

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология сварки рычага переключения передач  
автомобиля Нива

Студент	<u>А.Э. Новинский</u> (И.О. Фамилия)	_____
Руководитель	<u>А.Ю. Краснопевцев</u> (И.О. Фамилия)	_____
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Повышение конкурентоспособности отечественного автомобиля возможно при условии уменьшения стоимости и повышения качества основных технологических операций, к которым относится сварка. Одной из деталей, требующих модернизации технологии сварки, является рычаг переключения передач, который изготавливается с применением дуговой сварки и встречает ряд трудностей: сложность обварки по контуру тела вращения, приходится переворачивать деталь, большой процент брака.

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности изготовления рычага переключения коробки передач автомобиля Нива Шевроле.

Базовая технология с применением механизированной сварки в углекислом газе имеет следующие недостатки: 1) высокая трудоёмкость сварки – сложно обваривать деталь вращения, приходится прерывать сварку и переключать её для доступа к месту сварки; 2) большое число дефектов сварки. Был произведён анализ возможных способов сварки, среди которых рассмотрены: дуговые способы сварки, стыковая сварка сопротивлением и оплавлением, сварка трением. Принято решение проектный вариант технологии сварки строить на базе стыковой сварки методом сопротивления.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1) Разработать технологию сварки рычага переключения коробки передач (произвести анализ дефектов сварки, выбрать параметры режима, способ контроля качества, составить технологическую карту); 2) Разработать специальную сварочную машину (силовая электрическая схема, механическая система); 3) Предложить средства автоматизации технологии.

Пояснительная записка состоит из 60 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Анализ состояния вопроса	
1.1 Описание конструкции рычага переключения передач .....	6
1.2 Сведения о материале изделия .....	8
1.3 Сведения о базовой технологии сварки. ....	11
1.4 Анализ возможных дефектов при сварке изделия .....	12
1.5 Анализ возможных способов сварки рычага переключения передач .....	14
1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. ....	19
2 Проектная технология сварки	
2.1 Расчёт параметров режима сварки .....	21
2.2. Расчёт пневматического цилиндра привода сжатия .....	22
2.3. Расчёт пневматического цилиндра привода зажатия .....	24
2.4. Проектирование электродов для контактной рельефной сварки .....	25
2.5. Компоновочная схема сварочной машины .....	27
2.6 Описание средства автоматизации .....	30
2.7 Технология сборки-сварки рычага переключения передач .....	33
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	35
3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков .....	38
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки .....	39
3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых	

технических решений .....	40
3.5 Заключение по экологическому разделу .....	41
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов .....	42
4.2 Расчёт фонда времени .....	44
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса .....	45
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии .....	48
4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии .....	52
4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям .....	53
4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии .....	55
4.8 Заключение по экономическому разделу .....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	59

## ВВЕДЕНИЕ

Производство автомобилей Chevrolet Niva на СП GM-АвтоВАЗ началось в сентябре 2002 года. Машина, созданная на основе внедорожника ВАЗ-2123, получила улучшенную конструкцию, стала более качественной в плане сборки. Автомобиль оснащается 80-сильным мотором с распределенным впрыском топлива объемом 1,7 литра, имеет постоянный полный привод, понижающую передачи и блокировку межосевого дифференциала. Niva имеет достаточно высокий уровень проходимости, но отличается также неплохой управляемостью. Среди недостатков машины - высокая "иномарочная" стоимость ТО и ремонта.

До недавнего времени основным козырем ВАЗа в конкурентной борьбе с автомобилями иностранного производства являлась относительно низкая цена. После проникновения на отечественный рынок недорогих иностранных автомобилей, в том числе и китайского производства ПАО «АвтоВАЗ» приходится делать ставку на новые бюджетные модели. Повышение конкурентоспособности отечественного автомобиля возможно при условии уменьшения стоимости и повышения качества основных технологических операций, к которым относится сварка. Одной из деталей, требующих модернизации технологии сварки, является рычаг переключения передач, который изготавливается с применением дуговой сварки и встречает ряд трудностей: сложность обварки по контуру тела вращения, приходится переворачивать деталь, большой процент брака.

*Цель выпускной квалификационной работы* – повышение производительности изготовления рычага переключения коробки передач автомобиля Нива Шевроле.

# 1 Анализ состояния вопроса

## 1.1 Описание конструкции рычага переключения передач

В процессе движения автомобиля, при переключении передач (рис. 1.1), сварное соединение рычага переключения передач в основном воспринимает нагрузки на сдвиг, а также вибрационное воздействие. При этом данные нагрузки рассчитываются исходя из усилия на рычаге переключения передач, которое может достигать с учетом динамического фактора 450 Н, что и обуславливает требования к сварному соединению.

Рычаг переключения передач автомобиля Нива Шевроле состоит из двух частей: рычага переключения передач верхнего и рычага переключения передач нижнего.

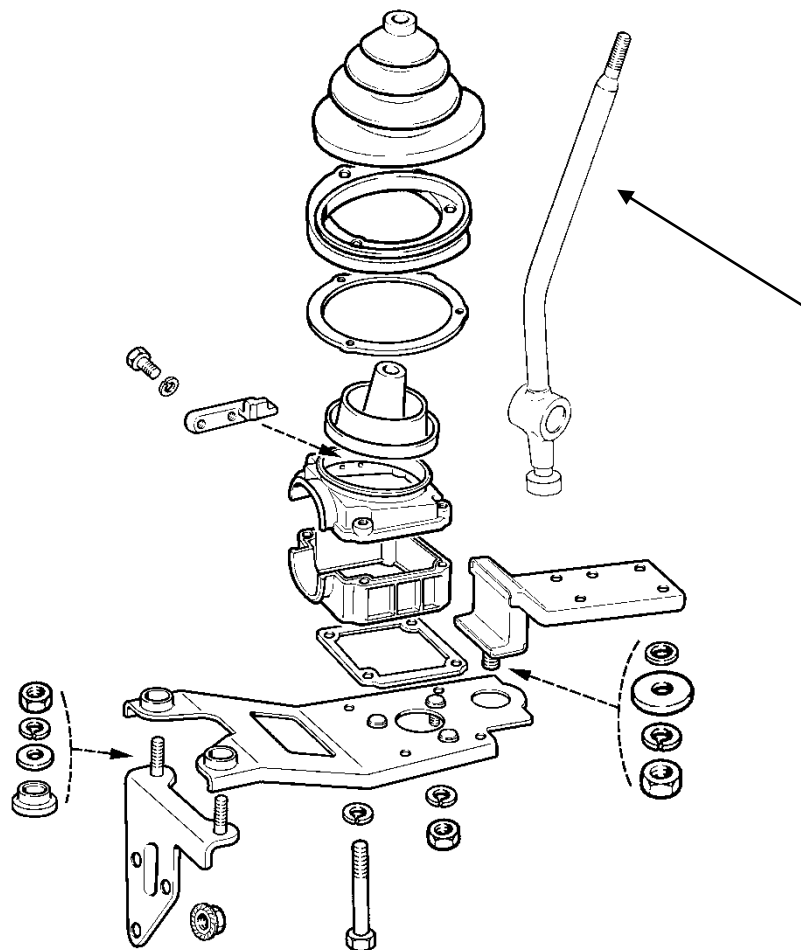


Рисунок 1.1 – Коробка передач автомобиля Нива Шевроле в сборе

Рычаг переключения передач верхний представляет собой заготовку, вытачиваемую из прутка диаметром 13 мм (рис. 1.2) из материала сталь АС35Г2-УЛ.

Рычаг переключения передач нижний (рис. 1.3) представляет собой поковку из стали 43.

Обе заготовки соединяются между собой полуавтоматической дуговой сваркой плавящимся электродом в среде защитных газов. Для формирования катета шва на рычаге верхнем сделана фаска  $3 \times 45^\circ$ , которая заполняется сварщиком расплавленным присадочным металлом.

После сварки изделие подвергается токарной обработке с целью снятия усиления шва и придания ему хорошего внешнего вида.

В настоящее время в связи с предполагаемым увеличением числа производимых автомобилей ВАЗ 2123 ведутся работы по замене ручной сварки на сварку в специализированной сварочной машине «КУКА» или «СОМАУ». Это позволит несколько повысить производительность процесса сварки и снизить его трудоёмкость. Однако переход на массовое производство автомобилей такого класса требует использования принципиально-нового подхода к сварке изделий подобного рода.

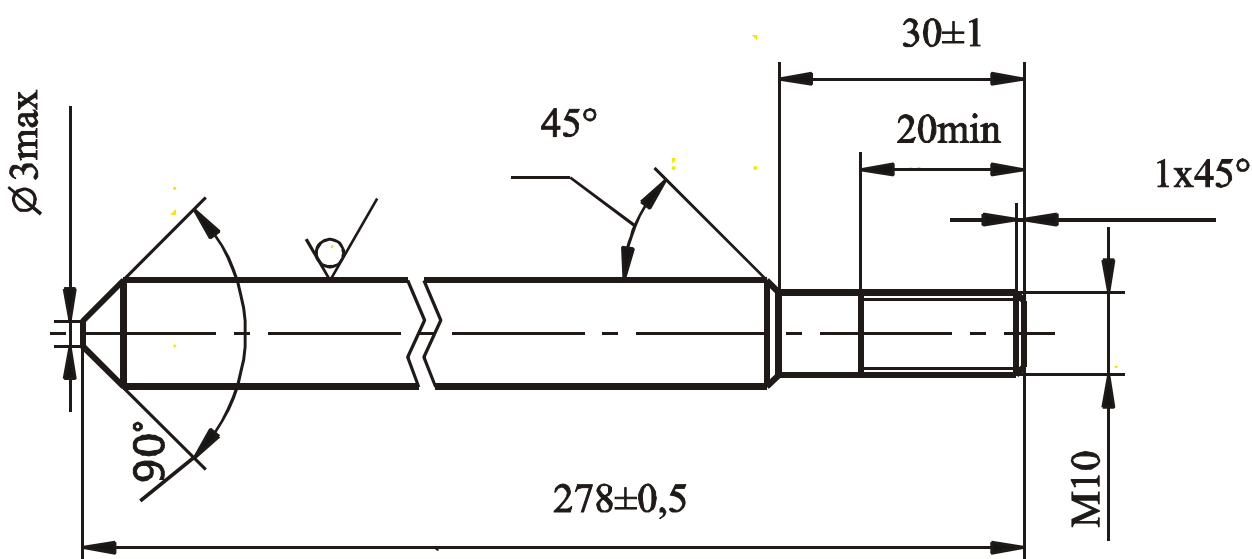


Рисунок 1.2 – Рычаг переключения передач верхний

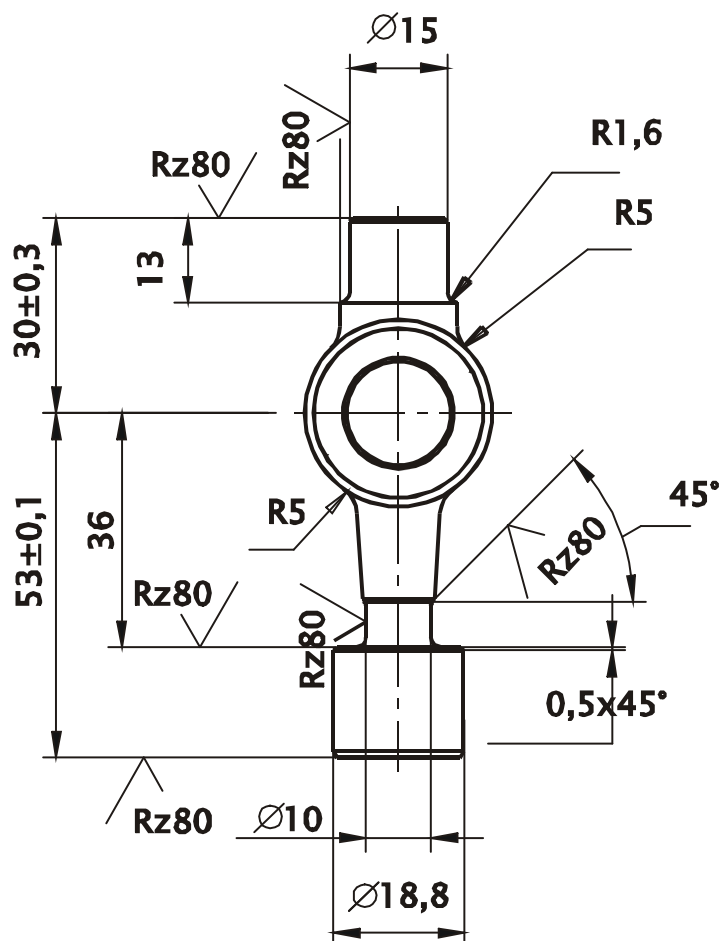


Рисунок 1.3 – Рычаг переключения передач нижний

## 1.2 Сведения о материале изделия

Рычаг переключения передач изготавливается из двух частей: рычага переключения верхнего и рычага переключения нижнего. Рычаг переключения верхний изготавливается из прутка диаметром 13 мм из материала АС35Г2-УЛ. Рычаг переключения передач нижний изготавливается из поковки из стали 43. Заготовки соединяются между собой автоматической сваркой плавящимся электродом. Сваренная деталь проходит операцию цинкования по ТУ5.00404. Поскольку покрытие цинком осуществляется на стадии производства, последующей за сваркой, то факт наличия цинка на готовой детали в дальнейших расчётах данного проекта учитываться не будет.



Сталь 43 (ТУ 14-1-2252-90) - углеродистая качественная конструкционная [1, 2, 3].

Такая сталь обладает следующими механическими свойствами (табл. 1.2).

Таблица 1.1 – Химический состав стали 43

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.4 - 0.46	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.3	до 0.08

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 43

Сталь	Предел текучести, кгс/мм <sup>2</sup>	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм <sup>2</sup>	Относительное		Ударная вязкость, кгс·м/см <sup>2</sup>
			Удлинение, %	Сужение, %	
43	35	60	16	40	4

Сталь 43 является трудносвариваемой. Для её сварки необходим подогрев и последующая термическая обработка.

Сталь АС35Г2-УЛ (по ТУ 14-1-3271-91) - сталь конструкционная повышенной обрабатываемости.

Таблица 1.3 – Химический состав стали АС35Г2-УЛ

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Pb
0.32 - 0.39	0.17 - 0.37	1.35 - 1.65	до 0.25	0.08 - 0.13	до 0.04	до 0.25	0.15 - 0.3

Таблица 1.4 – Механические свойства при T=20 °C материала АС35Г2-УЛ

Сортамент	Размер	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$
-	мм	МПа	МПа	%
Сталь калиброван.	6-35	750	600	14

Поскольку рассматриваемые стали имеют повышенное содержание углерода, и к соединению предъявляются требования по обеспечению высокого уровня механических свойств, при сварке возникают следующие трудности:

- 1) Высокую вероятность возникновения в околошовной зоне холодных трещин;
- 2) Высокую вероятность возникновения в металле шва кристаллизационных (горячих) трещин;
- 3) Практическую невозможность обеспечения равнопрочности основного металла, наплавленного металла, и металла околошовной зоны.

Таким образом, анализ химического состава сталей и трудностей их свариваемости позволяет определить свариваемость по эквивалентному содержанию углерода. Произведём расчёты в соответствии с [6], для стали 43. Применим зависимость

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (1.2)$$

где  $C_3$  – рассчитываемое значение эквивалентного содержания углерода, %;

$C, Mn, Cr, Mo, V, Ni, Cu$  – среднее содержание элементов в %.

Для стали 43 имеем:

$$C_3 = 0,43 + \frac{0,6}{6} + \frac{0,2}{5} + \frac{0,2 + 0,2}{15} = 0,597.$$

Так как рассчитанное значение  $C_3 > 0,45\%$ , то необходим предварительный подогрев заготовок перед сваркой.

Произведём уточняющие расчёты в соответствии с [6] для стали АС35Г2. Применим зависимость

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + 0,0025 \cdot \delta \leq 0,5\% \quad (1.3)$$

где  $C_3$  – рассчитываемое значение эквивалентного содержания углерода, %;

$C, Mn$  – среднее содержание элементов в %;

$\delta$  – толщина металла, мм.

Для стали АС35Г2 имеем:

$$C_y = 0,36 + \frac{1,45}{6} + 0,0025 \cdot 13 = 0,634.$$

Так как рассчитанное значение  $C_y > 0,5\%$ , то необходим предварительный подогрев заготовок перед сваркой.

Определим температуру предварительного подогрева по формуле [6]:

$$T_{под} = 0,350\sqrt{C_y - 0,25} \quad (1.4)$$

$$T_{под} = 0,350\sqrt{0,597 - 0,25} = 210^\circ\text{C} \text{ для стали 43,}$$

$$T_{под} = 0,350\sqrt{0,634 - 0,25} = 216^\circ\text{C} \text{ для стали АС35Г2.}$$

Расчёт показал, что детали хорошо свариваются всеми способами сварки плавлением, однако сварка этих деталей должна производиться с предварительным подогревом при температуре 220...300 °С.

### 1.3 Сведения о базовой технологии сварки

Базовая технология предусматривает выполнение следующих операций.

- 1) Набрать из тары оборотной и уложить на стойку:
  - 50 рычагов переключения передач нижних;
  - 50 рычагов переключения передач верхних.
- 2) Взять со стола и установить в сварочном приспособлении один узел.
- 3) Проварить границы стыков в среде  $CO_2$  (используется полуавтомат для сварки в углекислом газе ПДГ-312-5), применяется проволока Св-08Г2С диаметром 1,6 мм, ток сварки 300...350 А, напряжение 28...32 В, скорость сварки 25...40 м/ч, вылет электрода 16...20 мм, расход защитного газа 8...12 л/мин.
- 4) Провести визуальный контроль качества операции. Узел должен соответствовать утвержденному контрольному образцу. Геометрия детали

обеспечивается сварочной оснасткой. Проверка геометрии детали проводится методом линейных замеров. Качество дуговой сварки считается удовлетворительным, если усиление сварного соединения равно 1...2 мм. Параметры сварных швов измерить с помощью линейки металлической или штангенциркуля. Увеличение усиления сварного соединения более чем на 1 мм не является браковочным признаком, если это не приводит к ухудшению внешнего вида узла. Геометрия шва должна соответствовать соединению С25 по ГОСТ 14771-76 (рис. 1.4).

5) Уложить деталь в тару.

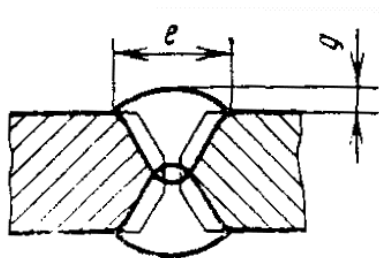


Рисунок 1.4 – Размеры сварного соединения:  $e=10\pm 2$  мм,  $g=1\pm 1$  мм

Недостатками базовой технологии являются:

- 1) высокая трудоёмкость сварки – сложно обваривать деталь вращения, приходится прерывать свару и переключать её для доступа к месту сварки;
- 2) большое число дефектов сварки.

#### **1.4 Анализ возможных дефектов при сварке изделия**

В процессе сварки в металл шва околошовной зоны подвергается значительному термическому влиянию, в результате чего возможно возникновение различных дефектов, снижающих прочность сварного соединения и эксплуатационной надёжности изделия. В зависимости от расположения в сварном шве дефекты могут быть наружными и внутренними. Наружными дефектами являются надрезы, наплывы, наружные трещины и газовые поры. Они выявляются в процессе проведения наружного осмотра.

**Подрез** представляет собой углубление (канавку) на основном металле вдоль линии сплавления сварного шва с основным металлом. Причинами подрезов являются: 1) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая сила сварочного тока; 2) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая скорость сварки; 3) при осуществлении сварки была использована чрезмерная длина дуги; 4) при осуществлении сварки не был обеспечен достаточный наклон сварочного электрода (неправильное ведение сварочного электрода).

**Наплыв** - это натекание металла шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним. Причинами наплывов являются: 1) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая сила сварочного тока; 2) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая скорость сварки; 3) при осуществлении сварки была использована чрезмерная длина дуги; 4) смещение электрода при сварке; 5) при осуществлении сварки не был обеспечен достаточный наклон сварочного электрода (неправильное ведение сварочного электрода).

**Непровар** - местное несплавление вследствие неполного расплавления кромок свариваемых деталей. Место непровара в большинстве случаев заполнено шлаком, который, благодаря легкоплавкости и жидкотекучести, заполняет образующееся при непроваре полости. Причинами непроваров являются: 1) неправильно выбрана форма разделки; 2) малая величина погонной энергии при сварке; 3) нарушения при проведении подготовки поверхностей деталей под сварку; 4) чрезмерная величина притупления кромок при разделке; 5) в процессе сварки сварочный электрод был смещён относительно оси шва; 6) низкое качество промежуточной зачистки швов после выполнения очередного прохода.

**Трещины** - частичное местное разрушение (разрыв) в сварном шве и/или в околошовной зоне. Причинами трещин являются: 1) после сварки произошло превышение времени между сваркой и термообработкой; 2) после сварки не была обеспечена минимальная скорость охлаждения стыка; 3) в

процессе сварки была нарушена газовая защита; 4) низкое качество основного металла.

**Поры и раковины** - имеют округлую или продолговатую форму. Причинами появления пор являются: 1) при сварке были применены отсыревшие электроды; 2) нарушение подготовки свариваемых кромок; 3) при сварке использовался электрод большего диаметра; 4) при осуществлении сварки была использована чрезмерная длина дуги; 5) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая скорость сварки; 6) в процессе сварки была нарушена газовая защита; 7) низкое качество основного металла.

**Кратеры** - дефекты такого типа появляются при обрыве дуги. Имеют вид резких углублений в шве. Могут служить концентраторами напряжения. Дефект можно исправить местной подваркой.

### **1.5 Анализ возможных способов сварки рычага переключения передач**

Для автоматизации процесса сварки рычага переключения передач автомобиля ВАЗ 2123 необходимо рассмотреть возможные способы сварки изделия на предмет их применимости к данному случаю.

Одним из наиболее приемлемых способов сварки (он же является базовым) может считаться дуговая сварка плавящимся электродом (рис. 5), которая обеспечивает надёжное фиксирование деталей при сборке и эксплуатации. Автоматизация процесса электродуговой сварки является давно решаемой задачей и на сегодняшний момент представляет меньше всего трудностей. Однако применительно к данному случаю возможности автоматической сварки плавящимся электродом ограничены следующими факторами: значительно снижается производительность процесса и повышается уровень остаточных напряжений и деформаций, расширяется зона термического влияния, а так же повышается себестоимость процесса сварки. К тому же постановка сварного шва требует дальнейшей его

механической зачистки заподлицо, что усложняет процесс и дополнительно повышает его себестоимость и трудоёмкость.

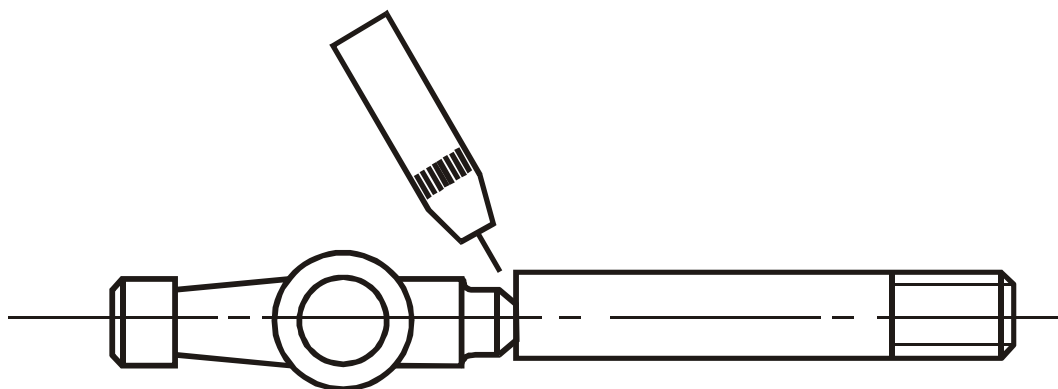


Рисунок 1.5 – Дуговая сварка плавящимся электродом рычага переключения передач

В настоящее время контактная сварка, которая получила широкое распространение на ВАЗе, является наиболее приемлемым способом получения неразъёмного соединения применительно к данной детали. Можно выделить три основных способа контактной сварки, которые можно использовать в данном проекте:

- контактная стыковая сварка методом сопротивления;
- контактная стыковая сварка методом оплавления;
- сварка трением.

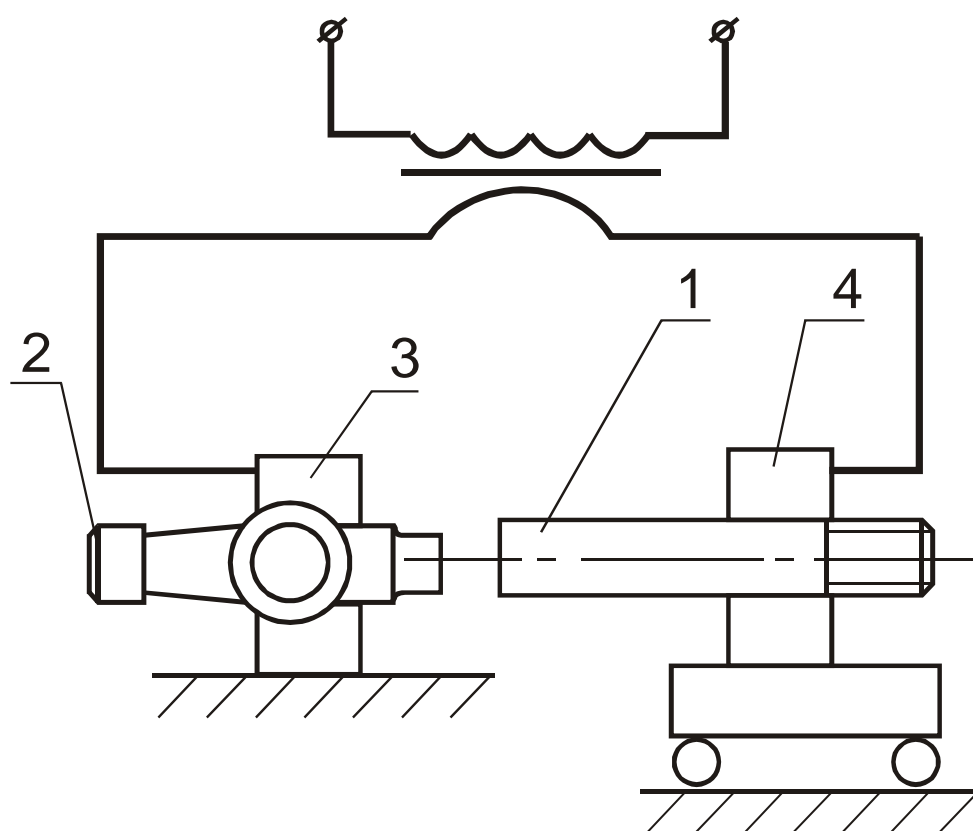
Применительно к данной детали – рычагу переключения передач схема получения соединения будет примерно одинакова для всех вышеперечисленных способов сварки. Она включает в себя (рис. 6):

- 1 – рычаг верхний;
- 2 – рычаг нижний;
- 3 – неподвижный электрод;
- 4 – подвижный электрод

Перечисленные способы контактной сварки отличаются друг от друга циклограммами тока и давления, прикладываемыми к свариваемым деталям.

Контактная стыковая сварка сопротивлением позволяет получать соединения хорошего качества. При стыковой сварке сопротивлением

(рис. 1.7) на первом этапе процесса образования соединения торцы деталей сближают до образования общего контакта под давлением  $F_n$ , через детали пропускают электрический ток  $I_{св}$ , осадка деталей под током происходит при небольших скоростях. На этом этапе происходит разогрев торцов и их переход в пластическое состояние. На втором этапе сварочный ток выключают, происходит осадка деталей при больших скоростях и усилиях осадки. Этот способ сварки сравнительно легко автоматизируется, имеет сравнительно простую циклограмму, что делает возможным использование устаревших регуляторов контактной сварки.



1 – рычаг верхний; 2 – рычаг нижний;

3 – неподвижный электрод; 4 – подвижный электрод

Рисунок 1.6 – Схема контактной сварки рычага переключения передач

Однако стыковая сварка методом сопротивления обладает сравнительно низкой производительностью, в стыке получается плавное усиление, которое снижает эстетические качества изделия и усложняет сборку. К тому же, в процессе формирования стыкового соединения



происходит раскрытие стыка, что приводит к дополнительному ухудшению внешнего вида изделий. Для обеспечения качественной сварки поверхности деталей необходимо подготавливать, вытачивая на них конус.

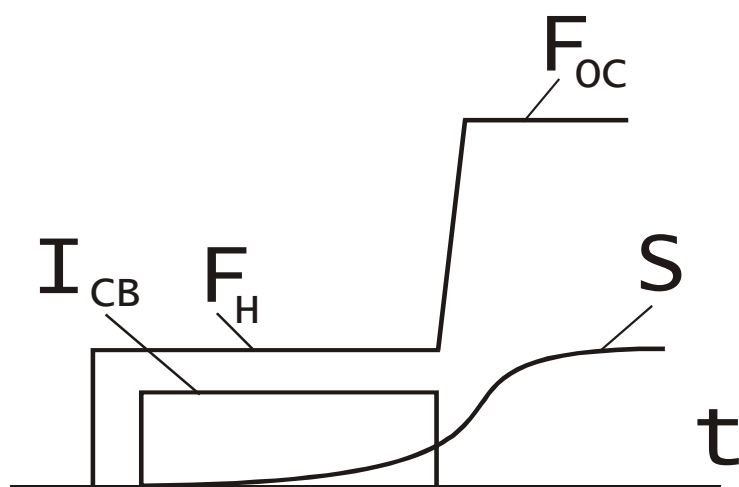


Рисунок 1.7 – Циклограмма контактной стыковой сварки методом сопротивления

Контактная стыковая сварка методом оплавления (рис. 1.8) предусматривает подвод к закрепленным деталям напряжения и их сближение с постоянной или возрастающей скоростью. При сближении непрерывно возникают электрические контакты-перемычки, разрушающиеся при плавлении взрывообразно с выбросом паров и частиц металла и образованием на торцах небольших кратеров с расплавом. После определенного укорочения (оплавления) деталей и образования на их торцах достаточно равномерного слоя расплава детали сжимаются с большой скоростью и нарастающим большим давлением. Такой способ сварки позволяет несколько повысить производительность сварки до 0,25...0,5 в секунду и не образует усиления в стыке. Нет необходимости специально подготавливать поверхности свариваемых деталей, как при контактной стыковой сварке методом сопротивления. Однако при этом способе лицевая поверхность пластины загрязняется брызгами расплавленного металла, ухудшается внешний вид изделия. Кроме того, достигаемая производительность не является удовлетворительной, для нужд современного производства требуется увеличение числа сварок до 5...10 в

секунду (вместо 0,1 при базовой технологии). При этом способе сварки тоже происходит раскрытие стыка.

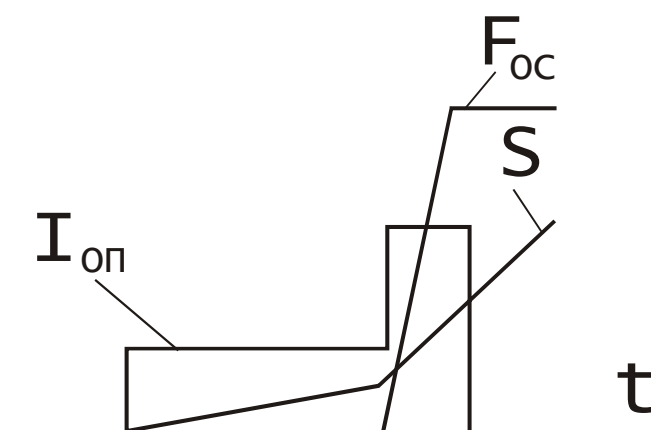


Рисунок 1.8 – Циклограмма контактной стыковой сварки методом  
оплавления

Использование универсальной машины для выполнения такой операции не является оправданным, поскольку приводит к повышенному расходу энергии (вследствие большой индуктивности сварочного контура). Для снижения установочной мощности необходимо рассчитать и изготовить специальную сварочную машину со вторичным контуром, приспособленным под сварку конкретной детали.

Так же в качестве возможного способа соединяя необходимо рассмотреть такие перспективные процессы, как сварку трением. Это сварка (рис. 9), при которой относительное движение заготовок обеспечивается массивным маховиком, предварительно разогнанным до определенной скорости специальным двигателем небольшой мощности. При прижатии свариваемых торцов заготовок друг к другу энергия, накопленная во вращающейся массе маховика, трансформируется в теплоту, выделяющуюся в процессе трения в стыке.

Сварка трением дает высокие экономические показатели. Удельная затрачиваемая мощность (в расчете на единицу площади свариваемого сечения)  $15...20 \text{ Вт/мм}^2$  по сравнению со  $120...150 \text{ Вт/мм}^2$  для контактной сварки, а расход в  $5...10$  раз меньше. При этом коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0,7...0,8$  (для контактной сварки  $0,4...0,5$ ). Производительность до

60...450 сварок/ч, Машинное время сварки 1...30 с. Настройка оборудования для сварки заготовок разных диаметров несложна и не требует больших затрат времени. Выполнение вспомогательных операций (укладка и зажатие заготовок, съем деталей и т.н.) легко механизмуется, а сам цикл сварки автоматический.

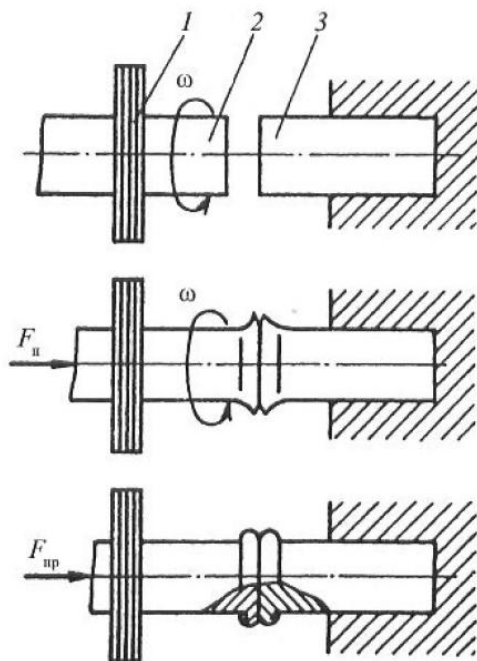


Рисунок 1.9 – Схема сварки трением: 1 – маховик; 2,3 – свариваемые элементы

В качестве недостатка метода следует отметить: образование трудноудаляемого грата, неодинаковые условия нагрева периферийного и центрального участков сечения деталей.

На основании анализа возможных способов сварки наиболее приемлемым следует признать стыковую сварку сопротивлением.

### 1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности изготовления рычага переключения коробки передач автомобиля Нива Шевроле.

Базовая технология с применением механизированной сварки в углекислом газе имеет следующие недостатки:

- 1) высокая трудоёмкость сварки – сложно обваривать деталь вращения, приходится прерывать свару и переключать её для доступа к месту сварки;
- 2) большое число дефектов сварки.

Был произведён анализ возможных способов сварки, среди которых рассмотрены: дуговые способы сварки, стыковая сварка сопротивлением и оплавлением, сварка трением. Принято решение проектный вариант технологии сварки строить на базе стыковой сварки методом сопротивления.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) Разработать технологию сварки рычага переключения коробки передач (произвести анализ дефектов сварки, выбрать параметры режима, способ контроля качества, составить технологическую карту);
- 2) Разработать специальную сварочную машину (силовая электрическая схема, механическая система);
- 3) Предложить средства автоматизации технологии.

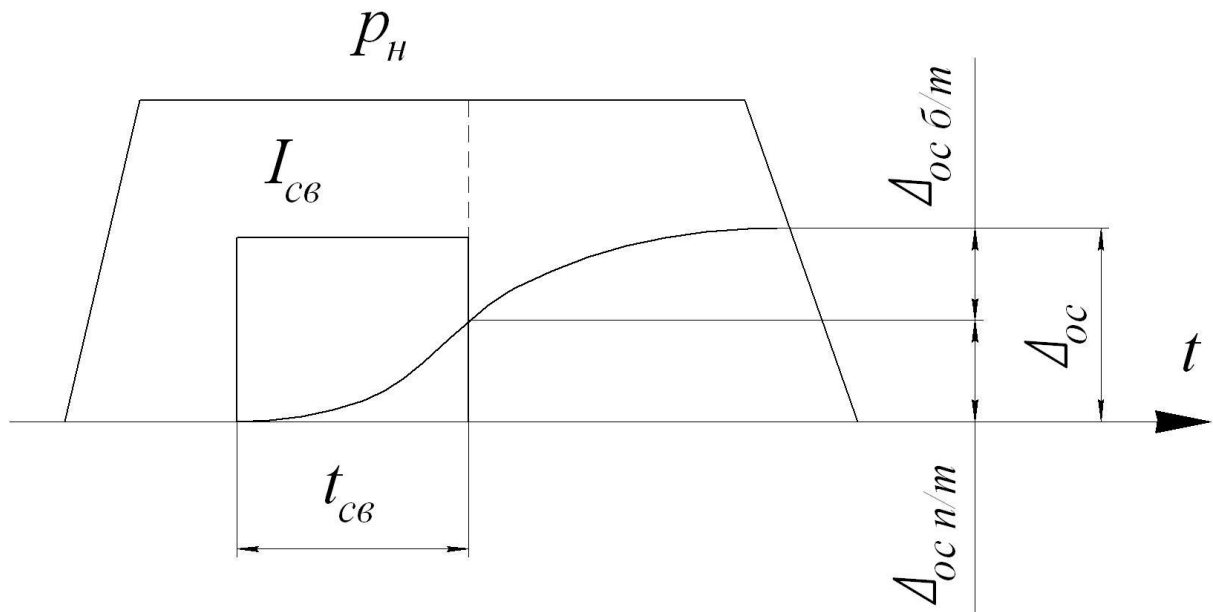
## 2 Проектная технология сварки

### 2.1 Расчёт параметров режима сварки

К параметрам режима контактной стыковой сварки сопротивлением относят:

- установочная длина деталей (вылет из зажимных губок)  $l_1+l_2$ , мм;
- плотность тока (сварочный ток)  $j_{св}$ , А/мм<sup>2</sup> ( $I_{св}$ , кА);
- длительность нагрева (время протекания тока)  $t_{св}$ , сек;
- начальное давление (или давление нагрева)  $p_n$ , кг/мм<sup>2</sup> (МПа);
- давление осадки  $p_{ос}$ , кг/мм<sup>2</sup> (МПа);
- величина осадки  $\Delta_{ос}$ , мм.

1) Для осуществления стыковой сварки деталей применим циклограмму сварки, включающую в себя импульс сварочного тока  $I_{св}$ , подаваемого в течение времени  $t_{св}$  в момент приложения усилия нагрева  $p_n$  (рис. 2.1):



$p_n$  — давление нагрева;  $\Delta_{ос}$ ,  $\Delta_{ос н/т}$ ,  $\Delta_{ос б/т}$  — полная осадка, осадка под током и без тока соответственно;  $I_{св}$  — сварочный ток;  $t_{св}$  — время сварки

Рисунок 2.1 – Циклограмма сварки

2) Определяем установочную длину деталей  $l_1+l_2$ :

$$(l_1+l_2)=2\cdot(0,6\dots1,0)d_0=2\cdot(0,6\dots1,0)\cdot13=15\dots26 \text{ мм. Принимаем } (l_1+l_2)=20 \text{ мм.}$$

3) Определяем поперечное сечение свариваемых деталей:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 13^2}{4} = 133 \text{ мм}^2.$$

1) Задаём плотность тока  $j_{св}=130 \text{ А/мм}^2$  и определяем сварочный ток  $I_{св}$ :

$$I_{св} = A \cdot j_{св} = 133 \cdot 130 = 17300 \text{ А.}$$

2) Задаём время сварки  $t_{св}=1,1 \text{ с.}$

3) Задаём давление нагрева  $p_n=40 \text{ МПа}$  и усилие нагрева  $F_n$ :

$$F_n = A \cdot p_n = 133 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 40 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5320 \text{ Н.}$$

Таким образом, принимаем параметры режима сварки (табл. 2.1)

Таблица 2.1 – Параметры режима сварки

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Установочная длина деталей	$l_1+l_2$	20 мм
Плотность тока (сварочный ток)	$j_{св} (I_{св})$	130 А/мм <sup>2</sup> (17300 А)
Длительность нагрева	$t_{св}$	1,1 с
Давление (усилие) нагрева и осадки	$p_n (F_n)$	40 МПа (5320 Н)

## 2.2 Расчёт пневматического цилиндра привода сжатия

Расчёт пневмопривода сжатия производим по стандартной расчётной схеме (рис. 2.2).

Основные размеры пневмопривода – диаметры поршня  $D$  в метрах можно вычислить при заданном сварочном усилии  $F_{св}$  по следующей формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{F_{св} \cdot K}{p_0(1-\beta) - p_a}}, \quad (2.1)$$

где  $F_{св}$  - сварочное усилие, Н;

$p_0$  - номинальное рабочее давление воздуха, Па ( $5 \cdot 10^5$  Па);  
 $p_a$  - атмосферное давление, Па ( $10^5$  Па);  
 $K$  - коэффициент запаса, учитывающий необходимость развития большего усилия или возможность снижения рабочего давления (1,4);  
 $\beta$  - коэффициент, показывающий отношение сил сопротивления и силы тяжести к теоретическом усилию привода  $p_0 S$ , для современных контактных машин можно принять  $\beta=0,05$ .

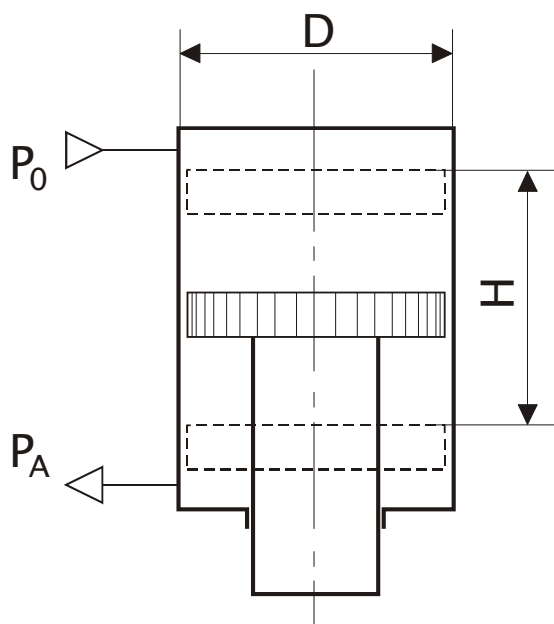


Рисунок 2.2 – Расчётная схема пневмоцилиндра привода сжатия и зажатия

Таким образом, диаметр поршня будет равен:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{4000 \cdot 1,4}{5 \cdot 10^5 (1 - 0,05) - 1 \cdot 10^5}} = 0,14$$

Полученное значение диаметра поршня округляем до ближайшего значения по ГОСТ 297-80 и принимаем  $D=34$  см.

Рабочий ход поршня выбираем по конструктивным соображения  $H=20$ мм. Это значение удовлетворяет условию  $H=(0,05 \dots 0,1)D$ .

Далее произведём динамический расчёт пневмопривода сжатия. Для определения времени подвода электродов при программировании цикла сварки необходимо знать время нарастания давления в рабочей камере

пневмоцилиндра от атм. до номинального. Расчёт ведётся по известной формуле:

$$t = 0,00131 \frac{V_H}{\mu s} \tau, \quad (2.2)$$

где  $V_H$  - рабочий объём пневмоцилиндра (рис. 2.2):

$$V_H = \pi D^2 / 4 = 0,02 \cdot 3,14 \cdot 0,34^2 / 4 = 0,0018 \text{ м}^3; \quad (2.3)$$

$\mu$ - коэффициент расхода воздуха при впуске (принимаем 1);

$s$  - площадь сечения канала для впуска воздуха (принимаем  $0,00023 \text{ м}^2$ );

$\tau$  - относительное безразмерное время, вычисляемое по формуле:

$$\tau = 2,76 \left( 1,27 - \frac{P_a}{P_0} \right) \frac{V}{V_H},$$

где  $V$  - полный объём рабочей камеры (рис. 2.17),  $\text{м}^3$  (принимаем  $1,9V_H$ ).

Подставляем известные величины в (2.2) и (2.3), получаем:

$$\tau = 2,76 \left( 1,27 - \frac{1 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5} \right) 1,9 = 5,6,$$

$$t = 0,00131 \frac{0,0018}{1 \cdot 0,00023} \cdot 5,6 = 0,06$$

Таким образом, время подвода электродов составляет 0,06 секунды, т.е. сварочный цикл необходимо увеличить на двойную эту величину плюс запас 0,04 с, что составит  $0,06 + 0,06 + 0,04 = 0,16$  с.

### 2.3 Расчёт пневматического цилиндра привода зажатия

Для начала расчётов необходимо определить усилие привода зажатия деталей в процессе сварки. Оно должно быть таким, чтобы свариваемые детали не проскальзывали в зажимных губках сварочной машины. Принимаем  $F_{\text{зж}} = 1,2F_{\text{св}} = 5 \text{ кН}$ .



Расчёт пневмопривода зажатия производим по стандартной расчётной схеме (рис. 2.2).

Таким образом, диаметр поршня будет равен:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{5000 \cdot 1,4}{5 \cdot 10^5 (1 - 0,05) - 1 \cdot 10^5}} = 0,16$$

Полученное значение диаметра поршня округляем до ближайшего значения по ГОСТ 297-80 и принимаем  $D=34$  см.

Рабочий ход поршня выбираем по конструктивным соображения  $H=30$ мм. Это значение удовлетворяет условию  $H=(0,05...0,1)D$ .

Далее произведём динамический расчёт пневмопривода сжатия согласно (2.2) и (2.3).

Подставляем известные величины и получаем:

$$\tau = 2,76 \left( 1,27 - \frac{1 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5} \right) 1,9 = 5,6,$$

$$t = 0,00131 \frac{0,0027}{1 \cdot 0,00023} \cdot 5,6 = 0,09.$$

Таким образом, подвод электродов для зажатия и отвод электродов при разжатии принимаем 0,1 секунды.

## 2.4 Проектирование электродов для контактной рельефной сварки

В базовой технологии сборки сварку рычага переключения производили в зажимном приспособлении с использованием механизированной сварки плавящимся электродом. В выпускной квалификационной работе предлагается заменить это способ на контактную стыковую сварку сопротивлением. Для стыковой сварки необходимо разработать электроды, позволяющие производить фиксирование свариваемых деталей подвод к ним сварочных давления и тока. Электроды для стыковой сварки по своей форме приближаются к размерам и форме свариваемых деталей. Если фиксирование рычага переключения передач

верхнего не представляет трудностей, поскольку закрепление и подвод тока к цилиндрическим деталям является давно решаемой задачей, выполняемой при помощи стандартных электродов (рис. 2.3), то для рычага переключения нижнего необходимо предусмотреть специальные электроды.

Для закрепления рычага переключения передач нижнего используем электроды-губки с продольной канавкой под основание рычага и поперечной канавкой под посадочный цилиндр рычага нижнего (рис. 2.4).

Для водяного охлаждения в электродах губках необходимо предусмотреть канал для протекания воды в одном направлении диаметром 6 мм.

В качестве материала для изготовления электродов-губок используем никель-бериллиевую бронзу БрНБТ, содержащую 1,4...1,6% никеля (Ni), 0,2...0,4% бериллия (Be), 0,5...0,15% титана (Ti). Этот материал обладает повышенной твёрдостью (170...240 НВ), но меньшей на 40...45% электропроводностью, чем чистая медь.

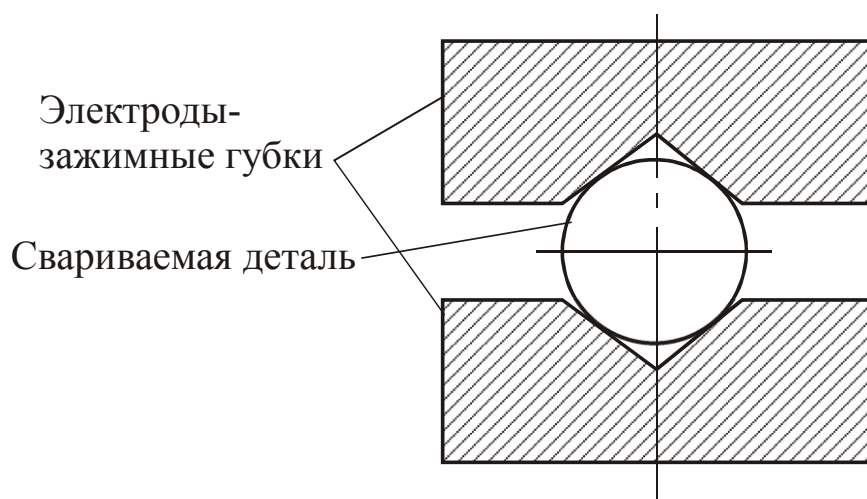


Рисунок 2.3 – Зажатие детали цилиндрической формы в электроды стыковой машины

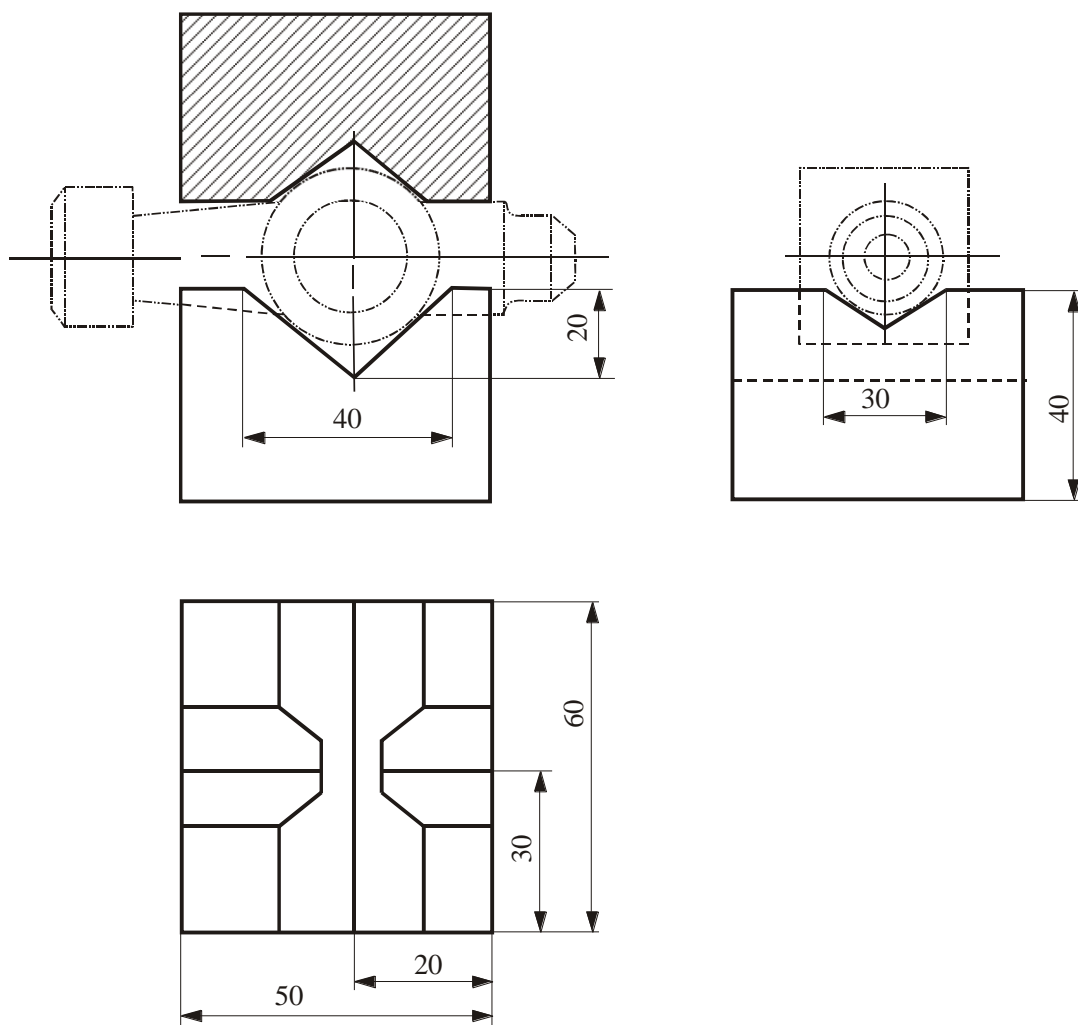


Рисунок 2.4 – Зажатие рычага переключения передач нижнего в электроды стыковой машины

## 2.5 Компоновочная схема сварочной машины

В данном проекте была разработана специализированная сварочная машина (рис. 2.5) для стыковой рельефной сварки рычага переключения передач автомобиля ВАЗ 2123.

Технические характеристики машины:

- Тип машины – сварочная
- Количество циклов сварки – 1
- Установленная мощность, кВА – 100 кВА
- Количество сварочных трансформаторов – 1
- Мощность трансформаторов при ПВ50%, 87,5 кВА

- Напряжение питания, В – 380
- Мощность цепи управления, кВт – 1
- Привод исполнительных механизмов машины – пневматический
- Давление воздуха в системе, кгс/см<sup>2</sup> - 6
- Охлаждение – водяное
- Масса машины, кг – 2000
- Производительность при 85% использовании дет/час – 70

Основание каркаса прямоугольной формы выполнено из швеллера №10. На нем установлены вертикальные стойки из уголка №5. На стойки установлена прямоугольная верхняя рама из уголка №5. В основании установлены поперечины для крепления сварочного трансформатора ТК-21.03-3-ЭП. Данный трансформатор имеет 6 ступеней, мощность длительная составляет 87,5 кВА, номинальная 123 кВА. Поперечины выполнены из швеллера №10. К поперечинам вертикально приварены уголки №3 для крепления сварочного трансформатора. В каркасе выполнены отверстия для крепления узлов и агрегатов машины. Посередине верхней прямоугольной рамы приварена поперечина для крепления неподвижной группы электродов.

Система управления закреплена в лицевой части машины. Система управления механического типа представляет набор реле, соединенных с соответствующими датчиками машины. Система управления имеет самостоятельный выключатель, обеспечивающий защиту от перегрузок и короткого замыкания. Датчики сигнализируют сжатие – разжатие электродов, кроме того, система управления подключена к датчикам робота – загрузчика.

Пневматическая схема машины предназначена для перемещения подвижных электродов и сжатия электродов. Детали пневматической схемы установлены на пневмопанели, закрепленной в задней части машины, исполнительных цилиндров, соединительных трубопроводов, гибких рукавов, редукционных клапанов, лубрикаторов, пневмораспределителя.

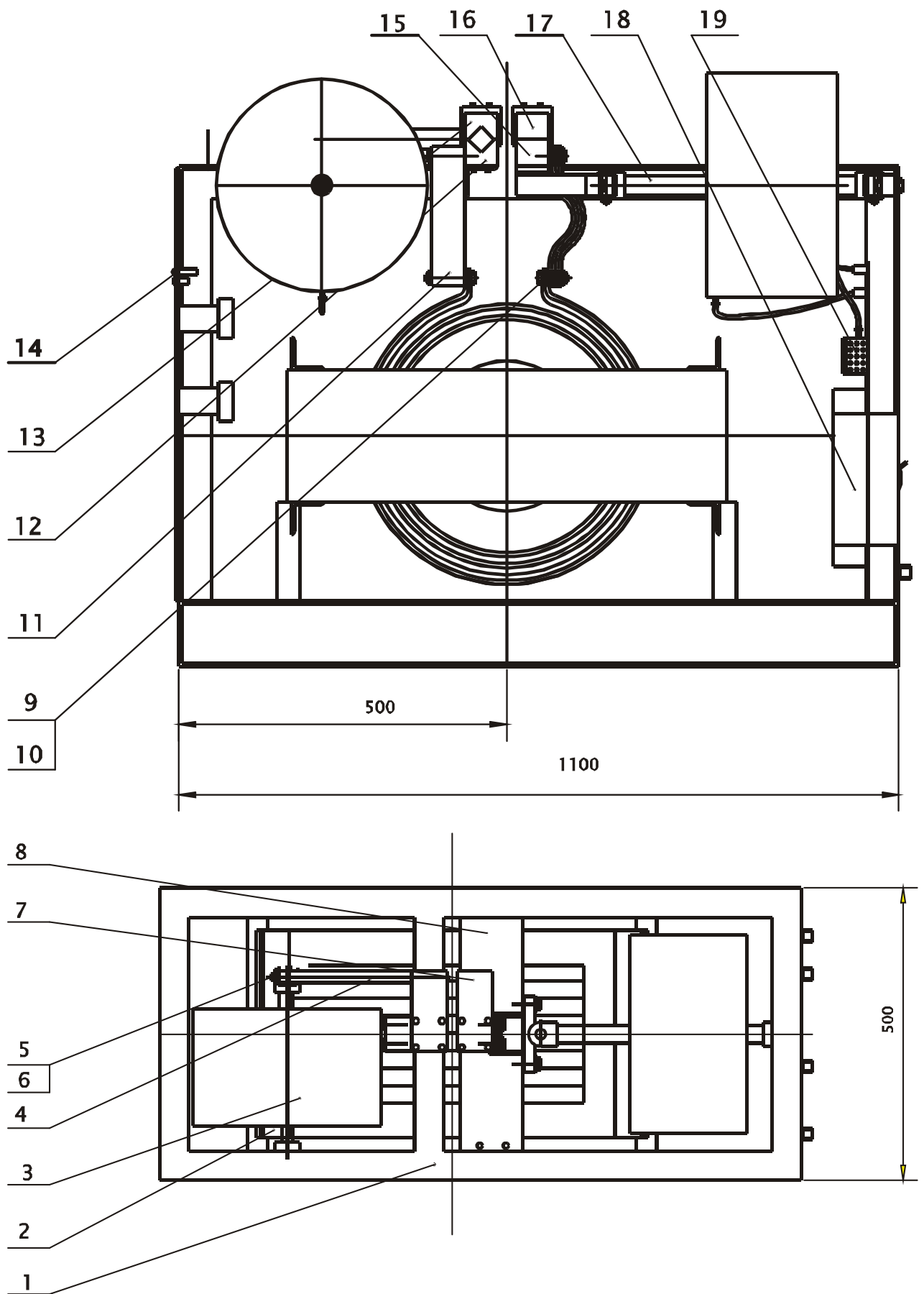


Рисунок 2.5 – Специальная контактная сварочная машина

Перемещение штоков всех пневмоцилиндров обеспечивается пневмораспределителем с односторонним электрическим управлением. Регулировка давления в пневмоцилиндрах сжатия клещей и пистолетов осуществляется редукционными клапанами. Контроль наличия сигнала сжатия деталей осуществляется на аппаратном уровне. К заводской сети машина подсоединяется через штуцер, установленный на пневмопанели.

Система охлаждения подключена к заводской сети подачи и отвода охлаждающей жидкости через штуцера. Охлаждающая жидкость через систему трубопроводов проходит через электроды-губки контактной машины. В электродах - губках выполнены цилиндрические каналы для прохода охлаждающей жидкости диаметром 6 мм.

Вторичный контур машины представляет собой вторичный виток сварочного трансформатора, гибкую шину, жесткую шину, электроды. Неподвижный нижний электрод закреплен на поперечине верхней рамы. Крепление выполнено винтами М8. В поперечине выполнены отверстия, резьба нарезана в теле электрода. Неподвижный верхний электрод закреплен винтами в рычаге. В рычаге выполнены отверстия под винты М8, резьба выполнена в электроде. Сжатие электродов осуществляется за счет работы пневматических цилиндров. Диаметр всех пневматических цилиндров принят 340 мм. Для предотвращения короткого замыкания на корпус машины пневмоцилиндр воздействует на пластину через диэлектрическую прокладку. Винт крепления к пластине штока пневмоцилиндра также проходит через диэлектрическую втулку.

## **2.6 Описание средства автоматизации**

В качестве средства автоматизации применим промышленный робот SR Mate 200iA производства FANUC Robotics (рис. 2.6). Робот обладает шестью степенями свободы, причём ось А1 – глобальная (перемещения по

ней на порядок больше рабочей зоны манипулятора при зафиксированной оси A1). Робот обладает следующими техническими характеристиками:

- Количество осей, шт.	- 6
- Грузоподъемность, кг	- 8
- Максимальный вылет, мм	- 1158
- Точность позиционирования, мм	- 0,1
- Скорость перемещения по осям:	
ось A1	- 2000 мм/с
ось A2	- 240 град/с
ось A3	- 240 град/с
ось A4	- 360 град/с
ось A5	- 360 град/с
ось A6	- 450 град/с
- Масса манипулятора, кг	- 400

Для захвата заготовок используется захватное устройство, показанное на рис. 2.7 (А. с. 558777 СССР, МКИ В25 J 7/04). На корпусе 1 шарнирно установлены профильные рычаги 2. На каждом из рычагов с возможностью поворота вокруг оси 4 или 7 установлен подпружиненный палец, выполненный в виде двуплечего рычага с плечами 3 и 5. Пружина 8, предусмотренная на оси 7, отрегулирована так, чтобы нижнее плечо 5 пальца в раскрытом положении не выходило за габарит рычага. При направлении захватного устройства на деталь 6 верхние плечи 3 соприкасаются с деталью и отводятся к рычагам, в это время нижние плечи 5 сходятся к центру и охватывают деталь. Затем с помощью при пода рычаги сводятся и закрепляют деталь. При этом верхние плечи 3 пальцев упираются в уступы 9 рычагов.





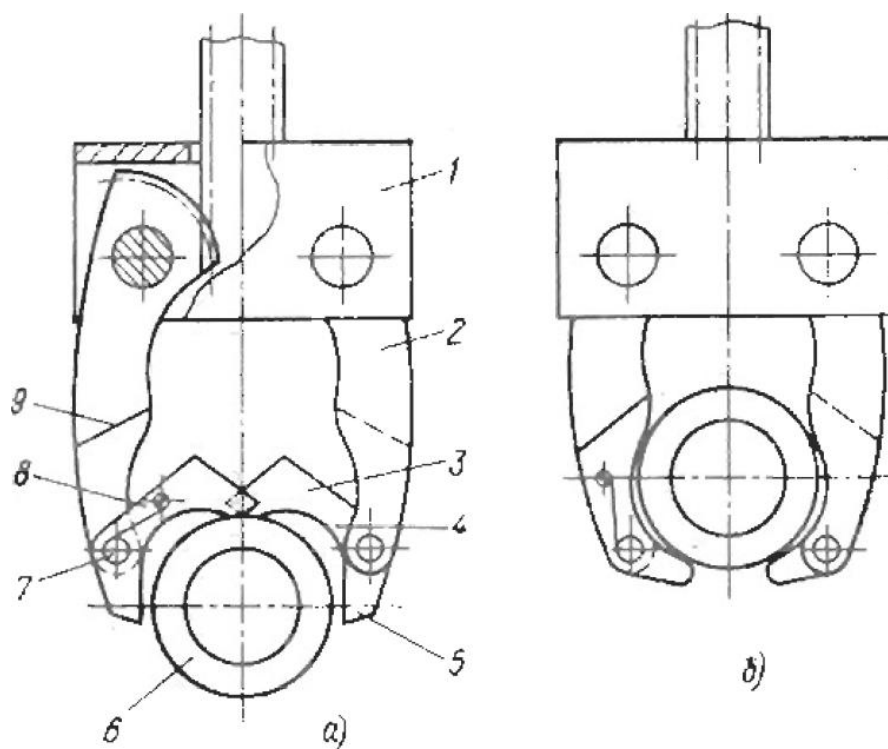


Рисунок 2.7 – Захватное устройство: а – исходное положение;  
б – рабочее положение

## 2.7 Технология сборки-сварки рычага переключения передач

Заготовки со склада ПДБ (производственно-диспетчерское бюро) цеха 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 РТК.

Предварительно рабочий укладывает в ячейки транспортёра 12 комплектов сварки (рычаг переключения передач верхний и рычаг переключения передач нижний) и включает сварочную машину.

Детали, перемещаются по транспортёру к сварочной машине, где они захватываются манипулятором и укладываются в ложементы сварочных электродов. Происходит их зажатие пневмоцилиндрами и сварка. Параметры режима сварки приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры режима сварки

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Установочная длина деталей	$l_1+l_2$	20 мм
Плотность тока (сварочный ток)	$j_{св} (I_{св})$	130 А/мм <sup>2</sup> (17300 А)
Длительность нагрева	$t_{св}$	1,1 с
Давление (усилие) нагрева и осадки	$p_n (F_n)$	30 МПа (4000 Н)

После сварки губки машины разжимаются, манипулятор вынимает деталь из машины сбрасывает её в склиз. Деталь по склизу перемещается в обратную тару грузоподъемностью 200 кг, СТП 37.101.0731-79. Склиз представляет собой П-образную конструкцию, выполненную из стали и установленную на стойки. Угол наклона плоскости склиза по отношению к горизонту составляет 30 градусов, этого наклона достаточно, чтобы изделие скользило под действием силы тяжести. По заполнении тары ее перевозят электропогрузчиком на следующую технологическую операцию.

Одно изделие из 10000 контролирует работник бюро технического контроля цеха. Контролируемое изделие проверяется в специальном кондукторе на соответствие геометрии, после чего, производится контроль на разрушение изгибом. Угол загиба рычага переключения передач должен составлять не менее 45°. Изделие не прошедшее контроль бракуется, партия, сваренная после предыдущего контроля проходит дополнительный контроль, и в случае несоответствия требованиям на изделие забраковывается, брак изолируется.

Токарная обработка изделия из технологического цикла исключена, т.е. стыковая сварка сопротивлением позволяет получать сварные соединения с хорошим внешним видом.

## **3 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

В настоящей выпускной квалификационной работе предложена технология контактной стыковой сварки методом сопротивления. Эта технология представляет собой источник опасных и вредных производственных факторов. Это приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки. В рамках экологического раздела выпускной квалификационной работы необходимо проведение исследований, направленных на изучение взаимосвязи особенностей проектного технологического процесса и условия труда рабочего персонала.

Переменные электромагнитные поля широкого частотного диапазона и электромагнитные излучения радиочастотных диапазонов являются основными факторами опасного воздействия на организм электросварщиков. Использование специальной защитной одежды могло бы дополнить известные традиционные способы защиты временем и расстоянием, поскольку их реализация не всегда возможна или целесообразна в связи с объемами и характером работ, выполняемых персоналом. Основной составляющей электромагнитного фона являются низкочастотные ЭМП, которые генерируются линиями электропитания, бытовыми приборами и электрооборудованием промышленных предприятий. Известно, что электрическая составляющая низкочастотного поля легко экранируется с помощью металлических рукавов и корпусов распределительных щитов.

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы проблема действия магнитных полей на электросварщика практически устранена, что достигается автоматизацией процесса сборки и сварки деталей.

Таблица 3.1 – Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
1. Загрузка деталей на транспортёр-накопитель	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование</li> </ul>	Сварочное оборудование
2. Сборка деталей	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование</li> </ul>	

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
3. Сварка деталей	<ul style="list-style-type: none"> <li>- нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> </ul>	Острые края деталей, сварочное оборудование
4. Разгрузка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование</li> </ul>	
5. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений</li> </ul>	

### 3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.2 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1	2	3
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 деталей 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	-

### 3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.3 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

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	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 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется контактная сварка	Стационарная сварочная машина	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, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – 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.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

### 3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.6 – 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
Контактная сварка на стационарной сварочной машине	Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества	Выделяемые при сварке газообразные частицы	Отсутствует	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .



Таблица 3.7 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

<p>Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии</p>	<p>Контактная сварка на стационарной сварочной машине</p>
<p>Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу</p>	<p>На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение. .</p>

### 3.5 Заключение по разделу

При выполнении данного раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки и контроля, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

## **4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы**

### **4.1 Исходные данные для выполнения расчетов**

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества операций сварки деталей автомобиля на примере рычага переключения передач Нива Шевроле. При оценке экономической эффективности предлагаемых технологических решений необходимо выполнить экономические расчёты применительно к базовому и проектному вариантам технологии сварки. Увеличение производительности при условии снижения стоимости производства без потери качества возможно только при условии применения специальных сварочных машин, производство и использование которых на ПАО «АВТОВАЗ» давно освоено. Это позволит перейти так же на технологии, давно и с успехом используемые на ВАЗе.

Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение механизированной сварки в среде углекислого газа. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение автоматической контактной сварки методом сопротивления с применением специализированной сварочной машины и промышленного робота. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		IV	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	400
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сэсп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м <sup>2</sup>	30000	30000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м <sup>2</sup>	20	40
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии	Цоб	Руб.	200 тыс.	2000 тыс.
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	12	30
Принятое значение стоимости электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,8
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15
Машинное время на проведение сварки одной детали	$t_{\text{маш}}$	час	0,16	0,04

## 4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где  $T_{CM}$  – продолжительность в часах рабочей смены;

$D_p$  – суммарное для одного года число рабочих дней;

$D_n$  – суммарное для одного года число предпраздничных дней;

$T_n$  – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

$C$  – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где  $B$  – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_3 = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

### **4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса**

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{МАШ}}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{ВСП}}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОБСЛ}}$  – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5%  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОТЛ}}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5%  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{П-З}}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1%  $t_{\text{МАШ}}$ .

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,16 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,20 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,04 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,05 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где  $F_{\text{Э}}$  – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время, затрачиваемое на сварку одной детали ;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4) результаты вычисления:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/0,20 = 20540 \text{ за год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/0,05 = 82160 \text{ за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя их принятого значения  $П_{\Gamma} = 60$  тыс. деталей за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле:

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot Пг}{F_{\text{Э}} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где  $t_{шт}$  – штучное время, затрачиваемое на сварку одной детали;

$Пг$  – принятая годовая программа;

$F_{\text{Э}}$  – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{ВН}$  – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{0,20 \cdot 60000}{4108 \cdot 1,03} = 2,83$$

$$n_{РАСЧ.ПП} = \frac{0,05 \cdot 60000}{4108 \cdot 1,03} = 0,71$$

По результатам проведённых расчётов следует принять три единицы технологического оборудования при реализации базовой технологии и одну единицу технологического оборудования для проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Kз = n_{РАСЧ}/n_{ПР} \quad (4.6)$$

где  $n_{РАСЧ}$  – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{ПР}$  – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$Kзб = 2,83/3 = 0,94$$

$$Kзп = 0,71/1 = 0,71$$

#### 4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-З}, \quad (4.7)$$

где  $C_M$  – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{Т-З}$  – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

$$M_{\text{баз.}} = 354,00 \text{ р/кг} \cdot 0,16 \cdot 1,05 = 59,47 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 2141 \text{ р/кг} \cdot 0,005 \cdot 1,05 = 11,24 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – принятая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$  – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 0,2 \cdot 200 \cdot 1,88 = 75,20 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,05 \cdot 400 \cdot 1,88 = 37,60 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где  $K_{\text{доп}}$  – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату



После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 75,20 \cdot 12 / 100 = 9,02 \text{ рублей};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 37,60 \cdot 12 / 100 = 4,51 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{\text{базов.}} = 75,20 + 9,02 = 84,22 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 37,60 + 4,51 = 42,11 \text{ рублей}.$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$\text{Осн} = \PhiЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100, \quad (4.10)$$

где  $K_{\text{сн}}$  – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 84,22 \cdot 30 / 100 = 28,64 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 42,11 \cdot 30 / 100 = 14,32 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где  $A_{\text{об}}$  – амортизация оборудования;

$P_{\text{э-э}}$  – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где  $Ц_{\text{об}}$  – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$N_{\text{а}}$  – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{об.б} = \frac{200000 \cdot 21,5 \cdot 0,2 \cdot 3}{4108 \cdot 100} = 6,28 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{2000000 \cdot 21,5 \cdot 0,05}{4108 \cdot 100} = 5,23 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где  $M_{уст}$  – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{э-э}$  – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{э-эб} = \frac{12 \cdot 0,2 \cdot 3,02 \cdot 3}{0,7} = 18,0 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{30 \cdot 0,05 \cdot 3,02}{0,8} = 3,28 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 6,28 + 18,0 = 24,28 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{проектн.} = 5,23 + 3,28 = 8,51 \text{ рублей}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

$$З_{пл} = P_{пл} + A_{пл}, \quad (4.14)$$

где  $P_{пл}$  – размер расходов на эксплуатацию и содержание площадей;

$A_{пл}$  – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{пл} = \frac{C_{экспл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_{э}}, \quad (4.15)$$

где  $C_{\text{ЭКСПЛ}}$  – затраты на содержание площадей

$S$  – площадь, занимаемая оборудованием.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 0,2}{4108} = 1,94 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ПЛПР}} = \frac{2000 \cdot 40 \cdot 0,05}{4108} = 0,97 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛ}} \cdot Na_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ПГ}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где  $Na_{\text{ПЛ}}$  – норма амортизации площади;

$Ц_{\text{ПЛ}}$  – стоимость приобретения площадей

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.16) результаты вычисления:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 0,2}{4108 \cdot 100} = 1,46 \text{ руб}$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 40 \cdot 5 \cdot 0,05}{4108 \cdot 100} = 0,73 \text{ руб}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$З_{\text{ПЛБ}} = 1,94 + 1,46 = 3,40 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПР}} = 0,97 + 0,73 = 1,70 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = \Phi\text{ЗП} + \text{Осс} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} + M \quad (4.17)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 84,22 + 28,64 + 24,28 + 3,40 + 59,47 = 200,01 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 4,64 + 1,58 + 15,96 + 0,95 = 77,88 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где  $K_{\text{ЦЕХ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.18) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 200,01 + 1,5 \cdot 75,20 = 200,01 + 112,80 = 312,81 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 77,88 + 1,5 \cdot 37,60 = 77,88 + 56,40 = 134,28 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где  $K_{\text{ЗАВ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 312,81 + 1,15 \cdot 75,20 = 312,81 + 86,48 = 399,29 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 134,28 + 1,15 \cdot 37,60 = 134,28 + 43,24 = 177,52 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
Фонд заработной платы	ФЗП	84,22	42,11
Отчисления на соц. нужды	$O_{\text{СН}}$	28,64	14,32
Затраты на оборудование	$Z_{\text{об}}$	24,28	8,51
Затраты на площади	$Z_{\text{пл}}$	3,40	1,70
Затраты на материалы	$M$	59,47	11,24
Себестоимость технологич.	$C_{\text{тех}}$	200,01	77,88
Расходы цеховые	$R_{\text{цех}}$	112,80	56,40
Себестоимость цеховая	$C_{\text{цех}}$	312,81	134,28
Расходы заводские	$R_{\text{зав}}$	86,48	43,24
Себестоимость заводская	$C_{\text{зав}}$	399,29	177,52

#### 4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.20)$$

где  $K_3$  – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б}}$  – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

$n$  – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

$$C_{\text{ОБ.Б}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

где  $C_{\text{ПЕРВ}}$  – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$  – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

$N_A$  – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 200000 \cdot 3 - (200000 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 213000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 213000 \cdot 0,94 = 200220 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

где  $K_{\text{ОБПР}}$  – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$  – принятая величина капитальных вложений в площади;

$K_{\text{СОП}}$  – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.23) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБПР}} = 2000000 \cdot 1,05 \cdot 0,71 = 1491000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = C_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 2000000 \cdot 0,05 = 10000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = C_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где  $K_{\text{МОНТ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) и в формулу (4.26) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 2000000 \cdot 0,05 = 100000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 10000 + 100000 = 110000 \text{ руб.}$$

Вычисляем размер затрат на дополнительные площади:

$$K_{\text{ПЛ}} = (40 - 20) \cdot 30000 = 600000$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 1491000 + 110000 + 600000 = 2201000 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}} \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.27) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДОП}} = 2201000 - 200220 = 2000780 \text{ руб.}$$

#### **4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии**

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{t_{\text{ШГБ}} - t_{\text{ШГПР}}}{t_{\text{ШГБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.28) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{0,2 - 0,05}{0,2} \cdot 100\% = 75\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШГ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШГ}}} \quad (4.29)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 75}{100 - 75} = 300\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{200,01 - 77,88}{200,01} \cdot 100\% = 61,1\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.31)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (399,29 - 177,52) \cdot 60000 = 13306200 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.32)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{2000780}{13306200} = 0,2$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 13306200 - 0,33 \cdot 2000780 = 12645942 \text{ руб.}$$

#### **4.8 Заключение по экономическому разделу**

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты:



уменьшить трудоемкость на 75 %, увеличить производительность труда на 300 %, уменьшить технологическую себестоимость на 61,1 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 13,3 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 12,6 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности изготовления рычага переключения коробки передач автомобиля Нива Шевроле.

Базовая технология с применением механизированной сварки в углекислом газе имеет следующие недостатки: 1) высокая трудоёмкость сварки – сложно обваривать деталь вращения, приходится прерывать свару и переключать её для доступа к месту сварки; 2) большое число дефектов сварки. Был произведён анализ возможных способов сварки, среди которых рассмотрены: дуговые способы сварки, стыковая сварка сопротивлением и оплавлением, сварка трением. Принято решение проектный вариант технологии сварки строить на базе стыковой сварки методом сопротивления.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1) Разработать технологию сварки рычага переключения коробки передач (произвести анализ дефектов сварки, выбрать параметры режима, способ контроля качества, составить технологическую карту); 2) Разработать специальную сварочную машину (силовая электрическая схема, механическая система); 3) Предложить средства автоматизации технологии.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 12,6 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет.: К.В. Фролов (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение. – Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. III-7 / В.В. Ключев [и др.]; под общ. Ред. В.В. Ключева – 1996, 464 с.
2. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
3. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб.-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008.- 77 с.
5. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышева. – М.: Машиностроение, 2004
6. Козулин, М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: Учебник для вузов / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТолПИ 1996. 335с.
7. Банов, М.Д. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для студ. учреждений сред. проф. Образования / М.Д. Баннов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 224 с.
8. Лебедев, В.К. Системы питания машин для контактной сварки / В.К. Лебедев, А.А. Письменский // Автоматическая сварка. – 2001. – № 11. – С. 32–36.
9. Орлов, Б.Д. Контроль точечной и роликовой электросварки / Б.Д. Орлов, П.Л. Чулошников, В.Б. Верденский, А.Л. Марченко // М. : Машиностроение, 1973. – 304 с.
10. Кочергин, К. А. Контактная сварка / К. А. Кочергин // Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. 1987. – 240 с.

11. Оборудование для контактной сварки: Справочное пособие / Под ред. В.В. Смирнова. – СПб.: Энергоатомиздат, 2000. – 848 с.
12. Рыськова З.А. Трансформаторы для электрической контактной сварки / З.А. Рыськова, П.Д. Фёдоров, В.И. Жемерева // Л.: Энергоатомиздат. – 1990. – 424 с.
13. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
14. Левченко, О.Г. Безопасный уровень напряженности электромагнитного поля при контактной сварке / О.Г. Левченко, В.К. Левчук // Автоматическая сварка. – 2008. – № 5. – С. 46–55.
15. Грачева, К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: учебное пособие для студентов вызов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / К. А. Грачева. – М. : Машиностроение, 1984. – 386 с.
16. Панащенко, Н. И. Нормирование расхода материалов и электроэнергии при контактной сварке / Н. И. Панащенко, Ю. В. Скульский, П. Л. Чулошников // Автоматическая сварка, 1996 – №1. – С 45–52.
17. Панащенко, Н. И. Нормирование расхода материалов и электроэнергии при контактной сварке / Н. И. Панащенко, Ю. В. Скульский, П. Л. Чулошников // Автоматическая сварка, 1996 – №1. – С 45–52.
18. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
19. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский // М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
20. Амирджанова, И.Ю. Правила оформление выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.