

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология ремонтной наплавки колеса мостового крана

Обучающийся

А.С. Заусаев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.И. Плахотный

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановительной наплавки крановых колёс.

На основании анализа исходных данных и известных решений для построения проектной технологии восстановительной наплавки предложено применить автоматическую наплавку под флюсом.

В работе составлена проектная технология восстановительной наплавки. Дано описание особенностей выполнения операций проектного технологического процесса.

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

Производительность труда повышается на 230 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 58 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,24 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия позволяют судить о высокой эффективности замены ручных способов сварки и наплавки на механизированные способы.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по восстановлению деталей машин с применением наплавки.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной наплавки крановых колёс.	8
1.1 Особенности конструкции и эксплуатации крановых колёс.	8
1.2 Сведения о материале крановых колёс.	10
1.3 Особенности выполнения операций при осуществлении базовой технологии ремонтной наплавки.	12
1.4 Анализ источников научно-технической информации.	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	19
2 Построение проектной технологии восстановительно наплавки крановых колёс.	20
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки.	20
2.2 Назначение оптимальных параметров режима наплавки.	25
2.3 Материалы для наплавки.	27
2.4 Оборудование для восстановительной наплавки кранового колеса.	28
2.5 Описание операций проектного технологического процесса восстановительной наплавки.	29
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	33
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	33
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	34
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	36
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	37
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	39

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	41
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	41
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	43
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии	44
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	46
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	50
4.6 Показатели экономической эффективности.	52
Заключение	54
Список используемой литературы и используемых источников.	55

Введение

В настоящее время отечественному производителю приходится решать ряд противоречивых задач. Первой задачей является снижение издержек производства в условиях повышения закупочной цены оборудования и комплектующих к нему. Второй задачей является соответствие общемировой экологической повестке, предусматривающей снижение энергопотребления и ресурсопотребления. Третьей задачей является уменьшение зависимости отечественных предприятий от импортного оборудования и технологий [15], [23]. В этих условиях решение поставленных задач может быть обеспечено за счет применения технологий реновации деталей машин.

Для того, чтобы восстановить работоспособность детали, зачастую требуется значительно меньшее количество энергии и материалов, чем для изготовления новой детали. Кроме того, возможность оперативного восстановления позволяет уменьшить заделы из новых деталей на случай выхода из строя. При этом проблемы с логистикой могут значительно усугубить ситуацию, так как затягивание поставок новых деталей может привести к остановке производства. Следует принимать во внимание, что восстановительная технология может применяться к детали многократно, поэтому срок службы элементов техники продляется в несколько раз.

В настоящее время растёт значение технологических процессов, позволяющих восстановить деталь машины, увеличить её эксплуатационный ресурс и повысить характеристики. Самая высокая актуальность технологий реновации наблюдается в автомобильной, сельскохозяйственной, металлообрабатывающей и строительной отраслях, от которых зависит развитие российской промышленности в условиях конкуренции и санкционного давления со стороны недружественных стран.

При обслуживании различных технологических процессов производства широко применяется грузоподъёмная техника, использование которой позволяет успешно решать задачи повышения производительности и

механизации во всех отраслях хозяйства. Любое производство связано с перемещением значительного количества грузов. Так, изготовление 1 тонны продукции требует перемещение от 10 до 100 тонн сырья и вспомогательных материалов, которые необходимо загружать, разгружать и складировать. При этом применяется подъёмно-транспортная техника, в частности мостовые краны. Они применяются для перемещения сортового проката, жидкого металла, сыпучих тел, листового проката, рельсов, слитков и пр.

В прошлом веке в Советском Союзе ежегодно вводилось в эксплуатацию порядка 6...7 тысяч подъёмных кранов. К 2000-му году количество вводимых в эксплуатацию кранов уменьшилось до 1 тысячи в год. При этом сохранилось разнообразие применяемых для их изготовления и ремонта запасных частей. В частности, крановые колёса могут иметь до сотни наименований в зависимости от особенностей применяемых технических и конструктивных решений. Каждый завод придерживается собственным нормативным документам при изготовлении крановых колёс, в настоящий момент унификация этого узла отсутствует. Поэтому при длительной эксплуатации крана на предприятии приходится решать вопрос замены и восстановления его частей. Восстановление кранового колеса выполняется, главным образом, с применением наплавки его рабочей поверхности, которая выполняется ремонтной службой предприятия или специализированной организацией.

Соблюдение требования энергосбережения и ресурсосбережения делает необходимым повсеместное применение технологий реновации, которые позволяют применять восстановленные детали машин вместо вновь приобретаемых деталей машин. Для того, чтобы восстановить работоспособность детали, зачастую требуется значительно меньшее количество энергии и материалов, чем для изготовления новой детали. Кроме того, возможность оперативного восстановления позволяет уменьшить заделы из новых деталей на случай выхода из строя. При этом проблемы с логистикой могут значительно усугубить ситуацию, так как затягивание

поставок новых деталей может привести к остановке производства. Следует принимать во внимание, что восстановительная технология может применяться к детали многократно, поэтому срок службы элементов техники продляется в несколько раз.

Одним из самых эффективных способов восстановления деталей машин признана наплавка, которая позволяет не только восстановить геометрию детали, но и придать ей повышенные по сравнению с исходной деталью технологические свойства. Это достигается за счёт применения новых наплавочных материалов и способов наплавки.

На основании вышеизложенного следует признать актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы и поставленной в ней цели – повышение производительности и качества восстановительной наплавки колёс мостового крана за счёт применения перспективных наплавочных материалов и технологий.

Достижение поставленной цели должно выполняться на основании изучения современных технологических решений, предложенных сварочному производству отечественными и зарубежными исследователями. С учётом настоящей специфики, характеризующей политическую и экономическую обстановку в России и за рубежом, предпочтение следует отдавать отечественным разработкам, внедрение которых в современное производство не потребует применения импортного оборудования и элементной базы.

Таким образом, выпускная квалификационная работа направлена не только на повышение экономической эффективности отечественного производства, но и позволяет снизить зависимость ключевых производств Российской Федерации от поставок иностранных комплектующих.

1 Современное состояние ремонтной наплавки крановых колёс

1.1 Особенности конструкции и эксплуатации крановых колёс

На рисунке 1 представлено крановое колесо, которое подлежит восстановлению. В процессе эксплуатации колеса подвергаются значительным нагрузкам, испытывают ударные нагрузки при переезде через стыки рельсов, неровностей и крестовин. Поскольку на поверхности колёс присутствуют различные неровности, это вызывает действие дополнительных нагрузок на колесо. В результате интенсивного нагружения происходит местный нагрев поверхности колеса, при вращении колеса нагретый участок охлаждается. В результате циклов быстрого нагрева и охлаждения происходит структурное изменение металла на поверхности колеса. Также следует принимать во внимание, что переменное температурное и силовое нагружение крановых колёс характеризуется высокой частотой следования циклов, что приводит к возникновению различных видов повреждений. На рисунке 2 представлены примеры усталостных повреждений крановых колёс.

На характер повреждения колеса, скорость зарождения и развития дефектов оказывает существенное влияние такие факторы, как механические свойства и химический состав металла, из которого выполнено крановое колесо; размеры и качество формирования поверхности колеса; периодичность и качество выполняемой ремонтной наплавки; климатические условия эксплуатации.

При движении кранового колеса по рельсу изнашивается реборда колеса. Скорость и характер износа реборды зависит от действующих на участке контакта «колесо-рельс» сил трения. Кратковременные знакопеременные нагрузки приводят к ускоренному усталостному износу крановых колёс. Если твёрдость рельса не соответствует твёрдости колеса, скорость износа реборды увеличивается.

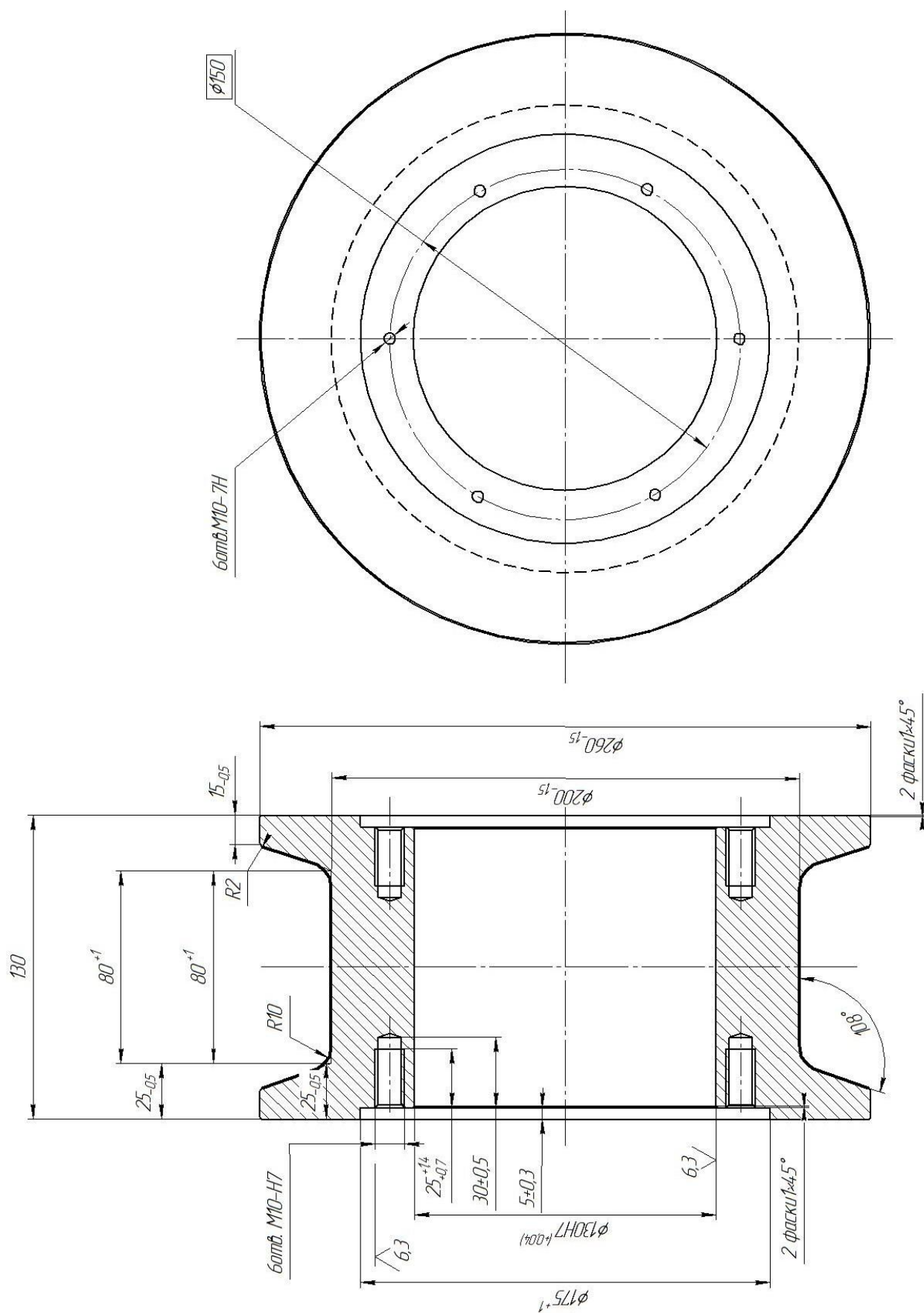


Рисунок 1 – Крановое колесо

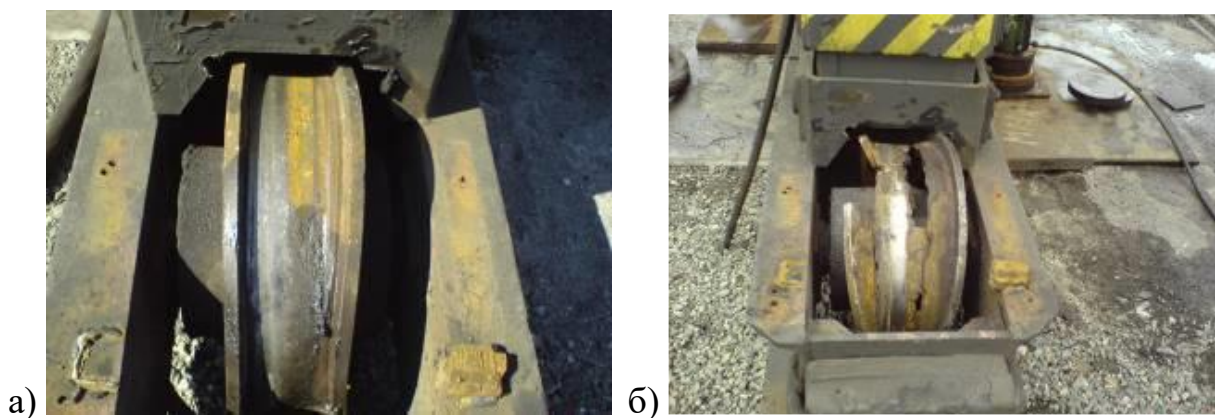


Рисунок 2 – Виды износа ходовых колес портального крана: а - отслоение поверхности катания, деформация реборды; б - разрушение колеса

Вследствие того, что при эксплуатации крана нагрузка на различные его колёса распределяется неравномерно, происходит скорость износа крановых колес с различной скоростью. В результате такого неравномерного износа возникают дополнительные усилия, которые ускоряют суммарный износ колёс и каждого колеса в отдельности. Поэтому при проведении восстановительной наплавки необходимо наплавлять весь комплект колёс сразу.

Продолжительность эксплуатации кранового колеса в зависимости от особенностей нагрузки может составлять от нескольких месяцев до года. В соответствии с ГОСТ 28648-90 допускается эксплуатация кранового колеса при износе толщины реборды не более 50 % и поверхности катания не более 2%. Также не допускаются к эксплуатации крановые колеса, если они имеют трещины и отколы.

1.2 Сведения о материале крановых колёс

Крановые колёса выполняют из стали 75 или стали 65 Г. Также для изготовления крановых колёс может быть применена сталь марки 2 в соответствии с ГОСТ 10791. Для изготовления крановых колес могут применяться заготовки из стали 30, что допускается ГОСТ 25835, или другая

сталь, характеристики которой не ниже характеристик стали 30. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается крановое колесо из стали 30, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 30

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,27 – 0,35	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Сталь 30 относится к группе ограниченно свариваемых сталей, для её ремонтной сварки и наплавки требуется применение предварительного подогрева.

Основной проблемой при сварке и наплавке стали 30 могут стать образование горячих и холодных трещин.

Причиной образования горячих трещин является пониженная деформационная способность металла в нагретом состоянии. Переход расплавленного металла из жидкого состояния в твёрдое сопровождается уменьшением его объёма и образованием растягивающих напряжений, величина которых превышает пороговое значение напряжения для нагретого состояния. Термическая обработка сварного шва не снижает вероятности получения горячих трещин, а наоборот, может привести к её повышению.

Образующиеся после сварки холодные трещины характеризуются замедленным развитием, их образование происходит при температуре металла ниже 200 °С. После зарождения холодной трещины, она развивается в течение нескольких часов или даже суток. При этом трещины могут обнаруживаться как в наплавленном металле, так и в основном металле.

Назначение параметров режима наплавки при ремонте деталей машин из стали 30 требует более тщательной теоретической и экспериментальной проработки по сравнению с низкоуглеродистыми сталями.

1.3 Особенности выполнения операций при осуществлении базовой технологии ремонтной наплавки

Перед проведением обмера и обточки кранового колеса следует очистить его от загрязнений. Для этого колесо вымачивают в керосине в течение 6...8 часов, что позволяет убрать с его поверхности смазку и ржавчину. После отмачивания детали её насухо протирают тканью.

Далее выполняют механическую обточку гребня колеса и поверхности качения колеса. При обточке проверяют соблюдение геометрии колеса при помощи шаблонов. Далее выполняют зачистку поверхностей, на которых будет выполнена наплавка. Для зачистки могут быть применены металлические щётки или зачистка выполняется на токарном станке. Наклепанный слой следует удалить до здорового металла. Если изношенная поверхность имеет неравномерную выборку с переходами более 2 мм, её следует выровнять на станке.

Предварительный нагрев колеса выполняется до температуры 180...190 °С. Нагрев ведут с применением электрической печи СНО, которая представлена на рисунке 3.

После предварительного подогрева устанавливают крановое колесо на вращатель и выполняют дуговую наплавку колеса порошковой самозащитной проволокой. В качестве проволоки используют ОК Tubrodur 15.42 производства концерна ESAB диаметром 1,6 мм.



Рисунок 3 – Печь электрического нагрева СНО

Проволока имеет в составе 0,2 % углерода, 1 % кремния, 1,4 % марганца, 1,4 % хрома. Наплавленный слой имеет твердость 30...40 НРС, обрабатывается механическими способами, имеет высокую сопротивляемость ударному износу и трению по металлу.

Питание сварочной дуги обеспечивается выпрямителем ВС-500, который представлен на рисунке 4-а. Подача порошковой проволоки обеспечивается механизмом ПДПГ-500, который представлен на рисунке 4-б.



Рисунок 4 – Оборудование для наплавки: сварочный выпрямитель ВС-500 (а) и полуавтомат ПДПГ-500 (б)

При наплавке задают значения параметра режима: ток сварки 140...170 А, напряжение на дуге 22...24 В, скорость подачи проволоки 1,5...1,8 метров в минуту, скорость наплавки составляет порядка 10...12 метров в час.

После наплавки кранового колеса его следует поместить в ящик с песком, в котором происходит равномерное охлаждение детали. Время вылёживанья колеса в ящике с песком составляет не менее 6 часов.

При наплавке для контроля качества применяют визуальный контроль, контроль проникающими веществами и ультразвуковой контроль.

Визуальный контроль является первичным и служит для выявления очевидных несоответствий и отклонений от требований нормативной документации. Применяют лупу с увеличением 10 крат.

После визуального контроля качества проводят механическую обработку колеса для получения заданного размера и формы.

Для обнаружения недопустимых поверхностных дефектов проводят контроль проникающими веществами. При этом недопустимыми являются такие дефекты, как одиночные трещины, сетки трещин, поры с выходом на поверхность.

Шероховатость поверхности перед проверкой проникающими веществами не должна превышать Rz 20. Перед проведением контроля следует очистить контролируемую поверхность ацетоном. Далее наносят на поверхность пенетрат Sherwin и выдерживают его в течение 15 минут. После этого смывают пенетрат с использованием очистителя Sherwin при помощи смоченной матерчатой ткани. Далее на контролируемую поверхность наносят проявитель Sherwin и выдерживают в течение 30 минут. Набор для контроля проникающими веществами представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Набор для контроля проникающими веществами Sherwin

Для проведения ультразвукового контроля применяется дефектоскоп УД 2-70, представленный на рисунке 6 и контактная жидкость.

Далее при помощи твердомера контролируют твёрдость наплавленной поверхности, которая должна быть не менее 60...62 HRC. На рисунке 7 представлен портативный беспроводной твердомер Equotip Live Leeb D.



Рисунок 6 – Дефектоскоп УД 2-70



Рисунок 7 – Портативный беспроводной твердомер Equotip Live Leeb D

Главным недостатком наплавки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при наплавке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование наплавленного слоя. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

Кроме перечисленного следует указать, что наплавка порошковой проволокой ОК Tubrodur 15.42 не позволяет повысить эксплуатационные свойства восстановленного вала, что заставляет проводить в скором времени повторную восстановительную наплавку.

1.4 Анализ источников научно-технической информации

Проведён поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения ремонтной сварки и наплавки деталей машин из углеродистых сталей.

В первой работе [11] представлены результаты исследования стойкости наплавленного металла против образования холодных трещин в случае сварки и наплавки на закаливающиеся стали.

Представленная работа показывает высокую эффективность применения ручной дуговой наплавки специальными электродами при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали.

Во второй работе [18] показано, что при работе деталей машин в условиях трения эффективным способом восстановления может стать газотермическое нанесение покрытий. Предложены составы восстановительных покрытий. Оказано, что применение покрытия на никелевой основе позволяют получить высокую прочность сцепления с основой и стойкость по отношению к износу при трении «металл-металл». Это объясняется высокой стойкостью против изнашивания аустенитных композиций по сравнению с железоуглеродистыми композициями.

Представленная работа показывает высокую эффективность применения газотермического нанесения покрытия при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали.

В третьей работе [28] проведены исследования зависимости структурного состояния наплавленного металла от исходной структуры и состава присадочного порошка ПГ-10Р6М5 при выполнении плазменно-порошковой наплавки. Показана высокая эффективность предлагаемой технологии при восстановительной наплавке

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа наплавки.

В четвёртой работе [19] показана высокая эффективность восстановительной наплавки в углекислом газе, при этом для повышения качества и снижения разбрызгивания предлагается осуществлять импульсную подачу проволоки. Эффективность предлагаемых решений проверена применительно к случаю наплавки образцов из стали 30ХГСА.

Представленная работа показывает высокую эффективность применения механизированной и автоматической наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения при восстановлении деталей машин и будет применена при анализе альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали. Также предполагается применение этой работы для построения проектной технологии наплавки.

В пятой работе [2] рассмотрена технология электрошлаковой наплавки двумя лентами. На основании проведённых исследований была определена область значений параметров режима, на которой обеспечивается устойчивый электрошлаковый процесс и минимальная глубина проплавления: ток наплавки 1400...1500 А, напряжение наплавки 32...33 В, скорость наплавки 14...17 м/ч, зазор между лентами 16 мм. Отмечены высокие механические свойства наплавленного слоя, выполненного лентами ESAB OK Band 309LNb ESW и флюсом ESAB OK Flux 10.10.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса и анализе альтернативных способов наплавки детали.

В шестой работе [22] исследована зависимость эффективности восстановительной наплавки сального колеса от различных факторов. В результате проведённых исследований показано, что при проведении отжига поверхности колеса перед наплавкой, многоэлектродной наплавки и термической обработке эффективность восстановительной наплавки повышается.

В седьмой работе [13] показана высокая актуальность вопроса восстановительной наплавки поверхностей качения колёс и недостатки традиционных технологий восстановления. Показана высокая эффективность лазерной наплавки, которая была внедрена при восстановлении стальных колёс на предприятии «Иркутск-сортировочный» (Россия).

В восьмой работе [1] описываются результаты исследования зависимости проплавления основного металла от выбора способа автоматической наплавки. При проведении эксперимента было взято девять партий порошковой проволоки. Показано, что напряжение дуги существенно влияет на формирование наплавленного валика. Оптимальный интервал напряжений, при соблюдении которого удаётся получить наплавленный слой без пор и с хорошим формированием валиков, для проволоки одного диаметра будет изменяться в зависимости от выбранного способа наплавки.

В девятой работе [6] показана высокая эффективность наплавки порошковой проволокой при восстановлении крановых колёс.

В одиннадцатой работе [10] представлены результаты зависимости свойств наплавленного металла при восстановлении крановых колёс от выбора наплавочного материала и параметров термической обработки.

На основании проведённого анализа источников научно-технической информации для последующей экспертной оценки предлагается взять следующие способы восстановительной наплавки:

- ручная дуговая наплавка,
- наплавка в защитном газе проволокой сплошного сечения,
- наплавка под флюсом,
- электрошлаковая наплавка,
- наплавка порошковой проволокой,
- лазерная наплавка.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности ремонтной наплавки крановых колёс.

При анализе свойств стали рассматриваемой стали сформулированы трудности при восстановительной сварке и наплавке – образование холодных и горячих трещин.

При анализе базового технологического процесса восстановительной наплавки кранового колеса с применением механизированной наплавки порошковой самозащитной проволокой сформулированы недостатки.

Первой задачей выпускной квалификационной работы является обоснование выбора способа восстановления. В ходе решения этой задачи следует составить список возможных способов восстановления, применение которых по отношению к рассматриваемой детали будет эффективно.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа восстановления. При этом следует рассмотреть разработки, предложенные отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками.

Третьей задачей является построение проектной технологии восстановления. При этом следует дать перечень технологических операций, которые будут выполняться при осуществлении процесса. Также необходимо сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

Четвёртой задачей, которая будет решаться в оценочном блоке является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда [4], [7].

Пятой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство [16], [17].

2 Построение проектной технологии восстановительно наплавки крановых колёс

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

В работах [3], [5], [8], [9], [17], [25] сформулированы критерии выбора способа ремонтной наплавки деталей машин:

- интегральная экономическая эффективность способа восстановления,
- условия труда сварщика,
- производительность процесса восстановления,
- эксплуатационные качества восстановленного изделия после выполнения ремонтных работ,
- стоимость применяемого в технологическом процессе оборудования и материалов.

Ранее в первом разделе выделены способы восстановительной наплавки, которые следует рассмотреть с точки зрения соответствия указанным критериям.

Ручная дуговая наплавка, схема проведения которой представлена на рисунке 8, имеет ряд преимуществ, которые обеспечивают широкое применение этого способа в промышленности:

- позволяет получить наплавленный слой значительной толщины, что обеспечивает высокую производительность;
- относительная простота и дешевизна применяемого оборудования для наплавки, которое не потребует затрат для приобретения, так как уже имеется на предприятии;
- высокая универсальность применяемой технологии и оборудования, которые могут быть использованы для восстановительной наплавки других деталей;

- технология ручной дуговой наплавки хорошо отработана и не требует приобретения дополнительных приборов метрологического обеспечения и переобучения персонала.

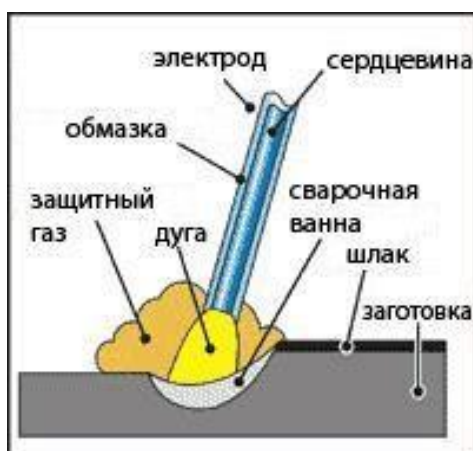


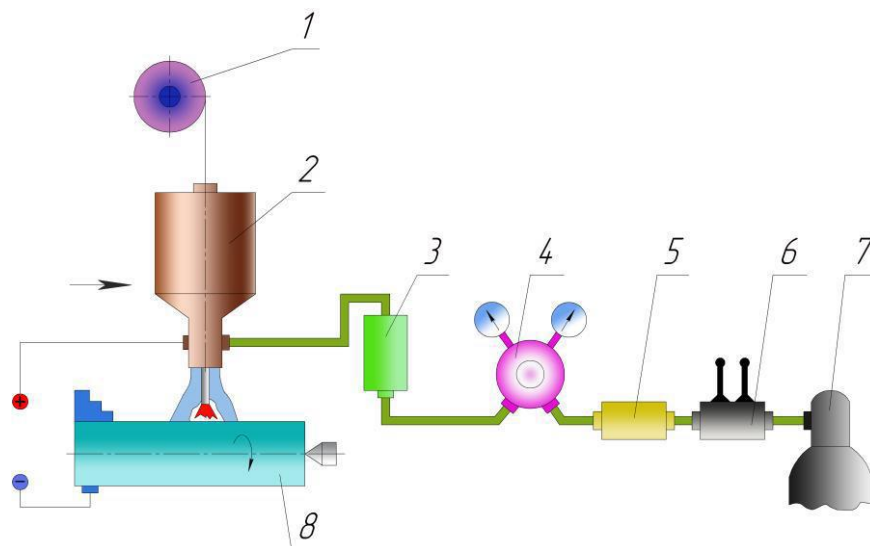
Рисунок 8 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки

Наплавка в защитном газе проволокой сплошного сечения, схема выполнения которой представлена на рисунке 9, позволяет существенно повысить производительность и улучшить условия труда по сравнению с ручной дуговой наплавкой. Этот способ имеет следующие преимущества:

- обеспечивается высокая скорость выполнения наплавки, особенно в несколько слоёв, так как нет необходимости очищать каждый слой от шлака;
- условия труда сварщика намного лучше, чем при выполнении ручной дуговой наплавки;
- повышается качество наплавленного слоя благодаря отсутствию включений и пор в наплавленном металле.

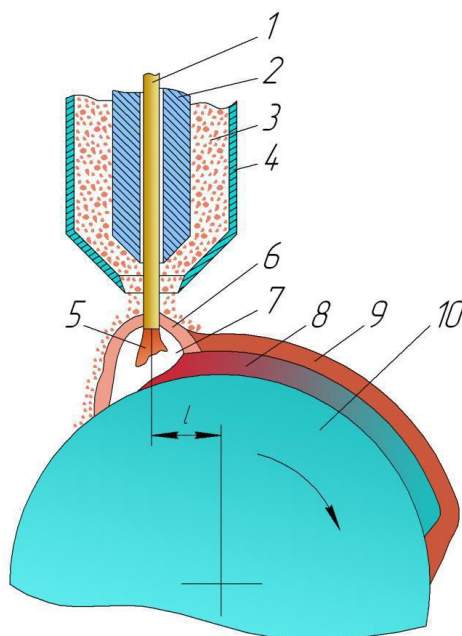
Наплавка под флюсом, схема выполнения которой представлена на рисунке 10, позволяет существенно повысить производительность и качество наплавочных работ. Также существенно улучшаются условия труда сварщика.

Недостатками наплавки под флюсом являются значительные габариты стоимости и металлоёмкость применяемого оборудования.



1 – механизм подачи проволоки, 2 – наплавочная головка, 3 – расходомер, 4 – редуктор, 5 – осушитель, 6 – подогреватель, 7 – баллон с газом, 8 – деталь

Рисунок 9 – Схема выполнения наплавки в углекислом газе



1 – электрод; 2 – мундштук; 3 – флюс; 4 – флюсопровод; 5 – электрическая дуга; 6 – расплавленный флюс; 7 – газовая (газошлаковая) оболочка; 8 – наплавленный металл; 9 – шлаковая корка; 10 – деталь;

Рисунок 10 – Схема выполнения наплавки под флюсом

При электрошлаковой наплавке, схема выполнения которой представлена на рисунке 11, не горит дуга, а присадочный материал расплавляется непосредственно за счёт перехода электрической энергии в тепловую при прохождении тока через электропроводный флюс. На

манипулятор устанавливают деталь (обозначена на схеме позицией 7), к которой подводят водоохлаждаемый кристаллизатор (обозначен на схеме позицией 3). Между деталью 7 и кристаллизатором 3 засыпают флюс (обозначен на схеме позицией 2) и подают электрод (обозначен на схеме позицией 1). Первоначально зажигают дугу, которая нагревает и расплавляет флюс, электрошлаковая ванна (обозначена на схеме позицией 4) гасит дугу, после чего процесс нагрева и плавления флюса 2 и электрода 1 проходит без дуги. Расплавленный металл (обозначен на схеме позицией 5) оседает вниз и образует на детали наплавленный слой (обозначен на схеме позицией 6).

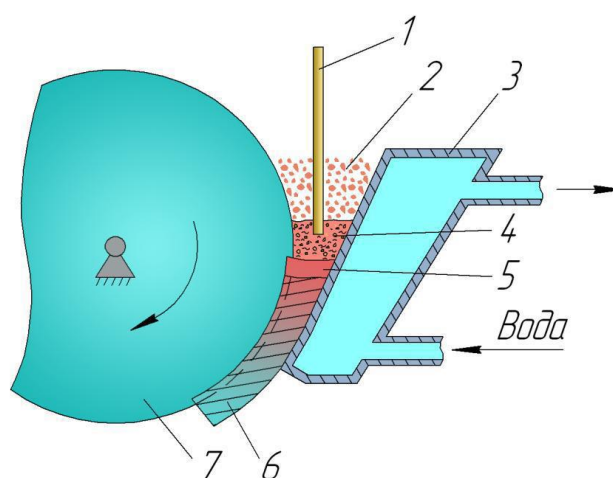


Рисунок 11 – Схема выполнения электрошлаковой наплавки

Схема наплавки порошковыми проволоками представлена на рисунке 12. Наплавка с применением порошковой проволоки позволяет существенно повысить производительность по сравнению с ручной наплавкой и мобильность по сравнению с наплавкой в защитных газах. Главным недостатком наплавки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при наплавке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего возможно получение непроваров. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

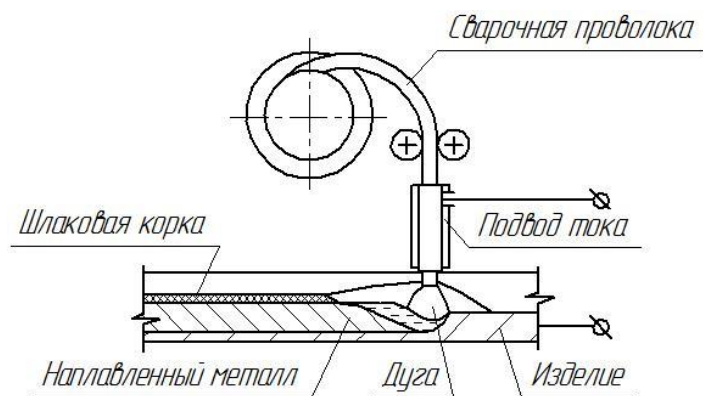


Рисунок 12 – Схема восстановительной наплавки порошковой проволокой

Лазерная наплавка, схема применения которой представлена на рисунке 13, предусматривает использование в качестве источника нагрева энергии лазерного луча. При лазерной наплавке выделяют три схемы выполнения способа. Первая схема предусматривает плавление лазерным лучом предварительно нанесённого на восстанавливаемую поверхность порошка. Вторая схема предусматривает применение боковой подачи. Применение этой схемы до недавнего времени было самым распространённым и позволяет получать покрытия различной толщины и состава. Самым главным недостатком такой схемы является несимметричная подача порошка относительно оси горелки. Третья схема предусматривает коаксиальную подачу порошка, что позволяет получить симметричность относительно оси горелки. Однако аппаратное обеспечение коаксиальной подачи порошка при лазерной наплавке сложнее, чем боковой подачи порошка.

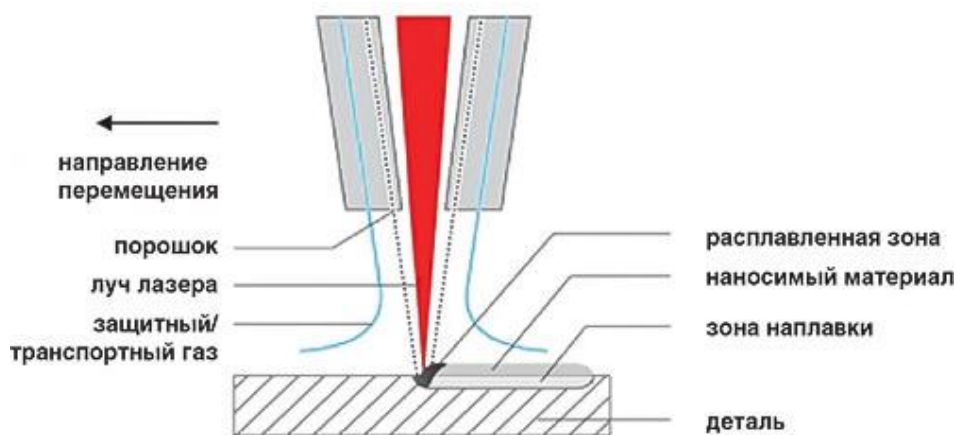


Рисунок 13 – Схема выполнения лазерной наплавки

Для построения проектной технологии восстановительной наплавки кранового колеса по результатам оценки альтернативных способов восстановления предложим использовать наплавку под флюсом.

2.2 Назначение оптимальных параметров режима наплавки

Параметрами режима автоматической наплавки под флюсом являются:

- величина тока I_n , которая измеряется в амперах при наплавке под флюсом лежит в диапазоне 100...400 А;
- диаметр проволоки d_3 , значение которого при наплавке под флюсом лежит в диапазоне 2...5 мм;
- напряжение на дуге U_d , значение которого при наплавке под флюсом лежит в диапазоне 26...40 В;
- скорость подачи проволоки V_n , значение которой при наплавке под флюсом лежит в диапазоне 20...70 м/час;
- скорость наплавки V_{np} , которая при наплавке под флюсом лежит в диапазоне 8...30 м/час.

Для рассматриваемого случая наплавки принимаем диаметр проволоки 2 мм, который позволит получить минимальное проплавление восстанавливаемой детали. Расчёт величины тока наплавки I_n выполним с использованием заданного диаметра электрода d_3 и плотности тока $a=60$ А/мм²:

$$I_n = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 60 = 180 \text{ А.} \quad (1)$$

Для тока наплавки $I_n = 180$ А и диаметра проволоки $d_3 = 2$ мм рассчитываем значение напряжения на дуге U_d :

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{св}}{\sqrt{d_{эл}}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05 \cdot 180}{\sqrt{2}} \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В.} \quad (2)$$

Далее рассчитываем коэффициент a_p расплавления электродной проволоки в зависимости от тока наплавки I_n и диаметра проволоки d_3 :

$$a_p = 7 + 0,04 \cdot \frac{I_H}{d_3} = 7 + 0,04 \frac{180}{2} = 10,6 \text{ г·А/ч.} \quad (3)$$

Далее рассчитываем значение скорости подачи проволоки V_{Π} в зависимости от коэффициента расплавления проволоки a_p , диаметра проволоки d_3 и удельной массы наплавленного металла γ :

$$V_{\Pi} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 10,6 \cdot 180}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 0,0078} = 60 \text{ м/час.} \quad (4)$$

Далее рассчитываем площадь поперечного сечения F_3 электродной проволоки:

$$F_3 = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} = 3,14 \text{ мм}^2. \quad (5)$$

Площадь поперечного сечения $F_{\text{нп}}$ валика наплавленного металла рассчитываем по толщине наплавки h , шагу наплавки S :

$$F_{\text{нп}} = h \cdot S \cdot 0,6 = 4 \cdot 12 \cdot 0,6 = 28 \text{ мм}^2. \quad (6)$$

Скорость наплавки $V_{\text{нп}}$ рассчитываем через площадь электродной проволоки F_3 , площадь сечения наплавленного валика $F_{\text{нп}}$ и скорость подачи проволоки V_{Π} :

$$V_{\text{нп}} = \frac{F_3 \cdot V_{\Pi}}{F_{\text{нп}}} = \frac{3,14 \cdot 60}{28} = 10 \text{ м/час} \quad (7)$$

Кроме рассчитываемых параметров режима следует назначить задаваемые параметры режима автоматической наплавки под флюсом:

- толщина слоя флюса, которая для тока наплавки $I_H = 180 \text{ А}$ составляет 25...35 мм;
- величина вылета электрода при использовании проволоки диаметром $d_3 = 2 \text{ мм}$ составляет 20...25 мм.
- смещение электрода в зените принимается равным 40...50 мм.

Наплавку ведут постоянным током обратной полярности. Заданные и рассчитанные параметры режима автоматической наплавки под флюсом должны обеспечить высокую процесс наплавки и качество наплавленного металла.

2.3 Материалы для наплавки

При выполнении автоматической наплавки под флюсом применяются материалы: флюс и проволока.

В качестве проволоки может быть использована как проволока сплошного сечения, так и порошковая проволока.

Порошковая проволока получила широкое распространение при выполнении сварочных и наплавочных работ, так как она является одним из самых универсальных материалов. Порошковая проволока может быть применена как для автоматической, так и механизированной наплавки. Применение порошковой проволоки позволяет существенно повысить стабильность горения сварочной дуги и перенос электродного металла. Кроме того, имеется возможность адаптации состава электродной проволоки под состав металла восстанавливаемой детали, что существенно расширяет технологические возможности наплавки.

В работе [6] показан, что наплавку крановых колёс в большинстве случаев ведут материалами, позволяющими получить состав наплавленного металла близкий к составу стали 30ХГСА или стали 18Х1Г1М. Однако такой состав наплавленного металла не удовлетворяет современным требованиям эксплуатации тяжело нагруженных крановых колёс, так как эксплуатационный ресурс наплавленного колеса мал.

Повышение ресурса работы кранового колеса после наплавки возможно в случае получения наплавленного слоя, который будет иметь структуру метастабильного аустенита, который под действием напряжений и деформаций в процессе эксплуатации будет превращаться в мартенсит [20], [21], [27].

В качестве проволоки для автоматической наплавки под флюсом кранового колеса предлагается к использованию проволока Св-08Г2СМФ. В качестве флюса для наплавки предлагается использовать АН-348.

2.4 Оборудование для восстановительной наплавки кранового колеса

В качестве автомата для наплавки предлагается взять за основу автомат А-1416, который представлен на рисунке 14

На рисунке 15 представлена компоновочная схема для проведения восстановительной наплавки крановых колёс с использованием автоматической наплавки под флюсом. В состав установки входят основание, и траверса (обозначены на схеме позициями 1 и 2). В предлагаемом варианте наплавочная головка (обозначена на схеме позицией 4) закрепляется стационарно, а все манипуляции совершаются программируемым вращателем (обозначен на схеме позицией 3). Регулирование положения наплавочной головки осуществляется при помощи маховика (обозначен на схеме позицией 8). Источник питания (обозначен на схеме позицией 6) и исполнительные механизмы работают от пульта управления (обозначен на схеме позицией 5). Наплавочная проволока с катушки (обозначена на схеме позицией 13) подаётся механизмом подачи проволоки (обозначен на схеме позицией 7). Флюс перед выполнением наплавки засыпают в бункер (обозначен на схеме позицией 9). Ручное управление работой вращателя может быть проведено от пульта управления вращателем (обозначен на схеме позицией 10). Для сбора флюса в схеме предусмотрены лоток и сток (обозначены на схеме позициями 12 и 11).



Рисунок 14 – Автомат А-1416

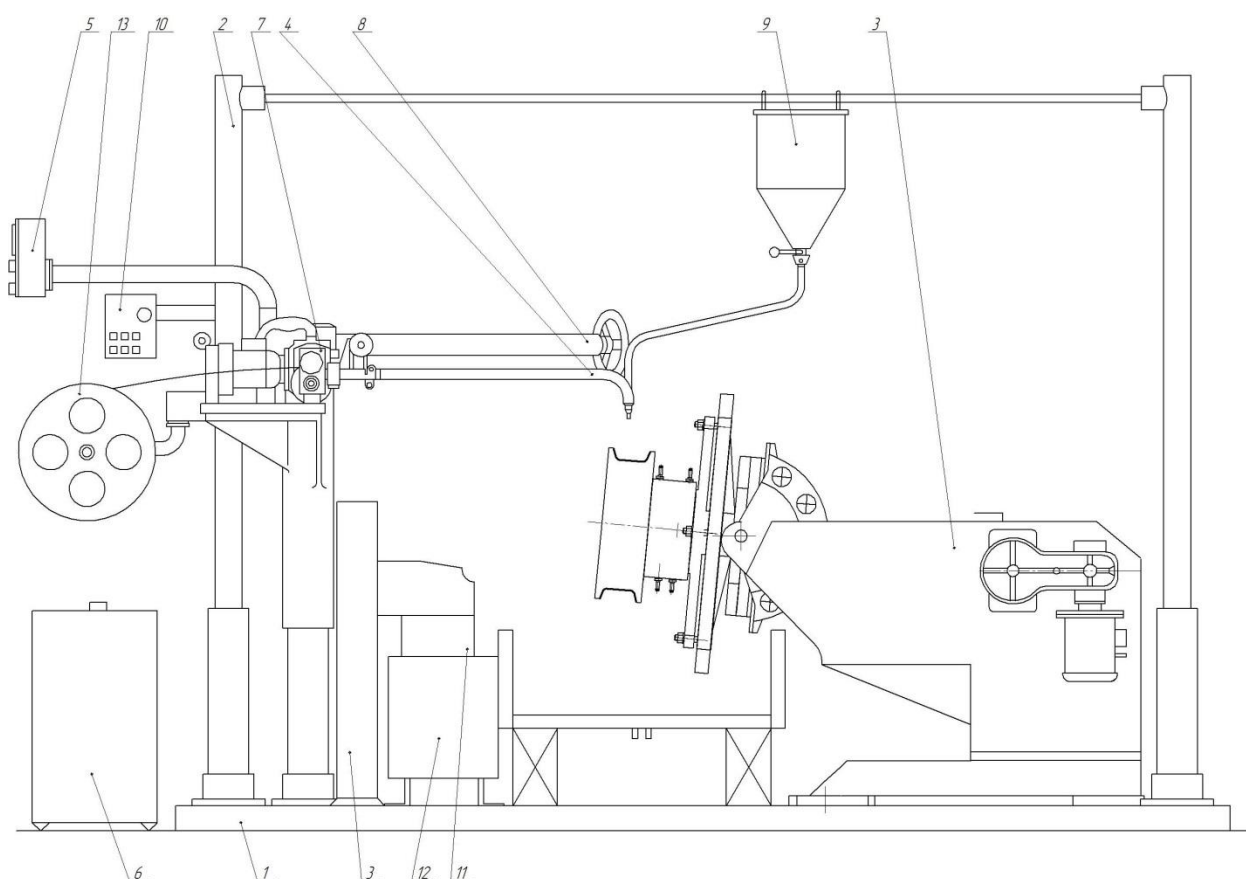


Рисунок 15 – Компоновочная схема для автоматической наплавки крановых колёс

В качестве источника питания для комплектации установки автоматической наплавки под флюсом крановых колёс предлагается применить сварочный выпрямитель ВДУ-1250.

2.5 Описание операций проектного технологического процесса восстановительной наплавки

Перед проведением обмера и обточки кранового колеса следует очистить его от загрязнений. Для этого колесо вымачивают в керосине в течение 6...8 часов, что позволяет убрать с его поверхности смазку и ржавчину. После отмачивания детали её насухо протирают тканью.

Далее выполняют механическую обточку гребня колеса и поверхности качения колеса. При обточке проверяют соблюдение геометрии колеса при

помощи шаблонов. Далее выполняют зачистку поверхностей, на которых будет выполнена наплавка. Для зачистки могут быть применены металлические щётки или зачистка выполняется на токарном станке. Наклепанный слой следует удалить до здорового металла. Если изношенная поверхность имеет неравномерную выборку с переходами более 2 мм, её следует выровнять на станке.

Предварительный нагрев колеса выполняется до температуры 180...190 °С. Для подогрева используют установку индукционного подогрева ИПК-250, которая представлена на рисунке 16. После предварительного подогрева колесо подают на установку наплавки.



Рисунок 16 – Установка индукционного подогрева

Производят установку мундштука сварочной головки на стартовую позицию наплавки, открывают задвижку механизма подачи флюса, производят включение вращателя, зажигают сварочную дугу и начинают процесс наплавки.

В ходе наплавки оператору необходимо следить за формированием наплавленного металла. В случае, если не происходит самопроизвольного отставания шлаковой корки, необходимо удалять её вручную. Шлаковую корку следует сбивать со шва после затвердевания и остывания корки, когда она стала темного цвета.

Если произошёл обрыв дуги, повторно возбуждать дугу следует после полного оборота колеса за 20...50 мм перед местом обрыва дуги. Это необходимо для переварки получившегося кратера.

После полного оборота наплавляемого колеса сварочную горелку смещают в направлении раскладки валиков на необходимую величину. Направление наплавки – снизу вверх.

Наплавку производим на постоянном токе обратной полярности. Допускается производить наплавку на постоянном токе прямой полярности.

После наплавки крановое колесо для равномерного и замедленного остывания помещают в термостат. Между съёмом наплавленного колеса с вращателя и установкой его в термостат не должен проходить более 5 минут.

Остывание наплавленного колеса в термостате должно проводиться со средней скоростью, не превышающей 50°С/час и продолжительностью не менее 6 часов.

Температура наплавленной поверхности колеса в момент извлечения его из термостата не должна быть больше 50°С. Постановка колеса тележку крана должна производиться только после его полного остывания до комнатной температуры.

Для питания дуги при наплавке под флюсом применим источник питания ВДУ-1250, который представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – Источник питания для наплавки под флюсом ВДУ-1250

После наплавки колеса его помещают в термокамеру, в которой происходит равномерное охлаждение детали. Время вылёживания колеса в ящике с песком составляет не менее 6 часов.

После остывания колеса проводят контрольные операции и обточку согласно базовому процессу, который был описан в первом разделе настоящей выпускной квалификационной работы.

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

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [12] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [4], [7].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [16], [17].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановительной наплавки крановых колёс. На основании анализа исходных данных и известных решений для построения проектной технологии восстановительной наплавки предложено применить автоматическую наплавку под флюсом. Особенности выполнения операций технологического процесса представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Особенности выполнения проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
1. «Омывка и очистка	Слесарь-сборщик	Машина моечная, станок обтачной
2. Проведение предварительного подогрева колеса	Контролёр по термообработке	Установка индукционного подогрева токами промышленной частоты - ИПК-250, цифровой контактный термометр ТК-5
3. Осуществление восстановительной наплавки	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Горизонтальный вращатель, установка наплавки, источник питания ВДУ-1250
4. Охлаждение	Контролёр по термообработке	Термокамера
5. Проведение контроля качества» [9]	Инженер - дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп УДС-2-52

Таким образом, возникающие негативные факторы должны быть идентифицированы и устранены.

Представленные в таблице 2 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

В ходе применения для выполнения проектного технологического процесса оборудования оно становится источником негативных производственных факторов. В свою очередь, эти факторы могут привести как к резкому отрицательному улучшению состояния персонала, так и нарушению здоровья вследствие кумулятивного эффекта.

В таблице 3 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. В данном случае источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке восстановительной наплавки.

В ходе оценки выделено семь негативных производственных факторов:

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

Таблица 3 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Омывка и очистка	<ul style="list-style-type: none"> - 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
2. Проведение предварительного подогрева колеса	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека
3. Осуществление восстановительной наплавки	<ul style="list-style-type: none"> - 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 в рабочей зоне уровня УФ излучения; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации
4. Охлаждение	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека
5. Проведение контроля качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн

Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Решения по обеспечению безопасности производственного процесса представлены в таблице 4. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств.

Таблица 4 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

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

Для индивидуальной защиты жизни и здоровья рабочих предлагается оснастить их средствами индивидуальной защиты. Такими средствами являются: специальная одежда, резиновые коврики, перчатки, средства защиты дыхательных путей, защитные очки, защитные маски. Представленные в таблице 4 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

В процессе осуществления проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. При этом необходимо принимать во внимание, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка
Наименование оборудования	Вращатель, установка индукционного нагрева, сварочное оборудование, оборудование для механической обработки
Классификация по виду горящего вещества	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

На основании данных таблицы 5 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами. В таблице 6 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 6 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В

качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы.

Предлагаемые средства для защиты от антропогенного воздействия представлены в таблице 7 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

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

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

Таблица 7 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [4]
Гидросфера	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [4]
Литосфера	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [4]

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

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

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановительной наплавки крановых колёс. На основании анализа исходных данных и известных решений для построения проектной технологии восстановительной наплавки предложено применить автоматическую наплавку под флюсом.

За счёт того что при выполнении операций проектного технологического процесса предусмотрено применение прогрессивных технологий, приходится считаться с дополнительными финансовыми и трудовыми затратами. При этом необходимо выполнить экономическое обоснование предлагаемых решений, от реализации которых в производстве экономический эффект должен быть положительным. Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности.

В качестве критериев оценки эффективности проектной технологии выступают повышение производительности труда, снижение трудоёмкости выполнения операций, снижение технологической себестоимости, условно-годовая экономия и годовой экономический эффект.

В таблице 8 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 8 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	Р/час	250	250
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	240 тыс.	1500 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	25	80
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	$м^2$	80	80
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $м^2$)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/ $м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [17]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

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

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

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

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

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

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

$$F_3 = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 1,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,7$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,5$ часа.

Размер годовой программы Π_r рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_r = F_9 / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{r.баз.} = 2054/1,7 = 1208$ детали для базового технологического процесса и $\Pi_{r.пр.} = 2054/0,5 = 4108$ детали для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_r = 1000$ деталей в год.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 1,7 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,8$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 1 \cdot 1000 / (4108 \cdot 1,03) = 0,3$ для проектного варианта технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_{\text{з}} = 0,8/1 = 0,8$ для базового варианта технологического процесса и $K_{\text{з}} = 0,3/1 = 0,3$ для проектного варианта технологического процесса.

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

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

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

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

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M = 345 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 1630$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M = 150 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 1,05 + 39 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 0,5 \cdot 1,05 = 628$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 1,7 \cdot 250 \cdot 1,88 = 800$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 0,5 \cdot 250 \cdot 1,88 = 235$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 800 \cdot 12 / 100 = 96$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 235 \cdot 12 / 100 = 28$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 800 + 96 = 896$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 235 + 28 = 263$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 896 \cdot 34 / 100 = 305$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 263 \cdot 34 / 100 = 90$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию P_3 :

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_3. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации N_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $N_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования F_3 и цена оборудования $C_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 240000 \cdot 21,5 \cdot 1,7 / 2054 / 100 = 42$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 1500000 \cdot 21,5 \cdot 0,5 / 2054 / 100 = 78$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 25 \cdot 1,7 \cdot 3,4 / 0,7 = 206$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 80 \cdot 0,5 \cdot 3,4 / 0,85 = 160$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 42 + 206 = 248$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 78 + 160 = 238$ рублей по проектному технологическому процессу.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 1630 + 896 + 305 + 248 + 157 = 3236$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 628 + 263 + 90 + 238 + 130 = 1349$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 3236 + 1,5 \cdot 800 = 3236 + 1200 = 4436$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 1349 + 1,5 \cdot 235 = 1349 + 353 = 1702$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 4436 + 1,15 \cdot 800 = 4436 + 920 = 5356$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 1702 + 1,15 \cdot 235 = 1702 + 270 = 1972$ рублей.

В таблице 9 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 9 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	1630	628
2. Фонд заработной платы	ФЗП	896	263
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	305	90
4. Затраты на оборудование	Зоб	248	238
5. Затраты на площади	Зпл	157	130
6. Технологическая себестоимость	Стех	3236	1349
7. Цеховые расходы	Рцех	1200	353
8. Цеховая себестоимость	Сцех	4436	1702
9. Заводские расходы	Рзав	920	270
10. Заводская себестоимость» [17]	Сзав	5356	1972

Данные, представленные в таблице 9, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии. Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\text{Ц}_{\text{об. б.}} = 240000 - (240000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 136800$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 136800 \cdot 0,8 = 109440$ рублей.

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

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 1500000 \cdot 1,05 \cdot 0,3 = 472500$ рублей.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 240000 \cdot 0,05 = 12000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 1500000 \cdot 0,05 = 75000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{соп} = 12000 + 75000 = 87000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{общ. пр.} = 472500 + 87000 = 559500$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 559500 - 109440 = 450000$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_T :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 109440/1000 = 109$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 559500/1000 = 559$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

На основании ранее проведённых экономических расчётов предстоит оценить целесообразность внедрения предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (1,7 - 0,5) \cdot 100 \% / 1,7 = 70 \%$.

Повышение производительности Π_T рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_T = 100 \cdot 70 / (100 - 70) = 230 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (3236 - 1349) \cdot 100\% / 3236 = 58 \%$.

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

$$P_{\text{ож}} = \Delta_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б}} - C_{\text{зав.пр}}) \cdot P_{\text{г}}. \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{ож}} = (5356 - 1972) \cdot 1000 = 3384000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{\text{ок}} = 450000 / 3384000 = 0,2$ года.

Величина годового экономического эффекта $\Delta_{\text{г}}$ рассчитывается как

$$\Delta_{\text{г}} = \Delta_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta_{\text{г}} = 3384000 - 0,33 \cdot 450000 = 3,24$ млн. рублей.

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

Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака.

Производительность труда повышается на 230 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 58 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,24 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановительной наплавки крановых колёс.

На основании анализа исходных данных и известных решений для построения проектной технологии восстановительной наплавки предложено применить автоматическую наплавку под флюсом.

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

Производительность труда повышается на 230 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 58 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,24 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака. На основании этого можно заключить, что в работе удалось достигнуть одновременного повышения производительности и качества наплавочных работ.

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

Список используемой литературы и используемых источников

1. 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.
2. Бабинец А. А. Свойства высоколегированного металла, наплавленного электрошлаковым способом двумя лентами // Автоматическая сварка. 2016. № 4. С. 42-46.
3. Батищев А. Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран – членов СЭВ «Ремдеталь-88», 17–21 октября 1988 г., г. Пятигорск. М., 1988. Ч. 1. С. 23–24.
4. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
5. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
6. Голякевич А. А., Орлов Л. Н., Малинов Л. С. Опыт применения электродуговой наплавки порошковой проволокой на предприятиях Украины // Автоматическая сварка. 2016. № 9. С. 37–41.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Данилов П. А. Повышение эффективности восстановления работоспособности изношенных деталей на основе обоснованного выбора технологических методов восстановления их эксплуатационных свойств : дис. ... канд. техн. наук. М. : Московский гос. техн. университет «СТАНКИН». 2010.

9. Иванов В. П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. № 1. С. 9–17.
10. Иванов В. П., Сергиенко Ю. В., Сорочан Е. Н. Повышение работоспособности наплавленных крановых колес // Наука та виробництво. 2017. № 17. С. 49–53.
11. Кабацкий В. И., Кабацкий А. В. Исследование особенностей образования холодных трещин в сварных соединениях закаливаемых сталей // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2011. № 1. С. 91–95.
12. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
13. Козубенко И. Д., Хаскин В. Ю., Черниенко В. Д. Технология лазерной наплавки и термообработки деталей колёсных пар подвижного состава // Автоматическая сварка. 2001. № 3. С. 35–27.
14. Колосков М. М., Долбенко Е. Г., Каширский Ю. В. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 2001. 672 с.
15. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.
16. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
17. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
18. Кузнецов В. Д., Пашенко В. Н., Маковой В. А. Износостойкость углеродистых и аустенитных композиций при трении металла по металлу // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2010. № 2. С. 147–151.

19. Лебедев В. А., Лендел И. В., Яровицын А. В. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки // Автоматическая сварка. 2016. № 3. С. 25–30.

20. Малинов Л. С., Малинов В. Л. Марганецсодержащие наплавочные материалы // Сварочное производство. 2001. № 8. С. 34–36.

21. Малинов Л. С., Чейлях А. П., Харланова Е. Я. Выбор состава хромомарганцевой стали с метастабильным аустенитом в качестве основы наплавочного материала // Известия ВУЗ. Черная металлургия. 1994. № 8. С. 45–46.

22. Матвеев В. В. Экономическая эффективность восстановления профиля железнодорожных колёс // Автоматическая сварка. 2006. № 4. С. 44–47.

23. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.

24. Молодык Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин. М. : Машиностроение, 1989. 480 с.

25. Новиков В. С., Очковский Н. А., Тельнов Н. Ф. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей : методические рекомендации к курсовому и дипломному проектированию. М. : МГАУ, 1998. 52 с.

26. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34-42.

27. Разиков, М. И. Сварка и наплавка кавитационной стали марки 30X10Г10 / М. И. Разиков, В. П. Ильин. – М.: НИИМАШ, 1964. – 35 с.

28. Рябцев И. А., Переплётчиков Е. Ф., Миц И. В. Влияние исходной структуры и гранулометрического состава порошка на структуру металла

10P6M5, наплавленного плазменно-порошковым способом // Автоматическая
сварка. 2007. № 10. С. 23–27.