

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 «Надставка заднего крыла»

Студент(ка)

А.Н.Морозов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Е.Л.Смолин

(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)

«    »      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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН  
выполнения бакалаврской работы**

Студента Морозова Алексея Николаевича

по теме Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Надставка заднего крыла»

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. -15.06.16			

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(подпись)

Е.Л.Смолин

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

А.Н. Морозов

\_\_\_\_\_

(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.

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

Студент А.Н.Морозов

1. Тема Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Надставка заднего крыла»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 16.06.2016г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Существующий технологический процесс и его технико-экономические показатели
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Аннотация. Содержание. Введение. Анализ исходных данных. Технологическая часть. Выбор оборудования и средств автоматизации. Разработка конструкции штамповой оснастки. Безопасность и экологичность проекта. Экономическая эффективность.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала Сравнительная технология. ( 1 лист ). Комплекс оборудования ( 1 лист) Штамп гибки-формовки (3 листа). Штамп отбортовки ( 3 листа)
6. Консультанты по разделам  
Экономическая часть- И.В.Краснопевцева  
Безопасность и экологичность- К.С.Нуров
7. Дата выдачи задания « 05.03. » 2016г.

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

_____	Е.Л.Смолин
(подпись)	(И.О. Фамилия)
_____	А.Н. Морозов
(подпись)	(И.О. Фамилия)

## **Аннотация**

В дипломном проекте, рассматривается разработка технологического процесса изготовления детали «Надставка заднего крыла » автомобиля.

В дипломной работе производится анализ технологичности детали и технологии её изготовления, с выявлением недостатков данной технологии. На основании данного анализа, с учётом выявленных недостатков, разрабатывается новый наиболее рациональный технологический процесс изготовления детали. Определяются энергосиловые параметры процессов. Производится выбор оборудования и средств автоматизации для реализации предполагаемой технологии. Разрабатывается конструкция штамповой оснастки. Проводятся прочностные расчёты и выбор материалов деталей штампа. Рассматриваются и разрабатываются мероприятия по безопасности и экологичности проекта. Проводится экономический расчет по внедрению проектируемого техпроцесса.

## **Введение.**

Процессы листовой штамповки получили широкое применение в различных областях промышленности, благодаря высокой производительности и экономической эффективности.

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

В техническом отношении холодная штамповка позволяет:

- получать детали весьма сложных форм, изготовление которых другим методом или способом весьма затруднительно
- создавать прочные и жёсткие, но лёгкие детали, при небольшом расходе металла
- получать взаимозаменяемые детали с достаточной точностью размеров, преимущественно без последующей механической обработки

В экономическом отношении холодная штамповка обладает следующими преимуществами:

- экономным использованием материала и сравнительно небольшими отходами, в некоторых случаях производится безотходная штамповка
- высокая производительность оборудования с использованием средств автоматизации
- массовым выпуском и низкой стоимостью изготовления деталей

В настоящее время наряду с этими преимуществами, которая даёт холодная штамповка к производственным процессам, и рабочим их

обслуживающих предъявляются высокие требования по условиям труда и квалификации.

- оборудования
- массовый выпуск продукции

Для обеспечения современных технологических процессов всё большее распространение находят многопозиционные пресс - автоматы, обладающие высокой производительностью, точностью получаемых изделий, автоматизированным циклом производства детали. Аналогичное оборудование находит применение на ВАЗе.

В крупносерийном и массовом производстве развитие холодной штамповки характеризуется:

- 1) применением сложных совмещено-комбинированных штампов;
- 2) применением последовательной многопозиционной штамповки в ленте;
- 3) механизацией и автоматизацией процессов штамповки;
- 4) созданием быстроходных автоматических прессов;
- 5) совершенствованием и развитием методов, дающих повышенную точность и производительность и заменяющих обработку металлов резанием (чистовая вырубка, зачистка в штампах, холодное выдавливание).

Целью данного проекта является снижение себестоимости изготовления изделия посредством сокращения расхода материала и снижения трудоемкости.

# Содержание

стр.

Аннотация

Введение

Анализ исходных данных

1.1 Анализ технологичности детали

1.2 Анализ базовой технологии изготовления детали

1.3 Выявление её недостатков

1.4 Задачи дипломного проекта

2. Разработка технологического процесса изготовления детали

2.1 Схема предлагаемого технологического процесса

2.2 Определение формы и размеров исходной заготовки

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

2.4 Определение энергосиловых параметров штамповки

2.4.1 Определение усилий

2.4.2 Определение работы

3. Выбор оборудования и средств автоматизации

3.1 Выбор типоразмера и основные технические характеристики

3.2 Выбор средств автоматизации и основные характеристики

3.3 Описание работы автоматической линии и планировка участка штамповки

4. Разработка конструкции штамповой оснастки

4.1 Состав, конструкция и работа штамповой оснастки

4.1.1 Основные требования к штамповой оснастке

4.1.2 Описание конструкции и работы штамповой оснастки

4.2 Прочностные расчёты и выбор материалов для изготовления деталей штампа

#### 4.3 Определение числа и расположения упругих элементов

### 5. Безопасность и экологичность проекта

5.1 Технологическая характеристика объекта Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

5.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

5.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

### 6. Экономическая часть

6.1 Характеристика сравниваемых вариантов

6.2 Расчет себестоимости штамповой оснастки

6.3 Исходные данные для расчёта себестоимости продукции

6.4 Расчётно-необходимое количество оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов

6.5 Расчёт капитальных вложений

6.6. Расчёт себестоимости сравниваемых вариантов .

6.7 Структура себестоимости сравниваемых вариантов

6.8 Расчёт показателей экономической эффективности проектируемого варианта

Заключение

Литература

Приложения

# 1. Анализ исходных данных

## 1.1 Анализ технологичности конструкции детали

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

Технологические процессы холодной штамповки могут быть наиболее рациональными лишь при условии создания технологичной конструкции или формы детали, допускающей наиболее простое и экономичное изготовление. Поэтому технологичность листоштампованных деталей является наиболее важной предпосылкой прогрессивности технологических методов и экономичности производства.

Основными показателями технологичности листовых холодноштампованных деталей являются:

- 1) наименьший расход материала;
- 2) наименьшее количество и низкая трудоёмкость операций;
- 3) отсутствие последующей механической обработки;
- 4) наименьшее количество требуемого оборудования и производственных площадей;
- 5) наименьшее количество оснастки при сокращении затрат и сроков подготовки производства;
- 6) увеличение производительности отдельных операций и цеха в целом.

Общим результативным показателем технологичности является наименьшая себестоимость штампуемых деталей.

Общие технологические требования к конструкции листовых штампованных деталей:

- 1) механические свойства листового материала должны соответствовать не только требованиям прочности и жесткости

изделия, но также процессу формоизменения и характеру пластических деформаций;

2) необходимо учитывать возможность применения для формоизменяющих операций более пластичного, хотя и менее прочного металла, так как в процессе холодной штамповки происходит его наклёп, значительно увеличивающий характеристики прочности материала;

3) необходимо стремиться к созданию лёгких и облегчённых конструкций деталей, применяя для увеличения жёсткости штамповку рёбер жёсткости, отбортовку загибку фланцев, закатку кромок и т.п., а также замену тяжелых стандартных прокатных профилей более легкими-гнутыми или свёрнутыми профилями из листового материала;

4) необходимо унифицировать и уменьшить ассортимент применяемых толщин и марок листового металла;

5) допуски на размеры штампованных деталей должны соответствовать экономической точности операций холодной штамповки (4-5 класс). В случае необходимости повышенная точность деталей (2-3 класс) может быть получена введением дополнительных операций (зачистка, калибровка, правка).

*Основные технологические требования к конструкции плоских деталей, получаемых вырубкой и пробивкой:*

1) необходимо избегать сложных конфигураций с узкими и длинными вырезами контура или очень узкими прорезями ( $b > 2S$ );

2) следует избегать вырубки длинных и узких деталей постоянной ширины при  $b \geq 3S$ , заменяя вырубку расплющиванием проволочных заготовок;

3) сопряжение сторон наружного контура следует выполнять с закруглением лишь при вырубке детали по всему контуру (рис. 1.1);

- 4) наименьшее расстояние от края отверстия до прямолинейного наружного контура должно быть не менее  $S$  для фигурных круглых отверстий и не менее  $1,5S$ , если края отверстия параллельны контуру детали (рис. 1.2);
- 5) наименьшее расстояние между отверстиями при одновременной их пробивке должно быть равно  $b=(2-3)S$  (рис. 1.2);
- б) наименьшие размеры пробиваемых отверстий по [1, табл. 135] (рис. 1.2);
- 7) не следует располагать отверстия в заготовке, подлежащей гибке, близко к радиусу закругления детали. Наименьшее расстояние от края отверстия до загнутой полки (при гибке после пробивки) должно составлять  $a \geq r+2S$ , где  $r$ -радиус изгиба (рис. 1.3, а, б).

*Основные технологические требования к конструкции изогнутых листовых деталей:*

- 1) минимально допустимые радиусы гибки, следует принять лишь при конструктивной необходимости. В большинстве случаев возможно применить радиусы гибки  $r > S$ , а для толстых заготовок ещё больше (рис. 1.4);
- 2) в случае гибки пластичных металлов, с малыми радиусами закругления ( $r < S$ ) линию изгиба желательно располагать поперёк волокон проката;
- 3) для увеличения жесткости гнутых и устранения упругого пружинения рекомендуется штамповка рёбер жесткости поперёк угла изгиба, наименьшая высота отгибаемой полки должна быть  $h > 3S$ ;
- 4) для предотвращения искажения формы отверстия, расположенного близко к линиигиба, необходимо принимать расстояние от центра радиуса до края пробитого отверстия не менее двух толщин ( $a > 2S$ ) (рис. 1.5, а, б). В противном случае пробивку отверстия следует производить после гибки.

*Основные технологические требования к конструкции полых листовых деталей, изготовленных формовкой:*

- 1) радиусы закруглений у фланца должны быть, по возможности, больше, а радиусы закруглений у дна могут быть по возможности меньшими  $r > (2-4)s$  (рис. 1.6);
- 2) следует избегать острых углов у детали.

Таким образом, конструкцию разрабатываемой детали можно отнести к достаточно высокой степени технологичности, поскольку она удовлетворяет основным конструктивным требованиям.

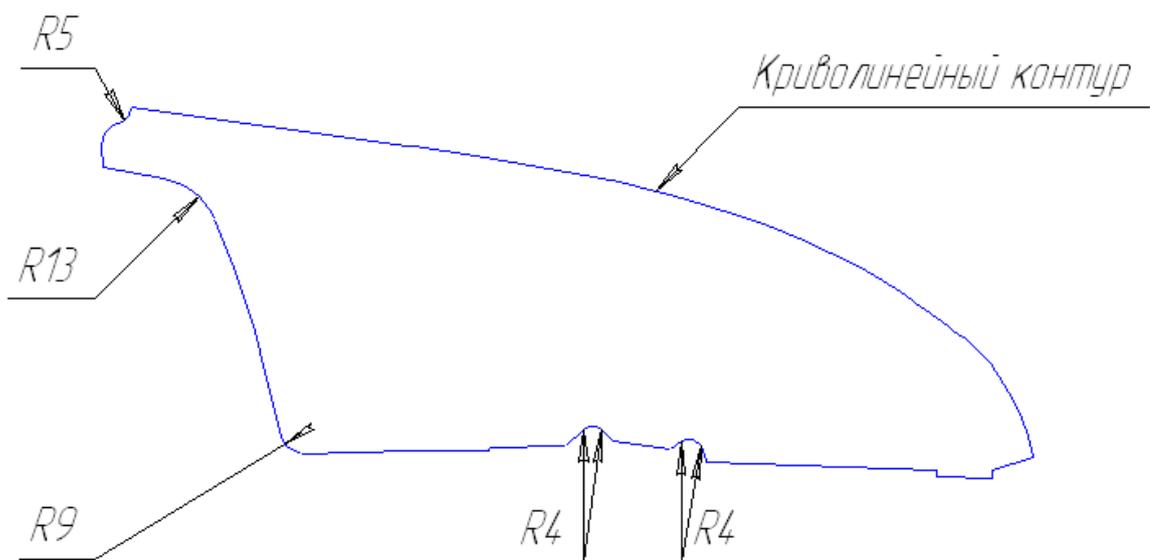


Рисунок 1.1 -Закругления наружного контура при вырубке

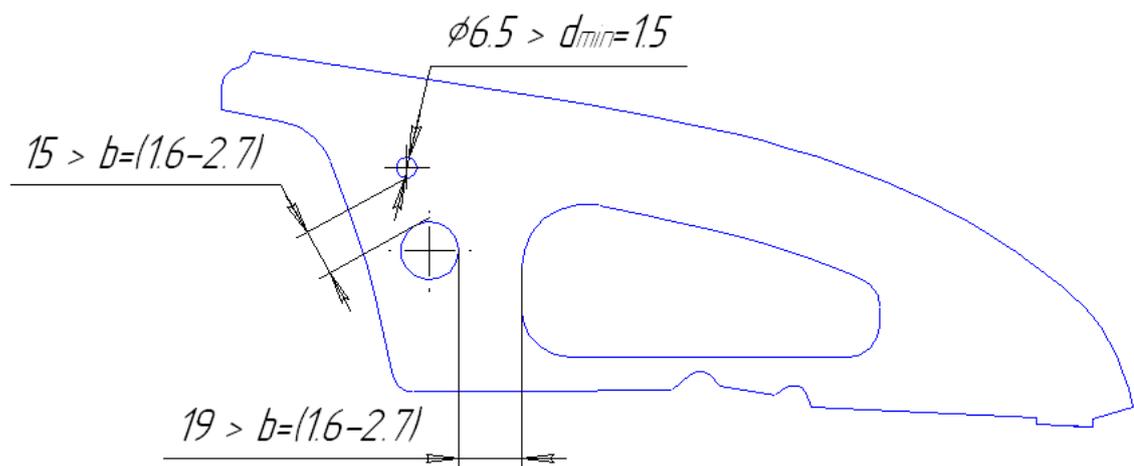
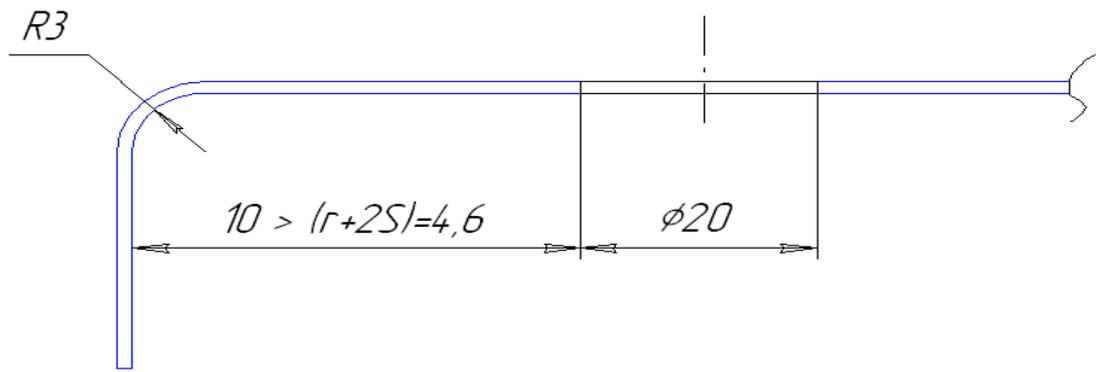
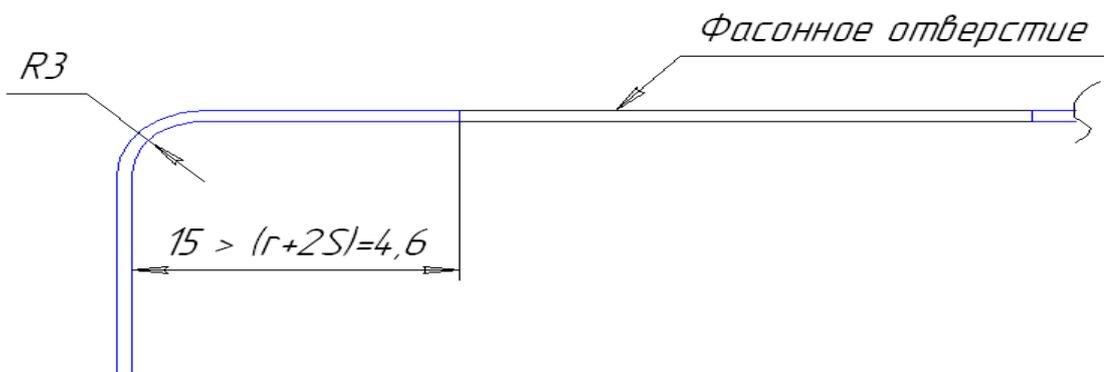


Рисунок 1.2 - Наименьшие расстояния между краями пробиваемых отверстий и наименьший диаметр отверстия



а)



б)

Рисунок 1.3 - Расстояние от края отверстия до загнутой полки

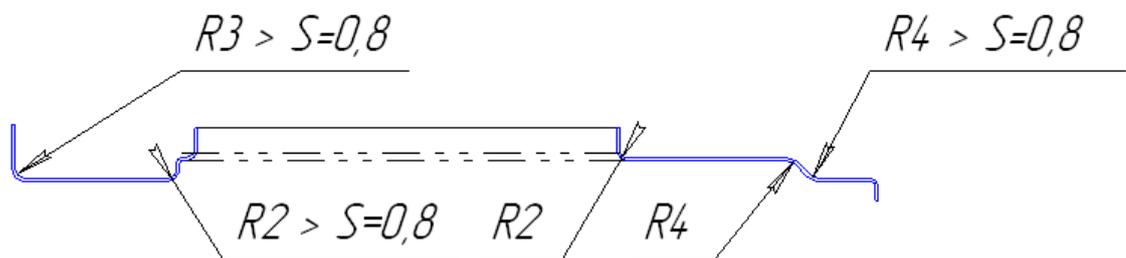
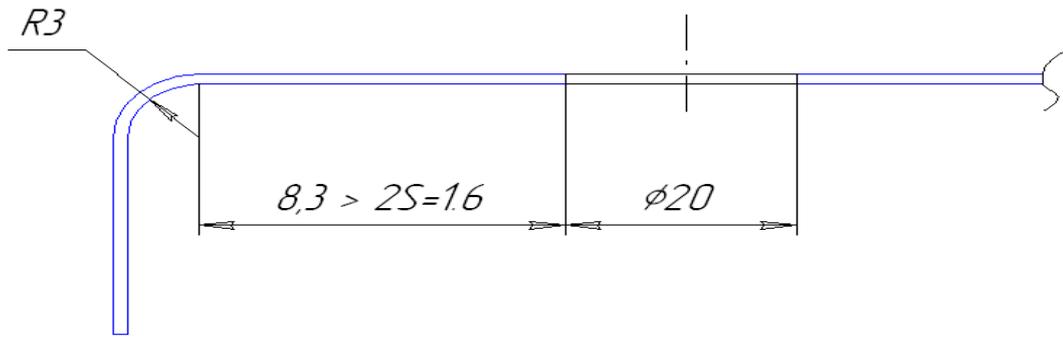
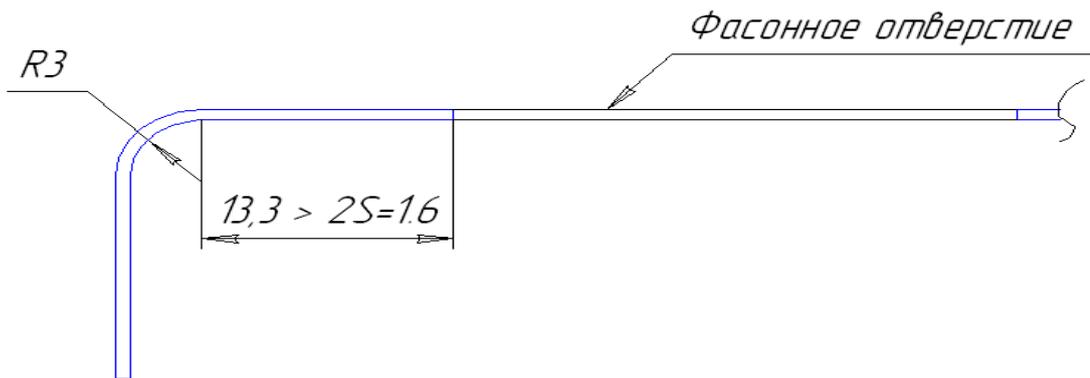


Рисунок 1.4 - Минимально допустимые радиусы гибки



а)



б)

Рисунок 1.5 - Расстояние от края отверстия до центра радиуса

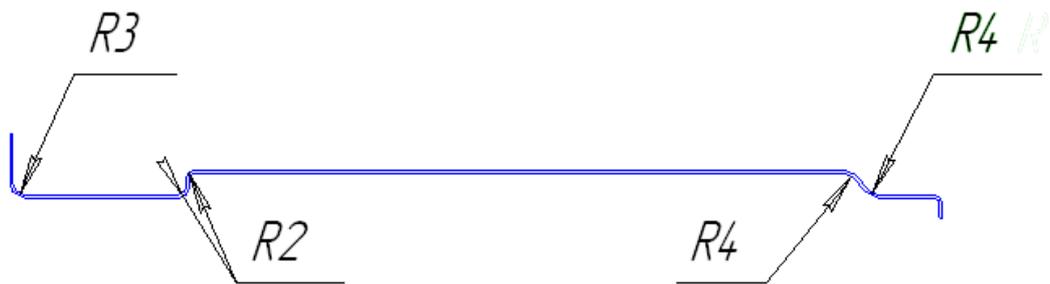


Рисунок 1.6 - Радиусы закругления у фланца и дна при формовке

## 1.2 Анализ существующей технологии изготовления детали

Базовый технологический процесс изготовления детали «Надставка заднего крыла правая» автомобиля ВАЗ - 2123 состоит из 7 операций:

- оп.10 резка полос;
- оп.20 резка заготовок;
- оп.30.1 вытяжка;
- оп.30.2 обрезка, пробивка;
- оп.30.3 обрезка 2-ая;
- оп.30.4 гибка, правка;
- оп.30.5 гибка, отбортовка.

### Оп. 10 Резка полос

На первой операции на гильотинных ножницах Н3218В с автоматической подачей отрезаются полосы шириной 1420мм. Производительность данной операции составляет 10526 штук в час.

### Оп. 20 Резка заготовок

На данной операции из полос режутся 6 карточек шириной 236,6 мм на гильотинных ножницах Н3218П с ручной подачей. В результате получаем прямоугольные карточки 400x236,6 мм (рис. 1.7).

Данные заготовительные операции осуществляются на отдельном участке, откуда заготовки доставляются на рабочее место в таре. Основные формообразующие операции осуществляются на пресс-автомате FT2-60.

С подачей штучных заготовок из питателя на магнитный транспортёр, с перемещением полуфабриката с позиции на позицию при помощи 3-хкоординатных грейферных линеек.

### Оп. 30.1 Вытяжка

Первая формообразующая операция – вытяжка на незначительную глубину в зоне фасонного отверстия (рис. 1.8), осуществляется на первой позиции, куда заготовка доставляется по средствам грейферных линеек. После этого заготовка выталкивается выталкивателями на высоту подхвата

грейферных линеек, которые, захватив её, приподнимают на уровень транспортировки на последующую позицию.

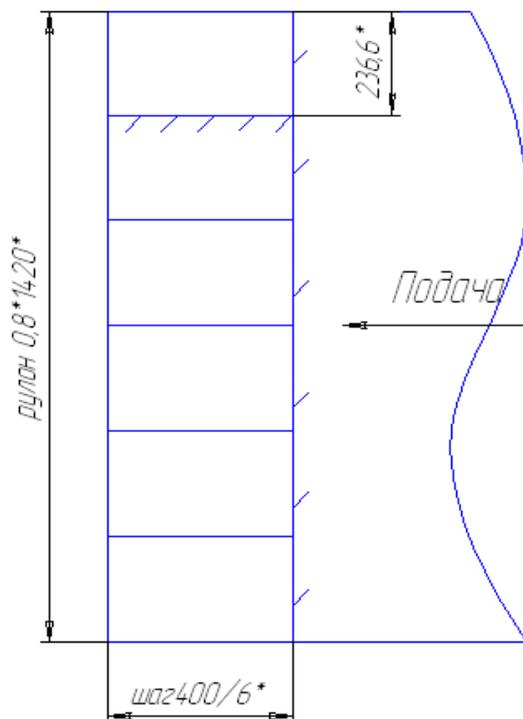


Рисунок 1.7 - Оп. 20 Резка заготовок

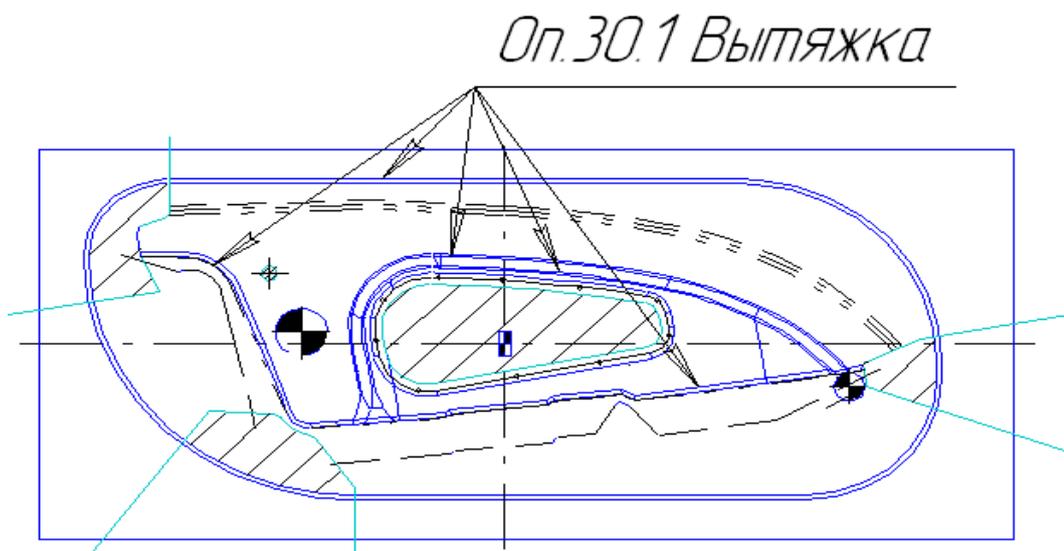


Рисунок 1.8 - Оп. 30.1 Вытяжка и Оп. 30.2 Обрезка, пробивка

#### Оп. 30.2 Обрезка, пробивка

Обрезка первая. Выполняется вырезка трёх угловых участков и пробивка круглого и фасонного отверстия под отбортовку. Перемещение на последующую позицию осуществляется аналогичным образом. Операция показана на рис. 1.8 заштрихованными участками.

#### Оп. 30.3 Обрезка 2-ая

Производится вторая обрезка по контуру (рис. 1.9), т.к. были выполнены вырезы после первой обрезки, то отход легко удаляется по склизам. Перемещение на последующую позицию осуществляется аналогичным образом.

#### Оп. 30.4 Гибка, правка

Гибка по контуру, предназначенная для отгибаемых полок, с последующей правкой до получения требуемых радиусов закругления (рис. 1.9). Перемещение на последнюю позицию осуществляется аналогичным образом.

#### Оп.30.5 Гибка, отбортовка

Гибка–отбортовка фасонного отверстия являются заключительными операциями (рис. 1.10). Готовая деталь по ленточному транспортёру перемещается на стол укладчика, который укладывает её в тару.

*Гибка, правка*

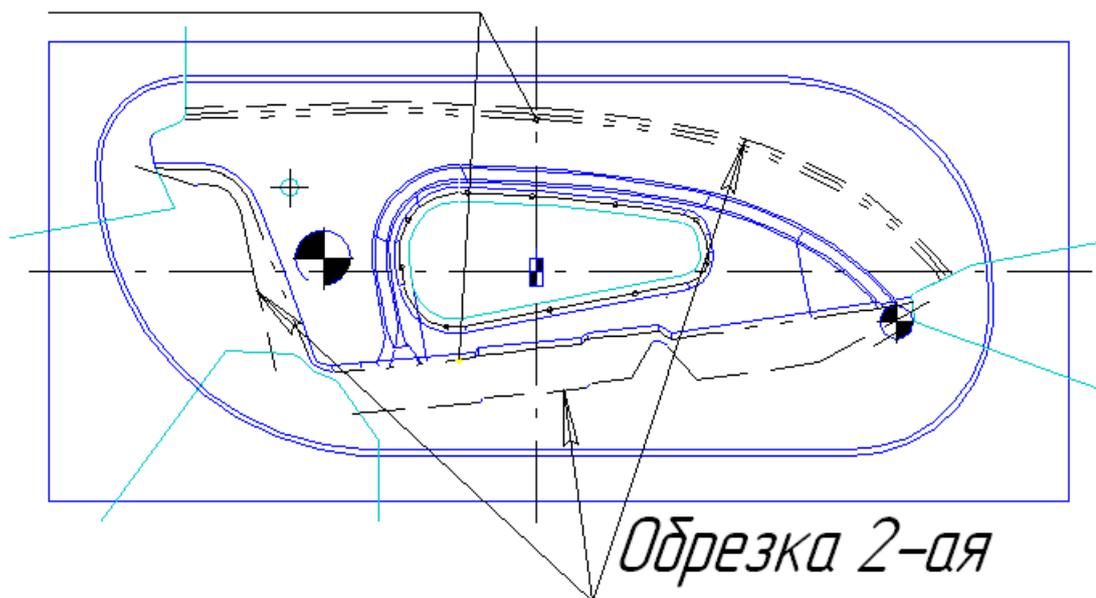


Рисунок 1.9 - Оп. 30.3 Обрезка 2-ая и Оп. 30.4 Гибка, правка



Рисунок 1.10 - Оп. 30.5 Отбортовка

### **1.3 Выявление недостатков**

Рассмотрев технологичность детали, и проанализировав существующий технологический процесс, можно сделать вывод, что существуют некоторые недостатки, которые можно ликвидировать посредством разработки нового техпроцесса.

1. Так как глубина детали сравнительно невелика, и материал подвергается незначительной деформации, то данную деталь вполне можно получить гибкой. Следовательно, получение детали вытяжкой является нецелесообразным, и более рационально применить в качестве основной формообразующей операции гибку-формовку, с формовкой на незначительную глубину в зоне отбортовки отверстия.

Таким образом, рассмотренный технологический процесс содержит большое количество операций, которые можно сократить, заменив операцию вытяжка гибкой-формовкой. Благодаря данному преобразованию новый технологический процесс будет являться более рациональным и объективно оправданным.

## 1.4 Задачи дипломного проекта

Для того чтобы ликвидировать недостатки базового проекта следует решить следующие задачи:

- разработка более совершенной схемы технологического процесса, которая включает в себя разработку и расчёт всех технологических параметров;
- выбор необходимого оборудования и средств автоматизации;
- разработка конструкции штамповой оснастки;
- разработка УП на станки с ЧПУ;
- разработка мероприятий по охране труда и экологичности;
- расчёт экономичности предлагаемого варианта.

## 2. Разработка технологического процесса изготовления

### детали

Разработка технологических процессов холодной листовой штамповки является основой всей подготовки производства. Сравнительная сложность и длительность подготовки производства, а также относительно высокая стоимость штампов требуют тщательной разработки технологических процессов и обоснованного выбора технически рационального и экономически наиболее эффективного варианта технологического процесса, соответствующего данному масштабу производства. Даже небольшие последующие изменения технологических процессов обычно приводят к переделке штампов или к проектированию и изготовлению новых, что требует значительного времени и обходится довольно дорого.

При разработке технологических процессов холодной листовой штамповки согласно рекомендаций [1] должны быть учтены следующие этапы:

- анализ технологичности формы или конструктивных элементов детали;
- определение формы и размеров заготовки, а также расхода материала при наилучшем его использовании;
- разработка наиболее рационального технологического процесса, обеспечивающего изготовление требуемых деталей;
- установление типа, мощности и габаритов требуемого оборудования;
- выявление типа и технологической схемы штампа (способ подачи заготовки и съема детали и т.п.),
- определение трудоёмкости изготовления штампуемых деталей.

При разработке технологических процессов холодной листовой штамповки должны быть решены следующие технологические вопросы.

- определение наиболее выгодного раскроя материала и наименьших размеров заготовки;
- установление характера, количества и последовательности операций;
- выбор степени сложности (совмещенности) операций;

- установление количества одновременно штампуемых деталей;
- определение операционных размеров и установление операционных допусков. Если точные операционные размеры не могут быть получены расчетным методом, то они даются приближенно, с указанием на необходимость экспериментальной проверки, после чего технологические процессы корректируются.

Основными техническими признаками, влияющими на выбор варианта технологического процесса, являются: механические свойства и толщина материала, степень сложности конфигурации детали и ее габариты, требуемая точность детали, место расположения отверстий и точность расстояния между их осями и т.д.

Основным экономическим признаком, от которого зависит решение вопроса экономической целесообразности того или иного варианта, является серийность производства.

При построении процессов листовой штамповки следует решить основные технологические вопросы: установить характер, количество, последовательность и совмещенность операций холодной штамповки.

Характер операций определяется в основном геометрической формой и конфигурацией штампуемых деталей, состоянием их поверхности, наличием вырезов или отверстий и т.п.

Многообразие встречающихся на практике конфигураций и различных сочетаний конструктивных элементов вместе с разнообразными техническими требованиями и экономическими предпосылками не позволяет установить типовое решение, применимое для любого случая.

## **2.1 Схема предлагаемого технологического процесса**

На основании анализа технологичности детали и существующей технологии её изготовления, с учётом выявленных недостатков данной

технологии можно предложить следующую схему техпроцесса, ликвидировав не нужные операции.

Предлагаемый технологический процесс состоит из 3 операций:

- оп.10 вырубка – пробивка;
- оп.20 гибка – формовка;
- оп.20 отбортовка.

#### Оп. 10 Вырубка – пробивка

Вырубка осуществляется из рулона, ширина которого определяется после нахождения формы и размеров исходной заготовки. Вместо заготовок в виде прямоугольных карточек, получаемых в базовом техпроцессе, предлагается использовать вырубку заготовки сложного контура с одновременной пробивкой фасонного и круглых отверстий, т. е. вырубается фасонная заготовка. Использование рулона подразумевает наличие разматывающего и правильного устройств. Удаление заготовок в тару осуществляется по средствам лоткового съёмника. Отход от пробивки отверстий удаляется через склиз. Производительность данной операции составляет 1200 штук в час.

Данная операция осуществляется на отдельном оборудовании, а затем заготовки в таре доставляются на основной рабочий участок.

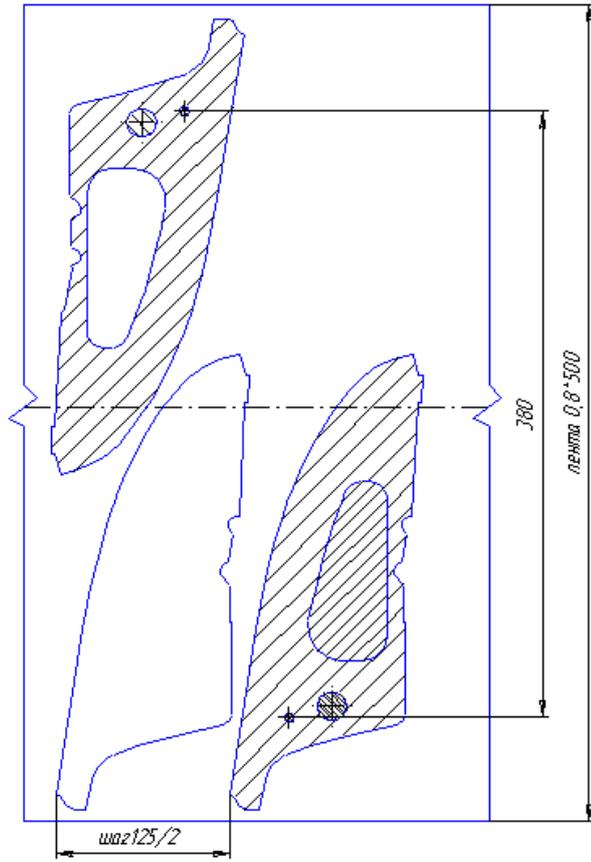


Рисунок 2.1- Оп. 10 Вырубка-пробивка

### Оп.20 Гибка – формовка

Основной формообразующей операцией являются гибка вертикальной полки и формовка на незначительную глубину в зоне фасонного отверстия, предназначенная для получения поверхности требуемого рельефа. На этой операции также осуществляется гибка – фланцовка по незамкнутому контуру. Полуфабрикат фиксируется по контуру, а также применяется фиксатор на круглое отверстие. Производительность данной операции составляет 750 штук в час.

### Оп. 30 Отбортовка

Отбортовка отверстия является заключительной операцией. На данной операции предлагается произвести отбортовку фасонного отверстия, формовка в зоне которого была выполнена на предыдущей операции. Производительность данной операции аналогична предыдущей.

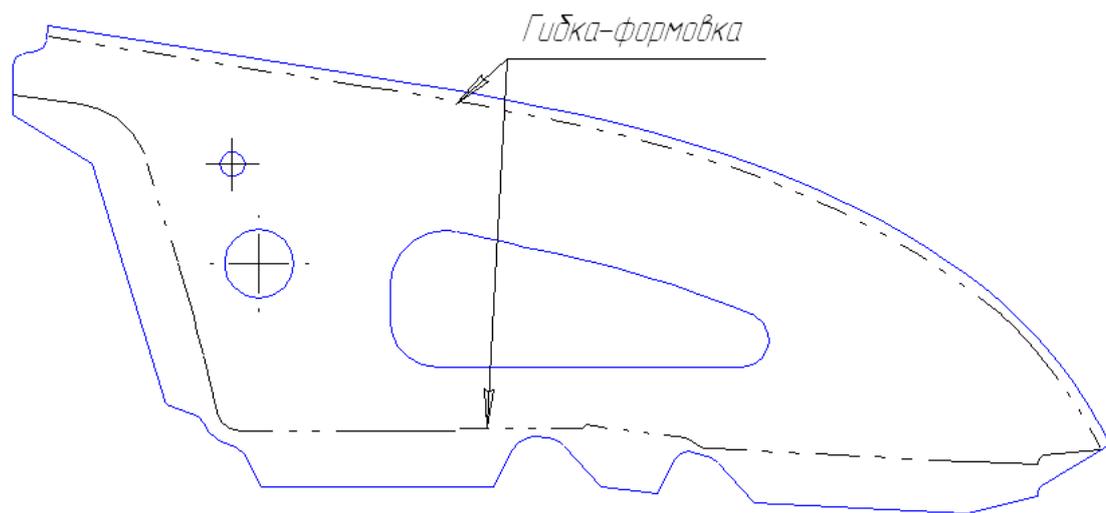


Рисунок 2.2 - Оп. 20 Гибка-формовка

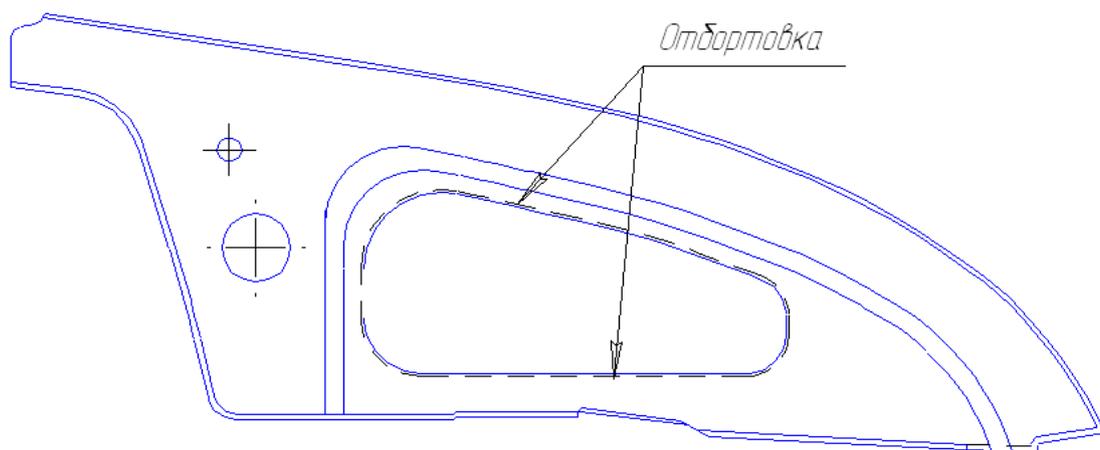


Рисунок 2.3 - Оп. 30 Отбортовка

## 2.2 Определение формы и размеров исходной заготовки

Так как основной формообразующей операцией является гибка по криволинейному незамкнутому контуру, то ориентировочные габаритные размеры исходной заготовки целесообразно определять путём подсчёта развёртки, как детали, подвергаемой гибке. Также необходимо учитывать величину технологических припусков (для прижима заготовки). Размеры заготовки корректируют при испытании штампа, откорректированные заготовки служат шаблоном для изготовления вырубного штампа.

Определение размеров заготовок, подлежащих гибке, согласно методики изложенной в [1] основано на равенстве длины заготовки длине нейтрального слоя изогнутой детали и сводится к определению положения и длины нейтрального слоя в зависимости от относительного радиуса изгиба  $r/S$ , где  $r$ - радиусгиба, а  $S$ -толщина заготовки.

Длина нейтрального слоя определяется, как сумма длин нейтрального слоя на прямолинейных и криволинейных участках.

Разделение изогнутой детали на криволинейные и прямолинейные участки производится от точки приложения внутреннего радиуса. Длины прямолинейных участков берутся без искажения по чертежу изделия, а длины криволинейных участков определяются как часть длины окружности, рассчитанная по нейтральному слою.

Длина нейтрального слоя в изогнутом участке определяется по формуле:

$$l=1,57(r+xS), [1, \text{стр.60}] \quad (2.1)$$

где  $l$ - длина нейтрального слоя изогнутого участка;

$x$ - коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя; [1, табл.16]

$r$ - радиусгиба;

$S$ - толщина заготовки.

На рис. 2.1 представлен эскиз детали и несколько её разрезов.

Разобьём разрез А-А на прямолинейные и криволинейные участки и получим (рис. 2.1, а):

$$L_{заг} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9 + l_{10} + l_{11} + l_{12} + l_{13}; \quad (2.2)$$

Для прямолинейных участков:

$$l_1 = 15 - r_3 - 0,8 = 11,2 \text{ мм}$$

$$l_3 = 33 - r_3 - r_2 - 2 \cdot 0,8 = 26,4 \text{ мм}$$

$$l_5 = 6 - 2 \cdot r_2 - 2 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ мм}$$

$$l_7 = 114 - r_2 - r_4 - 2 \cdot 0,8 = 106,4 \text{ мм}$$

$$l_9 = 6 - 2 \cdot r_4 - 2 \cdot 0,8 \text{ мм} < 0, \text{ т. е. участок не существует}$$

$$l_{11} = 47 - r_4 - r_2 - 2 \cdot 0,8 = 39,4 \text{ мм}$$

$$l_{13} = 3 - r_2 - 0,8 = 0,2 \text{ мм}$$

Для криволинейных участков:

$$l_2 = 1,57 \cdot (r_3 + 0,47 \cdot 0,8) = 5,3 \text{ мм}$$

$$l_4 = 1,57 \cdot (r_2 + 0,46 \cdot 0,8) = 3,7 \text{ мм}$$

$$l_6 = 1,57 \cdot (r_2 + 0,46 \cdot 0,8) = 3,7 \text{ мм}$$

$$l_8 = 1,57 \cdot (r_4 + 0,48 \cdot 0,8) = 7 \text{ мм}$$

$$l_{10} = l_8 = 7 \text{ мм}$$

$$l_{12} = l_4 = 3,7 \text{ мм}$$

$$L_{заг} = 11,2 + 26,4 + 0,4 + 106,4 + 39,4 + 0,2 + 3,7 + 3,7 + 7 + 7 + 3,7 = 209,1 \text{ мм}$$

Разобьём разрез Б-Б на прямолинейные и криволинейные участки и получим (рис. 2.1, б):

$$L_{заг} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9;$$

Для прямолинейных участков:

$$l_1 = 3 - r_2 - 0,8 = 0,2 \text{ мм}$$

$$l_3 = 20 - r_2 - 0,8 - r_4 = 13,2 \text{ мм}$$

$$l_5 = 6 - 2 \cdot r_4 - 2 \cdot 0,8 \text{ мм} < 0, \text{ т. е. участок не существует}$$

$$l_7 = 67 - r_4 - r_2 - 2 \cdot 0,8 = 59,4 \text{ мм}$$

$$l_9 = 16 - r_4 - 0,8 = 13,2 \text{ мм}$$

Для криволинейных участков:

$$l_2 = 1,57 \cdot (r_2 + 0,46 \cdot 0,8) = 3,7 \text{ мм}$$

$$l_4 = 1,57 \cdot (r_4 + 0,48 \cdot 0,8) = 7 \text{ мм}$$

$$l_6 = l_4 = 7 \text{ мм}$$

$$l_8 = 1,57 \cdot (r_3 + 0,47 \cdot 0,8) = 5,3 \text{ мм}$$

$$L_{\text{заг}} = 0,2 + 13,2 + 59,4 + 13,2 + 3,7 + 7 + 7 + 5,3 = 109 \text{ мм}$$

Разобьём разрез В-В на прямолинейные и криволинейные участки и получим (рис. 2.1, в):

$$L_{\text{заг}} = l_1 + l_2 + l_3$$

Для прямолинейных участков:

$$l_1 = 281,8 - r_2 - 0,8 = 279 \text{ мм}$$

$$l_3 = 3 - r_2 - 0,8 = 0,2 \text{ мм}$$

Для криволинейных участков:

$$l_2 = 1,57 \cdot (r_2 + 0,46 \cdot 0,8) = 3,7 \text{ мм}$$

$$L_{\text{заг}} = 279 + 0,2 + 3,7 = 282,9 \text{ мм}$$

Разобьём разрез Г-Г на прямолинейные и криволинейные участки и получим (рис. 2.1, г):

$$L_{\text{заг}} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9$$

Для прямолинейных участков:

$$l_1 = 3 - r_2 - 0,8 = 0,2 \text{ мм}$$

$$l_3 = 20 - r_2 - 0,8 - r_4 = 13,2 \text{ мм}$$

$$l_5 = 6 - 2 \cdot r_4 - 2 \cdot 0,8 \text{ мм} < 0, \text{ т. е. участок не существует}$$

$$l_7 = 52 - r_4 - r_2 - 2 \cdot 0,8 = 44,4 \text{ мм}$$

$$l_9 = 17 - r_4 - 0,8 = 12,2 \text{ мм}$$

Для криволинейных участков:

$$l_2 = 1,57 \cdot (r_2 + 0,46 \cdot 0,8) = 3,7 \text{ мм}$$

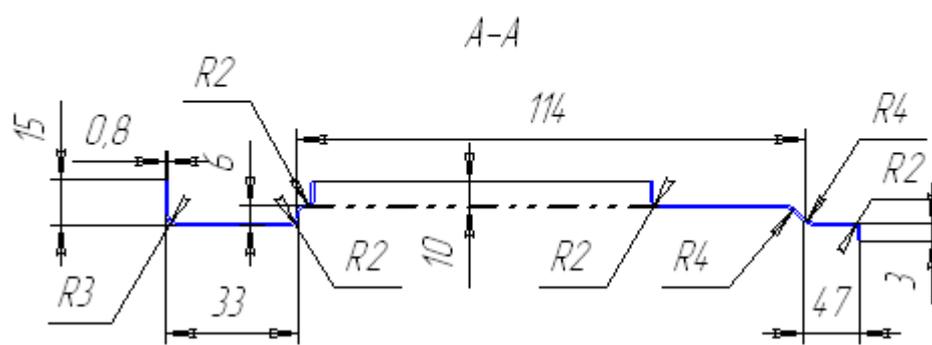
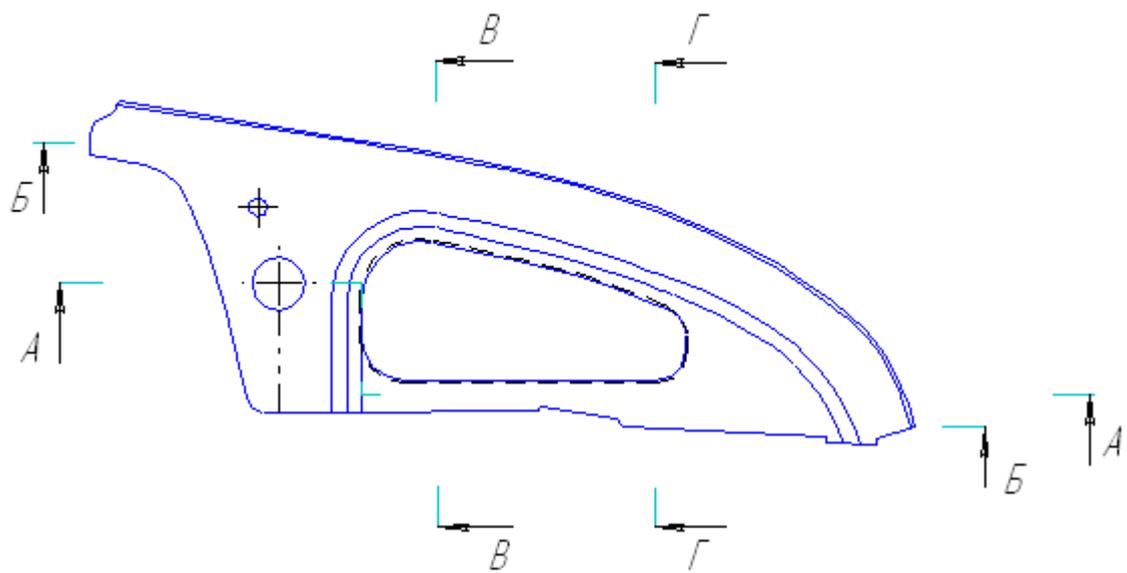
$$l_4 = 1,57 \cdot (r_4 + 0,48 \cdot 0,8) = 7 \text{ мм}$$

$$l_6 = l_4 = 7 \text{ мм}$$

$$l_8 = 1,57 \cdot (r_3 + 0,47 \cdot 0,8) = 5,3 \text{ мм}$$

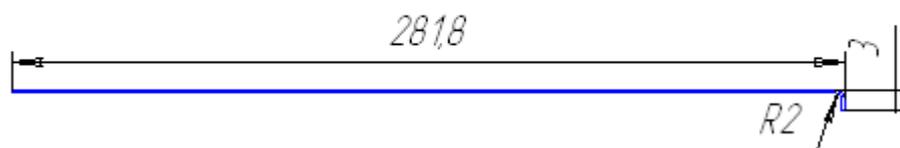
$$L_{\text{заг}} = 0,2 + 13,2 + 44,4 + 12,2 + 3,7 + 7 + 7 + 5,3 = 93 \text{ мм}$$

После рассмотрения теоретической развёртки, получили окончательные размеры фасонной заготовки, они составили: по длине 287,3 мм, по ширине 139,9 мм. Добавляем припуски на обрезку с каждой стороны по 20мм. Получается заготовка с размерами 307,3 мм и 159,9 мм. Так как заготовки в ленте предполагается располагать в два ряда, длинной стороной вдоль ленты, то выбираем ленту по ГОСТ 14771-76 шириной 500мм.



а)

Б-Б



б)

Рисунок 2.4(а, б) - Определение размеров заготовки в продольном направлении

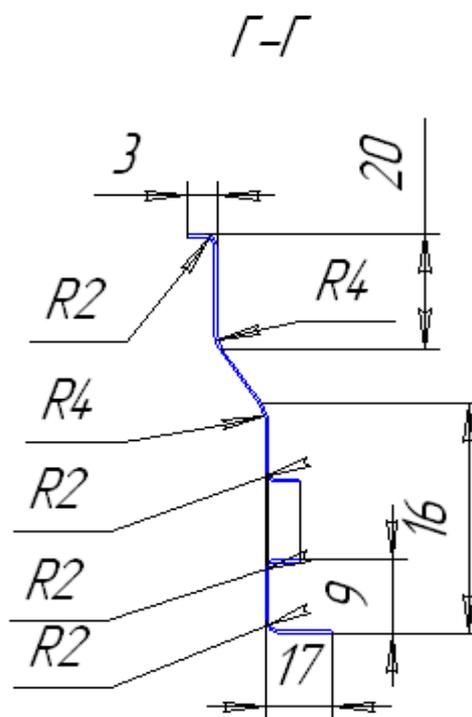
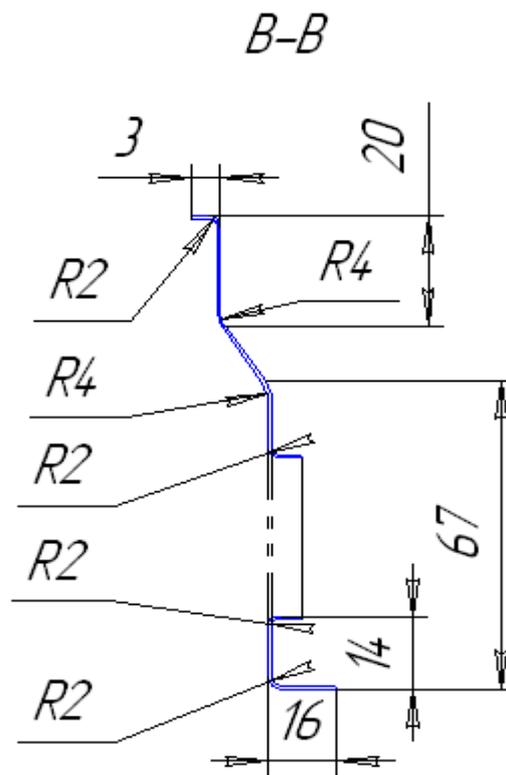


Рисунок 2.4(в, г) - Определение размеров заготовки в поперечном направлении

## **2.3 Проектирование рационального раскроя и определение коэффициента использования металла**

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

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

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

1. раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму;
2. малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка;
3. безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путём прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек. В данном случае подразумеваются технологические отходы, зависящие от типа раскроя и способа штамповки детали. Отходы от пробивки отверстий, а также отходы в начале и конце ленты, влияющие на общий КИМ и норму его расхода, зависят исключительно от конструкции детали, а не от способа раскроя. Эти отходы неизбежны и почти неизменны при любом способе раскроя.

Исходя из выше перечисленного, наиболее подходящим для нашего случая является раскрой с отходами.

Основные типы раскроя с отходами:

1. прямой, для деталей простой геометрической формы (прямоугольной, квадратной, круглой);
2. наклонный, для деталей Г-образной или другой сложной конфигурации, которые при прямом расположении дают большие отходы металла;
3. встречный, для деталей Г-, П-, Ш-образной конфигурации, которые при прямом и наклонном раскрое дают большие отходы;
4. комбинированный, для двух различных деталей, одинаковых по толщине и марке материала, в крупносерийном и массовом производстве;
5. многорядный, для деталей небольших размеров, в крупносерийном и массовом производстве;

Исходя из рассмотренных типов раскроя, наиболее подходит многорядный раскрой, т.к. деталь имеет небольшие габаритные размеры и изготавливается в крупносерийном производстве, а однорядный тип раскроя будет менее экономичен по использованию материала.

Заготовка имеет сложный криволинейный и несимметричный контур, что даёт возможность использования встречного расположения заготовок, т.к. одна из сторон уже другой. Таким образом, зауженную часть можно заглубить между заготовками предыдущего ряда на величину 68 мм. Также криволинейность контура позволяет расположить заготовки под наклоном, что позволит сократить величину шага со 145/2 мм до 125/2 мм и, как следствие, уменьшить ширину рулона, что приведёт к увеличению коэффициента использования материала. Эскиз раскроя представлен на рис. 2.2.

Исходя из всего выше перечисленного, выбираем штамповку из ленты шириной 500 мм с шагом 125/2 мм.

Оценку экономичности раскроя следует производить посредством коэффициента раскроя:

$$K_p = (M_{дет} / M_з) \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

где  $K_p$ - коэффициент раскроя,

$M_{дет}$ - масса детали,

$M_з$ - масса заготовки (включая неиспользуемые отверстия)

$$K_p = (0,143 / 0,195) \cdot 100\% = 73\%$$

Однако коэффициент раскроя не даёт полного представления об общей величине полезного использования металла, которая характеризуется коэффициентом использования металла.

Коэффициент использования материала найдём из отношения массы детали, к массе заготовке:

$$K_m = \frac{M_{дет.}}{M_{заг.}} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

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

$M_{дет.}$  - масса детали,

$M_{заг.}$  - масса заготовки.

$$K_m = (0,1430 / 0,1775) \cdot 100\% = 80,6\%$$

Коэффициент использования материала равен 80,6%, значит, в отход уходит 19,4% металла.

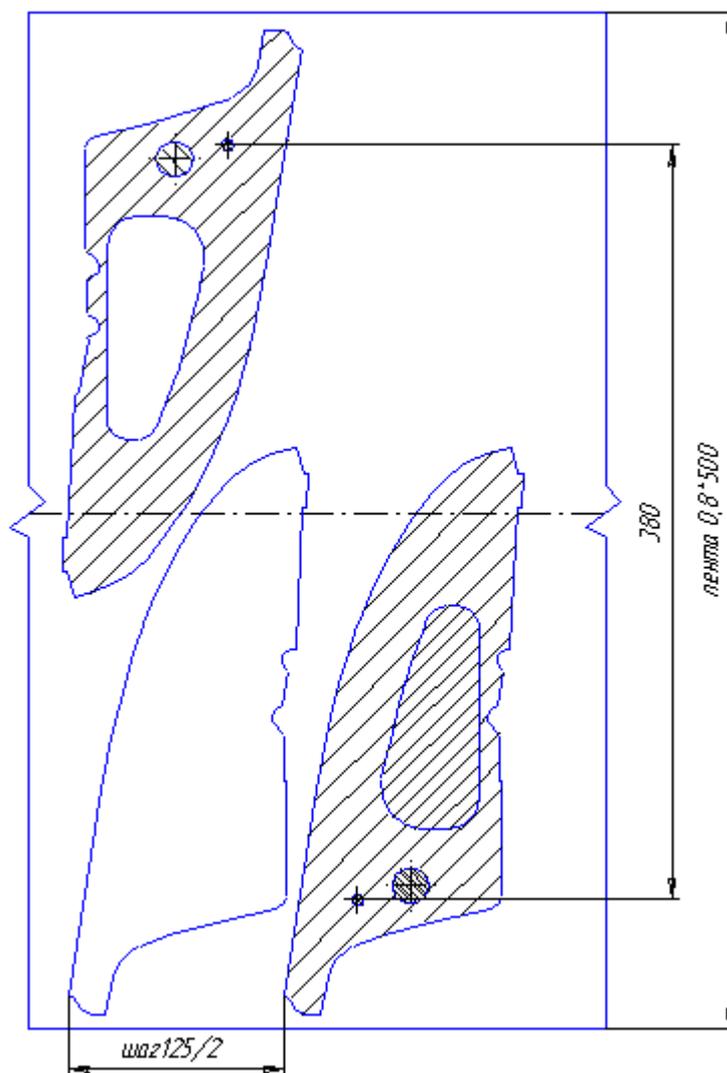


Рисунок 2.5 – схема раскроя материала

## 2.4 Определение энергосиловых параметров штамповки

### 2.4.1 Определение усилий

*Вырубка – пробивка;*

Расчётное усилие процесса среза штампами с параллельными режущими кромками определяется по формуле:

$$P_{cp} = L \cdot S \cdot \sigma_{cp} \cdot k \quad [1, \text{стр.16}] \quad (2.5)$$

где  $P_{cp}$  – усилие среза;

$L$  – длина реза;

$S$  – толщина материала;

$\sigma_{cp}$  – сопротивление срезу;

$k$  – коэффициент, учитывающий неоднородность металла, равный 1,3

Усилие вырубki контура заготовки:

$$P_{cp1} = 0,680 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 260 \cdot 1,3 = 0,184 \text{ МН}$$

Усилие пробивки фасонного отверстия:

$$P_{cp2} = 0,238 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 260 \cdot 1,3 = 0,064 \text{ МН}$$

Усилие пробивки отверстия диаметром 20,2 мм:

$$L_1 = \pi R = \pi \cdot 10,1 = 31,73 \text{ мм} = 31,73 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$P_{cp3} = 31,73 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 260 \cdot 1,3 = 0,0086 \text{ МН}$$

Усилие пробивки отверстия диаметром 6,6 мм:

$$L_2 = \pi R = \pi \cdot 3,3 = 10,37 \text{ мм}$$

$$P_{cp4} = 10,37 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 260 \cdot 1,3 = 0,0028 \text{ МН}$$

Усилие снятия полосы с пуансона:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P \quad [1, \text{стр.21}] \quad (2.6)$$

где  $P_{сн}$  – усилие снятия;

$k_{сн}$  – коэффициент снятия, 0,08 [1, таб.6];

$P$  – общее усилие.

Усилие снятия полосы с фасонного пуансона:

$$P_{сн1} = 0,08 \cdot 0,064 = 0,00512 \text{ МН}$$

Усилие снятия полосы с пуансона диаметром 20,2 мм:

$$P_{сн2}=0,08 \cdot 0,0086=0,00069 \text{ МН}$$

Усилие снятия полосы с пуансона диаметром 6,6 мм:

$$P_{сн3}=0,08 \cdot 0,0028=0,00022 \text{ МН}$$

Усилие снятия отхода с пуансона:

$$P_{сн4}=0,08 \cdot 0,184=0,01288 \text{ МН}$$

Усилие проталкивания отхода через матрицу;

$$P_{np}=\kappa_{np} \cdot P \cdot n \quad [1, \text{стр.21}] \quad (2.7)$$

где  $P_{np}$  – усилие проталкивания;

$\kappa_{np}$  – коэффициент проталкивания, 0,07-0,08 [1, стр.21];

$n$  – количество деталей, находящихся в шейке матрицы.

$$P_{np1}=0,08 \cdot 0,184 \cdot 6=0,0269 \text{ МН}$$

$$P_{np2}=0,07 \cdot 0,086 \cdot 6=0,036 \text{ МН}$$

$$P_{np3}=0,07 \cdot 0,0028 \cdot 6=0,0012 \text{ МН}$$

Усилие выталкивания детали из матрицы:

$$P_{np4}=0,07 \cdot 0,184=0,01288 \text{ МН}$$

Общее усилие вырубki, пробивки:

$$P_{общ}=\Sigma P_{ср} + \Sigma P_{сн} + \Sigma P_{np}$$

$$P_{общ}=0,26+0,02075+0,0641=0,345 \text{ МН}$$

*Гибка – формовка:*

Расчётное усилие гибки определяется по формуле:

$$P_z=B \cdot S \cdot \sigma_s \cdot \kappa_2 + P_{np}=1,25B \cdot S \cdot \sigma_s \cdot \kappa_2, \quad [1, \text{таб.23}] \quad (2.8)$$

где  $P_z$  – усилие гибки;

$B$  – длина линии изгиба;

$\sigma_s$  – предел прочности, 300МПа;

$\kappa_2$  – коэффициент, равный 0,1 [1, таб.25].

$$P=1,25 \cdot 0,653 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 0,1=0,02 \text{ МН}$$

Расчётное усилие формовки определяется по формуле:

$$P_{\phi}=\sigma_s \cdot L \cdot S \cdot k,$$

где  $P_{\phi}$  - усилие формовки; (2.9)

$\sigma_s$  – предел прочности, 300МПа;

$L$  – длина реза;

$S$  – толщина материала;

$\kappa$  – коэффициент, равный 0,8.

$$P_{\phi} = 300 \cdot 0,434 \cdot 0,8 \cdot 10^3 \cdot 0,8 = 0,083 \text{ МН}$$

Расчётное усилие прижима определяется по формуле:

$$P_{np} = F \cdot q, \quad (2.10)$$

Где  $P_{np}$  – усилие прижима,

$F$  – площадь заготовки под прижимом,

$q$  – среднее давление прижима, 300 МПа

$$P_{np} = 0,00014 \cdot 300 = 0,042 \text{ МН}$$

Суммарное усилие гибки-формовки:

$$P = P_{\epsilon} + P_{np} + P_{\phi} + P_{np} \quad (2.11)$$

$$P = 0,02 + 1,47 + 1,49 \text{ МН}$$

*Отбортовка:*

Расчётное усилие отбортовки определяется по формуле:

$$P_{отб} = 2,5 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_{\epsilon} \cdot k_2 \quad (2.12)$$

где  $P$  – усилие отбортовки;

$B$  – длина линии изгиба;

$\sigma_{\epsilon}$  – предел прочности, 300 МПа;

$k_2$  – коэффициент, равный 0,1 [1, таб.25].

$$P_{отб} = 2,5 \cdot 0,238 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 0,1 = 0,014 \text{ МН}$$

## 2.4.2 Определение работы

*Вырубка – пробивка:*

Работа вырубки считается по формуле:

$$A = x \cdot P \cdot S \quad (2.13)$$

где  $A$  – работа вырубки;

$x$  – коэффициент, равный 0,75;

$S$  – толщина металла;

$P$  – усилие среза.

$$A = 0,75 \cdot 0,345 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,000207 \text{ МДж}$$

*Гибка – формовка:*

Работа гибки считается по формуле:

$$A=H \cdot P \cdot \kappa \quad (2.14)$$

где  $A$  – работа операции;

$P$  – усилие операции;

$\kappa$  – коэффициент полученный по опытным данным, равен 0,78;

$H$  – ширина отгибаемого участка.

$$A=16,3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02 \cdot 0,78=0,00025 \text{ МДж}$$

Работа формовки считается по формуле:

$$A=C \cdot P \cdot h \quad [1, \text{стр.176}] \quad (2.15)$$

где  $A$  – работа формовки ;

$C$  – коэффициент, равен 0,7 [1, стр.176];

$P$  – усилие вытяжки;

$h$  – глубина формовки.

$$A=0,7 \cdot 0,083 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3}=0,000378 \text{ МДж}$$

*Отбортовка:*

Работа отбортовки считается по формуле:

$$A=H \cdot P \cdot \kappa \quad (2.16)$$

$A$  – работа операции;

$P$  – усилие операции;

$\kappa$  – коэффициент полученный по опытным данным, равен 0,78;

$H$  – глубина отбортовки.

$$A=4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,014 \cdot 0,78=0,000044 \text{ МДж}$$

### **3. Выбор оборудования**

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

При выборе прессы исходят из следующих соображений согласно рекомендаций [1]:

1) номинальное усилие прессы должно быть больше усилия, требуемого для штамповки в 1,3-1,5 раза для предотвращения поломки оборудования при случайном попадании в штамп сдвоенной заготовки;

2) мощность прессы должна быть достаточной для выполнения работы, необходимой для данной операции;

3) тип прессы и величина хода ползуна должны соответствовать технологической операции;

4) пресс должен обладать достаточной жесткостью (малой упругой деформацией), а для разделительных операций — также повышенной точностью направляющих;

5) закрытая высота прессы должна соответствовать или быть больше закрытой высоты штампа;

6) габаритные размеры стола и ползуна прессы должны давать возможность установки и закрепления штампов и подачи заготовок, а отверстие в столе прессы — позволять свободное проваливание штампуемых деталей (при штамповке „на провал”);

7) число ходов прессы должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки;

8) в зависимости от рода работы должно быть предусмотрено наличие специальных устройств и приспособлений (буфера, выталкиватели, механизмы подачи и т. п.);

9) удобство и безопасность обслуживания прессы должны соответствовать требованиям техники безопасности.

Таким образом, основными техническими параметрами для выбора

пресса являются: усилие, работа, жесткость, величина хода, закрытая высота и размеры стола пресса.

Следует отличать загрузку пресса по усилию от загрузки по мощности (по работе). Первая лимитируется прочностью коленчатого вала или зубчатых передач пресса, а вторая - кинетической энергией маховых масс, мощностью электродвигателя и допустимой его перегрузкой.

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 продолжительной работы электродвигатель выходит из строя.

Необходимо определить суммарное усилие всех операций, усилий прижима, выталкивателей и добавить запас усилия на преодоление трения в сопрягаемых областях штампа, равное 1,3-1,5.

При выборе оборудования необходимо ориентироваться на парк оборудования, имеющегося на конкретном предприятии.

Получение заготовки осуществляется на отдельном оборудовании, поэтому изначально необходимо определиться с оборудованием для вырубки-пробивки.

Общее усилие вырубки-пробивки, с учётом усилия на преодоление сил трения в соединениях деталей штампа, составляет 0,518 МН.

Определимся с быстроходностью требуемого оборудования, используя для этого [I, табл.158].

### Таблица 3.1

Число ходов и полезная работа предполагаемого оборудования  
усилием 518 кН

Тип пресса	Число ходов пресса		Полезная работа, кДж	
	Формула	Значение	Формула	Значение
Быстроходный	$250/\sqrt[4]{P}$	311	$0,160\sqrt{P^3}$	0,597
Нормальный	$190/\sqrt[4]{P}$	236	$0,224\sqrt{P^3}$	0,835
Тихоходный	$140/\sqrt[4]{P}$	174	$0,315\sqrt{P^3}$	1,174

Полезная работа вырубki-пробивки составляет 0,207 кДж, сравнив со значениями табл.3.1, делаем вывод, что возможно принять любой тип пресса, т.к. значение полезной работы вырубki – пробивки, равное 0,207 кДж, удовлетворяет всем найденным значениям полезной работы.

Ориентируясь на парк оборудования на данном предприятии, выбираем пресс К3132А усилием 1,6 МН. Основные его характеристики сведены в таблицу 3.3.

Учитывая, паспортные данные пресса К3132А, где максимальное число ходов пресса составляет 40 ходов в минуту, можно сделать вывод, что пресс является тихоходным.

Проверим правильность предположения, подставив усилие пресса, равное 1,6 МН, в формулы табл.3.2.

Таблица 3.2

Число ходов и полезная работа пресса К3132 усилием 1600 кН

Тип пресса	Число ходов пресса		Полезная работа, кДж	
	Формула	Значение	Формула	Значение
Тихоходный	$140/\sqrt[4]{P}$	40	$0,315\sqrt{P^3}$	6,375

Таблица 3.3

Технические характеристики пресса К3132А

№	Наименование параметров	Величина
1	Номинальное усилие пресса	160
2	Ход ползуна, мм	250

3	Число ходов ползуна в минуту	40 / 25
4	Штамповое пространство прессы Max	410
5	Штамповое пространство прессы Min	250
6	Рекомендуемая закрытая высота штампа	400
7	Регулировка закрытой высоты	160
8	Толщина плиты верхней	100
9	Толщина плиты нижней	100
10	Размеры стола	2280*1020

Продолжение таблицы 3.3

11	Размеры подштамповой плиты	1800*1020
12	Размеры съёмной плиты ползуна	1550*850
13	Расстояние от оси ползуна до станины	535
14	Расстояние между стойками станины в свету	1810
15	Усилия пневмоподушек	20
16	Ход пневмоподушек	80
17	Ход верхнего выталкивателя	48
18	Недоход маркетной подушки до плоскости плиты	15

Основные операции техпроцесса наиболее удобно осуществлять на одной единице оборудования, поэтому наиболее рациональным видится выполнение этих операций на прессе-автомате с грейферными линейками.

Суммарное усилие операций гибки-формовки, отбортовки и усилий прижимов и выталкивателей, с учётом усилия на преодоление сил трения в соединениях деталей штампов, составляет 0,24 МН.

Определимся с быстроходностью требуемого оборудования, используя для этого [1], табл

Таблица 3.4

Число ходов и полезная работа предполагаемого оборудования усилием 240 кН

Тип пресса	Число ходов пресса		Полезная работа, кДж	
	Формула	Значение	Формула	Значение
Быстроходный	$250/\sqrt[4]{P}$	113	$0,160\sqrt{P^3}$	0,37
Нормальный	$190/\sqrt[4]{P}$	86	$0,224\sqrt{P^3}$	0,635
Тихоходный	$140/\sqrt[4]{P}$	63	$0,315\sqrt{P^3}$	0,741

Суммарная полезная работа гибки-формовки и отбортовки составляет 0,672 кДж, сравнив со значениями табл.3.4, делаем вывод, что пресс будет тихоходный. Ориентируясь на парк оборудования на данном предприятии, выбираем пресс – автомат К3132А усилием 1,6 МН. Основные его характеристики сведены в таблицу 3.3 (в числителе значения пресса К3132А, в знаменателе – пресса-автомата К3132А).

Проверим правильность нашего выбора, подставив усилие пресса, равное 1,6 МН, в формулы таблицы 3.5.

Таблица 3.5

Число ходов и полезная работа пресса К3132А усилием 1600 кН

Тип пресса	Число ходов пресса		Полезная работа, кДж	
	Формула	Значение	Формула	Значение
Тихоходный	$140/\sqrt[4]{P}$	40	$0,315\sqrt{P^3}$	6,375

Рассмотрев получившиеся значения, приходим к выводу, что на формообразующих операциях использование максимального числа ходов, которое по паспортным данным составляет 40 ходов в минуту, невозможно. Так как требуется большее время на совершение максимального хода ползуна, чем при заготовительных операциях, где величина хода и время на его выполнение минимальны. На основных же операциях время затрачивается на получение детали и движение грейферных линеек, которые за ход ползуна должны совершить транспортировку изделия на последующую позицию и вернуться в исходное положение, до того как сомкнутся штампы. Поэтому величина хода ползуна на формообразующих

операциях значительно больше. Таким образом, посредством регулировки величины хода ползуна, принимается число ходов пресса, равное 25.

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

Автоматизация представляет собой этап штамповочного производства, при котором человек освобождается от монотонного ручного труда.

В проектируемом техпроцессе получение заготовок ведётся из ленты, поэтому целесообразно применение устройств для подачи ленты, а удаление заготовок осуществляется при помощи лоткового съёмника, кинематически связанного с ползуном пресса.

Подающие устройства для непрерывного материала классифицируются по следующим признакам:

1. по месту установки – могут быть узлами пресса или штампа;
2. по способу воздействия на материал – тянущие, толкающие и комбинированные;
3. по типу привода – от узла машины или с индивидуальным приводом;
4. по способу захвата материала – валковые, крючковые и клещевые;

В предлагаемом техпроцессе на заготовительной операции наиболее рационально применение валковой подачи, обеспечивающей необходимую точность подачи ленты (0,01мм) при шаге подачи до 160мм. Валковые подачи бывают односторонние и двусторонние и имеют привод от кривошипного (коленчатого) вала пресса. Вместе с валковой подачей устанавливают разматывающее и правильно-подающее устройства. В правильно-подающем устройстве происходит «дрессировка»-правка ленты для снятия остаточных напряжений при длительном хранении в рулоне. Правка осуществляется посредством протягивания ленты между несколькими парами валков, расположенными в шахматном порядке.

Автоматизация удаления вырубленных заготовок имеет весьма важное значение для увеличения производительности, а особенно в отношении техники безопасности, так как большинство несчастных случаев в штамповочных цехах происходит при ручном удалении деталей из штампа. Поэтому применяется механизация съёма и удаления заготовок посредством лоткового съёмника.

Так как формообразующие операции выполняются на прессе-автомате, то наиболее удачным выбором в области автоматизации подачи штучных заготовок, будет являться обеспечение пресса-автомата питателем.

Питатель – механизм для подъема штучных ориентированных заготовок из стопы-обоймы до уровня перемещения заготовок механизмами переноса между позициями (штампами) прессы. Подъем выполняется пневмоприсосками, опускающимися до контакта со стопой заготовок. Поскольку питатель – цикловой механизм его работа должна быть синхронизирована с движением рабочего органа прессы.

Из питателя заготовка попадает в подающее устройство, которое подаёт ориентированную заготовку с позиции загрузки, устанавливая её на рабочую позицию штамповки. Для передающих устройств позицией загрузки служит рабочая позиция предыдущей штамповой операции, что даёт возможность использования в качестве подающих и передающих устройств одних и тех же средств автоматизации.

Наиболее подходящий и чаще применяемый при штамповке тип передающих устройств – это грейферные механизмы. Для них характерно периодическое движение захватного органа – грейферных линеек. Эти устройства применяются для транспортирования плоских и объёмных заготовок при многооперационной штамповке.

В зависимости от траектории движения линеек грейферные передающие устройства делятся на:

-однокоординатные, имеют одно возвратно – поступательное движение в направлении перемещения транспортируемого объекта, удерживание которого осуществляется посредством захватов линейки;

-двухкоординатные, совершают два вида движения: поперечный ход – для захвата детали и продольный – для перемещения обрабатываемой заготовки по позициям;

-трёхкоординатные, характерно наличие трёх видов движений линеек: поперечный ход для захвата транспортируемого объекта, вертикальный – для подъёма с рабочих и холостых позиций и продольный – для транспортирования между позициями.

Наиболее удобным для нашего случая является применение грейферных передающих устройств с двухкоординатной подачей, т. к. деталь не имеет глубокой формы и нет необходимости поднимать ее на значительную высоту,

так как при этом:

1. подпружиненные выталкиватели, имеющиеся в штампе, обеспечивают достаточный подъём изделия над зеркалом штампа, необходимый для захвата полуфабриката двухкоординатными линейками;
2. рабочий цикл данных грейферных линеек короче, чем у трёхкоординатных передающих устройств, что приводит к увеличению числа ходов пресса и, как следствие, к сокращению времени технологического процесса;
3. также, важным аспектом является их относительная дешевизна по сравнению с трёхкоординатной грейферной подачей.

Грейферные линейки служат для автоматизации процессов многооперационной штамповки и их можно использовать не только для транспортирования полуфабриката между позициями штамповки, но и для загрузки исходной заготовки и выгрузки готового изделия. Проще решается

вопрос удаления готового изделия, т.е. с последней позиции деталь сразу транспортируется в тару.

Для надёжного захватывания деталей и сохранения их ориентации в процессе переноса захваты леек выполняют с подпружиненными или самоустанавливающимися элементами по захватываемой части заготовок.

Таблица 3.6

Технические характеристики двухкоординатной грейферной подачи

№	Наименование параметра	Величина
1	Направление подачи	Слева направо
2	Ход подачи, мм	200
3	Число позиций	7
4	Односторонний ход зажима, мм	110
5	Расстояние между сомкнутыми линейками, мм	350; 500
6	Высота верха леек над болстером, мм	200
7	Высота верха направляющих планок над болстером, мм	210
8	Размеры заготовок, мм: слева направо спереди назад	50...150 100...300
9	Толщина заготовки, мм	0,7...2,3

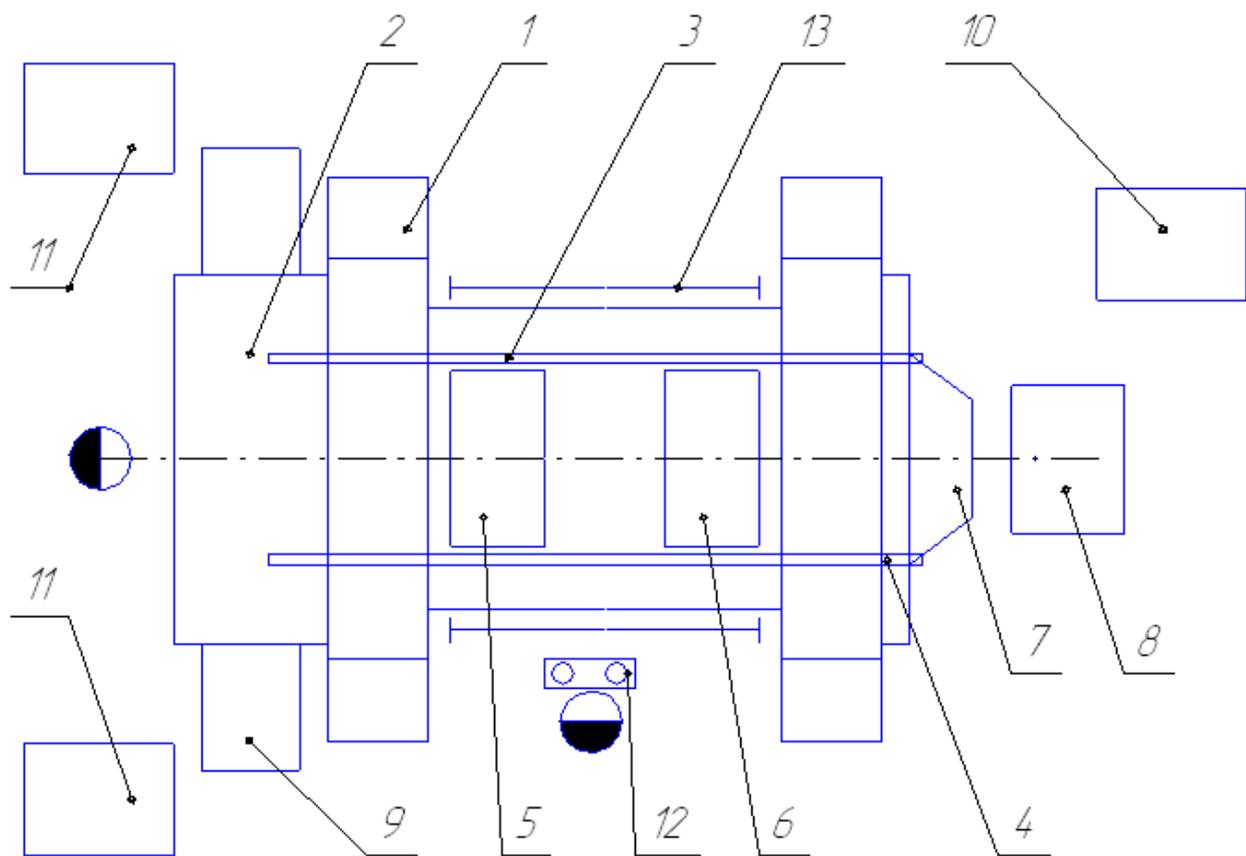
### 3.3 Описание работы автоматической линии и планировка участка штамповки

Автоматическая линия состоит из следующих элементов:

1. питатель штучных заготовок;
2. двухкоординатные грейферные линейки;
3. пресс – автомат К3132А.

Питатель (2) прессы – автомата К3132 (1) оснащён передвижным столом (9), рядом с которым с двух сторон расположены тары для заготовок (11).

Сначала штамповщик набивает кассету заготовками с одной стороны стола, затем стол автоматически передвигается, и кассета попадает в питатель, а штамповщик переходит на другую сторону стола, и действия повторяются. Заготовки, находящиеся внутри питателя, поочерёдно захватываются опускающимися присосками. Ход присосок увеличивается с уменьшением стопы заготовок на величину толщины материала заготовки. Присоски поднимают заготовку на уровень транспортировки грейферных линеек (3, 4), и заготовка уже в ориентированном состоянии попадает на подающее устройство. Так как грейферные линейки могут совмещать в себе как подающие, так и передающие функции, то заготовка с позиции загрузки устанавливается на позицию штамповки в ориентированном положении посредством одних только грейферов. Затем грейферные устройства производят транспортировку полуфабриката на последующие позиции. После прохождения последней позиции грейферная подача совершает выгрузку изделия, и по склизу (7) детали попадает непосредственно в тару (8) для готовых изделий. Рядом расположена тара для брака (10). Для безопасности техпроцесса пресс по бокам ограждён защитными решётками (13). Схема планировки и организации рабочего места представлена на рисунке 3.1.



- 1 – пресс-автомат К3132А,
- 2 – питатель штучных заготовок,
- 3 – левая грейферная линейка,
- 4 – правая грейферная линейка,
- 5 – штамп гибки-формовки,
- 6 – штамп отбортовки,
- 7 – склиз для удаления готовых деталей,
- 8 – тара для готовых деталей,
- 9 – передвижной стол,
- 10 – тара для брака,
- 11 – тара для заготовок,
- 12 – пульт управления,
- 13 – защитная решётка.

Рисунок 3.1- Схема планировки и организации рабочего места

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

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

#### **4.1.1 Основные требования к штамповой оснастке**

Проектирование необходимо осуществлять, прежде всего, в соответствии с предусмотренным технологическим процессом. Конструкция штампа должна обеспечивать заданную производительность труда и высокое качество детали. Эти два требования одновременно определяют сложность и стоимость конструкции. При конструировании штамповой оснастки необходимо стремиться к меньшей металлоёмкости, максимальному использованию стандартных деталей и узлов. Для соблюдения техники безопасности необходимо, чтобы опасные зоны штампов не были доступны для рук рабочего. При традиционной штамповке это достигается введением защитных устройств, исключающих нахождение рук рабочего в опасной зоне штампа во время рабочего хода пресса, а при автоматической штамповке за счёт применения средств автоматизации, предусматривающих нахождение.

Конструкция должна обеспечивать транспортировку штампа и его отдельных тяжелых деталей с учетом использования межцеховых и внутри цеховых подъемно-транспортных средств.

Для удобства изготовления, кроме технологичности деталей, необходимо обеспечить технологичность сборки, а также возможность заточки, восстановления рабочих частей в процессе эксплуатации.

.

#### **4.1.2 Описание конструкции и работы штамповой оснастки**

Для получения детали «Надставка заднего крыла правая» используется штамповая оснастка в количестве двух единиц: штампа для гибки –

формовки и штампа для отбортовки. Каждый штамп состоит из двух частей: верхней и нижней половины штампа.

*Штамп гибки – формовки.* (рис. 4.1)

Верхняя половина штампа состоит из: плиты верхней (2), прижима верхнего (4), секций верха (7, 8), направляющей скобы (208), направляющих колонок (201).

Нижняя половина состоит из: нижней плиты (1), прижима нижнего (3), противоотжима (9), секций низа (5, 6), направляющей скобы (207), фиксаторов на контур (15, 16), фиксатора на отверстие (205), направляющих втулок в сборе (203).

Заготовка попадает в рабочую зону штампа гибки-формовки уже в ориентированном состоянии из питателя посредством грейферных линеек. Заготовка позиционируется фиксаторами на контур (15, 16) и фиксатором на отверстие (205). Фиксированное положение верхней половины штампа относительно нижней обеспечивают направляющие элементы: колонки (201) и втулки (203). Колонки расположены в верхней половине штампа, для того, чтобы обеспечить беспрепятственное движение грейферных линеек в рабочей зоне штампа. Далее усилие от пневмоподушек через толкатели (204) передаётся на нижний прижим (3), и исходная заготовка зажимается между верхним (4) и нижним прижимами. Пакет пружин (213) сжимается на величину хода, и верхний прижим (4) упирается в плоскость верхней плиты (2). Усилие ползуна пресса, преодолевая усилие пневмоподушек, начинает перемещать нижний прижим вниз с зажатой заготовкой, выполняя отгибку низкой и высокой полкой изделия в секции низа (5, 6) и секции верха (7, 8) соответственно, а в зоне фасонного отверстия происходит формовка. Так как высота полкой изделия различна, то для предотвращения перекосов рабочих частей, и снижения нагрузки на направляющие колонки, в штампе предусмотрены противоотжимы (9). Во время раскрытия штампа во избежание прилипания заготовки к верхнему прижиму, в нём устанавливаются подпружиненные толкатели (209, 210).

После того, как штамп разомкнётся, подпружиненные подъёмники (12) поднимают полуфабрикат на уровень транспортировки грейферных линеек, которые, доставят его в рабочую зону отбортовочного штампа.

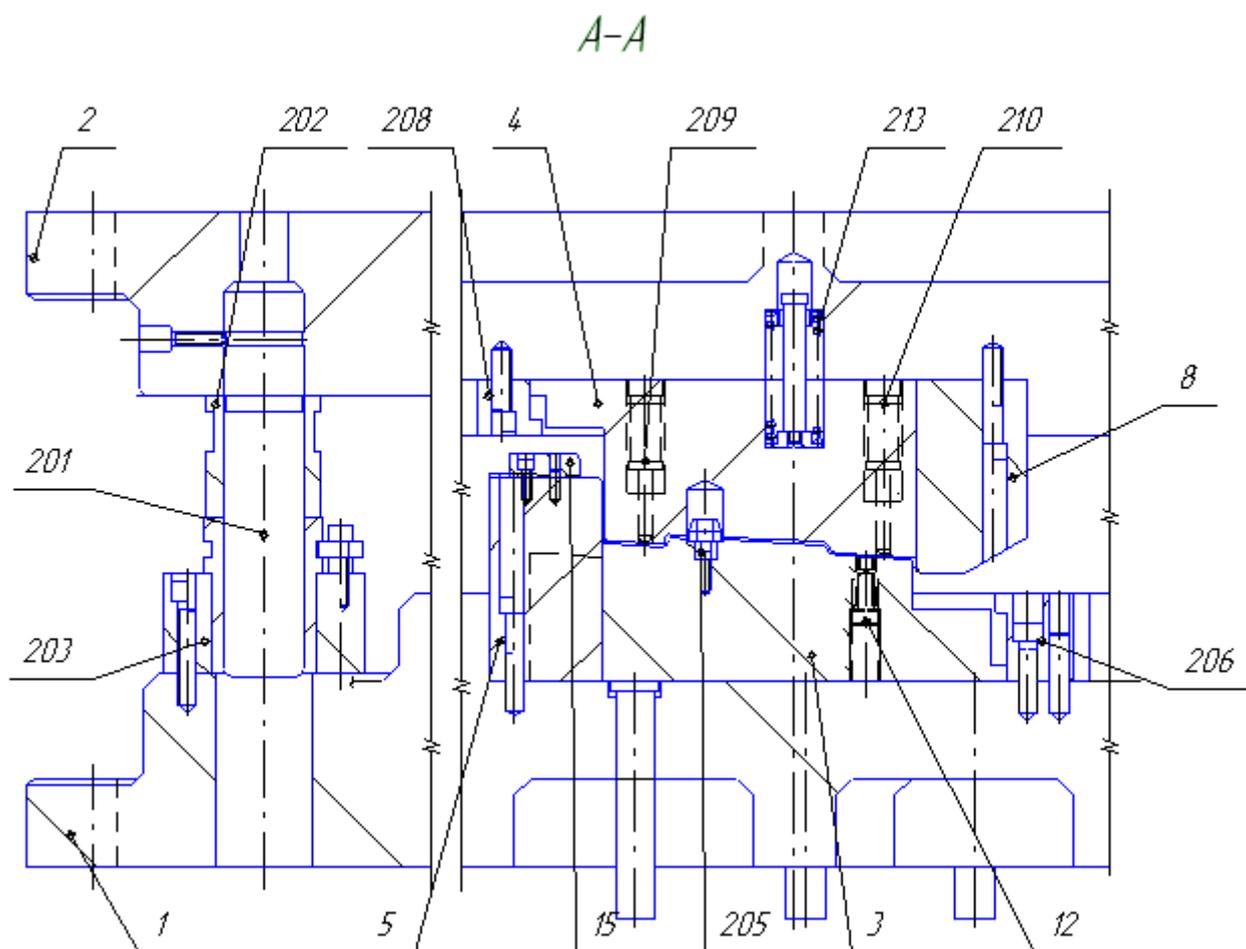


Рисунок 4.1- Эскиз штампа гибки-формовки

*Штамп отбортовки.* (рис. 4.2)

Верхняя половина штампа состоит из: плиты верхней (2), матрицы (3), выталкивателя (4), направляющих колонок (201).

Нижняя половина состоит из: нижней плиты (1), прижима (6), пуансона (8), пуансонодержателя (10), подкладки (9), скобы ограничительной (207), направляющих втулок (209).

В штамп отбортовки заготовка попадает уже в ориентированном положении. Фиксированное положение верхней половины штампа относительно нижней обеспечивают направляющие элементы: колонки (201) и втулки (202), запрессованные в держатель (203). Колонки расположены в верхней половине штампа, для того, чтобы обеспечить беспрепятственное движение рейферных линеек в рабочей зоне штампа. Заготовка лежит на плоскости прижима (6) и пуансона (8), матрица (3) движется им навстречу. Усилие от пневмоподушек через толкатель (206) передаётся на прижим, и он зажимает полуфабрикат. Пуансон (8) и матрица (3), двигаясь навстречу друг другу, совершают отбортовку фасонного отверстия. После того, как штамп разомкнётся, подпружиненные подъёмники (7) поднимают полуфабрикат на уровень транспортировки рейферных линеек, которые перемещают деталь на склиз. По склизу изделие попадёт в тару.

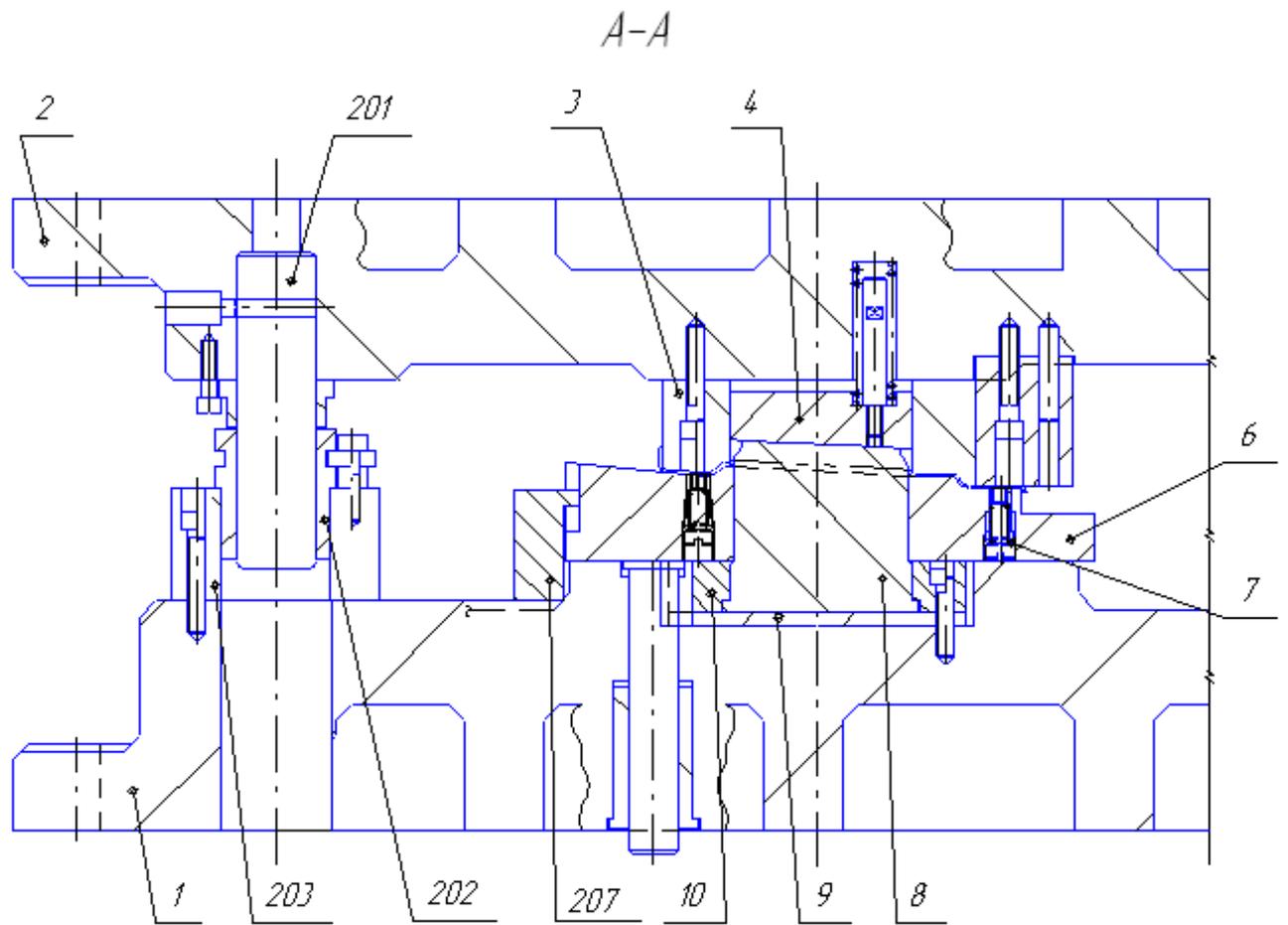


Рисунок 4.2 - Эскиз штампа отбортовки

## 4.2 Прочностные расчёты и выбор материалов деталей штампа

При проектировании штампов пользуются нормами на детали штампов. В этом случае не приходится проводить расчеты на прочность тех или иных деталей, т.к. соответствующие расчёты на допустимые напряжения обычно выполнены при разработке нормалей. В тех случаях, когда требуется разработать специальные конструкции штампов, пользуются расчетами основных элементов и плит на прочность.

Проверочному расчёту на прочность подлежат в основном наиболее нагруженные пробивные пуансоны небольших размеров. В нашем случае подвергнем проверочному расчёту пробивной пуансон  $\varnothing 6,5$  мм.

Расчёт опорной поверхности головки пуансона на смятие:

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

где  $\sigma_{см}$  – напряжение смятия, МПа;

$P$  - усилие на операции, МН;

$F$  - опорная поверхность головки пуансона,  $m^2$ .

$[\sigma_{см}]$  - допускаемое напряжение на смятие, МПа,  $[\sigma_{см}] = 100$  МПа

$$\sigma_{см} = 0,0028 / 132,732 \cdot 10^{-6} = 21,1 \text{ МПа}$$

Смяющее напряжение составляет  $\sigma_{см} = 21,1$  МПа  $< [\sigma_{см}] = 100$  МПа, что меньше допускаемого, следовательно, условие прочности на смятие выполняется.

Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении ведётся по формуле:

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

где  $\sigma_{сж}$  - напряжение сжатия, МПа;

$f$  - площадь наименьшего сечения пуансона,  $m^2$  (рис. 4.1);

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

$P$  - усилие на операции, МН.

Напряжение в пуансоне составит:

$$\sigma_{сж} = 0,0028 / 33,183 \cdot 10^{-6} = 84,38 \text{ МПа}$$

Сжимающее напряжение составляет  $\sigma_{сж}=84,38 \text{ МПа} < [\sigma_{сж}]=1600 \text{ МПа}$ , что меньше допускаемого, следовательно, условие прочности на сжатие выполняется.

Расчет режущих кромок пуансона на сжатие в наименьшем сечении ведётся по формуле:

$$\sigma = P/F_{усл} \leq [\sigma_{сж}], \quad (4.3)$$

где  $\sigma$  – напряжение на режущие кромки пуансона, МПа;

$P$  – усилие на операции, МН;

$F_{усл}$  – условная площадь при  $S/b$  в наименьшем размере

поперечного сечения пуансона при любой конфигурации,

$\text{м}^2$ .

$$\text{При } S/b < 1, \text{ то } F_{усл} = F_k, \quad (4.4)$$

где  $F_k$  – ширина контактного пояска вдоль контура вырубки, шириной

$$0,5 \cdot S.$$

$$\text{При } S/b > 1, \text{ то } F_{усл} = f, \quad (4.5)$$

где  $f$  – площадь наименьшего сечения пуансона,  $\text{м}^2$  (рис. 4.2).

$$S/b = 0,8/6,5 = 0,12 < 1, \text{ значит } F_{усл} = F_k,$$

$$F_{усл} = 25,52 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

Напряжение в режущих кромках пуансона составит:

$$\sigma = 0,0028/25,52 \cdot 10^{-6} = 109,73 \text{ МПа}$$

Сжимающее напряжение на режущих кромках пуансона составляет  $\sigma_{сж}=109,73 \text{ МПа} < [\sigma_{сж}]=1600 \text{ МПа}$ , что меньше допускаемого, следовательно, условие прочности на сжатие режущих кромок выполняется.

Расчёт свободной длины пуансона на продольный изгиб осуществляется по формуле:

$$L = 4,43 \cdot (E \cdot I/n \cdot P)^{0,5} \quad (4.6)$$

где  $L$  – длина свободной части пуансона, м (рис. 4.1);

$E$  – модуль упругости, МПа,  $E = 2,2 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ ,

$I$ - момент инерции сечения,  $m^4$ ;

$n$ - коэффициент безопасности ( $n=2$ );

$P$ - усилие на операции,  $MH$ .

Расчет на устойчивость пуансона:

$$L_{кр} = 4,43 \cdot (2,2 \cdot 10^3 \cdot 8,925 \cdot 10^{-6} / 2 \cdot 0,0028)^{0,5} = 0,026 \text{ м} = 26 \text{ мм}$$

Длина пуансона в проектном штампе составляет  $22 \text{ мм} < [L_{кр}] = 26 \text{ мм}$ , следовательно, условие прочности на продольный изгиб выполняется.

Стали, применяемые для изготовления рабочих частей штампов холодной листовой штамповки, делятся на следующие группы:

1. Углеродистые инструментальные стали небольшой прокаливаемости ( $\varnothing$  до 25 мм): У8А, У10А, У8, У10.
2. Легированные стали повышенной прокаливаемости (до  $\varnothing$  40-50 мм): Х(ШХ15), Х09(ШХ9), 9Х, 9ХС, 9Хф, ХВГ, 9ХВГ, ХГСВФ.
3. Высокохромистые стали высокой прокаливаемости (до  $\varnothing$  80 мм), высокой износостойкости, мало деформируемые при закалке: Х12Ф1, Х12Ф, Х12М, Х12, Х6ВФ, ХГЗСВФ.
4. Легированные стали повышенной вязкости (при твердости HRC 56-58): 4ХС, 6ХС, 4ХВ2С, 5ХВ2С, 6ХВ2С, 5ХВГ.

Применение углеродистых инструментальных сталей ограничивается рабочими частями штампов простой формы толщиной или диаметром до 25 мм. Наиболее пригодны для изготовления штампов стали марок У10А, У10, имеющие более высокую прочность на изгиб, чем другие марки углеродистой инструментальной стали.

В штампе гибки-формовки, как видно из п. 4.1.2, отсутствуют матрица и пуансон, однако, их функцию выполняют секции верха (8) и низа (5), а также верхний прижим (4). Таким образом, учитывая особенность данной штамповой оснастки, выбираем материал У10А, а для прижима модифицированный чугун МСЧ 32-52, как для матрицы и пуансона формообразующего штампа, руководствуясь [1, табл. 197]. Допускаемые заменители Х12Ф1, Х6ВФ и специальный легированный чугун.

Для матрицы и пуансона отбортовочного штампа выбираем материал Х12М1 по [I, табл. 197]. Допускаемые заменители У10, Х12Ф, ШХ15.

Основные марки материалов и сталей, применяемых для изготовления всех остальных деталей штампов приведены в таблице 4.1

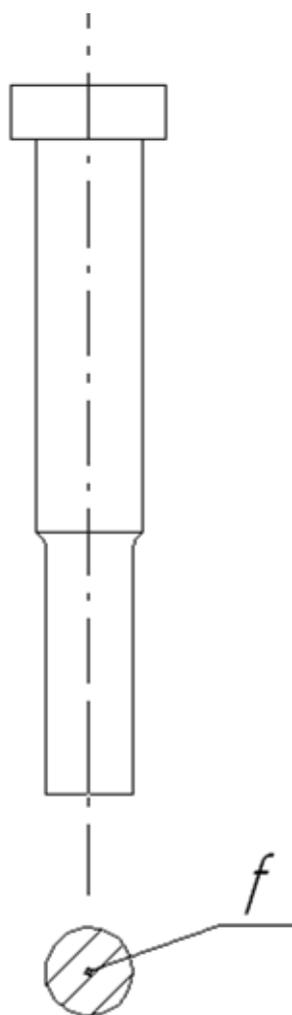


Рисунок 4.1- Площадь наименьшего сечения пуансона  
(  $f$ -площадь сечения)

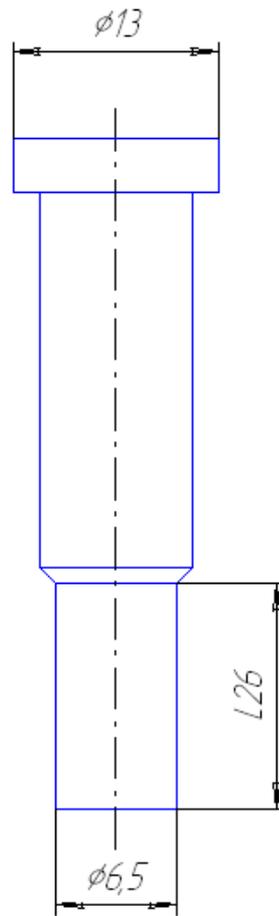


Рисунок 4.4- Эскиз пробивного пуансона

Таблица 4.1

Марки материалов и сталей, применяемых для изготовления различных деталей штампов

Детали штампов	Марки материала		Термообработка
	Основная	Заменители	
Плиты штампов литые	Чугун СЧ 21-40 СЧ 22-40,GB 300	Стальное литьё 30Л, 40Л	—
Плиты штампов остальные	Стали 40, 50	Ст5	—
Хвостовики	Стали 35, 40	Ст4, СТ5	—
Колонки направляющие	Сталь 20, Стали 20Х, 50	Ст40Х	Цементировать на глубину 0,5-1 мм, Калить НRC 58-62, Калить НRC 45-50
Втулки направляющие	Сталь 20, Стали 45, 50	Ст40Х	Цементировать на глубину 0,5-1 мм, Калить НRC 58-62, Калить НRC 45-50
Пуансонодержатели	Стали 35, 45	Ст3	—
Подкладки под пуансон	Сталь 45,40Х	Ст5	Калить НRC 45-50
Съёмники	Ст3	Сталь 25	—
Прижимы, направляющие планки, выталкиватели	Стали 40 ,45 Стали 20, 20Х	Ст5	Калить НRC 50-54
Упоры	Сталь 45	—	Калить НRC 40-45
Штифты	Сталь У8	Ст6	Калить НRC 45-50
Винты	Сталь 45	—	Калить НRC 40-45

Пружины	Стали 65Г, 60С2	Стальная проволока 11-го класса	Калить НРС 40-48
---------	--------------------	---------------------------------------	------------------

### 4.3 Определение числа и расположения упругих элементов

Пружины являются распространённым элементом конструкции штампов, их изготавливают как нормализованные детали. Поэтому подбор пружин осуществляем по ГОСТу. Количество и расположение пружин определяются требованиями, предъявляемыми к ним. Пружины должны обеспечить:

- надежную и долговременную работу;
- необходимый ход;
- требуемое усилие.

Ориентировочный выбор пружин по усилию будем производить по ГОСТам и СТП ВАЗа, выбирается пружина, обеспечивающая 10% - 30 % от  $P_{сн}$ .

Из стандартных пружин по ГОСТ 18793-80 выбирается пружина с оптимальными типоразмерами:

- по развиваемому усилию;
- по высоте в сжатом состоянии;
- по рабочей деформации;
- по диаметру.

*Штамп гибки-формовки.*

В штампе гибки-формовки имеются пружины (211), обеспечивающие усилие снятия изделия с верхнего прижима (4) и пакет пружин (213), обеспечивающих усилие самого прижима (4).

Усилие снятия на данной операции составило:

$$P_{сн}=0,3 \cdot 0,031 = 0,0093 \text{ МН}$$

Данные пружины должны обеспечить ход толкателей (209, 210) на 15 мм, поэтому выбираются пружины (поз. 211, 3 шт):

- диаметр – 20мм,
- рабочая деформация – 19,1 мм,
- высота в сжатом состоянии – 39,7 мм,
- развиваемое усилие – 0,00315 МН.

Усилие, развиваемое тремя пружинами составляет  $0,00945 \text{ МН} < P_{\text{сн}}=0,0093 \text{ МН}$ , значит данные пружины удовлетворяют нашим требованиям.

Усилие прижима на данной операции составило:

$$P_{\text{пр}}=0,3 \cdot 0,103=0,031 \text{ МН}$$

Данные пакеты пружин должны обеспечить ход верхнего прижима (4) на 14 мм, пакеты пружин располагаются по всему периметру прижима в количестве 7 шт, чтобы не было перекосов прижима при работе штампа, поэтому выбираются пакеты пружин (213, 7 шт):

- диаметр пружины – 34 мм,
- ход пружины – 15 мм,
- усилие пружины – 0,018 МН,
- усилие натяга – 0,006 МН.

Усилие, развиваемое пакетами пружин в количестве 7 шт составляет  $0,112 \text{ МН} < P_{\text{пр}}=0,031 \text{ МН}$ , значит данные пакеты пружин удовлетворяют нашим требованиям.

#### *Штамп отбортовки.*

В штампе отбортовки имеются пружины (205), обеспечивающие усилие выталкивателя (4).

Усилие выталкивания на данной операции составило:

$$P_{\text{в}}=0,3 \cdot 0,014=0,0042 \text{ МН}$$

Данные пружины должны обеспечить ход выталкивателя (4) на 15 мм, действуя на него через толкатели (5). Пружины располагаются в верхней

плите (2) в количестве двух штук, чтобы не было перекосов выталкивателя при работе штампа, поэтому выбираются пружины (поз. 205, 2 шт):

- диаметр – 25мм,
- рабочая деформация – 30,72 мм,
- высота в сжатом состоянии – 96,7 мм,
- развиваемое усилие – 0,015 МН.

Усилие, развиваемое двумя пружинами составляет  $0,03 \text{ МН} < P_{\text{в}}=0,0042 \text{ МН}$ , значит данные пружины удовлетворяют требованиям.

## 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 "Надставка заднего крыла"	Штамповка детали за три операции: 1. вырубка-пробивка 2. гибка-формовка 3. отбортовка	Штамповщик-оператор	Пресс-автомат, грейферные механизмы, штамповая оснастка	Сталь 08-01ЮТГЦ

### 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 <sup>(1)</sup>	Опасный и /или вредный производственный фактор <sup>2</sup>	Источник опасного и / или вредного производственного фактора <sup>3</sup>
1.	Работа пресс- автомата, штамповой оснастки	Физический-повышенный уровень	Силовое (прессовое) оборудование.

		вибрации	Штамповочные операции
2.	Работа электродвигателя, кулачковых, зубчатых механизмов и пневмосистемы пресс-автомата. Удаление деталей и отходов по склизам. Работа штампов. Осуществление штамповочных операций.	Физический-повышенный уровень шума	Электродвигатель, кулачковые, зубчатые механизмы и пневмосистема пресс-автомата. Склизы для деталей и отходов. Работа штампов. Штамповочные операции.
3.	Погрузочные, транспортные, разгрузочные работы Перемещение подвижных частей оборудования, средств автоматизации и штамповой оснастки	Производственный травматизм	Прессовое оборудование, механизмы и устройства автоматизации, их незащищенные подвижные части. Внутрицеховой транспорт

### 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 <sup>1</sup>	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора <sup>2</sup>	Средства индивидуальной защиты работника <sup>3</sup>
1.	Повышенный уровень	Регламентированный	-

	вибрации	режим работы, изменение в конструкции фундамента, прогрессивное оборудование, виброизоляция	
2.	Повышенный уровень шума	Смазка трущихся частей оборудования и штампа, средства индивидуальной защиты, использования прогрессивного оборудования, герметизация источника шума	Ушные вкладыши (беруши), наушники
3.	Производственный травматизм	И инструктаж по техники безопасности, автоматизация и механизация, двойная изоляция токоведущих частей, расположение токоведущих частей на недоступной высоте, защитные	Спец.костюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на утолщенной подошве, защитные рукавицы.
3.	Производственный травматизм	Ограждения штамповочного пространства; с фронта пресса -фотоэлементы, останавливающие пресс в случае пересечение каким либо предметам светового луча; с тыла-механическая решетка, переносной пульт включения муфты и тормоза пресса, расположенный на	

		<p>расстоянии 1,0-1,5 от  пресса, кнопки  аварийного останова на  пульте управления  загрузчиком для быстрой  остановки всей линии,  встроенная  предохранительная муфта  отключает  автоматическую линию в  случаи перегрузки или  при заклинивании  грейферной подачи</p>	
4.	Токсическое воздействие	<p>Контроль концентрации  токсических веществ. По  окончанию рабочей смены  обязательно снять  спецодежду, умыться,  вымыть руки с мылом или  принять душ.</p>	Респираторы, полумаски



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. средства (тягачи, прицепы)	Порошк. Установки систем пожаротушения	Приемные контрольные приборы	Колонка пожарная	Защитные костюмы	Лопаты штыковые	Ручные пожарные извещатели

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 На пресс - автомате	Обучение персонала требования ПБ; соблюдение техники безопасности; соблюдение последовательности алгоритма технологического	Квалифицированный персонал; обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара; оповещения и эвакуации; наличие систем пожаротушения

	<p>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</p>	
--	--	--

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.)
Многопозиционная, штамповка	Пресс - автомат, Питатель штучных заготовок,	Выделение вредных испарений,	Утилизация промасленной ветоши,	-

	грейферные механизмы, штамповая оснастка	газов отработанный смазки, масла и скопление пыли	использованных смазочных материалов, при замене масла в технологических агрегатах и ряде подобных случаев	
--	--	---	---	--

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

В разделе "Безопасность и экологичность технического объекта" приведена характеристика технологического процесса изготовления детали "Надставка заднего крыла", перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое оборудование, применяемые материал (таблица 5.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки детали " Надставка заднего крыла ", 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 эффективность

### 6.1 Характеристика сравниваемых вариантов

#### *Базовый вариант:*

Процесс получения детали осуществляется на трёх единицах оборудования с промежуточной транспортировкой. Техпроцесс состоит из 7 операций:

- Оп 10 – резка полос;
- Оп 20 – резка карточек;
- Оп 30.1 – вытяжка;
- Оп 30.2 – обрезка, пробивка;
- Оп 30.3 – обрезка вторая;
- Оп 30.4 – гибка, правка;
- Оп 30.5 – гибка, отбортовка.

Применяемое оборудование: две единицы гильотинных ножниц Н3218 с подачей и пресс – автомат FT2 – 60 усилием 6 МН. Тип производства – серийный, условия труда нормальные.

#### *Проектный вариант:*

Процесс получения детали осуществляется на двух единицах оборудования с промежуточной транспортировкой. Техпроцесс состоит из 3-х операций:

- Оп 10 – вырубка, пробивка(2хдет.);
- Оп 20.1 – гибка, формовка;
- Оп 20.2 – отбортовка.

Применяемое оборудование: пресс К3132А усилием 1,6 МН и пресс – автомат К3132А усилием 1,6 МН Тип производства – серийный. Условия труда – нормальные.

## 6.2 Расчет себестоимости штамповой оснастки

Таблица 6.1

### Калькуляция изготовления штампа гибки-формовки

№	Показатель	Обозначение	Сумма, руб	Примечание
1	Материальные затраты	М <sub>осн</sub>	85998	-
2	Транспортно-заготовительные расходы	ТЗР	172	0,02 % от М
3	Основная заработная плата рабочих	З <sub>пл.осн</sub>	87000	Ст=145р/ч Т=600
4	Единый социальный налог	Сс	26970	Сс =31 % от З <sub>пл.осн</sub>
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	РСО	66877	76,87% от З <sub>пл.осн</sub>
6	Общепроизводственные (цеховые) расходы	Рцех	73071	83,99% от З <sub>пл.осн</sub>
	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость	Сцех	415405	

### Расчетные данные

1. Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_3 = (D_p \cdot T_{см} - D_{пр} \cdot T_{сок}) \cdot C(1-B), \text{ где}$$

$D_p$  – 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.

$$\Phi_3 = (247 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 2(1-0,05) = 3809$$

2. Эффективный фонд времени работы рабочего:

$$\Phi_{эр} = 30\% \Phi_3 = 1142$$

### 6.3 Исходные данные для расчета себестоимости продукции

Таблица 6.2. Общие исходные данные

№	Показатели	Обозначение	Значение	
1	Годовая программа выпуска, шт.	$N_{г}$	120000	
2	Эффективный фонд времени работы, час: - оборудования - рабочего	$\Phi_{э}$	3809	
		$\Phi_{э,р}$	1142	
3	Коэффициент выполнения норм	$K_{вн}$	1,1	
4	Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{мн}$	1,0	
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	$C_{м}$	35,74	
8	Цена отходов (металл), руб/кг	$C_{отх}$	1,143	
9	Масса заготовки, кг	$M_{з}$	0,689	0,1775
10	Масса отходов, кг	$M_{отх}$	0,540	0,0345
11	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{мз}$	1,014	
12	Коэффициенты доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда):			
1)	до часового фонда зарплаты	$K_{дон}$	1,08	
2)	за профессиональное мастерство	$K_{пф}$	1,15	
3)	за условия труда	$K_{у}$	1,2	
4)	за вечерние и ночные часы	$K_{н}$	1,1	
5)	премиальные	$K_{пр}$	1,1	
6)	на социальные нужды	$K_{с}$	1,31	
	Итого общий коэффициент доплат К	$K_{зпл}$	2,22	
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	
7	Выручка от реализации, % от Ц: - изношенного оборудования -изношенного штампа	$B_{р}$	5	
		$B_{р.и.}$	15	
18	Норма амортизации, %	$N_{а}$	10	
19	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	$K_{цех}$	1,72	

20	Часовая тарифная ставка, руб./час: - рабочего(3 разряд) - наладчика(5 разряд)	$C_m$	66,71 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	$E_n$	0,33

Таблица 6.3 Эксплуатационные данные оборудования

Наименование Оборудования	Усилие, МН	$T_{шт}$ , мин	$T_{маш}$ , мин	$M_y$ , кВт	Площадь, м <sup>2</sup>	Цена, Руб
Базовый						
1. Гильотинные ножницы Н3218 для резки полос		0,026	0,0087	36	25	320000
2. Гильотинные ножницы Н3218 для резки карточек		0,026	0,0087	36	25	320000
3.Пресс-автомат FT2-60	6	0,109	0,083	90	121	3450000
Проектный						
1.Пресс К3132А	1,6	0,08/2	0,026/2	25	11,08	450000
2.Пресс-автомат К3132А	1,6	0,08	0,026	25	15	590000

Таблица 6.4 Исходные данные об оснастке

№	Наименование штампа	Стойкость штампа $T_{шт}$ , ударов	Цена штампа $C_{шт}$ , руб.
Базовый			
1	Штамп вытяжки	700000	689835
2	Штамп обрезки -пробивки	350000	490846
3	Штамп обрезки	350000	415654
4	Штамп гибки -правки	700000	620966

5	Штамп гибки -отбортовки	700000	684315
Проектный			
1	Штамп вырубки -пробивки	600000	380000
2	Штамп гибки -формовки	1200000	415405
3	Штамп отбортовки	1200000	400000

6.4 Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента загрузки, численности рабочих – операторов и необходимое количество штамповой оснастки

Таблица 6.5

№ п/п	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			базов.	пр.
1.	Количество оборудования, необходимого для производства годовой программы деталей	$n_{об} = (t_{шт} \cdot N_{г}) / (\Phi_{э} \cdot K_{вн} \cdot 60)$ $n_{об}^{\delta} = 0,026 \cdot 120000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,0084 \approx 1 \cdot 2 \text{оп.} = 2$ $n_{об}^{\delta} = 0,109 \cdot 120000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,035 \approx 1$ $n_{об}^{пр} = 0,04 \cdot 120000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,013 \approx 1$ $n_{об}^{пр} = 0,08 \cdot 120000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,026 \approx 1$	2 1	1 1
2.	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об}^{рас} / n_{об}^{прин}$ $K_3^{\delta} = 0,0084 / 1 = 0,0084$ $K_3^{\delta} = 0,0084 / 1 = 0,0084$ $K_3^{\delta} = 0,035 / 1 = 0,035$ $K_3^{пр} = 0,013 / 1 = 0,013$ $K_3^{пр} = 0,026 / 1 = 0,026$	0,0084 0,0084 0,035	0,013 0,026
3.	Численность рабочих операторов, необходимая, для производства годовой программы деталей, чел.	$P_{оп} = t_{шт} \cdot N_{г} \cdot (1 + K_0 / 100) / (\Phi_{эр} \cdot K_{мн} \cdot 60)$ $P^{\delta} = 0,026 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,0265 \approx 1 \cdot 2 \text{смен} = 2$ $P^{\delta} = 0,026 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,0265 \approx 1 \cdot 2 \text{смен} = 2$ $P^{\delta} = 0,109 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,107 \approx 1 = 2 \cdot 2 \text{смен} = 4$ $P^{пр} = 0,016 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,12 \approx 1 \cdot 2 \text{смен} = 2$ $P^{пр} = 0,08 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8 / 100) / (1142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,12 \approx 1 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \text{смен} = 4$	2 2 4	2 4

4.	Количество штамповой оснастки, шт	$n_{шт} = N_r / T_{и}$		
		$n_{шт}^{\delta} = 120000 / 700000 = 0,17 \approx 1$	1	
		$n_{шт}^{\delta} = 120000 / 350000 = 0,34 \approx 1$	1	
		$n_{шт}^{\delta} = 120000 / 350000 = 0,34 \approx 1$	1	
		$n_{шт}^{\delta} = 120000 / 700000 = 0,17 \approx 1$	1	
		$n_{шт}^{\delta} = 120000 / 700000 = 0,17 \approx 1$	1	
		$n_{шт}^{пр} = 120000 / 600000 = 0,2 \approx 1$		1
$n_{шт}^{пр} = 120000 / 1200000 = 0,1 \approx 1$		1		
$n_{шт}^{пр} = 120000 / 1200000 = 0,1 \approx 1$			1	

### 6.5. Расчет капитальных вложений.

Таблица 6.6

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектн.
1	2	3	4	5
1.	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{об.} = n_{об.} \cdot C_{об.} \cdot K_3$ $K_{об.61} = 2 \cdot 320000 \cdot 0,0084$ $K_{об.62} = 1 \cdot 3450000 \cdot 0,035$  $K_{об.пр1} = 1 \cdot 450000 \cdot 0,013$ $K_{об.пр1} = 1 \cdot 590000 \cdot 0,026$	5376 120750   $\Sigma 126136$	11700 15080   $\Sigma 26780$
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_M = K_{об.} \cdot K_{монт}$ $K_{M.6} = 126136 \cdot 0,1$ $K_{M.пр} = 26780 \cdot 0,1$	12613,6	2678
	Затраты на оснастку, руб.	$K_{и} = C_{шт} \cdot n_{шт}$ $K_{и.61} = 689835 \cdot 1$ $K_{и.62} = 490846 \cdot 1$ $K_{и.63} = 415654 \cdot 1$ $K_{и.64} = 620966 \cdot 1$ $K_{и.65} = 684315 \cdot 1$  $K_{и.пр1} = 380000 \cdot 1/2$ $K_{и.пр2} = 415405 \cdot 1$ $K_{и.пр3} = 400000 \cdot 1$	$\Sigma 2901616$	$\Sigma 1195405$

	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{Пл} = nob. \cdot S_y \cdot Ц_{Пл} \cdot K_3$ $K_{Пл.б1} = 2 \cdot 25 \cdot 4500 \cdot 0,0084$ $K_{Пл.б2} = 1 \cdot 121 \cdot 4500 \cdot 0,035$ $K_{Пл.пр1} = 1 \cdot 11,8 \cdot 4500 \cdot 0,013$ $K_{Пл.пр2} = 1 \cdot 15 \cdot 4500 \cdot 0,026$	1890 19057 $\Sigma 20947$	685 1755 $\Sigma 2440$
	Итого	$K_{СОП} = K_M + K_{и} + K_{Пл}$ $K_{СОП.б} = 126136 + 2901616 + 20947$ $K_{СОП.пр} = 2678 + 1195405 + 2440$	3048689	1200523
3.	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{Общ} = K_{Об} + K_{СОП}$ $K_{Общ.б} = 126136 + 3048689$ $K_{Общ.пр} = 26780 + 1200523$	3168825	1227303
4.	Удельные кап. вложения, руб.	$K_{уд} = K_{Общ} / N_{Г}$ $K_{уд.б} = 3168825 / 120000$ $K_{уд.пр} = 1227303 / 120000$	26,4	10,23

### 6.6 Расчёт себестоимости сравниваемых вариантов

Таблица 6.6

№ п/п	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Результаты	
			Базовый.	Проектный
1.	Материальные затраты, руб.	$M = (M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{Т3}) - (M_{отх} \cdot Ц_{отх})$ $M_{баз} = (0,689 \cdot 35,74 \cdot 1,014) - (0,540 \cdot 1,143) = 13,64$ $M_{пр} = (0,1775 \cdot 35,74 \cdot 1,014) - (0,0345 \cdot 1,143) = 3,559$	24,64	6,39
2	Заработная плата рабочих-операторов, руб.	$Z_{пл} = C_T \cdot P \cdot \Phi_{эр} \cdot K_{зпл} \cdot K_3 / N_{Г}$ $Z_{пл}^{б 3 p-d} = (66,71 \cdot 4) \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,0084 / 120000 =$ $Z_{пл}^{б 5 p-d} = (79,89 \cdot 4) \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,035 / 120000 =$ $Z_{пл}^{пр 3 p-d} = (66,71 \cdot 2) \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,013 / 2 \cdot 120000 =$ $Z_{пл}^{пр 5 p-d} = (79,89 \cdot 4) \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,026 / 120000 =$	1,016 0,634 $\Sigma 1,65$	0,078 0,47 $\Sigma 0,549$
3.	Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования, руб.	$P_a = (Ц_{об} \cdot (1 - B_p) \cdot N_a \cdot t_{шт} \cdot 1,3 / (\Phi_э \cdot K_{вн} \cdot 60 \cdot 100))$ $P_a^{б} = [(320000 \cdot 0,95) \cdot 10 \cdot 0,026 \cdot 1,3 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)] \cdot 2 =$ $P_a^{б} = (3450000 \cdot 0,95) \cdot 10 \cdot 0,109 \cdot 1,3 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) =$ $P_a^{пр} = (450000 \cdot 0,95) \cdot 10 \cdot 0,04 \cdot 1,3 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) =$	0,03	0,125

5.	Затраты на амортизацию штампового инструмента, руб.	$P_{и} = \Pi_{шт} \cdot (1 - B_{рп}) / T_{и шт}$ $P_{и}^{\delta} = 689835 \cdot (1 - 0,15) / 700000 = 0,840$ $P_{и}^{\delta} = 490846 \cdot (1 - 0,15) / 350000 = 1,2$ $P_{и}^{\delta} = 415654 \cdot (1 - 0,15) / 350000 = 1,01$ $P_{и}^{\delta} = 620966 \cdot (1 - 0,15) / 700000 = 0,754$ $P_{и}^{\delta} = 684315 \cdot (1 - 0,15) / 700000 = 0,831$ $P_{и}^{np} = 380000 \cdot (1 - 0,15) / 600000 = 0,538/2$ $P_{и}^{np} = 407947 \cdot (1 - 0,15) / 1200000 = 0,350$ $P_{и}^{np} = 400000 \cdot (1 - 0,15) / 1200000 = 0,283$	4,635	1,171
----	---	---	-------	-------

		$P_a^{np} = (590000 \cdot 0,95) \cdot 10 \cdot 0,08 \cdot 1,3 /$ $/(3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) =$	  $\Sigma 0,1553$	0,006 0,015 $\Sigma 0,02$
4.	Расходы на эл. энергию, руб.	$P_э = M_y \cdot t_{маш} \cdot K_{од} \cdot K_m \cdot K_v \cdot K_{п} \cdot \Pi_э / КПД \cdot 60$ $P_э^{\delta} = [36 \cdot 0,0087 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,03 \cdot 3,8 / (0,8 \cdot 60)] \cdot 2 =$ $P_э^{\delta} = 90 \cdot 0,083 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,03 \cdot 3,8 / 0,8 \cdot 60 =$ $P_э^{np} = 25 \cdot 0,013 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,03 \cdot 3,8 / 0,8 \cdot 60 =$ $P_э^{np} = 25 \cdot 0,026 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,03 \cdot 3,8 / 0,8 \cdot 60 =$	0,0089  0,17 $\Sigma 0,1789$	  0,0074 0,0148 $\Sigma 0,0222$

6.	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных, площадей, руб.	$R_{пл} = (S_{уд} \cdot n_{об} \cdot C_{пл} \cdot K_3) / N_{г}$ $R_{пл б1} = (25 \cdot 2 \cdot 4500 \cdot 0,0084) / 120000 =$ $R_{пл б2} = (121 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,035) / 120000 =$ $R_{пл пр1} = (11,08 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,013) / 120000 =$ $R_{пл пр2} = (15 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,026) / 120000 =$	0,0275 0,284	0,0127 0,0341
			$\Sigma 0,311$	$\Sigma 0,0468$
7.	Расходы на заработную плату наладчиков, руб.	$Z_{нал} = C_{т} \cdot \Phi_{эр} \cdot n_{об} \cdot K_{зпл} \cdot K_3 / n_{обсл} \cdot N_{г}$ $Z_{нал б 5р-д} = 2 \cdot 79,89 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,0084 / 8 \cdot 120000$ $Z_{нал пр} = 79,89 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,013 / 8 \cdot 120000$	0,063	0,027
	Технологическая себестоимость, руб.	$C_{тех} = M + 3_{пл} + P_{а} + P_{э} + P_{и} + R_{пл} + Z_{нал}$ $C_{техб} = 24,64 + 1,65 + 0,1553 + 0,1789 + 4,635 + 0,311 + 0,063 = 27,63$ $C_{техпр} = 6,39 + 0,549 + 0,02 + 0,0222 + 1,171 + 0,0468 = 8,2$	27,63	8,2
8.	Общепроизводственные (цеховые) расходы, руб	$R_{цех} = 3_{пл} \cdot K_{цех}$ $R_{цехб} = 1,65 \cdot 1,72 = 1,003$ $R_{цехпр} = 0,549 \cdot 1,72 = 0,32$	2,84	0,94
9.	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость, руб	$C_{цех} = C_{тех} + R_{цех}$ $C_{цехб} = 27,63 + 2,84 = 30,47$ $C_{цехпр} = 8,2 + 0,94 = 9,14$	30,47	9,14

Таблица 6.7 6.7. Структура себестоимости сравниваемых вариантов.

№	Наименование затрат	Сумма, руб.		Доля, %	
		Базовый	Проектный	Базовый	Проектный
1.	Материалы	24,64	6,39	58,86	55,84
2.	Заработная плата основных и вспомогательных рабочих	1,65	0,549	7,39	8,61
3.	Расходы на содержание оборудование	0,1553	0,02	0,086	0,31
4.	Расходы на электроэнергию	0,1789	0,0222	0,77	0,35

5.	Расходы на произв. площадь	0,311	0,046	1,342	0,72
6.	Расходы на штамп. оснастку	4,635	1,171	20	18,37
7.	Общепроизводственные расходы	2,84	0,94	13,03	15,77
	Общепроизводственная себестоимость	30,47	9,14	100	100

### 6.8. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта.

Таблица 6.9

№	Показатели	Расчетные формулы	Значение показателя	
			Базовый	Проектн.
1.	Приведенные затраты, руб.	$Z_{пр} = C_{цех} + E_n \cdot K_{уд}$ $Z_{пр}^б = 30,47 + 0,33 \cdot 26,4$ $Z_{пр}^{пр} = 9,14 + 0,33 \cdot 10,23$	39,17	12,52
2.	Условно-годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\Delta_{уг} = (C_{цех}^{баз} - C_{цех}^{пр}) \cdot N_{г}$ $\Delta_{уг} = (30,47 - 9,14) \cdot 120000$	2559600	
3.	Срок окупаемости капвложений, год	$T_{ок} = K_{и. пр} / \Delta_{уг}$ $T_{ок} = 1195405 / 2559600 = 0,46$	≈ 1	
4.	Годовой экономический эффект, руб.	$\Delta_{г} = (Z_{пр}^{баз} - Z_{пр}^{пр}) \cdot N_{г}$ $\Delta_{г} = (39,17 - 12,52) \cdot 120000$	3 198000	

### Вывод

В результате внедрения нового технологического процесса изготовления детали «Надставка заднего крыла» было выявлено, что себестоимость детали снизилась с 27,63 руб. до 8,2 руб.- на 19,43 руб. (т.е. на 70%), за счет:

1. экономии материала на 0,51 кг.;
2. уменьшения трудоемкости с 0,109 мин до 0,08 мин;

3. снижения затрат на основную заработную плату рабочих за счет уменьшения их численности;
4. снижения затрат на амортизацию и эксплуатацию оборудования ;
5. уменьшения затрат на штамповую оснастку за счет уменьшения числа штампов с 4,635руб. до 1,171 руб.

Условно годовая экономия составляет 2559600 рублей; годовой экономический эффект составляет 3198000 рублей при сроке окупаемости штамповой оснастки в течение полугода.

### **Заключение**

В данном дипломном проекте были разработаны технологический процесс и штамповая оснастка для изготовления детали «Надставка заднего крыла» на легковой автомобиль. Для этого был проведён анализ технологичности детали и технологии её изготовления, с выявлением недостатков данной технологии. На основании данного анализа, с учётом выявленных недостатков, разработан новый наиболее рациональный технологический процесс изготовления детали «Надставка заднего крыла». Были определены энергосиловые параметры процесса. Был произведён выбор оборудования и средств автоматизации, для реализации предполагаемой технологии принят пресс-автомат К3132А, усилием 1,6 МН, оснащённый питателем штучных заготовок и двухкоординатными рейферными линейками. Разработана конструкция штамповой оснастки. Проведены прочностные расчёты и выбран материал деталей штампа.

Были рассмотрены и разработаны мероприятия по безопасности и экологичности проекта. Проведён экономический расчет эффективности внедрения нового техпроцесса.

Как показали расчеты и исследования новый технологический процесс более производительный и менее трудоёмкий. В новом техпроцессе используется меньшее количество оборудования, что привело к значительному сокращению производственных площадей под него, а также сократилось

число штамповой оснастки. Данный процесс позволяет увеличить КИМ почти на 46%. Таким образом, цель дипломного проекта была достигнута и себестоимость изготовления изделия снизилась. Исследования по безопасности и экологичности проекта показали, что данный технологический процесс является экологически чистым и более безопасным, нежели базовый, условия труда рабочих улучшаются. Таким образом, задачи дипломного проекта выполнены и цель достигнута.

### **Список использованной литературы**

[1] – Романовский В.П.

Справочник по холодной штамповке. – 6-е издание, переработанное и дополненное – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1979. – 520 с., ил.

[2] – Стандарт предприятия АО «АвтоВАЗ»

СТП 37 101 97 18 – 96

[3] – Анурьев В.И.

Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х томах, переработано и дополнено, 1979.

[4] – Скворцов В.Г.

Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Подготовительные работы. Изд. 2-е, переработанное и дополненное, М., «Машиностроение», 1970. 320 с. с ил.

[5] – Мансуров И.З., Подрабинник И.М.

Специальные кузнечно – прессовые машины и автоматизированные комплексы кузнечно – штамповочного производства: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 344.: ил.

[6] – Смирнов А. М., Васильев К. И.

Основы автоматизации кузнечно-прессовых машин: Учебник для техникумов. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.: ил.

[7] – Сторожев М. В., Попов Е. А.

Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1971. – 424 с.: ил.

[8] – Зубцов М. Е.

Листовая штамповка. Изд. 2-е, переработанное и дополненное, Л., «Машиностроение», 1967. – 504.: ил.

## ПРИЛОЖЕНИЯ