

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для  
изготовления детали «Усилитель крыши передний»

Студент(ка)

С.Ю.Замараев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

П.Н.Шенбергер

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

К.Ш.Нуров

(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)

«        »    2016 г.

Тольятти 2016

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой «СОМДиРП»  
\_\_\_\_\_  
(подпись) В.В. Ельцов  
(И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

### ЗАДАНИЕ на выполнение бакалаврской работы

Студент Замараев Сергей Юрьевич

1. Тема: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Усилитель крыши передний»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: чертеж детали, базовый вариант технологического процесса, программа изготовления детали.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов): 1) анализ технологических показателей исходных данных; 2) разработка технологического процесса изготовления детали; 3) выбор оборудования, средств механизации или автоматизации; 4) разработка конструкции штамповой оснастки; 5) безопасность и экологичность технического объекта; 6) технико-экономическое обоснование проекта.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала: сравнительный технологический процесс (А0 – 1 лист), комплекс оборудования (А0 – 1 лист), штамп для вытяжки: разрезы А-А, Б-Б, (А0 – 1 лист), штамп для вытяжки: план низа, план верха (А0 – 1 лист).

6. Консультанты по разделам И.В. Краснопевцева, К.Ш. Нуров

7. Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой «СОМДиРП»  
\_\_\_\_\_  
(подпись) В.В. Ельцов  
(И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Студента: Замараева Сергея Юрьевича

по теме: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки

для изготовления детали «Усилитель крыши передний»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Анализ технологических показателей исходных данных				
Разработка технологического процесса изготовления детали				
Выбор оборудования, средств механизации или автоматизации				
Разработка конструкция				

штамповой оснастки				
Безопасность и экологичность технического объекта				
Технико- экономическое обоснование проекта				

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

## Аннотация

В данном дипломном проекте разработаны технологический процесс и конструкция штамповой оснастки для изготовления детали «Усилитель крыши передний».

В технологической части проекта проведена проверка детали на технологичность, определены формы и размеры исходной заготовки, коэффициент использования металла, а также рассчитаны энергосиловые параметры по операциям проектной технологии. Далее в проекте был произведен выбор требуемого технологического оборудования и приведены его технические характеристики. По штамповой оснастке определены исполнительные размеры рабочих частей штампа, выбраны материалы и способы термообработки деталей штампов. В работе изложены мероприятия по охране труда. В экономической части рассчитана себестоимость изготовления детали «Усилитель крыши передний», определены размеры капиталовложений для ее производства по базовой и проектной технологиям, проведено их сравнение.

Объем пояснительной записки составляет 67 страниц, объем графического материала 6 листов. Все расчеты проведены в соответствии с методическими указаниями к дипломному проекту.

## Содержание

Введение.....	8
1. Анализ технико-экономических показателей исходных данных.....	10
1.1. Анализ технологичности детали.....	10
1.2. Анализ возможных технологических процессов изготовления детали.....	11
1.3. Задачи дипломного проекта.....	11
2. Технологическая часть.....	13
2.1. Схема предполагаемого технического процесса.....	13
2.2. Определение формы и размеров заготовки.....	14
2.2.1 Расчет нормы расхода металла в проектом варианте.....	16
2.3. Проектирование рационального раскроя, определение коэффициента использования металла.....	17
2.3.1 Расчет энергосиловых параметров операции вытяжки.....	19
2.3.2 Расчет энергосиловых параметров операции обрезка, пробивка отверстий.....	19
2.3.3 Расчет энергосиловых параметров операции обрезка, отбортовка, правка.....	21
3. Выбор оборудования и средств механизации или автоматизации.....	24
3.1 Выбор типа, расчет основных параметров, определение основных технических характеристик.....	24
3.2. Выбор средств механизации и автоматизации, определение основных технических характеристик.....	25
3.3 Описание работы штамповой линии, планировка участка штамповки.....	26
4. Конструкторская часть.....	29
4.1 Состав, конструкция штамповой оснастки.....	29
4.2 Описание работы штамповой оснастки.....	29
4.3. Прочностные расчеты деталей штампов.....	30
4.5. Определение центра давления штампа.....	33
4.6. Определение исполнительных размеров инструмента.....	34

5. Безопасность и экологичность технического объект.....	36
5.1 Технологический паспорт объекта.....	36
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	39
5.5 Технические средства обеспечения пожарной безопасности.....	40
5.6 Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	41
5.7 Идентификация экологических факторов технического объекта.....	42
5.8 Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.....	43
6. Экономическая часть.....	45
6.1. Характеристика вариантов.....	45
6.2. Расчет себестоимости штамповой оснастки.....	46
6.3. Расчет себестоимости изготовления и производства продукции.....	47
6.4. Расчет параметров экономической эффективности сравниваемых вариантов.....	52
Заключение.....	55
Список используемых источников.....	56
Приложения.....	58

## Введение

В связи с общей тенденцией к увеличению конкуренции в автомобильной промышленности, усиливаются требования к качеству деталей современных машин, ужесточаются требования к допускам на геометрические размеры, величину и неравномерность утонения при изготовлении, внешнему виду, прочности деталей, прочности при неизменной массе; все большее внимание уделяется технологии изготовления, в частности, в вопросах холодной листовой штамповки [18].

В современном машиностроении и металлообработке холодная листовая штамповка занимает одно из ведущих мест по объему перерабатываемого металла, по числу и массе изготавливаемых деталей машин, приборов и предметов широкого потребления. Технологические процессы листовой штамповки применяют на металлообрабатывающих предприятиях как с массовым и крупносерийным, так и с мелкосерийным и единичным характером производства [4].

Основное требование современного производства – тщательная разработка технически рационального и экономически эффективного варианта технологического процесса, является выполнимой задачей для предприятий, применяющих холодную листовую штамповку.

Номенклатура деталей, получаемых листовой штамповкой, весьма многочисленна и разнообразна. Она включает плоские и пространственные детали, детали миниатюрные и крупногабаритные. Существенным достоинством пластической обработки является значительное улучшение свойств металла в процессе деформирования [5].

Увеличение производства изделий, получаемых холодной листовой штамповкой, достигается усовершенствованием отдельных операций изготовления и всего технологического процесса, применением многопозиционного автоматизированного оборудования и сложных совмещено-комбинированных штампов [12].



Знание закономерностей обработки металлов давлением помогает выбирать наиболее оптимальные режимы технологических процессов, требуемое основное и вспомогательное оборудование и технически грамотно его эксплуатировать.

Листовой штамповкой в автомобильной промышленности получают огромное количество кузовных деталей различных по форме, по условиям деформирования. Тенденции мирового автомобилестроения, связанные с уменьшением сроков сменяемости моделей автомобилей, заставляют выдвигать перед конструкторами и технологами огромное количество задач, связанных с анализом процессов и с разработкой деформирующего инструмента. Решение этих задач может быть осуществлено как традиционными методами разработки и исследования процессов листовой штамповки, так и новыми связанными с компьютерным проектированием и моделированием. Поэтому одной из основных тенденций развития технологии листовой штамповки является замена теоретических расчетов и натурных экспериментов решением задач с использованием численных методов при применении различных компьютерных программ. Разработка нового технологического процесса позволит уменьшить себестоимость изготовления детали [13].

Целью данного дипломного проекта является снижение трудоемкости за счет перевода процесса изготовления детали на многопозиционный пресс-автомат, а также уменьшение расхода материала.

# 1. Анализ технико-экономических показателей исходных данных

## 1.1 Анализ технологичности детали

Основной операцией технологического процесса штамповки детали «Усилитель крыши передний» (рисунок 1.1) является вытяжка. К конструкции деталей, изготавливаемых вытяжкой, предъявляют следующие требования:

- 1) следует по возможности избегать весьма сложных и несимметричных форм;
- 2) радиусы закруглений у фланца должны быть по возможности больше, а радиусы закруглений у дна могут быть меньшими;
- 3) следует избегать глубоких вытяжек с широким фланцем;
- 4) для деталей коробчатой формы необходимо избегать острых углов в плане;
- 5) для деталей сложной конфигурации требуются предусматривать технологические базы для фиксирования заготовок на операциях;
- б) для отверстий, пробиваемых в дне, наименьшее расстояние от края отверстия до прямолинейного наружного контура должно быть  $\geq 1,55$  мм.

Усилитель крыши передний является кузовной деталью. Она не является лицевой и выполняет технические функции усилителя. Деталь должна быть легкой и жесткой и своей геометрией повторять конфигурацию усиливаемой детали в данном случае крыши.

Деталь «Усилитель крыши» по своему технологическому значению является усилителем кузова, поэтому утонение стенки детали является недопустимым дефектом.

Для изготовления «Усилителя крыши», используют операции вытяжки, пробивки, поэтому материал должен хорошо штамповаться, иметь низкое содержание углерода.

Достаточно простая форма длинная и узкая. Поэтому основной формообразующей операцией сделать операцию формовка с растяжением.

В процессе изготовления деталь не проходит термическую обработку. В качестве заготовки применяется листовой холоднокатаный прокат [11].

## **1.2. Анализ возможных технологических процессов изготовления детали**

Деталь “Усилитель крыши передний” по своему назначению является усилителем конструкции крыши. Деталь была введена для повышения прочности конструкции. Эскиз детали представлен на рисунке 1.1.

Технологический процесс изготовления детали “Усилитель крыши передний” состоит из следующих операций (см. приложение А):

- 1) Резка заготовок.
- 2) Вытяжка.
- 3) Обрезка, пробивка, надрезка.
- 4) Отгибка язычков, отбортовка, правка, обрезка.

Исследуя базовый техпроцесс, можно выявить следующие недостатки:

- высокую трудоемкость изготовления детали в связи с низким уровнем автоматизации;
- высокую себестоимость детали;
- несовершенные условия труда, т. к. используется штамповка с ручным обслуживанием.

## **1.3. Задачи дипломного проекта**

Анализируя выявленные недостатки базовой технологии, сформируем задачи по ее усовершенствованию для устранения найденных недостатков:

1. Разработать технологический процесс.
2. Выбрать необходимое оборудование, обеспечивающее реализацию разработанного технологического процесса.
3. Разработать конструкцию штамповой оснастки.

4. Произвести экономический анализ целесообразности проектного варианта.
5. Разработать мероприятия по охране труда.

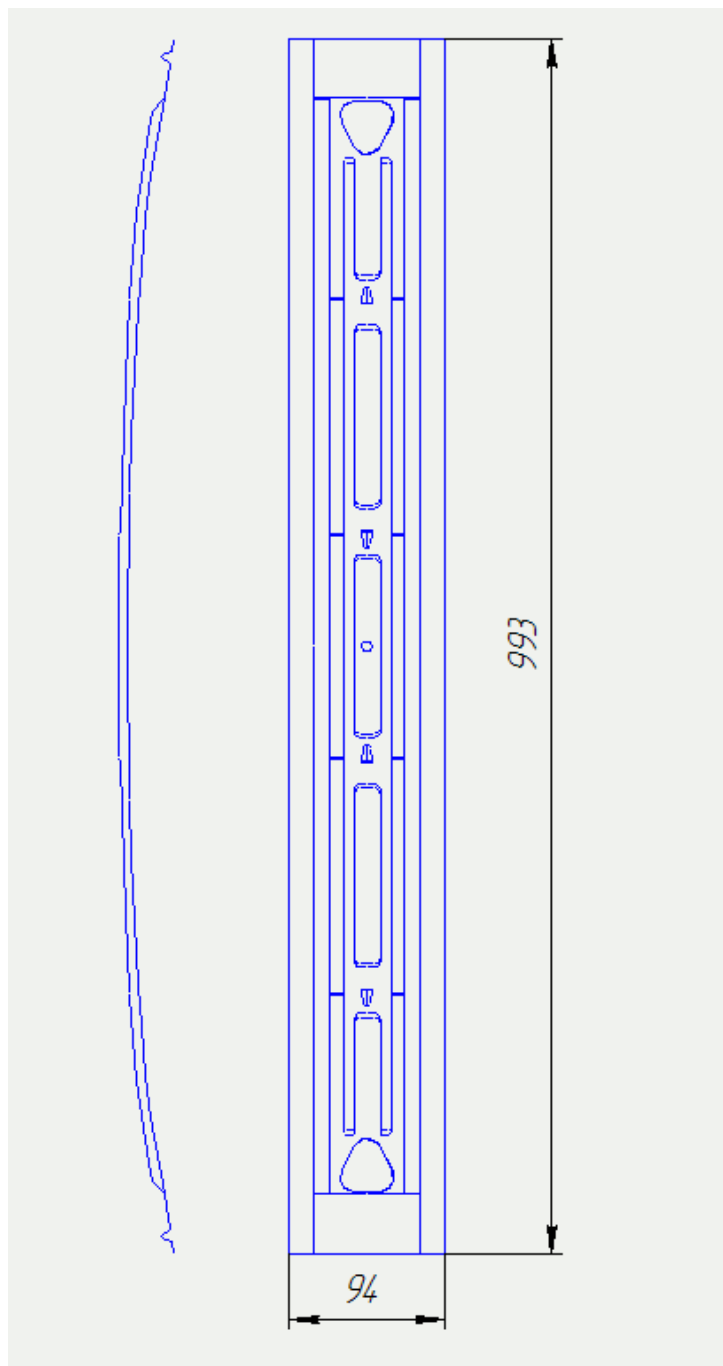


Рисунок 1.1 - Эскиз детали

## 2. Технологическая часть

### 2.1. Схема предполагаемого технологического процесса

Разработка технологических процессов холодной листовой штамповки является основой всей подготовки производства.

В предлагаемом технологическом процессе в операции вытяжка введены ребра, что позволило уменьшить размеры заготовки и вследствие этого уменьшается расход металла.

Вводится автоматизация: листозагрузчик и рейферные линейки, что позволяет увеличить производительность, снизить трудоемкость и себестоимость детали.

Последовательность операций и оборудование остается без изменений.

Технологический процесс изготовления детали «Усилитель крыши» представлен следующими операциями:

10) Резка заготовок.

20<sup>1</sup>) Вытяжка.

20<sup>2</sup>) Обрезка, пробивка, надрезка и отгибка язычков.

20<sup>3</sup>) Отбортовка, правка, обрезка.

Первая операция (10) - резка заготовок. Осуществляется на автоматических гильотинных ножницах Н3218В.

Второй операцией (20<sup>1</sup>) является вытяжка- основная формообразующая операция. Фиксация осуществляется с помощью фиксаторов с торцов. Операция осуществляется на прессе «Инноченти 400».

Третья операция (20<sup>2</sup>) - первая обрезка, пробивка, надрезка и отгибка язычков. Осуществляется частичная обрезка по контуру, пробивка двух базовых отверстий для фиксации на операции 20<sup>3</sup> диаметром 10 мм и отгибка язычков. Фиксация осуществляется с торцов.

Заключительная операция (20<sup>3</sup>) – отбортовка, правка, обрезка 2-я. Производится отбортовка двух отверстий сложной формы. Производится окончательная обрезка по контуру.

## 2.2. Определение формы и размеров заготовки

Для деталей сложной пространственной формы (деталей кузова автомобиля) не предъявляется особых требований к точности размеров заготовок. Поэтому методов точного расчета таких заготовок не существует.

В данном случае мы строим вытяжной переход для детали с фланцем, используемым под прижимную поверхность, который в последствии будет обрезан. Это упрощает технологические расчеты заготовки так как большой точности построения не требуется.

Необходимо соблюсти следующие требования [16]:

- предотвратить нехватку поверхности металла заготовки;
- устранить скопление заведомо лишнего металла в углах, затрудняющего процесс вытяжки.

По характерным сечениям (рисунок 2.1) определяем размеры исходной заготовки. Для этого сделаем развертку вытяжного перехода, построив поперечное (рисунок 2.2) и продольное (рисунок 2.3) сечения, и посчитаем их длины.

### **Поперечное сечения вытяжного перехода:**

Сечение А – А.

Длина средней линии детали:

$$l = (7 + 4.2 + 8 + 0.5 + 6 + 0.5 + 15 + 3,14 \cdot (1.6 + 3.4 + 1.4 + 1.6 + 1.6 + 1.4) / 2) \cdot 2 = 116.94 \text{ (мм)}.$$

### **Продольное сечение вытяжного перехода:**

Сечение Б – Б.

Разбиваем контур по сетке на несколько условно плоских участков

Длина средней линии детали = 994 мм.

Получились приблизительные размеры заготовки. Необходимо учитывать растяжения металла, технологические припуски и фиксацию заготовки в штампе. Так же учитывается, что вытяжной контур должен быть замкнутый, для этого нужно, чтобы размеры заготовки вмещали в себе местные вытяжки по

бокам детали. После всех подсчетов, получаем заготовку со сложным контуром размером 1060 x 135 мм (рисунок 2.4).

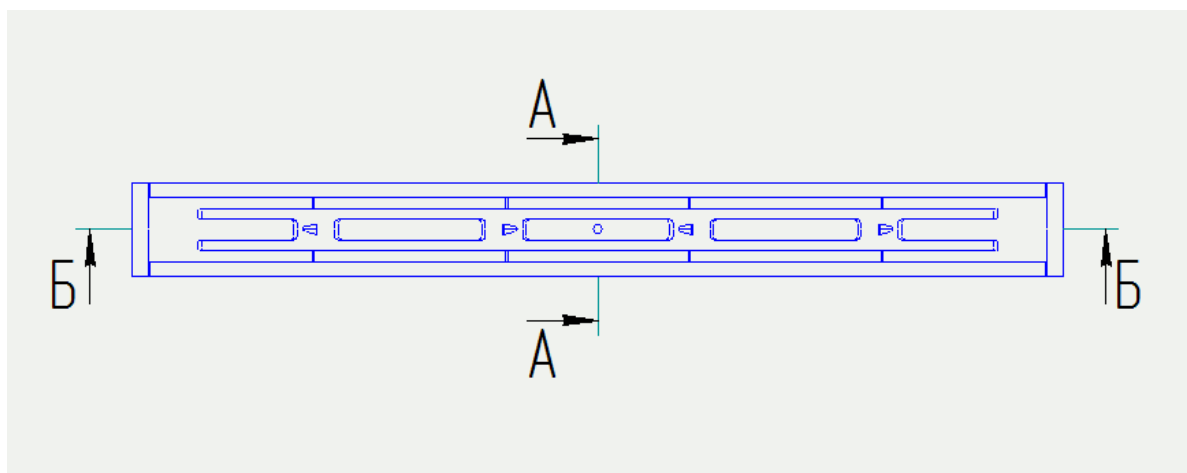


Рисунок 2.1 - Продольное и поперечное сечения

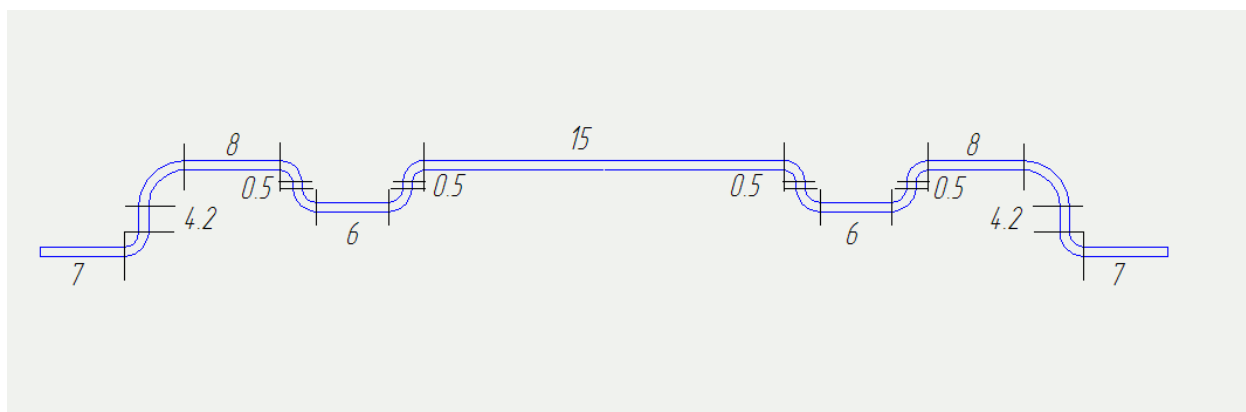


Рисунок 2.2 - Поперечное сечение А-А

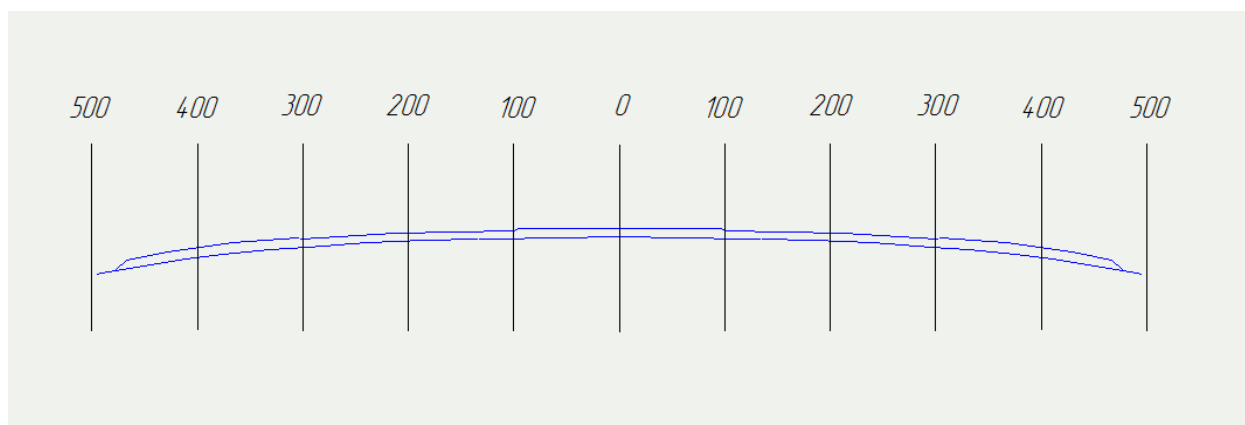


Рисунок 2.3 - Продольное сечение Б-Б

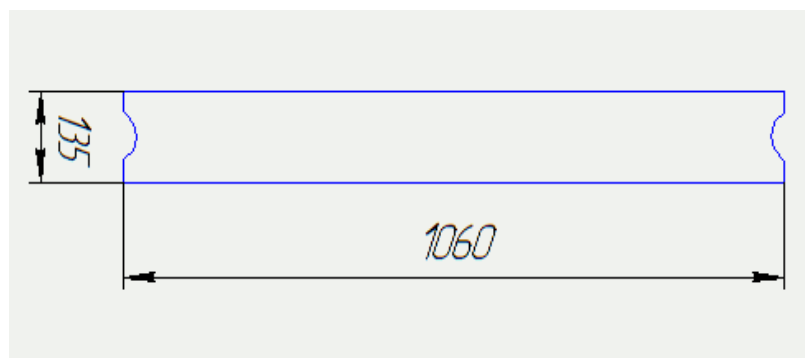


Рисунок 2.4 - Эскиз заготовки

### 2.2.1. Расчет нормы расхода металла в проектном варианте

Рассчитаем норму расхода металла в базовом варианте. Площадь вырубаемой заготовки  $S_3 = 167400 \text{ мм}^2$ .

Величина массы заготовки в базовом варианте равна:

$$M_3 = S_3 \cdot s \cdot \rho, \quad (2.1)$$

где  $M_3$  – масса заготовки;

$S_3$  – площадь заготовки в базовом варианте;

$s$  – толщина ленты;

$\rho$  – плотность стали 08Ю.

Расчет массы заготовки позволил получить следующее значение:

$$M_3 = 1674 \cdot 0.08 \cdot 7.87 = 1006 \text{ (г)}.$$

$$M_d = 520 \text{ (г)}.$$

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{M_3}$$

$$\frac{520}{1006} = 61,5\%$$

Рассчитаем норму расхода металла в проектном. Площадь вырубаемой заготовки  $S_3 = 143100 \text{ мм}^2$ .

Величина массы заготовки в проектном варианте равна:

$$M_3 = S_3 \cdot s \cdot \rho, \quad (2.1)$$

где  $M_3$  – масса заготовки;



$S_3$  – площадь заготовки в проектом варианте;

$s$  – толщина ленты;

$\rho$  – плотность стали 08Ю.

Расчет массы заготовки позволил получить следующее значение:

$$M_3 = 1431 \cdot 0.08 \cdot 7.87 = 838 \text{ (г)}.$$

$$M_d = 520 \text{ (г)}.$$

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{M_3}$$

$$\frac{520}{838} = 62,1\%$$

## **2.3. Проектирование рационального раскроя, определение коэффициента использования металла**

### **2.3.1. Расчет энергосиловых параметров операции вытяжки**

Усилие вытяжки изменяется на протяжении рабочего хода пуансона, достигая максимума при глубине  $h = (0,4 \dots 0,6) H$ , где  $H$  – полная глубина вытяжки. Фактическая величина напряжений в опасном сечении, а, следовательно, и величина усилия вытяжки зависит от сопротивления металла деформированию, степени деформации или коэффициента вытяжки, относительной толщины заготовки, относительного радиуса закругления матрицы и пуансона, типа смазки [16].

Тогда усилие вытяжки равно:

$$P_{\text{вытребер}} = \sigma_v \cdot L \cdot S \cdot k \quad (2.2)$$

$$P_{\text{вытребер}} = 3408 \cdot 0,8 \cdot 27 \cdot 0,8 = 589,1 \text{ (кН)}$$

$S$  – толщина материала;

$\sigma_v$  – предел прочности материала (чтобы получить верхнюю оценку усилия);

$k_n$  – коэффициент, зависящий от относительной высоты коробки,

относительной толщины заготовки, относительного радиуса углового закругления

Работа вытяжки определится по формуле:

$$A_{\text{вытреб}} = C \cdot \frac{P \cdot h}{1000}, \quad (2.3)$$

где

$P$  – усилие вытяжки, Н;

$C$  – коэффициент, составляет обычно 0.6 – 0.8;

$h$  – глубина вытяжки, мм

$$A_{\text{вытреб}} = 0.65 \cdot \frac{58890 \cdot 3.5}{1000} = 133.97 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 1339.7 (\text{Дж})$$

$$P_{\text{раст}} = 2L \cdot s \cdot e^{\mu} \sigma_s \cos \varphi \quad (2.4)$$

$$P_{\text{раст}} = 2 \cdot 497 \cdot 0.8 \cdot e^{0.3} \cdot 27 \cdot 0.26 = 214.7 \text{ кН}$$

Работа вычисляется по формуле (2.3):

$$A_{\text{раст}} = C \cdot \frac{P \cdot h}{1000}.$$

$$A_{\text{раст}} = 0.65 \cdot \frac{21472 \cdot 7.2}{1000} = 100.49 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 1004.9 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Усилие отбортовки фланца:

$$P_{\text{отбортове}} = \frac{1,1 \cdot \pi \cdot S \cdot \sigma_T \cdot (D - d)}{3} \quad (2.5)$$

$$P_{\text{отбортове}} = \frac{1,1 \cdot 3.14 \cdot 0.8 \cdot 22 \cdot (46 - 40)}{3} = 3.7 \text{ (кН)}$$

Работа вычисляется по формуле 2.3:

$$A_{\text{отб}} = C \cdot \frac{P \cdot h}{1000}$$

$$A_{\text{отб}} = 0.65 \cdot \frac{364.7 \cdot 5}{1000} = 1.18 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 11.8 (\text{Дж})$$

Суммарное усилие вытяжки:

$$P_{\text{выт}} = P_{\text{вытреб}} + P_{\text{раст}} + P_{\text{отб}}$$

$$P_{\text{выт}} = 589.1 + 214.7 + 3.7 = 807.5 \text{ (кН)}$$

Суммарная работа вытяжки:

$$A_{\text{выт}} = A_{\text{вытреб}} + A_{\text{раст}} + A_{\text{отб}}$$

$$A_{\text{вытреб}} = 1339.7 + 1004.9 + 11.8 = 2356.4 \text{ (Дж)}$$

### 2.3.2. Расчет энергосиловых параметров операции обрезка, пробивка отверстий

Усилие резания и сопротивление срезу при обрезке и пробивке не остаются постоянными, а изменяются на протяжении рабочего хода. Необходимое для вырубki и пробивки усилие зависит от длины периметра изделия или отверстия, толщины и механических свойств металла, степени предварительного наклепа, а также от относительной толщины вырубki, величины зазора и состояния режущих кромок. Учитывая, что  $\sigma_{\text{ср}} \approx 0,86 \sigma_{\text{в}}$  определим требуемое усилие обрезке по формуле [17]:

$$P_{\text{обр}} = k \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S, \quad (2.6)$$

где,

$k$  – коэффициент учитывающий наличие побочных явлений при обрезке, неравномерность толщины материала и затуплению режущих кромок;

$\sigma_{\text{в}}$  – предел прочности материала;

$L$  – периметр линии обрезки, мм;

$$P_{\text{обр}} = 1,3 \cdot 0,86 \cdot 27.5 \cdot 1980 \cdot 0,8 = 48700.8 \text{ кгс} = 487 \text{ (кН)}.$$

Работа резания при обрезке определяется по формуле:

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}, \quad (2.7)$$

где

$P$  – полное усилие обрезки, кг;

$x$  – коэффициент, определяемый из соотношения  $x = P_{cp}/P$  ( $P_{cp}$  – усредненное усилие вырубки). Величина коэффициента  $x$  зависит от рода и толщины материала. Его значения выбирается из таблицы,  $x = 0.65$ .

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}$$

$$A = 0,65 \cdot \frac{48700 \cdot 8 \cdot 0,8}{1000} = 25,32 \text{ кг} \cdot \text{с} \cdot \text{м} = 253,2 (\text{Джс})$$

Определим усилие для пробивки отверстий:

$$P_{cp} = LS\sigma_{cp}, \quad (2.8)$$

где

$L$  – периметр пробиваемых отверстий, мм;

$\sigma_{cp}$  – сопротивление срезу, МПа.

$$\sigma_{cp} = (0,7 \div 0,8) \cdot \sigma_s = 0,75 \cdot 275 = 206 (\text{МПа})$$

$$P_{cp} = 449 \cdot 0,8 \cdot 206 = 74 (\text{кН})$$

Усилие прижима определяется по формуле:

$$P_{np} = 0,25 \cdot P_{cp} \quad (2.9)$$

$$P_{np} = 0,25 \cdot 74 = 18,5 (\text{кН})$$

Требуемое усилие для пробивки отверстия:

$$P_{полн} = 1,3(P_{cp} + P_{np}) \quad (2.10)$$

$$P_{полн} = 1,3(74 + 18,5) = 120 \text{ кН}$$

Работа резания при пробивке отверстий определяется по формуле (2.7):

$x$  – коэффициент, определяемый из соотношения  $x = P_{cp}/P$  ( $P_{cp}$  – усредненное усилие вырубки). Величина коэффициента  $x$  зависит от рода и толщины материала.  $x = 0,65$ .

$$A = 0,65 \cdot \frac{120 \cdot 0,8}{1000} = 65,5 (\text{Дж})$$

Определим полное усилие обрезки, пробивки:

$$P = P_{n.об} + P_{n.проб}$$

$$P = 487 + 126 = 613 (\text{кН})$$

Работа резания при обрезке, пробивке определится по формуле:

$$A = A_{об} + A_{проб}$$

$$A = 253,2 + 65,5 = 318,7 (\text{Дж})$$

### 2.3.3. Расчет энергосиловых параметров операции обрезка, отбортовка, правка

Усилие рассчитывается по формуле [17]:

$$P_{обр} = k \cdot \sigma_{cp} \cdot L \cdot S, \quad (2.6)$$

где

$k$  – коэффициент, учитывающий наличие побочных явлений при обрезке, неравномерность толщины материала и затуплению режущих кромок;

$\sigma_{\epsilon}$  – предел прочности материала;

$L$  – периметр линии обрезки, мм;

$$P_{обр} = 1,3 \cdot 0,86 \cdot 275 \cdot 414 \cdot 0,8 = 101,8 (\text{кН}).$$

Работа резания при обрезке определяется по формуле:

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}, \quad (2.7)$$

где

$P$  – полное усилие обрезки, кг;

$x$  – коэффициент, определяемый из соотношения  $x = P_{cp}/P$  ( $P_{cp}$  – усредненное усилие вырубки). Величина коэффициента  $x$  зависит от рода и толщины материала. Его значения выбирается из таблицы,  $x = 0.65$ .

$$A = 0,65 \cdot \frac{101,8 \cdot 0,8}{1000} = 52,9 \text{ Дж}$$

Правка пространственных форм применяется главным образом для придания правильной формы и более точных размеров предварительно согнутым или вытянутым деталям.

Усилие при правке, чеканке штампами определяется по формуле:

$$P_{np.} = \rho \cdot F \quad (2.11)$$

где

$F$  – поверхность детали, мм<sup>2</sup>;

$\rho = 7,87 \text{ кгс/мм}^2 = 78,7 \text{ МПа}$ ;

$P_{np.} = 7,87 \cdot 133083 = 1047363,2 \text{ (кгс)} = 105 \text{ (кН)}$

Работа рассчитывается по формуле:

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000} \quad (2.7)$$

$$A = 0,65 \cdot \frac{133083 \cdot 0,8}{1000} = 69,2 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 692 \text{ (Дж)}$$

$$P_{омб} = 1,5 \cdot n \cdot \sigma_s \cdot s \cdot (l_1 - l_2) \quad (2.15)$$

где,  $l_1 = 141$ ,  $l_2 = 126$

$P_{омб} = 1,5 \cdot 3,14 \cdot 275 \cdot 0,8 \cdot 15 = 155,4 \text{ (кН)}$

Работа рассчитывается по формуле:

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000} \quad (2.7)$$

$$A = 0.65 \frac{155 \cdot 3}{1000} = 3.02 \text{ кГс} \cdot \text{м} = 30.2 (\text{Дж})$$

Суммарное усилие операции:

$$P = P_{\text{обр}} + P_{\text{пр.}} + P_{\text{отб.}}$$

$$P = 101.8 + 105 + 155.4 = 362 \text{ (кН)}$$

Суммарная работа:

$$A = A_{\text{обр}} + A_{\text{пр.}} + A_{\text{отб.}}$$

$$A = 52.9 + 692 + 30.2 = 775.1 \text{ (Дж)}.$$

### **3. Выбор оборудования и средств механизации или автоматизации**

#### **3.1. Выбор типа, расчет основных параметров, определение основных технических характеристик**

Основными механическими параметрами для выбора прессы являются: усилие, работа, жесткость, величина хода, закрытая высота и размеры стола прессы [2].

Следует отличать загрузку прессы по усилию от загрузки по мощности (по работе). Первая лимитируется прочностью коленчатого вала или зубчатых передач прессы, а вторая — живой силой маховых масс, мощностью электродвигателя и допустимой его перегрузкой.

Недостаточно производить выбор прессы только по усилию, так как могут быть разные случаи перегрузки прессы:

- пресс перегружен по допускаемому усилию, в результате чего происходит деформация вала, а затем и поломка прессы;

- пресс перегружен по мощности, но не перегружен по допускаемому усилию. В этом случае происходит затормаживание и резкое падение частоты вращения маховика, вызывающее недопустимое скольжение электродвигателя, перегрев его обмотки и порчу изоляции. В результате непродолжительной работы электродвигатель выходит из строя.

Подбор прессы по усилию производят следующим образом. Усилие, необходимое для выполнения технологической операции, находят по соответствующим формулам, приведенным выше. Определяют усилие сжатия буферов и выталкивателей, суммируют с технологическим усилием и сравнивают с номинальным усилием прессы [13]:

$$P_{пр} > P + Q_б \quad (3.1)$$

Так как прессы изготавливают в определенном интервале по номинальному усилию, то обычно при выборе прессы расчетное усилие не соответствует точно номинальному усилию. Поэтому пресс берется заведомо



большого 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, что имеет большое значение для гибки с калибровкой, рельефной и объемной штамповки [19].

### **3.2. Выбор средств механизации и автоматизации, определение основных технических характеристик**

Пресс Инноченти 400 относится к прессам с жёсткой связью. Деталь поочередно проходит все позиции за определённый цикл, без промежуточных накоплений между технологическими операциями.

Пресс Инноченти 400 предназначен для штамповки деталей крупных размеров из листовой стали, как из штучных заготовок, так и из рулона. Инноченти 400 представляет из себя пресс простого действия, снабжённый грейферной подачей, вынесенной перед передними стойками (колоннами) вырубной позицией, выкатным болстером [8].

В комплексе с прессом работают средства механизации: листоагрегатор и тележка для смены тары.

Пресс состоит из сварных узлов: станина, головка, ползун, колонны. Главный привод прессы смонтирован в головке. Приводной электродвигатель постоянного тока, мощностью 60 кВт. Скорость вращения электродвигателя, соответственно и число ходов ползуна, изменяется от min до max плавно. Кроме того, для настройки пресс имеет микроход (около 5 ходов в мин). Ползун вырубной позиции приводится в движение от главного привода через кривошипный вал [15].

Двухкоординатная грейферная линейка прессы обеспечивает точное позиционирование детали в штампах, а также после выполнения операции

грейферная линейка задаёт необходимое положение детали, которое должно быть на уровне её транспортировки.

Основной частью грейферного приспособления являются транспортирующие салазки с прикрепленными к ним пластинами, благодаря которым заготовки при каждом ходе ползуна пресса перемещаются на один шаг в продольном направлении, т. е. от одного штампа к другому [1].

Таблица 3.1 – Характеристики пресса «Инноченти 400»

Характеристика	Значение
1. Номинальное усилие, МН	4
2. Ход ползуна, мм	610
3. Наибольшая закрытая высота, мм	938
4. Наименьшая закрытая высота, мм	633
5. Регулировка, мм	305
6. Число ходов в минуту	20
7. Ход пневматических подушек, мм	203
8. Число пневматических подушек	2
9. Суммарное усилие пневматических подушек, МН	0,65

### 3.3. Описание работы штамповой линии, планировка участка штамповки

Таблица 3.2 - Характеристика грейферной подачи

Характеристика грейферной подачи	Значение параметра
1. Продольное перемещение, мм	720
2. Поперечное перемещение, мм	130
3. Расстояние между линейками в сведенном положении, мм	954

Грейферная подача приводится в движение от главного привода через угловой редуктор и вал с муфтой предельного крутящего момента. Поперечный ход линеек грейферной подачи реализуется через рычажно-кулачковую передачу от кулачков, установленных на ползуне прессы.

Вращение на основной вал главной передачи передаётся от эл. мотора через муфту-тормоз и маховик клиноременной передачи.

Пресс оборудован выдвижным болстером, обеспечивающим быструю смену штампов. Болстер выкатывается на «фронт» прессы. Выдвижной болстер имеет индивидуальный электропривод. В рабочем положении болстер фиксируется шестью захватами от гидроцилиндров.

В станине прессы смонтированы цилиндры маркетных выталкивателей. Пресс снабжён пневмосистемой, обеспечивающей работу муфты-тормоза, выталкивателей ползуна, маркетных выталкивателей, балансиров ползуна.

Пресс имеет автоматическую централизованную систему смазки непрерывного и периодического действия. Для обеспечения стабильной работы пневмоустройство (балансиры ползуна, выталкиватели и т.д.) пресс снабжён воздушными ёмкостями.

Загрузчик штучных заготовок установлен перед прессом на рельсовом пути.

Загрузчик состоит из следующих основных узлов: рамы, тележки с двумя позициями загрузки заготовок, цилиндра подъема заготовок, распушителя, узла присосок, верхней коробки с пневмоаппаратурой.

В крайних положениях тележка тормозится гидроамортизаторами, заготовки из стопы забираются вакуумными присосками. Для лучшего отделения поштучно заготовок в раме забора заготовок присосками, установлены распушители.

В верхней коробке установлена пневмоаппаратура, управляющая работой загрузчика.

Принципиальная схема автоматизации и кинематическая схема работы средств грейферных линеек определяют габаритные размеры штамповой оснастки и принимают в качестве теоретических характеристик при начале проектирования штамповой оснастки [7].

## **4. Конструкторская часть**

Состав и конструкция штампа зависят от многих факторов, но определяющими являются: конструкция, форма и размеры детали; тип и наименование операции; оборудование, на котором устанавливается пресс; вопросы серийности и экономической эффективности производства [3].

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

Основными формообразующими частями штампа являются пуансон 8 и матрица 4, закрепленная на верхней плите 3. Пуансон 8 устанавливается на нижней плите 9. Вокруг пуансона располагается подвижный в вертикальном направлении прижим 5. Зажимные элементы 4,7 выполнены в виде секций и закреплены соответственно в верхней плите и на прижиме. Для надежного удержания кромок листовой заготовки на одном из зажимов выполнен рифт треугольного сечения, на другом – канавка соответствующей формы. Прижим 5 установлен на толкатели, опирающиеся на пневмоподушку прессы. На прижиме установлен пуансон 8, отгибающий кромку выреза в торце заготовки вверх. Наличие отгиба создает дополнительное сопротивление течению металла из-под плоскости прижима, что увеличивает деформацию прижима.

### **4.2. Описание работы штамповой оснастки**

Перед началом работы штамп находится в открытом состоянии: верхняя плита с матрицей подняты ползуном прессы вверх, прижим под действием пневмоподушки и толкателей также находится в верхнем положении. При этом зажимы, расположенные на прижиме, находятся на уровне, соответствующем верхней точке пуансона. Листовая заготовка укладывается на прижим, и при ходе верхней части штампа вниз ее противоположные кромки зажимаются

между элементами с образованием на краях заготовки V-образных канавок. Усилие зажима и формовки канавок создается пневмоподушкой прессы. При дальнейшем опускании верхней части штампа происходит формообразование поверхности детали путем обтяжки по пуансону. Окончательная форма придается детали при смыкании матрицы и пуансона, при этом на детали доштамповываются отдельные элементы ее рельефа и местные углубления. После этого верхняя часть штампа вместе с прижимом и отштампованной деталью поднимается вверх на величину  $H$ , и деталь удаляется из штампа

Устранение вакуума, возникающего между пуансоном и вставкой в конце операции, происходит за счет отводящих воздух отверстий диаметром 8 мм.

Удаление полуфабриката из штампового пространства осуществляется при помощи подъемника, действующего от пневмоцилиндра. Пневматика штампа связана с прессом [10].

### 4.3. Прочностные расчеты деталей штампов

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

Расчет на прочность будем производить на примере пробивного пуансона наименьшего диаметра, применяемого для пробивки круглых отверстий  $d = 10$  мм.

Приближенный расчет пуансона на прочность выполняется по таблице.

Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие [14]:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F} \quad (4.1)$$

где

$P$  – усилие пробивки;  $P = 5,2$  кН.

$F$  – опорная поверхность пуансона, мм<sup>2</sup>;

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (4.2)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 (\text{мм}^2)$$

$$\sigma_{см} = \frac{520}{78,5} = 6,62 (\text{кгс} / \text{мм}^2)$$

Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f} \leq [\sigma_{сж}] \quad (4.3)$$

где,

f – площадь наименьшего сечения пуансона, мм<sup>2</sup>;

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.4)$$

$$f = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 (\text{мм}^2)$$

[σ<sub>сж</sub>] – допускаемое напряжение на сжатие, [σ<sub>сж</sub>] = 160 кгс/мм<sup>2</sup>

$$\sigma_{сж} = \frac{520}{78,5} = 6,62 (\text{кгс} / \text{мм}^2).$$

Сжимающее напряжение составило 6,62 кгс/мм<sup>2</sup> < 160 кгс/мм<sup>2</sup>, что меньше допускаемых, следовательно условие прочности на сжатие удовлетворяется.

Расчет свободной длины пуансона на продольный изгиб:

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{E \cdot I}{n \cdot P}} \quad (4.5)$$

где

E – модуль упругости (2,2·10<sup>3</sup> МПа);

I – момент инерции, м<sup>4</sup>;

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

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{4}. \quad (4.6)$$

$$I = \frac{3,14 \cdot 0,01^4}{4} = 0,785 \cdot 10^{-8} (\text{м}^4)$$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 0,785 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 5,2}} = 0,081 (\text{м})$$

В проектном техпроцессе длина пуансона равна 67 мм < 81 мм, что меньше допустимого, следовательно, условие на продольный изгиб удовлетворяется.

Расчет на прочность показал, что пуансоны для пробивки диаметром 10 мм достаточно прочные.



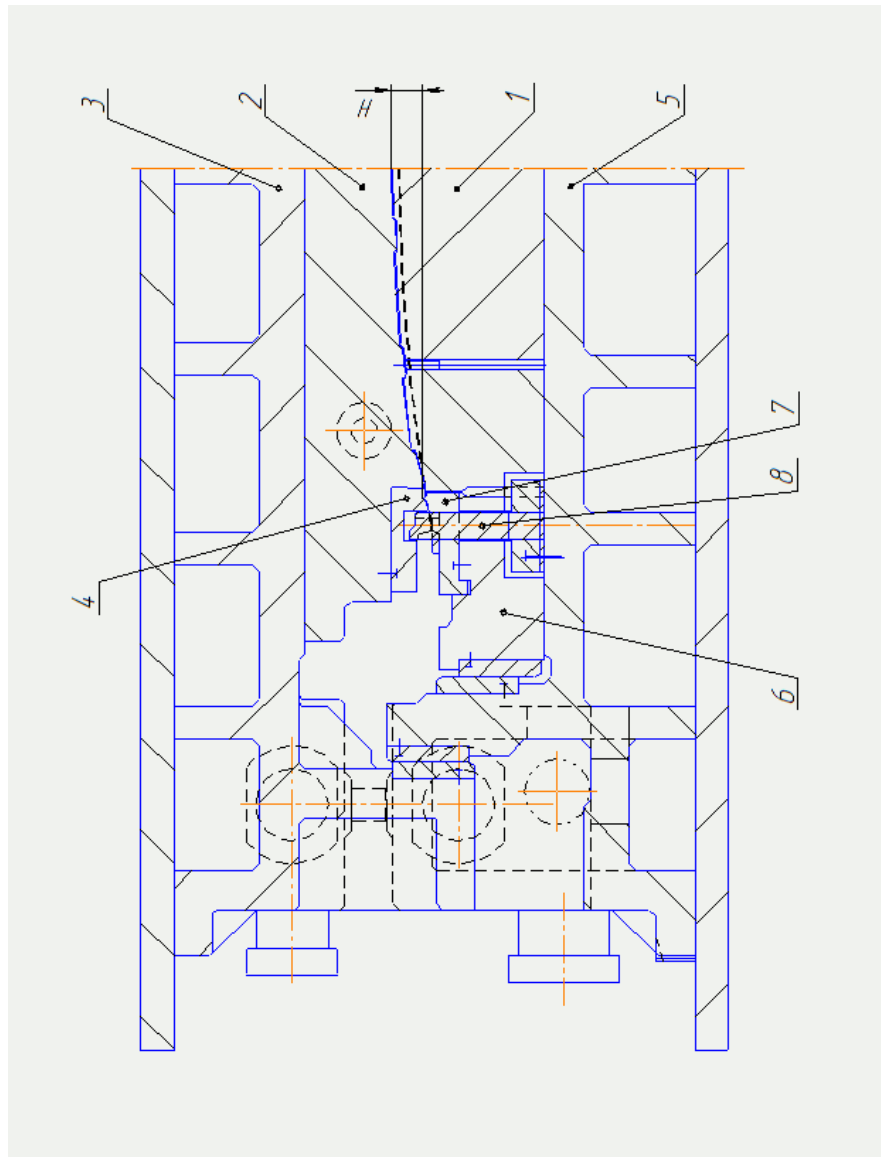


Рисунок 4.1 - Штамп для вытяжки разрез А-А

#### 4.5. Определение центра давления штампа

Для правильной работы штампа необходимо вытяжной контур расположить в штампе так, чтобы центр его давления совпал с центральной осью штампа. В противном случае в штампе могут возникнуть перекосы, несимметричность зазора (между пуансоном и матрицей), износ направляющих, что может привести к поломке штампа.

В нашем случае заготовка является прямоугольной (1060 x 135 мм), т.е. условно симметричной. Если вытяжной переход расположить симметрично относительно центральной оси штампа, то при вытяжке перекося не возникнет, либо будет минимален (в допустимых пределах).

#### 4.6. Определение исполнительных размеров инструмента

Исполнительные размеры – фактические размеры пуансонов и матриц, рассчитанные с учетом полей допусков (указаны в чертеже детали на отдельные элементы) и с учетом припуска на износ рабочих деталей штампа.

Для формообразующих операций исполнительные размеры рабочих частей назначают, исходя из того, как задан размер на чертеже детали. Если задан наружный размер, то основной деталью является матрица, а размер пуансона назначается меньше на величину требуемого зазора, который обычно равен толщине штампуемого материала. Если задан внутренний размер детали, то пуансон является основной деталью, а зазор набирают за счет матрицы.

Основными рабочими деталями вытяжного штампа являются пуансон и матрица. Детали имеют размеры с полями допусков по 11 и 12 квалитетам, поэтому припуск на износ рабочего окна матрицы  $P_{ин}$  принимаем  $0,8 P_{дет}$ ; двухсторонний зазор:  $Z = 0,14 \dots 0,22$  мм.

При этих зазорах для размеров детали согласно изготовлению рабочего контура матрицы и пуансона принимают по H7 и h6 соответственно [20].

Рассчитаем исполнительные размеры пуансонов и матриц, используемых при пробивке отверстия диаметром 6,5 мм. Расчет диаметра пуансона выполняется по формуле [2]:

$$d_{п} = (d_{отв} + \Delta)^{-\delta}, \quad (4.7)$$

где

$\Delta$  – допуск на отверстие, назначенный по 14-му качеству ( $\pm j_s 14/2$ );  $\Delta = \pm 0,045$  мм;

$\delta$  – допуск на изготовление пуансона по качеству h6;  $\delta = -0,009$  мм.

Диаметр пуансона в соответствии с формулой (4.4) равен:

$$d_{\Pi} = (6,5 + 0,045)^{-0,009} = 6,545^{-0,009} \text{ (мм)}.$$

Расчет диаметра матрицы выполняется по формуле [2]:

$$d_M = (d_{\Pi} + Z)^{+\delta}, \quad (4.8)$$

где

$Z$  – двусторонний зазор резания;  $Z = 0,08$  мм (10% от толщины  $S$ );

$\delta$  – допуск на изготовление матрицы по качеству H7;  $\delta = + 0,08$  мм.

Диаметр матрицы в соответствии с формулой (4.8) равен:

$$d_M = (6,545 + 0,15)^{+0,08} = 6,695^{+0,08} \text{ (мм)}.$$

## 5. Безопасность и экологичность технического объекта

### 5.1 Технологический паспорт объекта

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта [9]

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1.	Изготовление детали «Усилитель крыши передний»	1. Резка заготовок 2. Вытяжка 3. Обрезка, пробивка, надрезка и отгибка язычков 4. Отбортовка, правка, обрезка	Оператор Наладчик	Резка выполняется на McKey-500, Вытяжка, пробивка, надрезка, отгибка язычков, отбортовка, правка выполняется на Инноченти 400.	Металл

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 - Идентификация профессиональных рисков [9]

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
<b>Физические факторы</b>			
1.	1.Резка заготовок 2.Вытяжка 3.Обрезка, пробивка, надрезка и отгибка язычков 4.Отбортовка, правка, обрезка	1. Движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части;	Резка на ножницах McKey- 500, надрезка обрезка на прессе Инноченти 400
		2. Передвигающиеся изделия, материалы, заготовки	Листозагрузчик и рейферные линейки
		3. Повышенные уровни шума, вибрации	Производственный шум достигает 93дБ и более
		4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	Внутри производственных помещений
		5. Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования	Инноченти 400 McKey- 500, листозагрузчик и рейферные линейки заготовки

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 - Методы и средства снижения профессиональных рисков [9]

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
<b>Физические факторы</b>			
1.	Движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части;	Штампы надежно крепятся на прессе за счет этого в процессе работы не происходит самопроизвольное отделение их друг от друга	
2.	Передвигающиеся изделия, материалы, заготовки	В качестве защитных устройств используется в фотозащита. Она исключает возможность пуска пресса при нахождении руки в рабочем месте и вызывает остановку ползуна	
3.	Повышенные уровни шума, вибрации	Предусматриваются устройства по звукоизоляции и предотвращения вибрации	Наушники, беруши
4.	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Недостаточная освещенность рабочей зоны из-за высоких потолков	

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
		подкрепляется дополнительным освещением на рабочих местах	
5.	Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования		Перчатки для предотвращения травм рук, кирзовые ботинки, предохраняющие от ударов ног; спецодежда, предохраняющая тело от пыли.

### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 5.4 - Обеспечение пожарной безопасности технического объекта [9]

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1.	Цех По обработке металла давлением	Инноченти 400, McKey- 500, Листозагрузчик и грейферные линейки	D	Пламя и искры	Термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей
				Снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)	Осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

## 5.5 Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности [9]

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.
Ящик с песком	Пожарные автомобили	Газовые АУПТ	Пожарные извещатели	Пожарные рукава	Респирактор	Разжим гидравлический, Ножницы гидравлические	Ручной
				Пожарные стволы			
Огнетушитель		Водяные АУПТ	Система передачи извещений о пожаре	Руководящая арматура	Противогаз	Топор, Лом, Багор, Крюк	Дымовой
				Пожарные шкафы, щиты			
Внутренний пожарный кран				Пожарные гидранты	Легкий защитный костюм		Тепловой



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

Таблица 5.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности [9]

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Изготовление «усилитель крыши передний» Инноченти 400 McKey- 500, Листоагрузчик Грейферные линейки	1.Резка заготовок 2.Вытяжка 3.Обрезка, пробивка, надрезка и отгибка язычков 4.Отбортовка, правка, обрезка	1. Убрать на расстояние более 5 метров легковоспламеняющиеся предметы и контейнера с бытовыми отходами. 2. При осуществлении работ в непосредственной близости иметь средства первичного пожаротушения.

## 5.7 Идентификация экологических факторов технического объекта

Таблица 5.7 - Идентификация экологических факторов технического объекта [9]

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное 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.)
Цех По обработке металла давлением	Изготовление «усилитель крыши передний». Инноченти 400, McKey- 500, Листоагрузчик, Грейферные линейки	Отсутствует	Отсутствует	Отходы после обрезки металла

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

Таблица 5.8 - Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду [9]

Наименование объекта	технического	Цех По обработке металла давлением
Мероприятия по снижению негативного воздействия на атмосферу	по антропогенного	Отсутствуют
Мероприятия по снижению негативного воздействия на гидросферу	по антропогенного	Отсутствуют
Мероприятия по снижению негативного воздействия на литосферу	по антропогенного	После обрезки детали, складирование отходов металла в контейнера и отправка на вторичную переработку

В данном разделе дипломного проекта проведено нормирование опасных и вредных производственных факторов и разработаны технические, организационные мероприятия по их устранению или снижению. К техническим мероприятиям относятся: механизация и автоматизация тяжелых, трудоемких и опасных производственных процессов; ограждение движущихся, токоведущих и иных опасных деталей, узлов машин и устройств и т.д. К организационным мероприятиям относятся: удобное расположение оборудования и правильное распределение грузопотоков в цехе, правильная организация и содержание в порядке рабочих мест, запрещение работы на неисправном оборудовании, неисправным инструментом, обеспечение соответствующей вентиляцией, освещением и т.д. Выполнение этих мероприятий позволяет:

повысить рост производительности; увеличить объем выпускаемой продукции; повысить качество продукции; снизить брак; сократить количество

чрезвычайных ситуаций; уменьшить количество профессиональных заболеваний и травм.

## 6. Экономическая часть

### 6.1. Характеристика вариантов

В данной части дипломного проекта необходимо провести сравнительный анализ двух вариантов изготовления детали 1118-5701112 «Усилитель крыши передний».

Базовый вариант – традиционная штамповка на четырех единицах оборудования с промежуточной транспортировкой. Резка производится на McKey-500, вытяжка, пробивка, обрезка на прессах Инноченти 400.

Тип производства – серийный. Условия труда – тяжелые (ручные).

Проектный вариант – Резка также производится на McKey- 500, Остальные операции выполняются на автоматической линии Инноченти 400.

Тип производства – серийный.

Условия труда – нормальные.

### 6.2. Расчет себестоимости штамповой оснастки

Таблица 7.1 - Калькуляция изготовления вытяжного штампа [6]

№	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.	Примечание
1	2	3	4	5
1.	Материальные расходы	М	671131,9	
2.	Основная заработная плата $Z_{пл}^{осн.} = Ст \cdot Тн/ч = 101,79 \cdot 1234,7 = 125680,1$	$Z_{пл}^{осн.}$	125680,1	
3.	Налог на социальные нужды	Сс	34184,9	27,2% от $Z_{пл}^{осн.}$
4.	Расходы на содержание оборудования	РСО	184976	147,18% от $Z_{пл}^{осн.}$
5.	Цеховые расходы	$P_{цех}$	168411,3	130,39% от $Z_{пл}^{осн.}$
	<b>Итого</b> цеховая себестоимость	$C_{цех}$	1184384,2	

### 6.3. Расчет себестоимости изготовления и производства продукции

Таблица 7.2 - Исходные данные для расчета себестоимости продукции

а) Общие исходные данные

№	Показатель	Обозначение	Значение
1	2	3	4
1.	Годовая программа выпуска, шт.	$N_{Г}$	120000
2.	Эффективный фонд времени работы рабочего, час	$\Phi_{э.р.}$	1710
3.	Коэффициент выполнения норм	$K_{ВН}$	1,29
4.	Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{МН}$	1,00
5.	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	$K_{О}$	11,8
6.	Коэффициент монтажа: - в себестоимости - в капитальных вложениях	$K_{МОНТ}$	1,175 0,175
7.	Цена материала, руб./кг	$\Pi_{М}$	25,32
8.	Цена отходов, руб./кг	$\Pi_{ОТХ}$	0,8
9.	Коэффициент	$K_{ТЗ}$	1,04
10.	Коэффициенты доплат по заработной плате		
А)	До часового фонда зарплаты	$K_{ДОП}$	1,1
Б)	За профессиональное мастерство	$K_{ПФ}$	1,12
В)	За условия труда	$K_{У}$	1,12
Г)	За вечерние и ночные часы	$K_{Н}$	1,16
Д)	Премииальные	$K_{ПР}$	1,2
Е)	На социальное страхование	$K_{С}$	1,27
	Итого общий коэффициент доплат $K_{ЗПЛ} = K_{ДОП} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{У} \cdot K_{Н} \cdot K_{ПР} \cdot K_{С} =$ $1,1 \cdot 1,12 \cdot 1,12 \cdot 1,16 \cdot 1,2 \cdot 1,27 = 2,61$	$K_{ЗПЛ}$	2,61
11.	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_{М}$	0,8
12.	Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{В}$	0,7
13.	Коэффициент потерь в сети	$K_{П}$	1,03
14.	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{ОД}$	0,9

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4		
15.	Выручка от реализации, % от Ц: - изношенного оборудования - изношенного штампа	$V_p$ $V_{p.и.}$	5 15		
16.	Норма амортизации, %	$Н_a$	8		
17.	Коэффициент цеховой	$K_{цех}$	2,46		
18.	Часовая тарифная ставка, руб./час.	$C_T$	42,17	58,49	101, 79
19.	Цена электроэнергии, руб./кВт	$C_э$	1,42		
20.	Цена площади, руб./м <sup>2</sup>	$C_{пл}$	4500		
21.	Норматив экономической эффективности	$E_n$	0,33		

б) Таблица 7.3 - Эксплуатационные данные оборудования

№	Наименование оборудования	Усили е, МН	$T_{шт.}$ , мин.	$T_{маш.}$ , мин.	$M_y$ , кВт	Площадь, м <sup>2</sup>	Цена, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Инноченти 400	0,4	0,056	0,083	72	5,3	30473981
2.	Инноченти 400 (линия)	0,4	0,038	0,125	420	20,8	52384601

в) Таблица 7.4 - Исходные данные об оснастке

№	Наименование штампа	Стойкость штампа $T_{шт.}$ , ударов.	Цена штампа $C_{шт.}$ , руб.
1	2	3	4
	Базовый		
1.	Вытяжной	45000	1042126
2.	Пробивной	45000	1036684
3.	Обрезной	40000	1085812
	Проектный		
1.	Вытяжной	70000	1184384
2.	Пробивной	70000	1001071
3.	Обрезной	70000	1054850

## Расчетные данные

1. Номинальный фонд времени работы оборудования:

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

$D_p$  – рабочие дни;

$T_{см}$  – продолжительность смены;

$D_{пр}$  – предпраздничные дни;

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

$C$  – количество смен.

$$\Phi_H = (250 \cdot 8,12 - 8 \cdot 1) \cdot 2 = 4044$$

2. Эффективный фонд времени оборудования:

$$\Phi_э = \Phi_H \cdot (1 - B), \text{ где}$$

$B$  – коэффициент, учитывающий время на ремонт оборудования.

$$\Phi_э = 4044 \cdot (1 - 0,006) = 3800. \text{ час}$$

Таблица 7.5. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1.	Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{об} = t_{шт} \cdot N_r / (\Phi_э \cdot k_{вн} \cdot 60)$ $n_{об}^{баз} = 0,056 \cdot 120000 / (3800 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,027 \approx 1$ $N_{об}^{пр} = 0,038 \cdot 120000 / (3800 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,018 \approx 1$	3	1
2.	Коэффициент загрузки оборудования выполнения данной операции	$K_3 = n_{об}^{Расч.} / n_{об}^{Прин.}$ $K_3^{баз} = 0,027/1$ $K_3^{пр} = 0,018/1$	0,027	0,018



Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5
3.	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{\text{оп}} = [t_{\text{шт}} \cdot N_{\Gamma} \cdot (1 + k_{\text{о}} / 100)] / (\Phi_{\text{Эр}} \cdot K_{\text{мн}} \cdot 60)$ $P_{\text{оп}}^{\text{баз}} = [0,056 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8/100)] / (1710 \cdot 1 \cdot 60) = 0,039 \approx 1 \cdot 6 \text{ оп} \cdot 2 \text{ см.}$ $P_{\text{оп}}^{\text{пр}} = [0,038 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8/100)] / (1710 \cdot 1 \cdot 60) = 0,024 \approx 1 \cdot 2 \cdot 2 \text{ см.}$	12	4
	Примечание: * 1 наладчик, 1 оператор			
4.	Число штампов для выпуска годовой программы, шт.	$N_{\text{шт}} = N_{\Gamma} / T_{\text{и}}^{\text{шт.}}$ $N_{\text{шт}}^{\text{баз}} = 120000 / 45000 = 2,6 \approx 3$ $N_{\text{шт}}^{\text{баз}}_{\text{оп.4}} = 120000 / 40\ 000 = 3$ $N_{\text{шт}}^{\text{баз}} = 120000 / 70\ 000 = 1,7 \approx 2$	3	2
			3	2
			3	2

Таблица 7.6. Расчет себестоимости сравниваемых вариантов

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1.	Основные материалы за вычетом отходов, руб.	$M = (M_{\text{з}} \cdot \Pi_{\text{м}} \cdot K_{\text{тз}}) - (M_{\text{отх}} \cdot \Pi_{\text{отх}})$ $M = (0,95 \cdot 25,32 \cdot 1,04) - (0,31 \cdot 0,8)$ $M = (0,91 \cdot 25,32 \cdot 1,04) - (0,27 \cdot 0,8)$	24,77	23,74
2.	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{\text{пл}} = P \cdot C_{\Gamma} \cdot \Phi_{\text{Э.р.}} \cdot K_{\text{зпл}} \cdot K_{\text{з}} / N_{\Gamma}$ $Z_{\text{пл}}^{\text{баз}} = 12 \cdot 42,17 \cdot 1710 \cdot 2,61 \cdot 0,027 / 120000$ $Z_{\text{пл}}^{\text{пр}} = (42,17 + 58,49) \cdot 2 \cdot 1710 \cdot 2,61 \cdot 0,018 / 120000$	0,52	0,13
3.	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_{\text{А}} = [(\Pi_{\text{об}} \cdot (1 - B_{\text{р}})) \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot 1,3] / (\Phi_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}} \cdot 60 \cdot 100)$ $P_{\text{А}}^{\text{баз}} = 3[(30473981 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 6 \cdot 0,056 \cdot 1,3] / (3800 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ $P_{\text{А}}^{\text{пр}} = [(52384601 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 8 \cdot 0,038 \cdot 1,3] / (3800 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$	2,02	0,78

Продолжение таблицы 7.6

1	2	3	4	5
4.	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_э = (M_y \cdot t_{\text{маш}} \cdot K_{\text{од}} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_P \cdot C_э) / (K_{\text{ПД}} \cdot 60)$ $P_э^{\text{баз}} = 3(72 \cdot 0,083 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 1,42) / (0,7 \cdot 60)$ $P_э^{\text{пр}} = (420 \cdot 0,125 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 1,42) / (0,7 \cdot 60)$	0,32	0,92
5.	Расходы на штамповый инструмент, руб.	$P_{\text{И}} = (C_{\text{штг}} \cdot [1 - B_{\text{р.и.}}]) / T_{\text{и. штг.}}$ $P_{\text{И}}^{\text{баз}} = (1042126 \cdot [1 - 0,15]) / 45000$	19,69	14,38
		$P_{\text{И}}^{\text{баз}} = (1036684 \cdot [1 - 0,15]) / 45000$	19,58	12,16
		$P_{\text{И}}^{\text{баз}} = (1085812 \cdot [1 - 0,15]) / 40000$	23,07	13,79
		$P_{\text{И}}^{\text{пр}} = (1184384 \cdot [1 - 0,15]) / 70\ 000$	62,34	40,33
		$P_{\text{И}}^{\text{пр}} = (1001071 \cdot [1 - 0,15]) / 70000$ $P_{\text{И}}^{\text{пр}} = (1054850 \cdot [1 - 0,15]) / 70\ 000$		
6.	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{\text{пл}} = S_{\text{уу}} \cdot n_{\text{об}} \cdot C_{\text{пл}} \cdot K_3 / N_{\Gamma}$ $P_{\text{пл}}^{\text{баз}} = 5,3 \cdot 3 \cdot 4500 \cdot 0,027 / 120000$ $P_{\text{пл}}^{\text{пр}} = 20,8 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,018 / 120000$	0,016	0,014
7.	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$Z_{\text{нал}} = (n_{\text{об}} \cdot C_{\Gamma} \cdot \Phi_{\text{Э.р.}} \cdot K_{\text{зпл}} \cdot K_3) / (n_{\text{обс}} \cdot N_{\Gamma})$ $Z_{\text{нал}}^{\text{баз}} = (3 \cdot 58,49 \cdot 1710 \cdot 2,61 \cdot 0,027) / (6 \cdot 120000) = 0,03$	0,03	-
	Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{\text{тех}} = M + Z_{\text{пл}} + P_A + P_э + P_{\text{И}} + P_{\text{пл}} + Z_{\text{нал}}$ $C_{\text{тех}}^{\text{баз}} = 24,77 + 0,52 + 2,02 + 0,32 + 62,34 + 0,016 + 0,03$ $C_{\text{тех}}^{\text{пр}} = 23,74 + 0,13 + 0,78 + 0,92 + 40,33 + 0,014$	90.1	65.86
8.	Цеховые расходы, руб.	$P_{\text{цех}} = Z_{\text{пл}} \cdot K_{\text{цех}}$ $P_{\text{цех}}^{\text{баз}} = 0,52 \cdot 2,46 = 1,28$ $P_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 0,13 \cdot 2,46 = 0,39$	1.28	0.39
	Всего: Цеховая себестоимость, руб.	$C_{\text{цех}} = P_{\text{цех}} + C_{\text{тех}}$ $C_{\text{цех}}^{\text{баз}} = 89.84 + 1.28 = 91.12$ $C_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 65.86 + 0.39 = 66.25$	91.12	66.25

Таблица 7.7. Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов

№	Наименование затрат	Сумма, руб.		Доля, %	
		Базовый	Проектный	Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1.	Материальные расходы	24,77	23,74	20,75	31,23
2.	Основная заработная плата рабочих	0,52	0,13	0,82	0,17
3.	Расходы на содержание оборуд.	2,02	0,78	2,25	0,98
4.	Расходы на электроэнергию	0,32	0,92	0,33	1,16
5.	Расходы на производственную площадь	0,016	0,014	0,016	0,018
6.	Расходы на штамповую оснастку	62,34	40,33	71,23	66,02
7.	Цеховые расходы	1,28	0,39	2,02	0,42
	Цеховая себестоимость	91,12	66,25	100	100

## 6.4. Расчет параметров экономической эффективности сравниваемых вариантов

Таблица 7.8 - Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	2	3	4	5
1.	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{об.} = n_{об.} \cdot \Pi_{об.} \cdot K_3$ $K_{об.}^{баз} = 3 \cdot 30473981 \cdot 0,027$ $K_{об.}^{пр} = 1 \cdot 52384601 \cdot 0,018$	2468392.4 6	942922,82
2.	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_м = K_{об.} \cdot K_{монт}$ $K_м^{баз} = 2468392.46 \cdot 0,175$ $K_м^{пр} = 942922,82 \cdot 0,175$	431968.68	165011,49
	Затраты на спец. оснастку, руб.	$K_{и} = \Pi_{шт} \cdot n_{шт}$ $K_{и}^{баз} = 1042126 \cdot 3$	3095784	2368768
		$K_{и}^{баз} = 1036684 \cdot 3$	3110052	2002143
		$K_{и}^{баз} = 1085812 \cdot 3$	3257436	2109700
		$K_{и}^{пр} = 1184384 \cdot 2$ $K_{и}^{пр} = 1001071 \cdot 2$ $K_{и}^{пр} = 1054850 \cdot 2$		
	Затраты на производственную площадь	$K_{пл} = n_{об.} \cdot S_y \cdot \Pi_{пл} \cdot K_3$ $K_{пл}^{баз} = 3 \cdot 5,3 \cdot 4500 \cdot 0,027$ $K_{пл}^{пр} = 1 \cdot 20,8 \cdot 4500 \cdot 0,018$	1931,8	1684.8
	Итого	$K_{соп} = K_м + K_{и} + K_{пл}$ $K_{соп}^{баз} = 431968.68 + 9463272 + 1931,8$ $K_{соп}^{пр} = 165011,49 + 6480611 + 1684.8$	9897172.4 8	6647307.2 9
3.	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{общ} = K_{об.} + K_{соп}$ $K_{общ}^{баз} = 2468392.46 + 9897172.48$ $K_{общ}^{пр} = 942922,82 + 6647307.29$	12365564. 94	7590230.1 1
4.	Удельные капитальные вложения, руб.	$K_{уд} = K_{общ} / N_r$ $K_{уд}^{баз} = 12365564.94 / 120000 = 103$	103 4	63.3 5
		$K_{уд}^{пр} = 7590230.11 / 120000 = 63.3$		

Таблица 7.9 - Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
1	2	3	4	
1.	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\Delta_{уг} = (C_{цех}^{баз} - C_{цех}^{пр}) \cdot N_{г} = (91,12 - 66,25) \cdot 120000 = 2984400$	2984400	
2.	Приведенные затраты, руб.	$Z_{пр} = C_{цех} + E_{н} \cdot K_{уд}$ $Z_{пр}^{баз} = 91,12 + 0,33 \cdot 103$ $Z_{пр}^{пр} = 66,25 + 0,33 \cdot 63,3$	125,11	87,14
3.	Срок окупаемости капвложений, год	$T_{ок} = K_{и}^{пр} / \Delta_{уг} = 6480611 / 2984400 = 2,17$	3	
4.	Годовой экономический эффект, руб.	$\Delta_{г} = (Z_{пр}^{баз} - Z_{пр}^{пр}) \cdot N_{г} = (125,11 - 87,14) \cdot 120000 = 4556400$	4556400	

Себестоимость изготовления данной детали после внесения изменений в технологический процесс, т. е. внедрении средств автоматизации и изменения заготовки снизилась с 91,11 до 66,25 рублей, т. е. на 24,86 рубля (т. е. на 27,78%).

На основе расчета и анализа затрат на изготовление продукции, можно сделать вывод, что снижение себестоимости происходит за счет:

- снижение затрат на штамповую оснастку с 64,34 до 40,33 рублей (на 35,31%).
- снижения затрат на материалы с 24,77 до 23,74 рублей (на 4,16%) за счет использования меньшей заготовки.
- уменьшения трудоемкости с 0,056 до 0,038 рублей (на 32,14%)
- снижения на основную заработную плату рабочих за счет уменьшения их численности.

Технологический эффект (условно годовая экономия) составит 2 907 600 рублей; годовой экономический эффект составит 4 479 600 рублей при сроке окупаемости штамповой оснастки 3 года.

## Заключение

В данном дипломном проекте был разработан технологический процесс изготовления детали “Усилитель крыши передний” методом холодной листовой штамповки. Произведена оценка технологичности штампуемой детали. Произведен анализ технологичности детали. При анализе данной детали были выявлены недостатки, которые влияют на стоимость детали. Удалось добиться положительных результатов, а именно, улучшить технологичность изготовления детали и уменьшить себестоимость детали. Были выполнены следующие действия: 1) была введена отбортовка в торце заготовки, что позволило добиться больших растягивающих усилий; 2) добавлена автоматизация в виде грейферных линеек; 3) уменьшена заготовка. Проведён анализ категории опасности производства и вредных производственных факторов с последующей разработкой мероприятий, обеспечивающих безопасность эксплуатации технических систем. Была определена себестоимость изготовления потока штампов по изменяющимся элементам. Рассчитаны показатели экономической эффективности и прочих экономических показателей.

## Список литературы

1. Blister, W. Institute of Materials Science, Savanoriu //W. Blister, Lithuania SAE Technical Paper 973245 1996 С. 77-90
2. Kaunas, J. Faculty of Design and Technologies, University of Technology// J. Kaunas, SAE Technical Paper 980437 1997 С. 133-167
3. Keeler, S., Determination of Forming Limits in Automotive Stampings//S. Keeler, SAE Technical Paper 650535, 1965. С. 87-94
4. Nakagawa, N. Finite Element Simulation of Stamping a Laser-Welded Blank / N. Nakagawa, S. Ikura, F. Natsumi, N. Iwata // SAE Technical Paper. № 930522, 1993. – С. 256 – 288.
5. Nakamachi, E. Wagoner, R., Development of FEM for Sheet Metal Stamping//E. Nakamachi, R. Wagoner, SAE Technical Paper 880528, 1988. С. 28-36
6. Александрова, Н. В. Расчет затрат на изготовление и производство продукции/Н.В. Александрова, Метод. указание. Тольятти: ТГУ, 2002. - 11с.
7. Банкетов, А.Н. Бочаров, Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование / А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
8. Владимиров, В.М. Изготовление штампов и пресс-форм / В.М. Якуничев, Справочник – Машиностроение, 1981. – 431 с.
9. Горина, Л.Н. Инженерные расчеты уровней опасных и вредных производственных факторов / Л.Н. Горина, В.Е. Ульянова, М.И. Фесина. Учебное пособие – Тольятти: ТГУ, 2005. – 194 с.
- 10.Зубцов, М.Е. Листовая штамповка/М.Е. Зубцов, – Л.: Машиностроение, 1980. – 430 с.
11. Килов, А.С. Килов, К.А. Листовая штамповка / А.С. Килов, К.А. Килов, Учебное пособие: Получение заготовок из листового материала и гнутые профили: - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 182 с.



12. Ключко, С.Л. Выпускная квалификационная работа / С.Л. Ключко, Учебное пособие. – Тольятти: ТолГУ, 2005. - 53 с.
13. Попов, Е.А. Теория листовой штамповки / Е.А. Попов, – Л.: Машиностроение, 1973. – 430 с.
14. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. Справочник – Машиностроение, 1979. – 520 с.
15. Скворцов, Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки / Г.Д. Скворцов. М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
16. Скрипачев, А.В. Листовая штамповка облицовочных деталей / А.В. Скрипачев. Учебное пособие – Тольятти: ТолПИ, 2006. – 95 с.
17. Скрипачев, А.В. Матвеев И.Н. Технологичность листовых штампованных деталей / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеев, Методические указания по технологии листовой штамповки. – Тольятти: ТолПИ, 1992.
18. Скрипачев, А.В. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Технология листовой штамповки». Вытяжка / А.В. Скрипачев. Справочник – Тольятти: ТолПИ, 1992.
19. Ширяев, Е.В. Проектирование технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой/Е.В. Ширяев, Учебное пособие. М.: ГОУ ВПО "МАТИ" - Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского, 2008 г. - 191 с.
20. Якуничев, Е.В. Технология холодной штамповки / Е.В. Якуничев, Сборник задач. – Тольятти: ТолПИ, 1991. – 25 с.