

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 «Соединитель переднего лонжерона с полом»

Студент(ка)

А. В. Феклистова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Е. Л. Смолин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И. В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Л. Н. Горина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В. Г. Виткалов

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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Феклистова Анастасия Васильевна

1. Тема Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Соединитель переднего лонжерона с полом»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 2.06.2016
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе мат. модель детали, существующий тех. процесс, технико-экономические показатели
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) анализ технико-экономических показателей, технологическая часть, выбор оборудования и средств автоматизации, разработка конструкции штамповой оснастки, безопасность и экологичность, экономическая часть
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала сравнительная технология (1 лист), комплекс оборудования (1 лист), штамповая оснастка (4 листа)
6. Консультанты по разделам \_\_\_\_\_

7. Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заказчик (*указывается должность, место работы, ученая степень, ученое звание*)

\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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  
Завкафедрой «СОМДиРП»  
\_\_\_\_\_ В.В. Ельцов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

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

Студента Феклистова Анастасия Васильевна  
по теме Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Соединитель переднего лонжерона с полом»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Анализ технико-экономических показателей исходных данных	30.03.16	31.03.16	выполнено	
2. Технологическая часть	07.04.16	11.04.16	выполнено	
3. Выбор оборудования и средств механизации или автоматизации	20.04.16	20.04.16	выполнено	
4. Конструкторская часть	27.04.16	29.04.16	выполнено	
5. Исследовательская часть	—	—	выполнено	
6. Безопасность жизнедеятельности	06.05.16	12.05.16	выполнено	
7. Экономическая часть	25.05.16	27.05.16	выполнено	
8. Подготовка чертежей по технологии	23.04.16	25.04.16	выполнено	
9. Подготовка чертежей оборудования	04.05.16	05.05.16	выполнено	
10. Подготовка чертежей оснастки	28.05.16.	30.05.16	выполнено	
11. Подготовка к защите	с 01.06.16. -26.06.16			

Руководитель выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ Е. Л. Смолин  
(подпись) (И.О. Фамилия)  
\_\_\_\_\_ А. В. Феклистова  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе разработаны технологический процесс и конструкция штамповой оснастки для изготовления детали «Соединитель лонжерона с полем».

В технологической части работы проведена проверка детали на технологичность, определены формы и размеры исходной заготовки, коэффициент использования металла, также были рассчитаны энергосиловые параметры по операциям проектной технологии. Кроме того, подобрано необходимое технологическое оборудование и сконструирована штамповая оснастка для вытяжного перехода. По штамповой оснастке был произведён прочностной расчёт деталей штампа, определены исполнительные размеры рабочих частей штампа. Изложены мероприятия по охране труда. В экономической части рассчитана себестоимость на изготовление детали «Соединитель лонжерона с полем» и определены размеры капиталовложений для его производства по базовой технологии и по проектной, сделано их сравнение.

Все расчеты проведены в соответствии с методическими указаниями к дипломному проекту. Объём пояснительной записки, и объём графического материала удовлетворяет требованиям.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1. Анализ технико- экономических показателей исходных данных.....	8
1.1. Анализ технологичности детали.....	8
1.2. Анализ возможных технологических процессов изготовления детали.....	10
1.3. Определение и анализ технико- экономических показателей выбранного процесса.....	11
1.4. Задачи бакалаврской работы.....	11
2. Технологическая часть.....	13
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса.....	13
2.2. Определение формы и размеров заготовки.....	13
2.3. Проектирование рационального раскроя, определение коэффициента использования металла.....	15
2.4. Расчет энерго- силовых параметров операций техпроцесса.....	17
3. Выбор оборудования и средств механизации или автоматизации.....	25
3.1. Выбор типа, расчет основных параметров, определение основных технических характеристик.....	25
3.2. Выбор средств механизации или автоматизации, определение основных технических характеристик.....	27
3.3. Описание работы штамповочной линии, планировка участка штамповки.....	28
4. Конструкторская часть.....	31
4.1. Состав и конструкция штамповой оснастки.....	31
4.2. Описание работы штамповой оснастки.....	32
4.3. Прочностные расчеты деталей штампов.....	32
4.4. Определение числа и расположение упругих элементов.....	34
4.5. Определение исполнительных размеров инструмента.....	36
4.6. Определение исполнительных размеров инструмента.....	36

5.	Безопасность и экологичность технологического объекта.....	38
5.1.	Технологическая характеристика объекта.....	38
5.2.	Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	38
5.3.	Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	39
5.4.	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	41
5.5.	Технические средства обеспечения пожарной безопасности.....	42
5.6.	Организационные (организационно – технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	42
5.7.	Идентификация экологических факторов технического объекта..	44
5.8.	Разработанные организационно–технические мероприятия по снижению негативно антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.....	44
6.	Экономическая часть.....	47
6.1.	Сравнительный анализ технологических вариантов.....	47
6.2.	Калькуляция на штамповую оснастку.....	47
6.3.	Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих – операторов и необходимое число штамповой оснастки.....	51
6.4.	Определение необходимого числа оборудования, коэффициент его загрузки.....	52
6.5.	Расчет капитальных вложений.....	53
6.6.	Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали.....	54
6.7.	Экономическая эффективность.....	55
	Заключение.....	56
	Литература.....	57
	Приложение.....	59

## ВВЕДЕНИЕ

Листовая штамповка широко применяется во многих областях промышленности, позволяет получить разнообразные по сложности, форме и размерам детали.

Холодная листовая штамповка является одним из наиболее прогрессивных технологических методов производства деталей, она имеет ряд преимуществ перед другими видами обработки металлов, как в техническом, так и в экономическом отношении.

В техническом отношении холодная штамповка позволяет:

- 1) получать детали весьма сложных форм, изготовление которых другими методами обработки или невозможно, или затруднительно;
- 2) создавать прочные и жёсткие, но лёгкие по массе конструкции деталей при небольшом расходе металла;
- 3) получать взаимозаменяемые детали с достаточно высокой точностью размеров, преимущественно без последующей механической обработки;

В экономическом отношении холодная штамповка обладает следующими преимуществами:

- 1) экономным использованием материала и сравнительно небольшими отходами, в некоторых случаях производится безотходная штамповка;
- 2) весьма высокой производительностью оборудования, с применением механизации и автоматизации производственных процессов;
- 3) массовым выпуском и низкой стоимостью изготавливаемых изделий. [1].

Разработка прогрессивных процессов листовой штамповки является очень перспективным направлением, так как 90% деталей кузова получают именно с их использованием. В данном проекте проведена разработка технологического процесса изготовления детали «Соединитель лонжерона с полом» легкового автомобиля, проведены экономические расчеты, проведен анализ безопасности и экологичности проекта.

Целью данного дипломного проекта является снижение себестоимости изготовления детали за счет внедрения средств автоматизации.

# 1. АНАЛИЗ ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Анализ технологичности детали

Под технологичностью следует понимать совокупность свойств и конструктивных элементов, которые обеспечивают наиболее простое и экономичное изготовление детали при соблюдении технических и эксплуатационных требований к ним.

Технические и эксплуатационные требования задаются конструктором изделия и могут содержать:

- соответствие конструкции назначению и условиям эксплуатации;
- обеспечение требуемой прочности и жесткости;
- обеспечение необходимой точности и взаимозаменяемости;
- соответствие специальным физическим, химическим или другим условиям.

К основным показателям технологичности штампуемых деталей относятся:

- наибольший коэффициент использования металла;
- наименьшее количество и низкая трудоемкость операций;
- отсутствие последующей механической обработки;
- наименьшее количество требуемого оборудования и производственных площадей;
- наименьшее количество оснастки, сокращение сроков и затрат на ее изготовление;
- увеличение производительности труда.

Результативным показателем технологичности является себестоимость штампованных деталей.

Поскольку структура и соотношение элементов себестоимости (материал, заработная плата, отчисления, налоги и так далее) зависят от серийности



производства и его специфики, то понятие технологичности неразрывно связано с конкретным производством.

Так, технологическая конструкция в условиях мелкосерийного производства может оказаться нетехнологичной в массовом производстве и наоборот. Общие технологические требования к конструкции листовых штампованных деталей следующие:

- механические свойства листового материала должны соответствовать не только требованиям прочности, жесткости, жаропрочности и других, но также процессу формоизменения и характеру пластических деформаций;
- так как в процессе пластической деформации происходит упрочнение металла, значительно повышаются его прочностные характеристики, то и в качестве исходного возможно применение материала более пластичного и менее прочного или меньшей толщины;
- повышение жесткости и несущей способности штампованных деталей целесообразно осуществлять созданием специальных элементов: ребер жесткости, отбортовок, формовок и т.п.;
- конструкция детали или ее развертка (форма заготовки) должна обеспечивать высокий коэффициент использования металла;
- одновременная или последующая штамповка сопутствующих деталей из отходов раскроя, обрезки, вырубки – пробивки;
- унификация и уменьшение ассортимента применяемых марок и сортамента листового материала;
- применение штампованных конструкций взамен литых, кованных и так далее;
- уменьшение количества отдельных деталей в узле, за счет использования цельноштампованных деталей;
- применение штамповочных операций: расклепка, отбортовка, высадка, загибка и т.п.;
- соответствие допусков на размеры штампованных деталей экономической точности операций холодной штамповки (11...12 квалитеты).

В случае необходимости повышения точности вводятся дополнительные операции (чеканка, правка, калибровка, зачистка и т.п.). [2]

Основное формообразование детали «Соединитель лонжерона с поллом» получается вытяжкой, конструкция вытяжного перехода несимметрична. Деталь имеет небольшой прямой фланец.

Радиус закругления между фланцем и стенкой  $r_m \geq 5S \geq 10$  мм, радиус закруглений кромок пуансонов  $r_n$  следует брать в 1,5...2 раза меньше.

Наименьшее расстояние между отверстиями при одновременной пробивке должно быть  $B \geq (2...3) S$ , в данном случае  $S=2$  мм, а  $B=37,5$  мм.  $37,5$  мм  $\geq (4... 6)$  мм, следовательно, одновременная пробивка отверстий возможна. Деталь имеет различную глубину вытяжки, поэтому необходимо разместить деталь так, чтобы это компенсировать.

Окончательные выводы о технологичности можно сделать только после анализа формообразующих и разделительных операций.

## 1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали

В базовом варианте технологии изготовления детали «Соединитель лонжерона с поллом» применена следующая схема построения технологического процесса, состоящая из 6-ти операций:

- операция 10 – Вырубка заготовки;
- операция 20 –Вытяжка;
- операция 30 – Предварительная обрезка, пробивка;
- операция 40 – Правка;
- операция 50 – Обрезка, пробивка;
- операция 60 – Отбортовка, гибка.

Каждая операция выполнена на отдельном прессе. Операция 10 производится на прессе Инноченти усилием 7,5 МН. Все последующие операции осуществляются на пресах ф. Гранди Мотори усилием 2,5 МН.

### 1.3 Определение и анализ технико-экономических показателей выбранного процесса.

Анализ базового варианта технологии изготовления детали выявляет определённый ряд недостатков. Одним из минусов является ручная штамповка, следствиями которой становятся: высокая трудоемкость изготовления продукции, низкая производительность, большое количество вовлеченных в процесс изготовления детали рабочих. Из-за отсутствия систем автоматизации условия работы становятся небезопасными, травматичными. Монотонный труд оказывает негативное воздействие на физическое и эмоциональное состояние рабочих.

Использование нескольких отдельных процессов приводит к задействованию больших производственных площадей, увеличивает затраты на электроэнергию, появляется необходимость в транспортёрах между операциями.

Исходя из анализа технико-экономических показателей можно сделать вывод о существенных недостатках существующего тех. процесса.

Улучшить технико-экономические показатели можно с помощью перевода тех. процесса на автоматическую штамповку. При этом возможна замена оборудования на многопозиционный пресс-автомат, что позволит сократить количество задействованных рабочих, уменьшить занятые под производство площади и снизить затраты электроэнергии, а также увеличить производительность.

### 1.4 Задачи дипломного проекта

Согласно поставленной цели и анализу базовой технологии в данном дипломном проекте надо решить следующие задачи:

1. Разработка нового технологического процесса с определением размера заготовки и расчетом основных технологических параметров;
2. Выбор подходящего для проектного варианта оборудования;
3. Выбор средств автоматизации;

4. Разработка штамповой оснастки;
5. Разработка мероприятий по безопасности условий труда на производственном участке;
6. Достижение экономической эффективности нового технологического процесса перед базовым.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Схема предлагаемого технологического процесса

Предложенный технологический процесс состоит из шести операций:

Операция 10. Вырубка: заготовки вырубаются из рулона на прессе Инноченти 7,5 МН;

Операция 20. Последовательная штамповка.

Операция 20<sup>1</sup>. Вытяжка;

Операция 20<sup>2</sup>. Обрезка 1-я, пробивка;

Операция 20<sup>3</sup>. Дотяжка;

Операция 20<sup>4</sup>. Обрезка 2-я, пробивка;

Операция 20<sup>5</sup>. Правка, отботовка;

Последовательная штамповка осуществляется на пресс-автомате «Мюллер-Вайнгартен» усилием 10 МН.

В предлагаемом варианте технологии изготовления детали предложено применить автоматическую линию с грейферной подачей к прессу–автомату, за счет чего, увеличится скорость изготовления, понизится травмоопасность, уменьшится площадь под оборудование.

### 2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки

При вытяжке без утонения стенок изменением толщины материала обычно пренебрегают, и определение размеров заготовки производят по равенству площади поверхности заготовки и готовой детали с припуском на обрезку.

В данном случае мы будем рассчитывать размеры заготовки по максимальным сечениям: продольное сечение А-А показано рис.2.1, поперечное сечение Б-Б представлено на рис. 2.2.

Сечение А-А:

Сечение А-А будем считать по формуле:

$$L_{общ} = \sum L + \sum R, \quad (2.1)$$

Где

$L$  - прямолинейные участки заготовки;

$R$  - криволинейные участки заготовки.

$L_1=80\text{мм}$ ;  $L_2=86\text{мм}$ ;  $L_3=12\text{мм}$ ;  $L_4=92\text{мм}$ ;  $L_5=50\text{мм}$ ;  $L_6=15\text{мм}$ ;  $L_7=75\text{мм}$ ;  $L_8=66\text{ мм}$ .

$R_1 = \pi/2(5+0,47 \cdot 2) = 9,4\text{мм}$  (2 одинаковых радиуса);

$R_2 = \pi/2(40+0,49 \cdot 2) = 24,4\text{мм}$  (2 одинаковых радиуса);

$R_3 = \pi/2(20+0,9 \cdot 2) = 34,2\text{ мм}$  (2 одинаковых радиуса);

$R_4 = \pi/2(25+0,47 \cdot 2) = 40,7\text{ мм}$ ;

$R_5 = \pi/2(158+0,49 \cdot 2) = 54\text{мм}$ .

$L_{\text{общ}} = \Sigma L + \Sigma R = 80+86+12+92+50+15+75+66+9,4 \cdot 2+24,4 \cdot 2+34,2+40,7+54 = 560,2\text{мм}$

Прибавляем 15% длины заготовки на технологические припуски.

$L_{\text{общ}}=644.23\text{мм}$ .

Сечение Б-Б:

Сечение Б-Б будем считать по формуле:

$$L_{\text{общ}} = \Sigma L + \Sigma R , \quad (2.2)$$

Где

$L$  - прямолинейные участки заготовки;

$R$  - криволинейные участки заготовки.

$L_1=11\text{мм}$ ;  $L_2=13\text{мм}$ ;  $L_3=44\text{мм}$ ;  $L_4=63\text{мм}$ ;  $L_5=26\text{мм}$ .

$R_1 = \pi/2(6+0,47 \cdot 2) = 10,8\text{ мм}$  (2 одинаковых радиуса);

$R_2 = \pi/2(10+0,49 \cdot 2) = 17,3\text{ мм}$ ;

$R_3 = \pi/2(20+0,49 \cdot 2) = 32,9\text{ мм}$ .

$L_{\text{общ}} = \Sigma L + \Sigma R = 11+13+44+63+26+10,8+10,8+17,3+32,9 = 228,8\text{мм}$

Прибавляем 15% длины заготовки на технологические припуски.

$L_{\text{общ}}=263,2\text{мм}$ . Во время наладки размер заготовки уточняется.

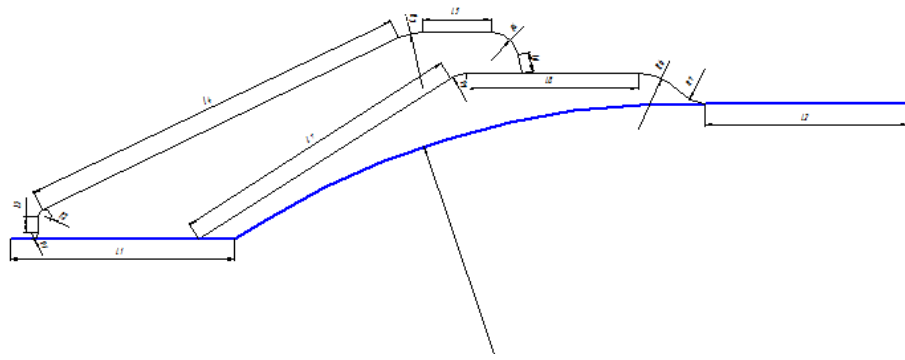


Рисунок 2.1 - Продольное сечение А-А

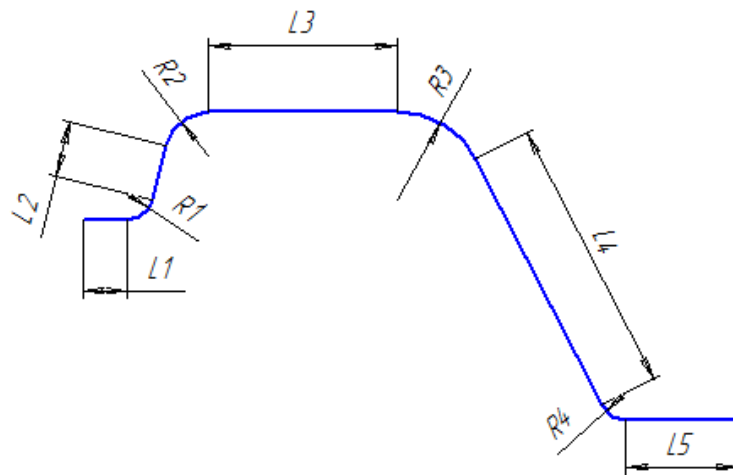


Рисунок 2.2 - Поперечное сечение Б-Б

### 2.3 Проектирование рационального раскроя и определение коэффициента использования материала

Заготовка вырубается из рулона. Расположение заготовки на ленте – однорядное, тип раскроя – прямой, с отходами. Толщина материала 2 мм, лента шириной 650 мм, шаг подачи 325мм.

Коэффициент использования материала:

$$\eta = \frac{F_d}{B \cdot t}, \quad (2.3)$$

где

$F_d$  – площадь вырубаемой детали;

$B$  – ширина ленты;

t – шаг подачи.

Т.к. вырубаемая заготовка – фасонная, разбиваем её на отдельные фигуры:

$$F_1 = \frac{1}{2}(170 + 32) = 101 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = 207 \cdot 169 = 34983 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = \frac{1}{2}(169 \cdot 116) = 39208 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 319 \cdot 69 = 22011 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = \frac{1}{2}(31 \cdot 9) = 139,5 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = \frac{1}{2}(83 \cdot 69) = 2863,5 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = 136 \cdot 257 = 34952 \text{ мм}^2$$

$$F_8 = \frac{1}{2}(30 \cdot 32) = 480 \text{ мм}^2$$

$$F_9 = 305 \cdot 44 = 13420 \text{ мм}^2$$

$$F_{10} = \frac{1}{2}(132 + 305) \cdot 238 = 52003 \text{ мм}^2$$

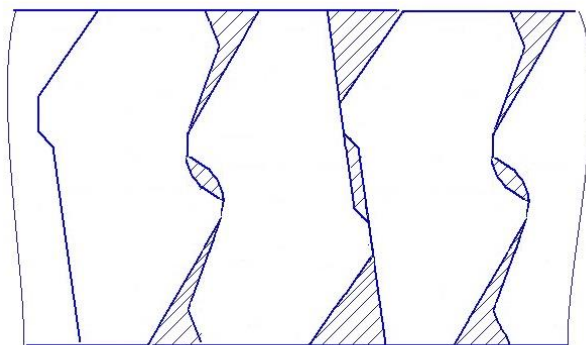


Рисунок 2.3 – Схема раскроя ленты



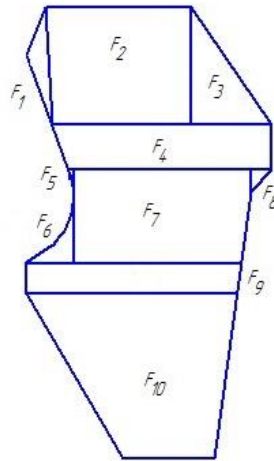


Рисунок 2.4 – Разбивка заготовки на простые фигуры

$$F_{\text{д}} = \Sigma F = 101 + 34983 + 39208 + 22011 + 139,5 + 2863,5 + 34952 + 480 + 13420 + 52003 = 200161 \text{ мм}^2$$

$$B = 650 \text{ мм};$$

$$t = 325 \text{ мм}.$$

Коэффициент использования материала:

$$\eta = \frac{F_{\text{д}}}{B \cdot t} = \frac{200161}{650 \cdot 325} = 0,94 = 94\%$$

## 2.4 Расчет энергосиловых параметров штамповки

Усилие вырубки:

$$P_1 = LS\sigma_{\text{ср}}k, \quad (2.4)$$

где

$L = 1728 \text{ мм}$  – периметр вырубаемого изделия;

$S = 2 \text{ мм}$  – толщина изделия;

$\sigma_{\text{ср}} = 28 \text{ кг/мм}^2 = 280 \text{ МПа}$  – сопротивление срезу;

$k = 1,2$  – поправочный коэффициент.

$$P_1 = LS\sigma_{\text{ср}}k = 1728 \cdot 2 \cdot 28 \cdot 1,2 = 11612 \text{ кгс} = 1161,2 \text{ кН}$$

Определим усилия снятия полосы с пуансона

$$P_{\text{сн}} = K_{\text{сн}} \cdot P_1, \quad (2.5)$$

где

$K_{\text{сн}} = 0,04$  – коэффициент снятия.

$$P_{сн} = K_{сн} \cdot P_1 = 0,04 \cdot 1161,2 = 46,4 \text{ кН}$$

Тогда суммарное усилие составляет:

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_{сн}, \quad (2.6)$$

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_{сн} = 1161,2 + 46,4 = 1207,6 \text{ кН}$$

Работа резания при вырубке инструментом с параллельными режущими кромками:

$$A = (x \cdot P_{\Sigma} \cdot S) / 1000, \quad (2.7)$$

где

$x = 0,6$  – коэффициент, зависящий от толщины металла.

$$A = (x \cdot P_{\Sigma} \cdot S) / 1000 = (0,6 \cdot 1207,6 \cdot 2) / 1000 = 144 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 14,4 \text{ Дж}$$

Усилие для операции вытяжки:

$$P_2 = L \cdot S \sigma_B, \quad (2.8)$$

где

$\sigma_B = 30 \text{ кг/мм}^2 = 300 \text{ МПа}$  – предел прочности временное сопротивление разрыву;

$L = 1860 \text{ мм}$  – периметр вытягиваемого изделия.

$$P_2 = L \cdot S \sigma_B = 1860 \cdot 2 \cdot 30 = 111600 \text{ кгс} = 1116 \text{ кН}$$

Усилие прижима для вытяжки определяем по формуле:

$$Q = F \cdot g, \quad (2.9)$$

где

$F = 170250 \text{ мм}^2$  – площадь заготовки под прижимом;

$g = 0,25 \text{ кгс/мм}^2 = 25 \text{ МПа}$  – среднее давление прижима [1].

$$Q = F \cdot g = 170250 \cdot 0,25 = 62562,5 \text{ кгс} = 625,6 \text{ кН}$$

Полное усилие вытяжки:

$$P = P_2 + Q, \quad (2.10)$$

$$P = P_2 + Q = 1116 + 625,6 = 1741,6 \text{ кН}$$

Работа при вытяжке:

$$A = X \frac{P \cdot h}{1000}, \quad (2.11)$$

где

$h_1 = 80$  мм, глубина вытяжки;

$X = 0,8$  – коэффициент.

$$A = X \frac{P \cdot h_1}{1000} = 0,8 \frac{17416 \cdot 80}{1000} = 96,1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 961 \text{ Дж}$$

Усилие для обрезки 1-ой, пробивки

Производится частичная обрезка и пробивка отверстий. Усилие реза по контуру:

$$P_{\text{рез.}} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср.}}, \quad (2.12)$$

где

$k = 1,2$  – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла по толщине, а также затупление режущих кромок);

$S = 2$  мм – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 28 \text{ кг/мм}^2 = 280 \text{ МПа}$  – сопротивление срезу;

$L = 370$  мм – длина обрезки по контуру.

$$P_{\text{рез.}} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср.}} = 1,2 \cdot 370 \cdot 2 \cdot 28 = 24864 \text{ кгс} \approx 248,6 \text{ кН}$$

Усилие пробивки определяем по той же формуле:

$$P_{\text{рез.}} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср.}}, \quad (2.13)$$

где

$k = 1,2$  – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла по толщине, а также затупление режущих кромок);

$S = 2$  мм – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 28 \text{ кг/мм}^2 = 280 \text{ МПа}$  – сопротивление срезу;

$L =$  мм – длина пробивки отверстий.

Пробивка отверстий: 1 отв. диаметром 8 мм; 3 отв. диаметром 8,5 мм; 1 отв. диаметром 15 мм; 1 отв. диаметром 12,6 мм.

$$L_1 = \pi \cdot 8 = 25,12 \text{ мм}; L_2 = 3 \cdot \pi \cdot 8,5 = 80,07 \text{ мм};$$

$$L_3 = \pi \cdot 15 = 47,1 \text{ мм}; L_4 = \pi \cdot 12,6 = 39,56 \text{ мм}.$$

$$L_{\text{проб.}} \approx 25,12 + 80,07 + 47,1 + 39,56 \approx 191,85 \text{ мм}.$$

$$P_{\text{рез.}} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср.}} = 1,2 \cdot 191,85 \cdot 2 \cdot 28 = 12892 \text{ кгс} \approx 128,9 \text{ кН}$$

Усилие снятия определяется:

$$P_{\text{сн.}} = K_{\text{сн.}} \cdot P_{\text{проб.}} \quad (2.14)$$

где

$K_{\text{сн.}} = 0,1$  – коэффициент снятия;

$$P_{\text{сн.}} = K_{\text{сн.}} \cdot P_{\text{проб.}} = 0,1 \cdot 322,7 = 32,2 \text{ кН}$$

Общее усилие пробивки будет определяться:

$$P_{\text{общ.}} = P_{\text{проб.}} + P_{\text{сн.}}, \quad (2.15)$$

$$P_{\text{общ.}} = P_{\text{проб.}} + P_{\text{сн.}} = 128,9 + 32,2 = 161,1 \text{ кН}$$

Общее усилие обрезки – пробивки будет определяться:

$$P_{\text{реза.}} = P_{\text{рез.}} + P_{\text{проб.}} + P_{\text{сн.}} \quad (2.16)$$

$$P_{\text{реза.}} = 248,6 + 128,9 + 32,2 = 409,7 \text{ кН}$$

Работа при обрезке - пробивке:

$$A = X \cdot \frac{P \cdot S}{1000}, \quad (2.17)$$

где

$X = 0,6$  – коэффициент.

$$A = X \frac{P \cdot h_1}{1000} = 0,6 \frac{409,7 \cdot 2}{1000} = 49,16 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 491,6 \text{ Дж}$$

Усилие дотяжки

$$P_2 = L \cdot S \sigma_B, \quad (2.18)$$

где

$\sigma_B = 30 \text{ кг/мм}^2 = 300 \text{ МПа}$  - предел прочности временное сопротивление разрыву;

$L = 1720 \text{ мм}$  – периметр вытягиваемого изделия.

$$P_2 = L \cdot S \sigma_B = 1720 \cdot 2 \cdot 30 = 103200 \text{ кгс} = 1032 \text{ кН}$$

Усилие прижима для вытяжки определяем по формуле:

$$Q = F \cdot g, \quad (2.19)$$

где

$F = 190250 \text{ мм}^2$  – площадь детали подвергаемая дотяжке;  
 $g = 0,25 \text{ кгс/мм}^2 = 25 \text{ МПа}$  – среднее давление прижима [1].  
 $Q = F \cdot g = 190250 \cdot 0,25 = 60062 \text{ кгс} = 600,62 \text{ кН}$

Полное усилие вытяжки:

$$P = P_2 + Q, \quad (2.20)$$

$$P = P_2 + Q = 876 + 625,6 = 1632,6 \text{ кН}$$

Усилие правки определяется по формуле:

$$P = p \cdot F, \quad (2.21)$$

где

$p = 9 \text{ кгс/мм}^2 = 90 \text{ МПа}$ , давление штампа;

$F = 150238 \text{ мм}^2$ , – поверхность детали подвергаемая дотяжке

У усилие дотяжки равно:

$$P_{\text{прав}} = p \cdot F = 9 \cdot 150238 = 1352124 \text{ кгс} = 13521,2 \text{ кН}$$

Определим работу правки по формуле:

$$A = x \cdot \frac{P_{\text{прав}} \cdot S}{1000}, \quad (2.22)$$

где

$x = 0,6$  – коэффициент, зависящий от  $\sigma_{\text{ср}}$  и  $S$ .

$$A = x \cdot \frac{P_{\text{прав}} \cdot S}{1000} = 0,6 \cdot \frac{13521,24 \cdot 2}{1000} = 16,225 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 162,2 \text{ Дж}$$

Усилие для обрезки 2-ой, пробивки

На данном этапе производится обрезка сторон и пробивка отверстия.

Сначала определим усилие реза:

$$P_{\text{рез.}} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср.}}, \quad (2.23)$$

где

$k = 1, 2$  – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла по толщине, а также затупление режущих кромок);

$S = 2 \text{ мм}$  – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 28 \text{ кг/мм}^2 = 280 \text{ МПа}$  – сопротивление срезу;

$L=1380$  мм – длина обрезки по контуру.

$$P_{рез.} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{ср.} = 1,2 \cdot 1380 \cdot 2 \cdot 28 = 92736 \text{ кгс} \approx 927,3 \text{ кН}$$

Усилие пробивки определяем по той же формуле:

$$P_{рез.} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{ср.}, \quad (2.24)$$

где

$k=1,2$  – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла по толщине, а также затупление режущих кромок);

$S=2$  мм – толщина материала;

$\sigma_{ср.} = 28 \text{ кг/мм}^2 = 280 \text{ МПа}$  – сопротивление срезу;

$L$  – длина пробивки отверстий.

Пробивка отверстий: 1 отв. диаметром 20 мм.

$$L = 2 \pi \cdot 20 = 125,6 \text{ мм.}$$

$$P_{рез.} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{ср.} = 1,2 \cdot 125,6 \cdot 2 \cdot 28 = 8440,32 \text{ кгс} \approx 84,4 \text{ кН}$$

Кроме операционного усилия пробивки определяем дополнительное технологическое усилие, для снятия заготовки с пробивных пуансонов.

Усилие снятия определяется:

$$P_{сн.} = K_{сн.} \cdot P_{проб} \quad (2.25)$$

где

$K_{сн.} = 0,1$  – коэффициент снятия;

$$P_{сн.} = K_{сн.} \cdot P_{проб} = 0,1 \cdot 84,4 = 8,44 \text{ кН}$$

Общее усилие пробивки будет определяться:

$$P_{общ.} = P_{проб} + P_{сн.}, \quad (2.26)$$

$$P_{общ.} = P_{проб} + P_{сн.} = 84,4 + 8,4 = 92,84 \text{ кН}$$

Общее усилие обрезки – пробивки будет определяться:

$$P_{реза.} = P_{рез.} + P_{проб.} + P_{сн.} \quad (2.27)$$

$$P_{реза.} = 927,3 + 84,4 + 8,4 = 1020,14 \text{ кН}$$

Работа при обрезке - пробивке:

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}, \quad (2.28)$$

где

$X = 0,6$  – коэффициент.

$$A = X \frac{P \cdot h_1}{1000} = 0,6 \frac{1020,14 \cdot 2}{1000} = 12,241 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 122,4 \text{ Дж}$$

Усилие правки и отбортовки

Усилие правки определяется по формуле:

$$P = p \cdot F, \quad (2.29)$$

где

$p = 9 \text{ кгс/мм}^2 = 90 \text{ МПа}$ , давление штампа;

$F = 15453 \text{ мм}^2$ , – поверхность детали подвергаемая правке; правке подвергаются участки сложной формы, полученные после вытяжки плоско заготовки поверхность детали.

Тогда усилие правки равно:

$$P_{\text{прав}} = p \cdot F = 9 \cdot 15453 = 139077 \text{ кгс} = 1390,7 \text{ кН}$$

Усилие отбортовки, определяется по формуле:

$$P = 1,1\pi S \sigma_T (D - d), \quad (2.30)$$

где

$S = 2 \text{ мм}$  – толщина материала;

$\sigma_T = 35 \text{ кг/мм}^2 = 350 \text{ МПа}$ – предел текучести при растяжении;

$D$  – диаметротбортовки, мм;

$d = 20 \text{ мм}$  - диаметр отверстия.

$$D = d + 2(H - 0.43r - 0.73S), \quad (2.31)$$

$H$  – высота отбортовки;

$r$ - радиус;

$S$  – толщина детали.

$$D = d + 2(H - 0.43r - 0.73S) = 20 + 2(4 - 0,43 \cdot 1,5 - 0,73 \cdot 2) = 23,8 \text{ мм}$$

Определим усилие отбортовки:

$$P = 1,1\pi S \sigma_T (D - d) = 1,1\pi 2 \cdot 30(23,8 - 20) = 787,512 \text{ кгс} = 7,8 \text{ кН}$$

Определим усилия снятия детали с пуансона:

$$P_{сн} = K_{сн} \cdot P$$

$$P_{сн} = 0,1 \cdot 7,8 = 0,78 \text{ кН}$$

Далее определяем суммарное усилие отбортовки:

$$P_{\Sigma} = P + P_{сн}, \quad (2.32)$$

$$P_{\Sigma} = 7,8 + 0,78 = 8,58 \text{ кН}$$

Определим полное усилие на операции:

$$P = P_{отб.} + P_{прав} + P_{сн}, \quad (2.33)$$

$$P = P_{прав.} + P_{отб.} + P_{сн} = 1390,7 + 7,8 + 0,78 = 1399,3 \text{ кН}$$

Определим работу правки и отбортовки по формуле:

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}, \quad (2.34)$$

где

$x = 0,6$  – коэффициент, зависящий от  $\sigma_{ср.}$  и  $S$ .

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000} = 0,6 \cdot \frac{1399,30 \cdot 2}{1000} = 16,790 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 167,9 \text{ Дж}$$

Теперь необходимо просуммировать найденные по каждой операции (кроме операции резки заготовок) значения усилий, чтобы определить – какими энергосиловыми параметрами должно обладать новое оборудование (пресс-автомат). Кроме этого, следует найти значение суммарной работы, которую должен выполнить пресс при одновременном выполнении всех операций.

Суммарное усилие равно:

$$P_{сумм} = P_{выт} + P_{обр} + P_{пробив} + P_{дотяж} + P_{обр} + P_{пробив} + P_{прав} + P_{отбор} \quad (2.35)$$

$$P_{сумм} = P_{выт} + P_{обр} + P_{пробив} + P_{дотяж} + P_{обр} + P_{пробив} + P_{прав} + P_{отбор} = 1741,6 + 409,7 + 1632 + 102,014 + 139,93 = 6202,74 \text{ кН}$$

Суммарная работа на всех операциях:

$$A_{сумм} = A_{выт} + A_{обр} + A_{пробив} + A_{дотяж} + A_{обр} + A_{пробив} + A_{прав} + A_{отб.}, \quad (2.36)$$

$$A_{сумм} = A_{выт} + A_{обр} + A_{пробив} + A_{дотяж} + A_{обр} + A_{пробив} + A_{прав} + A_{отб.} = 961 + 496 + 162,2 + 122,4 + 167,9 = 1909,5 \text{ Дж}$$



### 3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

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

По рассчитанному усилию и работе выбираем оборудование для проектируемого тех. процесса.

При выборе пресса, согласно Зубцову М. Е., учитываются следующие критерии:

- тип пресса и величина хода ползуна должны соответствовать технологической операции;
- номинальное усилие пресса должно быть больше усилия, требуемого для штамповки;
- мощность пресса должна быть достаточной для выполнения работы, необходимой для данной операции;
- пресс должен обладать достаточной жесткостью (малой упругой деформацией), а для разделительных операций - также повышенной точностью направляющих;
- закрытая высота пресса должна соответствовать или быть больше закрытой высоты штампа;
- габаритные размеры стола и ползуна пресса должны давать возможность установки и закрепления штампа и подачу заготовок, а отверстие в столе пресса - позволять свободное проваливание штампуемых деталей;
- число ходов пресса должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки;
- в зависимости от рода работы должно быть предусмотрено наличие специальных устройств и приспособлений;
- удобство и безопасность обслуживания пресса должны соответствовать требованиям техники безопасности. [3]

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

- 1) пресс перегружен по допускаемому усилию, в результате чего происходит деформация вала, а затем и поломка пресса;
- 2) 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. [1]

Для предохранения пресса от заклинивания при попадании сдвоенных заготовок, достижения наименьшего пружинения, увеличения жесткости станины, а значит и большей стойкости штампов, следует применять пресс с большим усилием, чем необходимо по расчетам.

После выбора пресса по усилию проверяется пригодность пресса по мощности (работе).

Ещё одним важным параметром при выборе пресса является величина хода пресса. Производительность прессов измеряется числом ходов в минуту. Величиной хода пресса называется путь, пройденный ползуном в одном направлении. Выбор пресса по величине хода имеет особое значение для вытяжных и гибочных работ, требующих большого хода пресса. Обычно величина хода пресса для вытяжки берется в 2,5 раза больше высоты вытягиваемой детали, чтобы обеспечить удобство установки заготовки и удаление готовой детали. [1]

Для обеспечения штамповки детали «Соединитель лонжерона с полом» необходимо выбрать пресс-автомат «Мюллер-Вайнгартен» усилием 10 МН. Выбранный пресс позволит обеспечить повышенную жесткость станины, уменьшить пружинение, достичь большей стойкости штампов. Усилие выбранного пресса превосходит суммарное усилие всех производимых операций. Для штамповки детали необходимо 6 рабочих позиций, пресс – автомат удовлетворяет этому требованию. Остальные характеристики соответствуют технологическим расчетным показателям штамповки.

В состав линии входит подающее устройство для подачи штучных заготовок. Пресс-автомат оборудован механизмом грейферной подачи заготовок в рабочую зону штамповки и для перемещения заготовок с одной позиции на другую.

Основные технические характеристики пресс-автомата «Мюллер-Вайнгартен» усилием 10 МН представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Основные характеристики оборудования

№	Характеристики	Значение
1	Максимальное усилие ползуна	10МН
2	Максимальное усилие каждой позиции	3МН
3	Расстояние между позициями	600 мм
4	Ход ползуна	550 мм
5	Регулирование зоны выдвижения ползуна	80 мм
6	Глубина вытяжки	150 мм
7	Размеры ползуна (рабочая поверхность)	580x1200 мм

### 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.

При ручной подаче заготовок и ручном удалении изделий и отходов число ходов пресса используется лишь на 25 – 30%, а в ряде случаев и меньше. При полной автоматизации работы коэффициент использования числа ходов пресса достигает 100%, хотя абсолютное число используемых ходов за рабочую смену – несколько ниже предельно возможного. Это происходит из-за потерь времени на перестановку штампов, заправку ленты и т. п. и составляет от 80 до 95%. Кроме того, автоматизация процесса штамповки, позволяет увеличить номинальное число ходов пресса без его модернизации на 20 – 30%, а с модернизацией в 2 – 3 раза. [1]

В проектируемом варианте в качестве средства автоматизации выбираются трехкоординатные грейферные линейки ввиду значительной

глубины детали и необходимости её захвата и перемещения. Основные характеристики представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Основные характеристики грейферных леек

1	Грейферные леечки в закрытом состоянии	600- 1320 мм
2	Длина хода зажима на одной стороне	180 мм
3	Длина хода перемещения вверх- вниз	120 мм
4	Высота от верхней кромки передвижного стола до низа грейфер. леечек (подъем вниз)	575 мм
5	Максимальный масса захвата	120 кг

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

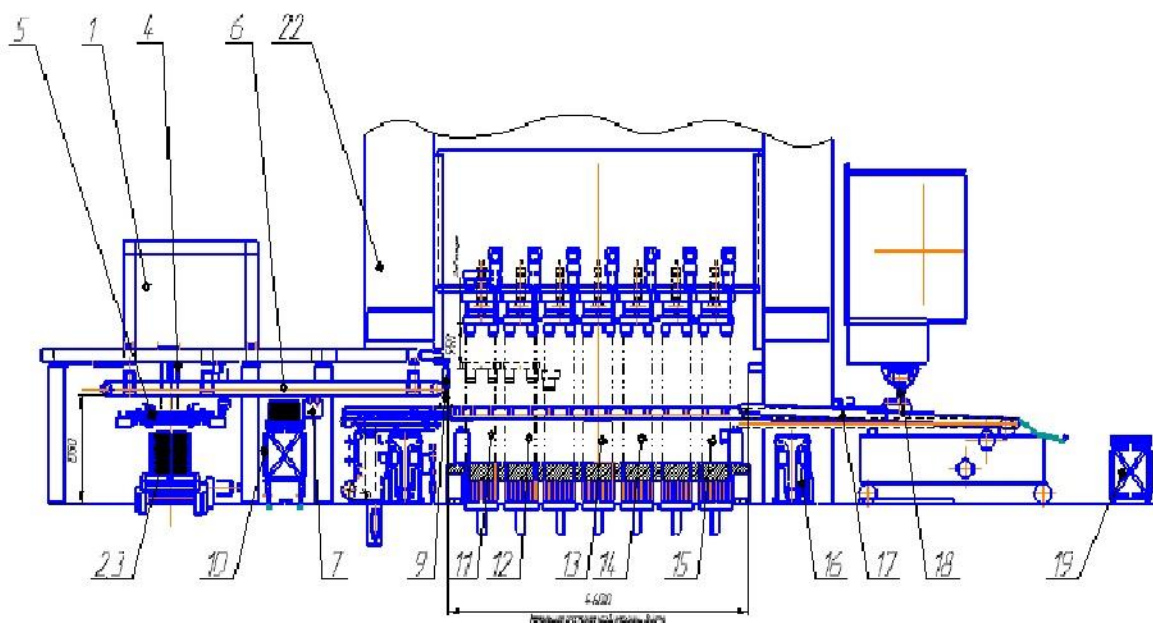


Рисунок 3.1 - схема пресса-автомата «Мюллер-Вайнгартен»

Пресс-автомат «Мюллер-Вайнгартен» состоит из следующего:

- 1 – Питатель штучных заготовок;
- 2 – Тележка подачи стопы;
- 3 – Подъемный стол;
- 4 – Вакуумные присоски;

- 5 – Магнитные распушители;
- 6 – Магнитный транспортер;
- 7 – Устройство контроля сдвоенных заготовок;
- 8 - Устройство опускания заготовок;
- 9 – Устройство смазки;
- 10 – Стол двойных заготовок;
- 11 – Штамп для вытяжки;
- 12 – Штамп для 1-й обрезки, пробивки;
- 13 – Разматывающее устройство;
- 14 – Штамп для 2-й обрезки;
- 15 – Штамп для пробивки;
- 16 –Привод грейф. линеек;
- 17 –Отводной транспортёр;
- 18 –Вал отбора мощности;
- 19 –Тележка для готовых деталей;
- 20 –Защитный экран;
- 21 –Грейферные линейки;
- 22 –Пресс-автомат.

Рассмотрим работу проектируемой автоматической линии с использованием штучных заготовок для получения детали «Соединитель лонжерона с полом».

Линия состоит из разматывающего устройства (13), который падает рулон на пресс для вырубки (14) заготовок. Вырубные заготовки складываются в тележку (15) и отправляются на автоматическую линию прессы-автомата «Мюллер-Вайнгартен». Там заготовки складываются в тару с заготовками (2), откуда вручную переносятся на поддон для стапелирования заготовок (2). При включении привода, в действие приводится переносной пульт управления (4), подающий команды последовательного включения в работу, связанных с ним узлов линии. Первый в работу вступает узел вакуумного приспособления (присоски) (10). Получив команду, узел присосок опускается до уровня

заготовок, захватывает заготовку присосками, при помощи устройства центрирования (11) поворачивает заготовку в нужном положении, и отправляет на поточный транспортер, а прессе-автомату (12).

После того, как первая заготовка легла на первый штамп, включается пресс-автомат и по команде пульта управления производится штамповка. Заготовка передается между штампами при помощи грейферных линеек. После штамповки деталь попадает на ленточный транспортер (6), откуда перемещается на специальный стол для укладки деталей (7), и уже вручную готовые изделия оказываются в таре для готовых деталей (9).

## 4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

### 4.1. Состав и конструкция штамповой оснастки

Конструкция штампа должна полностью отвечать требованиям технологического процесса в отношении получения требуемой формы и точности штампуемой детали, должна обеспечить необходимую производительность и безопасность работы, а также должна быть технологичной в изготовлении и экономически эффективной для данного масштаба производства.

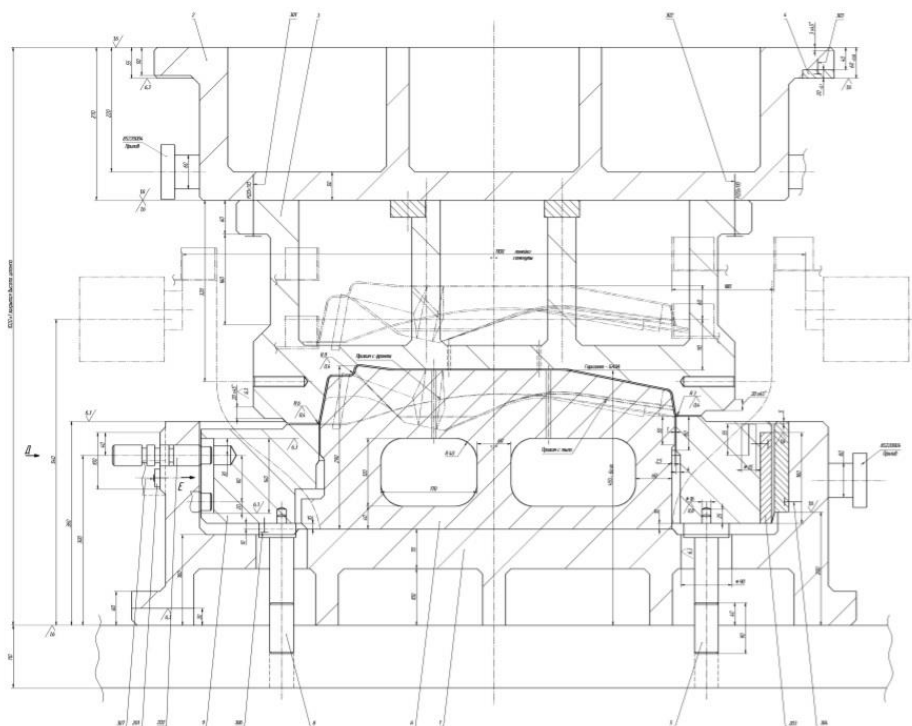


Рисунок 4.1 - штамп для вытяжки детали «Соединитель лонжерона с полем»

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. [1]

На рис 4.1 представлен штамп для вытяжки детали «Соединитель лонжерона с полым». Плита низа 1 (рис 4.1), плита верха 2, на них располагаются все основные детали и узлы. Пуансон 6 неподвижно установлен на нижней плите.

#### 4. 2 Описание работы штамповой оснастки

Заготовка подается грейферными линейками в зону штампа и укладывается на подъемники 13, 23, 27, 28 между упорами 7. Прижим заготовки осуществляется при помощи прижима 9. В процессе деформирования прижим опускается при помощи толкателей 5,8,12 относительно направляющих 4. После процесса вытяжки деталь снимается подъемниками 13, 23, 27, 28. Перемещение прижима осуществляется по направляющим плиткам 203. Для ограничения хода прижима в конструкции штампа предусмотрен ограничитель 202. В верхней половине штампа закреплена матрица 3. Для удаления детали из верхней половины штампа служат отлипатели 24. Для отвода воздуха из верхней и нижней половин штампа предусмотрены отводящие каналы.

#### 4.3. Прочностные расчеты и выбор материалов для изготовления деталей штампов

В данной работе необходимо произвести расчет на прочность для пробивных пуансонов в штампе пробивки, так как они имеют наименьшее поперечное сечение.

Зачастую поломки концов пробивных пуансонов малого диаметра являются следствием недостаточной жесткости пресса и упругой деформации его станины. Для устранения таких поломок рекомендуется отойти от правила выбора пресса по расчетному усилию и выбирать прессы большего номинального усилия, но с более жесткой станиной. [3]

Расчет пуансонов на прочность приближенно можно произвести по формулам из таблицы 208 [1, стр.459]:

1) Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие

$$\sigma_{см} = P / F \quad (4.1)$$



где

$\sigma_{см}$  – напряжение смятия опорной поверхности в кгс/мм<sup>2</sup>;

P – расчетное усилие в кгс;

F – опорная поверхность головки пуансона в мм<sup>2</sup>

$$\sigma_{см} = P / F = 3549 / 126 = 28,16 \text{ (кгс/мм}^2\text{)}$$

Так как  $\sigma_{см} > 10 \text{ кг/мм}^2$ , то требуется стальная каленая прокладка.

2) Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении

$$\sigma_{см} = P / f \leq [\sigma]_{сж} \quad (4.2)$$

где

$\sigma_{сж}$  – напряжение сжатия в кгс/мм<sup>2</sup>;

$[\sigma]_{сж}$  - допускаемое напряжение на сжатие (для пуансонов из закаленной инструментальной стали  $[\sigma]_{сж} = 200 \text{ кгс/мм}^2$ );

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

$\sigma_{сж} = P / f = 3549 / 100 = 35,49 \text{ кгс/мм}^2 \leq 200 \text{ кгс/мм}^2$ , следовательно, условие соблюдается.

### Выбор материалов деталей штампов

Выберем материалы для вытяжного штампа.

Таблица 4.1 - Материалы вытяжного штампа

Детали штампа	Марка материала
Пуансон	Чугун ХРТД
Матрица	Чугун ХРТД
Плиты штампов	Ст35Л
Толкатели	Ст40
Прижим	Чугун ХРТД
Упор	Сталь 40Х
Штифты	У8А
Шайба	Сталь 45
Планка	Сталь 20Х
Подъемник	Сталь Х12М1

#### 4.4 Определение числа и расположения упругих элементов в штампе

Пружины в штампе необходимы для выталкивания отштампованной заготовки из полости матрицы. Снятие с пуансонов происходит при помощи втулок–съемников, которые приводятся в движение полиуретановыми пружинами.

Необходимое усилие, создаваемое всеми пружинами:

$$P_{\text{пруж}} = K_{\text{выталк}} \cdot P_{\text{отбортовки}} \quad (4.3)$$

где

$K_{\text{выталк}} = 0,06$  – коэффициент;

$P_{\text{отбортовки}} = 8,58$  кН – усилие отбортовки;

Требуемое усилие, создаваемое пружинами:

$$P_{\text{пруж}} = K_{\text{выталк}} \cdot P_{\text{отбортовки}} = 0,06 \cdot 8,58 = 0,51 \text{ кН}$$

Требуемое усилие должно обеспечиваться совместным давлением полиуретановых и спиральных пружин.

1) Производим подбор стальных пружин, которые будут частично обеспечивать усилие выталкивания заготовки из матрицы. Конструктивно выбираем пружины усилием  $P_{\text{сталь}} = 0,1$  кгс: геометрические размеры пружины:

Суммарное усилие 4–х стальных пружин при выталкивании равно:

$$P_1 = P_{\text{сталь}} \cdot 4 = 0,1 \cdot 4 = 0,4 \text{ кгс} = 0,004 \text{ кН.}$$

2) Полиуретановые пружины должны обеспечить усилие снятия:

$$P_2 = P_{\text{пруж}} - P_1 = 0,51 - 0,4 = 0,11 \text{ кН} = 11 \text{ кгс.}$$

Учитывая совместное действие 2–х полиуретановых пружин найдем необходимое усилие 1 пружины:

$$P_{\text{треб.}} = P_2 / 2 = 11 / 2 = 5,5 \text{ кгс.}$$

Совместное усилие выбранных полиуретановых и стальных пружин:

$$P_{\text{пруж.}} = P_1 + P_2 \quad (4.4)$$

$$P_{\text{пруж.}} = P_1 + P_2 = 0,004 + 11 = 11,004 \text{ кН}$$

Требуемое усилие пружин, найденное ранее, составляет  $P_{\text{пруж.}} = 0,51$  кН.

Таким образом обеспечивается запас по усилию.

#### 4.5. Определение центра давления штампа

Большое значение для вытяжных, вырубных, пробивных, гибочных и правочных штампов имеет нахождение центра давления штампов. В противном

случае в штампе возникают перекосы, несимметричность зазора, износ направляющих, быстрое притупление режущих кромок, а возможно и переналадка штампа. Существует два способа определения центра давления штампа: графический и аналитический. [1]

Аналитический способ нахождения центра давления штампов основан на равенстве момента равнодействующей нескольких сил сумме моментов этих сил относительно одной и той же оси. [1]

Для определения схемы расположения штампов необходимо определить координату только по оси X.

Точка С (2400;0) – центр давления штампа.

Таким образом, штамп необходимо проектировать так, чтобы точка С совпадала с осью пресса. Теперь необходимо уравновесить силы относительно центральной оси пресса (рис. 4.2) .

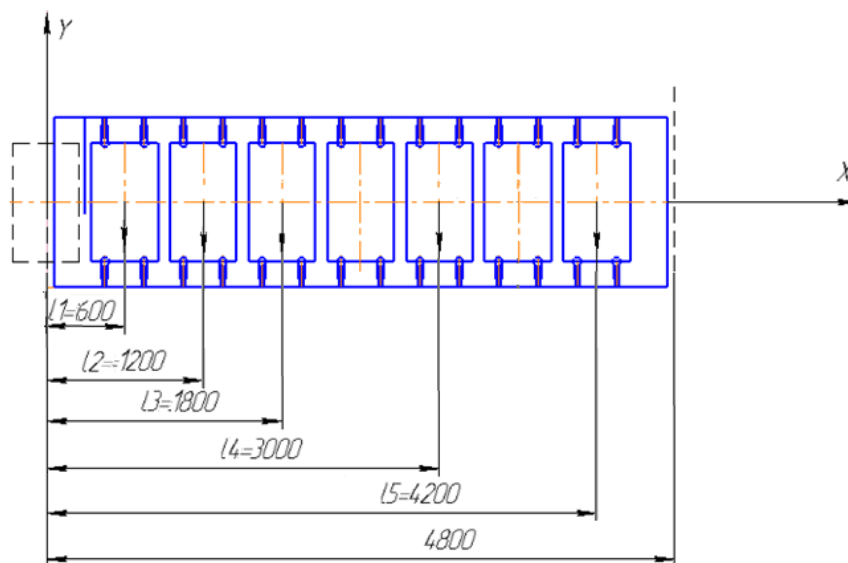


Рисунок 4.2 - Расчет центра давления штампа

Для этого найдем координату по оси X по формуле:

$$x = \frac{p_1 \cdot a + p_2 \cdot b + p_3 \cdot c + p_4 \cdot d + p_5 \cdot e}{P_{\text{сумм}}} \quad (4.5)$$

$$x = \frac{1741,6 \cdot 600 + 409,7 \cdot 1200 + 1632 \cdot 1800 + 1020 \cdot 3000 + 1399,3 \cdot 4200}{6202,74} = 2282 \text{ мм},$$

где

$P_i$  — усилие для каждого участка

$x_i$  — координаты по оси  $X$

Отклонение от центральной оси прессы составляет 118 мм, что допустимо.

#### 4.5 Определение исполнительных размеров инструмента

Радиус закругления матрицы необходимо выбрать по возможности наибольший при условии, что можно обеспечить вытяжку без образования складок.

Радиус закругления пуансона  $r_{\text{п}}$  на усилие вытяжки влияет незначительно, но он оказывает существенное влияние на утонение материала стенок у дна изделия.

Радиус закругления матрицы при коэффициенте вытяжки 0,45 и толщине материала 2 мм равен  $r_{\text{п}} = 6$  мм.

Радиус закругления вытяжных кромок пуансона следует брать в 1,5-2 раза меньше радиуса закруглений матрицы,  $r_{\text{п}} = 4$  мм.

Штампы для холодной листовой штамповки представляют собой сложную конструкцию, состоящую из большого числа деталей разнообразного технологического и конструктивного назначения. Исходя из условий работы и различного характера сопряжений, эти детали требуют различной точности изготовления. Наиболее точного изготовления в данном штампе требуют рабочие детали. Пуансон (рабочая поверхность) обрабатывают до 8-9-го класса чистоты. Поверхность рабочей зоны матрицы обрабатывают до 10 класса чистоты. Точность обработки отдельных деталей штампов, шероховатость обработанных поверхностей приведены в многочисленных стандартах на штампы листовой штамповки.

Зазор односторонний между пуансоном и матрицей равен

$$Z_{\text{п-м}} = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ мм.}$$

Зазор между пуансоном и прижимным кольцом составляет

$$Z_{\text{п-м}} = 6 \text{ мм.}$$

По технологическим соображениям принимаем зазор между пуансоном и матрицей равным 4 мм.

При сложном контуре детали, как в данном случае исполнительные размеры не просчитываются. В технических требованиях указываем, что поверхность детали штампа, соприкасающиеся с изделием, обработать по рабочим моделям, шероховатость Ra 0,4. Рабочий контур ответной детали пригнать по основной с зазором 3 мм на сторону.

Исполнительные размеры формообразующих деталей штампа назначают, не просчитывая.

Длина пуансона	660 - 0,029
Длина верхней полки	270 ± 0,125
Ширина пуансона	250 - 0,022
Ширина верхней полки	320 ± 0,095
Длина матрицы	820 ± 0,5
Ширина матрицы	250 ± 0,5

## 5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 5.1. Технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс <sup>1</sup>	Технологическая операция, вид выполняемых работ <sup>2</sup>	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию <sup>3</sup>	Оборудование, устройство, приспособление <sup>4</sup>	Материалы, вещества <sup>5</sup>
1.	Изготовление детали «Соединитель переднего лонжерона с полом»	Многооперационная штамповка	Штамповщик	Пресс-автомат «Мюллер-Вайнгартен» 10 МН	Сталь 08Ю СВ-5

### 5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ 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
1.	Работа прессы-автомата «Мюллер- Вайнгартен» 10 МН	Физический-повышенный уровень вибрации	Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции
2.	Работа прессов и штампов. Удаление деталей по лотку на приемный стол. Работа штампов. Осуществление штамповочных операций.	Физический-повышенный уровень шума	Работа прессов. Работа штампов. Штамповочные операции.

Продолжение таблицы 5.2

3.	Погрузочные, транспортные, разгрузочные работы	Психофизиологические воздействия	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочих зон, повышенный уровень шума и вибраций
4.	Перемещение подвижных частей оборудования и штамповой оснастки	Химический-токсическое воздействие	Смазка подвижных частей оборудования и штамповой оснастки

5.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

Таблица 5.3 Организационно технические методы и технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1.	Повышенный уровень вибрации	Регламентированный режим работы, изменение в конструкции фундамента, прогрессивное оборудование, виброизоляция	-

Продолжение таблицы 5.3

2.	Повышенный уровень шума	Смазка трущихся частей оборудования и штампа, средства индивидуальной защиты, использования прогрессивного оборудования, герметизация источника шума	Ушные вкладыши (беруши), наушники
3.	Психофизиологические воздействия	Инструктаж по техники безопасности, автоматизация и механизация, двойная изоляция токоведущих частей, расположение токоведущих частей на недоступной высоте	Спец. костюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на утолщенной подошве, защитные рукавицы.
3.	Психофизиологические воздействия	Ограждения штамповочного пространства; с фронта пресса -фотоэлементы, останавливающие пресс в случае пересечения каким-либо предметам светового луча; с тыла-механическая решетка, переносной пульт включения муфты и тормоза пресса, на расстоянии 1,0-1,5 от пресса, кнопки аварийного останова на пульте управления загрузчиком для быстрой остановки всей линии	



Продолжение таблицы 3.5

4.	Токсическое воздействие	Контроль концентрации токсических веществ. По окончании рабочей смены обязательно снять спецодежду, умыться, вымыть руки с мылом или принять душ.	Респираторы, маски
----	-------------------------	---	--------------------

5.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1.	Автоматизированная линия пресса	Пресс-автомат «Мюллер-Вайнгартен» 10 МН	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

## 5.5 Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и 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.
Огнетушители	Пожарные автомобили	Водяные установки и системы пожаротушения	Дымовые датчики	Рукава пожарные	Противогазы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
Песок	Пожарные мотопомпы	Газовые установки и системы пожаротушения	Тепловые датчики	Пожарный инвентарь	Носилки	Пожарные топоры	Световые указатели "ВЫХОД"
Кошма	Приспособленные технич. спец. средства (тягачи, прицепы)	Порошк. Установки и системы пожаротушения	Приемно-контрольные приборы	Колонка пожарная	Защитные костюмы	Лопаты штыковые	Ручные пожарные извещатели

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

Таблица 5.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Листовая штамповка деталей	Обучение персонала требования 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

## 5.7 Идентификация экологических факторов технического объекта

Таблица 5.7 –Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Многооперационная штамповка	Пресс-автомат «Мюллер-Вайнгартен» 10 МН	Интенсивное выделение вредных испарений, газов отработанной смазки, масла и скопление пыли	Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов, при замене масла в технологических агрегатах и ряде подобных случаев	-

## 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.

Наименование технического объекта		Листовая штамповка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу		Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу		Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу		Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами.

#### Вывод:

В разделе "Безопасность и экологичность технического объекта" приведена характеристика технологического изготовления детали «Соединитель переднего лонжерона с полом», перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое оборудование, применяемые материал (таблица 5.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки детали «Кронштейн верхний крепления катушки зажигания», видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенный уровень вибрации и шума, производственный травматизм, токсическое воздействие (таблица 5.2). 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 (таблица 5.3)

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация классов пожара и опасных факторов пожара и разработка средств и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.6).

Идентифицированы технологические факторы (таблица 5.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 5.8).

## 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 6.1. Сравнительный анализ технологических вариантов

Базовый вариант – традиционная штамповка на двух параллельных линиях, состоящих из шести единиц оборудования с промежуточной транспортировкой. Операции –вытяжка, обрезка пробивка, правка, обрезка пробивка, отбортовка гибка производятся на прессе ф.Гранди Мотори РМВ250, усилием 2,5МН. Тип производства – серийный.

Условия труда – тяжелые (ручные).

Проектный вариант – штамповка на одной единице оборудования. Все операции: вытяжка, обрезка 1-я пробивка, дотяжка, обрезка 2-я пробивка, правка отбортовка производятся на пресс-автомате Мюллер-Вайнгартен, усилием 10МН. Тип производства – серийный.

Условия труда – нормальные.

### 6.2. Расчет себестоимости штамповой оснастки

Таблица 6.1 - Калькуляция изготовления штамповой оснастки

Статьи / Трудоемкость	Сумма, руб						
	Вырубка 554 н/ч	Вытяжка 782 н/ч	Обрезка пробивка 861 н/ч	Дотяжка 690 н/ч	Обрезка, пробивка 870 н/ч	Правка, отбортовка 720 н/ч	Приложение
Мат. затраты	138500	195500	215250	172500	218000	180000	
ТЗР	222	313	344	276	349	288	0,16%М
З <sub>пл.осн</sub>	80330	113390	124845	100050	126150	104400	Ст=145р/ч
ЕСН	24902	35151	38702	31015	39107	32364	31% от З <sub>пл.осн</sub>
РСО	61750	87163	95968	76908	96972	80252	76,87% от З <sub>пл.осн</sub>
Цех. расходы	67469	95236	104857	84032	105953	87686	83,99% от З <sub>пл.осн</sub>
Цех. Стоим.	373173	526753	579966	464781	589030	484990	

## Калькуляция изготовления штамповой оснастки

### Расчетные данные

1. Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_э = (D_p \cdot T_{см} - D_{пр} \cdot T_{сок}) \cdot C(1-B), \text{ где}$$

$D_p$  – рабочие дни;

$T_{см}$  – продолжительность смены;

$D_{пр}$  – предпраздничные дни;

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

$C$  – количество смен.

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

$$\Phi_э = (247 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 3(1-0,05) = 5617 \text{ ч}$$

2. Эффективный фонд времени работы рабочего:

$$\Phi_{э.р} = 30\% \Phi_э = 1685 \text{ ч}$$

Таблица 6.3 - Исходные данные для расчета себестоимости продукции

№	Показатели	Обозначение	Значение	
1	Годовая программа выпуска, шт.	$N_{г}$	320000	
2	Эффективный фонд времени работы, час: - оборудования - рабочего	$\Phi_э$ $\Phi_{э.р}$	5617 1685	
3	Коэффициент выполнения норм	$K_{вн}$	1,1	
4	Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{мн}$	1	
5	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	$K_о$	11,8	
6	Коэффициент монтажа: - в расчете себестоимости - в расчете капитальных вложений	$K_{монт}$	1,1 0,1	
7	Цена материала, руб/кг	$Ц_{м}$	19,63	
8	Цена отходов (металл), руб/кг	$Ц_{отх}$	0,628	
9	Масса заготовки, кг	$M_з$	3,464	3,142



Продолжение табл. 6.3

№	Показатели	Обозначение	Значение	№	
10	Масса отходов, кг	$M_{отх}$	0,415	0,200	
11	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{ТЗ}$	1,014		
12	Коэффициенты доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда):				
1)	до часового фонда зарплаты	$K_{доп}$	1,08	1,12	1,16
2)	за профессиональное мастерство	$K_{пф}$	1,08	1,12	1,16
3)	за условия труда	$K_{у}$	1,08	1,12	1,16
4)	за вечерние и ночные часы	$K_{н}$	1,2		
5)	Премииальные	$K_{пр}$	1,1		
6)	на социальные нужды	$K_{с}$	1,31		
	Итого общий коэффициент доплат К	$K_{зпл}$	2,17	2,42	2,69
13	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_{м}$	0,8		
14	Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{в}$	0,7		
15	Коэффициент потерь в сети	$K_{п}$	1,03		
16	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{од}$	0,8		
17	Выручка от реализации, % от Ц: - изношенного оборудования -изношенного штампа	$V_p$ $V_{р.н.}$	5 15		
18	Норма амортизации, %	$H_a$	10		
19	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	$K_{цех}$	1,83		
20	Часовая тарифная ставка, руб./час: - рабочего(3 разряд) - рабочего(4 разряд) - наладчика(5 разряд)	$C_T$ $C_T$	66,71 72,24 79,89		
21	Цена электроэнергии, руб./кВт	$C_э$	3,8		
22	Цена площади, руб./м <sup>2</sup>	$C_{пл}$	4500		
23	Норматив экономической эффективности	$E_H$	0,33		

Таблица 6.4- Эксплуатационные данные оборудования

№	Наименование оборудования	Усилие, МН	t <sub>шт</sub> , мин.	t <sub>маш</sub> , мин.	M <sub>y</sub> , кВт	Площадь, м <sup>2</sup>	Цена, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	ф.Гранди Мотори 250т.с	2,5	0,055	0,064	30	15,35	318497
2.	Мюллер- Вайнгартен-1000	10	0,042	0,034	110	50	9850000
3.	Инноченти 400	0,4	0,077	0,060	20	20	580670

Таблица 6.5- Исходные данные об оснастке

№	Наименование штампа	Стойкость штампа T <sub>и</sub> <sup>шт.</sup> , ударов.	Цена штампа Ц <sub>шт</sub> , руб.
1	2	3	4
	Базовый		
1.	Вырубной	1000000	408173
2.	Вытяжной	1200000	532142
3.	Обрезка, пробивка	600000	538877
4.	Правка	600000	545142
5.	Обрезка, пробивка	600000	606237
6.	Отбортовка, гибка	1200000	504698
	Проектный		
1.	Вырубной	1200000	373173
2.	Вытяжной	1600000	526753
3.	Обрезка, пробивка	800000	579966
4.	Дотяжка	800000	464781
5.	Обрезка, пробивка	800000	589030
6.	Отбортовка, правка	16000000	484990

### 6.3 Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки

Таблица 6.6 -Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{об} = \frac{t_{шт} \cdot N_{Г}}{\Phi_{з} \cdot K_{вн} \cdot 60}$	1	1
		$n_{об}^б = \frac{0,055 \cdot 320000}{5617 \cdot 1,1 \cdot 60}$	4	1
		$n_{об}^{пр} = \frac{0,042 \cdot 320000}{5617 \cdot 1,1 \cdot 60}$		
		$n_{об}^б = \frac{0,077 \cdot 320000}{5617 \cdot 1,1 \cdot 60}$		
2	Коэффициент загрузки оборудования выполняемым данной операцией	$K_з = \frac{n_{об}^{расч}}{n_{об}^{прин}}$	0,07	0,04
		$K_з^б = \frac{0,07}{1}$		
		$K_з^б = \frac{0,05}{1}$	0,05	0,036
3	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{оп} = [t_{шт} \cdot N_{Г} \cdot (1 + K_0/100)] / (\Phi_{з,р} \cdot K_{вн} \cdot 60)$		
		$P_{оп}^б = \left[ 0,055 \cdot 320000 \cdot \left( 1 + \frac{11,8}{100} \right) \right] / 1685 \cdot 1,1 \cdot 60$		1*3=3
		$P_{оп}^{пр} = \left[ 0,042 \cdot 320000 \cdot \left( 1 + \frac{11,8}{100} \right) \right] / 1685 \cdot 1,1 \cdot 60$	4*3=1	4*3=12
		$P_{оп}^б = \left[ 0,077 \cdot 320000 \cdot \left( 1 + \frac{11,8}{100} \right) \right] / 1685 \cdot 1,1 \cdot 60$	2	

## 6.4 Расчет капитальных вложений

Таблица 6.7-Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{об} = n_{об} \cdot C_{об} \cdot K_z$ $K_{об}^{баз} = 4 \cdot 318497 \cdot 0,05 + (1 \cdot 580670 \cdot 0,07)$ $K_{об}^{пр} = 1 \cdot 9850000 \cdot 0,036 + 1 \cdot 0,07 \cdot 580670$	104346	395247
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	1. Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{об} \cdot K_{монт}$ $K_M^{баз} = 104346 \cdot 0,1 = 10435$ $K_M^{пр} = 395247 \cdot 0,1 = 39525$	10435	39525
	2. Затраты на штамповую оснастку, руб.	$K_H = C_{шт} \cdot n_{штамп}$ $K_{H10}^{баз} = 408173 \cdot 1$ $K_{H20}^{баз} = 532142 \cdot 1$ $K_{H30}^{баз} = 538877 \cdot 1$ $K_{H40}^{баз} = 545142 \cdot 1$ $K_{H50}^{баз} = 606237 \cdot 1$ $K_{H60}^{баз} = 504698 \cdot 1$ $K_{H10}^{пр} = 373173 \cdot 1$ $K_{H20}^{пр} = 526753 \cdot 1$ $K_{H20-1}^{пр} = 579966 \cdot 1$ $K_{H20-2}^{пр} = 464781 \cdot 1$ $K_{H20-3}^{пр} = 589030 \cdot 1$ $K_{H20-4}^{пр} = 484990 \cdot 1$	3135269	3018693
	3. Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{пл} = n_{об} \cdot S_y \cdot C_{пл} \cdot K_z$ $K_{пл}^{баз} = (4 \cdot 16 \cdot 0,05 + 1 \cdot 20 \cdot 0,07) \cdot 4500$ $K_{пл}^{пр} = 1 \cdot 50 \cdot 4500 \cdot 0,036 + 1 \cdot 20 \cdot 0,07 \cdot 4500$	20700	14400
	Итого	$K_{соп} = K_M + K_H + K_{пл}$ $K_{соп}^{баз} = 10435 + 3135269 + 20700$ $K_{соп}^{пр} = 39525 + 3018693 + 14400$	3166404	3072618
3	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{общ} = K_{об} + K_{соп}$ $K_{общ}^{баз} = 104346 + 3166404$ $K_{общ}^{пр} = 395247 + 3072618$	3270750	3467865
4	Удельные капвложения, руб.	$K_{уд} = K_{общ} / N_{Г}$ $K_{уд}^{баз} = 3270750 / 320000$ $K_{уд}^{пр} = 3467865 / 320000$	10,1	10,8

### 6.5 Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали

Таблица 6.8- Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Материальные затраты, руб.	$M = (M_z \cdot C_{из} \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot C_{отх})$ $M^б = (3,454 \cdot 19,63 \cdot 1,014) - (0,415 \cdot 0,628)$ $M^{пр} = (3,142 \cdot 19,63 \cdot 1,014) - (0,200 \cdot 0,628)$	68,5	62,4
2	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$З_{шт} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{з.р.} \cdot K_{зшт} \cdot K_z / N_T$ $З_{шт}^б = (15 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,07) \cdot 72,24 \cdot 1685 \cdot 2,42 / 320000$ $З_{шт}^{пр} = [(79,89 + 12 \cdot 66,71) \cdot 0,05 + 66,71 \cdot 0,07] \cdot 1685 \cdot 2,42 / 320000$	0,88	0,62
3	Затраты на амортизацию и экспл. оборудования, руб.	$P_a = \left[ \left( C_{об} \cdot (1 - B_p) \right) \cdot H_a \cdot t_{шт} \cdot 1,3 \right] / (\Phi_z \cdot K_{вн} \cdot 60 \cdot 100)$ $P_a^б = [(318497 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,055 \cdot 1,3] / (5617 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ $P_a^{пр} = [(9850000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,042 \cdot 1,3] / (5617 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ $P_a^{б/пр} = [(580670 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,077 \cdot 1,3] / (5617 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$	0,02	0,15
4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_э = (M_y \cdot t_{маш} \cdot K_{од} \cdot K_{и} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot C_э) / (КПД \cdot 60)$ $P_э^б = (30 \cdot 4 \cdot 0,064 + 20 \cdot 0,06) \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,386 / (0,75 \cdot 60)$ $P_э^{пр} = (110 \cdot 0,034 + 20 \cdot 0,06) \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,386 / (0,70 \cdot 60)$	0,22	0,13
5	Затраты на амортизацию штампового инструмента, руб.	$P_{и} = (C_{шт} \cdot [1 - B_{р.и.}]) / T_{и.шт}$ $P_{и10}^б = (408137 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000 = 0,35$ $P_{и20}^б = (532142 \cdot [1 - 0,15]) / 1200000 = 0,37$ $P_{и30}^б = (538877 \cdot [1 - 0,15]) / 600000 = 0,76$ $P_{и40}^б = (545142 \cdot [1 - 0,15]) / 600000 = 0,77$ $P_{и50}^б = (606237 \cdot [1 - 0,15]) / 1200000 = 0,42$ $P_{и60}^б = (504698 \cdot [1 - 0,15]) / 1200000 = 0,36$ $P_{и10}^{пр} = (373137 \cdot [1 - 0,15]) / 1200000 = 0,26$ $P_{и20^1}^{пр} = (526753 \cdot [1 - 0,15]) / 1600000 = 0,28$ $P_{и20^2}^{пр} = (579966 \cdot [1 - 0,15]) / 800000 = 0,61$ $P_{и20^3}^{пр} = (464781 \cdot [1 - 0,15]) / 800000 = 0,49$ $P_{и20^4}^{пр} = (589030 \cdot [1 - 0,15]) / 1600000 = 0,31$ $P_{и20^5}^{пр} = (484990 \cdot [1 - 0,15]) / 1600000 = 0,25$	3,03	2,2
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{пл} = S_y \cdot n_{об} \cdot C_{пл} \cdot K_z / N_T$ $P_{пл}^б = (16 \cdot 4 \cdot 0,05 + 30 \cdot 0,07) \cdot 4500 / 320000$ $P_{пл}^{пр} = (50 \cdot 1 \cdot 0,036 + 30 \cdot 0,07) \cdot 4500 / 320000$	0,074	0,054

Продолжение таблицы 6.8

7	Зарплата наладчика, руб.	$Z_{\text{нал}} = (n_{\text{об}} \cdot C_{\text{т}} \cdot \Phi_{\text{з.р.}} \cdot K_{\text{зпл}} \cdot K_{\text{з}}) / (n_{\text{обсл}} \cdot N_{\text{т}})$ $Z_{\text{нал}}^{\text{б}} = (5 \cdot 79,89 \cdot 1685 \cdot 2,69 \cdot 0,05) / (5 \cdot 320000)$	0,5	—
8	Технологическая себестоимость, руб.	$C_{\text{тех}} = M + Z_{\text{пл}} + P_{\text{а}} + P_{\text{з}} + P_{\text{н}} + P_{\text{пл}} + Z_{\text{нал}}$ $C_{\text{тех}}^{\text{б}} = 68,5 + 0,88 + 0,02 + 0,22 + 3,03 + 0,074 + 0,5$ $C_{\text{тех}}^{\text{пр}} = 62,4 + 0,62 + 0,15 + 0,13 + 2,2 + 0,054$	73,22	65,55
9	Общепроизводственные расходы, руб.	$P_{\text{цех}} = Z_{\text{пл}} \cdot K_{\text{цех}}$ $P_{\text{цех}}^{\text{б}} = 0,88 \cdot 1,83$ $P_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 0,62 \cdot 1,83$	1,61	1,13
10	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость, руб.	$C_{\text{цех}} = P_{\text{цех}} + C_{\text{тех}}$ $C_{\text{цех}}^{\text{б}} = 73,22 + 1,61$ $C_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 65,55 + 1,13$	74,83	66,68

6.6 Структура себестоимости

Таблица 6.9-Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов

№	Наименование затрат	Сумма, руб.		Доля, %	
		Базовый	Проектный	Базовый	Проектный
1.	Материальные затраты	68,5	62,4	91,5	93,6
2.	Заработная плата основных и вспомогательных рабочих	0,88	0,62	1,17	0,93
3.	Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования	0,02	0,15	0,02	0,22
4.	Расходы на электроэнергию	0,22	0,13	0,29	0,19
5.	Затраты на амортизацию штампового инструмента	3,03	2,2	4,04	3,3
6.	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей	0,074	0,054	0,1	0,08
7.	Общепроизводственные расходы	1,61	1,13	2,15	1,7
8.	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость	74,83	66,68	100	100

## 6.7 Экономическая эффективность

Приведенные затраты по вариантам определяются по формуле

$$Z_{\text{пр.ед}} = C_{\text{цех}} + E_n \cdot K_{\text{вд}}$$

$$Z_{\text{пр.ед}}^{\text{баз}} = 74,83 + 0,33 \cdot 10,1 = 78,16 \text{руб}$$

$$Z_{\text{пр.ед}}^{\text{пр}} = 66,68 + 0,33 \cdot 10,8 = 70,24 \text{руб}$$

Годовой экономический эффект от изменения приведенных затрат определяется по формуле

$$\mathcal{E}_Г = (Z_{\text{пр.ед}}^{\text{баз}} - Z_{\text{пр.ед}}^{\text{пр}}) \cdot N_Г = (78,16 - 70,24) \cdot 320000 = 2534400 \text{руб.}$$

Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения себестоимости обработки детали определяется по формуле

$$P_{\text{р.ож}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{цех}}^{\text{баз}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) \cdot N_Г = (74,83 - 66,68) \cdot 320000 = 2608000 \text{руб.}$$

После расчета чистой прибыли определяется расчетный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), необходимых для осуществления проектируемого варианта:

$$T_{\text{ок.расч}} = \frac{K_n^{\text{пр}}}{\mathcal{E}_{\text{уг}}} = \frac{3018693}{2608000} = 1,15 \text{ Года}$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была разработана технология изготовления детали «Соединитель переднего лонжерона с полом» и сделан перевод изготовления этой детали на автоматическую штамповку на линии.

Для предлагаемого техпроцесса сделаны расчеты основных технологических параметров.

Был проведен выбор технологического оборудования и средств автоматизации. Рассмотрены их основные характеристики. Разработана конструкция новой штамповой оснастки штампа для вытяжки. Проведены требуемые прочностные и конструкторские расчеты, подобраны материалы для изготовления деталей штампа.

Был произведен анализ опасных и вредных факторов, имеющих место на участке изготовления детали, а также разработан перечень мероприятий по уменьшению воздействия на окружающую среду.

Рассчитана себестоимость изготовления детали и условно-годовая экономия от внедрения нового технологического процесса.

На основании всех проделанных расчетов и обоснований, делаем вывод о том, что цель дипломного проекта достигнута.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
2. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. Л.: Машиностроение, - 1980, 432 с.
3. Скрипачев, А.В. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеев. – Тольятти: ТолПИ, 1992.
4. Якуничев Е.В. Технология холодной штамповки. Сборник задач. – Тольятти: ТолПИ, 1991.
5. Владимиров В.М. Изготовление штампов и пресс-форм. – М.: Машиностроение, 1981. – 431 с.
6. Лахтин. Конструкционные материалы и термическая обработка сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 1984 – 370 с.
7. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
8. Попов Е.А. Теория листовой штамповки. – Л.: Машиностроение, 1973. – 430 с.
9. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
10. Горина Л.Н. учебное пособие «Инженерные расчеты уровней опасных и вредных факторов». Тольятти. 2007 г, 140 с.
11. An Alternate Method to Springback Compensation for Sheet Metal Forming  
Waluyo Adi Siswanto, Agus Dwi Anggono, 2Badrul Omar, and Kamaruzaman Jusoff  
– The Scientific World Journal Volume 2014
12. Springback Analysis in Sheet Metal Forming Using Modified Ludwik Stress-Strain Relation Sanjay Kumar Patel, Radha Krishna Lal, J. P. Dwivedi, and V. P. Singh– ISRN Mechanical Engineering Volume 2013
- 13 Methods Of Optimisation Of Sheet Metal Forming Processes Concerning The Reduction Of Springback Chirita Bogdan Alexandru– The Annals Of “Dunărea

De Jos” University Of Galați Fascicle V, Technologies In Machine Building,  
Issn 1221- 4566, 2009

14 . Finite Element Analysis of Springback in L-Bending of Sheet Metal

Fuh-Kuo Chen , Shen-Fu Ko

Department of Mechanical Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan,  
R.O.C.

15. Project on Sheet metal Technology Project Prepared by Pallav Gupta, Himanshu  
Jain

16. Юдин Е.Я., Белов С.В. Охрана труда в машиностроении.- М:  
Машиностроение, - 2007 г., 253-615 с.

17. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве:  
Учебн. пособие. – Тольятти ТолПИ, 2000. 68 с.

18. Норицин И. А., Власов В. И. Автоматизация и механизация  
технологических процессовковки и штамповки. М.: Машиностроение,  
1967 г., 388 с.

19. Банкетов А.Н., Ланский Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование. - М:  
Машиностроение, – 1982 г., 206 с.

20. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве:  
Учебн. Пособие. – Тольятти ТолПИ, 2000. 68 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

Инв. № подл.	Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата	16.09.191.11.00.000	Лит.			Листов			
						Лит.	Лист	Листов				
Инв. № подл.	Разраб.	Феклистова А. В.			Штамп для вытяжки				ТГУ каф. "СОМДИРП"			
	Проб.	Смолин Е. Л.					1	2				
Подп. и дата	Т.контр.	Смолин Е. Л.			Копировал	Формат А4						
	Н.контр.	Виткалов В. Г.										
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Инв. №	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
										Документация		
										Сборочный чертеж		
										Детали		
								1	16.09.191.11.00.001	Плита нижняя	1	
								1	16.09.191.11.00.002	Плита верхняя	1	
								1	16.09.191.11.00.003	Матрица	1	
								4	16.09.191.11.00.004	Планка	4	
										ГОСТ 18809- 73		
								4	16.09.191.11.00.005	Толкатель	4	
								1	16.09.191.11.00.006	Пуансон	1	
								1	16.09.191.11.00.009	Прижим нижний	1	
										Стандартные изделия		
								2	201 16.09.191.11.00.201	Шайба 40	2	
										ГОСТ 18792- 80		
								2	202 16.09.191.11.00.202	Ограничитель хода	2	
										выталкивателя		
										ГОСТ 18791- 73		
								12	203 16.09.191.11.00.203	Плитка 160x100	12	
										ГОСТ 18809- 80		
								2	204 16.09.191.11.00.204	Толкатель	2	
										ГОСТ - 18780- 80		
										Крепежные детали		
								6	301 16.09.191.11.00.301	Винт М20	6	
										ГОСТ 11738- 84		
								2	302 16.09.191.11.00.302	Штифт	2	
										ГОСТ 3128 - 70		
								20	303 16.09.191.11.00.303	Винт М8	20	

Штамп для  
вытяжки

Копировал

Формат А4



Формат	Загл	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							Изм.	Лист	
				Документация					
			16.09.191.00.00.000	Сборочный чертеж Сборочные единицы					
		1	16.09.191.00.00.001	Питатель штучных заготовок	1				
		2	16.09.191.00.00.002	Тележка подачи стопы	1				
		3	16.09.191.00.00.003	Подъемный стол	1				
		4	16.09.191.00.00.004	Вакуумные присоски	6				
		5	16.09.191.00.00.005	Магнитные распушители	2				
		6	16.09.191.00.00.006	Магнитный транспортер	1				
		7	16.09.191.00.00.007	Устройства контроля двойных заготовок	1				
		8	16.09.191.00.00.008	Устройство опускания заготовок	1				
		9	16.09.191.00.00.009	Устройство смазки	1				
		10	16.09.191.00.00.010	Стол для двойных заготовок	1				
		11	16.09.191.00.00.011	Штамп для вытяжки	1				
		12	16.09.191.00.00.012	Штамп для 1-й обрезки, пробивки	1				
		13	16.09.191.00.00.013	Штамп для дотжки	1				
		14	16.09.191.00.00.014	Штамп для 2-й обрезки, пробивки	1				
		15	16.09.191.00.00.015	Штамп для правки, отбортовки	1				
		16	16.09.191.00.00.016	Привод грейферных линеек	1				
		17	16.09.191.00.00.017	Отводной транспортер	1				
		18	16.09.191.00.00.018	Вал отбора мощности	1				
		19	16.09.191.00.00.019	Тележка для готовых деталей	2				
		20	16.09.191.00.00.020	Защитный экран	2				
		21	16.09.191.00.00.021	Грейферные линейки	2				
		22	16.09.191.00.00.022	Пресс-автомат	1				
			16.09.191.00.00.000						
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
			Разраб.		Феклистова А.В.				
			Пров.		Смолин Е.Л.				
			Н.контр.		Виткалов В.Г.				
			Утв.		Ельцов В.В.				
			Комплекс оборудования			Лит.	Лист	Листов	
							1	1	
						ТГУ каф. "СОМДиРП"			
			Копировал			Формат А4			