

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технология контактной точечной сварки балки крыши
автомобиля Лада Нива

Студент

А.М. Курбанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

д.э.н., профессор И.В. Краснопевцева

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

к.т.н., доцент И.В. Дерябин

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

Тольятти 2022

Аннотация

В различных отраслях промышленности (автомобилестроение, вагоностроение, судостроение) получила широкое применение контактная точечная сварка, которая в условиях массового производства позволяет получать стабильное качество соединений при высокой производительности и низкой себестоимости процесса. Положительным свойством контактной точечной сварки, обусловившим её широкое применение, является возможность автоматизации основных и вспомогательных операций с привлечением современных технических средств.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сборки и сварки балки крыши легкового автомобиля.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- выполнить литературный обзор и обосновать выбор средства для автоматизации технологии сборки и сварки;
- составить карту технологического процесса автоматической сборки и сварки;
- выполнить компоновочную схему сварочного оборудования и спроектировать его элементы.

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

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство.

Abstract

The title of the graduation work is «The technology of resistance spot welding of the roof beam for the LadaNiva car».

In various industries (automotive, car building, shipbuilding) the resistance spot welding is widely used. It allows obtaining stable quality of joints at high productivity and low cost of the process during mass production. A positive property of resistance spot welding is the ability to automate basic and auxiliary operations by using modern technical means.

The aim of the work is to increase the productivity and quality of assembly and welding of the roof beam for a passenger car.

In the graduation work the following tasks were solved:

- to carry out a literature review and justify the choice of a tool for automating assembly and welding technology;
- to make a map of the technological process for automatic assembly and welding;
- to carry out the layout diagram of the welding equipment and design its elements.

The analysis of the design technology of welding for the presence of dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 3,75 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Современное состояние изготовления деталей в массовом производстве на примере балки крыши автомобиля Лада Нива.	8
1.1 Описание изделия и условий его работы.	8
1.2 Сведения о материале изделия	11
1.3 Описание и анализ базовой технологии сборки и сварки балки крыши задней легкового автомобиля.	12
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	15
2 Проектная технология автоматизированной сварки балки крыши.	17
2.1 Обоснование выбора способа автоматизации сборки и сварки.	17
2.2 Проектирование компоновочной схемы многоэлектродной сварочной машины.	21
2.3 Выбор параметров режима сварки.	27
2.4 Технология автоматической сварки балки крыши легкового автомобиля.	28
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	32
3.1 Технологическая характеристика объекта	32
3.2 Идентификация профессиональных рисков	33
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	35
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	37
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	39
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	41
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	41
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования.	43
4.3 Расчет штучного времени	44

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	45
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	50
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	52
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников.	56

Введение

В различных отраслях промышленности (автомобилестроение, вагоностроение, судостроение) получила широкое применение контактная точечная сварка, которая в условиях массового производства позволяет получать стабильное качество соединений при высокой производительности и низкой себестоимости процесса. Положительным свойством контактной точечной сварки, обусловившим её широкое применение, является возможность автоматизации основных и вспомогательных операций с привлечением современных технических средств. Именно благодаря этому контактная точечная сварка становится основным потребителем инноваций в области сварочных процессов [1], [8], [9].

Условием формирования качественного сварного соединения является получение общей для обоих свариваемых деталей зоны расплавления с заданными геометрическими характеристиками [6], [10], [17], [19], [20]. При этом недопустимые дефекты сварки (непровары, выплески, увеличенная вмятина, пропуски сварных точек, трещины в ядре и околошовной зоне, раковины, включения нерасплавленного металла) возникают по причине протекания процесса формирования соединения с отклонениями от оптимального [10], [18], [21], [23], [24]. Следует отметить, что повышение эффективности массового производства с применением контактной точечной сварки в значительной степени определяется возможностью снижения его себестоимости, которая складывается из стоимости производства составных элементов сварных конструкций. Именно поэтому следует признать актуальность проблемы повышения производительности изготовления с применением контактной точечной сварки сварных узлов деталей и повышения общего качества выполнения соединений [7], [17], [22].

В настоящее время продолжается встраивание экономики Российской Федерации в общемировую экономику, российские предприятия получают свою производственную нишу в мировом производстве товаров и услуг,

происходит их реорганизация под западные стандарты производства. Однако при модернизации отечественной промышленности необходимо учитывать специфику российского рынка, российской культуры производства и потребления. Например, отечественное автомобилестроение исторически характеризуется некоторой инертностью, проявляющейся в том, что хорошо зарекомендовавшие себя модели автомобилей могут выпускаться годами без значительных изменений. В связи с этим требования по увеличению производительности и степени автоматизации производства существенно превышают необходимость обеспечения высокой производственной гибкости. Именно поэтому максимальный экономический эффект при модернизации технологии производства сварных узлов кузова автомобиля может быть достигнут, если эта модернизация выполнена с применением многоэлектродных сварочных машин. Многоэлектродные сварочные машины позволяют получить самую высокую производительность при сварке ранее освоенных деталей кузова автомобиля, существенно повышают точность сборки и сварки, позволяют освободить производственный персонал для выполнения более квалифицированной и высокооплачиваемой работы.

Типовой деталью автомобиля, технологический процесс изготовления которой требует усовершенствования, является балка крыши автомобиля Лада Нива. Базовый технологический процесс предусматривает сварку с применением подвесных сварочных клещей. Недостатком базовой технологии является низкая производительность, которая связана с тяжёлым ручным трудом и необходимостью проведения манипуляций массивными сварочными клещами. Также следует отметить низкую стабильность качества сварных точек, связанную с нестабильным вводом свариваемых деталей между электродами сварочных клещей и перекосом электродов.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сборки и сварки балки крыши легкового автомобиля.

1 Современное состояние изготовления деталей в массовом производстве на примере балки крыши автомобиля Лада Нива

1.1 Описание изделия и условий его работы

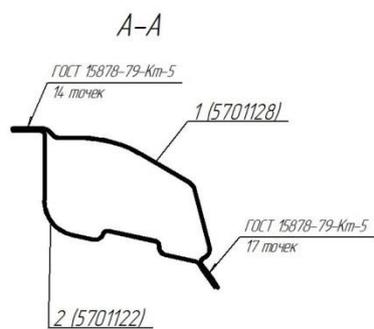
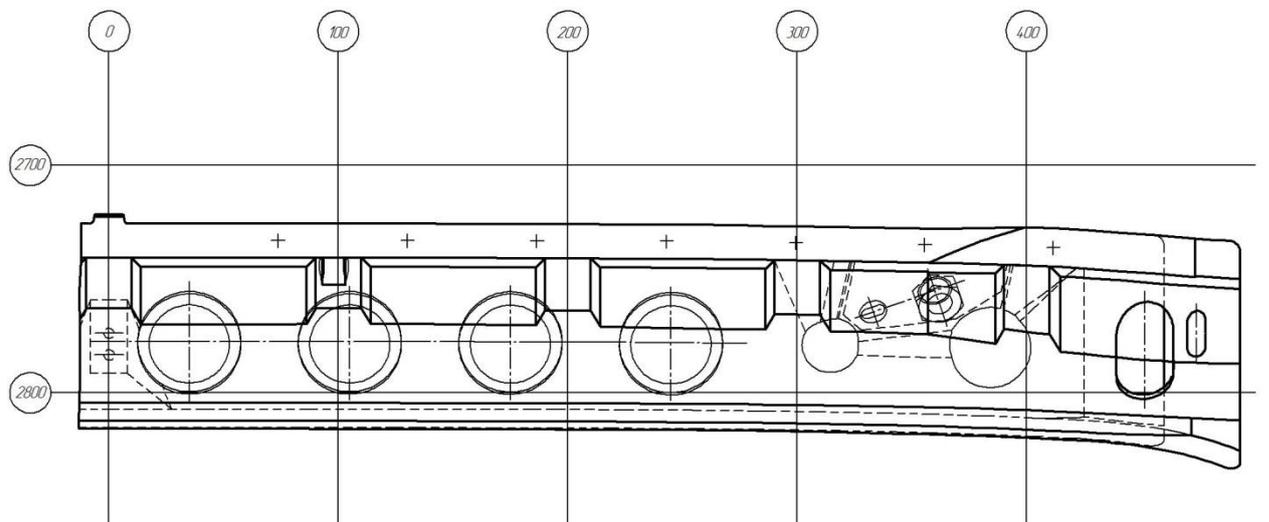
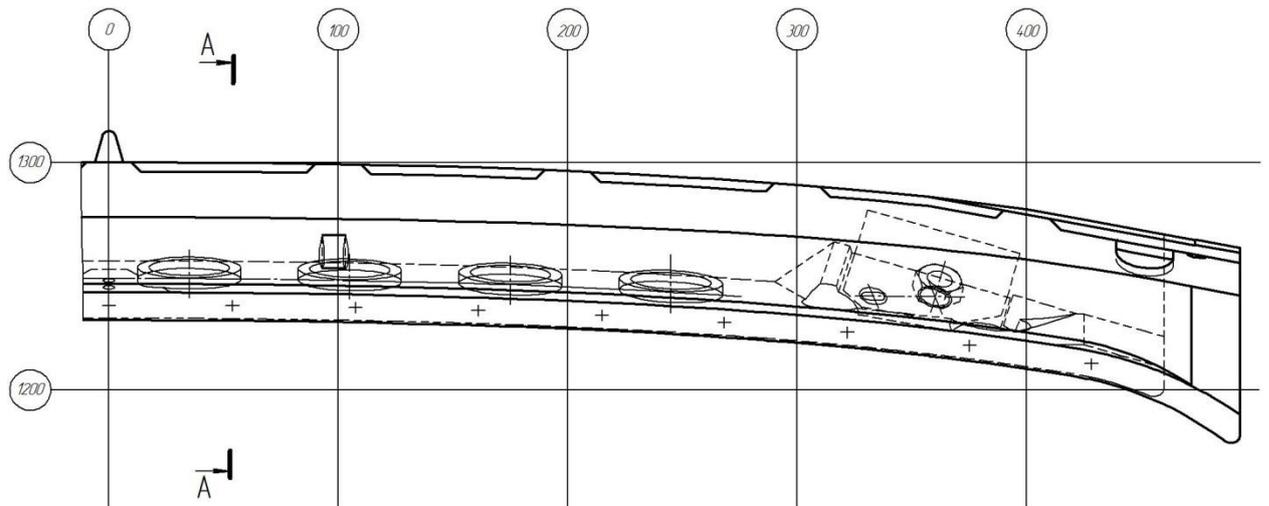
В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос повышения эффективности сварки детали кузова автомобиля Лада Нива – балки крыши, которая представлена на рисунке 1.

В поперечном сечении узел представляет собой сварную конструкцию коробчатой формы и включает в себя две детали. Первая деталь (№ 57011128) – балка крыши задняя верхняя. Вторая деталь (№ 57011122) – балка крыши задняя нижняя. Соединение деталей между собой происходит посредством простановки сварных точек в количестве 31 точек.

Эксплуатация детали происходит вместе с кузовом при перепаде температур в диапазоне от -40 до $+40$ °С. Срок эксплуатации детали совпадает со сроком эксплуатации всего кузова, а сама эксплуатация происходит в условиях действия статических и динамических нагрузений. Также из-за неровностей дорожного покрытия на деталь могут действовать вибрационные нагрузки. Рассматриваемый сварной узел не содержит лицевых поверхностей и не подвергается действию коррозионных сред.

Толщина свариваемых деталей составляет 0,9 мм. В соответствии с требованиями ГОСТ 15878-79 точечно-сварное соединение, представленное на рисунке 2, должно иметь следующие геометрические характеристики: минимальный диаметр ядра сварной точки – 5 мм, максимальная глубина вмятины – 0,2 мм, глубина проплавления детали должна быть в пределах 0,2...0,8 мм.

Диаметр ядра сварной точки (5 мм) позволяет получить прочность контактной точечной сварки на разрыв порядка 385 МПа [16].



1. Точность сборки 0,5 мм, контролировать по приспособлению 0,1 % деталей
2. Сварные соединения по ГОСТ 15878-79, контактная точечная сварка, \varnothing точки не менее 5 мм
3. Контроль качества сварки разрушением 5 точек на 1% деталей
4. Контроль качества ультразвуковой 10 точек на 2% деталей

Рисунок 1 – Балка крыши задняя в сборе

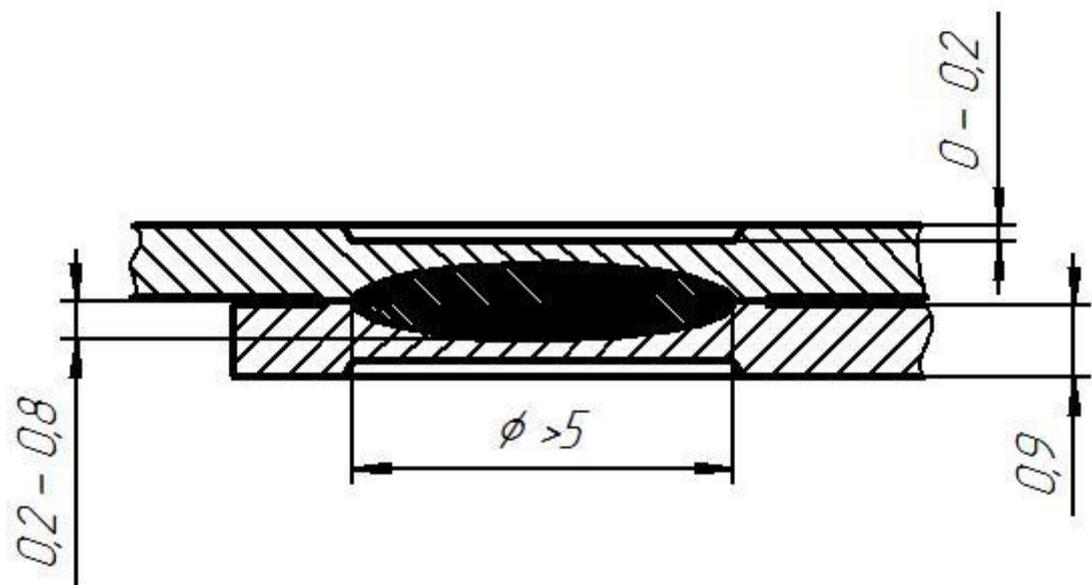


Рисунок 2 – Геометрические параметры сварной точки при выполнении сварного узла с применением контактной точечной сварки

Для того, чтобы автоматизация контактной сварки рассматриваемой детали могла дать положительный экономический эффект, к конструкции и материалу этой детали предъявляется ряд требований [7], [8].

Во-первых, материал детали должен хорошо свариваться с применением рассматриваемых способов сварки. Поскольку рассматриваемая деталь изготавливается из стали 08ЮП, которая хорошо сваривается с применением контактной точечной сварки, это условие выполняется.

Во-вторых, конструкция детали должна предусматривать рациональную разбивку на подузлы, которая обеспечивает простоту подвода сварочного инструмента и выполнение сварных соединений. Поскольку сварной узел разбит на две легко соединяемые детали, это условие выполняется.

В-третьих, на рассматриваемом узле не должны находиться ранее приваренные элементы. Поскольку на деталях узла отсутствуют ранее приваренные элементы, данное условие выполняется.

В-четвёртых, базы фиксации заготовок перед сваркой должны совпадать с базами фиксации при изготовлении деталей и при сборке в узле. Поскольку укладка деталей и их фиксация друг относительно друга происходит по отбортовке, это условие выполняется.

В-пятых, на лицевых поверхностях должно быть минимальное число сварных соединений. В рассматриваемом узле отсутствуют лицевые поверхности, значит, условие полностью выполняется.

В-шестых, должен быть обеспечен беспрепятственный подвод сварочных электродов к поверхности деталей, угол подвода должен быть не менее 82° , оптимальным считается угол 90° . Поскольку сварка происходит по отбортовке, данное условие соблюдено.

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления заготовок сварного узла применяется листовая сталь 08ЮП толщиной 0,9 мм. Сталь 08ЮП - конструкционная углеродистая качественная, сварка которой может быть выполнена без ограничений и не требует проведения предварительного подогрева и термической обработки. Сталь 08ЮП обладает хорошей штампуемостью и применяется при изготовлении кузовных деталей автомобиля. Содержание химических элементов в стали 08ЮП приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 08ЮП [14], [15]

C	P	Al	Mn	Si	S
0,07 %	<0,02 %	0,2...0,7 %	0,35 %	0,3 %	<0,02 %

Механические свойства стали 08ЮП представлены в таблице 2. Рассматриваемая сталь обладает хорошей свариваемостью, поэтому дополнительных мероприятий по повышению свариваемости не предусматривается.

Таблица 2 – Механические свойства стали 08ЮП [14], [15]

твёрдость по Бринеллю	Ударная вязкость, - 40 °С	Относительное сужение	Относительное удлинение при разрыве	Предел текучести	Предел кратковременной прочности
НВ	КСУ	γ	δ_5	σ_T	σ_B
1180	73-108 Дж/см ²	60 %	36 %	174 МПа	360 МПа

На основании проведённого краткого анализа свойств стали 08ЮП можно сделать вывод, что нет необходимости заменять рассматриваемую сталь на другую сталь. При построении проектной технологии автоматической сварки балки крыши задней в боре материал заготовок принимаем как в базовой технологии – сталь 08ЮП.

1.3 Описание и анализ базовой технологии сборки и сварки балки крыши задней легкового автомобиля

Базовая технология сборки и сварки балки крыши задней предусматривает последовательное выполнение следующих операций: мойку деталей, сушку деталей, сборку в приспособлении, сварку с применением подвесных сварочных клещей, визуальный контроль, контроль качества сварки.

Для выполнения мойки деталей применяются механизированные струйные агрегаты, которые установлены в поточной линии производства. Подвешенные на цепи детали поступательно перемещаются, проходя через моечную камеру, в которой подвергаются обработке нагретым до 90 °С моечным 2% раствором кальцинированной соды.

Для сушки деталей выполняют их обдувку сжатым воздухом. Очищенные таким образом детали поступают на последующие операции.

В процессе сборки узла заготовки со склада в оборотной таре поступают на сварочный участок. Сварщик вручную берёт каждую заготовку

из соответствующей оборотной тары и укладывает её на опорные элементы кондуктора, выполняет фиксацию заготовок при помощи прижимов.

В процессе сварки сварщик вручную перемещает сварочные клещи, позиционирует электроды над тем местом, где по чертежу должна находиться сварная точка. Далее сварщик нажимает на кнопку пуска на клещах, происходит автоматическая отработка цикла сварки, который предусматривает сжатие электродов, пропускание сварочного тока, обжатие деталей и разжатие электродов. Параметры режима контактной точечной сварки узла представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры режима контактной точечной сварки, применяемые при сварке на подвесных клещах деталей толщиной 0,9+0,9 мм

Наименование параметра	Значение параметра
Диаметр сварочного электрода, мм	5
Величина сварочного тока, А	8000
Время протекания сварочного тока, сек	0,12...0,14
Сварочное давление, кН	2,3...2,8

В качестве подвесных сварочных клещей применяются клещи TECNA, представленные на рисунке 3, которые могут иметь несколько вариантов исполнения в зависимости от особенностей выполнения сварочных операций [4]. Манипуляции клещами возможны благодаря балансиру, представленному на рисунке 4.



Рисунок 3 – Варианты исполнения подвесных клещей TECNA

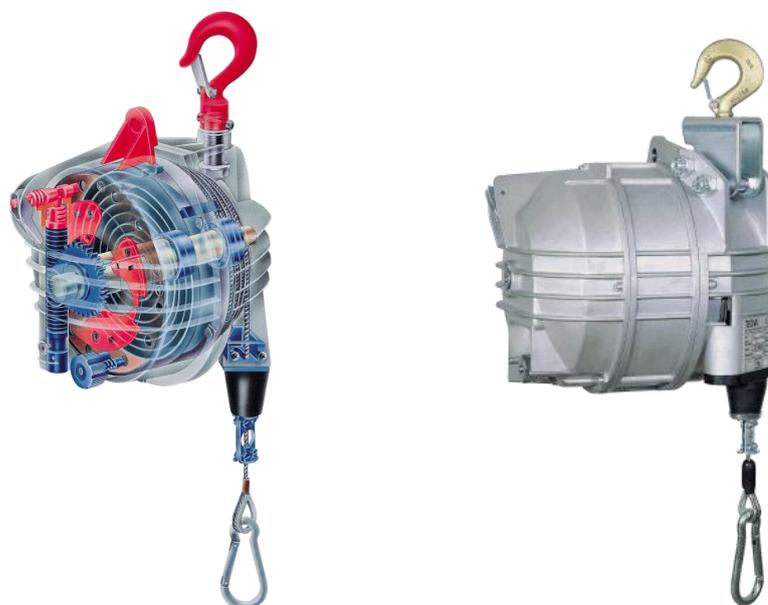


Рисунок 4 – Балансир ТЕСНА для удерживания подвесных сварочных клещей

При визуальном контроле сварщик проверяет наличие сварных точек, которые должны иметь характерное потемнение в месте сварки и вмятину, также на основном металле вокруг места сварки должны присутствовать цвета побежалости. Отсутствие потемнения сварной точки и цветов побежалости вокруг сварной точки косвенным образом позволяют установить подозрительные точки, в которых может наблюдаться непровар. Также проверяется отсутствие прожогов. При визуальном контроле не допускаются прожоги и визуально обнаруживаемые непровары.

При контроле качества проверяется каждая сотая деталь. При этом работник бюро технического контроля цеха закладывает сваренный узел в контрольный кондуктор и проверяет соответствие его геометрических параметров требованиям чертежа. После этого контролируется качество выполнения сварных точек с применением метода расщепления. Для этого помещают зубило между деталями и ударяют по нему молотком. Раскрытие зазора без разрушения сварной точки свидетельствует о качественно выполненном сварном соединении. Кроме того, при проверке методом расщепления измеряют диаметр сварной точки, который должен быть не менее 5 мм.

После проверки качества прошедшее проверку изделие подготавливают и пускают в дальнейшую работу. Если изделие не прошло проверку, следует его забраковать, а также проверить всю партию деталей, выпущенную после предыдущего контроля. Обнаруженные детали с браком изолируются от годных деталей.

Базовая технология сборки и сварки изделия, выполняемая с применением подвесных сварочных клещей, имеет ряд недостатков. Первым недостатком следует признать необходимость проведения сварщиком манипуляций со сварочными клещами, что делает возможным пропуск сварных точек или их простановку в нерегламентируемых местах. Вторым недостатком является то, что при использовании подвесных сварочных клещей часто происходит перекус сварочных электродов относительно свариваемых деталей, который вызывает ускоренный износ электродов и образование выплесков. Также из-за перекуса сварочных электродов снижается стабильность качества точечных сварных соединений. Третьим недостатком следует признать низкую производительность, которая обусловлена тяжёлым трудом сварщика и его быстрой утомляемостью. Четвёртым недостатком следует признать значительные затраты на обеспечение безопасности труда и заработную плату. Автоматизация процесса позволит устранить этот недостаток и задействовать персонал на выполнение других работ.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сборки и сварки балки крыши легкового автомобиля.

Анализ конструкции сварного узла позволил заключить, что автоматизация его сборки и сварки позволит получить положительный

экономический эффект. Детали сварного узла изготавливаются из листовых заготовок из стали 08ЮП. Анализ свойств стали 08ЮП позволил сделать вывод, что нет необходимости заменять рассматриваемую сталь на другую сталь.

По базовому варианту технологии сварка выполняется с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- выполнить обзор и обосновать выбор средства для автоматизации технологии сборки и сварки;
- составить карту технологического процесса автоматической сборки и сварки;
- выполнить компоновочную схему сварочного оборудования и спроектировать его элементы.

В оценочном блоке выпускной квалификационной работы следует выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию, оценить предлагаемые технологические решения на предмет опасности для производственного персонала и окружающей среды и предложить меры защиты.

Также необходимо оценить экономическую эффективность предложенных решений при их внедрении в массовое производство.

Таким образом, выполнение исполнительского раздела и разделов оценочного блока позволит достигнуть поставленной цели выпускной квалификационной работы.

2 Проектная технология автоматизированной сварки балки крыши

2.1 Обоснование выбора способа автоматизации сборки и сварки

Повышение производительности и качества контактной точечной сварки в условиях массового производства возможно за счёт применения средств и технологий, обеспечивающих снижение доли ручного труда и автоматизации процесса [1], [8]. При этом возможно несколько вариантов построения автоматизированного производства в зависимости от назначения и используемого оборудования.

Первым вариантом является представленная на рисунке 5 сварка на стационарных сварочных машинах с применением автоматических подающих механизмов [13].

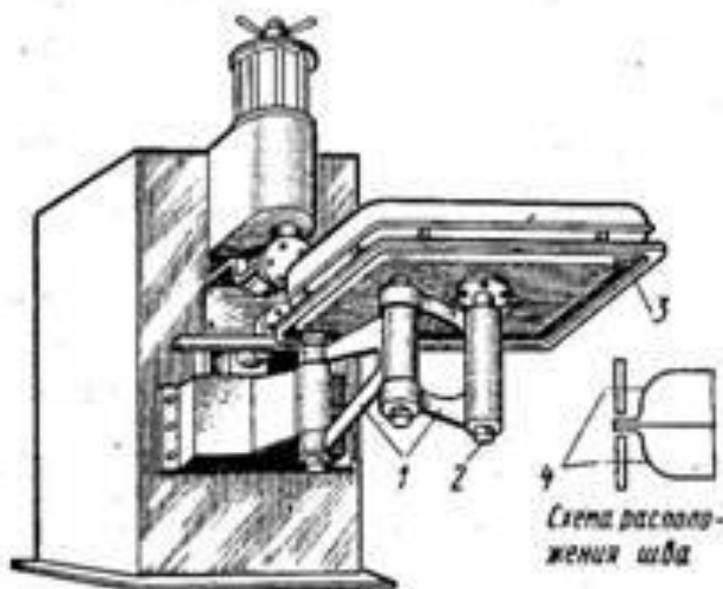


Рисунок 5 – Сварка на универсальных контактных машинах с использованием механизированных и автоматизированных приспособлений

В этом случае механизмируются операции, связанные с поддержанием и перемещением свариваемых деталей относительно электродов стационарно установленной универсальной контактной сварочной машины. Для этого

используются устройства, которые совмещают операции сборки деталей перед сваркой и перемещения деталей в процессе сварки. В качестве зажимных приспособлений применяются приспособления пневматического или гидравлического типа, позволяющие значительно повысить скорость и автоматизировать фиксирование деталей в ложементы кондуктора. Съём деталей со сварочных машин выполняется автоматическими съёмниками или выталкивателями. При такой схеме организации производства существенно повышается производительность труда и качество выполнения операций по сравнению со сваркой на подвесных сварочных клещах. Также значительно улучшаются условия труда сварщика и снижается травматизм.

Недостатком такой схемы построения производства является, во-первых, низкая производительность по сравнению с другими способами автоматизации. Вторым недостатком является сложность выполнения сварки в труднодоступных местах. Третьим недостатком является низкая универсальность оборудования, применяемого для автоматизации сварки, так как оно разрабатывается под конкретную деталь.

Второй вариант, представленный на рисунке 6, предусматривает применение промышленного робота, который осуществляет манипулирование закреплёнными на кисти сварочными клещами.

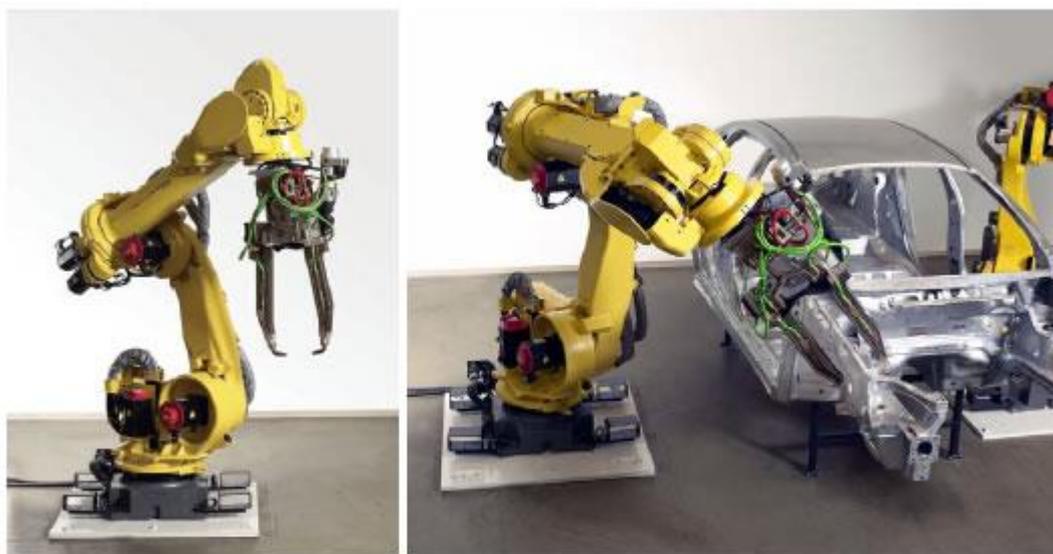
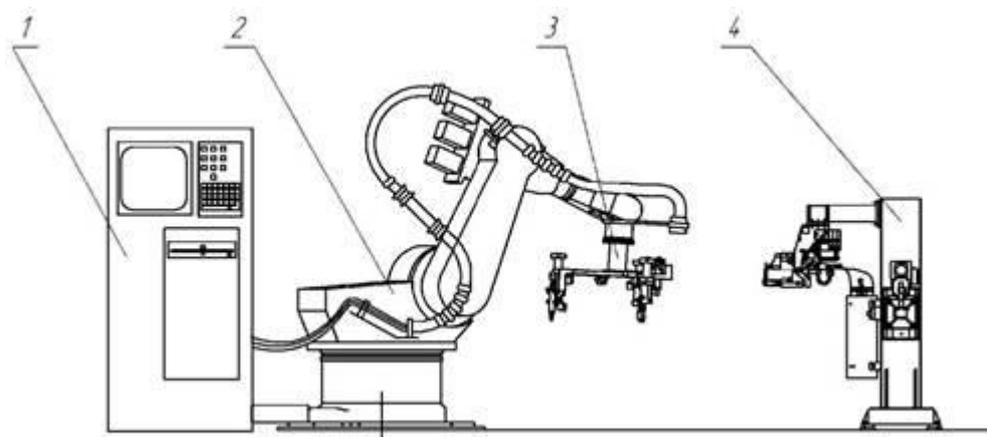


Рисунок 6 – Использование промышленного сварочного робота при контактной точечной сварке

Применение промышленных роботов для позиционирования сварочных клещей относительно свариваемых деталей позволяет значительно повысить гибкость производства при переналадке на изготовление новых деталей. Помимо этого решается проблема зачистки электродов при сварке оцинкованных сталей. Следует, однако, отметить недостатки такого подхода к автоматизации контактной точечной сварки. Во-первых, производительность роботизированной сварки несколько ниже, чем производительность сварки с применением многоэлектродных сварочных машин. Во-вторых, подвод сварочного тока к клещам осуществляется при помощи системы гибких токоподводов, которые интенсивно изнашиваются и выходят из строя буквально за несколько месяцев работы. В-третьих, эффективность применения роботизированной сварки может снизиться, если выполняется сварка узлов с малым количеством сварных точек.

Третий вариант, представленный на рисунке 7, предусматривает применение промышленных роботов в качестве позиционеров свариваемых деталей относительно стационарно расположенных сварочных машин. Это позволяет решить проблему износа гибких токоподводов.



1 – система управления; 2 – робот; 3 – схват; 4 – стационарные клещи

Рисунок 7 – Использование автоматического кантователя при контактной сварке

При использовании промышленного робота в качестве манипулятора изделия для контактной точечной сварки позволяет сваривать детали

большой толщины без увеличения грузоподъёмности робота, так как сварочный трансформатор в этом случае расположен стационарно, а сам робот перемещает только схват детали. Кроме того, существенно уменьшается индуктивность сварочного контура, так как отпадает необходимость в использовании протяжённых гибких токоподводов.

В качестве недостатка такого способа построения автоматизированного сварочного производства следует отметить необходимость предварительной простановки нескольких точек, которые должны зафиксировать детали друг относительно друга.

Четвёртый вариант, представленный на рисунке 8, предусматривает применение многоэлектродной сварочной машины.



Рисунок 8 – Контактная точечная сварка на многоэлектродной сварочной машине

Применение многоэлектродных сварочных машин позволяет совместить операции сборки и сварки [2]. Операции загрузки деталей и съёма сваренного узла также выполняются автоматически. Многоэлектродные сварочные машины позволяют получить самую высокую производительность по сравнению с другими способами построения автоматизированного сварочного производства. Кроме того, поскольку детали одновременно

зажимаются несколькими сварочными клещами, это существенно повышает точность сборки и простановки сварных точек, а также уменьшает вспомогательное время, затрачиваемое на перепозиционирование сварочных клещей.

Таким образом, был выполнен анализ преимуществ и недостатков различных способов автоматизации контактной точечной сварки в массовом производстве. На основании проведенного анализа можно сделать вывод о высокой эффективности сварки деталей кузова автомобиля с применением многоэлектродных сварочных машин. Для построения проектной технологии сборки и сварки рассматриваемого сварного узла необходимо выполнить компоновочную схему контактной сварочной машины, спроектировать электродные узлы и электрическую схему.

2.2 Проектирование компоновочной схемы многоэлектродной сварочной машины

На параметры режима сварки и особенности конструкции многоэлектродной сварочной машины, в первую очередь, оказывает влияние выбранный способ токоподвода. Представленные в таблице 4 способы нашли применение при проектировании многоэлектродных сварочных машин в зависимости от особенностей технологии сварки конкретной детали.

Наиболее универсальным способом токоподвода может считаться односторонний токоподвод, обеспечиваемый сварочными пистолетами и системой контрэлектродов. Однако на рассматриваемом свариваемом узле схема одностороннего токоподвода окажется неэффективной из-за большого числа сварных точек и их близкого расположения. Большой эффективностью в рассматриваемом случае будет обладать двухсторонний токоподвод, тем более, что сварка выполняется по отбортовке.

Таблица 4 – Выбор способа токоподвода при построении многоэлектродных сварочных машин [12]

Наименование токоподвода	Схема токоподвода	Рекомендации к применению
Двухсторонний		1) сварка деталей по отбортовке и вблизи края изделия, 2) уменьшение вмятины на лицевых поверхностях
Односторонний на токоведущей подкладке		1) сварка деталей с большой разницей толщин 2) позволяет уменьшить габариты сварочного контура и электрические потери
Односторонний с фальшэлектродом		1) позволяет упростить конструкцию вторичного контура и уменьшить его габариты; 2) сварка деталей с большой разницей толщин
Встречный токоподвод		1) позволяет уменьшить шунтирование сварочного тока; 2) сварка деталей большой толщины; 3) сварка деталей с большой разницей толщин
Двухсторонний с косвенным подводом		1) упрощение конструкции вторичного контура и уменьшение его габаритов, 2) сварка деталей большой толщины
Односторонний без токоведущей подкладки		1) сварка деталей с очень большой разницей толщин (более 1:10); 2) позволяет упростить конструкцию вторичного контура и уменьшить его габариты

Компоновочная схема многоэлектродной сварочной машины может выполняться на базе универсальных сварочных прессов. Это позволяет повысить гибкость производства за счёт возможности изменения навешиваемой на пресс сварочной оснастки и взаимного расположения

элементов многоэлектродной сварочной машины. Могут применяться несколько типов прессов: С-образные (консольные), порталные с двумя стойками, порталные с четырьмя стойками.

На рисунке 9 представлен С-образный пресс, который нашёл широкое применение на автомобильных заводах. Подвижный стол пресса позволяет закреплять на нём сборочный кондуктор и перемещать деталь вертикально из нижнего положения (подача заготовок) в верхнее положение (сварка). Это самый простой вид пресса, его конструкция не позволяет обеспечить сквозное продвижение деталей при построении автоматических сборочно-сварочных линий.

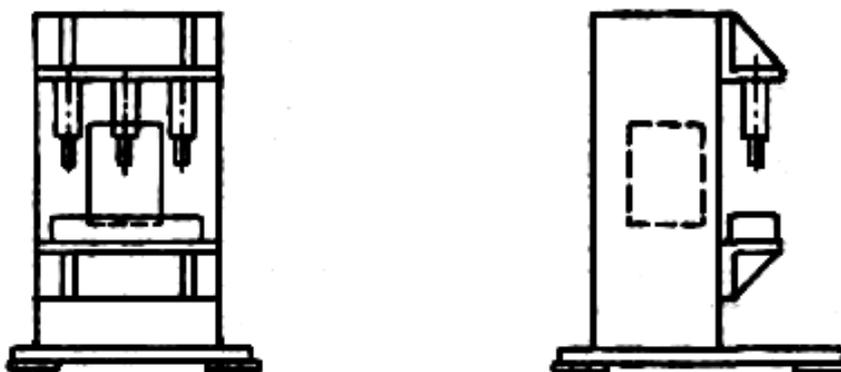


Рисунок 9 – Многоэлектродная сварочная машина на базе С-образного пресса

Большей универсальностью обладают порталные прессы с двумя стойками, представленные на рисунке 10. Такие прессы позволяют как ручную, так и автоматическую загрузку деталей в сварочную машину. Возможна организация автоматической сварочной линии со сквозным проходом через сварочную машину. Но конструкция такого пресса не позволяет обеспечить подход к свариваемым деталям с боковой стороны, что усложняет обслуживание сварочной машины и уменьшает её производственную гибкость при перенастройке на сварку новых деталей.

Наиболее универсальными и мощными являются многоэлектродные машины на базе четырёхстоечных прессов, пример которой представлен на рисунке 11. На сварочном прессе 1 устанавливается сварочная оснастка

(сварочные клещи 2 и сварочные пистолеты 6). Подъёмный стол обеспечивает подачу сборочной оснастки в зону действия сварочной оснастки, система управления 5 обеспечивает заданную последовательность работы элементов многоэлектродной сварочной машины.

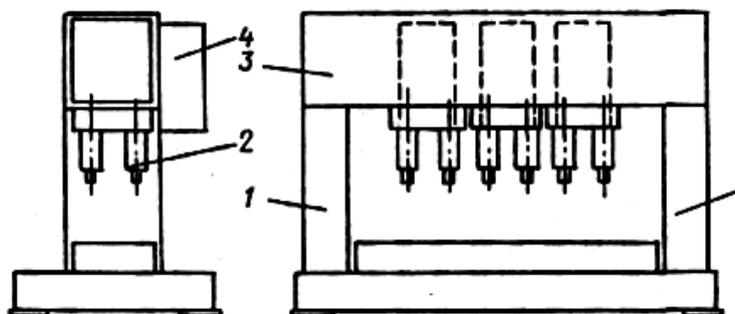
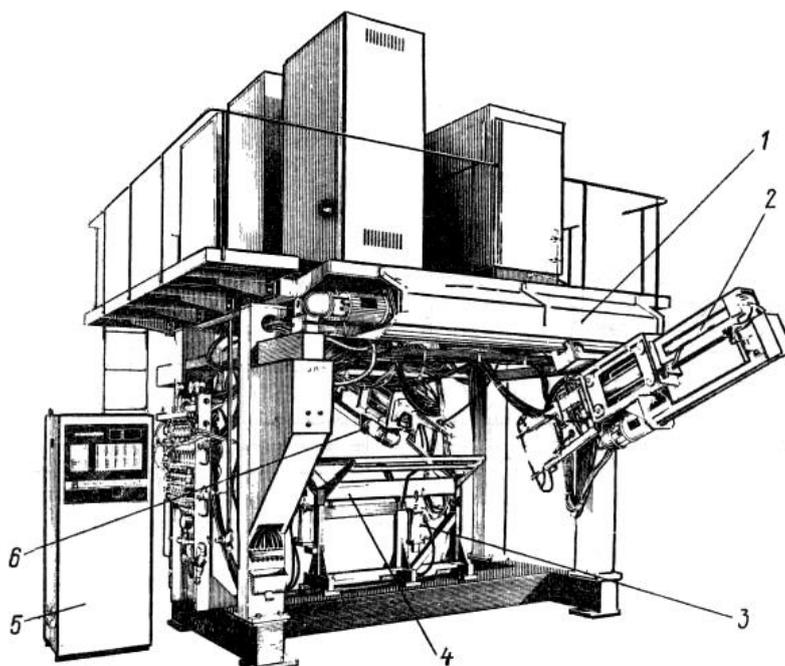


Рисунок 10 – Многоэлектродная контактная сварочная машина на базе портального двухстоечного пресса

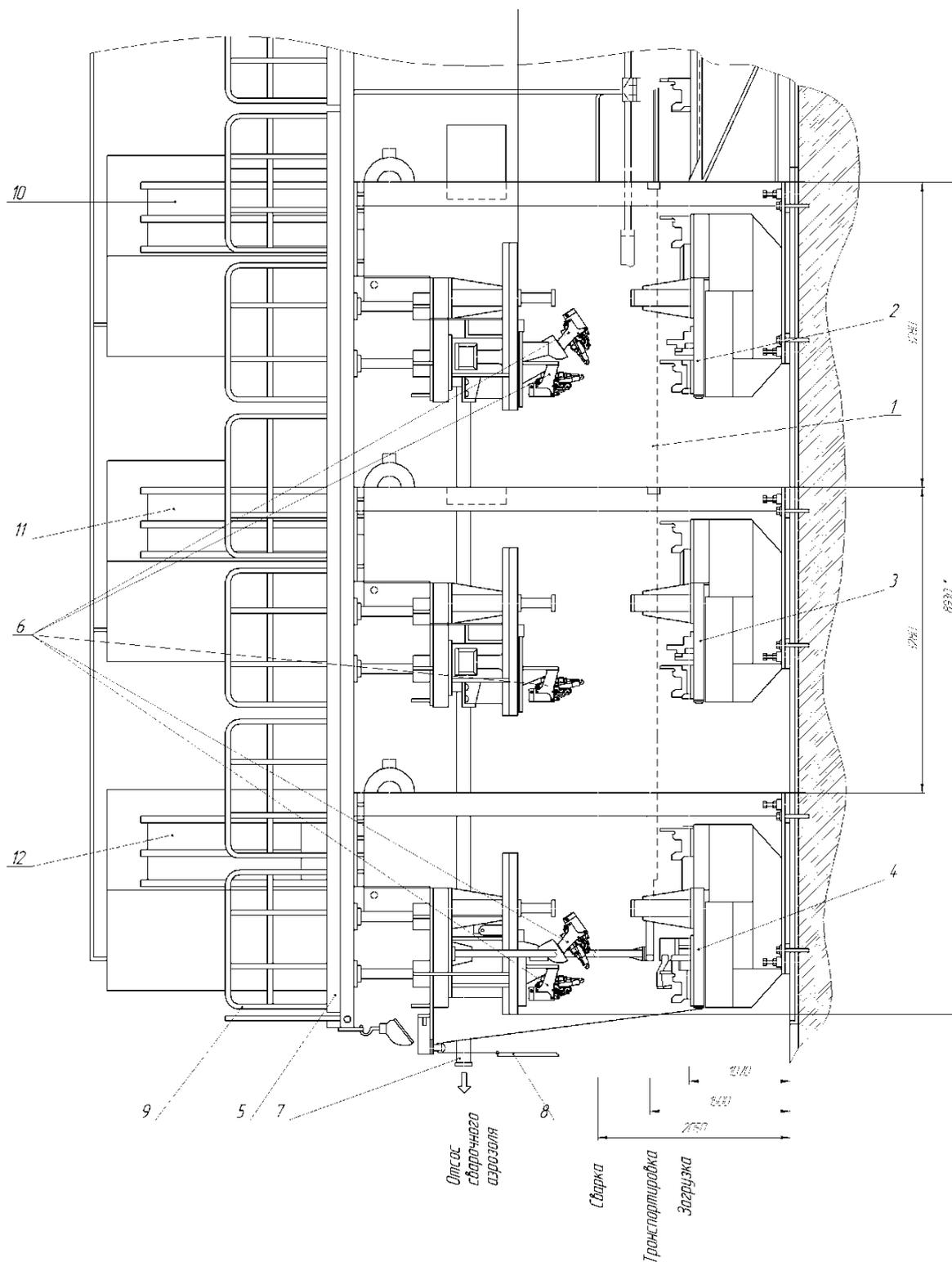


1- сварочный пресс, 2 – сварочные клещи, 3- подъёмный стол, 4 – сборочная оснастка, 5 – система управления, 6 – сварочные пистолеты

Рисунок 11 – Многоэлектродная контактная сварочная машина на базе портального четырёхстоечного пресса

На основании анализа конструкций сварочных прессов предложим компоновочную схему многоэлектродной сварочной машины выполнять на базе нескольких расположенных последовательно проходных двухстоечных прессов.

Проектируемая сварочная машина, представленная на рисунке 12, выполнена на базе трёх П-образных двухстоечных прессов.



- 1 – транспортёр; 2, 3, 4 – оснастки сварочных постов; 5 – антресоль;
 6 – клещи сварочные; 7 – зонт вытяжной; 8 – щит защитный; 9 – ограда;
 10, 11, 12 – пневмопанели сварочных постов

Рисунок 12 – Многоэлектродная сварочная машина в сборе

В верхней части пресса закреплены сварочные оснастки 6. На антресоли 5 пресса расположены пневмопанели 10, 11 и 12, шкафы тиристоров, шкафы управления. Защита оператора от падения с антресоли осуществляется ограждением 9. Сварочные трансформаторы расположены на верхней оснастке сварочного пресса. Сварочные клещи установлены на каретки, которые перемещаются пневматическими цилиндрами перемещения. На подъёмных столах 2, 3 и 4 установлены сборочно-сварочные оснастки с ложементами, куда автоматически закладываются свариваемые заготовки. Также в машине предусмотрен автоматический сброс сваренной детали в накопительную тару.

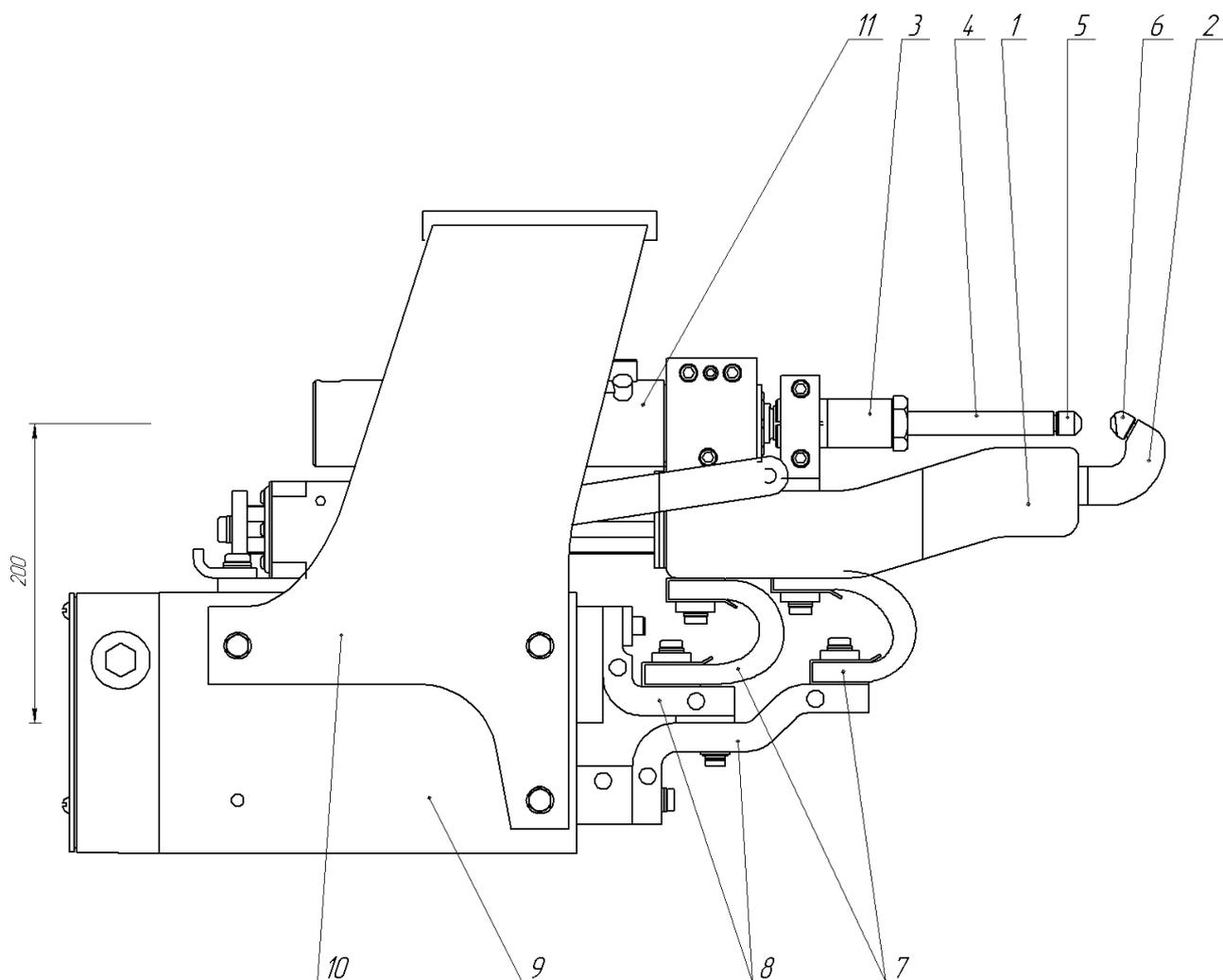
Многоэлектродная контактная сварочная машина оснащена системой дозированной подачи смазки, обеспечивающей автоматическую подачу смазочного материала трущимся деталям машины.

Многоэлектродная контактная сварочная машина оснащена системой охлаждения, которая обеспечивает подачу токоведущим элементам охлаждённой рекуперационной воды, за счёт чего обеспечивается теплоотвод от этих элементов. Охлаждающая вода в систему охлаждения подаётся под давлением 0,4 МПа.

Также контактная машина подключена к магистрали сжатого воздуха давлением 0,6 МПа.

Таким образом, многоэлектродная сварочная машина состоит из трёх постов сварки. На первом посту выполняется простановка 13 сварных точек. На втором посту выполняется простановка 6 сварных точек. На третьем посту выполняется простановка 12 сварных точек.

В качестве сварочных клещей применяется система, представленная на рисунке 13. Проектируемая группа сварки включает в себя клещевину 1, на которой закреплён нижний электрододержатель 2 со сварочным электродом 6. От пневматического привода 11 сварочное усилие передается через свечу 3, верхний электрододержатель 4 и закреплённый на нём электрод 5.



1 – клещевина, 2 – нижний электрододержатель, 3 – свеча, 4 – верхний электрододержатель, 5 – верхний электрод, 6 – нижний электрод, 7 - гибкие токоподводы, 8 – жёсткие токоподводы, 9 – трансформатор сварочный, 10 - вилка, 11 – пневматический привод

Рисунок 13 – Группа сварки в сборе

Подача сварочного тока от трансформатора 9 происходит через гибкие токоподводы 7 и жёсткие токоподводы 8. Предлагаемое устройство сварочной оснастки позволяет выполнять сварные точки с малым шагом.

2.3 Выбор параметров режима сварки

Выбор параметров режима сварки и циклограммы сварки зависит от материала и толщин свариваемых деталей [1], [9]. Для сварки

низкоуглеродистых сталей малых толщин может быть применена простейшая циклограмма с прямоугольной формой импульса сварочного тока и сварочного усилия, без предварительного подогрева и термической обработки, без ковочного усилия. Эта циклограмма представлена на рисунке 14.

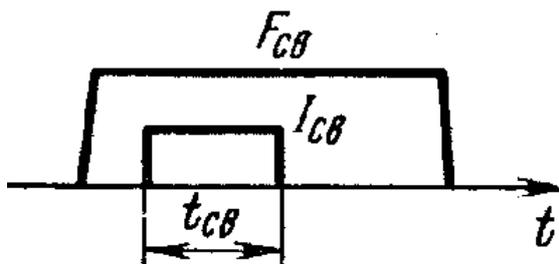


Рисунок 14 –циклограмма контактной точечной сварки низкоуглеродистых сталей малой толщины

Параметрами режима контактной точечной сварки в рассматриваемом случае являются:

- сила сварочного тока $I_{св}$, кА;
- усилие на сварочных электродах $F_{св}$, кН;
- длительность импульса сварочного тока $t_{св}$, с.

На основании литературных данных [1], [9] зададим следующие параметры режима сварки:

- сила сварочного тока $I_{св} = 9 \dots 9,5$ кА;
- усилие на сварочных электродах $F_{св} = 2,7 \dots 3,0$ кН;
- длительность импульса сварочного тока $t_{св} = 0,08 \dots 0,10$ с.

2.4 Технология автоматической сварки балки крыши легкового автомобиля

Применительно к рассматриваемому сварному узлу технологический процесс предусматривает последовательное выполнение следующих операций:

- механизированная мойка деталей;
- ручная загрузка деталей в приёмные магазины многоэлектродной контактной сварочной машины;
- автоматическая сварка на первом посту с простановкой 13 сварных точек;
- автоматическое перемещение деталей на второй пост;
- автоматическая сварка на втором посту с простановкой 6 сварных точек;
- автоматическое перемещение деталей на третий пост;
- автоматическая сварка на третьем посту с простановкой 12 сварных точек,
- автоматический сброс сваренного узла;
- визуальный контроль качества сварки 100 %;
- контроль геометрии сварного узла 1 %;
- контроль качества сварки расщеплением 1 %.

Для выполнения мойки деталей применяются механизированные струйные агрегаты, которые установлены в поточной линии производства [4]. Подвешенные на цепи детали поступательно перемещаются, проходя через моечную камеру, в которой подвергаются обработке нагретым до 90 °С моечным 1,5...2% раствором кальцинированной соды. После промывки детали просушивают, обдувая сжатым воздухом. Очищенные таким образом детали поступают на последующие операции.

После мойки детали укладывают в транспортировочную тару и подают на участок сварки. Оператор вручную из транспортировочной тары забирает заготовки и перекладывает их в ячейки подающего приспособления в начале автоматической линии на первом посту многоэлектродной сварочной машины.

Работа многоэлектродной сварочной машины происходит автоматически. Сначала детали подаются на первый пост, где выполняется простановка 13 сварных точек. После автоматического выполнения 13

сварных точек, подъемный стол первого поста опускается, срабатывает сбрасыватель, который сбрасывает сваренный узел на конвейер. После этого детали автоматически передаются на второй пост, где выполняется простановка 6 сварных точек. После автоматического выполнения 6 сварных точек, подъемный стол второго поста опускается, срабатывает сбрасыватель, который сбрасывает сваренный узел на конвейер. После этого детали автоматически передаются на третий пост, где выполняется простановка 12 сварных точек. После автоматического выполнения 12 сварных точек, подъемный стол третьего поста опускается, срабатывает сбрасыватель, который сбрасывает сваренный узел в накопительную тару.

Параметры режима сварки: сила сварочного тока $I_{св} = 9...9,5$ кА, усилие на сварочных электродах $F_{св} = 2,7...3,0$ кН, длительность импульса сварочного тока $t_{св} = 0,08...0,10$ с.

После автоматической выполнения 31 сварной точки детали автоматически сбрасываются в накопительную тару по склизу.

Визуальный контроль деталей предусматривает осмотр каждой детали, проверку наличия сварных точек на указанных в чертеже местах. Каждая сварная точка должна иметь характерное потемнение в месте сварки и вмятину, также на основном металле вокруг места сварки должны присутствовать цвета побежалости. Если отсутствует потемнение сварной точки это позволяет подозревать непровар. Также при визуальном контроле проверяются отсутствие прожогов.

Контроль геометрии проводится на каждой сотой детали работником бюро технического контроля цеха. При этом сваренный узел закладывают в контрольное приспособление и проверяют отклонение установочных размеров об заданных.

При проверке качества контактной сварки расщеплением помещают зубило между деталями и ударяют по нему молотком. Раскрытие зазора без разрушения сварной точки свидетельствует о качественно выполненном

сварном соединении. Кроме того, при проверке методом расщепления измеряют диаметр сварной точки, который должен быть не менее 5 мм.

Проверка расщеплением не предусматривает полного разрушения детали. После проверки качества прошедшее проверку изделие подготавливают и пускают в дальнейшую работу. Если изделие не прошло проверку, следует его забраковать, а также проверить всю партию деталей, выпущенную после предыдущего контроля. Обнаруженные детали с браком изолируются от годных деталей.

Выводы по второму разделу

При анализе состояния вопроса в ходе выполнения первого раздела выпускной квалификационной работы были сформулированы задачи. В ходе выполнения второго раздела поставленные задачи были решены.

Решая первую задачу, выполнен обзор средств автоматизации контактной точечной сварки и предложено проектную технологию строить с использованием многоэлектродной контактной сварочной машины.

Решая вторую задачу, выполнена компоновка многоэлектродной сварочной машины на базе трёх двухстоечных сварочных прессов, обоснован выбор способа токоподвода к свариваемым изделиям, спроектированы сварочные группы.

Решая третью задачу, составлен проектный технологический процесс с применением многоэлектродной сварочной машины.

Для достижения поставленной цели необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [5].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [3], [11].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология контактной сварки балки крыши автомобиля Лада Нива с применением многоэлектродной сварочной машины.

По базовому варианту технологии сварка выполняется с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

Проектный технологический процесс предусматривает применение многоэлектродной сварочной машины и существенно отличается от базового процесса. Во-первых, изменились операции согласно карте технологического процесса. Во-вторых, используется оборудование, отличное от оборудования для осуществления базового процесса. В-третьих, изменены параметры режима сварки. Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Таблица 5 – Технологически паспорт объекта сборки и сварки балки крыши

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
- подготовка поверхности заготовок к сварке	Слесарь-сборщик	- машинка угловая шлифовальная; - щетка металлическая; - камера помывочная	- моющий раствор; - вода техническая; - ветошь
- загрузка заготовок в магазины многоэлектродной машины	Сварщик на автоматических машинах	- многоэлектродная машина для контактной сварки; - приёмные магазины-накопители	- сжатый воздух
- автоматическая сборка и сварка деталей кузова автомобиля	Сварщик на автоматических машинах	- многоэлектродная машина для контактной сварки; - сборочный кондуктор	- сжатый воздух; - вода техническая
- контроль качества сварки	Дефектоскопист	- дефектоскоп; - лупа; - штангенциркуль; - зубило; - молоток	- машинное масло

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Анализ данных в таблице 5 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
- подготовка поверхности заготовок к сварке	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- острые края сварочного оборудования; - острые края свариваемых заготовок - питающая электрическая сеть
- загрузка заготовок в магазины многоэлектродной машины	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- острые края сварочного оборудования; - острые края свариваемых заготовок - питающая электрическая сеть
- автоматическая сборка и сварка деталей кузова автомобиля	- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- острые края сварочного оборудования; - острые края свариваемых заготовок - питающая электрическая сеть
- контроль качества сварки	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока - ультразвуковое излучение	- острые края сварочного оборудования; - острые края свариваемых заготовок - питающая электрическая сеть; - ультразвуковой дефектоскоп

Проведённая идентификация профессиональных рисков позволила выделить негативных производственные факторы.

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

Таблица 7 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 4. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 8. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 9.

Таблица 8 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре
Участок автоматической сборки и сварки кузовных деталей автомобиля	Многоэлектродная сварочная машина, вспомогательное оборудование, масляная станция, компрессорная станция	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [5]	«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» [5].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [5].

Таблица 9 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	«Первичные средства пожаротушения
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
Нет необходимости	Стационарные установки системы пожаротушения
Нет необходимости	Средства пожарной автоматики
Пожарный кран	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
Кнопка оповещения» [5]	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 10 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок автоматической сборки и сварки кузовных деталей автомобиля	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [5].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [5].

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 10.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Таблица 11 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Автоматическая контактная сварка с применением многоэлектродных машин	- подготовка - сборка - сварка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Таблица 12 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Автоматическая сборка и сварка на многоэлектродной машине
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки 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.

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 11. По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 12.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии сборки и сварки изделия.

В проектной технологии применяется автоматическая сборки и сварка с применением многоэлектродных машин, внедрение которых в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности контактной сварки деталей кузова автомобиля с применением специализированного сварочного оборудования.

По базовому варианту технологии сварка выполняется с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

В настоящей выпускной квалификационной работе выполнен обзор средств автоматизации контактной точечной сварки и предложено проектную технологию строить с использованием многоэлектродной контактной сварочной машины. Выполнена компоновка многоэлектродной сварочной машины на базе трёх двухстоечных сварочных прессов, обоснован выбор способа токоподвода к свариваемым изделиям, спроектированы сварочные группы. Составлен проектный технологический процесс с применением многоэлектродной сварочной машины.

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [11].

В таблицу 13 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

Таблица 13 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	2	2
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
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.	1000 тыс.	5000 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	50	200
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	м ²	40	100
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» [11]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

На основании данных в таблице 13 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как $D_p = 277$ дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет $T_{см} = 8$ часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет $K_{см} = 2$. С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418$ ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют $B = 7$ %, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_n (1 - B/100). \quad (2)$$

После подстановки получаем: $F_э = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108$ ч.

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время $t_{\text{маш}}$), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время $t_{\text{всп}}$), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания $t_{\text{обсл}}$), личный отдых работников (время отдыха $t_{\text{отд}}$), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время $t_{\text{п-з}}$):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (3)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,14 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,17 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,018 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,022 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$П_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт}}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108 / 0,17 = 24165 \text{ за год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108 / 0,022 = 186727 \text{ за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии $Пг = 20$ тыс. деталей за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot Пг / (F_3 \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{расч.б} = \frac{0,17 \cdot 20000}{4108 \cdot 1,03} = 0,8$$

$$n_{расч.п} = \frac{0,022 \cdot 20000}{4108 \cdot 1,03} = 0,2$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования $n=1$. Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Kзб = 0,8/1 = 0,8$$

$$Kзп = 0,2/1 = 0,2.$$

Полученные расчётные значения коэффициентов загрузки оборудования по базовому и проектному вариантам применим в дальнейших расчётах.

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение контактной точечной сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести сварочные электроды, сжатый воздух

и техническую воду. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{мб} = Z_{мп} = 3,5 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{осн}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{шт}$ и часовой тарифной ставки $C_ч$ с учётом коэффициента K_d доплат к заработной плате:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{осн.баз.} = 0,17 \cdot 150 \cdot 1,88 = 47,94 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 0,022 \cdot 150 \cdot 1,88 = 6,20 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{доп}$ по ранее определённому значению основной заработной платы $Z_{осн}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{доп.базов.} = 47,94 \cdot 12 / 100 = 5,75 \text{ рублей;}$$

$$Z_{доп.проектн.} = 6,20 \cdot 12 / 100 = 0,74 \text{ рублей.}$$

Размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$:

$$\Phi ЗП_{базов.} = 47,94 + 5,75 = 53,69 \text{ рублей;}$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 6,20 + 0,74 = 6,94 \text{ рублей.}$$

Отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды по формуле:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сн\text{баз.}} = 53,69 \cdot 34 / 100 = 18,25 \text{ руб.}$$

$$O_{сн\text{проектн.}} = 6,94 \cdot 34 / 100 = 2,36 \text{ руб.}$$

Для вычисления затрат на оборудование $Z_{об}$ необходимо определить амортизационные отчисления $A_{об}$ и затраты на электрическую энергию $P_{ээ}$:

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

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации H_a , эффективного фонда времени $F_э$, цены оборудования $C_{об}$ и машинного времени $t_{маш}$ с использованием формулы:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. баз.} = 1000000 \cdot 21,5 \cdot 0,14 / 4108 / 100 = 7,33 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 5000000 \cdot 21,5 \cdot 0,018 / 4108 / 100 = 4,71 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам проводим с учётом цены электрической энергии $C_{ээ}$, установленной мощности оборудования $M_{уст}$ и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{ээ баз}} = 50 \cdot 0,14 \cdot 3,2 / 0,7 = 32,00 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 200 \cdot 0,018 \cdot 3,2 / 0,7 = 16,46 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$З_{\text{об баз.}} = 7,33 + 32,00 = 39,33 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 4,71 + 16,46 = 21,17 \text{ рублей}$$

Вычисление технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы $\Phi ЗП$, материалы M , оборудование $З_{\text{об}}$ и отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 3,5 + 53,69 + 18,2 + 39,33 = 114,47 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 3,5 + 6,94 + 2,36 + 21,17 = 33,97 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 114,47 + 1,5 \cdot 47,94 = 114,47 + 71,91 = 186,38 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 33,97 + 1,5 \cdot 6,20 = 33,97 + 9,3 = 43,27 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости $C_{зав}$ проводим с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{цех}$, основной заработной платы $Z_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $K_{цех}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 186,38 + 1,15 \cdot 47,94 = 186,38 + 55,13 = 241,51 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 43,27 + 1,15 \cdot 6,20 = 43,27 + 7,13 = 50,40 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
«Фонд заработной платы	ФЗП	53,69	6,94
Отчисления на соц. нужды	$O_{сн}$	18,25	2,36
Затраты на оборудование	$Z_{об}$	39,33	21,17
Затраты на материалы	M	3,5	3,5
Себестоимость технологич.	$C_{тех}$	114,47	33,97
Расходы цеховые	$P_{цех}$	71,91	9,3
Себестоимость цеховая	$C_{цех}$	186,38	43,27
Расходы заводские	$P_{зав}$	55,13	7,13
Себестоимость заводская» [11]	$C_{зав}$	241,51	50,40

На основании данных в таблице 14 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ и стоимости оборудования $Ц_{\text{об.б.}}$, которые были определены для базового варианта технологии:

$$K_{\text{общ. б.}} = Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы T_c , рыночной стоимости оборудования $Ц_{\text{перв}}$ и нормы амортизации H_a :

$$Ц_{\text{об.б.}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 1000000 - (2000000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 350000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 350000 \cdot 0,8 = 280000 \text{ руб.}$$

Величина капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и 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 вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ рассчитывается по цене оборудования $Ц_{\text{об. пр.}}$ с учётом коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{об.пр}} = 5000000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 1050000 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных затрат $K_{\text{соп}}$ при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов $K_{\text{монт}}$ на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов $K_{\text{дем}}$ на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

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

Величина затрат на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

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

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (23)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{дем}} = 1 \cdot 1000000 \cdot 0,05 = 50000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{монт}} = 5000000 \cdot 0,05 = 250000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{соп}} = 50000 + 250000 = 300000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{общ.пр.}} = 1050000 + 300000 = 1350000 \text{ руб.}$$

Объём дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{доп}} = 1350000 - 280000 = 1070000 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$ для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы $П_{Г}$ как:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 280000/20000 = 14,0 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 1350000/20000 = 67,5 \text{ руб./ед.}$$

Полученные расчётные значения удельных капитальных вложений по базовому и проектному вариантам применим в дальнейших расчётах.

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии $t_{шт.б.}$ и штучному времени по проектному варианту технологии $t_{шт.пр.}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\Delta t_{шт.} = (0,17-0,22) \cdot 100\%/0,17 = 87\%$.

Повышение производительности труда $П_{Т}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $П_{Т} = 100 \cdot 87 / (100 - 87) = 670 \%$.

Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\Delta C_{\text{тех}} = (114,47 - 33,97) \cdot 100\% / 114,47 = 70\%$.

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\text{Э}_{\text{у.г.}} = (241,51 - 50,40) \cdot 20000 = 3822200$ руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{\text{ок}} = 1070000 / 3822200 = 0,3 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 3822200 - 0,33 \cdot 1070000 = 3469100 \text{ руб.}$$

Таким образом, рассчитанный экономический эффект составляет порядка 3,5 млн. рублей в год.

Выводы по экономическому разделу

По базовому варианту технологии сварка выполняется с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

В настоящей выпускной квалификационной работе выполнен обзор средств автоматизации контактной точечной сварки и предложено проектную технологию строить с использованием многоэлектродной контактной сварочной машины. Выполнена компоновка многоэлектродной сварочной машины на базе трёх двухстоечных сварочных прессов, обоснован выбор способа токоподвода к свариваемым изделиям, спроектированы сварочные группы. Составлен проектный технологический процесс с применением многоэлектродной сварочной машины.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 87 %, а производительность труда увеличилась 670 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 70 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 3,8 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 3,5 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,3 года.

Заключение

Цель настоящей выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сборки и сварки балки крыши легкового автомобиля.

По базовому варианту технологии сварка выполняется с применением подвесных сварочных клещей. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая стабильность качества выполняемых сварных соединений (пропуски и смещения точек, выплески и непровары);
- малая производительность сварки;
- значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

В настоящей выпускной квалификационной работе выполнен обзор средств автоматизации контактной точечной сварки и предложено проектную технологию строить с использованием многоэлектродной контактной сварочной машины. Выполнена компоновка многоэлектродной сварочной машины на базе трёх двухстоечных сварочных прессов, обоснован выбор способа токоподвода к свариваемым изделиям, спроектированы сварочные группы.

Составлен проектный технологический процесс с применением многоэлектродной сварочной машины.

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

Внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 3,5 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Банов М. Д. Технология и оборудование контактной сварки: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. М. : Издательский центр «Академия», 2005. 224 с.
2. Бердичевский А. Е. Многоэлектродные машины для контактной сварки. Л. : Энергоатомиздат, 1984. 218 с.
3. Грачева К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: учебное пособие для студентов вызов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства". М. : Машиностроение, 1984. 386 с.
4. Горячий, Д.В. Технология изготовления автомобильных узлов / Д.В. Горячий. – М.: Машиностроение, 1990. – 367 с.
5. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
6. ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры. М.: Издательство стандартов, 1979. 9 с.
7. Гуляев А. Г. Технология точечной и роликовой сварки сталей в массовом производстве. М. : Машиностроение. 1987. 246 с.
8. Климов А. С., Машнин Н.Е. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: учебное пособие для вузов // С.-П.: Изд-во «Лань», 2021. 236 с.
9. Климов А. С., Смирнов И.В., Кудинов А.К., Кудинова Г. Э. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки // С.-П.: Изд-во «Лань», 2021. 336 с.
10. Климов А. С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 216 с.

11. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
12. Оборудование для контактной сварки : справочное пособие / под ред. Смирнова В. В. СПб. : Энергоатомиздат, 2000. 848 с.
13. Орлов Б. Д., Чакалев А. А., Дмитриев Ю. В. Технология и оборудование контактной сварки. М. : Машиностроение, 1986. 352 с.
14. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
15. Тихонов А. К., Горин А. Д. Развитие производства проката для изготовления кузовов современных автомобилей ВАЗ // Кузнечно-штамповое производство. №1, 2003. С. 15–18.
16. Чулошников, П. Л. Контактная сварка / П.Л. Чулошников. – М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
17. Шаповалов Е. В., Галаган Е. В., Клишар Ф. С. Современные методы и средства неразрушающего контроля сварного соединения, выполненного контактной точечной сваркой // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2013. № 1. С. 10–21.
18. Шелег В. К., Цумарев Ю. А., Цумарев Е. Н. Влияние шунтирования тока при контактной точечной сварке на диаметр сварной точки // Вестник машиностроения. 2013. № 6. С. 57–58.
19. Andrews D. R., Broomhead J. Quality assurance for resistance spot welding // Welding Journal. 1975. № 5. P. 158–162.
20. Gedeon S. A., Sorensen C. D., Ulrich K. T., Eagar T. W. Measurement of dynamic electrical and mechanical properties of resistance spot welding // Welding Journal. 1987. № 12. P. 378–385.
21. Richard A. A., Traub A. C., Vanzetti R. Real-time control of nugget formation in spot welds // Euromicro Newsletter. 1980. Vol. 6. P. 296–303.
22. Tang H., Hou W., Hu S. J. Influence of Welding Machine Mechanical Characteristics on the Resistance Spot Welding Process and Weld Quality // Welding Journal. 2003. № 5. P. 116–124.

23. Tsai C. L., Jammal O. A., Papritan J. C., Dickinson D. W. Modeling of Resistance Spot Welding Nugget Growth // *Welding Journal*. 1992. № 2. P. 47–54.

24. Zhou M., Zhang H., Hu S. J. Relationships between Quality and Attributes of Spot Welds // *Welding Journal*. 2003. № 4. P. 72–77.