

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 и оборудование для сборки и сварки брызговика с
лонжероном автомобиля Datsun

Студент

В.В. Каримов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – повышение производительности и качества при сварке лонжерона с брызговиком автомобиля Datsun.

Для достижения цели в бакалаврской работе решены следующие задачи: разработан технологический процесс автоматизированной и механизированной сварки изделия; подобрано оборудование и разработана оснастка для реализации разработанного технологического процесса; предусмотрены мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала, принимающего участие при изготовлении изделия; произведена экономическая оценка мероприятий технического характера, разработанных в проекте.

Пояснительная записка содержит 50 стр., 3 рисунка, 6 таблиц.

Для устранения недостатков базовой технологии предложено механизировать и автоматизировать процесс контактной точечной сварки в базовой технологии. Анализ способов механизации и автоматизации показал, что наиболее эффективно для данного класса изделий применение робототехнического комплекса (РТК). Разработана технология сборки-сварки брызговика с лонжероном на РТК. Произведен расчет режимов сварки и выбран сварочный трансформатор. Разработана компоновка РТК. Подобран программируемый манипулятор робот R-2000iA. Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Произведен расчет экономической эффективности предложенных технических решений, срока окупаемости капитальных вложений.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	7
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации.....	7
1.2 Анализ свойств применяемого материала.....	8
1.3 Анализ применяемой технологии сварки	10
1.4 Анализ возможных способов сварки узла	13
1.5 Задачи работы.....	14
2 Проектный технологический процесс сварки	16
2.1 Расчет режима контактной точечной сварки	16
2.2 Проектная технология	19
2.3 Оборудование робототехнического комплекса	21
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений.....	24
3.1 Характеристика разработанного технического объекта.	24
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	25
3.3 Методы и средства при снижении профессиональных рисков.....	26
3.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	27
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений.....	28
3.6 Заключение по разделу	29
4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений	30
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов.....	30
4.2 Расчет штучного времени.....	32
4.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному варианту	34
4.4 Расчет технологической себестоимости.....	37
4.6 Выводы по разделу.....	45
Заключение	46

Список используемых источников.....	47
-------------------------------------	----

Введение

Сварка нашла широкое применение на предприятиях автомобилестроения, в частности на ПАО «АвтоВАЗ». Учитывая, что АО АвтоВАЗ является градообразующим предприятием и с благополучием его связано и благополучие почти миллионного города, работы направленные на повышение конкурентоспособности выпускаемых АО АвтоВАЗ автомобилей являются в высшей степени актуальными. Снижение себестоимости автомобиля и трудоемкости его изготовления складываются из соответствующего снижения себестоимости и трудоемкости изготовления его частей. Поэтому необходимо добиваться максимального уменьшения затрат на изготовление каждой детали, каждого узла автомобиля с одновременным сохранением и улучшением качества и условий труда, что ведет к увеличению конкурентоспособности готового изделия на внутреннем и внешнем рынках и приносит прибыль предприятию.

Например, выпускаемый ПАО «АвтоВАЗ» автомобиль Datsun. По расчетам руководства предприятия указанная модель будет обладать должной конкурентоспособностью, в том числе и на мировом рынке. Однако использование устаревших технологических решений при производстве не позволит обеспечить должное качество при приемлемой цене. Так, несмотря на высокую степень автоматизации и механизации процессов производства автомобилей, сварку части узлов на стадии внедрения производят по обходному технологическому варианту, путем применения сборочно-сварочных приспособлений и стационарных, подвесных или многоточечных сварочных машин. К недостаткам данных технологий следует отнести зависимость производительности и качества сварки от субъективных факторов работника, т.е. его добросовестности, квалификации, физического состояния. Кроме того, условия труда способствуют быстрой утомляемости работника, газы и мелкодисперсные

частицы, выделяющиеся при сварке, негативно влияют на его здоровье. Например, сборку-сварку лонжерона переднего и панели брызговика осуществляют на машине точечной многоэлектродной. Главный недостаток данного вида оборудования, широко применяемого на ПАО АвтоВАЗ – значительное время при переходе с одной номенклатуры изделий на другую. Вместе с тем, практика показывает, что возможны способы механизации и автоматизации процессов контактной точечной сварки, позволяющие снизить время перехода, например, робототехнические комплексы. Кроме того, применение таких комплексов позволяет повысить производительность при сварке точек уменьшив количество постов, за счет того, что робот может производить сварку точек на изделиях со сложной геометрией. За счет более точного позиционирования робота повышается точность простановки точек, а значит и качество.

Таким образом, мы можем определить цель настоящей работы – повышение производительности и качества при сварке лонжерона с брызговиком автомобиля Datsun.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Рассматриваемый узел является силовым элементом кузова. Предназначен для крепления узлов моторного отсека, узлов передней подвески, обеспечения жесткости кузова. Узел в кузове приварен к щитку передка, рамке радиатора. В комплексе перечисленные изделия образуют моторный отсек автомобиля Datsun. Узел состоит из следующих деталей: лонжерона переднего в сборе, брызговика в сборе, рисунок 1.1.

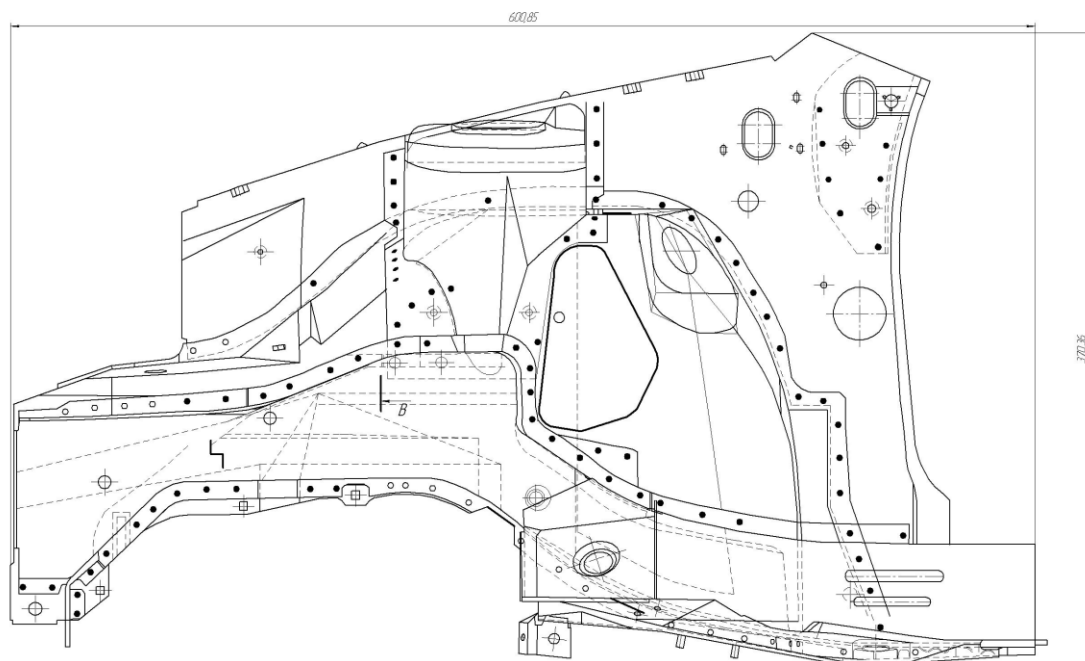


Рисунок 1.1 - Общий вид узла сварного

Габариты изделия 600x370x83 мм. Узел воспринимает статические нагрузки при стоянке автомобиля на неровной дороге, динамические нагрузки от дорожного полотна, вибрационные нагрузки при движении на дорогах с соответствующим покрытием. Эксплуатируется изделие при перепаде температур от +40 до -40. При соответствующих метеорологических ситуациях на узел попадает влага. Особенно сильный

износ изделия происходит при эксплуатации его зимой. В случае хранения автомобиля в теплом гараже на холодных после улицы деталях и узлах кузова конденсируется влага. В этих условиях развиваются процессы коррозии. Следует отметить, что изделие защищено от воздействия агрессивных и коррозионных сред при эксплуатации автомобиля. Кроме того, данная деталь не является лицевой.

В случае аварии узел должен совместно работая с другими деталями моторного отсека должен поглотить энергию удара, предотвратить деформации кузова и его разрушение. Таким образом он является ответственным силовым элементом кузова.

Исходные заготовки штампуются на прессовом производстве из стали марки 08 кп или 08Ю толщиной 1,2 мм лонжерон и 0,8 мм панель брызговика. Сталь 08 кп и 08Ю относится к группе углеродистых сталей, которые широко применяются при изготовлении машиностроительных конструкций, строительных сооружений и др. Химический состав стали показан в Таблице 1.1

Таблица 1.1 - Химический состав стали 08 кп,% ГОСТ 1050-74 [2]

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
0,05-0,11	0,25-,5	0,03	0,04	0,035

1.2 Анализ свойств применяемого материала

Поскольку данный узел изготавливается сваркой, в первую очередь интересует свариваемость данного материала. Анализ свариваемости стали 08 кп позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию

сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что материал, соединенный одним способом сварки при одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а при других может быть признан не обладающим свариваемостью. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2},$$

После расчета значений эквивалента углерода выполняется анализ полученных значений. Если эквивалент углерода менее 0,25 сталь относят к

категории хорошо сваривающихся. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,25...0,35 то сталь относят к категории удовлетворительно сваривающихся. В некоторых случаях перед сваркой таких сталей необходим предварительный подогрев свариваемых деталей. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,35...0,45 то сталь относят к категории ограниченно сваривающихся. Здесь уже необходимы специальные технологические приемы.

Расчеты показывают, что свариваемость стали 08 кп хорошая, может соединяться известными способами сварки плавлением и давлением, при этом применения специальных технологических приемов не требуется.

1.3 Анализ применяемой технологии сварки

Заготовки поступают в цех сборки и сварки кузова с прессового производства. Поскольку прибывшие оттуда заготовки покрыты слоем масла, первоначально производится мойка деталей с последующей сушкой. Затем изделия отправляют на склад производственно-диспетчерского бюро цеха сварки. Заготовки со склада по мере надобности транспортируются на производственный участок. Заготовки находятся в оборотной таре, откуда сварщик предварительно перемещает их на участок сборки-сварки. На участке сварки заготовки укладываются в специальную тару, расставленную у первого поста машины точечной многоэлектродной. Затем сварщик берет из тары лонжерон правый, укладывает его в ложементы оснастки первого поста, после чего на нее в ложементы укладывает панель брызговика правую. Затем производит сборку левого лонжерона и панели в ложементах 1 – го поста. Порядок сборки – сначала правый или левый значения не имеет. Собранные изделия фиксируются пневмоприжимами. Фиксация осуществляется путем нажатия кнопок двурукого включения. После фиксации производится визуальный контроль геометрии и сварщик нажимает кнопку «Пуск» двурукого включения. Производится сварка

собранных изделий на первом посту. Машина поднимает нижнюю оснастку в зону сварки, происходит сжатие клещей и пистолетов и производится сварка 16 точек (8 на правом и 8 на левом). Сила тока при сварке принимается 12500 ампер, время импульса прохождения сварочного тока 0,1 секунды, давление сжатия 0,5 МПа, напряжение на вторичной обмотке трансформатора 5 вольт. Во время сварки транспортер перемещается в положение «назад». По окончании сварки оснастка нижнего поста опускается и сваренный узел укладывается на транспортер. Транспортер перемещается в положение «вперед». Затем, нижняя оснастка второго поста МСМ поднимается, производится сварка 28 точек (14 на правом и 14 на левом). Режимы сварки аналогичны режимам сварки на 1 посту. Нижняя оснастка 2-го поста опускается, сваренный узел укладывается на ложементы транспортера, транспортер, перемещается в положение «вперед» и готовые детали по склизу перемещаются в обратную тару.

По окончании сварки сварщик визуально контролирует сваренный узел. В первую очередь производится контроль сварных точек. Точки должны иметь темное ядро, вмятину, и цвета побежалости вокруг ядра. Недопустимы непровары (в этом случае отсутствует темное ядро и не наблюдается вмятина), прожоги. Сваренные изделия укладываются в обратную тару. По мере заполнения обратной тары ее перевозят на участок сборки-сварки передка автомобиля Datsun.

Помимо оператора машины точечной многоэлектродной в контроле качества сварного узла принимают участие работники бюро технического контроля цеха. Они выполняют выборочный контроль. Узел проверяется на соответствие геометрии чертежу в специальном кондукторе. Также контролируется прочность сварных точек методом «на разрушение». Контроль производится с помощью молотка и специального зубила. Зубило устанавливают сбоку от ядра точки и наносят по нему удары молотком. Если разрушается непосредственно точка, то имеет место непровар. Если разрушение происходит по основному металлу, то все в порядке.

Выдержавшее контроль изделие, после соответствующей рихтовки отправляется на операции сварки передка автомобиля. Если узел не прошел контроль, все узлы сваренные на после предыдущего контроля проходят контроль работниками бюро технического контроля, и в случае несоответствия требованиям узлы забраковываются, брак изолируется.

Для сварки изделия по базовой технологии применяют бронзовые электроды с добавками хрома и циркония. От конструкции и материала электрода зависит качество и производительность контактной точечной сварки. Поверхность электродов должна быть чистой и по мере изнашивания производится заточка. Электроды для контактной точечной сварки должны удовлетворять следующим условиям [1]:

1. Высокая электропроводность
2. Прочность
3. Высокая теплопроводность
4. Низкая стоимость

Вышеперечисленным требованиям удовлетворяют электроды из хромоциркониевой бронзы, состав которой приведен в Таблице 1.2, а механические свойства в Таблице 1.4.

Таблица 1.2 - Химический состав электродов БрХЦр ГОСТ 14111-79

Медь	Хром, %	Цирконий, %
основа	0,04-1,0	0,03-0,08

Таблица 1.3 - Механические свойства электродов БрХЦр ГОСТ 14111-79

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Твердость по Бринелю, МПа	Температура Разупрочнения
220	160	120-130	480-500° С

Анализ базовой технологии показывает что она не лишена ряда недостатков. Главный недостаток здесь – отсутствие мобильности в работе многоточечной сварочной машины. Жестко закрепленная на с-образных прессах сварочная оснастка не позволяет достаточно быстро менять

номенклатуру свариваемых изделий. Кроме того, производительность невелика из-за малой скорости перемещения клещей сварочных.

1.4 Анализ возможных способов сварки узла

Сначала рассмотрим и проанализируем возможные способы сварки изделия. Наибольшее распространение в автомобилестроении получила контактная сварка, в частности такие ее виды как точечная, рельефная, шовная [1,3,6]. Также используют дуговую сварку в среде защитных газов и газовую.

Особенности контактной точечной сварки заключаются в том, что нагрев и приложенное усилие сосредоточены в определенном месте, т.е. в точке, через которую проходит сварочный ток. Соединение, полученное этим способом при правильном выборе режимов, имеет характерные вмятины от электродов. Контактная точечная сварка обладает рядом преимуществ по сравнению с другими способами соединения изделий сваркой:

высокая скорость сварки

незначительный расход вспомогательных материалов

не требуется высокая квалификация оператора

возможность сварки металла малых толщин

легкость в механизации и автоматизации процесса сварки

Рельефная сварка – это разновидность контактной сварки, при которой нагрев и приложенное усилие сосредотачивается в рельефе (например выступе одной из деталей). Через рельеф проходит сварочный ток. Данный способ сварки обладает высокой производительностью, так как сварное соединение формируется в нескольких рельефах одновременно. По форме рельефа она может быть следующей: а) с отдельными рельефами, расположенными на значительном расстоянии один от другого, б) с круглым рельефом, когда на одной из деталей выполняют круглый выступ. Рельефной сваркой сваривают отдельные детали кузовов, гаек, болтов, детали типа пластин.

Наиболее распространена рельефная сварка нахлесточных соединений из листовых сталей с рельефами различной формы. Обычно применяется круглый рельеф, обеспечивающий наибольшую жесткость, необходимую для восприятия сварочных усилий при нагреве. Нагрев в таком соединении происходит от периферии к центру. Недостатком этого способа является невозможность выполнения сварки отдельных узлов. Требуется навык в работе и достаточно высокая квалификация персонала.

Шовная сварка это также разновидность контактной сварки, при которой нагрев и приложенное усилие сосредотачиваются выборочно или по всему периметру свариваемого изделия, что обеспечивает получение сварного шва. Шовная сварка используется для получения детали с герметичными соединениями. Недостатки этого способа – невозможность сварки отдельных узлов, специальная форма электродов.

Для дуговой сварки в защитных газах в качестве защитной среды широко используется углекислый газ. Указанный способ обеспечивает высокую производительность труда, высокое качество и прочность соединения, высокую культуру производства и экономию присадочного материала. Недостаток – коробление деталей и необходимость зачистки неровных участков поверхности шва. Кроме того, данным способом проблематично сваривать малые толщины. А большинство листовых деталей кузова имеют толщину 0,8 мм

Таким образом, не меняя применяемую технологию получения сварного соединения – точечная контактная сварка – применим для достижения цели работы автоматизацию данного технологического процесса.

1.5 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности и качества при сварке лонжерона с брызговиком автомобиля Datsun. Анализ

конструктивных особенностей изделия, условий его эксплуатации, а также базовой технологии сборки-сварки, годовой программы изготовления показывает, что основным недостатком базового технологического процесса является низкий уровень механизации и автоматизации сварочных работ. В данных условиях качество узла и производительность труда на операции его изготовления зависят от субъективных факторов оператора. Во первых требуется квалифицированный рабочий, высокого разряда, следовательно и заработная плата его будет высока. Во вторых, физические кондиции работника напрямую оказывают влияние на производительность и качество.

Возможные пути механизации и автоматизации процессов сварки показывают, что можно применить робототехнический комплекс. Это будет экономически целесообразно, так как за счет применения разной сборочно-сварочной оснастки можно на данном комплексе сваривать разные изделия. В этом случае можно будет повысить коэффициент использования оборудования. В случае применения машины точечной многоэлектродной, учитывая ее высокую производительность, коэффициент загрузки будет мал.

Таким образом, для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

- Разработать технологический процесс автоматизированной и механизированной сварки изделия
- Подобрать оборудование и разработать оснастку для реализации разработанного технологического процесса.
- Предусмотреть мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала, принимающего участие в изготовлении изделия.
- Произвести экономическую оценку мероприятий технического характера, разработанных в проекте.

2 Проектный технологический процесс сварки

2.1 Расчет режима контактной точечной сварки

Исходными данными для расчета значений параметров режима контактной точечной сварки являются:

1. Материал изделия и его теплофизические свойства.
2. Толщина соединяемых деталей.
3. Чувствительность металла к воздействию термомеханического цикла при нагреве, плавлении и кристаллизации металла.
4. Показатели производительности: темп сварки, ПВ процесса.

Основными параметрами режима контактной точечной сварки являются:

- $d_э$ - диаметр электрода, мм;
- $I_{св}$ - сварочный ток, А;
- $t_{св}$ - время сварки, сек;
- $F_{св}$ - сварочное усилие на электродах, Н.

Выбираем конструктивную форму электрода. В зависимости от способа крепления на электрододержателе, электроды бывают с посадкой по внешнему (пальчиковые) и по внутреннему (колпачковые) конусу. Для нашего изделия выберем пальчиковые электроды.

Определяем диаметр рабочей части электрода

$$d = 5,5 \cdot \sqrt{S_1}$$

где S_1 – толщина более тонкой детали в мм

$$d = 5,5 \cdot \sqrt{0,8} = 4,91 \text{ мм}$$

Определяем сварочное давление в Кг.

$$P_{св} = (200 \dots 400) \cdot S_1 = 375 \cdot 0,8 = 300 \text{ Кг}$$

Определяем значение показателя жесткости сварки

$$\Gamma = \frac{T_я - T_{пов}}{S_1(1 - h_o - h)}$$

Где $T_{я}$ - температура ядра точки, °С, $T_{я} = (1 \dots 1,5)$ от температуры плавления материала детали;

S_1 - толщина более тонкой детали, см;

h_o, h – показатели вмятины и проплавления в тонкий лист, $h_o < 0,2$, $h = 0,2 \dots 0,8$ от толщины листа.

$T_{пов}$ – температура на поверхности листа под электродом, °С, для жестких режимов, которые практикуются на АО АвтоВАЗ в связи с необходимостью обеспечения высокой производительности $T_{пов} < 0,3T_{я}$

$$\tilde{A} = \frac{1530 - 460}{0,08(1 - 0,1 - 0,2)} = 1917^\circ C / \tilde{m}$$

Находим продолжительность импульса сварочного тока

$$\tau_{и} = \frac{h_{я} \cdot T_{я} \cdot K_{м}}{a_{д} \cdot \Gamma}$$

где $h_{я}$ – высота ядра точки, $h_{я} = S_1$;

$K_{м}$ - коэффициент, учитывающий скрытую теплоту плавления, $K_{м} = 1,2 \dots 1,5$;

$a_{д}$ - температуропроводность детали, $см^2/с$;

$$\tau_{E} = \frac{0,08 \cdot 1530 \cdot 1,5}{0,16 \cdot 1917} = 0,2 \tilde{m} \hat{e}$$

Рассчитываем термический к.п.д.

$$\eta_T = \frac{1}{1 + \frac{2(d\sqrt{a_{д}\tau_{и}} + 4a_{д}\tau_{и}) + \sqrt{a_{э}\tau_{и}}}{d^2} + \frac{\sqrt{a_{э}\tau_{и}}}{2S_1}}$$

где $a_{д}$ $a_{э}$ – температуропроводность материала детали и электрода

S_1 - толщина более тонкой детали, см;

d - диаметр рабочей части электрода, см;

$\tau_{и}$ - продолжительность импульса сварочного тока, сек.

$$\eta_o = \frac{1}{1 + \frac{2(0,5\sqrt{0,16 \cdot 0,2} + 4 \cdot 0,16 \cdot 0,15) + \sqrt{1,07 \cdot 0,2}}{0,5^2} + \frac{\sqrt{1,07 \cdot 0,2}}{2 \cdot 0,08}} = 20\%$$

Определяем энергию, необходимую для сварки

$$Q = V\gamma(cT_{св} + m)$$

Где V – объем металла, нагреваемого до $T_{св}$, $V=2\pi d^2(S_1 + S_2)/4 \text{ см}^3$;

m – скрытая теплота плавления, кал/г;

c – теплоемкость, кал/г °С;

γ - удельный вес, г/см³;

$$Q = 2(0,1 + 0,12)3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 0,25 \cdot 7,8(0,15 \cdot 1530 + 65) = 275 \text{ кал}$$

Определяем действующее значение сварочного тока

$$I_{св} = \sqrt{\frac{Q}{0,24 \cdot \eta_T R_{э-э} \tau_{и}}}$$

Где η_T – термический к.п.д.;

$R_{э-э}$ – сварочное сопротивление деталей между электродами, $R_{э-э}=100 \cdot 10^{-6}$ ом;

$\tau_{и}$ – время импульса сварочного тока.

$$I_{\bar{н}\bar{а}} = \sqrt{\frac{275}{0,24 \cdot 0,2 \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 0,15}} = 12000 \text{ А}$$

Определяем ток шунтирования:

Определяем ширину эквивалентной ветви шунтирования $h_э$,
учитывая,

что l – шаг между точками, составляет 3 см и d_T – диаметр ядра
точки, составляет 0,5 см: $h_э = 0,36$ см

Рассчитываем активное сопротивление горячей точки r_T , Ом:

$$r_T = \frac{4 \cdot \rho_T \cdot S}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 140 \cdot 10^{-6} \cdot 0,12}{3,1415 \cdot 0,5} = 42,8 \cdot 10^{-6} \text{ ом},$$

где ρ_T - удельное сопротивление металла в момент его
перехода из твёрдого состояния в жидкое, Ом·см;

S - толщина материала, см;

d - диаметр сварной точки, см.

Рассчитывают падение напряжения на этом сопротивлении, В:

$$U_{\phi} = r_{\phi} \cdot I_{\bar{н}\bar{а}} = 42,8 \cdot 10^{-6} \cdot 12000 = 0,68 \hat{\text{А}},$$

Определяем значение критерия Неймана χ :

$$\chi = \frac{2 \cdot l \cdot S \cdot h_{\text{э}}}{25 \cdot U_{\text{ш}}(S + h_{\text{э}})} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 0,12 \cdot 0,36}{25 \cdot 0,68(0,12 + 0,36)} = 0,03$$

Определяем электрическое сопротивление постоянному току обеих пластин, Ом:

$$R_{0\text{ш}} = \frac{2 \cdot \rho_T \cdot l}{h_{\text{э}} \cdot S} = \frac{2 \cdot 140 \cdot 10^{-6} \cdot 3}{0,36 \cdot 0,12} = 19,44 \cdot 10^{-3} \text{ ом},$$

Определяем активное, индуктивное и полное сопротивления ветви шунтирования, Ом:

$$R_{\text{ш}} = R_{0\text{ш}}(1 + 0,6\chi\sqrt{\chi}) = 19,44 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,03\sqrt{0,03}) = 19,5 \cdot 10^{-3} \text{ ом},$$

$$X_{\text{ш}} = R_{0\text{ш}} 0,84\chi = 19,44 \cdot 10^{-3} \cdot 0,84 \cdot 0,03 = 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ ом},$$

$$Z_{\text{ш}} = \sqrt{R_{\text{ш}}^2 + X_{\text{ш}}^2} = \sqrt{(19,5 \cdot 10^{-3})^2 + (0,48 \cdot 10^{-3})^2} = 19,51 \cdot 10^{-3} \text{ ом}$$

Определяем ток шунтирования, А:

$$I_{\text{ш}} = \frac{U_{\text{ш}}}{Z_{\text{ш}}} = 0,68 / 19,51 \cdot 10^{-3} = 35$$

Определяем расчётный вторичный ток:

$$I_{2\delta} = I_{\text{н\grave{a}}} + I_{\phi} = 12000 + 35 = 12035 \text{ \AA}$$

2.2 Проектная технология

На участке сварки заготовки изымаются из оборотной тары и укладываются в специальную тару, расставленную у первого поста робототехнического комплекса (РТК). В начале лонжерон передний укладывается в ложементы оснастки сборочного поста РТК, находящегося в положении 1. После чего на ложементы оснастки укладывается панель брызговика, и сварщик производит проверку геометрии собранного узла. Перекосы не допускаются. По окончании проверки сварщик нажимает кнопку «Пуск» двурукого включения. Двуручное включение предусмотрено для того, чтобы обезопасить сварщика от движущихся частей оснастки.

Включается подача воздуха в пневмоцилиндры привода зажимов, детали фиксируются, затем производится поворот и пост перемещается в положение 2. Производится фиксация карусели и начинает работу робот №1. Производится автоматическая сварка 8-ми точек. Сила тока при сварке принимается 12500 ампер, время импульса прохождения сварочного тока 0,1 секунды, давление сжатия 0,5 МПа, напряжение на вторичной обмотке трансформатора 5 вольт. По окончании сварки робот перемещается в исходное положение и сваренный узел перемещается в положение поста №3. Там, после фиксации карусели производится автоматическая сварка роботами №2 и №3 14-ти точек. 7 точек сваривает робот №2, и 7 точек сваривает робот №3. Сила тока при сварке принимается 12500 ампер, время импульса прохождения сварочного тока 0,1 секунды, давление сжатия 0,5 МПа, напряжение на вторичной обмотке трансформатора 5 вольт. По окончании сварки роботы перемещаются в исходное положение и сваренный узел перемещается в положение поста №1. Происходит автоматическая расфиксация прижимов, и рабочий снимает сваренное изделие с ложементов. При этом он 100% изделий визуально контролирует. Обращает внимание на провар точек. Непровары, прожоги, недопустимы. Готовый узел после контроля помещается в оборотную тару, которую по мере наполнения изымают с участка и перевозят на участок сборки-сварки кузова.

Одно изделий из ста контролирует работник бюро технического контроля цеха. Контролируемое изделие проверяется в специальном кондукторе на соответствие геометрии, после чего, производится контроль на разрушение сварных точек. Контроль производится с помощью молотка и специального зубила. Зубило устанавливают сбоку от ядра точки и наносят по нему удары молотком. Если разрушается непосредственно точка, то имеет место непровар. Если разрушение происходит по основному металлу, то все в порядке.

Выдержавшее контроль изделие, после соответствующей рихтовки отправляется на операции сварки передка автомобиля. Если узел не прошел

контроль, все узлы сваренные на после предыдущего контроля проходят контроль работниками бюро технического контроля, и в случае несоответствия требованиям узлы забраковываются, брак изолируется.

2.3 Оборудование робототехнического комплекса

Для реализации данных технологических решений потребуется выбрать робот – манипулятор. При выборе робота – манипулятора следует учесть вес сварочной оснастки, требуемую точность позиционирования, требования к системе управления. Одно из главных преимуществ промышленных роботов – возможность быстрой переналадки для выполнения задач, различающихся последовательностью и характером манипуляционных действий. Таким образом, максимальную эффективность от использования промышленных роботов можно получить при широкой номенклатуре обрабатываемых изделий.

Классификация роботов по различным признакам, существенным для выбора типа существует: по характеру выполняемых операций; степени специализации; области применения по виду производства; системы основных координатных перемещений; числу степеней подвижности; грузоподъемности; мобильности; конструктивному исполнению; типу силового привода; характеру отработки программы; характеру программирования скоростей и дискретности перемещений.

По типу представления задающей информации системы управления можно разделить на цикловые, аналоговые, числовые и аналого-числовые (гибридные). Цикловые являются простейшими. В них информация о последовательности перемещений задается настройкой упоров, воздействующих на конечные выключатели.

Учитывая массу клещей сварочных, достигающую 40-50 кг, точность позиционирования, ± 1 мм, а также геометрические параметры изделия определяем что нам нужен робот средней грузоподъемности, с несколькими

степенями подвижности, с полярной системой основных координатных перемещений. Робот может быть и специальным и многоцелевым. Операции робот выполняет основные технологические. Робот должен быть гибкопрограммируемым. Соответствует данным требованиям робот R-2000iA [10] производства концерна FANUC Robotics, компоновочная схема которого включает в себя, рисунок 2.1: базисное основание 1, карусель 2, коромысло 3, основание руки 4, руку 5, кисть 6,

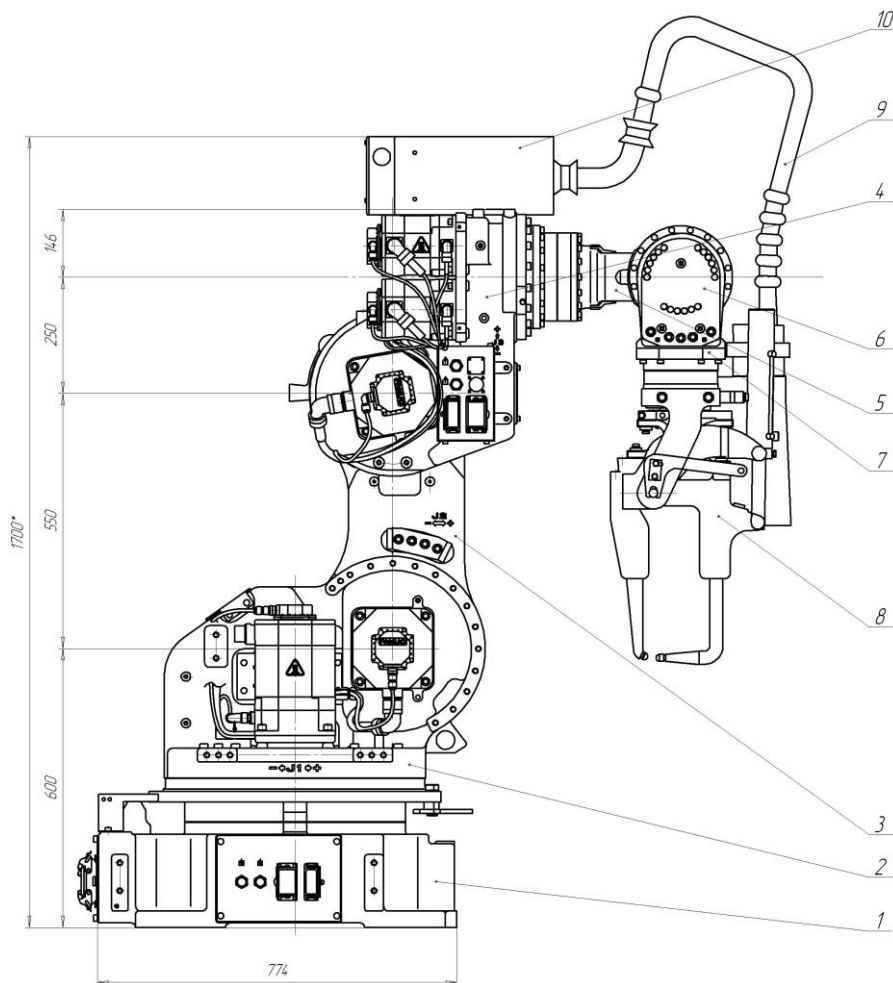


Рисунок 2.1 – Робот R-2000iA в сборе

фланец для крепления инструмента 7, клещи в сборе 8, спаренный гибкий токоподвод 9, трансформатор 10.

Общий вид компоновки РТК приведен на рисунке 2.2. Габаритные размеры РТК, с учетом вспомогательного оборудования 7650x7000 мм. На участке установлены сварочные роботы, (2). На участке установлено

ограждение (5) с целью обеспечения безопасности персонала. Сборочная оснастка (условно не показана) установлена на поворотной карусели, (3).

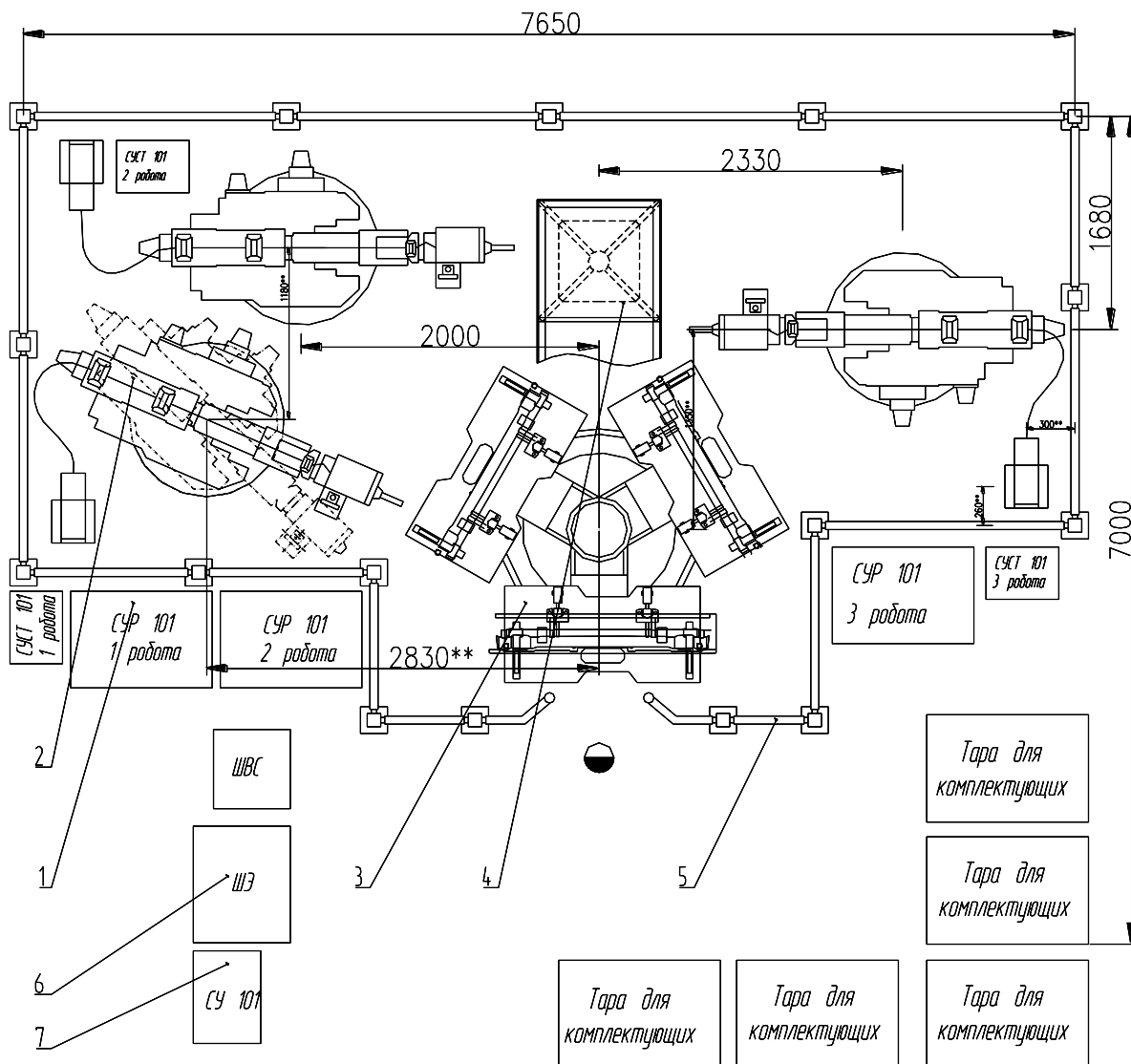


Рисунок 2.2 - Общий вид компоновки РТК

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Характеристика разработанного технического объекта.

Тема выпускной квалификационной работы: «Технология и оборудование для сборки и сварки брызговика с лонжероном автомобиля Datsun». Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии контактной сварки деталей кузова автомобиля. Контактная сварка применяемая в базовой технологии, сопровождается значительными затратами рабочего времени и дефектов, исправление которых требует дополнительных затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение роботизированной сварки.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1. Подготовка к сварке	Слесарь-сборщик	Камера помывочная, камера сушильная, тара обратная	Раствор кальцинированной соды, сжатый воздух
2. Загрузка деталей в сборочное приспособление	Сварщик-роботист	Транспортёр-накопитель, тара обратная, кондуктор	Сжатый воздух, рукавицы
3. Сварка	Сварщик-роботист	Кондуктор, роботы сварочные, источник питания	Сжатый воздух, рукавицы
4. Контроль качества	Дефектоскопист	Зубило, молоток, дефектоскоп	Ветошь, кисточка, масло

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей о угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовка к сварке	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - 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 	Камера помывочная, камера сушильная, тара оборотная
2. Загрузка деталей в сборочное приспособление	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - 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 	Транспортёр-накопитель, тара оборотная, кондуктор
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - 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 	Кондуктор, робот сварочный, источник питания
4. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	Зубило, молоток, дефектоскоп

3.3 Методы и средства при снижении профессиональных рисков

Уже внедренные на участке сварки и разработанные в рамках бакалаврской работы мероприятия по снижению негативного действия профессиональных рисков систематизируем и проанализируем в таблице 3.3. В таблицу не будем включать такие организационные мероприятия, как инструктажи по технике безопасности.

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

В таблице 3.4 выполним анализ возможных опасных факторов, сопровождающих пожар, при его возникновении на производственном участке.

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется контактная сварка	Камера помывочная, камера сушильная, тара оборотная, транспортёр-накопитель, кондуктор, робот сварочный, источник питания, зубило, молоток, дефектоскоп	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	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.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала применяющихся при пожаре	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Роботизированная сварка	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки, контрольные операции	Выделяемые при сварке газообразные частицы	Гидравлическая жидкость в робототехническом комплексе.	Мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при постановке сварных точек.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме робототехнического комплекса и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии контактной сварки деталей кузова автомобиля Datsun. Применяемая на ПАО «АвтоВАЗ» базовая технология, сопровождается значительными затратами рабочего времени и высокой вероятностью появления дефектов, исправление которых требует дополнительных затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение роботизированной сварки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество сварки. Расчёт будем вести, оценивая эффективность от роботизации контактной сварки брызговика с лонжероном автомобиля Datsun.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	2	2
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	III
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	150	150
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	20	60
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	190000	900000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	10	30
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	4,7	4,7
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,9	0,9
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{н-з} + t_o + t_e + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (4.1)$$

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{маш}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций

технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ВСП}} = 10\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 1\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

Машинное время определим по следующей формуле:

$$t_o = t_M = n(t_{\text{СЖ}} + t_{\text{И}} + t_{\text{К}} + t_{\text{П}}), \quad (4.2)$$

где $t_{\text{СЖ}}$ – время предварительного сжатия;

$t_{\text{И}}$ – время прохождения импульса сварочного тока;

$t_{\text{К}}$ – время проковки;

$t_{\text{П}}$ – время перемещения (паузы) от одной свариваемой точки к другой

n – количество свариваемых точек, в проектном варианте принимаем по роботу №1, так как он варит больше точек, чем остальные роботы, $n=8$.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{МБ}} = 18(0,01 + 0,004 + 0,008 + 0,04) = 1,16 \text{ мин}$$

$$t_{\text{МПП}} = 8(0,01 + 0,004 + 0,008 + 0,05) = 0,576 \text{ мин}$$

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{шт} = 1,16 + 1,16 \cdot 15\% + 1,16 \cdot 10\% + 1,16 \cdot 5\% + 1,16 \cdot 1\% = 1,93 \text{ мин} = 0,032 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 0,576 + 0,576 \cdot 15\% + 0,576 \cdot 10\% + 0,576 \cdot 5\% + 0,576 \cdot 1\% = 0,012 \text{ час}$$

4.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному варианту

Значение $K_{общ}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (4.5)$$

где $K_{пр}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{соп}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{пр} = \sum \Pi_{об} \cdot k_3 \quad (4.6)$$

где $\sum \Pi_{об}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60} \quad (4.7)$$

где: $N_{пр}$ – годовая программа, 1000 шт.;

$t_{шт}$ – время, расходуемое на сварку одного стыка окрайки (штучное), мин.;

$\Phi_{эф}$ – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (4.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{об.прин}$).

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (4.8)$$

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (4.9)$$

где: D_k – всего дней в году;

$D_{вых}$ – всего выходных в году;

$D_{пр}$ – всего праздничных дней в году;

$T_{см}$ – длительность рабочей смены на предприятии, час;

S – принятое на предприятии количество рабочих смен;

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

$$\Phi_{эф} = [(365 - 10 - 52 - 26) \cdot 8 - 7 \cdot 1] \cdot 2 \cdot (1 - 0,06) = 4108 \text{ час.}$$

Применяемая технология

$$n_{расч.б} = \frac{0,032 \cdot 60000}{4108 \cdot 1,1} = 0,52 \text{ ед.}$$

Предлагаемая технология

$$n_{расч.п} = \frac{0,012 \cdot 60000}{4108 \cdot 1,1} = 0,22 \text{ ед.}$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о

необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$k_{зб} = 0,52/1 = 0,52$$

$$k_{зп} = 0,22/1 = 0,22$$

$$K_{\text{ОБЩБ}} = 190000 \cdot 1,05 \cdot 0,52 = 103740 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 970000 \cdot 1,05 \cdot 0,22 = 224070 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{МОНТ}} + K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{ПЛОЩ}} \quad (4.10)$$

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

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования;

$K_{\text{ПЛОЩ}}$ – финансовые расходы на дополнительные площади, необходимые для установки оборудования для проектного варианта технологии.

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = \Sigma \Pi_{\text{ОБ}} \cdot k_{\text{МОНТ}} \quad (4.11)$$

где $k_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж, $k_{\text{МОНТ}} = 0,2$.

После подстановки в формулу (4.11) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 970000 \cdot 0,2 = 29100 \text{ рублей.}$$

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{дем}} = \Sigma C_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (4.12)$$

где $k_{\text{дем}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж, $k_{\text{дем}} = 0,2$

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{дем}} = 190000 \cdot 0,02 = 3800 \text{ рублей.}$$

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot C_{\text{ПЛОЩ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (4.13)$$

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

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{ПР}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 224070 + 9900 + 32900 = 266870 \text{ рублей.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

$$K_{\text{удБ}} = 103740/60000 = 1,729 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{удПР}} = 266870/60000 = 4,447 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет технологической себестоимости

По базовому и проектному вариантам применяется контактная сварка, для которой используются электроды БрХЦ. Эти электроды одинаково изнашиваются по обеим технологиям, поэтому затраты на материалы не рассчитываем.

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об.} = \frac{C_{об} \cdot N_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.15)$$

где $C_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

$N_{об}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{шт}$ – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$\Phi_{эф}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

$$A_{обб} = \frac{190000 \cdot 19,5 \cdot 0,032}{4108 \cdot 100} = 0,28 \text{ руб}$$

$$A_{обпр} = \frac{970000 \cdot 19,5 \cdot 0,012}{4108 \cdot 100} = 0,55 \text{ руб}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{этех} = N_э \cdot C_э \cdot t_i \cdot n \quad (4.16)$$

где $N_э$ – норма расхода энергии на одну сварочную точку, (кВт),

$$N_э = U \cdot I = 16000 \cdot 8 = 128000 \text{ Вт} = 128 \text{ кВт};$$

$C_э$ – стоимость электроэнергии, (руб);

t_i – время прохождения импульса сварочного тока, час;

n – количество сварных точек на изделии, (шт).

$$P_{этехб} = P_{этехпр} = 128 \cdot 0,0006 \cdot 1,79 \cdot 18 = 2,47 \text{ руб.}$$

Затраты на воду технологическую при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_B = N_{PB} \cdot C_B \cdot t_{шт} \quad (4.17)$$

где N_{PB} – норма расхода воды;

C_B – стоимость воды.

После подстановки в формулу (4.17) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{BB} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 0,032 = 0,057 \text{ руб}$$

$$P_{BПР} = 2 \cdot 1,2 \cdot 0,012 = 0,028 \text{ руб}$$

Затраты на сжатый воздух при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{CЖ} = N_{PCЖ} \cdot C_{CЖ} \cdot t_{шт} \quad (4.18)$$

где $N_{PCЖ}$ – норма расхода сжатого воздуха;

$C_{CЖ}$ – стоимость сжатого воздуха.

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{CЖБ} = 0,75 \cdot 0,12 \cdot 0,032 = 0,003 \text{ руб}$$

$$P_{CЖПР} = 1,5 \cdot 0,12 \cdot 0,012 = 0,002 \text{ руб}$$

$$З_{обб} = 0,28 + 2,47 + 0,057 + 0,003 = 2,81 \text{ руб}$$

$$З_{обпр} = 0,55 + 2,47 + 0,028 + 0,002 = 3,05 \text{ руб}$$

Затраты на площади при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{плоч} = \frac{C_{плоч} \cdot S_{плоч} \cdot Na_{плоч} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (4.33)$$

где $C_{плоч}$ – цена 1 м^2 производственной площади, руб.;

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

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

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$z_{\text{плоч}}^{\text{б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 2,08}{1812 \cdot 100} = 0,13 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{плоч}}^{\text{пр}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1,04}{1812 \cdot 100} = 0,06 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы ЗПЛ_{осн} и дополнительной заработной платы ЗПЛ_{доп}.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

где ЗПЛ_{осн} - основная зарплата;

ЗПЛ_{доп} - дополнительная зарплата.

Объём ЗПЛ_{осн} основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.35)$$

где $C_{\text{ч}}$ – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час;

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (4.36)$$

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

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

$k_{\text{у}} = 1,087$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,14$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,076$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,79$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,032 \cdot 244,9 \cdot 1,79 = 14,73 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^{ПР} = 0,012 \cdot 217,5 \cdot 1,79 = 4,90 \text{ руб.}$$

Объём $ЗПЛ_{доп}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{д}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (4.37)$$

где $k_{д}$ – коэффициент - 10%.

$$ЗПЛ_{допб} = 14,73 \cdot 10/100 = 1,76 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доппр} = 4,90 \cdot 10/100 = 0,49 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{б} = 14,73 + 1,76 = 16,49 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пр} = 4,90 + 0,49 = 5,48 \text{ руб.}$$

Объём $O_{сн}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{сн} = \PhiЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (4.38)$$

где $N_{соц}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{сн}^б = 16,49 \cdot 30/100 = 5,87 \text{ руб.}$$

$$O_{сн}^{пр} = 5,48 \cdot 30/100 = 1,95 \text{ руб.}$$

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

$$C_{тех} = ЗМ + З_{э-э} + З_{об} + З_{пл} + \PhiЗП + O_{сн} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{тех}^б = 16,49 + 5,87 + 2,81 + 0,13 = 25,30 \text{ руб.}$$

$$C_{тех}^{пр} = 5,48 + 1,95 + 3,05 + 0,067 = 10,54 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}} \quad (4.40)$$

где $P_{\text{цех}}$ – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + k_{\text{цех}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.41)$$

где $k_{\text{цех}}$ – коэффициент цеховых расходов, 1,72;

$Z_{\text{осн}}$ – основная зарплата, руб.

После подстановки в формулу (4.41) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{цех}}^{\text{Б}} = 25,30 + 14,73 \cdot 1,72 = 25,30 + 25,33 = 50,63 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цех}}^{\text{ПР}} = 10,54 + 4,90 \cdot 1,72 = 10,54 + 8,42 = 18,96 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + k_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.42)$$

где $P_{\text{зав}}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{зав}}$ – коэффициент заводских расходов, 1,97.

После подстановки в формулу (4.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{зав}}^{\text{Б}} = 50,63 + 14,73 \cdot 1,97 = 50,63 + 29,01 = 79,65 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зав}}^{\text{ПР}} = 18,96 + 4,90 \cdot 1,97 = 18,96 + 9,65 = 28,61 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	-	-
2. Объем фонда заработной платы	ФЗП	16,49	5,48
3. Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	5,87	1,95
4. Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	2,81	3,05
5. Величина технологической себестоимости	С _{тех}	25,30	10,54
6. Объем цеховых расходов	Р _{цех}	25,33	8,42
7. Величина цеховой себестоимости	С _{цех}	50,63	18,96
8. Объем заводских расходов	Р _{зав}	29,01	9,65
9. Величина заводской себестоимости	С _{зав}	79,65	28,61

4.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Условно-годовую экономию $Пр_{ож}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

После подстановки в формулу (4.43) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Пр_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = (79,65 - 28,61) \cdot 60000 = 3062400 \text{ руб.}$$

Величину годового экономического эффекта, ожидаемого от внедрения технических решений, обеспечивающих увеличение производительности, определим по формуле:

$$\mathcal{E}_{г} = [(C_{зав}^б + E_{н} \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_{н} \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_{г} = [(79,65 + 0,33 \cdot 1,72) - (28,61 + 0,33 \cdot 4,44)] \cdot 500 = 3059950 \text{ руб.}$$

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

После подстановки в формулу (4.45) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,032 - 0,012}{0,032} \cdot 100\% = 62,5\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.46)$$

После подстановки в формулу (4.46) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 62,5}{100 - 62,5} = 166,66\%$$

Срок $T_{ок}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{ок} = \frac{Кобщпр}{Э_{шт}} \quad (4.47)$$

После подстановки в формулу (4.47) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{ок} = \frac{163030}{3062400} \approx 0,5 \text{года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$Е_{сп} = 1/T_{ок} = 1/0,5 = 2. \quad (4.48)$$

4.6 Выводы по разделу

При внедрении проектной технологии (РТК) по сварке лонжерона и брызговика автомобиля Datsun трудоемкость снижается на 62,5%, производительность труда повышается на 166%, при этом технологическая себестоимость снижается на 30%. Условно-годовая экономия составит 3062400 рублей.

Для внедрения проектной технологии необходимы дополнительные капитальные вложения в размере 163030 руб., срок окупаемости которых составит 0,5 года. Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит 3059950 руб.

Следовательно, предлагаемая технология экономически эффективна, и ее можно рекомендовать для внедрения в производство в цехе сварки кузова автомобиля Datsun.

Заключение

По результатам анализа конструкции изделия, условий его эксплуатации и базовой технологии изготовления принят вывод о необходимости автоматизировать и механизировать техпроцесс сварки брызговика с лонжероном. Из способов механизации привлекательно выглядит использование робототехнического комплекса. Обоснованна компоновка робототехнического комплекса, подобраны роботы. Разработан технологический процесс сборки и сварки брызговика с лонжероном. Произведен расчет режимов сварки, на основании расчетов режима подобраны сварочные трансформаторы.

Предусмотрены мероприятия по обеспечению сохранности здоровья и жизни производственного персонала и минимизации влияния вредных факторов на окружающую среду

Расчет экономического эффекта показал, что ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения РТК на операции сборки и сварки брызговика с лонжероном составит 310020 руб. Срок окупаемости капитальных вложений, необходимых для запуска технологии в производство, будет существенно меньше нормативного.

Можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы

Список используемых источников

1. Климов, А. С. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки: учеб. пособие / А. С. Климов [и др.]. - Изд. 3-е, испр. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016. - 329 с.
2. Гуляев, А.И. Технология и оборудование контактной сварки / А.И. Гуляев. – М.: Машиностроение, 1985 – 240 с.
3. 3. Климов А. С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. С. Климов, Н. Е. Машнин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 236 с.
4. Климов А. С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: учебное пособие / А. С. Климов, Н. Е. Машнин. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 233 с.
5. Кабанов Н.С. Сварка на контактных машинах / Н.С. Кабанов. – М.: Машиностроение, 1979, - 215 с.
6. Горячий Д.В. и др. Технология изготовления автомобильных узлов / Д.В. Горячий – М.: Машиностроение, 1990 – 367 с.
7. Чакалаев А.А., Дмитриев Ю.В. Технология и оборудование контактной сварки – М.: Машиностроение, 1986 – 352 с.
8. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
9. Пащенко, В.Н. Влияние состава плазмообразующей воздушно-газовой смеси на параметры струи плазмотрона / В.Н. Пащенко. // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С. 33–38.
10. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.

11. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
12. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
13. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
14. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
15. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
16. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
17. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
18. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
19. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
20. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
21. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

22. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
23. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
24. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
25. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
26. Величко, О.А. Лазерная наплавка цилиндрических деталей порошковыми материалами / О.А. Величко, П.Ф. Аврамченко, И.В. Молчан, В.Д. Паламарчук // Автоматическая сварка. – 1990. – № 1. – С. 59–65.
27. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.
28. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
29. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
30. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
31. Zhang, Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
32. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.

33. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
34. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.
35. Чакалаев А.А. Технология и оборудование контактной сварки / Чакалаев А.А., Дмитриев Ю.В. – М.: Машиностроение, 1986 – 352 с.