяет отнести детали к группе №29. Это лопасти гребных винтов судов, лопасти

гидротурбин, корпуса водоводов, детали проточного тракта гидротурбин. Виды изнашивания данной группы кавитационное, гидроабразивное, коррозия.

После выбора группы №29 появляется поле с пиктограммами. Среди пиктограмм выбираем ту, на которой геометрия рисунка совпадает с геометрией лопасти и с клавиатуры вводим размеры детали.

Затем программа предоставляет возможность выбора группы металла изделия. В программе нет возможности ввода химического состава детали. Из предложенного меню выбираем сталь нелегированную или низколегированную, содержащую 0,4% углерода. Из последующего меню выбираем пункт “условия работы и виды изнашивания задаются”. В базе данных находится информация о 230 наплавочных материалах. Выбор нужного материала, производится с учетом эксплуатационных характеристик лопасти. Задаем следующие условия работы и виды изнашивания:

Давление в контакте – до 1 МПа;

Вид нагрузок – постоянные, без ударов;

Контртело – поток жидкости;

Температура контртела – от 10 до 150°С;

Среда – коррозионная

Температура среды - от 10 до 150°С;

Давление среды – атмосферное;

Виды изнашивания – кавитационное, гидроабразивное.

Программа, проведя анализ введенной информации о геометрических размерах изделия, материале изделия, условиях эксплуатации изделия предоставляет пользователю список наплавочных материалов.

Проводим анализ материалов предложенных экспертной системой в зависимости от конкретных производственных условий и эксплуатационных требований, предъявляемых к деталям. В данном анализе учитываем механические характеристики наплавленного металла, необходимость термообработки, наличие требуемого парка металлорежущего оборудования

и оснастки. Проведение данного анализа облегчается машиной за счет предоставления дополнительного окна с информацией о химическом составе наплавляемого материала, его механических свойствах и сварочно-технологических характеристиках.

Химический состав предлагаемых машиной материалов следующий.

Проволока ПП-Нп-30Х2Г3Ю: С - 0,3 %; Si - 2 %; Mn – 3,5 %; Cr – 2,5 %; Al – 1.2 %.

Проволока ПП-Нп-30Х4Г2М: С - 0,3 %; Si - 0,8 %; Mn - 2 %; Cr - 4 %; Мо - 0,8 %; Ti - 0,2 %.

Проволока ПП-Нп-30Х5Г2СМ: С - 0,3 %; Si - 0,8 %; Mn - 2 %; Cr - 5 %; Мо - 0,8 %; Ti - 0,2 %.

Проволока ПП-Нп-40Х4Г2СНМТФ: С – 0,4 %; Si - 1,0 %; Mn – 1,8 %; Cr - 4 %; Ni - 1%; Мо - 1 %; Ti - 0,3 %; V - 0,3 %.

Проволока ПП-Нп-10Х14Т: С – 0,1 %; Mn – 0,5 %; Cr – 14 %; Ti - 0,2 %.

Проволока Нп-45Х2В8Т: С -0,4-0,5 %; Si -0,4-0,7 %; Mn -1,0-1,4 %; Ni - ≤ 0,6%; Cr -2,2-3,0 %; W -8,0-9,5 %; V -0,3-0,5 %.

Сварочно-технологические характеристики проволоки ПП-Нп-30Х2Г3Ю следующие: Коэффициент наплавки составляет 23 г/Ач;

Расход проволоки на 1 кг наплавленного металла, кг -1,05;

Формирование наплавленного металла –хорошее;

Склонность к образованию трещин –умеренная;

Твердость после наплавки HRC -40...46;

Твердость после отпуска HRC -47...50;

Обработываемость наплавленного металла - резанием удовлетворительная.

Эксплуатационные характеристики проволоки ПП-Нп-30Х2Г3Ю следующие: стойкость при кавитационном изнашивании – средняя; при заедании – средняя; термоусталость – высокая.

Сварочно-технологические характеристики проволоки ПП-Нп-30Х4Г2М следующие: Коэффициент наплавки составляет 23 г/Ач;

Расход проволоки на 1 кг наплавленного металла, кг - 1,05;

Формирование наплавленного металла – хорошее;

Склонность к образованию трещин – умеренная;

Твердость после наплавки HRC - 47...51.

Обрабатываемость наплавленного металла - шлифованием.

Эксплуатационные характеристики проволоки ПП-Нп-30Х4Г2М следующие: стойкость при кавитационном изнашивании - средняя

при окислительном изнашивании - высокая

при заедании - средняя

термоусталость - высокая

сопротивление ударным нагрузкам - высокое.

Сварочно-технологические характеристики проволоки ПП-Нп-30Х5Г2СМ следующие: Коэффициент наплавки составляет 23 г/Ач;

Расход на 1 кг наплавленного металла, кг - 1,05;

Формирование наплавленного металла – хорошее;

Склонность к образованию трещин – умеренная;

Твердость после наплавки HRC - 47...51;

Твердость после термообработки HRC - 46...52.

Обрабатываемость наплавл. металла - шлифованием.

Эксплуатационные характеристики проволоки ПП-Нп-30Х5Г2СМ следующие: при кавитационном изнашивании - низкая

при окислительном изнашивании - высокая

при заедании - средняя

термоусталость - средняя

сопротивление ударным нагрузкам - высокое.

Сварочно-технологические характеристики проволоки ПП-Нп-40Х4Г2СНМТФ следующие: Коэффициент наплавки составляет 12 г/Ач;

Расход проволоки на 1 кг наплавленного металла, кг - 1,15;

Формирование наплавленного металла – хорошее;

Склонность к образованию трещин – повышенная;

Твердость после наплавки HRC - 40...44;

Твердость после наклепа HRC - 48...56;

Твердость после закалки HRC - 60...62.

Обрабатываемость наплавленного металла - резанием плохая.

Эксплуатационные характеристики проволоки ПП-Нп-40Х4Г2СНМТФ следующие: при кавитационном изнашивании - средняя
термоусталость - средняя
сопротивление ударным нагрузкам - низкое.

Сварочно-технологические характеристики проволоки ПП-Нп-10Х14Т следующие: Коэффициент наплавки составляет 16 г/Ач;
Расход проволоки на 1 кг наплавленного металла, кг - 1,15;
Формирование наплавленного металла – хорошее;
Склонность к образованию трещин – повышенная;
Твердость после наплавки HRC - 50...56;
Обрабатываемость наплавленного металла - шлифованием.

Эксплуатационные характеристики проволоки ПП-Нп-10Х14Т следующие: при кавитационном изнашивании - высокая
при гидроабразивном изнашивании - средняя
коррозионная стойкость - высокая.

Сварочно-технологические характеристики проволоки Нп-45Х2В8Т следующие: Коэффициент наплавки составляет 11 г/Ач; Расход проволоки на 1 кг наплавленного металла, кг - 1,05; Формирование наплавленного металла хорошее; Склонность к образованию трещин – повышенная;
Твердость после наплавки HRC - 40...46.

Эксплуатационные характеристики проволоки Нп-45Х2В8Т следующие: при абразивном изнашивании средняя; при окислительном изнашивании высокая; при заедании средняя; термоусталость высокая.

Таким образом, с учетом химического состава металла балансира и изнашивания при эксплуатации следует выбрать порошковые проволоки с большим содержанием марганца. Это может быть проволока ПП-Нп-10Х14Т.

Порошковая проволока марки ПП-Нп-10Х14Т предназначена для автоматической и полуавтоматической наплавки открытой дугой деталей, работающих в условиях кавитационного изнашивания. Рекомендуется для наплавки на постоянном токе обратной полярности.

2.2 Технологический процесс наплавки порошковой проволокой

Операции очистки и дефектации лопасти не изменяются, в сравнении с описанной ранее базовой технологией. Температура предварительного подогрева меняется до 220-280°С.

Для наплавки лопастей применяем механизированную сварку проволокой ПП-Нп-10Х14Т диаметром 2,6 мм. Сила сварочного тока составляет 210—240 А. Напряжение дуги — 24—27 В. Скорость наложения валика 18-23 м/час. Наплавку выполняем короткой дугой, ток постоянный, полярность обратная. При наплавке перегрев наплавленного слоя не допускается. Для этого выполняем наплавку слоя отдельными валиками с последовательным охлаждением каждого валика.

Последовательность наложения валиков не изменяется.

Удаление разрушенного слоя посредством воздушно-дуговой резки.

Зачистка шлифмашинкой поверхности лопасти после воздушно-дуговой резки вручную.

Дефектный участок зачищают шлифмашинкой, выявляют его точные границы. Для чего поверхность травят спиртовым раствором азотной кислоты. В случае, если при дальнейшем визуальном контроле контролер выявит трещины выполняют их выборку абразивным кругом, засверливают концы сверлом диаметром 2—3 мм. Наплавка выполняется многослойной. Электрод ОЗЛ-8. Вся площадь дефектного участка визуально разграничивается на квадраты стороной 50—100 мм, и, в соответствии с последовательностью на рисунке 2.1 их наплавливают. Сварщик должен обеспечивать перекрытие каждого соседнего валика на 1/3—1/2 его ширины [11,12].

Затем наплавленная поверхность подвергается обработке абразивным

кругом вровень с основным металлом и наплавленный участок контролируется сначала визуально, затем физическими методами.

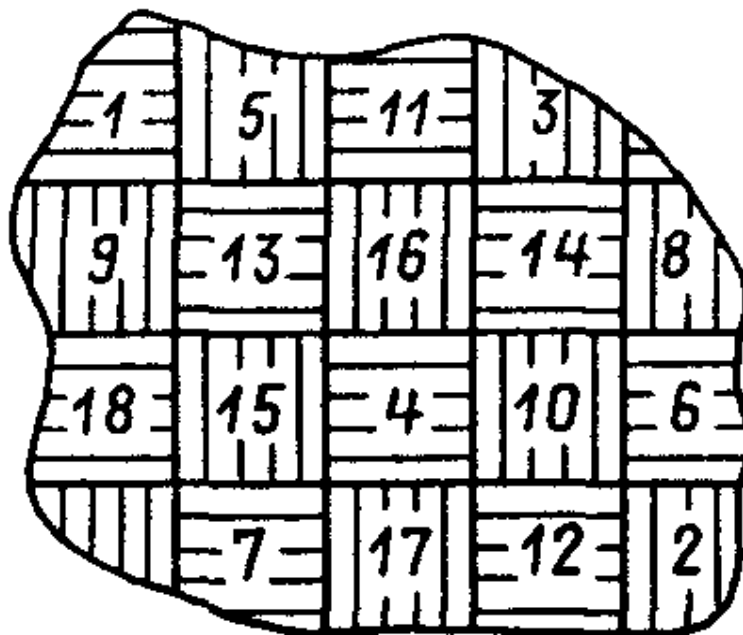


Рисунок 2.1. Последовательность наложения валиков при наплавке дефектных участков

При ремонте на открытом воздухе и при температурах окружающего воздуха менее 0°C возникают дополнительные проблемы при определении режимов сварки и наплавки. Минимальная температура окружающего воздуха, при которой может выполняться прихватка, сварка и наплавка при ремонте лопастей составляет -20 градусов цельсия [11].

3 Выбор оборудования для сварки порошковой проволокой

Параметры и свойства источника питания оказывают влияние на устойчивость горения дуги и стабильность режима сварки. Главным параметром источника питания является его внешняя вольтамперная характеристика. Она выражает зависимость между напряжением на выходе источника и силой сварочного тока. Применяемые на практике источники питания могут обладать крутопадающей, пологопадающей, жесткой характеристикой. Разные способы сварки требуют для своего осуществления источников тока с определенной внешней характеристикой. Для ручной электродуговой сварки штучными электродами источник должен обладать падающей характеристикой, обеспечивающей в случае короткого замыкания уменьшение напряжения до нуля. Это не дает возможности увеличения тока. С другой стороны, при возбуждении дуги, в условиях очень низкой силы тока величина напряжения на дуге увеличена. Другим преимуществом источников питания с падающей характеристикой является возможность увеличения длины дуги в разумных пределах сварщиком без ее обрыва, и уменьшения длины дуги без чрезмерного увеличения тока сварки.

Поскольку способ сварки в проектом варианте отличается от способа сварки базового варианта технологии - механизированная сварка - старое оборудование, выпрямитель ВС-300 Б, для его осуществления непригодно.

Выполнив анализ предлагаемого сварочного оборудования применительно к Самарской области выбираем полуавтомат AURORA SKYWAY 300, рисунок 3.1. Его характеристики по величине сварочного тока, до 350 А, нас устраивают. Длина шланга достигает 3 метра. Следует отметить, что это инверторный сварочный аппарат. Преимущества инверторных источников питания рассмотрим подробнее. В первую очередь это меньшая масса и габариты. Масса и габариты сварочных выпрямителей и источников питания переменного тока определяются, в основном, параметрами сварочного трансформатора. В свою очередь магнитопровод

является его самой массивной и габаритной составляющей частью. Поэтому, снизить массу и габариты источника питания можно, снизив размеры и вес магнитопровода.



Рисунок 3.1 – Аппарат сварочный AURORA SKYWAY 300

Поскольку вес трансформатора, зависит от частоты питающего напряжения, уменьшить вес трансформатора можно запитав его напряжением высокой частоты. Увеличение частоты напряжения, питающего трансформатор в 100 раз уменьшает массу и габариты источника питания в 4 раза. Увеличение частоты напряжения, питающего трансформатор в 400 раз уменьшает массу и габариты источника питания в 20 раз. Следовательно,

Уменьшить массу и габариты источника питания дуги можно повысив частоту питания. На практике указанный технический прием осуществляют используя инверторы. В инверторах выполняется двойное преобразование:

- 1) переменное напряжение частоты 50 герц выпрямляется;
- 2) постоянное напряжение преобразуется в переменное высокой частоты.

Вес аппарата AURORA SKYWAY 300 составляет 60 кг..

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Характеристика участка сварки.

Тема выпускной работы бакалавра: «Технологический процесс восстановления лопастей гидротурбины». Как было указано ранее, основная причина выхода из строя лопастей – кавитационные повреждения.

Восстановительная наплавка лопасти гидротурбины включает в себя следующие операции: 1) мойка; 2) подготовка поверхности; 3) выполнение наплавки; 5) осуществление контроля качества. Проблему улучшения санитарно-гигиенических характеристик в зоне сварки решают путем разработки и оборудования рабочего места сварщика местной вытяжной, комплектации сварочных головок и держателей для механизированной сварки соплами специальной конструкции, позволяющими осуществлять отсос сварочного аэрозоля, или применения защитной маски с системой принудительной подачи очищенного воздуха.

Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную оценку опасности операции наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Мойка	Слесарь-сборщик	Моечный аппарат высокого давления	Щелочной раствор; Вода техническая
2. Подготовка поверхности	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая; Машинка зачистная;	Круги зачистные; Ацетон; Ветошь;
3. Осуществление восстановительной наплавки	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Установка наплавки	Наплавочный порошок; защитный газ.
4. Проведение контроля качества восстановленного изделия	Инженер - дефектоскопист	Лупа, твердомер ТН-134.	-

4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство.

Анализ рисков, обусловленных опасными и вредными производственными факторами участка наплавки проведем в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Мойка	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Моечная машина

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
2. Подготовка поверхности	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Щетка металлическая; Машинка зачистная; Дробеструйная камера ГАКС-ДК-М
3. Осуществление восстановительной наплавки	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Установка плазменной наплавки
4. Проведение контроля качества восстановленного изделия	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Лупа, твердомер ТН-134; Призма; Штатив

4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков

Анализ методов и средств снижения профессиональных рисков проведем в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной и техногенной безопасности участка наплавки.

На участке не исключена вероятность возникновения пожара. Основные классы пожара на участке и сопутствующие пожару опасные факторы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется восстановительная наплавка	Установка наплавки,	пожары, которые протекают при воспламенении и горении веществ и материалов на электроустановках, имеющих электрическое напряжение (Е)	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	замыкание на проводящие ток части технологических установок напряжения с высоким значением на оборудовании, агрегатах, изделиях и иного имущества; термохимическое воздействие огнетушащих веществ, которые используются при пожаре, на предметы и людей

Технические средства, позволяющие обеспечить пожарную безопасность на участке проанализируем в таблице 4.5, организационные и технические мероприятия в таблице 4.6.

Таблица 4.5 – Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта.

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов для ограничения разлёта искр.

4.5 Экологическая безопасность участка наплавки лопастей

Таблица 4.7 – Воздействие объекта (сварочного участка) на окружающую среду

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка	Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при наплавке	-	упаковка от порошка бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование мероприятий	Наплавка
Снижение негативного воздействия на атмосферу	Установка в систему вентиляции фильтров, улавливающих частицы сажи
Снижение негативного воздействия на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

4.6 Заключение по разделу

В процессе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выявлены производственные факторы представляющие опасность для рабочих сварочного участка и окружающей среды.

В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии..

5 Экономическая эффективность проекта

В работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения наплавки при восстановлении поврежденных кавитацией лопастей гидротурбин. При выполнении проектной технологии предусматривается наплавка порошковой проволокой. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости наплавки и повышение стабильности качества выполняемого наплавленного слоя. Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – подготовительная; вторая – выборка; третья операция – наплавка, четвертая операция - контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии наплавки, расчёт затрат производим по изменяющимся экономическим показателям.

Таблица 5.1 – Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Сварщик вручную перемещает в пространстве электрод. Качество соединения зависит от субъективных характеристик рабочего. И разряд у него высокий.	Поскольку процесс происходит с применением подачи присадочной проволоки автоматом, разряд рабочего может быть меньше а качество и производительность выше.
Низкая скорость перемещения штучного электрода обусловлена малыми значениями силы сварочного тока.	Сила тока выше и скорость перемещения горелки может быть увеличена. Значит и производительность может быть выше

5.1 Исходные данные для расчетов

Исходные данные отражены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные

№ п/п	Показатели	Условные обозначения	Единицы измерения	Варианты	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая наплавки лопастей	Нпр	шт	100	100
2	Цена присадки.	Цэл	Руб/кг	78	64
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	10	10
6	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Осн	%	30	30
7	Кэф. транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
8	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб	85000	270000
9	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
10	Рыночная цена флюса	Цфл	Руб/кг	-	28
11	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,78	0,8
12	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
13	Удельный расход защитного газа	Узг	М ³ /час	50	-
14	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м ³	50	-
15	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
17	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	М ²	8	11
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
19	Принятая величина коэффициента затарт по демонтажу оборудования базового варианта	-	%	2	2
20	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех		2,50	2,50
21	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав		1,8	1,8
22	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
23	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2

5.2 Вычисление времени на операцию наплавки

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (5.1)$$

где $t_{шт}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{маш}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{всп}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{маш}$.

Машинное время рассчитаем по зависимости:

$$t_o = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где: $M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла, кг/м;

$L_{ш}$ – протяженность сварных швов в корпусе, м;

$I_{св}$ – значения параметров тока сварки, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки, примерно 9 Г/А*час.

Для определения веса наплавленного металла воспользуемся зависимостью:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где ρ – плотность стали, г/см³ (для стали $\rho = 7,8$ г/см³);

F_H – поперечного сечение валика, мм².

$$\begin{aligned} F_H &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 + 33 = \\ &= 129 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

Общая длина наплавленных валиков на лопасть, рассчитанная согласно данным чертежа дефектного изделия, составит 13551,85 см.

Подставляя данное значение в 5.3 вычислим:

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м.}$$

Подставляя полученное значение длины шва в 5.2 определим машинное время, расходуемое производственным персоналом на сварку всех обечаек корпуса

$$t_{об} = \frac{60 \cdot 1,006 \cdot 135,518}{200 \cdot 9} = 4,81 \text{ час} = 288,75 \text{ мин.}$$

Зависимость для расчета машинного времени автоматической сварки несколько отличается от 5.2.

$$t_o = \frac{60 \cdot L_{ш}}{V_{св}} \quad (5.4)$$

где $V_{св}$ – скорость автоматического перемещения сварочной головки, 30 м/час;

$L_{ш}$ – с учетом того, что конструкция корпуса неизменна, также неизменно, если сравнивать с базовым вариантом технологии, м.

$$t_{опр} = \frac{60 \cdot 135,518}{40} = 215,277 \text{ мин.} = 3,587 \text{ час.}$$

Подставив в (5,1) заданные значения, получим:

$$t_{штб} = 258,049 \text{ мин.} = 5,967 \text{ час.}$$

$$t_{штпр} = 266,849 \text{ мин.} = 4,447 \text{ час.}$$

5.3 Капитальные вложения в оборудование

Расчётное определение величины капитальных затрат, сопровождающих реализацию технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.5)$$

где: $K_{пр}$ – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{соп}$ – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения могут быть определены согласно зависимости:

$$K_{пр} = \sum C_{об} * k_з \quad (5.6)$$

где $\sum C_{об}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_з$ – коэффициент загрузки оборудования.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.7)$$

где: $N_{пр}$ – принятое значение годовой программы, шт.;

$t_{шт}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного изделия, мин.;

$\Phi_{эф}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, час.

Для выполнения $N_{пр}$ округлим полученное количество оборудования до целых значений в большую сторону ($n_{об.прин}$).

Тогда расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

Величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_K - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) * T_{\text{см}} * S * (1 - k_{\text{р.п}}) \quad (5.9)$$

где: D_K – количество дней в году;

$D_{\text{вых}}$ – выходные дни;

$D_{\text{пр}}$ – праздничные дни;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

$k_{\text{р.п}}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{\text{эф.}} = (365 - 110 - 14) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

$$n_{\text{об.расчетнб}} = \frac{100 * 358,049}{1812 * 60} = 0,65 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{100 * 266,849}{1812 * 60} = 0,49 \text{ шт}$$

$$k_{3б} = \frac{0,65}{1} = 0,65$$

$$k_{3пр} = \frac{0,49}{1} = 0,49$$

$$K_{\text{прб}} = 85000 * 0,65 = 55250 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 276000 * 0,49 = 135240 \text{ руб.}$$

Принятая величина сопутствующих капитальных вложений определяется по зависимости:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.10)$$

$K_{\text{монт}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования;

$K_{\text{дем}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{площ}}$ – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.11)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса, = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 276000 * 0,2 = 55200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.12)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж, = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 85000 * 0,2 = 17000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * C_{\text{площ}} * g * k_3 \quad (5.13)$$

где: g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{площ}} = 10 * 3000 * 3 * 0,49 = 44100 \text{ руб}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 55250 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{ПП}} = 31980 + 55200 + 17000 + 44100 = 148280 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.14)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 55250 / 100 = 552,5 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПП}} = 148280 / 100 = 1482,80 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

Затраты на материалы

$$ЗМ = ЗМ_{\text{ОСН}} + ЗМ_{\text{ВСП}}$$

Затраты на основные материалы остаются неизменными, поэтому их не учитываем

Затраты на вспомогательные материалы, используемые при реализации базового варианта технологии, определяем с использованием формулы

$$ЗМ_{\text{СВ}} = ЗМ_{\text{СВГР}} + Ззг \quad (5.15)$$

Затраты на электродную проволоку

$$ЗМ_{\text{СВГР}} = Ц_{\text{ГР}} * Н_{\text{ГР}}; \quad (5.16)$$

где $Ц_{\text{ГР}}$ – цена электродной проволоки, руб/кг;

$Н_{\text{ГР}}$ = норма расхода электродной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки

$$Н_{\text{ГР}} = У * L \quad (5.17)$$

где – $У$ - удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

L – длина сварного шва, м.

$$У = kр * M_{\text{напл.мет}} \quad (5.18)$$

где $kр$ – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{\text{напл.мет}}$ – расчетная масса наплавленного металла, 1,263 кг/м.

$$У = 1,05 * 1,006 = 1,056 \text{ кг/м.}$$

$$Н_{\text{ГР}} = 1,056 * 143,518 = 151,598 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{\text{СВБ}} = З_{\text{ГР}} = 78 * 151,598 = 16374 \text{ руб.}$$

Затраты на вспомогательные материалы, используемые при реализации проектного варианта технологии, определяем с использованием формулы

$$ЗМ_{\text{СВ}} = ЗМ_{\text{СВГР}} + ЗМ_{\text{фл}} \quad (5.19)$$

$$ЗМ_{\text{СВГР}} = Ц_{\text{ГР}} * Н_{\text{ГР}}; \quad (5.20)$$

$$Н_{\text{ГР}} = У * L \quad (5.21)$$

$$У = kр * M_{\text{напл.мет}} \quad (5.22)$$

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3} \quad (5.23)$$

Для многопроходной сварки принимаем, что

$$F_n = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n \quad (5.25)$$

где $F_1 = (6 \div 8) \cdot d_{\text{эл.}}$ – первый проход;

$F_n = (8 \div 12) \cdot d_{\text{эл.}}$ – последующие проходы.

$$F_n = 32 + 40 + 40 + 40 = 152 \text{ мм}^2$$

$$M_{\text{напл.мет.пр}} = 7,8 \cdot 152 \cdot 10^{-3} = 1,185 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,05 \cdot 1,185 = 1,244 \text{ кг/м.}$$

$$M_{\text{пр}} = 1,244 \cdot 143,518 = 178,536 \text{ кг.}$$

$$3M_{\text{пр}} = M_{\text{СВПР}} = 64 \cdot 178,536 = 16416 \text{ руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости

$$3_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} \cdot C_{\text{э-э}} \quad (5.28)$$

где $P_{\text{об}}$ – полезная мощность оборудования, кВт;

$C_{\text{э-э}}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Мощность технологических установок вычисляется по значениям $I_{\text{св}}$ и $U_{\text{д}}$.

$$P_{\text{обб}} = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт} = 6 \text{ кВт}$$

$$3_{\text{э-э}}^{\text{б}} = \frac{6 \cdot 4,812}{0,75} \cdot 2,2 = 84,70 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{обпр}} = 600 \cdot 30 = 18000 \text{ Вт} = 18 \text{ кВт}$$

$$3_{\text{э-э}}^{\text{пр}} = \frac{18 \cdot 3,587}{0,8} \cdot 2,2 = 177,55 \text{ руб.}$$

Расчетное определение затрат на технологическое оборудование выполним согласно зависимости:

$$3_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (5.30)$$

где $A_{\text{об}}$ – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{\text{т.р}}$ – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

Расчетное определение затрат на амортизацию оборудования выполним по формуле:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * На_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} \quad (5.31)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб;
 $На_{об}$ – норма амортизации оборудования, %;

Подставив в (5.31) необходимые значения, получим:

$$A_{об}^Б = \frac{85000 \cdot 358,04 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 50,38 \text{ руб}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{276000 \cdot 266,849 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 212,54 \text{ руб}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.32)$$

где $H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

$$P_{т.р}^Б = \frac{85000 * 35 * 0,65}{1812 * 100} = 10,67 \text{ руб.}$$

$$P_{т.р}^{ПР} = \frac{276000 * 35 * 0,49}{1812 * 100} = 26,12 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{об}^Б = 50,38 + 10,67 = 61,05 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{ПР} = 121,54 + 26,12 = 147,66 \text{ руб.}$$

Расчетное определение затрат на производственные площади выполним по формуле:

$$Z_{\text{плоч}} = \frac{C_{\text{плоч}} * S_{\text{плоч}} * Na_{\text{плоч}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 100 * 60} \quad (5.33)$$

где: $C_{\text{плоч}}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;

$Na_{\text{плоч}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{плоч}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м².

Подставив в (5.33) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{плоч}}^{\text{б}} = \frac{3000 * 8 * 2 * 358,04}{1812 * 100 * 60} = 1,58 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{плоч}}^{\text{пр}} = \frac{3000 * 11 * 2 * 266,84}{1812 * 100 * 60} = 1,61 \text{ руб.}$$

Расчетное определение фонда заработной платы рабочих выполняющих наплавку выполним согласно зависимости:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛосн} + \text{ЗПЛдоп.} \quad (5.34)$$

Расчетное определение затраты на заработную плату выполним согласно формулы.

$$\text{ЗПЛосн} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.35)$$

где $C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{\text{шт}}$ – норма штучного времени, час;

$k_{\text{зпл}}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} * k_{\text{вн}} * k_{\text{у}} * k_{\text{нф}} * k_{\text{н}} \quad (5.36)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{нф}} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,057 * 1,133 = 1,81$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^Б = 5,967 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 808,83 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^{ПР} = 4,447 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 427,88 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{\partial}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.37)$$

где k_{∂} – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$ЗПЛ_{доп}^Б = 808,83 \cdot 10 / 100 = 80,88 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 427,88 \cdot 10 / 100 = 42,78 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПб = 808,83 + 80,88 = 889,71 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПпр = 427,88 + 42,78 = 470,66 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$Осн = \PhiЗП \cdot Нсоц / 100 \quad (5.38)$$

где $Нсоц$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Подставив в (5.38) необходимые значения, получим:

$$О_{СН}^Б = 889,71 \cdot 30 / 100 = 266,91 \text{ руб.}$$

$$О_{СН}^{ПР} = 470,66 \cdot 30 / 100 = 141,20 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$С_{ТЕХ} = ЗМ + Зэ-э + Зоб + Зпл + \PhiЗП + Осн \quad (5.39)$$

Подставив в (5.39) необходимые значения, получим:

$$С_{ТЕХ}^Б = 16374,00 + 84,70 + 61,05 + 1,58 + 889,71 + 266,91 = 17677,95 \text{ руб.}$$

$$С_{ТЕХ}^{ПР} = 16416,00 + 177,50 + 147,66 + 1,61 + 470,66 + 141,20 = 17354,63 \text{ руб.}$$

5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + R_{\text{цех}}; \quad (5.40)$$

где $R_{\text{цех}}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$R_{\text{цех}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{цех}} \quad (5.41)$$

где $k_{\text{цех}}$ – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата рабочих, руб.

Подставив в (5.41) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 17677,95 + 808,83 \cdot 2,5 = 17677,95 + 2022,07 = 19700,02 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 17354,63 + 427,88 \cdot 2,5 = 17354,63 + 1069,70 = 18424,33 \text{руб.}$$

5.6 Заводская себестоимость

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + R_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + k_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.42)$$

где $R_{\text{зав}}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{зав}}$ – коэффициент общезаводских расходов, 1,8

Подставив в (5.42) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 19700,02 + 808,83 \cdot 1,8 = 19700,02 + 1455,89 = 21155,91 \text{руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 18424,33 + 427,88 \cdot 1,8 = 18424,33 + 770,18 = 19194,51 \text{руб.}$$

Результаты выполненных расчетов обобщим в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости изготовления одного корпуса

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб.	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	16374,00	16416,00
2	Фонд заработной платы	ФЗП	889,71	470,66
3	Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	266,91	141,20

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
4	Затраты на оборудование	Зоб	61,05	147,66
5	Затраты на площади	Зпл	1,58	1,61
	Себестоимость технологическая	Стех	17677,95	17354,63
6	Цеховые расходы		2022,07	1069,70
	Себестоимость цеховая	Сцех	19700,02	18424,33
7	Заводские расходы		1455,89	770,18
	Себестоимость заводская	Сзав	21155,91	19194,51

5.7 Расчет показателей экономической эффективности работы

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Pr_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{np} \right) \cdot N_{np} \quad (5.43)$$

Подставив в (5.43) необходимые значения, получим:

$$Э_{у.г.} = (21155,91 - 19194,51) \cdot 100 = 196100,20 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$Эг = \left[\left(C_{зав}^б + E_n \cdot K_{уд}^б \right) - \left(C_{зав}^{пп} + E_n \cdot K_{уд}^{пп} \right) \right] \cdot N_{пп} \quad (5.44)$$

Подставив в (5.44) необходимые значения, получим:

$$Эг = \left[(21155,91 + 0,33 \cdot 552,50) - (19194,51 + 0,33 \cdot 1482,8) \right] \cdot 100 = 151191,60 \text{ руб.}$$

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпп}}{t_{штб}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

Подставив в (5.45) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{шт} = \frac{5,967 - 4,447}{5,967} \cdot 100\% = 52\%$$

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5.46)$$

Подставив в (5.46) необходимые значения, получим:

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot 52}{100 - 52} = 108\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\Xi_{уг}} \quad (5.47)$$

$$T_{ок} = \frac{148280}{392279,20} \approx 0,5 \text{года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{ср} = 1/T_{ок} = 1/0,5 = 2. \quad (5.48)$$

5.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость наплавки лопасти.

Установлено, что проектный вариант наплавки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 52 %, увеличение производительности труда на 108 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 196 тыс. рублей. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 151 тыс. рублей. Капитальные вложения в оборудование размером 148 тыс. рублей будут окуплены за 0,5 года.

Делаем вывод о том, что разработанная технология наплавки обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальный анализ базовой технологии наплавки лопастей показал, что причиной главных его недостатков являются малые значения показателей механизации и автоматизации процесса дуговой наплавки.

В работе рекомендован способ механизированной наплавки лопастей гидротурбин.

Разработан технологический процесс механизированной сварки с применением специализированной порошковой проволоки для восстановления кавитационных повреждений.

Механизированная наплавка поврежденных кавитацией лопастей гидравлических турбин, выполненная порошковой проволокой, увеличивает показатели производительности труда, снизить затраты на заработную плату, так как можно применить рабочего меньшего разряда.

Ориентировочная величина годового экономического эффекта при замене базовой технологии наплавки на проектную, составит 151 тыс. рублей. Цель работы достигнута

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
2. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : ввод. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
3. Справочник конструктора и технолога / сост. В. М. Михин, Б. Е. Кобызев, В. В. Михайленко. - Королев : ЦНИИМАШ, 2000. - 582 с.
4. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
5. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
6. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
7. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
8. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
9. Спиваков В.И., Орлов Э.А. Исследование влияния деформационно-термических параметров асимметричного охлаждения на плоскостность, микроструктуру и механические свойства листов. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб.научн.тр.ИЧМ. К.: — Наукова думка, 2002. – Вып.4. – С. 321.

10. Сэйдж А.М. Металлофизический обзор высокопрочных низколегированных сталей для труб и фиттингов. // Стали для газопроводных труб и фиттингов. Труды конференции. – М.: Metallurgy, 1985. – С.38– 59.
11. Выбойщик Л. М., Лучкин Р. С., Платонов С. Ю. Структурный фактор коррозионно-механической прочности сварных соединений нефтепромысловых труб // Сварочное производство. - №6 - 2008, с 12-17.
12. Масленников А.В. Разработка технологического процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов на основе оптимизации параметров режима : диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 / Масленников Александр Васильевич; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)] - Москва, 2008.
13. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. — Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомеханическому старению // Сварочное производство. 2008. №1 — С. 10-12.
14. Федосеева Е.М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности магистральных трубопроводов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.10 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Перм. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2011. - 140 с.
15. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств околошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности X70–X80: диссертация ... кандидата Технические науки: 05.16.01 / Уткин Иван Юрьевич; [Место защиты: Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина].- Москва, 2016.
16. Борисов, Ю.С. Использование сверхзвуковых струй в технологии газотермического напыления / Ю.С. Борисов, С.В. Петров // Автоматическая сварка. – 1995. – № 1. – С. 41–44.

17. Величко, О.А. Лазерная наплавка цилиндрических деталей порошковыми материалами / О.А. Величко, П.Ф. Аврамченко, И.В. Молчан, В.Д. Паламарчук // Автоматическая сварка. – 1990. – № 1. – С. 59–65.
18. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.
19. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
20. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
21. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
22. Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 37–38.