

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 Разработка технологии и оборудования для ультразвуковой сварки  
бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban

Студент	<u>Н.Г. Спиридонов</u> (И.О. Фамилия)	_____
Руководитель	<u>А.Ю. Краснопевцев</u> (И.О. Фамилия)	_____
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>О.Н. Брега</u> (И.О. Фамилия)	_____

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_  
(личная подпись)

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

Тольятти 2019

## **АННОТАЦИЯ**

В работе представлен проект по разработке технологии и оборудования для сборки усилителя и крепёжных вставок с бампером автомобиля ВАЗ-21214 Urban методом ручной ультразвуковой сварки. Показана перспектива применения в автомобильной промышленности пластиковых материалов, выполнен анализ научно-технической информации в области ультразвуковой сварки, отмечены перспективы применения данного метода сборки в автомобильной промышленности наряду с развитием и внедрением изделий из термопластиков. В ходе работы спроектирована технология ультразвуковой сварки бампера, ультразвуковой генератор, рассчитаны и спроектированы конструкции магнитострикционного преобразователя и ультразвукового волновода. А так же предложены мероприятия по обеспечению экологической безопасности проекта и проведена оценка экономического эффекта от внедрения технологии.

## **ABSTRACT**

The paper presents a project on the development of technology and equipment for assembling an amplifier and fastening inserts with a bumper of a VAZ-21214 Urban car using manual ultrasonic welding. The prospect of using plastic materials in the automotive industry is shown, an analysis of scientific and technical information in the field of ultrasonic welding is carried out, and the prospects for using this assembly method in the automotive industry are noted, along with the development and implementation of thermoplastic products. In the course of the work, the technology of ultrasonic welding of the bumper and ultrasonic generator was designed, the designs of the magnetostrictive transducer and the ultrasonic wave guide were calculated and designed. Within the framework of the project, calculations were carried out to ensure the environmental efficiency of the project and the economic effect of the technology implementation.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Технологические возможности использования ультразвуковой сварки .....	8
1.1 Анализ и перспективы применения пластиков.....	8
1.2 Анализ возможных способов соединения пластиков.....	13
1.3 Физические основы ультразвуковой сварки.....	14
1.4 Обзор технических решений в области ультразвуковой сварки.....	16
1.5 Анализ исходных данных.....	19
1.5.1 Описание бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban.....	20
1.5.2 Описание материала бампера.....	21
1.5.3 Описание базового варианта.....	21
2 Проектирование комплекса для ультразвуковой сварки.....	24
2.1 Расчет и проектирование магнитоотрицательного преобразователя.....	24
2.2 Расчет и проектирование ультразвукового волновода.....	27
2.3 Проектирование ультразвукового генератора.....	31
3 Разработка технологии ультразвуковой сборки бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban.....	32
3.1 Расчёт режимов ультразвуковой сварки.....	32
3.2 Технологический процесс ультразвуковой сборки бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban .....	35
4 Методика и результаты исследования технологии ультразвуковой сварки пластиков.....	39
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	44
5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	44
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	45

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	45
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	47
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта...	51
5.6 Заключение по разделу.....	51
6 Экономическая эффективность работы.....	53
6.1 Калькуляция себестоимости технологии ультразвуковой сборки...	53
6.2 Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологии.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	69

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день полимерные материалы применяются практически во всех отраслях промышленности и активно вытесняют изделия из металла. Например, интерьер салона автомобиля в основном выполнен из пластиковых материалов, так же полимеры применяются для изготовления корпусов фар, бамперов, экрана двигателя и различных других элементов автомобиля. Замена металлических деталей на более лёгкие, выпаленные из пластика, позволяет уменьшить вес автомобиля, а, следовательно, и техногенную нагрузку на окружающую среду. В связи с этим перед автопроизводителями встаёт задача по поиску перспективных способов надёжного соединения пластиковых материалов [1].

На данный момент для сборки пластиковых автокомплектующих существуют технологии механической сборки (крепёжные элементы, защёлки); адгезионной сборки (склеивание); лазерной, вибрационной и ультразвуковой сварки. Так же осуществляется постоянный поиск и разработка новых технических решений [2].

Одним из инновационных и экономически эффективным способом получения надёжного неразъёмного соединения пластиков является технология ультразвуковой сборки. Несмотря на то, что первое оборудование для ультразвуковой сварки было создано в 1960-х, на сегодняшний день не многие предприятия, занимающиеся выпуском автокомплектующих, знают о данной технологии и её преимуществах. Так же в России и за рубежом существует мало компаний, которые занимаются разработкой и созданием нового оборудования для ультразвуковой сварки. В связи с этим на базе Тольяттинского государственного университета была создана команда по разработке и созданию принципиально нового оборудования для ультразвуковой сварки.

Зимой 2018 года было получено письмо от ООО «Кампласт-Т» с просьбой, рассмотреть возможность повышения производительности

ультразвуковой сварки деталей из термопластичного материала. Так же с ними был заключен договор на оказание услуг (Приложение А).

В связи с этим, целью работы является, повышение производительности ультразвуковой сварки деталей бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban.

# **1 Технологические возможности использования ультразвуковой сварки**

## **1.1 Анализ и перспективы применения пластика**

На сегодняшний день автомобилестроение, как и любая другая промышленность, осуществляет поиск и внедрение инновационных проектов, которые дали бы новый технологический скачок производства. Перед автомобилестроителями стоят задачи по уменьшению веса конструкции автомобиля, с целью снижения пагубного воздействия транспортного средства на окружающую среду. Вызвано это тем, что вводятся ужесточающие нормы по предельно допустимы выбросам выхлопных газов. Так, например, в Европе, согласно «Закону о среднем допустимом расходе топлива автомобилем» к 2025 году расход топлива автомобилем не должен превышать 4.32 л. на 100 км. А средний выброс углекислого газа на новых автомобилях не должен быть больше 95 г. на 1 км. Для соответствия данным нормам автомобилестроители заменяют материал некоторых деталей автомобиля на более лёгкий, такой как пластик.







Начиная с 1970-х годов доля металлических частей в автомобиле неуклонно снижается: если ранее обычный автомобиль на 79% состоял из стали, то на сегодняшний день доля металла в автомобиле — около 55%. Пластмассы, напротив, показывают устойчивый рост: с 6% в начале 1970-х до 18% к 2020 году. По оценкам экспертов, мировой спрос на конструкционный пластик для применения в автомобильном производстве уже в ближайшем будущем будет расти на 7% в год [1,3].

И действительно, многие элементы современного автомобиля выполнены из пластика. Например: детали и узлы моторного отсека, бампера, внутренняя облицовка дверей, приборные панели, датчики парковки, облицовка автомобильных стоек, корпуса для компонентов, насосы, солнцезащитные козырьки, задние фонари, динамики, корпуса,



крышки, расширительные бачки, резервуары и т.д. В таблице 1.1 приведены примеры автомобильных компонентов, изготовленных из пластиков.

Таблица 1.1 – Пластиковые автокомплектующие

Наименование изделия	Фото	Материал
Детали и узлы моторного отсека	 	Акрилонитрил- бутадиенстирол (ABS) Полипропилен (PP) Полиэтилен (PE)
Бампер		Полиуретан (PU) Полипропилен (PP) Полиэтилен (PE)
Детали интерьера		Акрилонитрил- бутадиенстирол (ABS)
Корпуса фар и зеркал		Полипропилен (PP) Полиуретан (PU) Акрилонитрил- бутадиенстирол (ABS)
Различные функциональные компоненты (корпуса, крышки, расширительные бачки, резервуары и т.д.)		Полиамид (PA) Полиэтилен (PE)

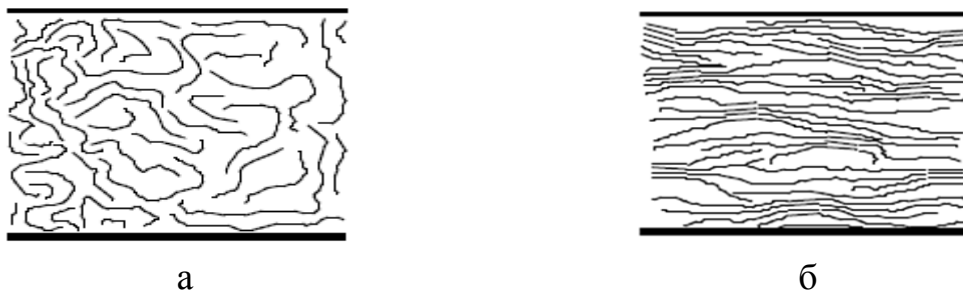
Как видно из таблицы 1.1 многие автокомплектуемые выполнены из термопластичных видов пластика, таких как: ABS, PC, PE, PP. Но присутствуют и терморезистивные виды, например PU. Рассмотрим их характеристики и свойства на предмет возможности сборки с помощью ультразвуковой сварки.

Пластик представляет собой синтетический материал, полученный путём нагревания углеводород с добавлением катализатора, чтобы разбить большие молекулы. Полученные в результате маленькие молекулы (этилен, пропилен, бутан и другие) называются мономерами. Дальше за счёт химического соединения из мономеров получаются полимеры. Размер и структура полимеров определяет их свойства. Все пластики можно разделить на две группы: терморезистивные и термопластичные.

Терморезистивные пластики являются стойким к высоким температурам материалом, при нагреве они претерпевают необратимые изменения. Из-за этого их нельзя подвергать нагреву после изготовления изделия. В связи с этим терморезистивные материалы не соединяются при помощи ультразвуковой сварки.

Термопластичные материалы, напротив, при нагреве переходят в жидкотекучую фазу, а при охлаждении затвердевают, не меняя изначальные свойства. Следовательно, они идеально подходят для соединения с помощью ультразвуковой сварки.

Термопласты разделяются на две группы (рис. 1.1):



а - аморфные термопласты, б - полупрозрачные

Рисунок 1.1 - Структура термопластичных материалов

Аморфную структуру имеют: ABS, ПВХ, РС. Их молекулы устроены хаотично. Полупрозрачную структуру: ПА, РР и фторполимеры. Их молекулярная структура организована и повторяема. Аморфные материалы не имеют выраженной точки плавления. При нагреве они постепенно переходят в жидкое состояние, а при охлаждении плавно обратно в твёрдое. Напротив, полупрозрачные материалы имеют ярко выраженную точку плавления и остаются в твёрдом состоянии, пока температура не достигнет данной точки. На рисунке 1.2 показаны диаграммы расплавления аморфных и полупрозрачных материалов.

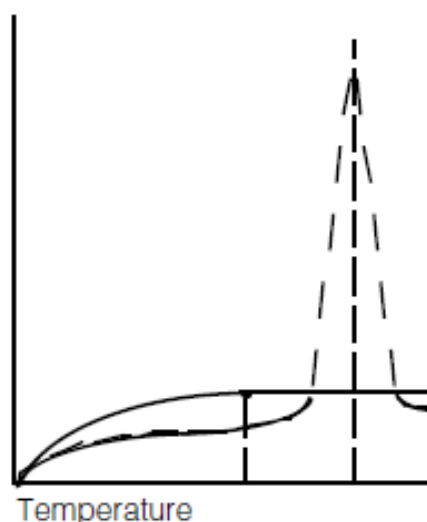


Рисунок 1.2 - Расплавленные состояния для аморфных (сплошная линия) и полупрозрачных (штриховая) материалов

Из-за различий в молекулярной структуре, аморфные и полупрозрачные термопласты по-разному передают высокочастотные колебания. Которые в свою очередь несут в себе механическую энергию для перехода материала из твёрдого в жидкое состояние. В полупрозрачных материалах организованная молекулярная структура поглощает вибрационную энергию, что требует более высокой плотности удельной акустической энергии для их расплавления. В аморфных материалах, молекулы расположены хаотично, что не затрудняет проходу вибрационной энергии [4, 5].

Для обеспечения надёжного соединения двух термопластичных материалов друг с другом их химические свойства должны быть совместимы. В таблице 1.2 представлена информация о совместимости термопластичных материалов для ультразвуковой сварки [6].

Таблица 1.2 - Совместимость термопластичных материалов для ультразвуковой сварки (по данным компании Dukane)

	ABS (Cycolac)	ABS/Polycarbonate (Cycoloy)	Acetal (Delrin, Celcon)	Acrylic (Plexiglass, Perspex)	Acrylic Multipolymer (XT)	Liquid Crystal Polymers (Xydar)	Nylon (Zytel)	Phenylene Oxide (Noryl)	Polycarbonate (Lexan)	Polycarbonate/Polyester (Xenoy)	Polyester PBT (Celanex, Valox)	Polyester PET (Rynite)	Polyetherether Ketone (PEEK)	Polyetherimide (Ultem)	Polyethylene P/E	Polyphenylene Ether/Oxide (Prevex)	Polyphenylene Sulfide PPS (Ryton)	Polypropylene P/P	Polystyrene	Polysulfone (Udel)	Polyvinylchloride (Rigid PVC)	SAN/NAS	Styrene Block Copolymers (K-Resin)
ABS (Cycolac)	■																						●
ABS/Polycarbonate (Cycoloy)	■	■		●					●				■							●			
Acetal (Delrin, Celcon)			■																				
Acrylic (Plexiglass, Perspex)	■	●		■	●				■	●												●	●
Acrylic Multipolymer (XT)	■	●		●	■																	●	
Liquid Crystal Polymers (Xydar)						■																	
Nylon (Zytel)							■																
Phenylene Oxide (Noryl)								■	●											■		●	
Polycarbonate (Lexan)		■		■					■	●													
Polycarbonate/Polyester (Xenoy)		●		●					●	■	●												
Polyester PBT (Celanex, Valox)										●	■												
Polyester PET (Rynite)												■											
Polyetherether Ketone (PEEK)													■										
Polyetherimide (Ultem)														■									
Polyethylene P/E															■								
Polyphenylene Ether/Oxide (Prevex)																■							
Polyphenylene Sulfide PPS (Ryton)																	■						
Polypropylene P/P																		■					
Polystyrene	●							■												■		●	●
Polysulfone (Udel)																				■			
Polyvinylchloride (Rigid PVC)																					■		
SAN/NAS	●			●	●			●												●		■	■
Styrene Block Copolymers (K-Resin)	●			●																●		■	■

■ Good compatibility      ● Compatible at times based on material composition

## 1.2 Анализ возможных способов соединения пластиковых

На данный момент в промышленности для соединения различных пластиковых изделий друг с другом, в основном, используют три способа, которые представлены на схеме (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Варианты сборки пластиковых изделий

Известно, что наиболее простым методом соединения пластиковых деталей является механическая сборка. Когда соединение деталей осуществляется за счёт саморезов, защёлок или запрессовкой. К преимуществам данного метода относят: не требует использование третьих тел, высокая прочность соединения, низкая стоимость и простота технологии. Однако со временем в условиях динамических нагрузок происходит потеря качества соединения.

При адгезионной сборке осуществляется установление связей на молекулярном уровне за счёт применения химических растворов, клеев или расплавленного пластика. Преимущества данного способа: возможность соединения разнородных материалов и хорошая. Но существуют затраты на использование третьих тел (клей, стержни пластики).

Из сборки сваркой можно выделить ультразвуковую, так как она имеет существенные преимущества по сравнению с другими способами.

Во-первых, ультразвуковая сварка не требует использования третьих тел, таких как припой, флюс, заклепки, клеи и т.д.

Во-вторых, прочность соединения, полученного после ультразвуковой сварки, составляет 80-90% от прочности основного материала.

В-третьих, данная технология не требует зачистки поверхностей, так как это не влияет на прочность и качество сварного соединения [7, 8].

Исходя из этого сварное соединение, полученное путём ультразвуковой сварки, не сильно будет отличаться по физическим и химическим свойствам от основного материала. К недостаткам ультразвуковой сварки можно отнести: дороговизна оборудования и малый диапазон толщин свариваемых деталей.

### 1.3 Физические основы ультразвуковой сварки

Принцип ультразвуковой сварки основан на введение в соединяемые детали высокочастотных колебаний, за счёт которых происходит генерация внутреннего тепла. Для ультразвуковой сварки используют частоты от 20 кГц до 100 кГц.

Оборудование для ультразвуковой сварки обычно состоит из трех основных частей: ультразвуковой генератор, преобразователь ультразвука и волновод. Схема комплекса для ультразвуковой сварки представлена на рисунке 1.4.

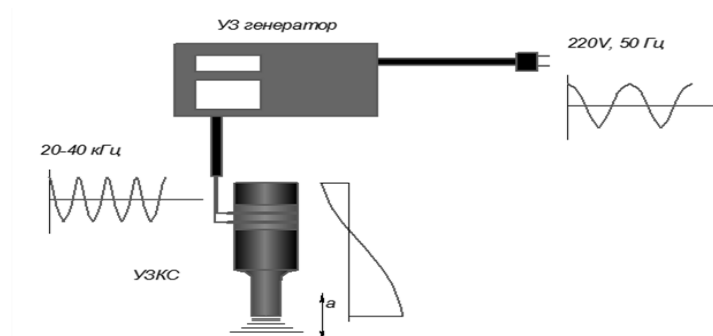


Рисунок 1.4 - Структурная схема технологического оборудования для ультразвуковой сварки

Ультразвуковой генератор преобразует электрическую энергию сети частотой 45-55 Гц в высокочастотную электроэнергию, которая передаётся на ультразвуковую колебательную систему, состоящую из магнестрикционного или пьезокерамического преобразователя, усилителя и волновода. За счёт магнестрикционного или электрострикционного эффекта преобразователь превращает электроэнергию в энергию механических колебаний определённой частоты и сообщает их через усилитель на волновод. Волновод является рабочим инструментом в ультразвуковой сварке, служащий для передачи колебаний от преобразователя к свариваемым деталям. За счёт колебаний молекулярных связей заготовок, происходит локальный разогрев заготовок в зоне их контакта с волноводом, что приводит к расплавлению пластика в области контакта. При прекращении подвода ультразвуковых колебаний, происходит установление новых молекулярных связей между свариваемыми заготовками в процессе затвердевания сварочной ванны. На рисунке 1.5 показан цикл ультразвуковой сварки.

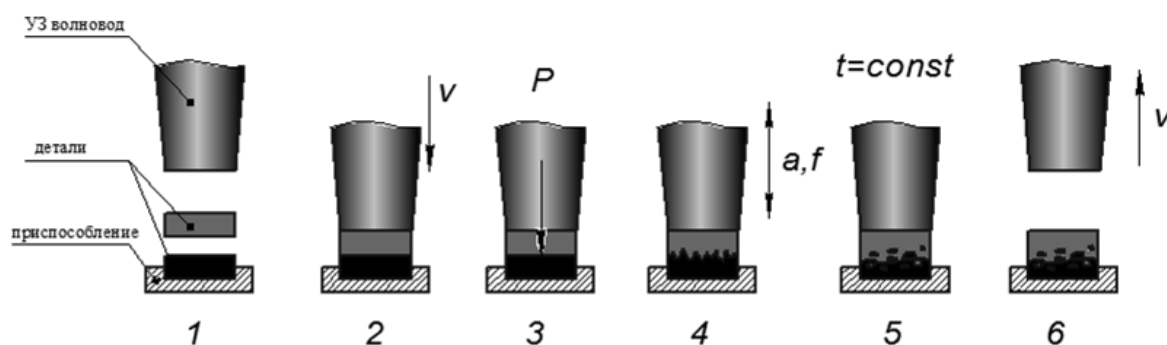


Рисунок 1.5 - Цикл ультразвуковой сварки

Цикл ультразвуковой сварки включает в себя:

1. Заготовки устанавливают друг относительно друга в удерживающем приспособлении;
2. В ручном или автоматическом режиме к верхней заготовке подводят ультразвуковую колебательную систему;

3. Создают необходимое давление в контакте;
4. На волновод подают ультразвуковые колебания определённой частоты. В этот момент происходит локальный нагрев и расплавление свариваемых заготовок. По истечению времени сварки, подвод ультразвука прекращают, что позволяет расплавленному пластику начать охлаждаться.
5. Сваренные детали выдерживают определённое время, сохраняя силу прижима, что позволяет сформироваться сварному шву или точке.
6. После остывания колебательную систему отводят от сваренных заготовок.

#### **1.4 Обзор технических решений в области ультразвуковой сварки**

На сегодняшний день существует ряд отечественных и зарубежных производителей оборудования для ультразвуковой сварки, таких как Herrmann Ultrasonic, Dukane, Branson, U-Sonic, ООО «Ультрарезонанс». Они занимаются производством любого оборудования для ультразвуковой сварки. Многие их комплексы предназначены для ультразвуковой сварки пластиковых деталей автомобиля.

Так, компанией Herrmann Ultrasonic в 2012 году был создан автоматизированный комплекс для многоточечной ультразвуковой сварки пластиковых панелей дверей автомобиля (рис. 1.6) [5].

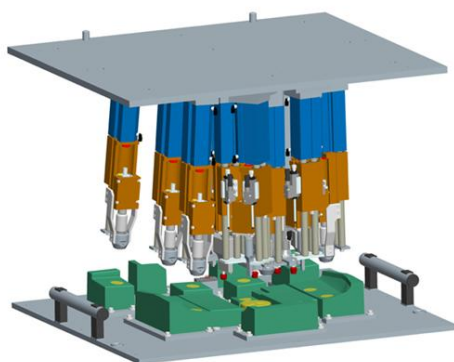


Рисунок 1.6 – Многоточечный автоматизированный комплекс для ультразвуковой сварки фирмы Herrmann Ultrasonic



На рисунке показаны ультразвуковые соноотроды, которые закреплены на верхней платформе. На нижнюю платформу, которая повторяет форму двери, укладываются заготовки. Перемещение соноотродов до касания поверхностей свариваемых деталей осуществляется пневмоцилиндром.

На рисунке 1.7. представлены рабочие зоны сварки с помощью приводных ультразвуковых головок.



а)



б)

а - чехла рычага переключения передачи, б - панели приборов автомобиля  
Рисунок 1.7 - Рабочие зоны сварки оборудования фирмы Herrmann Ultrasonic

Компания Dukane (Германия) имеет широкую линейку оборудования для ультразвуковой сварки. На рисунке 1.8 представлен комплекс для ручной ультразвуковой сварки. Комплекс состоит из ультразвукового генератора, колебательной системы на основе пьезоэлементов и ступенчатого соноотрода, соединительного кабеля.



Рисунок 1.8 - Аппарат для ручной ультразвуковой сварки фирмы Dukane

Данный комплекс применяется для мелкосерийного производства. Для крупносерийного и массового производства была создана установка прессового типа (рис. 1.9)



Рисунок 1.9 - Ультразвуковой станок прессового типа фирмы Dukane

Данная установка состоит из ультразвукового волновода, перемещение которой осуществляется с помощью пневматического узла по специальным вертикальным направляющим. Направляющие расположены на вертикальной колонне, установленной на платформе станка. На колонне закреплён монитор, для снятия показаний и регулирования параметров режима ультразвуковой сварки.

На рис. 1.10 представлен более производительные полуавтоматы карусельного (а) и последовательного типов (б) для одновременной сварки на нескольких позициях [6].



а



б

Рисунок 1.10 - Ультразвуковой станок прессового типа фирмы Dukane

Компания U-Sonic (Россия) предложила конструкцию многомодульной ультразвуковой сварочной установки (рис. 1.11), с возможностью одновременной сварки нескольких различных по форме элементов изделия.

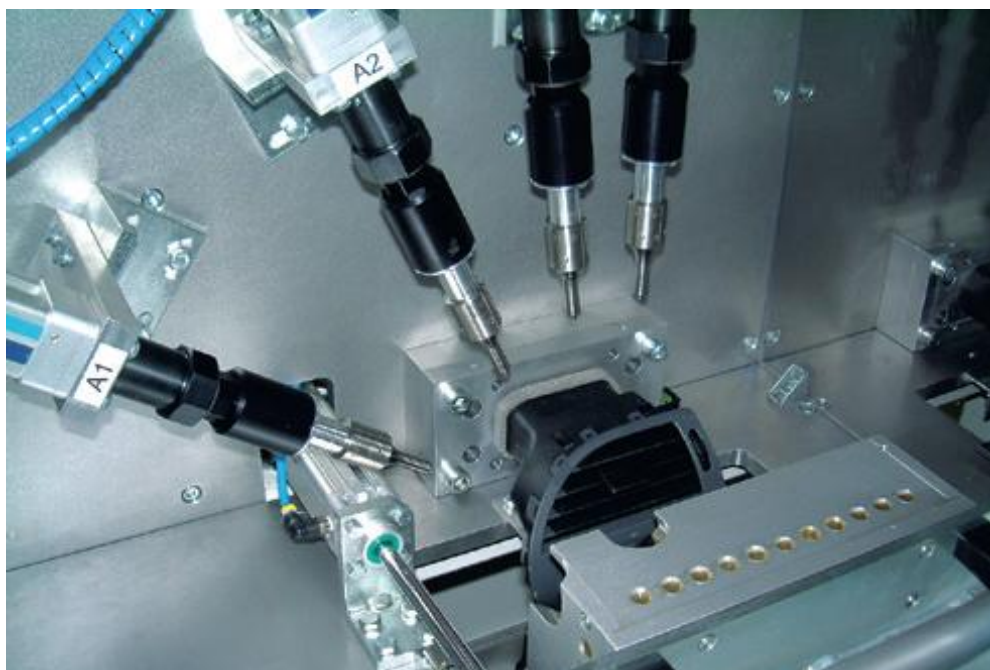


Рисунок 1.11 - Техническое решение ультразвуковой сварки компании U-Sonic

Изделие устанавливается на ложемент, находящийся на нижнем столе установки. В ультразвуковые соноотроды, расположенные над изделием закладываются элементы, которые требуется приварить. Движением соноотродов осуществляется за счёт пневмоцилиндров. Сварку, в зависимости от изделия можно производить как одновременно, так и поочередно. Из-за того, что каждый соноотрод подключен к своему генератору, на данной установке можно осуществлять не только сварку, но и одновременно пробивку отверстий [7].

## **1.5 Анализ исходных данных**

### **1.5.1 Описание бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban**

Бампер представляет собой пластиковую панель, расположенную в передней и задней частях автомобиля. Основным его предназначением является защита автомобиля при ударах с другими телами. Но в последнее

время бампер так же несёт в себе и декоративную функцию, подчёркивания тот или иной стиль автомобиля.

В данной работе рассматривается бампер автомобиля ВАЗ 21214 Urban толщиной 5 миллиметром (рис. 1.12). Изготовленный из твердого полипропилена путем литья под давлением.



Рисунок 1.12 – Лицевая часть бампера автомобиля ВАЗ 21214 Urban

Для усиления жесткости бампера в него устанавливают пластиковую вставку толщиной 3 мм с болтами для крепления к кузову автомобиля. Так же по бокам размещают вставки крепления, фиксирующие ещё два болта. Все вставки присоединяют к бамперу при помощи ультразвуковой сварки (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Внутренняя часть бампера автомобиля ВАЗ 21214 Urban в сборе

### 1.5.2 Описание материала бампера

PP - термопластичный полимер пропилена. Является органическим соединением и имеет длинные молекулы.

Свойства PP-пластика:

- Диэлектрик;
- Нетоксичный, в нормальных условиях;
- Стойкость к ударам;
- Стойкость к щелочам и моющим средствам;
- Низкая адгезия;
- Диапазон эксплуатационных температур от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$  [10].

Таблица 1.3 – Теплофизические и физические свойства PE пластика

Наименование	Значение
Плотность ( $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), $\text{г/см}^3$	1,03
Температура размягчения по Вика (50Н), $^{\circ}\text{C}$	80-120
Температура изгиба под нагрузкой (0.45 МПа), $^{\circ}\text{C}$	95-99
Температура изгиба под нагрузкой (1.8 МПа), $^{\circ}\text{C}$	74-108
Коэфф. линейного термического расширения ( $23\text{ — }55^{\circ}\text{C}$ ), $1/^{\circ}\text{C}$	$0,8 \cdot 10^{-4}$
Коэффициент теплопроводности ( $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$	0,2
Удельная теплоемкость, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$	1,3-2,3
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	200
Модуль упругости, МПа	9,9

### 1.5.3 Описание базового варианта

Базовой вариант представляет собой соединение трёх вставок и бампера при помощи ультразвуковой сварки.

Комплекс для ручной ультразвуковой сварки, в данном случаи, состоит из ультразвукового генератора, с возможностью регулирования только мощности выходного сигнала, и ультразвуковой колебательной системы, у

которой в качестве преобразователя используются пьезоэлектрические шайбы. Эскиз волновода базового варианта представлен на рисунке 1.14.

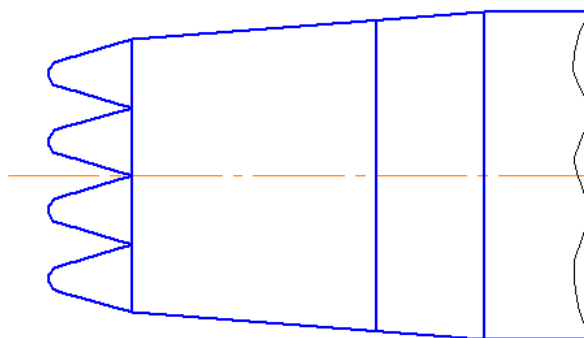


Рисунок 1.14 – Эскиз рабочей части волновода базового варианта

Технологический процесс сборки бампера начинается с визуального контроля всех частей бампера на признак дефектов. Не допускаются внешние дефекты на лицевой части бампера, заусенцы на кромках деталей требуется срезать канцелярским ножом.

После осмотра бампер укладывается в ложемент, в него вставляется усилитель и боковые вставки, прижимающие болты крепления. Подается давление на пневмозажимы, которые фиксируют вставки в бампере.

Третий этап – сварка. В ложементе установлены отверстия для направляющих, расположенных в передней части колебательной системы над волноводом (рис. 1.15).



Рисунок 1.15 – Отверстия для направляющих пистолета

Необходимо всунуть направляющие в отверстия, пока торец волновода не упрется в вставку бампера. После чего нажать кнопку на пистолете. По истечению 1-2 секунд начнется процесс сварки. В этот момент требуется приложить усилие на пистолет, пока направляющие не упрутся в концевые болты, расположенные внутри отверстий. После чего требуется ещё раз нажать на кнопку, для отключения ультразвука. Выждать 10 секунд, пока расплавленный пластик не затвердеет. Сместиться к следующим направляющим и повторить цикл сварки.

После сварки всех точек (32 штуки) необходимо срезать ножом выплески пластика в зоне сварной точки и упаковать готовый бампер в полиэтиленовый мешок.

Проанализировав базовый технологический процесс был выявлен ряд ошибок. Во-первых, бампер и вставка хранятся на складе в полиэтиленовых пакетах, температура воздуха в цехе всегда выше, чем на складе, следовательно при перевозке деталей в закрытых пакетах, есть риск образования конденсата на бампере и вставке. Который пагубно влияет на процесс ультразвуковой сварки, так как ультразвук, встречая на своём пути капли жидкости, отражается от них, что приводит к потере мощности при сварке, а следовательно, к не провару. Во-вторых, время сварки не регулируется электронным образом, а зависит от человека. Более того оператор при сварке не видит сварную точку, так как обзор ему загораживают направляющие, а ориентируется только на глубину входа направляющих в отверстия оснастки. Что может привести к перегреву места сварки, а значит к прожогу вставки бампера.

Данные ошибки необходимо учесть при составлении проектного технологического процесса.



## 2 Проектирование комплекса для ультразвуковой сварки

### 2.1 Расчет и проектирование магнестрикционного преобразователя

Магнестрикционный преобразователь (магнестриктор) – пакет, собранный из тонких пластин, выполненных из материала, обладающего эффектом магнестрикции. Обычно используют никель и специальные сплавы, такие как пермендюр или альфер. В данной работе магнестрикционный преобразователь (рис. 2.1) изготовлен из пермендюра, который является сплавом железа (47-50 %) и кобальта (48-50 %) с добавлением ванадия (1.5-2 %) [12].



Рисунок 2.1 – Магнестрикционный преобразователь из пермендюра.

Расчёт магнестрикционного преобразователя представляет собой определение геометрических параметров пакета (рис. 2.2).

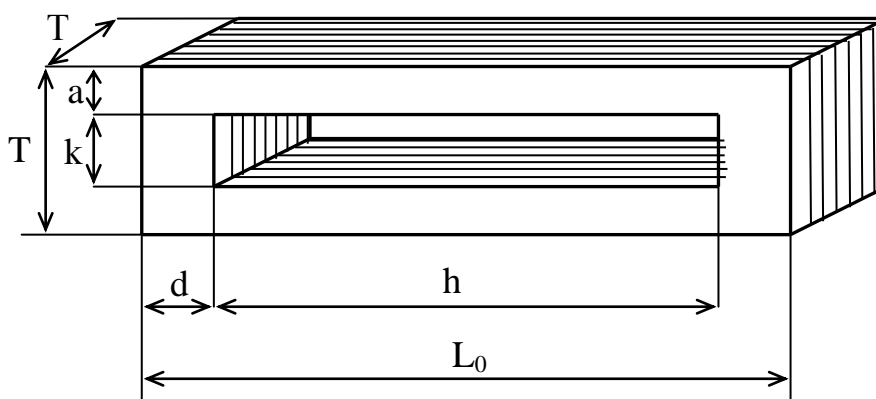


Рисунок 2.2 – Расчётная схема магнестрикционного преобразователя



Для удобства, все расчёты магнитоотриктора выполняются в системах автоматизированного проектирования, например Mathcad.

В таблице 2.1 представлены исходные данные для расчёта [13].

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчёта магнитоотриктора из пермендюра

Наименование параметра	Единица измерения	Значение
Мощность для сварки с учётом потерь, P	Вт	675
Удельная механическая мощность, P <sub>0</sub>	Вт/см <sup>2</sup>	75
Скорость звука в материале, C <sub>c</sub>	м/с	5161.95
Частота колебаний, f	Гц	22000
Напряженность магнитного поля возбуждения, H <sub>воз</sub>	А/м	2800

Для начала найдём ширину и высоту квадратного преобразователя:

$$T = \frac{P}{P_0} = \frac{675}{75} = 3 \text{ см} = 30 \text{ мм}$$

Определим ширину стержня:

$$a = \frac{T}{3} = \frac{30}{3} = 10 \text{ мм}$$

Высота накладки:

$$d = a + 0.5 = 10 + 0.5 = 10.5 \text{ мм}$$

Высота окна:

$$h = \frac{c}{\pi f} \operatorname{arctg} \frac{2a}{T \operatorname{tg} \frac{2\pi f d}{c}} = \frac{5161.95}{3,14 \cdot 22000} \operatorname{arctg} \frac{2 \cdot 10}{30 \cdot \operatorname{tg} \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 22000 \cdot 10,5}{5161,95}} = 86.783 \text{ мм}$$

Ширина окна:

$$k = T - 2a = 30 - 2 \cdot 10 = 10 \text{ мм}$$

Длина пакета:

$$L_0 = h + 2d = 86.783 + 2 \cdot 10.5 = 107.783 \text{ мм}$$

Для того чтобы магнитоотрицательный преобразователь заработал его нужно поместить в электромагнитное поле. Чтобы его создать на стержни магнитоотрицателя наносят обмотку из термостойкого кабеля МГТФ. Следовательно, вторым этапом расчёта магнитоотрицательного преобразователя является определение количества витков на каждом стержне по формуле 2.1:

$$n = \frac{L_{\text{воз}}}{2 \cdot \bar{L} \cdot I_{\text{воз}}}, \quad (2.1)$$

где  $L_{\text{воз}}$  – количество ампер-витков возбуждения,  
 $I_{\text{воз}}$  – переменный ток возбуждения, принимаем  $I_{\text{воз}} = 5.4 \text{ А}$ .

Количество ампер витков вычисляется по формуле 2.2 [14]:

$$L_{\text{воз}} = \frac{N_{\text{воз}} \cdot L_{\text{ср}}}{0.4 \cdot \pi}, \quad (2.2)$$

где  $L_{\text{ср}}$  – средняя длина пути независимого магнитного потока.

$$L_{cp} = 2 \cdot h - k + \pi \cdot \frac{k}{2} + \frac{d}{2} \quad (2.3)$$

Используя данные из таблицы 2.1, находим количество витков:

$$L_{cp} = 2 \cdot 86.783 - 10 + 3.14 \cdot \frac{10}{2} + \frac{10.5}{2} = 217.969 \text{ мм}$$

$$L_{воз} = \frac{2800 \cdot 217.969}{0.4 \cdot 3.14} = 485.671 \text{ А}$$

$$n = \frac{485.671}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 5.4} = 31.798 = 32$$

## 2.2 Расчет и проектирование ультразвукового волновода

Ультразвуковой волновод для сварки термопластичных материалов толщиной более двух миллиметров обычно изготавливают из двух частей: бустера и сонотрода. Которые соединяют между собой при помощи шпильки. На рисунке 2.3 показан эскиз проектного варианта волновода.

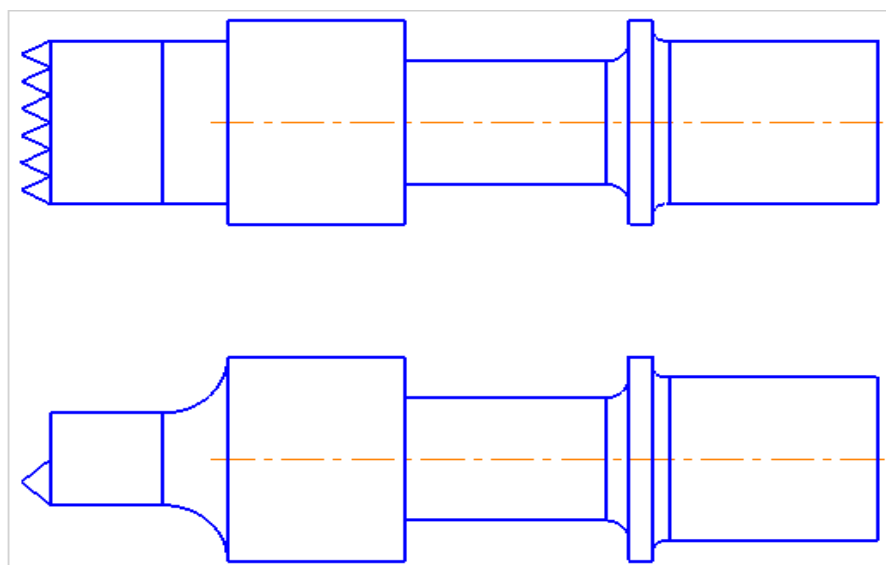


Рисунок 2.3 – Эскиз волновода

Расчет волновода представляет собой длительный процесс, с использованием различных программ компьютерного моделирования. Весь расчет можно разбить на три этапа.

Первый этап – расчет геометрических параметров волновода, таких как: резонансная длина, входной и выходной диаметры, расстояние до нулевой точки.

После чего начинают проектировать волновод, учитывая значения, полученные при расчетах. То есть, на втором этапе рисуется чертеж волновода до мельчайших подробностей, с указанием всех радиусов, галтелей и фасок.

Третий этап – проверка. На базе чертежей создается 3D модель будущего волновода, которая загружается в программную систему конечно-элементного анализа, например Ansys. На данном этапе смотрится, как колеблется волновод и на какой частоте. Требуется, чтобы волновод колебался в пределах 500 Гц от расчетной частоты, и мода его колебаний была продольной. Если эти два параметра не выполняются, то приходится возвращаться к первому этапу, вносить изменения в геометрические параметры и повторять последующие действия.

Ниже представлены расчеты проектного волновода в конечном варианте.

Для начала примем входные и выходные диаметры бустера и сонотрада, исходя из геометрических параметров ультразвуковой колебательной системы.

В связи с тем, что магнитострикционный преобразователь соединяется с бустером при помощи пайки и имеет сечение в виде квадрата со стороной 30 миллиметров, следовательно, его диагональ равна 42.43 мм., то принимаем входной диаметр бустера  $D_1=43$  мм. Выходной диаметр  $D_2$  примем 35 мм. Следовательно, площадь выходного сечения  $S_2$  будет равна  $962.11 \text{ мм}^2$ .

Так как материал бустера – сталь 45, а сонотрода – титановый сплав ВТЗ-1, для нахождения входного диаметра сонотрода воспользуемся условием согласования полных волновых сопротивлений материалов:

$$S_1 w_1 = S_2 w_2, \quad (2.4)$$

где  $S_1$  – поперечная площадь первого материала,  
 $w_1$  – удельное волновое сопротивление первого материала,  
 $S_2$  – поперечная площадь второго,  
 $w_2$  – удельное волновое сопротивление второго.

Площадь поперечного сечения бустера равна  $962.11 \text{ мм}^2$ , удельное волновое сопротивление стали 45 равно  $3.9571518 \cdot 10^7 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ . Удельное волновое сопротивление ВТЗ-1 -  $2.270232 \cdot 10^7 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ . Используя формулу 2.4 найдём площадь поперечного сечения сонотрода  $S_3$ :

$$S_3 = \frac{S_2 w_2}{w_3} = \frac{962.11 \cdot 3.9571518}{2.270232} = 1677.02 \text{ мм}$$

Используя формулу 2.5, найдём входной диаметр волновода:

$$D = \frac{4S}{\pi} = \frac{4 \cdot 1677.02}{3.14} = 46.88 \text{ мм} = 47 \text{ мм} \quad (2.5)$$

Так как сварная точка представляет собой шов длиной 35 мм. и шириной 8 мм., то площадь поперечного сечения выходного торца сонотрода будет равна  $280 \text{ мм}^2$ . Следовательно, выходной диаметр сонотрода  $D_4$  принимаем равный 18.88 мм. [15, 16]

Осталось рассчитать резонансную длину волновода и найти расстояние от края волновода до нулевой точки.

Найдём резонансную длину сонотрода и бустера по формуле:

$$l = \frac{nc}{2f} \sqrt{1 + \left(\frac{\ln k}{\pi n}\right)^2}, \quad (2.6)$$

где  $n$  – целое число полувольт, приходящихся на длину, рассчитываемого элемента (примем  $n=1$ );

$c$  – скорость звука, м/с (ВТЗ-1 - 5044.96 м/с, сталь 45 - 5066.776 м/с);

$k$  – коэффициент усиления концентратора ( $k = \frac{D_{\text{входной}}}{D_{\text{выходной}}}$ ).

$$k_{\text{бустера}} = \frac{43}{35} = 1.23, \quad k_{\text{сонотрода}} = \frac{47}{18.88} = 2.48$$

$$l_{\text{бустера}} = \frac{5066776}{2 \cdot 22000} \sqrt{1 + \left(\frac{\ln 1.23}{3.14}\right)^2} = 115.4 \text{ мм}$$

$$l_{\text{сонотрода}} = \frac{5044960}{2 \cdot 22000} \sqrt{1 + \left(\frac{\ln 2.48}{3.14}\right)^2} = 126.45 \text{ мм}$$

Так как волновод будет фиксироваться в корпусе пистолета с помощью фаски на бустере, то рассчитаем его нулевую точку, то есть расстояние от торца бустера до его сечения, где амплитуда колебаний равна нулю.

$$x_0 = \frac{l}{\pi} \arctg \frac{1}{\pi} \ln k = \frac{115,4}{3,14} \arctg \frac{1}{3,14} \ln 1.23 = 51,255 \text{ мм}$$

## 2.3 Проектирование ультразвукового генератора

Команде электротехников и программистов была поставлена задача – разработать ультразвуковой генератор для ультразвуковой сварки с помощью магнитострикционного преобразователя. Требовалось реализовать алгоритмы автоматической подстройки частоты и обеспечить технические характеристики, представленные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики ультразвукового генератора

Наименование параметра	Значение
Напряжение питающей сети, В	220
Частота питающей сети, Гц	50
Максимальный ток на выходе преобразователя, А	15
Диапазон напряжение на выходе преобразователя, В	5-700
Диапазон частоты на выходе преобразователя, кГц	16-44
Ток подмагничивания	1-12
Наличие электронного таймера	да

В ходе работ, был создан ультразвуковой генератор (рис. 2.4), полностью удовлетворяющий всем техническим требованиям.



Рисунок 2.4 – Ультразвуковой генератор

## **3 Разработка технологии ультразвуковой сборки бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban**

### **3.1 Расчёт режимов ультразвуковой сварки**

Основными параметрами режима ультразвуковой сварки термопластичных материалов являются: частота колебаний волновода, время воздействия ультразвуковых волн на поверхность свариваемых деталей и усилие прижима торца ультразвуковой колебательной системы к свариваемым изделиям.

Частота колебаний или резонансная частота обеспечивает согласование ультразвукового генератора с излучателем ультразвука, то есть для того чтобы начался процесс сварки необходимо ввести генератор и излучатель в резонанс по колебаниям тока и жёстко поддерживать данный режим. Так как резонансная частота зависит от геометрических размеров волновода и может изменяться в процессе сварки из-за нагрева волновода, то генератор автоматически определяет резонансную частоту и поддерживает её в процессе работы при помощи обратной связи.

Для расчёта времени ультразвуковой сварки усилителя и бампера воспользуемся формулой (2.1):

$$t = \frac{Q \cdot V}{Q_a}, \quad (3.1)$$

где  $Q$  – удельная энергия,

$Q_a$  – акустическая мощность,

$V$  – объём расплавленного пластика.



Для расчета удельной энергии, применяем зависимость:

$$Q = 0.9 \rho c_p T_{пл}, \quad (3.2)$$

где  $c$  - удельная теплоемкость материала,

$\rho$  – плотность,

$T_{пл}$  - температура плавления материала.

Для РР пластика значение произведения удельной теплоемкости и плотности  $c_p=18 \cdot 10^{-4}$  Дж/(мм<sup>3</sup>·К), температура плавления пластика 200 °С (473 К). Используя формулу (2.2) определяем удельную энергию:

$$Q = 0,9 \cdot 18 \cdot 10^{-4} \cdot 473 = 0.76 \text{ Дж/мм}^3$$

Для проварки соединения необходимо знать объем расплавленного пластика:

$$V = 35 \cdot 8 \cdot 4 = 1120 \text{ мм}^3$$

Рассчитаем необходимую акустическую мощность ультразвуковой энергии, вводимой в материал для нагрева по формуле:

$$Q_a = f \cdot \pi \cdot E \cdot \varepsilon^2 \quad (3.3)$$

где  $E$  - модуль упругости материала,

$\varepsilon$  - амплитуда деформации,

$f$  – частота колебаний.

В условиях ультразвуковой сварки амплитуду деформации  $\varepsilon$  можно принять равной 10 мкм. Модуль упругости  $E$  полипропилена равен 9.9 Мпа. Подставляя значения в формулу (2.3) получим [16]:

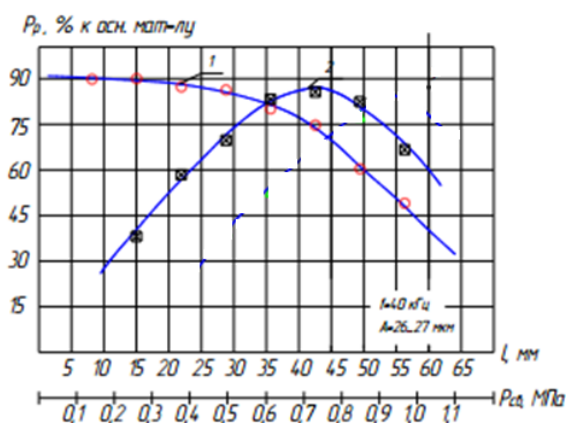
$$Q_a = 22000 \cdot \pi \cdot 9900000 \cdot 0.00001^2 = 468.38 \text{ Дж}/(\text{мм}^3 \cdot \text{сек})$$

Тогда время сварки определяем по формуле (3.1):

$$t = \frac{0.76 \cdot 1120}{468.38} = 1.8 \text{ с.}$$

К данному времени требуется прибавить одну секунду, которую тратит генератор на определение резонансной частоты. Следовательно, общее время сварки одной точки будет равно 2.8 секунды.

Для определения усилия прижима, воспользуемся зависимостью прочности сварных соединений от сварочного давления при ультразвуковой сварки термопластичных материалов (рис. 3.1) [20].



1 – расстояния от волновода до места сварки, 2 – сварочное давление,  
Рисунок 3.1 – Зависимость прочности сварных соединений от места ввода ультразвука, сварочного давления и времени сварки

Из графика видно, что максимальная прочность сварного соединения получается при усилии от 0.7 до 0.8 МПа. Следовательно, принимаем сварочное давление равное 0.75 МПа.

### **3.2 Технологический процесс ультразвуковой сборки бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban**

Бампер и вставка поступают на сборочно-сварочный участок в полиэтиленовых пакетах. Крепежные болты и вставки крепления находятся в специализированных ящиках рядом со сборочным стендом.

Процесс ультразвуковой сборки бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban начинается с входного контроля. Задачей данного процесса является проверить лицевую часть бампера на предмет дефектов, убедиться в отсутствии заусенцев после литья на кромках бампера и вставки. Если повреждена лицевая часть, то бампер бракуется и идёт на переплавку. Заусенцы требуется устранить при помощи канцелярского ножа.

Так как бампер и вставка хранятся в закрытых упаковках, на их поверхности может образовываться конденсат, который необходимо удалить перед сваркой. При помощи промышленного фена марки Makita HG5012 (рис. 3.2), нагретого до 60 °С, требуется просушить внутреннюю поверхность бампера и вставки.



Рисунок 3.2 - Промышленного фена Makita HG5012

После сушки, бампер укладывается в ложемент, повторяющий его форму. Затем в него укладывается вставка. При помощи пневмоприжимов вставка фиксируется в бампере. Требуется обеспечить плотное прилегание вставки к бамперу. Не допускать сколов вставки относительно бампера.

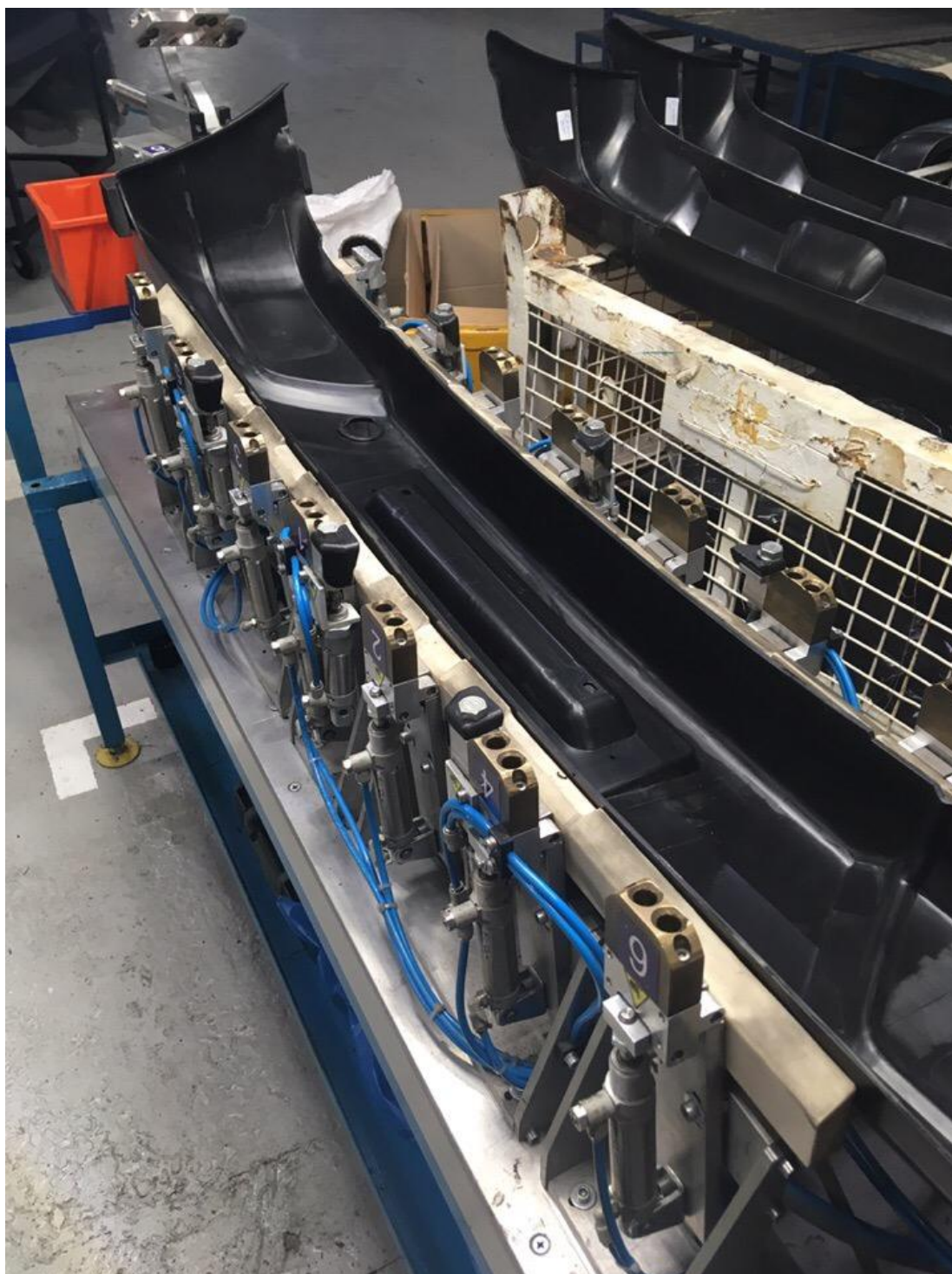


Рисунок 3.3 – Бампер и вставка в ложементе

Затем требуется установить на боковых частях крепёжные болты и прижать их при помощи вставок крепления, которые насаживаются на пластиковые штырьки. Требуется не допустить перекоса крепёжных болтов.



Рисунок 3.4 – Вставка крепления с болтом

Дальше осуществляется проверка выставленного времени сварки (2.8 секунды) и частоты (22 кГц). После чего колебательная система располагается перпендикулярно к поверхности свариваемых деталей. Прикладывается усилие 2-3 килограмма и нажимается кнопка на ультразвуковом пистолете. Таймер в генераторе по истечению 2.8 секунды автоматически отключит выход ультразвука. Во время сварки не допускается перемещать волновод относительно бампера. После окончания сварки



требуется выждать 2-3 секунды, не снимая усилие прижима, до полного затвердевания сварной точки. Затем, руководствуясь схемой расположения сварных точек, осуществить приварку вставки к бамперу.



Рисунок 3.5 – Процесс ультразвуковой сварки

После окончания сварки, необходимо произвести визуальный контроль сварных точек. В случае обнаружения выплесков расплавленного пластика, их требуется срезать канцелярским ножом.

Завершающим этапом ультразвуковой сборки бампера является его упаковка в полиэтиленовый пакет и укладка в контейнер для готовой продукции.

## 4 Методика исследования технологии ультразвуковой сварки полимерных материалов

Исследование ультразвуковой сварки выполняли с целью определения оптимальных режимов сварки, обеспечивающих прочность и надежность сварного соединения изделий.

Исследования проводили как непосредственно в условиях производства на ООО «КамПласт» при сварке пластиковых деталей бампера, так и в лаборатории ультразвуковых технологий ТГУ.

В качестве оборудования использовали разработанный комплекс для ультразвуковой сварки, состоящий из ультразвукового генератора УЗГ-1,0/22 с диапазоном мощности от 0,5 до 2,5 кВт и частотой колебаний 22 кГц (рис. 1а) и ультразвукового устройства, предназначенного для реализации процесса ультразвуковой сварки (рис. 4.1 б).



а



б

Рисунок 4.1 - Комплекс для ультразвуковой сварки полимерных материалов

Устройство для ультразвуковой сварки выполнено на базе ультразвуковой колебательной системы с магнитострикционным преобразователем с рабочим сечением 30x30 мм и двух полуволновых

ультразвуковых волноводов – бустера и концентратора. Концентратор изготовлен из титанового сплава ВТ3-1 с рабочим торцом в виде прямоугольного профиля сечением 35x8 мм. На рабочем торце выполнены зубцы треугольной формы, предназначенные для локализации акустической энергии.

В качестве образцов для проведения исследования в условиях производства использовали натурные изделия – усилитель бампера, бампер и вставку бампера, выполненные из ABS пластика. Рабочее место и процесс ультразвуковой сварки при выполнении исследований представлен на рисунок 4.2.

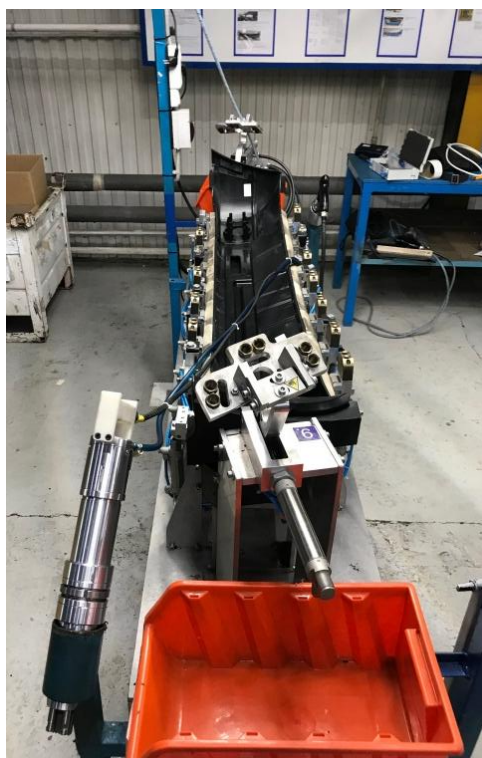


Рисунок 4.2 - Рабочее место при проведении исследования в производственных условиях

Исследования в лабораторных условиях выполняли на образцах из тех же материалов, размером 100X80, толщиной 4 мм.



Процесс ультразвуковой сварки осуществляли в ручном режиме после калибровки и настройки ультразвукового генератора на резонансную частоту. Сварку образцов осуществляли внахлест.

Ультразвуковую сварку осуществляли на следующих режимах:

- частота колебаний -  $22 \pm 0,5$  кГц
- мощность выходная – 700...800 Вт
- ток подмагничивания варьировали в диапазоне 4...8 А
- время сварки варьировали в диапазоне 2...3,5 с.

Контроль качества получаемых сварных изделий на первом этапе осуществляли визуально по анализу площади оставшихся термических следов на образце подложке после отрыва привариваемого материала.

На рисунке 4.3 представлен фрагмент бампера с приваренной вставкой. Сварка осуществлялась в трех местах на тестовых режимах после калибровки ультразвукового генератора на резонансную частоту. Как следует из рисунка ультразвуковая сварка способствует проплавлению материала и образованию отпечатков от рабочего торца волновода, характеризующиеся незначительным выплеском материала.



Рисунок 4.3 - Результат сварки пластиковой вставки с бампером

На рисунке 4.4 представлены результаты ультразвуковой сварки образцов, полученные в лабораторных условиях на различных режимах сварки.



Рисунок 4.4 - Результат ультразвуковой сварки образцов

Как следует из анализа рисунка 4.4 на различных режимах формируются отличающиеся друг от друга формы отпечатков ультразвукового инструмента, по которым косвенно можно судить о прочности сварного соединения. Основным параметром, влияющим на проплавление материала и, как следствие, форму отпечатков, является время сварки. При времени сварки в диапазоне 1...1,5 сек. при настроенной на резонанс системы, мощности недостаточно для полного проплавления материала. При этом зубцы на рабочем торце ультразвукового волновода за отведенный цикл сварки не полностью погружаются в материал, оставляя характерный отпечаток. Увеличение времени сварки способствует при той же мощности создать условия более длительного ультразвукового воздействия на свариваемые материалы и обеспечить в зоне сварки формирование жидкой фазы проплавленного материала. При этом формируется характерный отпечаток рабочего торца инструмента.

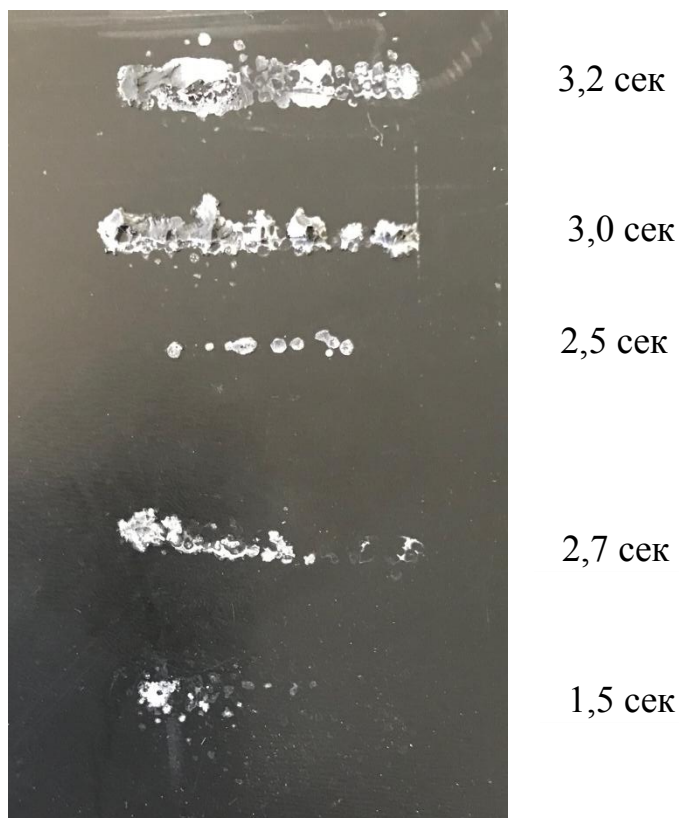


Рисунок 4.5 - Следы термического влияния на подложку после отрыва привариваемого материала в зависимости от длительности ультразвуковой сварки

На рисунке 4.5 представлены фото следов термического влияния, остающиеся на подложке после отрыва приваренного материала. Отрыв приваренного материала на первом этапе исследования осуществляли вручную без фиксации усилия разрыва. Как следует из анализа рис.5 при разном времени ультразвукового воздействия формируются отличающиеся следы термического влияния и области сцепления свариваемых материалов. Наиболее выраженные следы сцепления материалов наблюдаются при времени сварки свыше 3 сек., но при этом возможна потеря эстетического вида изделия. При времени сварки ниже 2 сек. следы сцепления материалов при визуальном осмотре составляют площадь менее 30%, что может влиять на снижении прочности соединения. Наиболее оптимальные результаты получены при времени сварки в диапазоне 2,5...3 сек. Таким образом, на первом этапе исследования можно сделать вывод о существенном влиянии времени ультразвуковой сварки на формирование сварного соединения.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Разработанная в рамках работы технология и оборудование реализуется на базе компании ООО «Компласт-Т». Основными узлами оборудования являются ультразвуковая колебательная система, ультразвуковой генератор, пневматические прижимы, фиксирующие детали в ложементе.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
Ультразвуковая сварка деталей бампера	Технологическая операция ультразвуковой сварки включает в себя: входной контроль всех деталей, сборку деталей в ложементе, сушку свариваемых поверхностей промышленным феном, ручную ультразвуковую сварку, зачистку сваренных точек от выплесков пластика, упаковку готовой детали в полиэтиленовый мешок	Оператор ультразвуковых установок	Ультразвуковой генератор, ложемент с пневматическим и прижимами, ультразвуковая колебательная система, промышленный фен, резак	Пластик РЕ

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 - Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Сборка	Статические физические перегрузки; монотонность труда	Сборочный ложемент
Сушка	Повышенная температура рабочей зоны	Промышленный фен
Ультразвуковая сварка	Повышенный уровень ультразвука	Колебательная система
Зачистка точек	Риск порезов	Канцелярский нож
Упаковка	Статические физические перегрузки; монотонность труда	Готовые детали

## 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо подобрать и обосновать используемые организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора. Методы и средства защиты выбираются в зависимости от типа реализуемого технологического процесса, используемого состава производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, используемых технических средств ослабления или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора и применяемых для этих целей при необходимости средств индивидуальной защиты работника.

Таблица 5.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Повышенная температура рабочей зоны		1. Две пары перчаток - резиновые (наружные) и хлопчатобумажные (внутренние) или только хлопчатобумажные; 2. Противошумы по ГОСТ Р 12.4.213-99.
Повышенный уровень ультразвука	Проведение: медосмотров, физиопрофилактических процедур (тепловые воздушные с микромассажем и тепловые гидропроцедуры для рук, массаж верхних конечностей и др.), рефлексопрофилактики, гимнастических упражнений, психофизических разгрузки.	
Статические физические перегрузки	1.Конструкция рабочего места должна соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим	1.Конструкция рабочего места должна соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы; 2.Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием: высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног.
Монотонность труда	требованиям, а также характеру работы; 2.Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием: высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног.	

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Результаты идентификации класса возможного пожара, возникающих при этом опасных факторов пожара и их сопутствующих проявлений при использовании технологии и установки для ультразвуковой сварки приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок ультразвуковой сборки бампера автомобиля ВАЗ-21214	Комплекс для ультразвуковой сварки	А	1) тепловой поток; 2) повышенная температура окружающей среды; 3) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей.

На основании таблицы 5.4 продуманы технические средства по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Переносные и передвижные огнетушители порошкового типа ОП-1, ОП-2, покрывала для изоляции очага возгорания.	Пожарные автомобили (основные и специальные)	Переносные и передвижные огнетушители порошкового типа ОП-2, пожарный инвентарь.	Извещатели и пожарные тепловые ИП 101-8-А1 ГОСТ Р 53325-2012	Подставка напольная для ОП-2, (универсальная), кронштейн (пластик) для ОП-1 и ОП-2, кронштейн ТГ-2 транспортный с металлической защелкой для ОП-2.	Средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, средства индивидуальной защиты пожарных.	Топор, лом, ведра	Извещатели: ручной ИП-П, тепловой ИП-105, дымовой ИПД-1, пламени ИП.



Таблица 5.6 - Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
<p>Технологический процесс ультразвуковой сварки деталей бампера с помощью установки для ручной ультразвуковой сварки</p>	<p>Защита технологических процессов установками пожаротушения; применение пожарной сигнализации и систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре; обучение персонала способам ликвидации аварий</p>	<p>Требования по ликвидации условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания веществ, материалов, изделий и конструкций;</p> <p>Требования по периодической очистке территории, на которой располагается объект, помещений, коммуникаций, аппаратуры от горючих отходов, отложений пыли, пуха и т. п.;</p> <p>Требования по удалению пожароопасных отходов производства;</p> <p>Требования по применению средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;</p> <p>Требования по применению автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;</p> <p>Требования по организации своевременного оповещения и эвакуации людей;</p> <p>Организационно-технические мероприятия должны включать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организацию пожарной охраны, организацию ведомственных служб пожарной безопасности в соответствии с законодательством.</li> <li>- паспортизацию веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений объектов в части обеспечения</li> </ul>

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3
		<p>пожарной безопасности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности;</li> <li>- организацию обучения работающих правилам пожарной безопасности на производстве;</li> <li>- разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;</li> <li>- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;</li> <li>- разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей;</li> </ul> <p>Применяемая пожарная техника должна обеспечивать эффективное тушение пожара (загорания), быть безопасной для природы и людей.</p>

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Воздействия технического объекта на окружающую среду представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 - Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технологический процесс ультразвуковой сварки деталей бампера автомобиля ВАЗ-21214	Процесс ультразвуковой сварки; Пневматическая система прижимов	нет	нет	нет

## 5.6 Заключение по разделу

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса ультразвуковой сборки термопластичных материалов для автомобильной промышленности, перечислены технологические операции, указаны должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы,

комплектующие изделия и производимые изделия;

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу ультразвуковой сборки, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие:

- повышенный уровень ультразвука;
- статические физические перегрузки;
- монотонность труда;

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков; подобраны средства индивидуальной защиты, представленные в таблице 5.3.

Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

## 6 Экономическая эффективность работы

### 6.1 Калькуляция себестоимости технологии ультразвуковой сборки

В предлагаемом технологическом процессе сборки бампера используется улучшенная технология ультразвуковой сварки взамен старой.

В ходе проведения производственных испытаний на базе ООО «Компласт-Т», были получены данные о времени, которое затрачивается на каждую операцию технологического процесса, представленные в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Сравнение трудоемкости технологических процессов

Операция	Технологический процесс	
	Базовый	Проектный
Входной контроль	2 мин.	
Сушка	0	1.4 мин.
Сборка	1.5 мин.	
Сварка	8.2 мин.	2.8 мин.
Выходной контроль	4.1 мин.	
Упаковка	1 мин.	
	$t_{шт}=16.8$ мин.	$t_{шт}=12.8$ мин.

Произведем расчет себестоимости рассматриваемых вариантов.

Затраты на материал не изменились, ЗМ=300 рублей.

Затраты на электроэнергию найдем по формуле 6.1:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{\eta \cdot 60} \cdot Ц_{э-э} \cdot П_{св.т} , \quad (6.1)$$

где  $P_{об}$  – полезная мощность оборудования (1 кВт),

$t_o$  – основное время работы сварочного оборудования (базовый вариант – 0.083 часа, проектный – 0.047 часа),

$\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования (0.7 кВт),

$Ц_{э-э}$  – стоимость 1 кВтч (0.9 руб.),

$П_{св.т}$  – количество сварных точек (32 шт.).

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{1 \cdot 0.083}{0.7 \cdot 60} \cdot 0.9 \cdot 32 = 0.06 \text{ руб.} \quad Z_{\text{э-э}} = \frac{1 \cdot 0.047}{0.7 \cdot 60} \cdot 0.9 \cdot 32 = 0.03 \text{ руб.}$$

Для расчета затрат на содержание и эксплуатацию оборудования используем формулу (6.2):

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} + P_{\text{нр}}, \quad (6.2)$$

где  $A_{\text{об}}$  – амортизационные отчисления на оборудование, формула 6.3,

$P_{\text{т.р}}$  – затраты на текущий ремонт оборудования, формула 6.4.

$P_{\text{нр}}$  – затраты на текущий ремонт приспособлений, формула 6.5.

$$A_{\text{об.}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot Na_{\text{об}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60 \cdot 100}, \quad (6.3)$$

где  $C_{\text{об}}$  – цена оборудования (базовый – 500 000 руб., проектный – 216 000 руб.),

$Na_{\text{об}}$  – норма амортизационных отчислений на оборудование (18%),

$\Phi_{\text{эф}}$  – фонд времени работы оборудования, формула 6.6.

$$P_{\text{т.р}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{т.р}} \cdot k_3}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100}, \quad (6.4)$$

где  $H_{\text{т.р}}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования (35%),

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования, формула 6.7.

$$P_{\text{нр}} = \frac{C_{\text{нр}} \cdot H_{\text{нр}} \cdot k_3}{N_{\text{нр}} \cdot T_{\text{нр}}}, \quad (6.5)$$

где  $C_{\text{нр}}$  – цена оснастки (базовый – 0 руб., проектный – 53 500 руб.),

$N_{np}$  – норма амортизационных отчислений на приспособления (0.12),

$N_{np}$  - годовая норма выпуска бамперов (10 000 штук),

$T_{np}$  – срок службы оснастки (4 года)

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{np}) \cdot T_{см} \cdot S \cdot (1 - k_{p.n}), \quad (6.6)$$

где  $D_k$  – количество календарных дней в году (365),

$D_{вых}$  – количество выходных дней в году (0),

$D_{np}$  – количество праздничных дней в году (10),

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены (12 часов),

$S$  – количество рабочих смен (2),

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

$$\Phi_{эф} = (365 - 10) \cdot 12 \cdot 2 \cdot (1 - 0.06) = 8008.8 \text{ часа}$$

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}}, \quad (6.7)$$

где  $n_{об.расчетн}$  - расчетное количество оборудования, формула (6.8),

$n_{об.прин}$  - принятое количество оборудования.

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{np} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60} \quad (6.8)$$

$$n_{об.расчетн} = \frac{10000 \cdot 16.8}{8008.8 \cdot 60} = 0.35$$

$$n_{об.расчетн} = \frac{10000 \cdot 12.8}{8008.8 \cdot 60} = 0.27$$

Округляем значения расчетного количества оборудования до большого целого числа, это и будет принятое количество оборудования. Для базового и проектного варианта = 1.

$$k_3 = \frac{0.35}{1} = 0.35$$

$$k_3 = \frac{0.27}{1} = 0.27$$

$$A_{об.} = \frac{500000 \cdot 18 \cdot 16.8}{8008.8 \cdot 60 \cdot 100} = 3.15$$

$$A_{об.} = \frac{216000 \cdot 18 \cdot 12.8}{8008.8 \cdot 60 \cdot 100} = 1.04$$

$$P_{m.p} = \frac{500000 \cdot 35 \cdot 0.35}{8008.8 \cdot 100} = 7.6$$

$$P_{m.p} = \frac{216000 \cdot 35 \cdot 0.27}{8008.8 \cdot 100} = 2.54$$

$$P_{np} = \frac{0 \cdot 0.12 \cdot 0.35}{10000 \cdot 4} = 0$$

$$P_{np} = \frac{53500 \cdot 0.12 \cdot 0.27}{10000 \cdot 4} = 0.04$$

$$З_{об} = 3.15 + 7.6 = 10.75 \text{ руб.}$$

$$З_{об} = 1.04 + 2.54 + 0.04 = 3.62 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей рассчитаем по формуле 6.9:

$$З_{плоч} = \frac{Ц_{плоч} \cdot S_{плоч} \cdot На_{плоч} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot 60}, \quad (6.9)$$

где  $Ц_{плоч}$  – цена 1 м<sup>2</sup> производственной площади (1000 руб.),

$На_{плоч}$  – норма амортизационных отчислений на здания (2%),

$S_{плоч}$  – площадь, занимаемая сварочным оборудованием (5 м<sup>2</sup>).

$$З_{плоч} = \frac{1000 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 16.8}{8008.8 \cdot 100 \cdot 60} = 0.01$$

$$З_{плоч} = \frac{1000 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 12.8}{8008.8 \cdot 100 \cdot 60} = 0.01$$



Фонд заработной платы производственных рабочих определяется по формуле (6.10):

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп}, \quad (6.10)$$

где  $ЗПЛ_{осн}$  – основная заработная плата, формула 6.11,  
 $ЗПЛ_{доп}$  – дополнительная заработная плата, формула 6.12.

$$ЗПЛ_{осн} = C_ч \cdot t_{шт} \cdot k_{зпл}, \quad (6.11)$$

где  $C_ч$  – часовая тарифная ставка (104.17 руб./час),  
 $k_{зпл}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату (1.8284).

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{\partial}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн}, \quad (6.12)$$

где  $k_{\partial}$  – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой (10%).

$$\begin{aligned} ЗПЛ_{осн} &= 104.17 \cdot 0.28 \cdot 1.8284 \\ &= 53.33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЗПЛ_{осн} &= 104.17 \cdot 0.21 \cdot 1.8284 \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{10}{100} \cdot 53.33 = 5.33$$

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{10}{100} \cdot 40 = 4$$

$$\Phi ЗП = 53.33 + 5.33 = 58.66$$

$$\Phi ЗП = 40 + 4 = 44$$

Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле (6.13):

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц} \cdot \Phi ЗП}{100}, \quad (6.13)$$

где  $H_{соц}$  – норма отчислений на социальные нужды = 30%.

$$O_{с.н.} = \frac{30 \cdot 58.66}{100} = 17.6$$

$$O_{с.н.} = \frac{30 \cdot 44}{100} = 13.2$$

Технологическая себестоимость изделия:

$$C_{тех} = 3M + 3_{э-э} + 3_{об} + 3_{площ} + \Phi 3П + O_{с.н.} \quad (6.14)$$

$$C_{тех\bar{б}} = 300 + 0.06 + 10.75 + 0.01 + 58.66 + 17.6 = 387.08 \text{руб.}$$

$$C_{техн} = 300 + 0.03 + 3.62 + 0.01 + 44 + 13.2 = 360.86 \text{руб.}$$

Цеховая себестоимость изделия:

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех}, \quad (6.15)$$

где  $P_{цех}$  – цеховые расходы, формула 6.16.

$$P_{цех} = k_{цех} \cdot 3ПЛ_{осн.}, \quad (6.16)$$

где  $k_{цех}$ . – коэффициент цеховых расходов = 2,5.

$$P_{цех} = 2.5 \cdot 53.33 = 133.33$$

$$P_{цех} = 2.5 \cdot 40 = 100$$

$$C_{цех} = 387.08 + 133.33 = 520.41$$

$$C_{цех} = 360.86 + 100 = 460.86$$

Заводская себестоимость изделия:

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав}, \quad (6.17)$$

где  $P_{зав}$  – заводские расходы, формула 6.18.

$$P_{зав} = k_{зав} \cdot ЗПЛ_{осн}, \quad (6.18)$$

где  $k_{зав}$  – коэффициент заводских расходов = 1,8.

$$P_{зав} = 1.8 \cdot 53.33 = 96$$

$$P_{зав} = 1.8 \cdot 40 = 72$$

$$C_{зав} = 520.41 + 96 = 616.41$$

$$C_{зав} = 460.86 + 72 = 532.86$$

Полная себестоимость изделия:

$$C_{полн} = C_{зав} + P_{вн},$$

где  $P_{вн}$  – внепроизводственные расходы, формула 6.19.

$$P_{вн} = k_{вн} \cdot C_{зав}, \quad (6.19)$$

где  $k_{вн}$  – коэффициент внепроизводственных расходов = 0,05.

$$P_{вн} = 0.05 \cdot 616.41 = 30.82$$

$$P_{вн} = 0.05 \cdot 532.86 = 26.64$$

$$C_{полн} = 616.41 + 30.82 = 647.23$$

$$C_{полн} = 532.86 + 26.64 = 559.5$$

Таблица 6.2 - Калькуляция себестоимости изделия

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Материалы	300 руб.	300 руб.
Электроэнергия	0.06 руб.	0.03 руб.
На содержание и эксплуатацию оборудования	10.75 руб.	3.62 руб.
На содержание занимаемой под оборудование площади	0.01 руб.	0.01 руб.
Основная заработная плата	53.33 руб.	40 руб.
Дополнительная заработная плата	5.33 руб.	4 руб.

Продолжение таблицы 6.2

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Отчисления на социальное страхование	17.6 руб.	13.2 руб.
Технологическая себестоимость	387.68 руб.	360.86 руб.
Цеховая себестоимость	520.41 руб.	460.86 руб.
Заводская себестоимость	616.41 руб.	532.86 руб.
Внепроизводственные расходы	30.82 руб.	26.64 руб.
Полная себестоимость	647.23 руб.	559.5 руб.

## 6.2 Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологии

Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия найдём по формуле 6.17:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.z.} = \left( C_{полн.}^{баз} - C_{полн.}^{проект} \right) \cdot N_{пр} \quad (6.20)$$

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.z.} = (647.23 - 559.5) \cdot 10000 = 877300 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения, формула 6.21:

$$\mathcal{E}_z = \left[ \left( C_{полн}^{баз} + E_n \cdot K_{уд}^{баз} \right) - \left( C_{полн}^{проект} + E_n \cdot K_{уд}^{проект} \right) \right] \cdot N_{пр}, \quad (6.21)$$

где  $C_{полн}^{баз}$  и  $C_{полн}^{проект}$  – полная себестоимость продукции,

$E_n$  – коэффициент сравнительной экономической эффективности  $E_n = 0,33$ ,

$K_{уд}^{баз}$  и  $K_{уд}^{проект}$  – удельные капитальные вложения.

Так как в стоимость ультразвукового оборудования входят все расходы по проведению его пуско-наладочных работ, то общие капитальные

вложения для базового варианта составили 500 000 рублей, а для проектного 216 000 рублей. Учитывая годовую норму выпуска бамперов в 10 000 штук, удельные капитальные вложения для базового варианта равны 50, для проектного 21.6.

$$\mathcal{E}_2 = [47.23 + 0.33 \cdot 50] - [59.5 + 0.33 \cdot 21.6] \cdot 10000 = 971000 \text{ руб.}$$

Снижение трудоёмкости изготовления изделия рассчитывается по формуле (6.22):

$$\Delta t_{ум} = \frac{t_{ум}^{баз} - t_{ум}^{проектн}}{t_{ум}^{баз}} \cdot 100\% \quad (6.22)$$

$$\Delta t_{ум} = \frac{16.8 - 12.8}{16.8} \cdot 100\% = 23.8\%$$

Исходя из значения величины снижения трудоёмкости изготовления изделия рассчитываем повышение производительности труда  $\Delta\Pi_T$ :

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{ум}}{100 - \Delta t_{ум}} = \frac{100 \cdot 23.8}{100 - 23.8} = 31.2\%$$

В результате улучшения технологического процесса ультразвуковой сварки: снизилась трудоёмкость изготовления бампера на 23.8%, производительность выросла на 31.2%. Ожидаемый годовой доход составит 971 000 рублей.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В выпускной квалификационной работе разработана технология и оборудование для ультразвуковой сварки бампера автомобиля ВАЗ-21214 Urban. Улучшив базовый технологический процесс и внедрив новые комплексы для ультразвуковой сварки, получилось добиться повышения производительности. В ходе работы рассчитано и спроектировано технологическое оборудование для ультразвуковой сварки пластика, разработана ультразвуковая колебательная система и ультразвуковой генератор. В рамках выпускной квалификационной работы освещены вопросы безопасности и экологичности технического объекта, а также представлено экономическое обоснование эффективности внедрения технологии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Закат эпохи стали, почему мы скоро увидим пластиковый автомобиль [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.ru/biznes/347665> (дата обращения: 20.03.2019).
2. Холопов, Ю. В. Машиностроение: ультразвук: УЗС, БУФО, ГЕО / проф. Ю. В. Холопов. — Санкт-Петербург: ООО «Типография «Береста», 2008. -328 с.
3. Виды автомобильных пластиков [Электронный ресурс]. URL: <https://kuzov.info/> (дата обращения: 20.03.2019).
4. Волков, С.С. Сварка пластмасс ультразвуком. 2-е изд., перераб. и доп. / С.С. Волков, Б.Я. Черняк – М.: Химия, 1986. – 256 с.
5. Ультразвуковое оборудование [Электронный ресурс]. URL: <https://www.herrmannultrasonics.com/en-us/> (дата обращения: 05.04.2019).
6. Ультразвуковое оборудование [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dukane.eu/en/> (дата обращения: 05.04.2019).
7. Ультразвуковое оборудование [Электронный ресурс]. URL: <http://www.petsonic.ru> (дата обращения: 05.04.2019).
8. Волков, С. С. Применение пластмасс / С. С. Волков, Р. Г. Яматов - М.: 1979. № 17. С. 41—48.
9. Описание бампера ВАЗ-21214 Urban [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--80aal0a.xn--80asehdb/do-my-self/tuning/tuning-lada> (дата обращения: 05.04.2019).
10. Характеристики PE-пластика [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/PE-пластик> (дата обращения: 05.04.2019).
11. Klamecki, В.Е. A Thermodynamic Model of Friction / В.Е. Klamecki // Wear, 1980. №2. С. 113 – 120.
12. Leaversuch, R.C. How to Use those Fancy Ultrasonic Welding Controls/ R.C. Leaversuch // Plastics Technology. 2002.

13. Кардашев, Г.А. Теплообменные акустические процессы и аппараты/ Г.А. Кардашев, П.Е. Михайлов - М.: Машиностроение, 1973, - 223 с.
14. Теумин, И.И. Ультразвуковые колебательные системы/ И.И. Теумин - М.: Машиностроение, 1959. - 332 с.
15. Вероман, В.Ю. Библиотечка электротехнолога Выпуск 4 / В.Ю. Вероман, А.Б. Аренков - Л.: Машиностроение, 1971. - 168 с
16. Kirkland, T. Ultrasonic Welding: The Need for Speed Control/ T. Kirkland - Plastics Decorating, 2012.
17. Slivin, A.N. Theoretical investigations of continuous ultrasonic seam welding of thermoplastic polymers and fabrics/A.N. Slivin - Russian Foundation for Basic Research (RFBR). – Altai, 2010. – P. 341–344
18. Волков, С.С. Особенности теплообразования при ультразвуковой сварке жестких пластмасс / С.С. Волков, С.А. Королев, Д.С. Розанов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2017. №4. С. 27-34.
19. Волков, С.С. Влияние разделки кромок на свариваемость пластмасс при ультразвуковой сварке/ С.С. Волков // Сварочное производство. 2013, № 4. С. 24–27.
21. Волков, С.С. Особенности теплообразования при ультразвуковой сварке жестких пластмасс / С.С. Волков, С.А. Королев // Известия высших учебных заведений – М.: Машиностроение. 2017. №4. С. 27-34.
22. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» / Л.Н. Горина, М.И. Фесина, - учебн. метод пособие: ТГУ, 2016 г.
23. Klamecki, В.Е. Guide to Ultrasonic Plastics Assembly/ В.Е. Klamecki // Dukane Part, 2011. С. 101 – 120.



# ПРИЛОЖЕНИЕ А

Копия договора на оказание услуг с ООО «Компласт»

Дата поступления договора в юридический отдел	18.12.	2018
Внутренний номер документа	92	

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

(для договоров службы проректора по НИР)

Контрагент Общество с Ограниченной Ответственностью «Холдинг-Авто»  
 Предмет договора №0121804-у от 12.12.2018

№ п/п	Наименование подразделения	Личная подпись, расшифровка	Дата согласования	Замечания
1	Руководитель структурного подразделения	 Селиванов А.С.	18.12.18	
2	Начальник управления СНИД		18.12.18	калехеридия, мажорналы, смято
3	Центр экономического развития		18.12.18	—
4	Бухгалтерия		19.12.18	
5	Правовое управление		21.12.18	—

Источник финансирования доходный ср-ва НИЧ х/д 0121804-у *-исполнители*

Общая сумма договора 432000 руб.

Фонд \_\_\_\_\_  
 ЦФО \_\_\_\_\_

Период оплаты согласно плану финансирования \_\_\_\_\_  
 Остаток зарезервированных средств в ЦФО, с учетом данного проекта договора \_\_\_\_\_

(заполняется финансовым отделом ЦЭР)

Исполнитель НИЧ, ИТП  
(наименование службы, отдела)

Ф.И.О. Спирidonов Николай Германович  
 Тел. исполнителя 89649726638

Договор взят на подписание у контрагента \_\_\_\_\_  
(кем и когда)

Оригинал получен \_\_\_\_\_  
(кем и когда)

« \_\_\_ » декабря 2018 г.

г. Тольятти

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», именуемое в дальнейшем «Исполнитель», в лице проректора по научно-инновационной деятельности Петерайтиса Сергея Ханцасовича, действующего на основании доверенности № 007 от 28.12.2017 г., с одной стороны, и Общество с Ограниченной Ответственностью «ХОЛДИНГ-АВТО», именуемое в дальнейшем «Заказчик», в лице директора Агошковой Антонины Владимировны, действующей на основании Устава, с другой стороны, именуемые в дальнейшем «Стороны», заключили настоящий договор, в дальнейшем именуемый «Договор», о нижеследующем.

### 1. Предмет Договора

1.1. По настоящему Договору Исполнитель обязуется по заданию Заказчика оказать Услуги по разработке и изготовлению двух универсальных установок (далее Оборудование) для ручной ультразвуковой сварки термопластичных материалов, состоящих из ультразвукового генератора, соединительного электрического кабеля и ручного ультразвукового устройства (далее - Услуги), а Заказчик - принять и оплатить Услуги.

1.2. Задание на оказание Услуг изложено в Техническом задании (Приложение № 1).

1.3. Сроки оказания Услуг: до 28.02.2019 г.

1.4. Объем и содержание Услуг, а также сроки оказания Услуг могут быть пересмотрены Сторонами в случае существенных изменений обстоятельств, влияющих на выполнение Сторонами своих обязательств по настоящему Договору.

### 2. Стоимость работы и порядок расчётов

2.1. Цена настоящего Договора составляет – 432 000 (Четыреста тридцать две тысячи ) рублей 00 копеек, НДС 18% для работ, выполняемых в 2018 году, и товаров, отгружаемых в 2018 году, 20% для работ, выполняемых и товаров отгружаемых в 2019 году.

2.2. Оплата на поставляемую продукцию производится в размере 100% стоимости, на основании выставленного счета в течение 15 банковских дней с момента подписания договора обеими сторонами.

### 3. Порядок выполнения, сдачи и приёмки работы и оборудования

3.1. Исполнитель обязуется заблаговременно уведомить Заказчика о готовности Оборудования к отгрузке и согласовать дату отгрузки. Доставка оборудования со склада Исполнителя до склада Заказчика осуществляется Исполнителем за свой счёт. Исполнитель обязан обеспечить за свой счет требуемую для перевозки Оборудования упаковку, обеспечивающую его сохранность. По завершении оказания Услуг Исполнитель представляет Заказчику подписанный со своей Стороны акт сдачи-приемки услуг в двух экземплярах и акт приема-передачи Оборудования и накладную.

3.2. Заказчик в течение 10 (десяти) календарных дней с даты получения от Исполнителя актов направляет Исполнителю подписанные документы или мотивированный отказ от приемки Услуг и Оборудования с перечнем недостатков.

3.3. В случае мотивированного отказа от приемки Услуг Заказчик вправе по своему выбору потребовать:

3.3.1. устранения недостатков за счет Исполнителя с указанием сроков их устранения;

3.3.2. расторгнуть настоящий Договор с применением последствий, указанных в пункте 10.5 настоящего Договора.

Невыполнение требования Заказчика, предъявленного в соответствии с пунктом 3.3. и установленный срок, также может служить основанием для расторжения настоящего Договора и



25.12.18

13. Юридические адреса сторон и банковские реквизиты

**ИСПОЛНИТЕЛЬ**

федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный  
университет»  
445020, г.Тольятти, ул.Белорусская,14  
ИНН 6320013673, КПП 632401001  
УФК по Самарской области  
(ТГУ, л/с 20426Х26790)  
Банк получателя:  
р/с 40501810836012000002 в Отделении  
по Самарской области Волго-Вятского  
главного управления Центрального банка  
Российской Федерации  
БИК 043601001 ОКПО 55914968  
ОКТМО 36740000 ОКВЭД 85.22,72.19  
ОГРН 1036300997567 ОКОНХ 92110

Проректор по научно-инновационной  
деятельности



*[Handwritten signature]*

**ЗАКАЗЧИК**

Общество с Ограниченной  
Ответственностью «ХОЛДИНГ-АВТО»  
445043, РФ, Самарская обл., г. Тольятти, ул.  
Южное шоссе 22, оф.25  
ИНН 6320026778 / КПП 632001001  
Банк:  
АО "Банк"Агророс"  
Р/с 40702810000000009984  
БИК 046311772  
Кор. /счет 30101810600000000772  
ОГРН 1186313025172  
ОКПО 28010558



А.В. Агошкова



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Модель ультразвуковой колебательной системы

