

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)

Машины и технология обработки металлов давлением

(направленность (профиль)/специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Соединитель порога пола» легкового автомобиля

Студент	<u>В.О. Луков</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>П.Н. Шенбергер</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.Н. Брега</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

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

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ Г.

Тольятти 2019

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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись) (И.О. Фамилия)

«23» декабря 2018 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Луков Виктор Олегович

1. Тема Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Соединитель порога пола» легкового автомобиля
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_.
3. Исходные данные для выполнения выпускной квалификационной работе Базовый технологический процесс изготовления детали, годовая программа выпуска 600000 штук в год, материал изделия сталь 08кп.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Анализ исходных данных технологического процесса, разработка технологического процесса, выбор оборудования и средств автоматизации, разработка эскизного проекта штампа, безопасность и экологичность объекта, экономическая часть.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала штамп для последовательной штамповки: план верха, план низа, разрез А-А, Разрез Б-Б; технологический процесс.

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль: А.Г. Егоров

«Экономическая эффективность»: Н.В. Зубкова

«Безопасность и экологичность»: П.А. Корчагин

7. Дата выдачи задания «30» января 2019 г.

Заказчик (указывается должность, место работы

Ученая степень, ученое звание) \_\_\_\_\_

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

(подпись)

П.Н. Шенбергер

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

В.О. Луков

(И.О. Фамилия)

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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения бакалаврской работы**

Студента Лукова Виктора Олеговича  
по теме: Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для  
изготовления детали «Соединитель порога пола» легкового автомобиля

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Анализ исходных данных технологического процесса	02.04.2019	04.04.2019	выполнено	
Разработка технологического процесса	12.04.2019	14.04.2019	выполнено	
Выбор оборудования и средств автоматизации	22.04.2019	25.04.2019	выполнено	
Разработка эскизного проекта штампа	10.05.2019	15.05.2019	выполнено	
Безопасность и экологичность объекта	20.05.2019	22.05.2019	выполнено	
Экономическая часть	30.05.2019	03.06.2019	выполнено	

Руководитель выпускной квалификационной работы

(подпись)

П.Н.Шенбергер

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе разработаны технологический процесс и спроектированы штампы для изготовления детали «Соединитель порога пола» легкового автомобиля.

Выполнена проверка технологичности детали, определена форма и размеры исходной заготовки, коэффициент использования металла, рассчитаны энергосиловые параметры по операциям проектной технологии. В работе был проведён выбор оборудования и определены его технические характеристики. Сконструирована новая штамповая оснастка, подходящая под выбранное оборудование. Были выбраны материалы и способы термообработки деталей штампов. В разделе безопасность и экологичность объекта предложены мероприятия по охране труда. В экономической части рассчитана себестоимость детали «Соединитель порога пола» по существующей и проектной технологиям, определены размеры капитальных вложений для её производства, проведено их сравнение.

## **ABSTRACT**

This bachelor's work presents, the technological process development and the design of die tooling for the manufacture of the part "Connector of a floor threshold" of a passenger car.

In the technological part of the project, the parts were tested for manufacturability, the shapes and sizes of the original billet, the metal utilization factor were determined, and the power parameters of the technology operations were calculated. Further, the selection of the required technological equipment and its technical characteristics was made. According to the die tooling, the executive dimensions of the working parts of the die were determined, the materials and methods of heat treatment of the stamp parts were selected. In the section on safety and environmental friendliness of the facility, measures for labor protection are set. In the economic part the cost of manufacturing of the part "Floor threshold connector" was calculated, the size of capital investments for its production was determined according to the existing and design technologies, and they were compared.

# СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	8
1. Анализ исходных данных.....	10
1.1. Анализ технологичности детали.....	10
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали.....	12
1.2.1 Описание базовой технологии.....	12
1.2.2 Недостатки базовой технологии.....	13
1.3. Задачи бакалаврской работы.....	19
2. Разработка технологического процесса изготовления детали....	20
2.1. Схема разрабатываемого технологического процесса.....	20
2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки.....	21
2.3. Проектирование рационального раскроя металла и определение коэффициента использования металла (КИМ).....	33
2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки.....	34
2.4.1 Определение усилий.....	34
2.4.2 Определение работы.....	37
3. Выбор оборудования.....	40
3.1. Выбор типоразмера и основные технические характеристики.....	40
3.2. Выбор средств автоматизации и основные технические характеристики.....	41
3.3. Планировка рабочего места.....	43
4. Разработка конструкции штамповой оснастки.....	46
4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки.....	46
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов для изготовления деталей штампа.....	48
4.2.1 Прочностной расчет пуансона из штампа для обрезки и пробивки....	48
4.2.2 Выбор материала для изготовления деталей штампа.....	49
4.3. Определение числа и расположения упругих элементов.....	50

4.4.	Определение центра давления штампа.....	52
5.	Безопасность и экологичность проекта.....	55
5.1.	Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	55
5.2.	Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	56
5.3.	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	57
5.4.	Технические средства обеспечения пожарной безопасности.....	58
5.5.	Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	59
5.6.	Идентификация экологических факторов технического объекта.....	60
5.7.	Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.....	61
6.	Экономическая эффективность.....	63
6.1.	Сравнительный анализ технологических вариантов.....	63
6.2.	Расчет себестоимости штамповой оснастки.....	64
6.3.	Расчет себестоимости изготовления и производства продукции.....	64
6.4.	Расчет параметров экономической эффективности сравниваемых вариантов.....	71
6.4.1	Расчет капитальных вложений.....	71
6.4.2	Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта.....	73
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>74</b>
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>75</b>

## ВВЕДЕНИЕ

«Листовая штамповка, или штамповка листового материала, является широко распространенной и весьма прогрессивной разновидностью технологии обработки металла давлением. Используя в качестве исходной заготовки листовой материал (полосу, ленту, лист), листовой штамповкой можно изготавливать большую номенклатуру самых разнообразных плоских и пространственных деталей.

Листовая штамповка находит применение во всех отраслях производства, связанных с изготовлением металлических деталей.

Особенно большое применение она находит в таких отраслях, как автомобиле-, тракторо- и самолетостроение, в оборонной промышленности, приборостроении, при изготовлении предметов домашнего обихода и тому подобных изделий. » [ 9, с.3].

В автомобилестроении методами листовой штамповки получают до 65% деталей легкового автомобиля, масса таких деталей составляет 35–50% общей массы. Например, кузов автомобиля в настоящее время производится в основном цельнометаллическим – сваривается из тонколистовых штампованных деталей. Как известно, кузов такой конструкции имеет ряд существенных преимуществ, он позволяет повысить эксплуатационные данные автомобиля (увеличить вместимость, грузоподъемность, срок службы, скорость), улучшить технологичность кузова (снизить трудоемкость изготовления, в некоторых случаях уменьшить расход металла, сократить количество деталей, входящих в кузов) и снизить стоимость автомобиля.

Наибольшее распространение листовая штамповка получила в производствах большой серийности, поскольку большие масштабы выпуска позволяют максимально использовать преимущества листовой штамповки с целью получения изделий минимальной стоимости.



Отсюда, целью выпускной бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления детали за счет автоматизации технологического процесса и снижения нормы расхода металла.

# 1. Анализ исходных данных

## 1.1 Анализ технологичности детали

Данная деталь «Соединитель порога пола» легкового автомобиля является каркасной. Она расположена под обшивкой автомобиля, поэтому данная деталь не является лицевой и отсюда требования к качеству поверхности не очень высокие. Но деталь сопрягается со множеством других деталей, поэтому места сопряжений должны быть повышенной точности.

Деталь «Соединитель порога пола» представляет собой пространственную форму. Изготавливается из холоднокатаной стальной ленты 08Ю.

Получение качественных деталей вытяжкой связано с необходимостью создания требуемой степени пластической деформации для сохранения рельефа после снятия нагрузки, с исключением значительных утонений металла и образованием складок на рабочих поверхностях деталей.

Основной операцией для данной детали является вытяжка. Формообразование производится за одну вытяжную операцию, вследствие чего получается высокое качество поверхности.

Основным технологическим требованием, предъявляемым к данной детали, получаемой вытяжкой, является упрощение геометрической формы [11]:

1. исключение сложных и несимметричных форм вытягиваемой детали, за счет последующей операции гибки;
2. исключение глубоких вытяжек с широким фланцем, требующих большого количества операций;
3. учет возможности вытяжки полуоткрытой несимметричной формы детали, за счет вытяжки замкнутой формы с последующей разрезкой на две детали.

«При обрезке и пробивке деталь должна удовлетворять следующим требованиям

1. Необходимо избегать сложных конфигураций с узкими и длинными вырезами контура или узкими прорезами;
2. Сопряжение сторон наружного контура следует выполнить с закруглениями лишь при вырубке детали по всему контуру. При составных матрицах и безотходном раскрое сопряжения сторон следует делать без закруглений под углом  $90^\circ$ ;
3. Наименьшее расстояние между отверстиями при одновременной их пробивке  $B \geq (2..3)S$ ;

где  $S$  – толщина, пробиваемой детали; в нашем случае  $S=1$ мм, а минимальное расстояние (из чертежа рис.1.1)  $B=120$  мм, следовательно

$$120 > 3 \text{ мм}$$

4. Наименьшее расстояние от края отверстия до замкнутой полки (при гибки после пробивки) должно составлять  $a \geq r + 2 \cdot S$  (рис 1.1);  
где  $r$  – радиус изгиба, в нашем случае  $r=10$  мм,  $S=1$ мм, следовательно

$$25 > 10 + 2 \cdot 1 \text{ мм}$$

$$25 > 12 \text{ мм}$$

5. Допуски на штампуемые детали должны быть экономически целесообразными, т.е. обеспечивать низкую стоимость и высокую стойкость штампов.

Кроме того, необходимо учитывать факторы, влияющие на качество деталей: утяжина, изгиб детали, заусенцы, упрочнения металла в зоне резания, неоднородность поверхности среза и т.д. [2, с 280]»

На основании проведенного анализа делаем вывод, что деталь технологична.

## 1.2 Анализ базовой технологии изготовления детали

### 1.2.1. Описание базовой технологии

Технологический процесс состоит из 5 операций:

1 операция (10) – резка заготовок. Лента шириной 580 мм с шагом 1580 мм разрезается на полосы. Каждая из которых режется на две заготовки с размерами 1580 × 290 мм. Данная операция является безотходной. Используются гильотинные ножницы модели Н 3218. За один ход вырубается 1 полоса (рис. 1.2). Операция выполняется на заготовительном участке.

Все последующие операции выполняются на линии кривошипных прессов Инноченти ( усилием 6,5 МН; 4,0 МН ), куда заготовки, связанные в стопы доставляются погрузчиком к головному прессу.

Второй операцией (20) является вытяжка (рис. 1.3) Здесь происходит формирование рельефа детали. Вытяжка представлена технологической надстройкой, которая обеспечивает натяжение металла. Положение детали в штампе определяется фиксаторами. Удаление детали с поверхности штампа происходит за счет толкателей снизу. После этого деталь переносится на ленточный транспортер «Тамп», при помощи механической руки «Саклин», с ленточного транспортера - на следующую операцию. Прилипание вытяжного перехода к частям верха предотвращают толкатели.

Третья операция (30)– обрезка предварительная, пробивка (рис 1.4). Положение детали в штампе определяется пространственной формой. Удаления отхода происходит по склизам, причем отход при обрезке рассекается на более мелкие части, для избегания застревания на склизах. Удаление детали с поверхности штампа за счет рычажных сбрасывателей, на транспортер «Тамп», после чего деталь переходит на следующую операцию.

Четвертой операцией (40) является правка фланцев (рис. 1.5). Правка применяется для уменьшения радиусов закругления и выпрямления боковых сторон детали. Положение детали в штампе определяется пространственной формой. Удаление детали с поверхности штампа за счет рычажных

сбрасывателей, на транспортер «Тамп», после чего деталь переходит на следующую операцию.

Пятой операцией (50) является клиновья пробивка и окончательная обрезка (рис 1.6). Положение детали в штампе определяется пространственной формой. Удаление детали с поверхности штампа происходит за счет рычажных сбрасывателей

Готовую продукцию укладывают в металлическую тару. Тара доставляется погрузчиком на склад.

### **1.2.2. Недостатки базовой технологии**

При анализе базового варианта технологии можно выделить следующие недостатки:

- 1) низкая производительность (большой объем ручного труда и т.д.);
- 2) заведомо сделан нерациональный раскрой, т.к. деталь новая, технология неотработанна;
- 3) высокая трудоёмкость;
- 4) недостаточная точность ввиду ручного труда
- 5) повышенная травмоопасность.

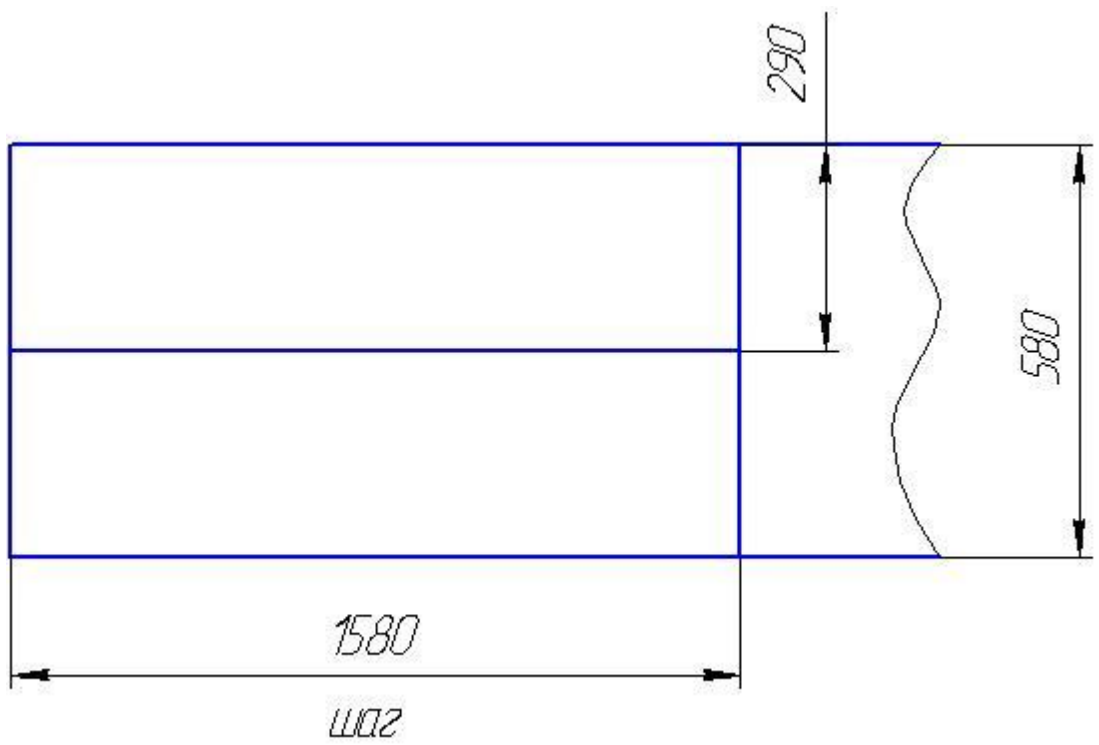


Рисунок 1.2- Резка полос на заготовке

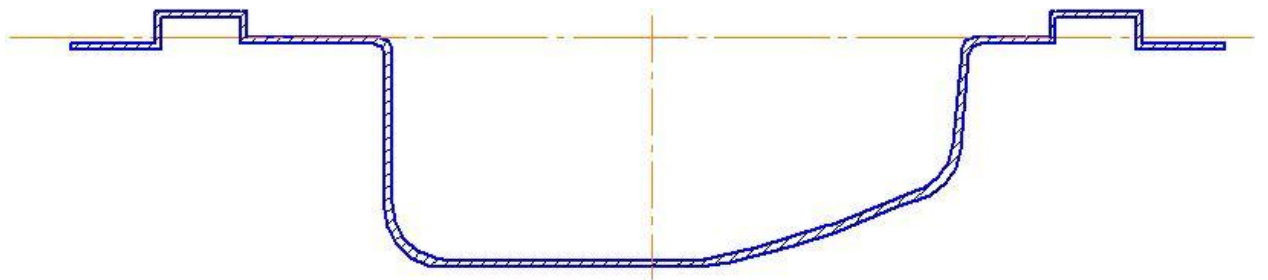


Рисунок 1.3- Вытяжка

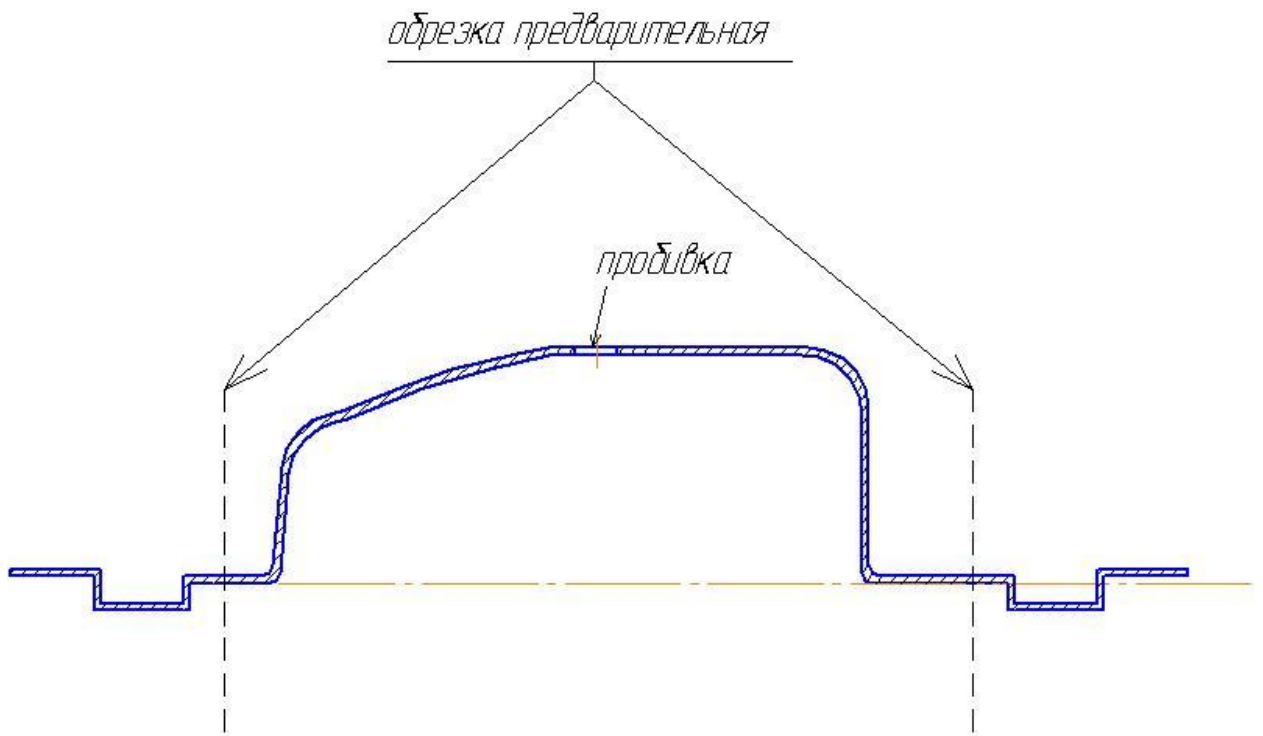
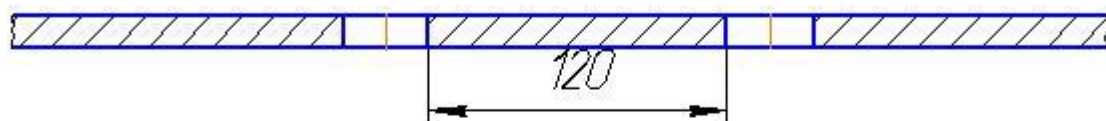


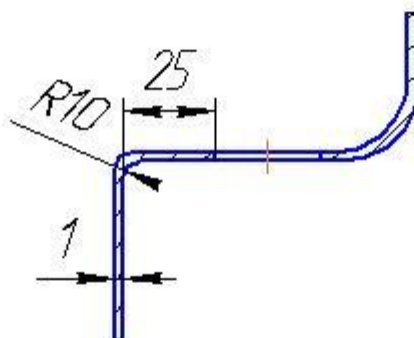
Рисунок 1.4- Обрезка предварительная, пробивка



*Пояснение к пункту 3 о наименьших расстояниях между пробиваемыми отверстиями*



*Пояснение к пункту 4 о наименьшем расстоянии от края отверстия до замкнутой полки*



*Пояснение к пункту 4 о наименьшей высоте отгибаемой полки*

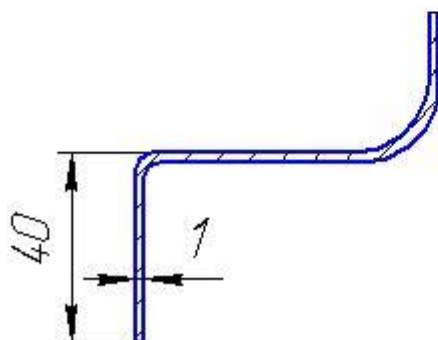


Рисунок 1.5- К анализу технологичности детали

-

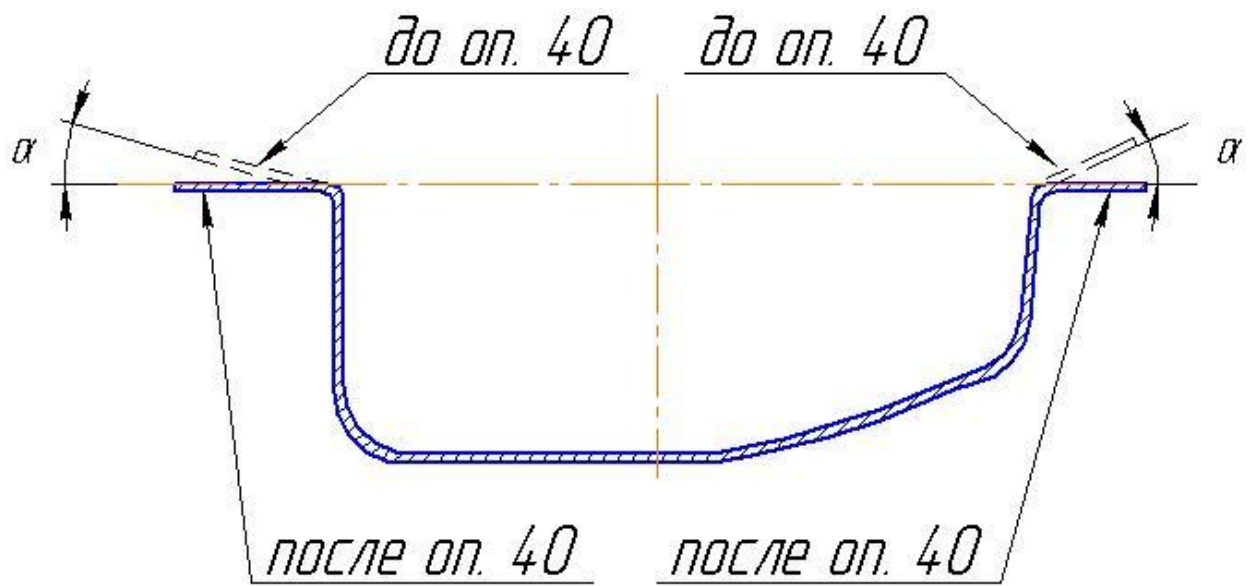


Рисунок 1.5- Правка фланцев

### 1.3 Задачи бакалаврской работы

Задачи формулируются с учетом выявленных недостатков базовой технологии с тем, чтобы разработать новый вариант технологии, не имеющий указанных недостатков.

Для достижения, ранее указанной цели бакалаврской работы нужно решить следующие задачи:

- Разработать усовершенствованный технологический процесс изготовления детали.
- Выбрать схему рационального раскроя.
- Выбрать оборудование и средства автоматизации, для предлагаемого варианта технологии производства детали.
- Выполнить проект новых штампов для реализации предложенного тех. процесса.
- Проверить на безопасность и экологичность технологического процесса изготовления детали.
- Провести расчет экономической эффективности базового и усовершенствованного процесса изготовления детали.

## **2. Разработка технологического процесса изготовления детали**

### **2.1 Схема разрабатываемого технологического процесса**

Для исключения основного недостатка существующего техпроцесса - невысокой производительности, необходимо произвести автоматизацию технологического процесса с переводом штамповки на многопозиционный пресс- автомат.

Составим новый технологический процесс.

По результатам пробных штамповок существующего технологического процесса было выявлено, что деталь требуемого качества получается из заготовки меньшего размера.

Первой операцией (10) происходит вырубка заготовок (рис. 2.1). Для увеличения производительности вырубной операции предложено использовать раскройную линию на основе прессы Пас-Коэлфид усилием 6,0 МН. с автоматической подачей рулонного материала в штамп. Заготовка вырубается на заготовительном участке.

Предположительно все последующие операции будут выполняться на пресс-автомате.

Второй операцией (20.1) является вытяжка (рис. 2.2). Здесь происходит формирование рельефа детали. Вытяжка представлена технологической надстройкой, которая обеспечивает натяжение металла. На последующую операцию заготовка передается автоматически, при помощи грейферных линеек.

Третьей операцией (20.2) – обрезка предварительная и пробивка (рис. 2.3). Фиксация заготовки на пространственную форму заготовки. Удаления отхода происходит по склизам, причем отход при обрезке рассекается на более мелкие части, для избегания застревания на склизах. На последующую операцию заготовка передается при помощи грейферных линеек.

Четвертой операцией (20.3) является правка фланцев (рис. 2.4). Правка применяется для уменьшения радиусов закругления и выпрямления боковых сторон детали. Положение детали в штампе определяется пространственной формой. На последующую операцию заготовка передается при помощи рейферных линеек.

Пятой операцией (20.4) является клиновья пробивка и окончательная обрезка. Положение детали в штампе определяется пространственной формой.

Готовые изделия укладываются в тару, которая доставляется на склад готовой продукции.

В проектном варианте технологии применение автоматической линии – пресс-автомата с рейферной подачей сокращает количество рабочих на изготовлении данной детали, снижает травмоопасность, уменьшает количество занимаемого места оборудованием, повышая точность штамповки.

## **2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки**

«В основу расчета определения размеров исходных заготовок при вытяжке положен принцип равенства объемов заготовки и готовой детали, так как в процессе пластической деформации объем металла остается постоянным.

При вытяжке без преднамеренного утонения стенок изменением толщины материала обычно пренебрегают, и определение размеров заготовки производят по равенству площади поверхности заготовки и готовой детали с припуском на технологическую надстройку и обрезку.[4]»

«В практической работе рассматриваются случаи вытяжки, разными способами подсчета размеров заготовки

1. вытяжка круглых деталей (являющихся телами вращения) простой формы;
2. вытяжка круглых деталей сложной формы;
3. вытяжка прямоугольных коробчатых деталей;

4. вытяжка деталей сложной и несимметричной конфигурации;
5. вытяжка с утонением материала.» [2,с 90]

В данном случае деталь сложной формы, с помощью технологической надстройки вытяжки принимает коробчатую форму.

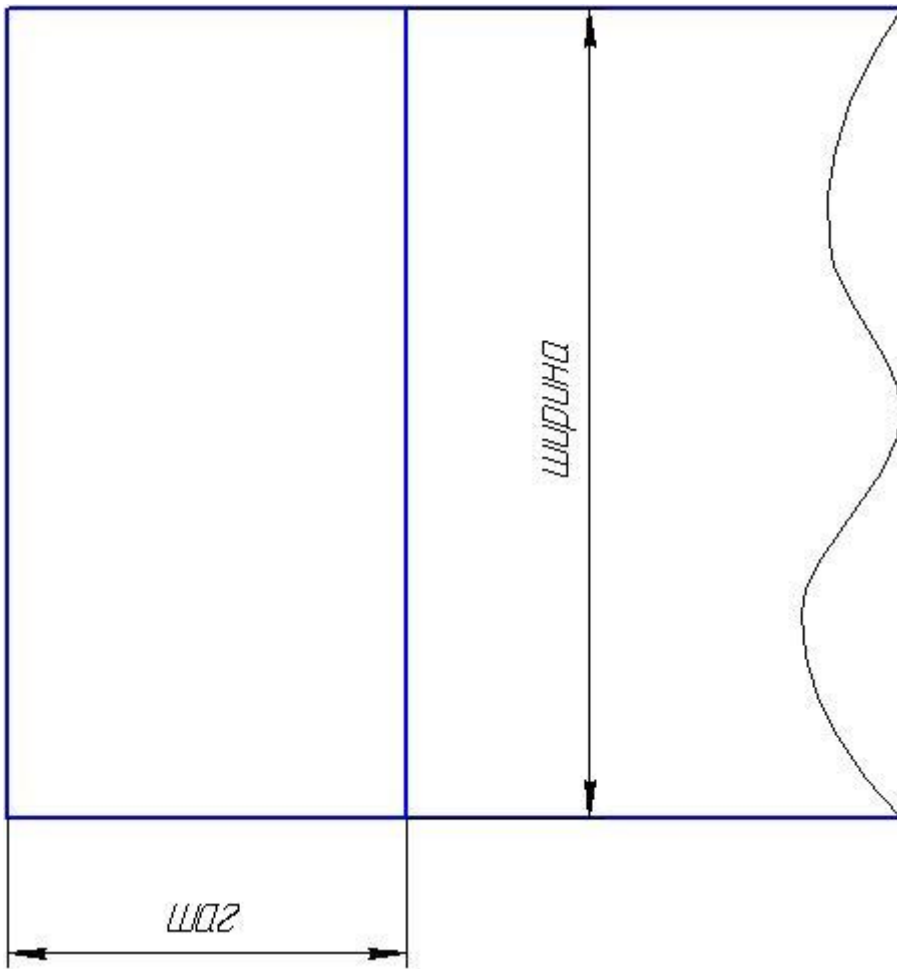


Рисунок 2.1- Вырубка заготовок

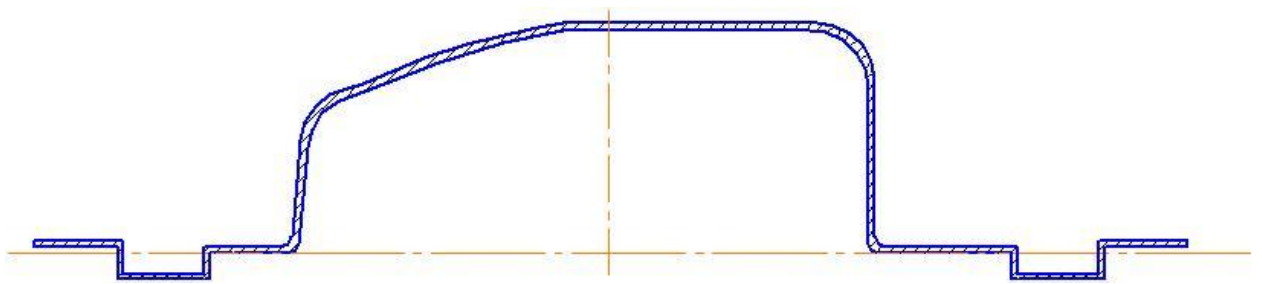


Рисунок 2.2- Вытяжка



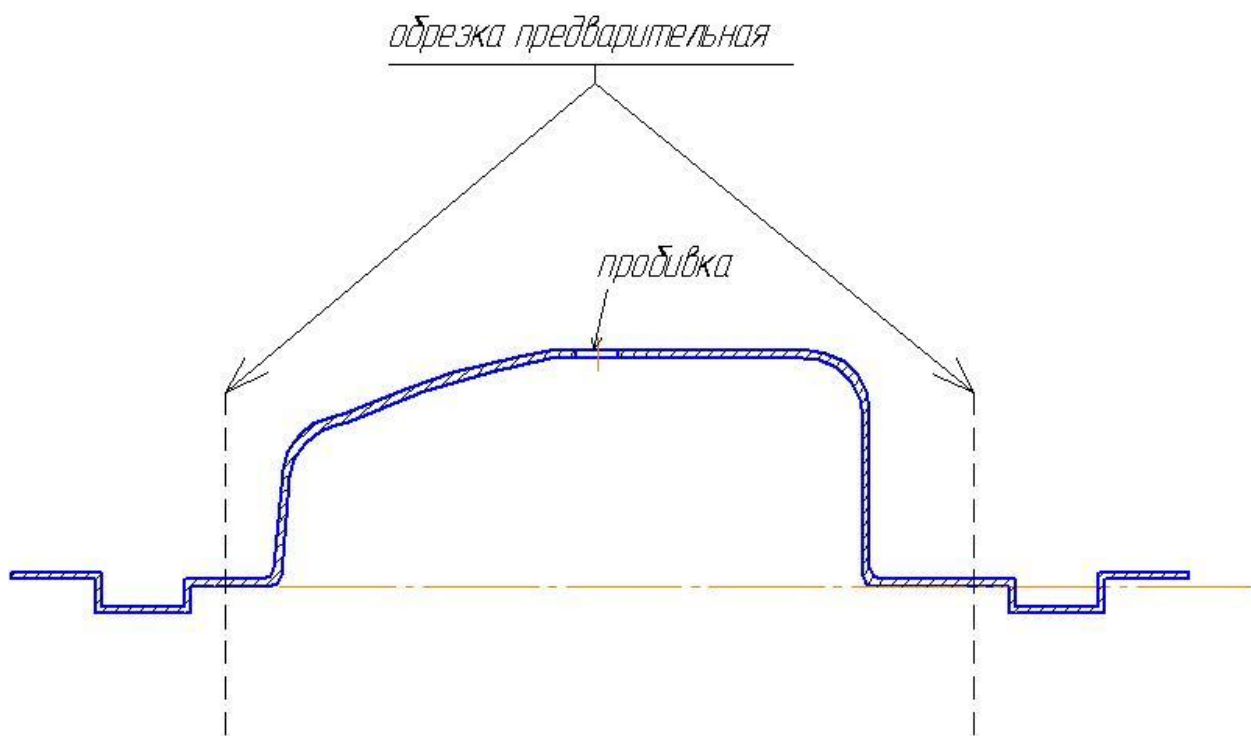


Рисунок 2.3- Обрезка предварительная, пробивка

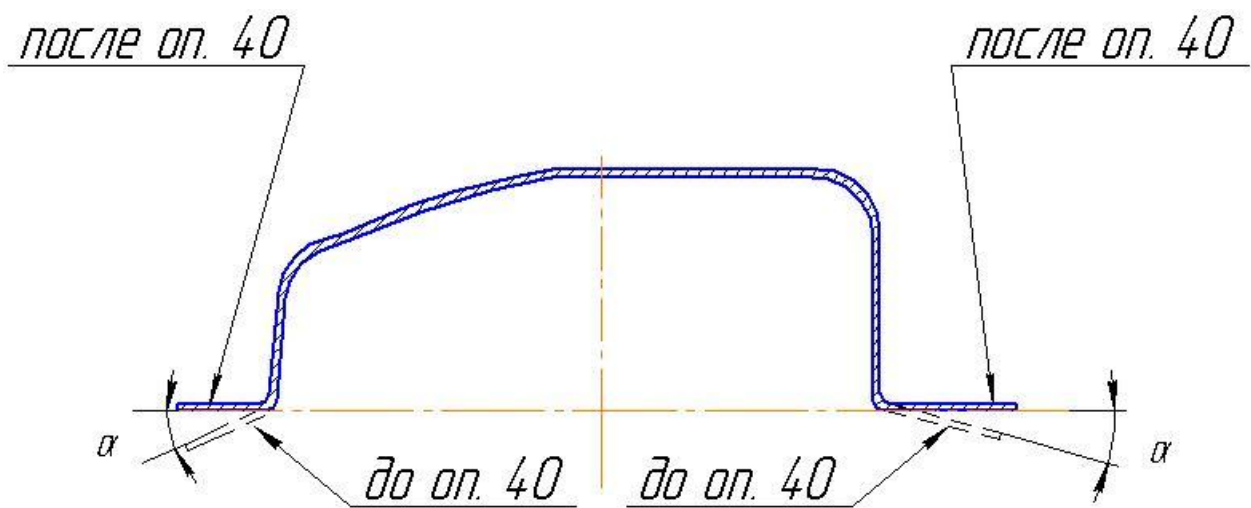


Рисунок 2.4- Правка фланцев

«В большинстве случаев для деталей сложной пространственной формы не предъявляется особых требований к точности размеров заготовок. Поэтому методов точного расчёта таких заготовок не существует.

Определение размеров плоских заготовок при вытяжке, основано на равенстве длины заготовки длине нейтрального слоя изогнутой детали и сводится к определению положения и длины нейтрального слоя в зависимости от относительного радиуса изгиба  $r/S$ .» [ 4 ]

Рассмотрим характерные поперечные сечения детали.

Сечение А-А (рис. 2.5):

$$L_{A-A} = l_1 + \frac{\pi \cdot R_1}{2} + l_2 + \frac{\pi \cdot R_2}{2} + l_3 + \frac{\pi \cdot R_3}{2} + l_4 + \frac{\pi \cdot R_4}{2} + l_5 + \frac{\pi \cdot R_5}{2} + l_6 =$$

$$17,5 + \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 8 + \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 31 + \frac{3,14 \cdot 8}{4} + 10 + \frac{3,14 \cdot 5}{2} + 12 + \frac{3,14 \cdot 8}{2}$$

$$+ 32 = 236 \text{ мм.}$$

Сечение Б-Б (рис. 2.6):

$$L_{B-B} = l_1 + \frac{\pi \cdot R_1}{2} + l_2 + \frac{\pi \cdot R_2}{2} + l_3 + \frac{\pi \cdot R_3}{2} + l_4 + \frac{\pi \cdot R_4}{2} + l_5 + \frac{\pi \cdot R_5}{2} + l_6 + \frac{\pi \cdot R_6}{2} + \frac{\pi \cdot R}{2} =$$

$$= 17,5 + \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 8 + \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 31 + \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 51 + \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 32 + \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 8 + \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 17 =$$

$$= 275 \text{ мм.}$$

Сечение В-В (рис. 2.7):

$$L_{\Gamma-\Gamma} = L_{A-A'} = 236 \text{ мм.}$$

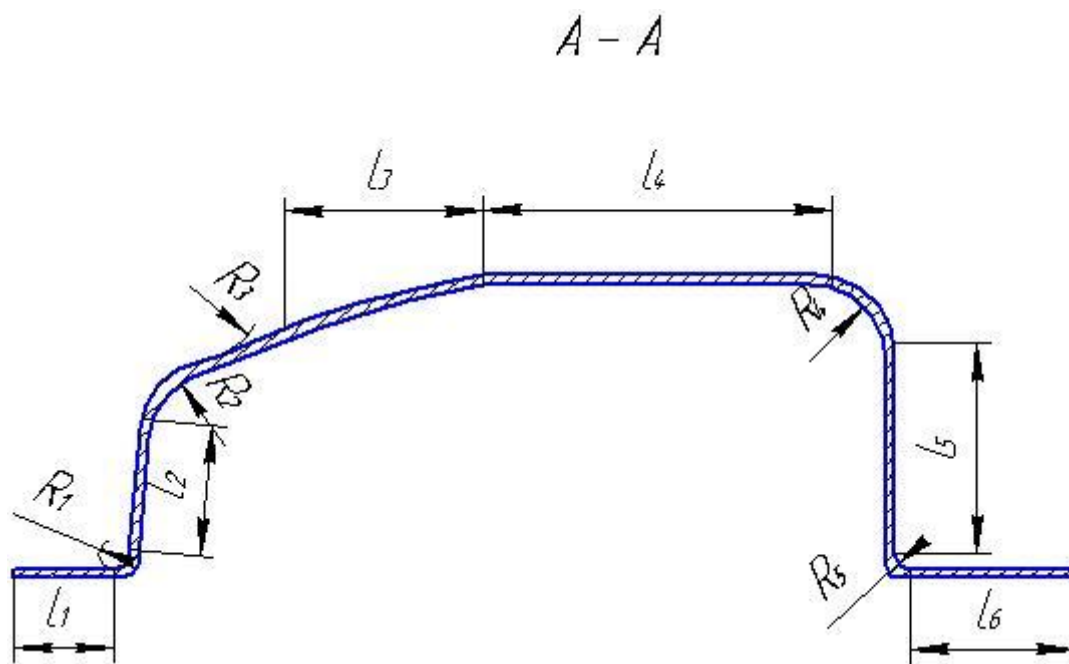


Рисунок.2.5- К расчёту длины заготовки

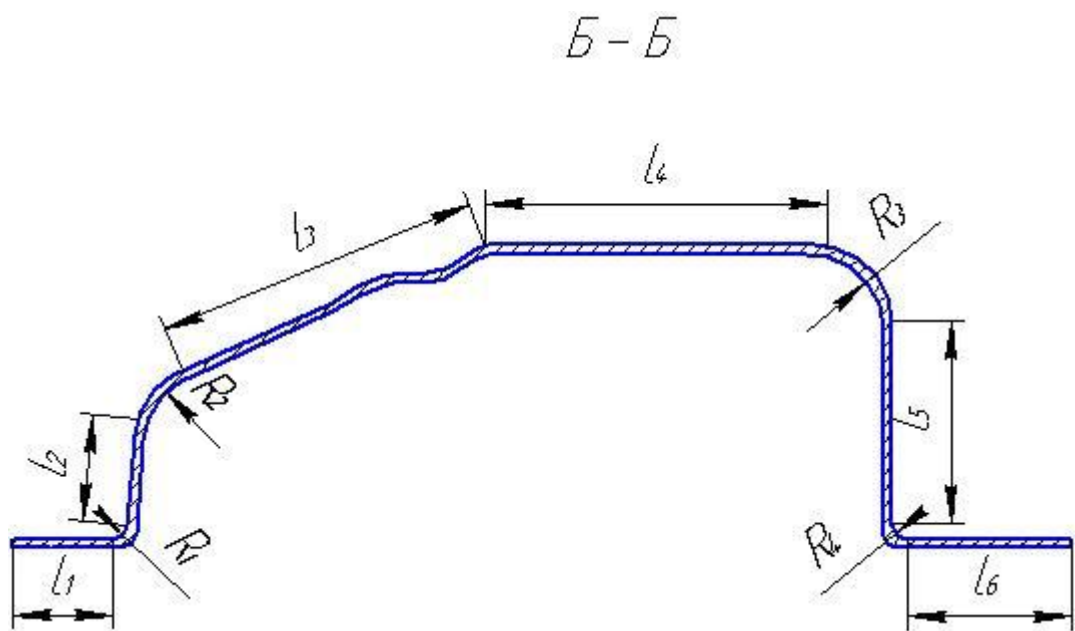


Рисунок 2.6- К расчёту длины заготовки

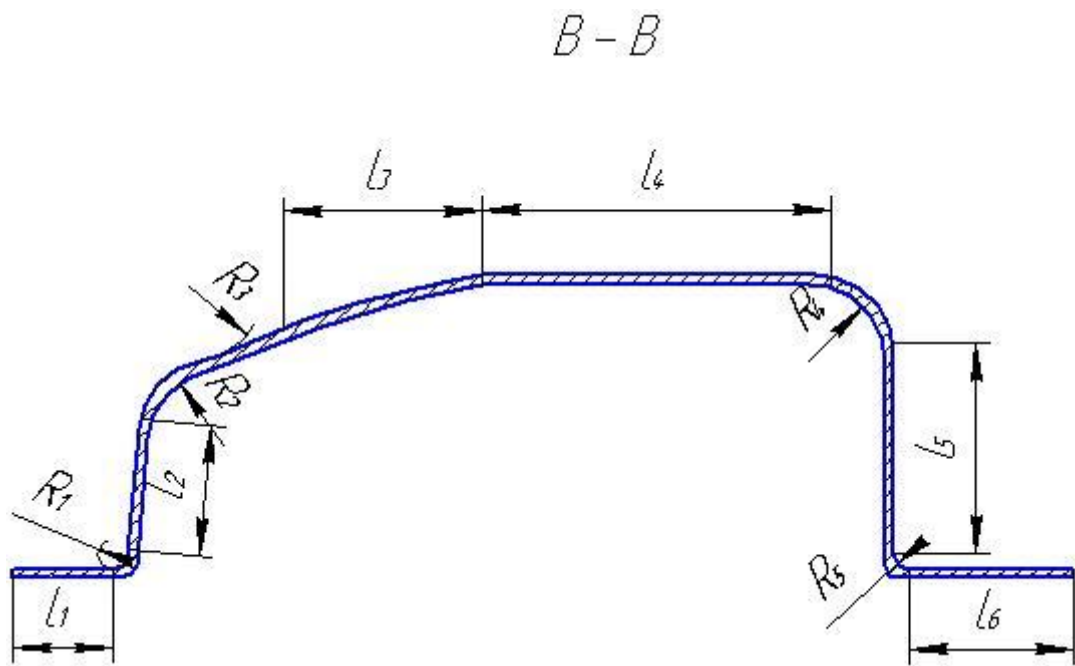


Рисунок 2.7- К расчёту длины заготовки

Рассмотрим характерные сечения в продольном направлении, достаточно рассмотрение одного.

Сечение Г-Г (рис. 2.8):

$$\begin{aligned} L_{Д-Д} &= l_1 + \frac{\pi \cdot R_1}{2} + l_2 + \frac{\pi \cdot R_2}{2} + l_3 + \frac{\pi \cdot R_3}{2} + \frac{\pi \cdot R_4}{2} + l_4 + \frac{\pi \cdot R_5}{2} + l_5 + \frac{\pi \cdot R_6}{2} + l_6 + \frac{\pi \cdot R_7}{2} + \frac{\pi \cdot R_8}{2} = \\ &= 125 + \frac{3,14 \cdot 2}{2} + 128,5 + \frac{3,14 \cdot 10}{2} + 1050 + \frac{3,14 \cdot 15}{2} + \frac{3,14 \cdot 5}{2} + 128,5 + \\ &+ \frac{3,14 \cdot 16}{2} + \frac{3,14 \cdot 2}{2} + \frac{3,14 \cdot 20}{2} + \frac{3,14 \cdot 10}{2} + 118 = 1550 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Величина продольной развертки составит:

$$L_{\text{заг}}^{\Gamma-\Gamma} = 1550 \text{ мм.}$$

В поперечном направлении сечение А-А:

$$L_{\text{заг}}^{\text{Б-Б}} = 275 \text{ мм,}$$

Найденные размеры заготовки составляют 1550x275мм.

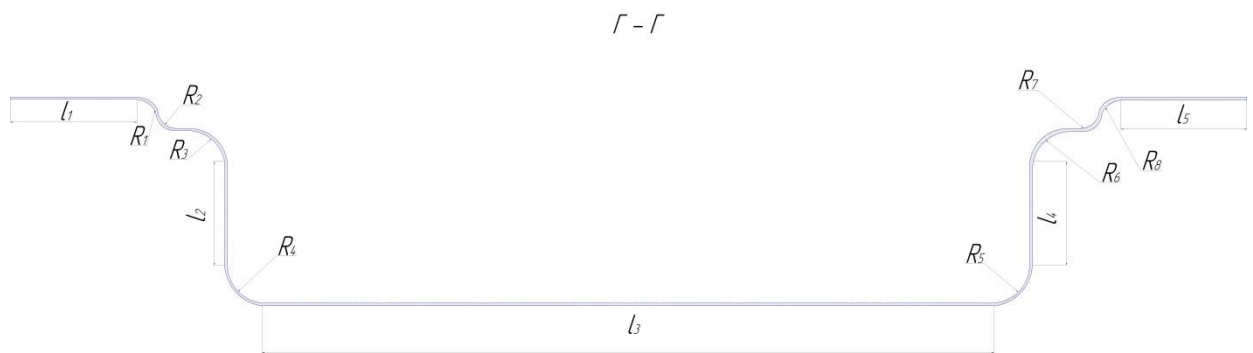


Рисунок 2.8- К расчёту длины заготовки



### 2.3. Проектирование рационального раскроя металла и определение коэффициента использования материала (КИМ)

«Экономия металла и уменьшение отходов в холодной листовой штамповке имеют весьма важное значение, особенно в крупносерийном и массовом производстве, так как при больших масштабах производства даже незначительная экономия металла на одном изделии даёт в итоге большую экономию.

Раскрой листового металла на штучные заготовки и полосы является первой операцией, связанной с потерями металла в виде обрезков и неиспользуемых отходов.

Различные способы раскроя полосового материала по экономичности и величине технологических отходов могут быть разделены на три вида

1. раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму;
2. малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка;
3. безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путём прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек.» [2, с.284, 285]

Учитывая выше сказанное, выбираем безотходный тип раскроя.

«Найдем коэффициент материала:

$$K_m = \frac{M_{дет.}}{M_{заг.}} \cdot 100\% , \quad (2.1)$$

где  $K_m$  -коэффициент использования материала (КИМ),

$M_{дет.}$  - масса детали,

$M_{заг.}$  - масса заготовки.

$$K_m = 2,700_{кг} : 3,41_{кг} \cdot 100\% = 79,1\% .» [ 7]$$

Коэффициент равен 79,1%, значит, в отход уйдет 20,9% металла.

## 2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки

### 2.4.1. Определение усилий

#### Операция 10. Вырубка заготовок:

«Листовые материалы для холодной штамповки в большинстве случаев предварительно разрезают на полосы или заготовки необходимых размеров. Резка полос является заготовительной операцией и производится на рычажных, гильотинных, дисковых или вибрационных ножницах, а также на специальных отрезных штампах.

На срезанной кромке листа чётко выделяются две зоны: узкая блестящая полоска, соответствующая пластической стадии, и более широкая матовая зона скалывания. При резке толстого металла получается S-образная форма скола.» [2, с 8]

$$L=1,550 \text{ м};$$

$$S=1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м};$$

$$\sigma_{\text{ср}} = 260 \text{ МПа};$$

$k$  – коэффициент, учитывающий неоднородность металла и состояние режущих кромок инструмента, по таблице [2]  $k=1$ .

$$P_{\text{ср}} = 1,550 \cdot 0,001 \cdot 260 \cdot 1, = 0,403 \text{ МН.}$$

Усилие снятия заготовки с пуансона находится по формуле [1]:

$$\ll P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \cdot P \tag{2.3}$$

где  $P_{\text{сн}}$  – усилие снятия;

$k_{\text{сн}}$  – коэффициент снятия, по таблице» [2]  $k_{\text{сн}} = 0,06$ ;

$P$  – суммарное усилие.

$$P_{\text{сн}} = 0,06 \cdot 0,403 = 0,024 \text{ МН.}$$

Общее усилие отрезки [1]:

$$P_1 = P + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}}, \tag{2.4}$$

$$P_2 = 0,403 + 0,024 = 0,427 \text{ МН.}$$

### Операция 20<sup>1</sup>. Вытяжка:

Усилие вытяжки определяется по формуле

$$\langle P = L \cdot S \cdot \sigma_B \cdot \kappa_H \quad (2.5)$$

где P – усилие вытяжки;

L – периметр изделия

$\sigma_B$  – предел прочности, по таблице [2, с 171]  $\sigma_B = 300$  МПа;

$\kappa_H$  – коэффициент, по таблице [2, табл.73]  $\kappa_H = 1,2$ ;

S – толщина материала,  $S = 1$  мм = 0,001 м [4]

$$P = 3,65 \cdot 0,001 \cdot 300 \cdot 1,2 = 1,314 \text{ МН.}$$

«Усилие прижима

$$Q = F \cdot q, \quad (2.6)$$

где Q – усилие прижима;

F – площадь заготовки под прижимом,  $F = 71280$  мм<sup>2</sup> q – давление прижима,  $q = 0,0000025$  МПа, по таблице [2, табл.77].

$$Q = 71280 \cdot 0,0000025 = 0,1782 \text{ МН.}$$

Общее усилие вытяжки:

$$P_1 = Q + P, \quad (2.7)$$

$$P_1 = 0,1782 + 1,314 = 1,4922 \text{ МН.}$$

### Операция 20<sup>2</sup>. Обрезка предварительная, пробивка:

L = 3,43 м;

S = 1 мм = 0,001 м;

$\sigma_{cp} = 260$  МПа;

$\kappa$  – коэффициент, учитывающий неоднородность металла и состояние режущих кромок инструмента, по таблице [2]  $\kappa = 1,2$ .

$$P_{cp} = 3,43 \cdot 0,001 \cdot 260 \cdot 1,2 = 1,07 \text{ МН.}$$

Усилие прижима равно усилию снятия находится по формуле [2];

$\kappa_{ch} = 0,07$  по таблице [2];

P – усилие резания,  $P = 1,07$  МН

$$P_{ch} = 0,07 \cdot 1,07 = 0,0749 \text{ МН.}$$

Суммарное усилие находится по формуле [2];

$$P = P_{\text{cp}} + P_{\text{ch}}, \quad (2.10)$$

$$P = 1,07 + 0,0749 = 1,145 \text{ МН.}$$

Усилие проталкивания находится по формуле [2];

$$P_{\text{пр}} = \kappa_{\text{пр}} \cdot P_{\text{cp}} \cdot n \quad (2.11)$$

$\kappa_{\text{пр}}$ - коэффициент проталкивания, по таблице [2]  $\kappa_{\text{пр}} = 0,08$ ;

$n$  – количество деталей, находящихся в шейке матрицы, по таблице [2]  $n=3$ .

$$P_{\text{пр}} = 0,08 \cdot 1,07 \cdot 1 = 0,0856 \text{ МН.}$$

Общее усилие обрезки, пробивки:

$$P_2 = P + P_{\text{ch}} + P_{\text{пр}}, \quad (2.12)$$

$$P_2 = 1,07 + 0,0749 + 0,0856 = 1,23 \text{ МН.}$$

### **Операция 20<sup>3</sup> Правка фланцев:**

« Расчетное усилие правки определяется по формуле

$$P = F \cdot p \quad (2.13)$$

где  $P$  – усилие правки;» [2]:

$F$  – площадь заготовки, подвергаемая правке  $F=18000 \text{ мм}^2$

$p$  – давление,  $p = 150 \text{ МПА}$

$$P = 18000 \cdot 150 = 2,7 \text{ МН.}$$

### **Операция 20<sup>4</sup>. Клиновая пробивка и окончательная обрезка:**

Расчётное усилие [2]:

$$L=2,346 \text{ м}$$

$$S=1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м};$$

$$\sigma_{\text{cp}} = 260 \text{ МПА};$$

$\kappa$  – коэффициент, учитывающий неоднородность металла, и состояние режущих кромок инструмента, по таблице [2]  $\kappa=1,2$

$$P_{\text{cp}} = 2,346 \cdot 0,001 \cdot 260 \cdot 1,2 = 0,732 \text{ МН.}$$

Усилие прижима равно усилию снятия находится по формуле [2]:

$$P_{\text{ch}} = \kappa_{\text{ch}} \cdot P \quad (2.15)$$

где  $P_{\text{ch}}$  – усилие прижима;

$\kappa_{\text{ch}}$  – коэффициент снятия, по таблице [2]  $\kappa_{\text{ch}} = 0,07$ ;

$P$  – усилие резания,  $P=0,732$  МН

$P_{сн} = 0,07 \cdot 0,732 = 0,051$  МН.

Суммарное усилие находится по формуле [2]:

$$P = P_{ср} + P_{сн}, \quad (2.16)$$

$$P = 0,732 + 0,051 = 0,783 \text{ МН}$$

Усилие проталкивания находится по формуле [2]:

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P \cdot n \quad (2.17)$$

$k_{пр}$  – коэффициент проталкивания, по таблице [2]  $k_{пр} = 0,08$ ;

$n$  – количество деталей, находящихся в шейке матрицы, по таблице [2]  $n=3$ .

$$P_{пр} = 0,783 \cdot 3 \cdot 0,08 = 0,188 \text{ МН.}$$

Общее усилие клиновой пробивки, окончательной обрезки [2]:

$$P = P + P_{сн} + P_{пр}, \quad (2.19)$$

$$P = 0,783 + 0,188 = 0,97 \text{ МН.}$$

**Общее усилие прессы:**

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (2.20)$$

$$P = 1,4922 + 1,23 + 2,7 + 0,97 = 6,393 \text{ МН.}$$

## 2.4.2. Определение работы

**Операция 10. Вырубка заготовок:**

«Работа считается по формуле:

$$A = x \cdot P \cdot S, \quad (2.22)$$

где  $A$  – работа среза;

$x$  – коэффициент, по таблице» [2, с. 21]  $x = 0,75$ ;

$P$  – усилие вырубки,  $P=0,427$  МН

$S$  – толщина металла,  $S=1$  мм.

$$A = 0,75 \cdot 0,427 \cdot 0,001 = 0,71 \text{ кДж.}$$

**Операция 20<sup>1</sup>. Вытяжка;**

Работа считается по формуле [1]:

$$A = C \cdot P \cdot h \quad (2.23)$$

где  $A$  – работа вытяжки;

$C$  – коэффициент, по таблице [2]  $C = 0,7$ ;

$P$  – усилие вытяжки,  $P = 1,4922$  МН

$h$  – глубина вытяжки,  $h = 80$  мм;

$$A = 0,7 \cdot 1,4922 \cdot 0,08 = 83 \text{ кДж.}$$

### **Операция 20<sup>2</sup>. Обрезка предварительная, пробивка:**

«Работа считается по формуле 2.23:

$$A = x \cdot P \cdot S$$

где  $A$  – работа вырубки;

$x$  – коэффициент, по таблице» [2, с 22]  $x = 0,75$ ;

$S$  – толщина металла,  $S = 1$  мм;

$P$  – усилие среза,  $P = 1,38$  МН

$$A = 0,75 \cdot 1,23 \cdot 0,001 = 0,92 \text{ кДж}$$

### **Операция 20<sup>3</sup>. Правка фланцев:**

$P = 2,71$  МН

$k = 0,60$ ;

$H$  – ширина отгибаемого участка,  $H = 240$  мм  $A = 0,240 \cdot 2,71 \cdot 0,60$   
 $= 39$  кДж.

**Операция 20<sup>4</sup>.** Работа считается по формуле 2.22:

$$A = x \cdot P \cdot S$$

где  $A$  – работа вырубки;

$x$  – коэффициент, по таблице [2]  $x = 0,75$ ;

$S$  – толщина металла,  $S = 1$  мм;

$P$  – усилие среза,  $P = 0,94$  МН

$$A_2 = 0,97 \cdot 0,75 \cdot 0,001 = 0,705 \text{ кДж.}$$

**Общая работа пресса:**

$$A_{\text{общ}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (2.25)$$

$$A_{\text{общ}} = 83 + 0,92 + 39 + 0,705 = 123,6 \text{ кДж}$$

### 3. Выбор оборудования

#### 3.1. Выбор типоразмера и основные технические характеристики

Выбор оборудования производится согласно схеме разработанного технологического процесса изготовления детали «Соединитель порога пола» на автомобиль

При выборе прессового оборудования ориентируются на следующие рекомендации:

- 1) вид пресса и размер рабочего хода должны соответствовать требуемой величине перемещения инструмента;
- 2) паспортное значение усилия пресса должно превышать усилие штамповки;
- 3) мощность развиваемая прессом должна превышать значение работы, требуемой операции;
- 4) жесткость пресса для выполнения силовых операций;
- 5) высота межштампового пространства равна закрытой высоте штампа;
- 6) размеры стола и ползуна пресса должны подходить под нужное количество штампов;
- 7) число ходов пресса обеспечивает нужную производительность штамповки;
- 8) Наличие пневоподушек нужных параметров;
- 9) обслуживание пресса должно быть по всем техникам безопасности.

Основные параметры пресса: усилие, величина рабочего хода, величина хода и усилие пневмобуфера (пневмоподушек), закрытая высота и размеры стола пресса.

Выбор пресса по усилию производят следующим образом. Усилие, которое необходимо, находят по формулам.

$$P_{пр} = 1,25 \cdot 6,393 = 7,99 \text{ МН.}$$



«Так как прессы изготавливают в определенном интервале по номинальному усилию (100; 2000; 4000 кН и т. д.), то обычно при выборе прессы расчетное усилие не соответствует точно номинальному усилию. Поэтому пресс берут заведомо большего усилия, чем требуется по расчету. Применение более сильного прессы обеспечивает повышенную жесткость и меньшее пружинение станины, а, следовательно, и большую стойкость штампов, особенно для разделительных операций. Некоторый избыток усилия против расчетного предохраняет от поломки при случайном попадании более толстой заготовки. [2, с.322] » Пресс- автомат MW-1000 подходит по всем критериям (число позиций – 7, усилие – 10 МН), но габариты заготовки не позволяют использовать это оборудование.

Выбираем пресс- автомат Эрфурт 1700, усилием 17 МН. После выбора прессы по усилию необходимо проверить пригодность прессы по работе.

Необходимая полезная работа прессы при непрерывных ходах определяется по формуле, табл.158 [2]:

$$A_{пр.н} = 0,224 \cdot \sqrt{P^3} = 0,224 \cdot \sqrt{1700^3} = 15700 \text{ т.с} \cdot \text{мм} = 157000 \text{ кДж}, \quad (3.2)$$

Видно, что пресс так же пригоден по работе. Исходя из выше перечисленного, выбираем пресс – автомат Эрфурт 1700, усилием 17 МН. Основные его характеристики сведены в таблицу 3.1.

### **3.2. Выбор средств автоматизации и основные характеристики**

«Автоматизация листовых штамповочных работ позволяет в несколько раз увеличить производительность труда, а также обеспечивает полную безопасность работы на прессах.

Автоматизация листоштамповочного производства осуществляется одним из следующих способов:

- 1) автоматизация штамповки на универсальных прессах;
- 2) штамповкой на универсальных штамповочных аппаратах, допускающих переналадку для изготовления различных изделий;
- 3) штамповкой на специальных штамповочных автоматах, предназначенных для изготовления одного определенного изделия;
- 4) комплексной автоматизацией с применением автоматических и автоматизированных линий. [2, с.465] »

Для изготовления детали «Соединитель порога пола» на легковой автомобиль применяем пресс – автомат Эрфурт 1700, усилием 17 МН, оснащенного механизмом перемещения штучных заготовок –грейферными линейками.

Рассмотрим средства механизации подачи полос, лент и штучных заготовок в процессе штамповки.

«В зависимости от характера материала (заготовки) применяются следующие виды механизации подачи:

1. для рулонного и полосового материала – автоматизация подачи при помощи устройств валкового, клещевого и крючкового типов;
2. для листового материала – обычно механизация подъема и направления листа, реже автоматизация подачи при штамповке (зигзагового типа);
3. для штучных заготовок – автоматизация подачи при помощи бункерных устройств и грейферных механизмов, в ряде же случаев – механизация подачи посредством лотковых, револьверных, фрикционных и магазинных механизмов, требующих ручной укладки заготовок в определенном положении.[2, с.468]»

Заготовки представлены штучные, поэтому дальше будут рассмотрены грейферные механизмы, т.к. все остальные механизмы подач не подходят из-за необходимости ручной укладки заготовок в определенном положении.

Грейферные механизмы являются принадлежностью многопозиционных прессов – автоматов. Грейферные механизмы предназначены для подачи заготовок любой величины и сложной геометрической конфигурации.

Грейферные механизмы подразделяются на 2-х и 3-х координатные. Первые из них выполняют движения в плоскости: сближение – захват заготовок и продольное перемещение на шаг подачи; - применяются для плоских деталей или изделий с очень неглубоким рельефом. Трёхкоординатные грейферные механизмы кроме 2-х названных движений выполняют еще подъем заготовок на определенную высоту над штампом. Поэтому могут использоваться для деталей глубокой формы и являются более универсальными и применимы для разрабатываемого техпроцесса.

### **3.3. Планировка рабочего места**

Планировка рабочего места имеет большое значение при разработке технологических проектов для массового выпуска изделий.

«Высокая производительность труда и прогрессивные методы работы возможны лишь при наличии правильной организации трудового процесса и рабочего места.

Необходимо предусмотреть мероприятия по сокращению потерь времени на переналадку оборудования путём механизации работ по установке штампов и повышению производительности труда наладчиков. Необходимым условием для этого является надлежащая организация штампового хозяйства и транспортирования штампов.

В организацию рабочего места штамповщика входит:

- 1) правильная и наиболее удобная планировка рабочего места, включая способы и места укладки заготовок, готовых изделий и отходов;
- 2) необходимая подготовка материалов и полуфабрикатов;
- 3) обеспечение рабочего места вспомогательными инструментами;

- 4) содержание в исправности и рабочей готовности пресса и штампа;
- 5) содержание рабочего места в чистоте и порядке. [2, с.346] »

Так как применена автоматическая линия, расположение оборудования в порядке технологического процесса является обязательным.

Характеристики выбранного оборудования приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1- Основные характеристики пресс – автомата «Эрфурт 1700»

<i>№</i>	<i>Характеристика прессы</i>	<i>Значение</i>
<i>1.</i>	<i>Максимальное усилие ползуна (13мм от Н.М.Т)</i>	<i>17 МН</i>
<i>2.</i>	<i>Максимальное усилие ползуна на каждой стороне под точками подвески</i>	<i>8,5МН</i>
<i>3.</i>	<i>Число ходов на холостом ходу в минуту</i>	<i>10-18</i>
<i>4.</i>	<i>Число рабочих позиций</i>	<i>6</i>
<i>5.</i>	<i>Расстояни между позициями</i>	<i>1000мм</i>
<i>6.</i>	<i>Ход ползуна</i>	<i>650мм</i>
<i>7.</i>	<i>Регулировка ползуна</i>	<i>100мм</i>
<i>8.</i>	<i>Регулировка клиновых плит</i>	<i>8мм</i>
<i>9.</i>	<i>Максимальная закрытая высота(ход вниз, регулир. вверх)</i>	<i>1360мм</i>
<i>10.</i>	<i>Минимальная закрытая высота</i>	<i>1260мм</i>
<i>11.</i>	<i>Рекомендуемая закрытая высота с монт. пл.</i>	<i>1280мм</i>
<i>12.</i>	<i>Рекомендуемая толщина монтажной плиты</i>	<i>110мм</i>

## **4. Разработка конструкции штамповой оснастки**

Конструкция штампа обеспечивает нужную производительность труда и качество детали. Данные требования определяют сложность и стоимость конструкции. Стоимость, значительно зависит от выполняемой программы выпуска изделия, т.к. с увеличением программы возрастает стоимость оснастки.

Для снижения трудоемкости изготовления, кроме технологичности деталей штампа, необходимо обеспечивать технологичность сборки и технологичность эксплуатации и ремонта деталей штампа.

Т.к все штампы устанавливаются на одном прессе-автомате и предназначены для работы в автоматическом режиме в их конструкции имеется ряд общих конструктивных исполнений.

1. Все штампы должны иметь одинаковую ширину – 980мм., которая обусловлена величиной шага продольной подачи грейферных леек.
2. Высота нижней половины штампов должна быть одинаковой, чтобы не мешать движению грейферных леек.
3. Во всех штампах обязательно наличие подпружиненных подъемников, обеспечивающих подъем изделия над частями штампов для подхвата его грейферными линейками.
4. В верхней половине штампа обязательны подпружиненные отлипатели для удаления изделия.
5. Во всех штампах должны быть установлены ловители или фиксаторы для позиционирования изделия уже на подъемниках при приносе его грейферными линейками.

### **4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки**

В данном разделе рассмотрим конструкцию разработанного для проектного технологического процесса вытяжного штампа.

Верхняя половина штампа состоит из верхней плиты (6); вставки матрицы (7) для вытяжки; восьми отлипателей (21) предназначенных для предотвращения прилипания заготовки к верхней половине штампа, их ход составляет 17 мм; восьми крышек (20) предназначенных для удержания восьми пружин (32) восьми направляющих плиток (26) закрепленных винтами на боковой поверхности верхней плиты.

Нижняя половина штампа состоит из нижней плиты (1); пуансона (2), закрепленного винтами (33), штифтами (34) к нижней плите; прижима (3); шестнадцати направляющих плиток (25) закрепленных винтами к нижней плите (1); восьми направляющих плиток (26) закрепленных винтами к прижиму (3); четырех пружин (27); двенадцати толкателей (28) прижима (3) с ходом 50 мм; двенадцати направляющих втулок (29); восьми толкателей (28) с ходом 50 мм; шесть ограничительных штырей (22) фиксирующих положение заготовки в рабочем пространстве штампа; четырнадцать шпонок (31); четыре ограничителя закрытой высоты.

Грейферные линейки подают заготовку в рабочую зону вытяжного штампа, укладывая ее на подъемники (24) находящиеся выше плоскости прижима на 25мм. Положение заготовки в рабочем пространстве штампа определяют фиксирующие штыри (22). При движении ползуна вниз, верхняя плита (6) со вставкой матрицы (7) опускается до прижима (3), обеспечивая тем самым надежный зажим заготовки. В этот момент между пуансоном (2) и вставкой матрицы (5) происходит процесс вытяжки. Далее ползун начинает двигаться вверх, поднимая верхнюю плиту (6) со вставкой матрицы (7). Отлипатели (21) предотвращают прилипание заготовки к матрице (7). Одновременно усилие через толкатели (28) передается на прижим (3), который поднимается на 50 мм. После подъема прижима подъемники (24) посредством пружин (27) поднимают изделие на 25мм. С этого уровня заготовка подхватывается грейферными линейками, поднимается выше фиксирующих штырей до уровня транспортировки и передается на следующую операцию.

## 4.2. Прочностные расчеты и выбор материала для изготовления деталей штампа

### 4.2.1. Прочностной расчет пуансона из штампа для обрезки и пробивки

« Прочностному расчету на прочность подлежат в основном наиболее нагруженные пробивные пуансоны небольших размеров.

Приближенный расчет пуансона на прочность производим по табл. [1]:

1. Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F} \leq [\sigma_{см}], \quad (4.1)$$

где  $P$  – усилие пробивки,  $P=1,38$  МН;

$F$  – опорная поверхность пуансона.

$$F = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 4,5^2 = 63,6 \text{ мм}^2.$$

$[\sigma_{см}]$  – допускаемое напряжение на смятие,  $[\sigma_{сж}]=0,100$  МПа.

$$\sigma_{см} = \frac{1,38}{63,6} = 0,0216 \text{ МПа}.$$

Напряжение смятия составит  $\sigma_{см}=0,0216$  МПа  $<0,100$  МПа, что меньше допускаемых, следовательно, условие прочности на смятие выполняется.

2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении.

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f} \leq [\sigma_{сж}], \quad (4.2)$$

где  $f$  – площадь наименьшего сечения пуансона,  $\text{мм}^2$ ;

$$f = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 3,25^2 = 33,16 \text{ мм}^2$$

$[\sigma_{сж}]$  – допускаемое напряжение на сжатие,  $[\sigma_{сж}]=1600$  МПа

$$\sigma_{сж} = \frac{1,38}{33,16} = 0,0416 \text{ МПа}$$

Сжимающее напряжение составит  $\sigma_{сж} = 0,0416$  МПа  $< 1600$  МПа, что меньше допускаемых, следовательно, условие прочности на сжатие выполняется.



3. Расчет свободной длины пуансона на продольный изгиб.

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{E \cdot I}{n \cdot P}}, \quad (4.3)$$

где  $E$  – модуль упругости ( $2,2 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2 = 2,2 \cdot 10^5 \text{ кН/мм}^2$ );

$I$  – момент инерции,  $\text{мм}^4$ ;

$n$  – коэффициент безопасности ( $n=3$ );

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{4} = \frac{3,14 \cdot 6^4}{4} = 1017,36 \text{ мм}^4.$$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^5 \cdot 1017,36}{3 \cdot 1,38}} = 10,3 \text{ м}.$$

Длина пуансона в проектном штампе составляет 60 мм, следовательно  $60 < [l]$  т.е. условие на продольный изгиб выполняется.» [2, с.458]

#### 4.2.2. Выбор материала для изготовления деталей штампов

«К рабочим частям штампов (пуансонам и матрицам) предъявляются определенные требования. Основными из которых являются следующие:

- 1) способность металла противостоять большому давлению и ударам;
- 2) хорошо сопротивляться износу от трения;
- 3) сохранять острые режущие кромки без разрушения и затупления возможно больший период времени. [8]».

«При пробивке (вырубке) деталей простой конфигурации из материала толщиной до 3 мм можно применять для пуансонов инструментальную углеродистую сталь У8А, У10А. Для деталей сложной конфигурации, а также при толщине металла свыше 4 мм следует применять инструментальную легированную сталь марок Х12, Х12М, 9ХВГ. Те же самые материалы можно рекомендовать и для матриц. Так как в нашем случае применяется обрезка, пробивка, то стойкость рабочих частей должна быть выше, чем у обычных штампов.» [2, с.411,412]

Отсюда следует, что пуансоны и матрицы нужно изготавливать из инструментальной легированной стали марки Х12М.

Направляющие колонки и втулки – из сталей марок 20-20Х с цементацией поверхности; лапки направляющие – сталь 20-20Х с цементацией поверхности; толкатель – из стали 40 – 45; винты, болты – из стали 40 – 45. Все данные заносим в таблицу 4.1

Таблица 4.1- Материалы, выбранные для изготовления деталей штампа

Название детали	Марка материала	Твёрдость	Термообработка
Плита нижняя	Сталь 40Л	HB241-285	Отжиг
Плита верхняя	Сталь 40Л	HB241-285	Отжиг
Прижим	Сталь 45Л	HB241-285	Отжиг
Пуансон	Сталь 45Л	HB241-285	Отжиг
Секции матрицы	Сталь Х12МФ	HRC 58-62	
Секции прижима	Сталь Х12МФ	HRC 58-62	
Крышка	Сталь 45	(HRC24-30)	
Толкатель	Сталь 45	HRC 42-46	Нормализация
Фиксатор	Сталь У8А	HRC 51-55	
Втулка	Сталь 20	HRC 51-55	Цементация 0,5-1,5
Ограничитель	19ХГН	HRC 51-55	Цементация 0,5-1,5
Штифт	Сталь У8А	HRC 58-62	Цементация 0,8-1,2
Толкатель	Сталь 45	HRC 35-40	
Винт	Сталь 40		

### 4.3. Определение числа и расположения упругих элементов

Для осуществления прижима заготовки, для снятия материала, для выталкивания отхода или готовых изделий из матрицы и т. д. применяются различные пружины.

Наиболее часто применяются винтовые цилиндрические пружины, работающие на сжатие, изготавливаются из проволоки круглого и квадратного сечений.

Для определения типа и количества пружин используются расчёты энергосиловых параметров. В вытяжном штампе прижим приводится в действие от пневмоподушки прессы, усилие которой на позиции вытяжки составляет 1000кН. и применение упругих элементов не требуется. Прилипание заготовки к матрице предотвращает пружинный толкатель.

Усилие вытяжки :  $P = 1,4922 \text{ МН}$

$$P_{\text{съема}} = 30\% \text{ от } P_{\text{вытяжки}} = 0,3 \cdot 1,4922 = 0,447 \text{ МН}$$

$$P_{\text{выталкив}} = 25\% \text{ от } P_{\text{вытяжки}} = 0,25 \cdot 1,4922 = 0,37 \text{ МН}$$

Для осуществления прижима и съема заготовки с пуансона усилия пневмоподушки вполне хватает. Необходимо подобрать пружины для подъемников, поднимающих изделие на 25мм. над плоскостью прижима.

«Выбираем пружины с усилием:  $P_{\text{уд}} \approx 112 \text{ кН}$ .

$$n = 447/4 = 111,75 \text{ кН} \approx 112 \text{ кН}$$

$$P_p = 4 \cdot 112 = 448 \text{ кН}.$$

Выбираем пружину оптимальных типоразмеров:

- по рабочему усилию;
- по высоте при рабочей деформации;
- по величине рабочего хода;
- по наружному диаметру.

Отсюда следует, что нам нужна пружина со следующими параметрами:

- а) рабочее усилие –  $P=0,112 \text{ кН}$ ,
- б) высота пружины при оптимальном сжатии –  $h_0=78,7 \text{ мм}$ ,
- в) величина сжатия –  $\Delta=26,5 \text{ мм}$ ,
- г) наружный диаметр –  $D=28 \text{ мм}$ ,
- д) диаметр проволоки –  $d=5,0 \text{ мм}$ .

Нам нужна пружина с максимальным усилием:  $P_{уд} \approx 0,05$  кН.

$$P_p = P_{уд} \cdot n \quad [I], \quad (4.4)$$

где  $n$  – количество пружин.

$$n = P / P_{уд} \quad [I],$$

$$n = 370/8 = 0,05 \text{ кН}$$

$$P_p = 8 \cdot 0,050 = 0,400 \text{ кН.}$$

Выбирается пружина с параметрами:

- а) усилие –  $P=50$  кН,
  - б) высота сжатой пружины –  $h_0=53,5$  мм,
  - в) рабочая деформация –  $\Delta=20,3$  мм,
  - г) диаметр –  $D=25$ мм,
  - д) диаметр проволоки –  $d=4,0$  мм.» [12]
- Нужное количество пружин – 8 шт.

#### 4.4. Определение центра давления

«Большое значение для многопозиционной штамповки имеет нахождение центра давления штампов, размещенных на общей подштамповой плите, закрепленной к столу прессы. Необходимо, чтобы центр давлений всех штампов совпадал с осью ползуна прессы. «В противном случае в штампах возникают перекосы, несимметричность зазора, износ направляющих, быстрое притупление режущих кромок, что потребует более частых ремонтов рабочих частей. Существует два способа определения центра давления: графический и аналитический.

В данной работе определяется центр давления аналитическим способом. Он основан на равенстве момента равнодействующий нескольких сил сумме

моментов этих сил относительно той же оси.»[12] Штампы располагаем таким образом, чтобы общая точка давления штампов была, как можно ближе к оси прессы.

Составим уравнения моментов сил, действующих на нижнюю половину прессы (рис.4.1). Положение осей X и Y выбираем произвольно

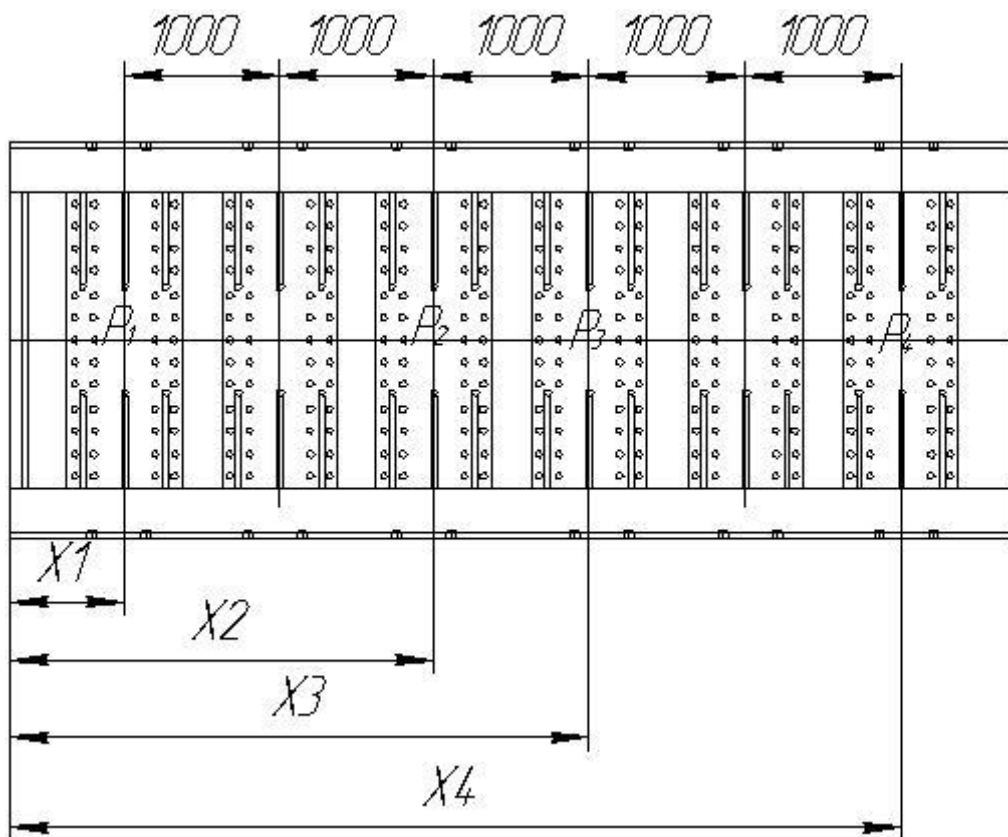


Рисунок 4.1- К расчету центра давления

$$\sum M_y = P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 + P_3 \cdot x_3 + P_4 \cdot x_4 = R \cdot x_c, \quad (4.5)$$

где  $P_1, P_2, P_3, P_4$ — усилия штампов;

$x_1, x_2, x_3, x_4$  — расстояние от действия силы до оси  $Y$ .

В нашем случае:

$$P_1 = 1,4922 \text{ МН} \quad x_1 = 0,5 \text{ м};$$

$$P_2 = 1,23 \text{ МН} \quad x_2 = 2,5 \text{ м}$$

$$P_3 = 3,7 \text{ МН} \quad x_3 = 3,5 \text{ м}$$

$$P_4 = 0,97 \text{ МН}, \quad x_4 = 5,5 \text{ м}$$

Подставляя значения, получим

$$x_c = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i} = \frac{1,4922 \cdot 0,5 + 1,38 \cdot 2,5 + 3,7 \cdot 3,5 + 0,94 \cdot 5,5}{1,4922 + 1,38 + 3,7 + 0,94} =$$
$$= \frac{22,31}{7,5} = 2,97 \text{ м.}$$

$$y_c = 1 \text{ м.}$$

Центр давления пресса-автомата имеет координаты  $C(2,97;1)$

## 5. Безопасность и экологичность технического объекта

### 5.1. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 5.1 – «Идентификация профессиональных рисков»[13]

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ <sup>(1)</sup>	Опасный и /или вредный производственный фактор <sup>2</sup>	Источник опасного и / или вредного производственного фактора <sup>3</sup>
1	2	3
Работа пресс-автомата «Эрфурт»	Физический-повышенный уровень вибрации	Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции
Работа линии автоматизации, осуществление штамповочных операций.	Физический-повышенный уровень шума	Работа прессы. Работа штампов. Штамповочные операции.
Погрузочные, транспортные, разгрузочные работы, осуществление штамповочных операций	Психофизиологические воздействия	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочих зон, повышенный уровень шума и вибраций, качество освещения.
Перемещение подвижных частей оборудования и штамповой оснастки	Химический-токсическое воздействие	Смазка подвижных частей оборудования, штамповой оснастки и заготовок» [ 13]

## 5.2. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.2 - «Организационно технические методы и технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [13]

Опасный и / или вредный производственный фактор <sup>1</sup>	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора <sup>2</sup>	Средства индивидуальной защиты работника <sup>3</sup>
1	2	3
Повышенный уровень вибрации	Регламентированный режим работы, изменение в конструкции фундамента, прогрессивное оборудование, виброизоляция	-
Повышенный уровень шума	Смазка трущихся частей оборудования и штампа, средства индивидуальной защиты, использования прогрессивного оборудования, герметизация источника шума	Ушные вкладыши (беруши), наушники
Психофизиологическое воздействие	Инструктаж по техники безопасности, автоматизация и механизация, изоляция токоведущих частей, и расположение их на недоступной высоте, Ограждение штамповочного пространства прессы - фотоэлементами, останавливающими пресс в случае пересечения каким-либо предметом светового луча, встроенная предохранительная муфта отключает автоматическую линию в случае заклинивания грейферной подачи. Системы обеспечения параметров микроклимата и состава воздуха: отопление, вентиляция, кондиционирование. Контроль параметров микроклимата. Светильники, источники света. Расчет освещения.	Спецкостюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на утолщенной подошве, защитные рукавицы. Применение средств защиты органов дыхания и органов зрения.



Продолжение таблицы 5.2

Опасный и / или вредный производственный фактор <sup>1</sup>	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора <sup>2</sup>	Средства индивидуальной защиты работника <sup>3</sup>
1	2	3
Токсическое воздействие	Контроль концентрации токсических веществ. По окончании рабочей смены снять спецодежду, умыться, вымыть руки с мылом или принять душ.	Респираторы, маски» [ 13]

**5.3. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

«Таблица 5.3 – Идентификация классов и опасных факторов пожара» [13]

«Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Автоматизированная линия	Пресс-автомат Эрфурт	В, Е	Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных зонах)	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества» [ 13]

#### 5.4. Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Таблица 5.4 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [13]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушитель	Пожарный автомобиль	Водяная установка пожаротушения	Дымовой датчик	Пожарный рукав	Противогаз	Пожарный багор	Оповещатель о пожаре (звуковой речевой)
Песок	Пожарная мотопомпа	Газовая установка пожаротушения	Тепловой датчик	Пожарный инвентарь	Носилки	Пожарный топор	Световой указатель "ВЫХОД"
Кошма	Приспособленные специальные средства (тягач, прицеп и тд.)	Порошковая установка пожаротушения	Приемно-контрольный прибор	Колонка пожарная	Защитный костюм	Лопата штыковая	Ручной пожарный извещатель

## 5.5. Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Таблица 5.5 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [13]

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Листовая штамповка деталей	Обучение персонала требованиям ПБ; соблюдение техники безопасности; соблюдение последовательности алгоритма технологического процесса; наличие средств пожаротушения; своевременная уборка промасленной ветоши с рабочего места; ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте; хранение взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ	Квалифицированный персонал; обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара; оповещения и эвакуации; наличие систем пожаротушения» [13]

## 5.6. Идентификация экологических факторов технического объекта

Таблица 5.6 – «Идентификация экологических факторов технического объекта» [13]

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологическог о процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие техническог о объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
1	2	3	4	5
Многопозиционная штамповка	Пресс-автомат Эрфурт	Интенсивное выделение вредных испарений, газов отработанной смазки, масла и скопление пыли	-	Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов, при замене масла в технологически х агрегатах и ряде подобных случаев» [ 13]

## 5.7. Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Таблица 5.7 – «Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду» [13]

«Наименование технического объекта»	1	Листовая штамповка
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу»	2	Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу»	3	Очистные сооружения сточных вод
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу»	4	Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям, имеющим лицензии на работу с отходами» [ 13 ]

#### Вывод:

«В разделе безопасность и экологичность технического объекта приведена характеристика технологического изготовления детали «Соединитель порога пола», перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое оборудование, применяемые материалы. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки детали «Соединитель порога пола» и видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенный уровень вибрации и шума, производственный травматизм, токсическое воздействие. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно инструктаж по технике безопасности, применение средств автоматизации и механизации, смазка трущихся частей оборудования и штамповой оснастки, изменение в конструкции фундамента, виброизоляция, контроль концентрации токсических веществ и т.д. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация классов пожара и опасных факторов пожара и разработка средств и мер обеспечения пожарной безопасности и обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте. Идентифицированы технологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.» [14]

## **6.Экономическая эффективность**

### **6.1. Сравнительный анализ технологических вариантов**

«В данном разделе бакалаврской работы необходимо провести сравнительный анализ двух вариантов изготовления детали «Соединитель порога пола».

Существующий технологический процесс:

1. заготовительная операция, получение заготовок из рулона посредством гильотинных ножниц, модель Н3218В.( в заготовительном производстве)
2. операция - вытяжка, выполняется на прессе двойного действия Инноченти 650 (т. с.), усилием 6,5 МН
3. операция - предварительная вырубка и пробивка, выполняется на прессе Инноченти 400 (т. с.), усилием 4 МН
4. операция – правка, выполняется на прессе Инноченти 400 (т.с.),усилием 4МН
5. операция – клиновья пробивка, окончательная обрезка, выполняется на прессе Инноченти 400 (т.с.) , усилием 4 МН

«Условия труда являются тяжелыми и вредными. Тип производства – серийный.» [ 15]

Предлагаемый технологический процесс:

- 1.заготовительная операция, получение заготовок на автоматической раскройной линии Пас – Коэлфид.( в заготовительном производстве)
- 2.Последующие операции выполняются на пресс – автомате Эрфурт 1700 (последовательность операций аналогична существующему варианту).

«Условия труда средней тяжести – присутствуют элементы автоматизации технологического процесса, но не без элементов ручного труда (укладка отштампованных деталей, ручная загрузка устройства для подачи заготовок)» [ 15]

## 6.2. Расчет себестоимости штамповой оснастки

Таблица 6.1 - «Калькуляция изготовления вытяжного штамп

Предлагаемый (проектный) вариант.

Наименование	Обозначение	Сумма, руб.	Примечание
1	2	3	4
1. «Материалы	М	67480	
2. Транспортно-заготовительные расходы	ТЗР	1349,6	0.02 % от М
3. Основная заработная плата	$Z_{пл}^{осн.}$	88331	$Z_{пл}^{осн.} = C_T \cdot T_{н/ч} = 183,26 \cdot 482 = 142\,710$
4. Единый социальный налог	Сс	26499	30% от $Z_{пл}^{осн.}$
5. Расходы на содержание оборудования	РСО	67900	76,87% от $Z_{пл}^{осн.}$
6. Цеховые расходы	$P_{цех}$	74189	83,99% от $Z_{пл}^{осн.}$
Итого цеховая себестоимость» [15]	$C_{цех}$	325749	-

Калькуляция на изготовления остальной штамповой оснастке в проектном варианте рассчитывается аналогично. [ 15 ]»

## 6.3. Расчет себестоимости изготовления и производства продукции

Таблица 6.2 - «Исходные данные для расчета себестоимости продукции» [15]

а) Общие исходные данные

«Показатель	Обозначение	Значение
1	2	3
1. Годовая программа выпуска, шт.		180000
2. Эффективный фонд времени работы рабочего и оборудования	$\Phi_{э.р.}$ $\Phi_{э.об.}$	1 142 3809
3. Коэффициент выполнения норм	$K_{вн}$	1,1
4. Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{мн}$	1,0
5. Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	$K_o$	11,8



Продолжение таблицы 6.2

Показатель	Обозначение	Значение	
1	2	3	
6. Коэффициент монтажа: - в себестоимости - в капитальных вложениях	$K_{\text{монт}}$	1,1 0,1	
7. Цена материала, руб./кг	$C_{\text{м}}$	27	
8. Цена отходов, руб./кг	$C_{\text{отх}}$	1,143	
9. Коэффициент транспортно-заготовительных расходов (1,05...1,06)	$K_{\text{тз}}$		
10. Коэффициенты доплат по заработной плате		Зразря д.	5разря д.
А) До часового фонда зарплаты	$K_{\text{доп}}$	1,08	1,08
Б) За профессиональное мастерство	$K_{\text{пф}}$	1,12	1,2
В) За условия труда	$K_{\text{у}}$	1,2	1,2
Г) За вечерние и ночные часы	$K_{\text{н}}$	1,1	
Д) Премияльные	$K_{\text{пр}}$	1,1	
Е) В социальные фонды	$K_{\text{с}}$	1,30	
Итого общий коэффициент доплат $K_{\text{зпл}} = k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{с}} =$ $1.08 \cdot 1.2 \cdot 1.2 \cdot 1.1 \cdot 1.1 \cdot 1.3 = 2.446$	$K_{\text{зпл}}$	2,284	2,446
11. Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_{\text{м}}$	0,8	
12. Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{\text{в}}$	0,7	
13. Коэффициент потерь в сети	$K_{\text{п}}$	1,03	
14. Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{\text{од}}$	0,8	
15. Выручка от реализации, % от Ц: - изношенного оборудования - изношенного штампа	$V_{\text{р}}$ $V_{\text{р.и.}}$	5 15	
16. Норма амортизации, %	$N_{\text{а}}$	8	
17. Коэффициент цеховой	$K_{\text{цех}}$	1,72	
18. Часовая тарифная ставка, руб./час. - рабочего - наладчика - инструментальщика	$C_{\text{т}}$	84,31 101,09 183,26	
19. Цена электроэнергии, руб./кВт	$C_{\text{э}}$	3,8	
20. Цена площади, руб./м <sup>2</sup>	$C_{\text{пл}}$	4 500	
21. Норматив экономической эффективности	$E_{\text{н}}$	0,33» [ 15]	

Таблица 6.3 -б) Эксплуатационные данные оборудования:

№	Наименование оборудования	T <sub>шт</sub> , мин.	T <sub>маш</sub> , мин.	M, кВт.	Площадь, м <sup>2</sup> .	Цена, руб.
1.	Эрфурт 1700 т.с.	0,0920	0,067	150	50	12522500
2.	Инноченти 650 т.с.	0,12	0,075	46	16	3400000
3.	Гильотинные ножницы Н3218В	0,053	0,037	36	36	217600
4.	Инноченти 400 т.с.	0,12	0,075	34	14	620000
5.	Пас - Коэлфид	0,050	0,031	36	36	520600

Таблица 6.4 -в) Исходные данные об оснастке:

№	Наименование штампа.	Стойкость штампа T <sub>и</sub> <sup>шт</sup> , ударов.	Цена штампа Ц <sub>шт</sub> , руб.
	Существующий вариант		
1.	Штамп для вытяжки	350000	931000
2.	Штамп для предварительной обрезки и пробивки	250000	415400
3.	Штамп для правки	250000	450000
4.	Штамп для клиновой пробивки и окончательной обрезки	250000	480000
	Проектный вариант		
1.	Штамп для вытяжки	500000	325749
2.	Штамп для предварительной обрезки и пробивки	500000	320000
3.	Штамп для правки	500000	310000
4.	Штамп для клиновой пробивки и окончательной обрезки	500000	280000

### Расчетные данные

1. «Номинальный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{пр} \cdot T_{сок}) \cdot C, \text{ где}$$

$D_p$  – рабочие дни;

$T_{см}$  – продолжительность смены;

$D_{пр}$  – предпраздничные дни;

$T_{сок}$  – сокращение в предпраздничный день;

$C$  – количество смен.

$$\Phi_э = (247 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 2(1 - 0,05) = 3809$$

2. «Эффективный фонд времени оборудования:

$$\Phi_{эп} = 30 \% \Phi_э = 1142 \text{» [ 15]}$$

Таблица 6.5 - Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Существ	Проект
1	2	3	4
1. Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{об} = t_{шт} \cdot N_{Г} / (\Phi_{э} \cdot K_{вн} \cdot 60)$		
	$n1_{об}^{сущ.} = 0,12 \cdot 180000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,09 \approx 1$	1	
	$n2_{об}^{сущ.} = 0,12 \cdot 180000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,09 \approx 1$	1	
	$n3_{об}^{сущ.} = 0,12 \cdot 180000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,09 \approx 1$	1	
	$n4_{об}^{сущ.} = 0,12 \cdot 180000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,09 \approx 1$	1	
	$n_{об}^{пр} = 0,09 \cdot 180000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,06 \approx 1$		1

Продолжение таблицы 6.5

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Существ	Проект
1	2	3	4
2. Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об.}^{Расч.} / n_{об.}^{Прин.}$ $K_{31}^{сущ.} = 0,09 / 1 = 0,09$ $K_{32}^{сущ.} = 0,09 / 1 = 0,09$ $K_{33}^{сущ.} = 0,09 / 1 = 0,09$ $K_{34}^{сущ.} = 0,09 / 1 = 0,09$ $K_3^{пр} = 0,06 / 1 = 0,06$	<p>0,09</p> <p>0,09</p> <p>0,09</p> <p>0,09</p>	0,06
3. Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{ОП} = [t_{шт} \cdot N_{Г} \cdot (1 + K_0 / 100)] / (\Phi_{Эр} \cdot K_{МН} \cdot 60)$ $P_{1 ОП}^{сущ.} = [0,12 \cdot 180000 \cdot (1+0,118)] / (1 \cdot 142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,35 = 1$ $P_{2 ОП}^{сущ.} = [0,12 \cdot 180000 \cdot (1+0,118)] / (1 \cdot 142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,35 = 1$ $P_{3 ОП}^{сущ.} = [0,12 \cdot 180000 \cdot (1+0,118)] / (1 \cdot 142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,35 = 1$ $P_{4 ОП}^{сущ.} = [0,12 \cdot 180000 \cdot (1+0,118)] / (1 \cdot 142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,35 = 1$ $P_{ОП}^{пр} = [0,09 \cdot 180000 \cdot (1+0,118)] / (1 \cdot 142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,014 = 1 \cdot 2 = 2$	$4^* \times 2 \times 2с = 16$	$2 \times 2с = 4$
4. Число штампов для выпуска годовой программы, шт.	$n_{штамп} = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $n_{1 штамп}^{сущ.} = 180000 / 350 \ 000 = 0,5 = 1$ $n_{2 штамп}^{сущ.} = 180000 / 250 \ 000 = 0,72 = 1$ $n_{3 штамп}^{сущ.} = 180000 / 250 \ 000 = 0,72 = 1$ $n_{4 штамп}^{сущ.} = 180000 / 250 \ 000 = 0,72 = 1$ $n_{1 штамп}^{пр} = 180000 / 500 \ 000 = 0,36 = 1$ $n_{2 штамп}^{пр} = 180000 / 500 \ 000 = 0,36 = 1$ $n_{3 штамп}^{пр} = 180000 / 500 \ 000 = 0,36 = 1$ $n_{4 штамп}^{пр} = 180000 / 500 \ 000 = 0,36 = 1$	<p>0,5=1</p> <p>0,72=1</p> <p>0,72=1</p> <p>0,72=1</p>	<p>0,36=1</p> <p>0,36=1</p> <p>0,36=1</p> <p>0,36=1</p>

\*На выполнении операций необходимо занять по два человека, т.к. деталь более 1,5 м.

Таблица 6.6 - «Расчет себестоимости сравниваемых вариантов» [15]

Показатели	Расчеты и формулы	Значение показателей	
		Существующий	Проектный
1	2	3	4
1. Основные материалы, руб.	$M = (M_{\text{зат.}} \cdot \Pi_{\text{мат.}} \cdot K_{\text{тзр.}}) - (M_{\text{отход.}} \cdot \Pi_{\text{отх}})$ $M^{\text{сущ}} = (4,04 \cdot 27 \cdot 1,05) - (1,34 \cdot 1,143) = 112,97$ $M^{\text{проект}} = (3,41 \cdot 27 \cdot 1,05) - (0,71 \cdot 1,143) = 88,7$	112,97	88,7
2. Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{\text{плата}} = P \cdot C_{\text{т}} \cdot \Phi_{\text{Эр.}} \cdot K_{\text{зпл}} \cdot K_{\text{з}} / N_{\text{год}}$ $Z_{\text{плата}}^{\text{сущ.}} = 16 \cdot 84,31 \cdot 1142 \cdot 2,284 \cdot 0,1 / 180000 = 1,96$ $Z_{\text{плата}}^{\text{проект}} = 4 \cdot 101,09 \cdot 1142 \cdot 2,446 \cdot 0,06 / 180000 = 0,38$	1,96	0,38
3. Затраты на амортизацию и текущий ремонт, руб.	$P_{\text{аморт.}} = \Sigma[(\Pi_{\text{обор.}} \cdot (1 - B_{\text{р}}) \cdot N_{\text{ат.}} \cdot t_{\text{шт.}} \cdot 1,3] / (\Phi_{\text{Э}} \cdot K_{\text{вн}} \cdot 60 \cdot 100)$ $P_{\text{А1}}^{\text{сущ.}} = [3400000 + 620000 \cdot 3(1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,12 \cdot 1,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) = 0,248$ $P_{\text{А}}^{\text{проект.}} = 12520000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 8 \cdot 0,09 \cdot 1,3 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) = 0,43$	0,248	0,43
4. Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{\text{э.э.}} = (M_{\text{у}} \cdot t_{\text{машин.}} \cdot K_{\text{одл.}} \cdot K_{\text{м.}} \cdot K_{\text{в.}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \Pi_{\text{энерг.}}) / (КПД \cdot 60)$ $P_{\text{э1}}^{\text{сущ.}} = (46 \cdot 0,075 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,8 \cdot 60) = 0,001 \cdot 12 = 0,126$ $P_{\text{э2}}^{\text{сущ.}} = P_{\text{э3}}^{\text{сущ.}} = P_{\text{э4}}^{\text{сущ.}} = (36 \cdot 0,075 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,8 \cdot 60) = 0,099$ $P_{\text{э}}^{\text{проект}} = (150 \cdot 0,067 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,8 \cdot 60) = 0,367$	0,126 0,099·3=0,296 Σ0,422	0,367

Продолжение таблицы 6.6

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
		Существующий	Проектный
1	2	3	4
5. Расходы на штамповый инструмент, руб.	$P_{И} = (Ц_{штг} \cdot [1 - B_{р.и.}]) / T_{и.штг.}$ $P_{И}^{сущ}_1 = 931000 \cdot (1,15) / 350000 = 2,26$ $P_{И}^{сущ}_2 = 415400 \cdot (1,15) / 250000 = 1,41$ $P_{И}^{сущ}_3 = 450000 \cdot (1,15) / 250000 = 1,53$ $P_{И}^{сущ}_4 = 480000 \cdot (1,15) / 250000 = 1,54$  $P_{И}^{пр}_1 = 325749 \cdot (1 - 0,15) / 500000 = 0,554$ $P_{И}^{пр}_2 = 3200005 \cdot (1 - 0,15) / 500000 = 0,544$ $P_{И}^{пр}_3 = 310000 \cdot (1 - 0,15) / 500000 = 0,527$ $P_{И}^{пр}_4 = 280000 \cdot (1 - 0,15) / 500000 = 0,476$	$2,26 + 1,41 + 1,53 + 1,54 = 6,74$	$0,554 + 0,544 + 0,527 + 0,476 = 1,625$
6. Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{пл} = \sum S_{уу} \cdot n_{об} \cdot Ц_{пл} \cdot K_3 / N_{Г}$ $P_{пл-4}^{сущ} = (16 + 14 \cdot 3) \cdot 4500 \cdot 0,09 / 180000 = 0,04$ $P_{пл}^{пр} = 50 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,06 / 180000 = 0,075$	0,13	0,075
7. Расходы на зарплату наладчика, руб.	$Z_{нал} = (n_{об} \cdot C_{т} \cdot \Phi_{э.р.} \cdot K_{зпл} \cdot K_3) / (n_{обс} \cdot N_{Г})$ $Z_{нал}^{сущ} = (4 \cdot 101,09 \cdot 1142 \cdot 2,446) / (8 \cdot 180000) = 0,784$	0,784	-
Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{тех} = M + Z_{пл} + P_{А} + P_{э} + P_{И} + P_{пл} + Z_{нал}$ $C_{тех}^{сущ} = 112,97 + 1,96 + 0,25 + 0,422 + 6,74 + 0,13 + 0,784 = 123,255$  $C_{тех}^{пр} = 88,7 + 0,38 + 0,43 + 0,367 + 1,625 + 0,075 = 91,58$	123,255	91,58
8. Цеховые расходы, руб.	$P_{цех} = Z_{пл} \cdot K_{цех}$ $P_{цех}^{сущ} = 1,96 \cdot 1,72 = 3,37$ $P_{цех}^{пр} = 0,38 \cdot 1,72 = 0,653$	3,37	0,653
Всего: Цеховая себестоимость, руб.	$C_{цех} = P_{цех} + C_{тех}$ $C_{цех}^{сущ} = 3,37 + 123,255 = 126,625$ $C_{цех}^{пр} = 0,653 + 91,58 = 92,23$	126,625	92,23

Таблица 6.7 – « Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов» [15]

Наименование затрат	Сумма, руб.		Доля, %	
	Существующий	Проектный	Существующий	Проектный
1	2	3	4	5
1. Материалы	112,97	88,7	89,2	96,17
2. Основная зарплата	1,96	0,38	1,5	0,41
3. Расходы на содержание оборудования	0,25	0,43	0,197	0,47
4. Расходы на электроэнергию	0,442	0,367	0,35	0,397
5. Расходы на производственную площадь	0,145	0,075	0,11	0,08
6. Расходы на штамповую оснастку	6,74	1,625	5,32	1,76
7. Зарплата наладчика	0,784	-	0,62	-
7. Цеховые расходы	3,37	0,653	2,7	0,71
Цеховая себестоимость	126,625	92,23	100	100

#### 6.4. Расчет параметров экономической эффективности сравниваемых вариантов

##### 6.4.1. Расчет капитальных вложений

Таблица 6.8 - Расчет капитальных вложений

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Существующий	Проектный
1	2	3	4
1. Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{обор.} = n_{обор.} \cdot \sum_{сущес.} \cdot K_3$ $K_{об.1-4} = (3400000 + 620000 \cdot 3) \cdot 0,09 = 473400$ $K_{об.}^{проект} = 1 \cdot 12520000 \cdot 0,06 = 751200$	473400	751200

Продолжение таблицы 6.8

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Существующий	Проектный
1	2	3	4
2. Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_{\text{монт.}} = K_{\text{обор.}} \cdot K_{\text{монт}}$ $K_{\text{монт.}}^{\text{сущ.}} = 473400 \cdot 0,1 = 47340$ $K_{\text{монт.}}^{\text{проект.}} = 751200 \cdot 0,1 = 75120$	47340	75120
Затраты на специальную оснастку, руб.	$K_{\text{инс.}} = \sum C_{\text{шт.}} \cdot n_{\text{шт.}}$ $K_{\text{инс.}}^{\text{сущ.}} = 931000 + 415400 + 450000 + 480000 = 2276400$ $K_{\text{инс.}}^{\text{проект.}} = 325749 + 320000 + 310000 + 280000 = 1235749$	2276400	1235749
Затраты на производственную площадь	$K_{\text{плщ.}} = n_{\text{общ.}} \cdot \sum S_y \cdot C_{\text{плщ.}} \cdot K_z$ $K_{\text{плщ.}}^{\text{сущ.}} = (16+14 \cdot 3) \cdot 4500 \cdot 0,09 = 26100$ $K_{\text{плщ.}}^{\text{проект.}} = 1 \cdot 50 \cdot 4500 \cdot 0,06 = 13500$	26100	13500
Итого	$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт.}} + K_{\text{инс.}} + K_{\text{плщ.}}$ $K_{\text{соп}}^{\text{сущ.}} = 47340 + 2276400 + 26100 = 2355100$ $K_{\text{соп}}^{\text{проект.}} = 75120 + 1235749 + 13500 = 1324369$	2349840	1324369
3. Общие капитальные вложения, руб.	$K_{\text{общ}} = K_{\text{об.}} + K_{\text{соп}}$ $K_{\text{общ}}^{\text{сущ.}} = 473400 + 2349840 = 2823240$ $K_{\text{общ}}^{\text{проект.}} = 751200 + 1324369 = 2075569$	2823240	2075569
4. Удельные капитальные вложения, руб.	$K_{\text{уд.к}} = K_{\text{общ.}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{уд.к}}^{\text{сущ.}} = 2823240 / 180000 = 15,68$ $K_{\text{уд.к}}^{\text{проект.}} = 2075569 / 180000 = 11,53$	15,68	11,53



## 6.4.2. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

Таблица 6.9

Показатель	Расчет	Значение	
1	2	3	
1. Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{усл.г.}} &= (C_{\text{цех}}^{\text{сущ.}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр.}}) \cdot N_{\text{год}} \\ &= (126,625 - 92,23) \cdot 180000 = \\ &6\ 193800 \end{aligned}$	6 191100	
2. Приведенные затраты, руб.	$\begin{aligned} Z_{\text{прив.}} &= C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}} \\ Z_{\text{пр}}^{\text{дсв.}} &= 126,625 + 0,33 \cdot 15,68 = \\ &131,8 \\ Z_{\text{пр}}^{\text{пгн}} &= 92,23 + 0,33 \cdot 11,53 = \\ &96,04 \end{aligned}$	131,8	96,04
3. Срок окупаемости капитальных вложений, год	$\begin{aligned} T_{\text{окуп.}} &= K_{\text{и}}^{\text{пр.}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} = 1235749 \\ &/ 6\ 191100 = 0,2 \approx 1 \end{aligned}$	1	
4. Годовой экономический эффект, руб.	$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{год}} &= (Z_{\text{пр}}^{\text{сущ.}} - Z_{\text{пр}}^{\text{пр.}}) \cdot N_{\text{г}} = \\ &(131,8 - 96,04) \cdot 180000 \\ &= 6\ 436800 \end{aligned}$	6 436800	

### Вывод:

При внедрении проектного техпроцесса изготовления детали «Соединитель порога пола» легкового автомобиля было выявлено, что себестоимость комплекта детали снизилась на 26,07% (т.е. на 32,06 руб.).

Это произошло за счет:

- 1) снижения трудоемкости с 0,12 мин до 0,09 мин;
- 2) снижение затрат на штамповую оснастку с 6,74 руб. до 1,625 за счет уменьшения размеров штампов при переводе процесса на пресс-автомат;
- 3) снижения затрат на материалы за счет увеличения КИМ;
- 4) снижения затрат на основную заработную плату рабочих.

При этом условно годовая экономия от снижения себестоимости составит 6191100 рублей;

годовой экономический эффект составит 6 436800 рублей при сроке окупаемости штамповой оснастки мене одного года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе был разработан технологический процесс изготовления детали «Соединитель порога пола» легкового автомобиля и предложен перевод изготовления этой детали на автоматизированный пресс-автомат.

Выполнены расчеты основных технологических параметров предлагаемого техпроцесса.

Мы выбрали технологическое оборудование и средства автоматизации. Рассмотрели их характеристики.

Разработана конструкция новой штамповой оснастки, представленная штампом для вытяжки. Проведены расчеты, подобраны материалы для изготовления деталей штампа.

Был выполнен анализ опасных и вредных факторов, присутствующих на участке изготовления детали, и предложен перечень мероприятий по уменьшению их воздействия на психофизическое состояние работников.

Произведен расчет себестоимости изготовления детали по существующему и разработанному вариантам технологического процесса и условно-годовую от внедрения нового технологического процесса.

На основании всех выполненных расчетов и обоснований, можно сделать вывод о том, что цель выпускной бакалаврской работы достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агарков А. П. Управление качеством [Электронный ресурс]: учебник / А. П. Агарков. - Москва: Дашков и К°, 2014. - 204 с. - (Учебные издания для бакалавров). - ISBN 978-5-394-02226-5.
2. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
3. Гусев А. А. Проектирование технологической оснастки [Электронный ресурс]: учебник / А. А. Гусев, И. А. Гусева. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Машиностроение, 2013. - 413 с. - (Для вузов). - ISBN 978-5-94275-722-9.
4. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс]: учебник / А. Г. Схиртладзе, А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. - Саратов: Вузовское образование, 2015. - 459 с. - (Высшее образование).
5. Беспалов А. В. Деформация в условиях сверхпластичности — инновационная технология обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: [учеб. пособие] / А. В. Беспалов, А. В. Соколов, А. П. Петров. - Москва: ИНФРА-М, 2015. - 56 с.: ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-102498-0
6. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
7. Технология листовой штамповки [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. И. Бер [и др.]. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 168 с.: ил. - ISBN 978-5-7638-2650-0.
8. Нефедов, А.П. Конструирование и изготовление штампов: из опыта Горьковского автомобильного завода / А.П. Нефедов. – Москва: Машиностроение, 1973. - 408 с.

9. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки учебное пособие для студентов Машиностроение, 1988,283 с.
10. Золотухин П.И. Основные положения теории обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П. И. Золотухин, И. М. Володин; Липецкий государственный технический университет. - Липецк: ЛГТУ, 2013. - 239 с. - ISBN 978-5-88247-624-2.
11. Скрипачев А. В. Вытяжка листового материала [Электронный ресурс]: электрон. учеб. -метод. пособие / А. В. Скрипачев; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2016. - 51 с.: ил. - Библиогр.: с. 45. - Прил.: с. 46-51. - ISBN 978-5-8259-0966-0.
12. Огаджанян О.И. Технологические процессы сборки и изготовления деталей штампов [Электронный ресурс]: методическая разработка к выполнению практических занятий и заданий по дисциплинам «Проектирование и эксплуатация штампов» и «Технология производства изделий в машиностроении»/Огаджанян О.И.— Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 32 с.
13. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: уч. методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти изд-во ТГУ, 2016
14. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Безъязычный В.Ф.— Электрон. текстовые данные. — М.: Машиностроение, 2013. — 568 с.
15. Экономика машиностроительного производства: Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы / Составил Н.В. Александрова - Тольятти: ТГУ, 2007. -19 с.
16. Сергель Н. Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н. Н. Сергель. -

Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2013. - 732 с.: ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-985-475-540-3.

17. Огаджанян О. И. Технологические процессы сборки и изготовления деталей штампов [Электронный ресурс]: метод. разработка к выполнению практ. занятий и заданий по дисц. «Проектирование и эксплуатация штампов» и «Технология производства изделий в машиностроении» / О. И. Огаджанян; Липецкий государственный технический университет. - Липецк: ЛГТУ, 2014. - 32 с.
18. Сухов С.В. Основы проектирования технологий листовой штамповки [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С. В. Сухов, А. В. Соколов, М. В. Жаров. - Москва: ИНФРА-М, 2015. - 124 с.: ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010615-1.
19. Giardini, C, Ceretti, E., Conti, C., A study of an application of double sheet hydro forming, ESAFORM 2004, pp 563–566, Trondheim, Norway, 2004.
20. Situ, Q., Jain, M., Bruhis, M., A New Approach to Obtain Forming Limits of Sheet Materials, ESAFORM 2006, pp. 299–302, Glasgow, United Kingdom, April 26–28, 2006.
21. Takuda, H, Forming Limit Prediction of Sheet Metals by Means of Some Criteria for Ductile Fracture, ESAFORM 2003, pp. 171–174, Salerno, Italy, April 28–30, 2003.
22. Methods of Optimization of Sheet Metal Forming Processes Concerning The Reduction of spring back Charity Borden Alexandra– the Annals of “Dunarear De Joss” University Of Galati Fascicle V, Technologies in Machine Building, Isn't 1221- 4566, 2009.
23. Development and Manufacture of Dies for Car Body Production, 1997, K. Siegert, T. Alton, T. Nakagawa.