

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 литьевой формы для изготовления детали "Рычаг привода регулятора давления"

Студент(ка)	<u>Д.В.Зорин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>Е.Л.Смолин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>К.Ш. Нуров</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

### Допустить к защите

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

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

Тольятти 2016

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

Студент Зорин Денис Валерьевич

1. Тема Разработка технологического процесса и литьевой формы для изготовления детали "Рычаг привода регулятора давления"
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы Июнь 2016
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Чертеж детали, существующая технология ее изготовления, технико-экономические показатели техпроцесса
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)  
Анотация, Содержание, Введение, Анализ исходных данных, технологическая часть, выбор оборудования и средств автоматизации, разработка оснастки, безопасность и экологичность проекта, расчет экономической эффективности, заключение.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала Сравнительная технология( 1лист) ,комплекс оборудования( 1лист), оснастка(3 листа)

6. Консультанты по разделам И.В. Краснопецева

- К.Ш.Нуров

7. Дата выдачи задания «16» июнь 2016г.

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

Руководитель выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

_____	_____
(подпись)	(И.О. Фамилия)
_____	_____
(подпись)	Е.Л.Смолин
_____	_____
(подпись)	(И.О. Фамилия)
_____	_____
(подпись)	Д.В.Зорин
_____	_____
(подпись)	(И.О. Фамилия)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ**  
**ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

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

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

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН выполнения бакалаврской работы

Студента Зорин Денис Валерьевич  
по теме Разработка технологического процесса и литевой формы для изготовления детали  
« Рычаг привода регулятора давления»

Наименование раздела работы	Планный 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

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Е.Л.Смолин

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Д.В. Зорин

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## Аннотация

В данном дипломном проекте разработан технологический процесс изготовления детали «Рычаг привода регулятора давления»

Рассмотрен базовый технологический процесс изготовления детали и выявлены его недостатки, на основании которых поставлена цель диплома и сформулированы основные задачи. Рассчитаны основные параметры предложенной технологии, проведен анализ течения металла в вытяжном переходе и определены энергосиловые параметры каждой операции нового техпроцесса. Кроме того, подобрано необходимое технологическое оборудование и сконструирован последовательный штамп.

Проведен анализ особенностей, имеющих место при автоматизации технологических процессов холодной штамповки. Проанализированы условия труда на спроектированном участке штамповки и изложены меры по охране труда, а также проведен анализ экологичности проекта.

В заключение рассчитана экономическая эффективность внедрения новой технологии.

## Введение

Листовая штамповка является одним из высокоэкономичных и перспективных видов обработки металлов давлением.

Холодная штамповка представляет собой процесс изготовления самых разнообразных по назначению, форме и размерам деталей в холодном состоянии.

Широкое развитие холодной штамповки объясняется целым рядом ее достоинств. К основным из них относятся:

- возможность получения достаточно прочных и жестких, и одновременно легких по массе конструкций при небольшом расходе материала;

- взаимозаменяемость получаемой холодной листовой штамповкой деталей вследствие их большой точности;
- большая производительность и низкая стоимость деталей;
- возможность применения низко квалифицированной рабочей силы;
- сравнительно небольшие потери материала при правильном построении технологического процесса и раскрое материала;
- благоприятные условия для механизации и автоматизации условий штамповки вплоть до создания автоматических линий и участков.

За последние годы значительно возросла производительность труда в результате полной или частичной механизации и автоматизации процессов листовой штамповки, а также прогрессивных и скоростных методов штамповки. Получили широкое применение многопозиционные прессы-автоматы и автоматические линии для листовой штамповки, в числе которых находятся и быстроходные вырубные комплексы (БВК).

**Целью проекта** является снижение себестоимости изготовления детали «Рычаг привода регулятора давления» за счет автоматизации технологического процесса путем перевода изготовления детали на пресс-автомат.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Аннотация . . . . .	
Содержание . . . . .	
Введение . . . . .	
1. Состояние вопроса	
1.1. Анализ технологичности детали . . . . .	
1.2. Описание базовой технологии изготовления детали	
1.3. Критика недостатков базовой технологии	
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 КИМ . . . . .
- 2.4. Описание технологического процесса
- 2.5. Определение энергосиловых параметров штамповки
3. Выбор оборудования
  - 3.1. Выбор оборудования. Технические характеристики
  - 3.2. Выбор средств автоматизации . . . . .
  - 3.3. Описание состава и работы линии. . . . .
4. Разработка конструкции штамповой оснастки
  - 4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки
  - 4.2. Прочностные расчеты деталей штампа и выбор материалов для их изготовления . . . . .
  - 4.3. Определение числа и расположения упругих элементов
  - 4.4. Определение центра давления штампа. . . . .
  - 4.5. Определение исполнительных размеров инструмента
  - 4.6.
5. Безопасность и экологичность объекта
  - 5.1. Описание участка штамповки
  - 5.2. Идентификация опасных и вредных производственных факторов
  - 5.3. Воздействие производственных факторов на организм человека
  - 5.4. Организационные и технические мероприятия по созданию безопасных условий труда
  - 5.5. Обеспечение электробезопасности на участке штамповки
  - 5.6. Обеспечение пожаробезопасности на участке штамповки
  - 5.7. ситуациях в цехах холодной штамповки
6. Экономическая часть
  - 6.1. Характеристика вариантов .....

- 6.2. Калькуляция на штамп .....
- 6.3. Данные для расчета эффективности внедрения технологии
- 6.4. Расчет необходимого количества оборудования и коэф-нта его загрузки, численности рабочих и числа штампов ...
- 6.5. Расчет капитальных вложений .....
- 6.6. Расчет технологической себестоимости двух вариантов
- 6.7. Калькуляция сравнительных вариантов
- 6.8. Расчет показателей экономической эффективности внедрения проектного варианта .....

Выводы . . . . .

Литература . . . . .

Приложения . . . . .

## 1. Анализ исходных данных.

### 1.1. Анализ технологичности детали

Под технологичностью понимается совокупность свойств и конструктивных элементов, которые обеспечивают наиболее простое и экономичное изготовление детали при соблюдении технико-эксплуатационных требований к ней.

К основным показателям технологичности штампованной детали относятся:

- наибольший коэффициент использования материала;
- наименьшее количество и низкая трудоемкость операций;
- отсутствие последующей механической обработки детали;
- наименьшее количество требуемого оборудования, производственных площадей;
- наименьшее количество оснастки и низкие затраты на ее изготовление;
- высокий показатель производительности труда.

Результативным показателем технологичности является себестоимость штампуемой детали.

Для анализа технологичности будем использовать чертеж детали и схему технологических переходов.

При анализе видно, что деталь имеет простую форму, без сложных вырезов контура, также отсутствуют сложные конструктивные элементы. Деталь относится к вспомогательным узлам конструкции автомобиля, обеспечивающим передачу незначительного изгибающего момента. Форма детали должна обеспечивать жесткость конструкции, но при этом не являться сложной.

Деталь может иметь простую форму и обладать достаточной жесткостью в том случае, если для ее изготовления используется материал с высокими



механическими характеристиками. Однако, высокие механические свойства материала могут негативно сказаться на процессе формоизменения металла.

Выше сказанное позволяет сделать следующий вывод: возможность деформирования заготовки лучше обеспечивать использованием пластичной стали, а жесткость штампуемой детали – увеличением толщины материала. Используемый для изготовления материал – пластичная сталь марки 08 КП для глубокой вытяжки (ВГ), толщина стали – 2,0 мм.

«Рычаг привода регулятора давления» штампуется за несколько этапов. На выполнение каждого из них накладываются индивидуальные требования, соблюдение которых способствует качественному выполнению штамповочной операции. Для проведения детального анализа технологичности рассмотрим все операции технологического процесса и проведем анализ технологичности их выполнения.

1) Требования к детали при вырубке-пробивке:

- Пробиваемые отверстия  $\varnothing 15,7$  мм (2 отв.) находятся на достаточном расстоянии от кромки заготовки (рис. 1.1): допускается при  $d > 5 \cdot S$  располагать отверстия на расстоянии  $A_{\min} = 1,5 \cdot S = 1,5 \cdot 2,0 = 3,0$  мм от края, а в нашем случае  $A = 4,65$  мм; фасонное отверстие также лежит на достаточном расстоянии от края:  $A = 4,5$  мм.
- Расстояние между отверстиями для пластичных материалов не должно быть меньше  $a_{\min} = S = 2,0$  мм, что соответствует для данной детали:  $a = 5,5$  мм между краями фасонного и овального отверстий.
- Наименьший размер пробиваемых отверстий при значении предела прочности стали  $\sigma_B = 300$  МПа должен составлять  $d_{\min} = 1,5$  мм; в нашем случае отверстия имеют  $\varnothing 15,7$  мм.
- Размеры фасонного трапециевидного отверстия также технологичны: углы закругления сторон более  $90^\circ$  град.; в этом случае ( $\alpha > 90^\circ$ ) радиус скругления  $R \geq 0,35 \cdot S$ ; условие выполняется, т.к.  $R = 1,0$  мм.

2) Технологические требования к детали при гибке:

- Минимальный допустимый радиус гибки для пластичных материалов (стали 08кп, 08Ю, 10, 20) составляет  $R > S$ , при этом направление волокон не учитывается [6, стр.13]; условие выполняется ( $R=2,5$  мм и  $R=4,0$  мм).
- Наименьшая высота огибаемой полки должна отвечать условию:  $h > 3 \cdot S$  [6]; в нашем случае при отгибке 2-х продольных полок минимальная величина  $h = 7$  мм, что удовлетворяет требованию (рис. 1.1); поперечная полка имеет высоту  $h = 11$  мм.
- Для исключения трещин в углах при гибке на детали должны быть сделаны местные вырезы шириной  $B > S$  [6]; в нашем случае  $B = 3,0$  мм при толщине  $S = 2,0$  мм.
- Для предотвращения искажения формы отверстия необходимо принимать расстояние от центра радиуса гiba до края пробитого отверстия  $a > 2 \cdot S$  [6, рис.3.3]; в нашем случае для овальных отверстий расстояние до линии гибки продольных полок  $a > 7$  мм (рис. 1.1); для 2-х отверстий  $\varnothing 15,7$  мм расстояние до линии гибки продольных полок  $a > 4$  мм, что также отвечает условию.
- Выше указанное требование не выполняется по отношению к пробиваемому фасонному отверстию трапециевидной формы, которое попадает в зону деформации при отгибе малой (поперечной) полки; требования к форме и размерам этого элемента невысоки, поэтому указанным несоблюдением требований можно пренебречь.
- Для увеличения жесткости гнутых деталей рекомендуется штамповка ребер жесткости поперек угла изгиба; деталь имеет выштамповку овальной формы, полученную формовкой поперек линии отгиба продольных полок.

3) Технологические требования к детали при формовке:

- Формованные выступы рекомендованы со сферическими стенками, что имеет место в конструкции детали, (рис. 1.1): радиус сферической донной части  $R = 2,5$  мм.
- Геометрия формованного выступа также технологична: радиус  $R = 3,0$  мм при минимальном для пластичной стали  $R = 1,5 \cdot S = 1,5 \cdot 2,0 = 3,0$  мм; глубина формованного выступа  $h = 5$  мм (рис. 1.1).

Из всего выше изложенного делаем вывод, что деталь «Рычаг привода регулятора давления» удовлетворяет общим требованиям технологичности, предъявляемым к конструкциям листовых штампованных деталей.

Оценку технологичности не ухудшает коэффициент использования материала (КИМ), который составляет для рассмотренной технологии 60,0 % (расчеты приведены далее, см. п. 2.3).

## 1.2. Существующий вариант технологии изготовления детали

Начальный этап изготовления детали «Рычаг привода регулятора давления» – вырубка-пробивка – осуществляется на прессе «Раскин» усилием 1,25 МН (125 т), оснащенного разматывающим устройством, устройством подачи в зону обработки и удаляющим устройством, выполненного в виде лоткового съемника (кинематически связан с ползуном прессы).

На **1-ом** этапе производится вырубка 2-х заготовок из ленты шириной 140 мм с шагом 98 мм (толщина ленты 2,0 мм), и пробивка 4-х отверстий: 2-х  $\varnothing 15,7$  мм и 2-х фасонных (овального размерами 14,0 × 9,5 мм и трапецевидной формы размерами 11,0 × 7,0 × 8,0 мм). Раскрой металла 2-х рядный встречный с наклоном оси симметрии 15° (угол наклона выбран так,

что продольная кромка вырубаемого контура параллельна кромке ленты),рис. 1.2.

Остальные этапы выполняются на автоматической линии типа **АЛП-3**. Линия состоит из нескольких технологически связанных модулей:

- многопозиционного прессы К3132 усилием 1,6 МН (160 т.с.), размеры стола которого позволяют устанавливать последовательно несколько штампов (6 шт.);
- загрузочного устройства с присосками для подачи штучных заготовок;
- рейферных линеек, которые осуществляют перенос деталей с позиции на позицию.

На **2-ом** этапе технологического процесса производится отгибка малой (поперечной) полки высотой 11,0 мм на угол 85°. Кроме этого, выполняется формовка поперечно расположенного овального выступа размерами 27,0 × 5,0 мм и глубиной 5,0 мм (формовка вводится для увеличения жесткости будущей детали), рис 1.3.

На **3-ем** этапе выполняется гибка двух боковых (продольных) полок и гибка края заготовки, противоположного первой гибке, на угол 7°; линии продольного изгиба параллельны, расстояние между ними равно длине формованного выступа – 27,0 мм (рис. 1.4).

На **4-ом** этапе штамповки происходит пробивка овального отверстия размером 15,0 × 11,1 мм, расположенного на продольной оси симметрии детали в зоне формовки выступа (рис. 1.5).

Как было отмечено выше, перенос заготовок с позиции на позицию и, соответственно, закладка их и удаление из штампов выполняется рейферными линейками. Для укладки заготовок на рейферные линейки используют загрузчик с пневматическими присосками, которые забирают по одной заготовке из расположенной на подвижной тележке питателе (заготовки в нем расположены определенным образом относительно штампов). Процесс предварительной ориентации заготовок выполняется

вручную одним из операторов-штамповщиков. Заготовки после этапа вырубки- пробивки поступают в подвозимой автопогрузчиком таре.

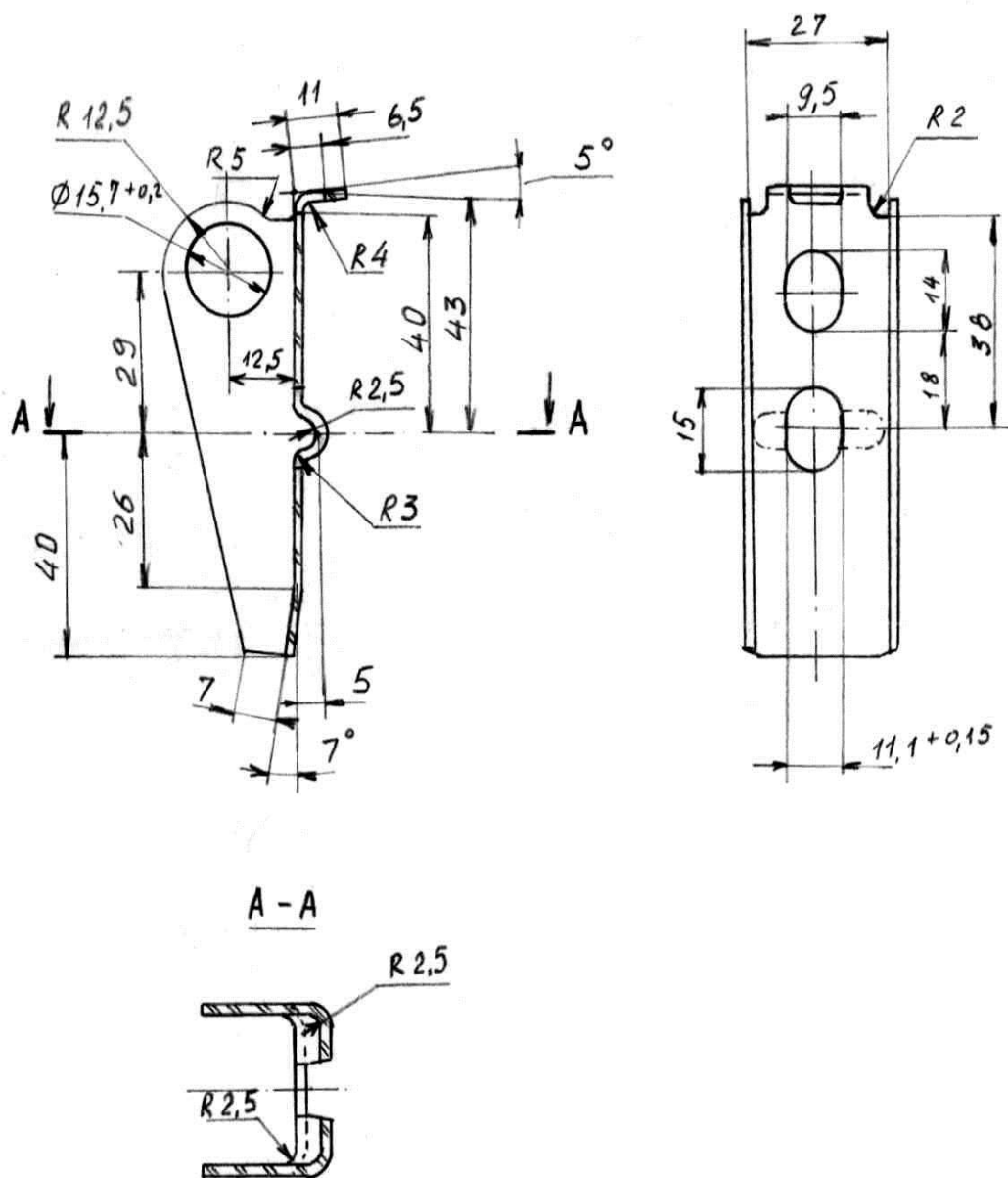


Рисунок 1.1- Рычаг привода регулятора давления

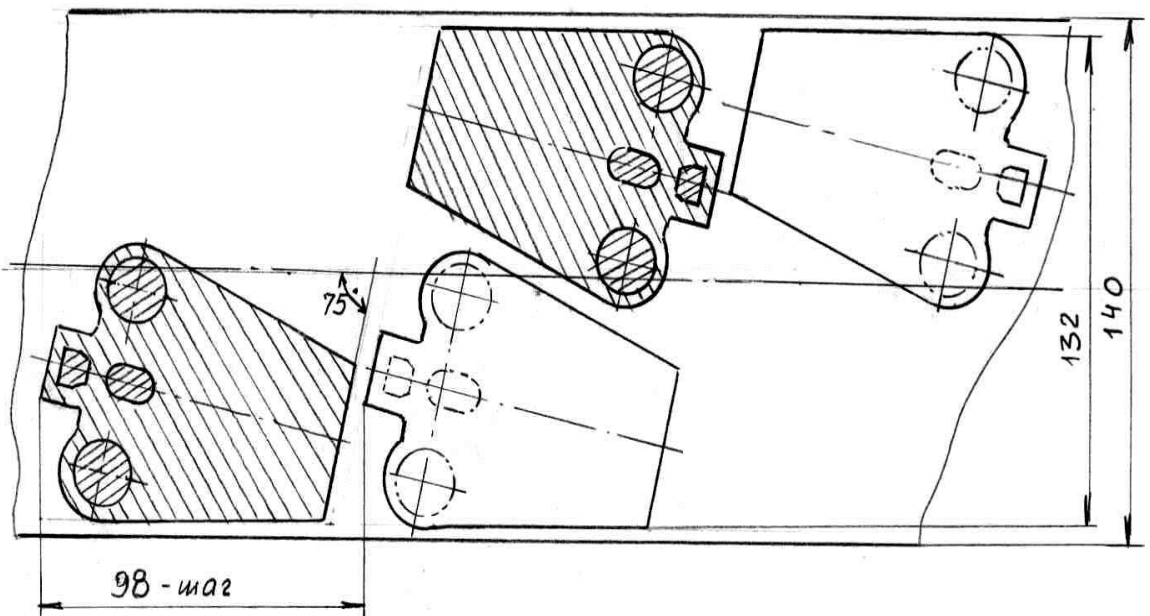


Рисунок 1.2- Операция 10  
Вырубка-пробивка

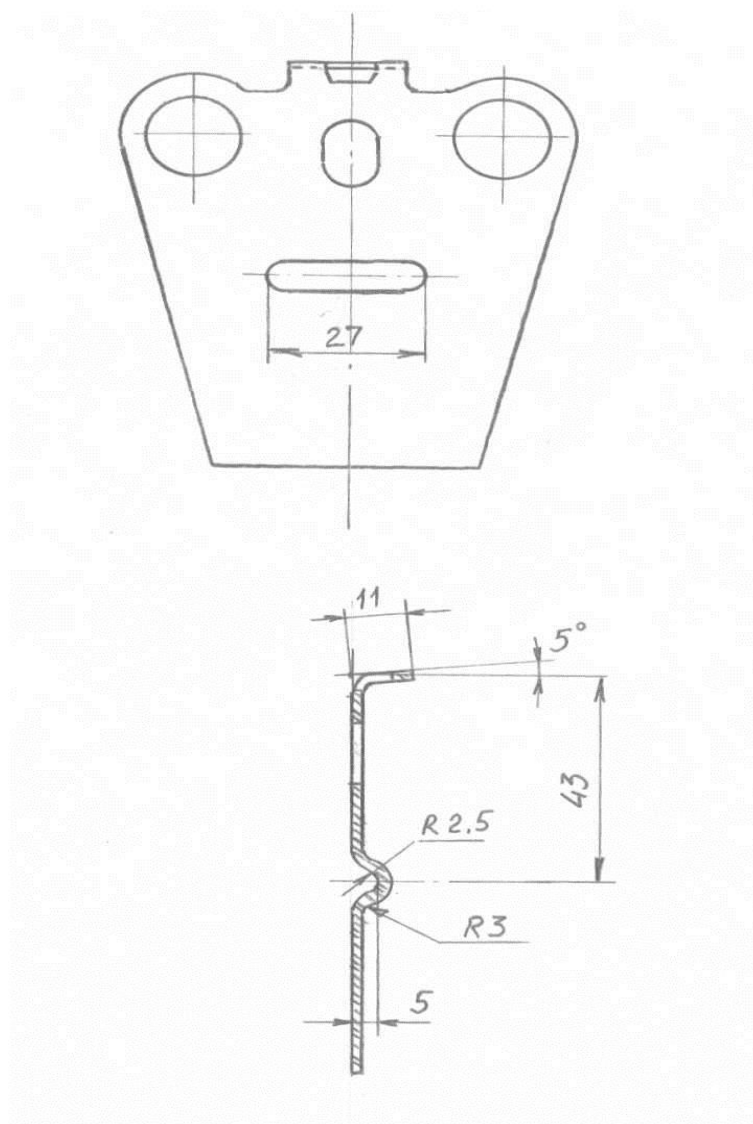


Рисунок 1.3- Операция 20 Гибка 1-я и формовка

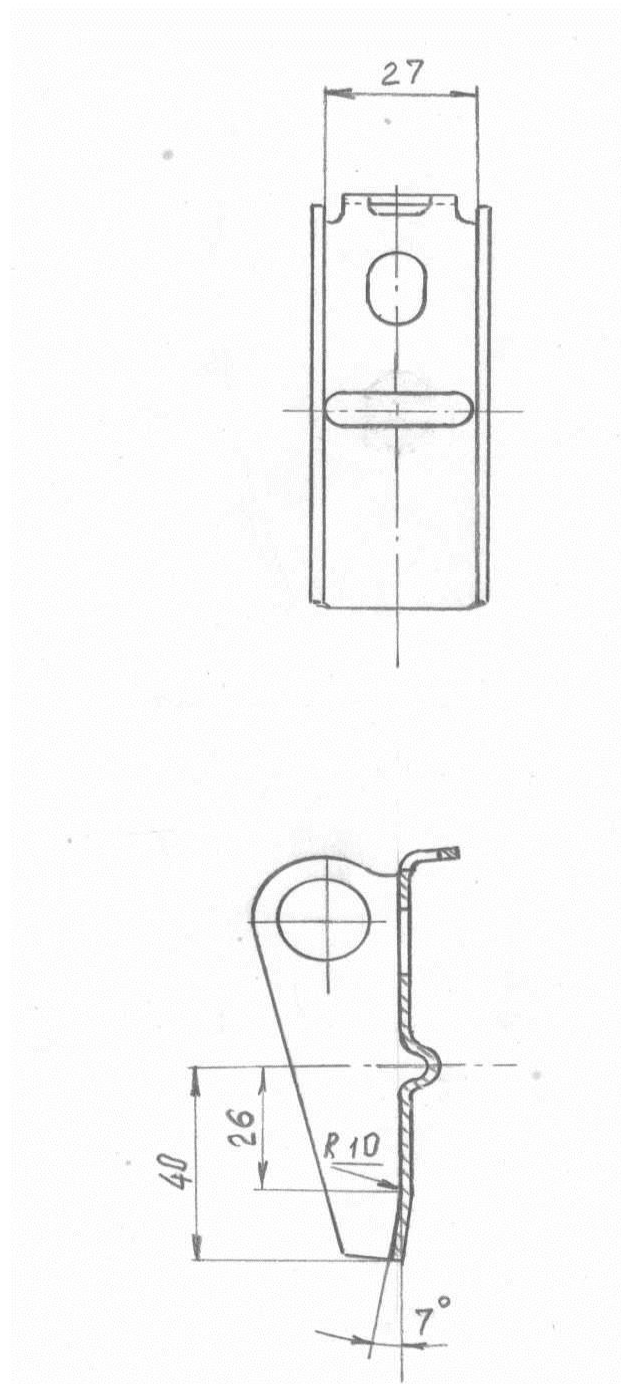


Рисунок 1.4- Операция 30Гибка 2-я



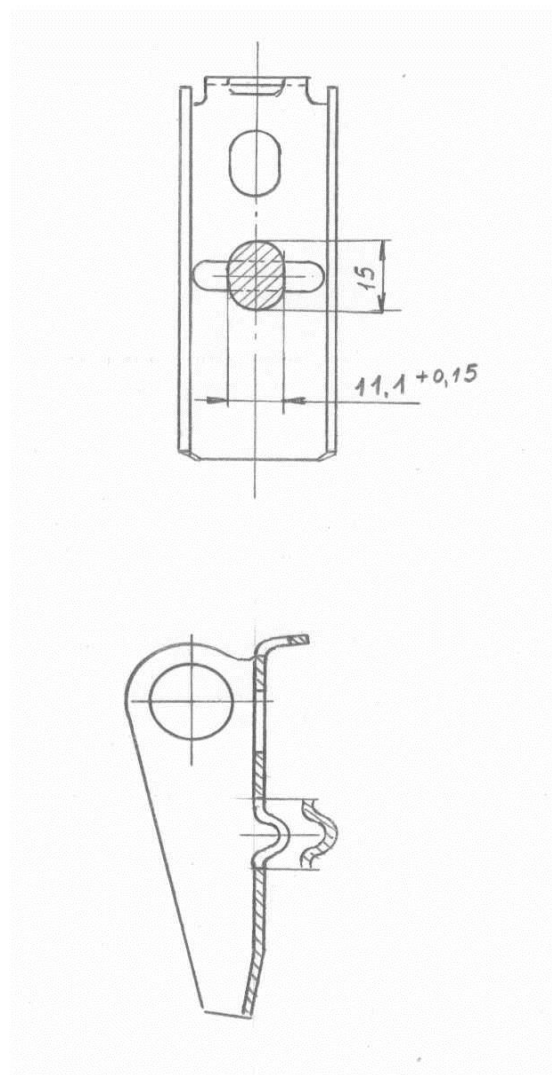


Рисунок 1.5- Операция 40 Пробивка

### 1.3. Критика недостатков существующего варианта технологического процесса

Анализ выше описанного технологического процесса показал, что он обладает рядом недостатков:

- 1) производительность на заготовительном этапе (операция вырубки-пробивки) значительно выше производительности последующих штамповочных операций; это приводит к тому, что основную часть деталей отвозят на склад и лишь небольшая их часть поступает к автоматической линии АЛП-3; итоговая производительность выпуска деталей низкая;
- 2) необходимость создания межоперационного задела между 1-ым и 2-ым этапами приводит к потерям времени на транспортно-складские операции, а также к увеличению затрат на ремонт и обслуживание автопогрузчиков;
- 3) загрузка заготовок в питатель и их ориентация перед штамповкой на линии АЛП-3 осуществляется вручную, что также снижает производительность технологического процесса.

Учитывая указанные недостатки делаем вывод - актуален перевод процесса изготовления данной детали на более прогрессивную технологическую схему. Целесообразно оставить использование в технологическом процессе многопозиционной штамповки на пресс-автомате, снабженным механизмом автоматической передачи заготовок.

Вывод: следует разработать новый техпроцесс, который не будет иметь недостатков базовой технологии, что позволит достичь поставленной в дипломном проекте цели.

#### 1.4. Задачи дипломного проекта

Для достижения поставленной в дипломном проекте цели необходимо решить следующие задачи:

- изменить схему раскроя материала с учетом оптимального раскроя материала для повышения КИМ;
- рассчитать энергосиловые параметры процесса штамповки применительно к новой технологической схеме;
- подобрать необходимое оборудование и средства автоматизации, обеспечивающие выполнение нового технологического процесса;
- разработать новую штамповую оснастку, учитывая параметры выбранного технологического оборудования;
- проанализировать условия труда и разработать мероприятия по их улучшению с учетом работы на выбранном оборудовании;
- выполнить оценку экономической эффективности нового технологического процесса.

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

### **2.1. Разработка схемы технологического процесса**

При выборе варианта технологической схемы необходимо учитывать ряд показателей, непосредственно влияющих на тип и содержание техпроцесса.

К ним относятся:

- программа выпуска деталей;
- форма и габариты детали и заготовки;
- толщина и свойства материала изделия;
- предъявляемые требования к качеству поверхности, точности изготовления и эксплуатационным характеристикам детали.

Разработку новой схемы техпроцесса следует вести с учетом недостатков существующей технологии. Ранее было отмечено, что основным недостатком существующего техпроцесса является сравнительно низкая производительность при выполнении основных операций (по отношению к заготовительной операции).

Для увеличения производительности необходимо автоматизировать процесс изготовления детали на всем производственном цикле.

При выборе способов автоматизации техпроцесса целесообразно отказаться от применения грейферной подачи (при перемещении заготовок между позициями) в пользу последовательной штамповки из ленты. Это связано с особенностями работы грейферных линеек. Для возможности их перемещения через зону обработки требуется сравнительно большое раскрытие штампа, что приводит к необходимости большего хода ползуна по сравнению с последовательной штамповкой из ленты. Увеличенный ход ползуна снижает число его ходов в минуту. При последовательной же штамповке величина хода ползуна минимальна, а лента перемещается на шаг, определяемый размерами детали.

В то же время, процесс последовательной штамповки предусматривает ряд обязательных операций, которые позволяют обеспечивать требуемую точность детали.

На первом шаге обязательно выполняется технологический вырез с края ленты для дальнейшего контроля шага подачи. Далее необходима пробивка технологических отверстий для ловителей, обеспечивающих позиционирование ленты на последующих этапах штамповки (отверстия пробиваются в зоне отхода). На последующих шагах производится поэтапная обрезка лишнего металла в отход, чем обеспечивается постепенная вырезка контура штампуемой детали. По окончании этого процесса заготовка остается соединенной с лентой узкой перемычкой. Затем следуют формообразующие операции техпроцесса, после завершения которых осуществляется завершающий этап – отделение готовой детали путем вырубki перемычки.

Часто для повышения производительности процесса последовательной штамповки применяют схему одновременной штамповки двух спаренных деталей, размещенных в ленте симметрично относительно продольной оси ленты. Это может также повысить коэффициент использования материала.

В новом варианте предлагается перевести изготовление детали на последовательную штамповку.

## 2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки

Для определения рационального раскроя материала необходимо произвести расчет размеров исходной заготовки и определить ее форму.

Определение размеров плоских заготовок, подлежащих гибке, основано на равенстве длины развернутой заготовки длине нейтрального слоя изогнутой детали.

Поскольку заготовка подвергается нескольким изгибам во взаимно перпендикулярных плоскостях, необходимо рассчитать развертку детали в

поперечном и продольном сечениях (А-А и Б-Б), рис. 2.1. Определение длины развертки сводится к суммированию длин прямых участков и длины нейтрального слоя изогнутых участков сечений.

1) Длина развертки поперечного сечения А-А (рис. 2.1): сумма длин 2-х радиусных и 3-х прямолинейных участков:

$$L_{\text{Сечение А-А}} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 .$$

где  $L_1 = L_5$  – наибольшие длины вертикальных стенок в зоне пробиваемых отверстий  $\varnothing 15,7$  мм; длина сечения:

$$L_1 = 12,5 + 12,5 - r ,$$

где  $r$  – радиус гибки;  $r = 2,5$  мм;

$$L_1 = 25,0 - 2,5 = 22,5 \text{ мм.}$$

$L_2 = L_4$  – длины дугообразных участков сечения в зонах продольного изгиба заготовки; длина сечения:  $L_2 =$

$$2 \cdot 3,14 \cdot \rho / 4 ,$$

где  $\rho$  – радиус нейтрального слоя;

$$\rho = r + x \cdot S = 2,5 + 0,43 \cdot 2,0 = 3,36 \text{ мм} ,$$

$r$  – радиус гибки;  $r = 2,5$  мм;

$x$  – величина смещения нейтрального слоя от средней линии; зависит от соотношения  $r/S$ ;  $x=0,43$  (табл. 16 [1])

$S$  – толщина материала;  $S = 2,0$  мм.

$$L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,36 / 4 = 5,28 \text{ мм.}$$

$L_3$  – длина горизонтального участка между двух отогнутых полок; длина сечения:

$$L_3 = 27 - 2 \cdot r, \text{ где } r \text{ – радиус изгиба;}$$

$$L_3 = 27 - 2 \cdot 2,5 = 22 \text{ мм.}$$

Окончательно длина поперечного сечения составляет:

$$L_{\text{Сечение А-А}} = 22,5 + 5,28 + 22 + 5,28 + 22,5 = 77,56 \text{ мм.}$$

2) Длина развертки продольного сечения Б-Б (рис. 2.1) состоит из суммы длин 1 радиусного и 3 прямолинейных участков (определяя длину развертки не учитывается длина сечения формованного выступа, т.к. набор металла здесь идет за счет утонения материала, прилегающего к этой зоне):

$$L_{\text{Сечение Б-Б}} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 .$$

где  $L_1$  – длина отгибаемой короткой полки;

$$\text{длина сечения: } L_1 = 11 - S - r , \text{ (рис. 2.1),}$$

$$\text{где } r \text{ – радиус гибки; } r = 2,0 \text{ мм;}$$

$$S \text{ – толщина материала; } S = 2,0 \text{ мм.}$$

$$L_1 = 11 - 2,0 - 2,0 = 7,0 \text{ мм.}$$

$L_2$  – длина дугообразного участка сечения в зоне изгиба полки;

$$\text{длина сечения: } L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot \rho / 4,$$

где  $\rho$  – радиус нейтрального слоя;

$$\rho = r + x \cdot S = 2,0 + 0,43 \cdot 2,0 = 2,86 \text{ мм ,}$$

$$r \text{ – радиус гибки; } r = 2,0 \text{ мм;}$$

$x$  – величина смещения нейтрального слоя от средней линии; зависит от соотношения  $r/S$ ;  $x=0,43$  (табл. 16 [1])

$$S \text{ – толщина материала; } S = 2,0 \text{ мм.}$$

$$L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,86 / 4 = 4,43 \text{ мм.}$$

$L_3$  – длина горизонтального участка (без учета размеров формовки);

$$\text{длина сечения: } L_3 = 43 - r - S + 26,$$

где  $r$  – радиус отгиба полки;  $r = 2,0$  мм

$$L_3 = 43 - 2 - 2 + 26 = 65 \text{ мм.}$$

$L_4$  – длина наклонного участка;

$$\text{длина сечения: } L_4 = (40 - 26) / \cos 7^\circ = 13,13 \text{ мм.}$$

Окончательно длина продольного сечения составляет:

$$L_{\text{Сечение Б-Б}} = 7,0 + 4,43 + 65 + 13,13 = 90,60 \text{ мм.}$$

Таким образом, максимальные размеры заготовки составляют  $77,6 \times 90,6$  мм.

Однако, отгибаемые продольные полки имеют переменную высоту по сечению А-А (рис. 2.1). Поэтому для построения более точного контура заготовки необходимо определить длину развертки на самом краю детали.

3) Длина развертки поперечного сечения А'-А' (рис. 2.1): сумма длин 2 радиусных и 3 прямолинейных участков:

$$L_{\text{Сечение А'-А'}} = L_1' + L_2 + L_3 + L_4 + L_5'.$$

где  $L_1' = L_5'$  – наименьшие длины вертикальных стенок в зоне поперечного загиба на  $7^\circ$ :

$$L_1 = 7,0 - r,$$

где  $r$  – радиус гибки;  $r = 2,5$  мм;

$$L_1 = 7,0 - 2,5 = 4,5 \text{ мм.}$$

$L_2 = L_4$  – длины дугообразных участков сечения в зонах продольного изгиба заготовки; длина сечения:  $L_2 = 5,28$  мм (найжены по сечению А-А).

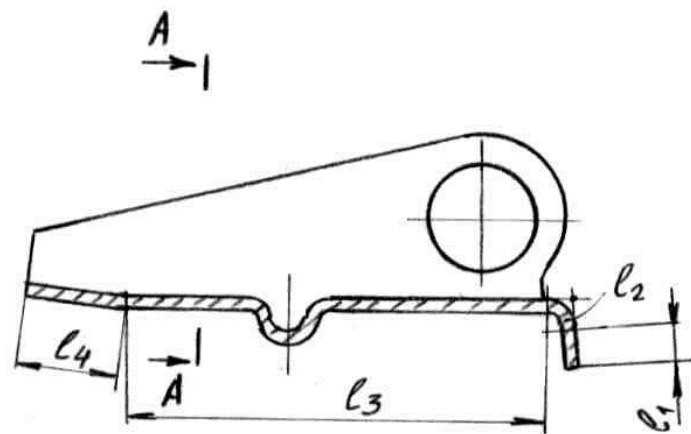
$L_3$  – длина горизонтального участка между двух отогнутых полок;  $L_3 = 22$  мм (рассчитано по сечению А-А).

Окончательно длина крайнего поперечного сечения составляет:

$$L_{\text{Сечение А'-А'}} = 4,5 + 5,28 + 22 + 5,28 + 4,5 = 41,6 \text{ мм.}$$

Построение контура заготовки завершается построением сопряжений дуг радиуса  $R12,5$  мм, проведенных из центров отверстий  $\varnothing 15,7$  мм, и контура вырезаемого участка шириной 21 мм, рис. 2.2.





A-A

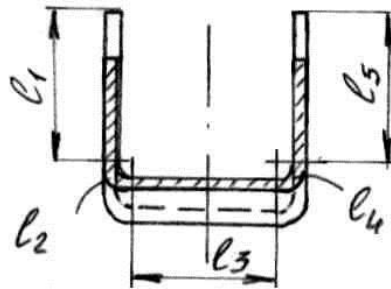


Рисунок 2.1- Определение развертки детали

## 2. 3 Проектирование рационального раскроя металла и определение КИМ

В базовом технологическом процессе применен двухрядный раскрой со встречным расположением заготовок в ленте (предварительная операция вырубки-пробивки выполняется в шахматном порядке), причем оси симметрии вырубаемых контуров наклонены к направлению движения ленты на  $15^\circ$ . Такой тип раскроя обеспечивает высокий коэффициент использования материала (КИМ), являясь рациональным при вырубке штучных заготовок [2].

При штамповке по последовательной схеме (предлагаемый вариант техпроцесса) указанный раскрой неприемлем, т.к. прогрессивная штамповка имеет одну технологическую особенность – спаривание деталей должно выполняться по тем сторонам, положение которых в процессе формообразования не изменяется. Для рассматриваемой детали «Рычаг привода регулятора давления» этому требованию соответствует торцевая часть заготовки с зауженной стороны детали на размере 41,4 (рис. 2.2). Со всех остальных сторон производится отгибка вертикальных полок.

В итоге приходим к выводу, что в проектном варианте целесообразен двухрядный раскрой со встречным расположением заготовок, при котором оси симметрии двух деталей лежат на одной линии. Ширина перемычки между деталями зависит от величины технологического отверстия, пробиваемого в ней для возможности фиксации ленты при штамповке. При этом размер перемычки следует принять таким, чтобы развертки спаренных деталей вписывались в ширину ближайшей по ГОСТу ленты (без дополнительной обрезки ленты по ширине).

Рассчитаем размер ленты. Длина развертки детали в продольном направлении ориентировочно равна  $L = 90,6$  мм (см. пункт 2.2). Диаметр



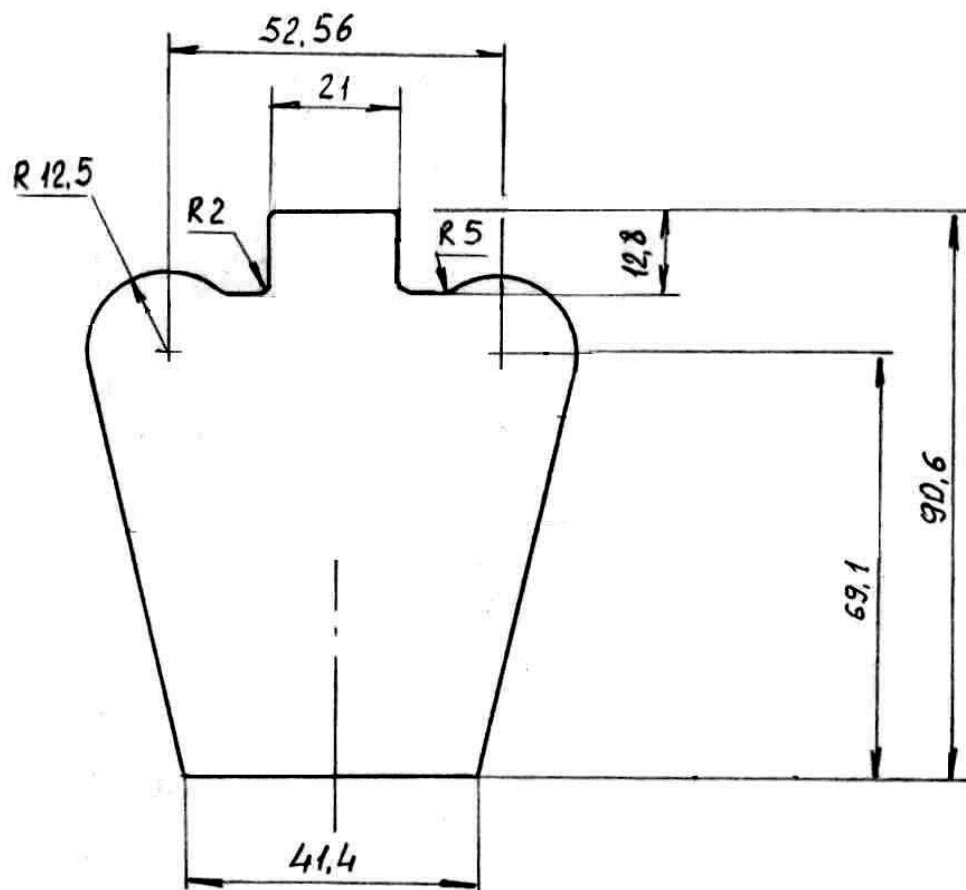


Рисунок 2.2- Контур заготовки

технологического отверстия подловителя штампа составляет  $\varnothing 10,0$  мм.

Между краем отверстия и краем детали необходимо предусмотреть минимальную перемычку, величина которой зависит от толщины материала  $S$ ; ширина перемычки  $h \geq 1,5 \cdot S = 3,0$  мм.

В итоге ширину ленты определяем по формуле:

$$B = 2 \cdot L + D_{\text{отв.}} + 2 \cdot h$$

$$B = 2 \cdot 90,6 + 10,0 + 2 \cdot 3,0 = 197,2 \text{ мм.}$$

Из сортамента листового материала выбираем ближайшее значение ширины ленты:  $B = 200$  мм [2]. Незначительный запас по ширине распределяем в перемычках между краями отверстия и детали.

Оценка экономичности раскроя определяется посредством нахождения коэффициента использования материала (**КИМ**):

$$K_{\text{И}} = F_{\text{ЗАГ.}} \cdot n_{\text{р}} / (B \cdot H),$$

где  $F_{\text{ЗАГ.}}$  - площадь поверхности детали за вычетом мелких отверстий;  
 $H$  - шаг вырубki;  
 $B$  - ширина ленты;  
 $n_{\text{р}}$  - количество рядов раскроя.

Площадь детали  $F_0$  получаем, суммируя (и отнимая) площади отдельных участков детали, имеющих правильную геометрическую форму, рис. 2.3:

$$F_{\text{ЗАГ.}} = F1 + F2 + F3 + F4 - F5 - F6 - F7 - F8, \text{ где}$$

$F1$  - площадь большего прямоугольного участка;

$$F1 = 77,8 \cdot 27 = 2100,6 \text{ мм}^2.$$

$F2$  - площадь меньшего прямоугольного участка;

$$F2 = 12,8 \cdot 21 = 268,8 \text{ мм}^2.$$

$F3$  - площадь трапеций, соответствующим двум отгибаемым продольным полкам;

$$F3 = 69,1 \cdot (25 + 7) = 2211,2 \text{ мм}^2.$$

$F4$  - площадь двух полукругов  $R12,5$  мм;

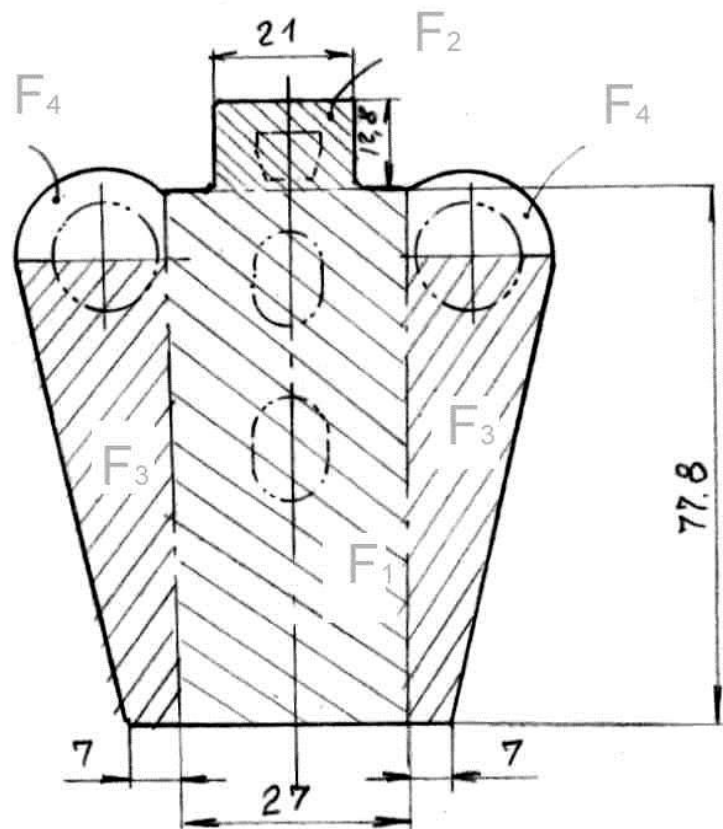


Рисунок 2.3- Площадь поверхности заготовки  
(к расчету КИМ)

$$F4 = 3,14 \cdot 12,5^2 / 4 = 122,7 \text{ мм}^2.$$

F5 – площадь двух пробиваемых отверстий  $\varnothing 15,7$  мм;

$$F5 = 2 \cdot 3,14 \cdot 15,7^2 / 4 = 387,2 \text{ мм}^2.$$

F6 - площадь 1-го пробиваемого отверстия овальной формы;

$$F6 = (14 - 9,5) \cdot 9,5 + (3,14 \cdot 9,5^2 / 4) = 113,6 \text{ мм}^2.$$

F7 - площадь 2-го пробиваемого отверстия овальной формы;

$$F7 = (15 - 11,1) \cdot 11,1 + (3,14 \cdot 11,1^2 / 4) = 140,1 \text{ мм}^2.$$

F8 – площадь пробиваемого фасонного отверстия;

$$F8 = 11 \cdot 5 - 2 \cdot 2 = 51,0 \text{ мм}^2.$$

Определяем площадь развертки детали:

$$F_{\text{ЗАГ.}} = 2100,6 + 268,8 + 2211,2 + 127,7 - 387,2 - 113,6 - 140,1 - 51,0 = 4118,4 \text{ мм}^2.$$

Определим КИМ для сравниваемых вариантов.

#### 1) Базовый вариант раскроя

Штамповка из ленты шириной  $B = 140$  мм и шагом  $H = 98$  мм. Одновременно получают 2 заготовки.

Определение КИМ:

$$K_{\text{И}} = F_{\text{ЗАГ.}} \cdot n_{\text{р}} / (B \cdot H) = 4118,4 \cdot 2 / (140 \cdot 98) = 0,600 = 60,0 \text{ \%}.$$

#### 2) Предлагаемый вариант раскроя

Штамповка из ленты шириной  $B = 200$  мм и шагом  $H = 82$  мм. Одновременно штампуются 2 детали.

Определение КИМ:

$$K_{\text{И}} = F_{\text{ЗАГ.}} \cdot n_{\text{р}} / (B \cdot H) = 4118,4 \cdot 2 / (200 \cdot 82) = 0,502 = 50,2 \text{ \%}.$$

## 2.4 Описание технологического процесса

На первой позиции на штамповочном комплексе выполняется пробивка нескольких групп отверстий: 4-х диаметром 15,7 мм; 1-го  $\varnothing 10,0$  мм; 2-х фигурных отверстий; 1-го полукруглого сегмента радиусом 6,0 мм (с края ленты) и 2-х прямоугольных отверстий  $15,0 \times 4,1$  мм.

На второй позиции также производится пробивка нескольких отверстий: 2-х овальных  $14,0 \times 9,5$  мм и 2-х прямоугольных  $15,0 \times 4,1$  мм, рис. 2.4.

На третьей позиции штамповки осуществляется вырубка двух зеркально расположенных отверстий трапециевидной формы, (рис. 2.4.)

На четвертой позиции происходит вырубка 2-х фигурных отверстий по краям ленты.

На пятой позиции производится гибка 2-х полок по краям ленты (в продольном направлении) и формовка 2-х овальных участков, (рис. 2.4.)

На шестой позиции выполняется гибка 4-х полок (в поперечном направлении), (рис. 2.4.)

На седьмой позиции происходит пробивка 2-х овальных отверстий  $15,0 \times 11,1$  мм.

Заключительным, восьмым этапом является разрезка – готовые детали (2 шт.) отделяются от ленты.

## 2.5 Определение энергосиловых параметров процесса штамповки

При проектировании технологического процесса необходимо определить усилия, требуемые для выполнения каждой операции, и работу на операциях, чтобы затем подобрать оборудование по мощности.



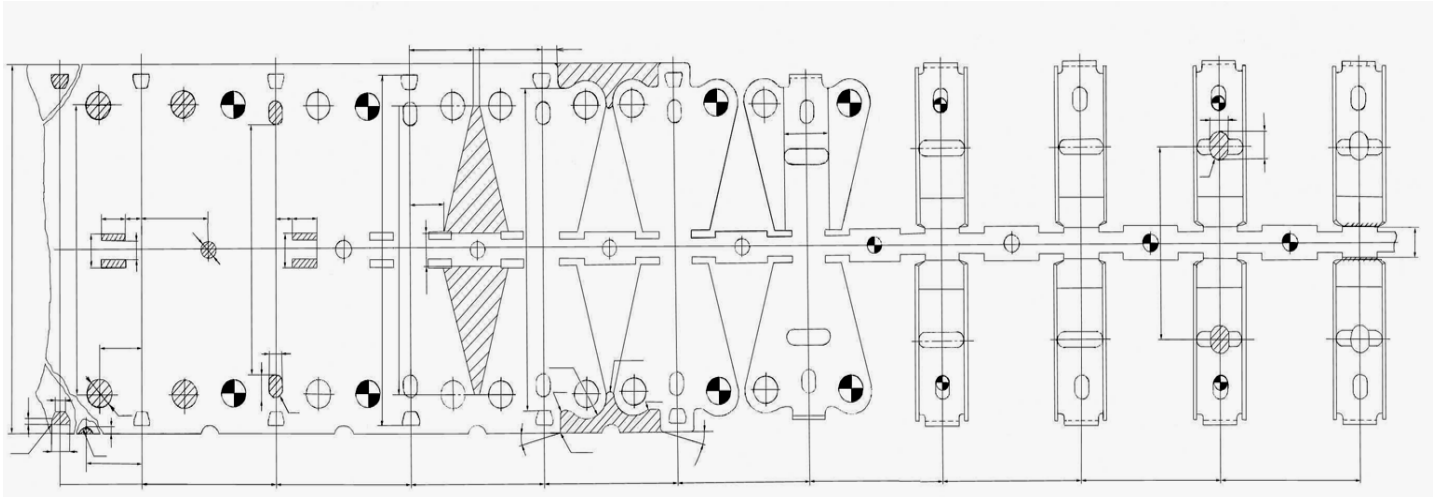


Рисунок 2.4- Предлагаемый технологический процесс

Последовательная штамповка на пресс-автомате

## 2. 5. 1 Определение параметров разделительных операций

Усилие разделительных операций для инструмента с параллельными режущими кромками определяется по формуле:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} ,$$

где  $k = 1,25$  – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла и затупление рабочих кромок инструмента);

$S = 2,0$  мм – толщина материала;

$L$  – длина линии резания;

$\sigma_{\text{ср}} = 25$  кг/мм<sup>2</sup> – сопротивление срезу [2, табл. 220];

Этап 1-й:

Пробивка 2-х фасонных отверстий (рис. 2.4):

$$P_1 = 1,25 \cdot [(11+7+8) \cdot 2] \cdot 2,0 \cdot 25 = 3250 \text{ кгс} = 32,5 \text{ кН.}$$

Этап 2-й:

Пробивка 4-х отверстий  $\varnothing 15,7$  мм, 1-го отверстия  $\varnothing 10,0$  мм, 2-х прямоугольных  $15,0 \times 4,1$  мм и выреза круглого сегмента R6 глубиной 4 мм (под устройство контроля шага подачи), рис. 2.4:

$$P_2 = 1,25 \cdot (3,14 \cdot [d_1 \cdot 4 + d_2] + [15,0 + 4,1] \cdot 4 + [2 \cdot 3,14 \cdot R / 2]) \cdot 2,0 \cdot 25 = 1,25 \cdot (197,2 + 31,4 + 76,4 + 18,8) \cdot 2,0 \cdot 25 = 20240 \text{ кгс} = 202,4 \text{ кН.}$$

Этап 3-й:

Пробивка еще 2-х прямоугольных отверстий  $15,0 \times 4,1$  мм и 2-х овальных отверстий  $14,0 \times 9,5$  мм, рис. 2.4:

$$P_3 = 1,25 \cdot ([15,0 + 4,1] \cdot 4 + [4,5 \cdot 2 + 3,14 \cdot d]) \cdot 2,0 \cdot 25 = 1,25 \cdot (76,4 + 77,7) \cdot 2,0 \cdot 25 = 9631 \text{ кгс} = 96,3 \text{ кН.}$$

Этап 4-й:

Вырубка 2-х треугольных вырезов  $70 \times 30$  мм, рис. 2.4:

$$P_4 = 1,25 \cdot ([30,0 + 70,0] \cdot 2) \cdot 2,0 \cdot 25 = 21835 \text{ кгс} = 218,5 \text{ кН.}$$

Этап 5-й:

Отрезка 2 фигурных вырезов по краям ленты, рис. 2.4:

$$P_5 = 1,25 \cdot ([12,8 \cdot 2 + 2 \cdot 3,14 \cdot R + 7,5] \cdot 2) \cdot 2,0 \cdot 25 = 14887,5 \text{ кгс} = 148,9 \text{ кН.}$$

## 2. 5. 2 Определение параметров формообразующих операций

Этап 6-й:

Гибка поперечной полки и формовка (рис. 2.4):

$$P_6 = P_6' + P_6'', \text{ где } P_6' \text{ – усилие гибки;}$$
$$P_6'' \text{ – усилие формовки.}$$

1) Усилие гибки:

$$P_6' = 1,3 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k,$$

где  $B$  – длина линии изгиба;

$S$  – толщина материала;

$\sigma_B$  – предел прочности;  $\sigma_B = 30 \text{ кг/мм}^2$  [2, табл.220];

$k = 0,1$  – коэффициент; зависит от  $r_M/S$  и  $r_n/S$  [2, табл.25].

$$P_6' = 1,3 \cdot 21,0 \cdot 2,0 \cdot 30 \cdot 0,18 = 2948 \text{ кгс} = 29,48 \text{ кН.}$$

2) Усилие формовки:

$$P_6'' = L \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k,$$

где  $L$  – длина линии формовки;

$S$  – толщина материала;

$\sigma_B$  – предел прочности;  $\sigma_B = 30 \text{ кг/мм}^2$  [1, табл.220];

$k = 0,7 \dots 1,0$  – коэффициент; зависит от ширины и глубины формовки, [1, табл.25].

$$P_6'' = 27 \cdot 2,0 \cdot 30 \cdot 0,8 = 1296 \text{ кгс} = 12,96 \text{ кН.}$$

Суммарное усилие на шестом этапе:

$$P_6 = 29,48 + 12,96 = 42,43 \text{ кН.}$$

Этап 7-й:

Гибка продольных полок (рис. 2.4):

$$P_7 = 1,3 \cdot 2 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k,$$

$$P_7 = 1,3 \cdot 2 \cdot 77,8 \cdot 2,0 \cdot 30 \cdot 0,18 = 2184,6 \text{ кгс} = 21,85 \text{ кН.}$$

### 2. 5. 3 Определение параметров заключительных операций

Этап 8-й:

Пробивка 2 овальных отверстий ( $15,0 \times 11,1$  мм) в местах формовок (рис. 2.4):

$$\text{Усилие пробивки: } P_8 = 1,25 \cdot L \cdot F \cdot \sigma_B$$

$$P_8 = 1,25 \cdot 2 \cdot (3,9 \cdot 2 + 3,14 \cdot 11,1) \cdot 2,0 \cdot 25,0 = \\ = 3581,8 \text{ кгс} = 35,82 \text{ кН.}$$

Этап 9-й:

Отделение деталей от перемишки (рис. 2.4):

$$P_9 = 1,25 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 2,0 \cdot 25,0 = 2500 \text{ кгс} = 25,0 \text{ кН.}$$

Суммарное расчетное усилие по всем операциям:

$$P_{\text{расч.}} = 32,5 + 202,4 + 96,3 + 218,5 + 148,9 + 42,4 + +21,9 + 35,8 + 25,0 = \\ 823,7 \text{ кН.}$$

На практике используют полное технологическое усилие, учитывающее дополнительные усилия на сжатие пружин и проталкивание отхода через матрицу (при вырубке-пробивке).

Усилие сжатия пружин усреднено для многопозиционного штампа, имеющего много пробивных пуансонов, и определяется по суммарному расчетному усилию по формуле:

$$P_{CH} = K_{CH} \cdot P_{расч.} = 0,2 \cdot 823,7 = 164,7 \text{ кН.}$$

$K_{CH} = 0,2 \dots 0,6$  [1, табл.6], зависит от F.

Усилие проталкивания отхода определим по формуле:

$$P_{ПР} = K_{ПР} \cdot P_{ПРОБ.} \cdot n ,$$

где  $K_{ПР}$  – коэффициент проталкивания;  $K_{ПР} = 0,07 \dots 0,14$  [1, стр.21];

$P_{ПРОБ.}$  – часть от суммарного расчетного усилия, которая необходима для вырубки-пробивки на всех этапах штамповки:

$$P_{ПРОБ.} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_8 + P_9 = 759,4 \text{ кН;}$$

$n$  – количество одновременно проталкиваемых сквозь матрицу элементов;  $n = 3$ .

$$P_{ПР} = 0,10 \cdot 759,4 \cdot 3 = 227,82 \text{ кН.}$$

Таким образом, окончательно получаем значение полного технологического усилия:

$$P_{\Sigma} = P_{расч.} + P_{CH} + P_{ПР} = 823,7 + 164,7 + 227,82 = 1216,22 \text{ кН.}$$

Для завершения подсчетов энерго-силовых параметров процесса штамповки требуется рассчитать работу, затрачиваемую прессом на всех этапах последовательной штамповки.

1) Работа на разделительных операциях (при вырубки-пробивке) определяется по формуле:

$$A = \lambda \cdot P_{ПРОБ.} \cdot F / 1000 ,$$

где  $\lambda = 0,7 \dots 0,6$  – коэффициент, зависящий от  $\sigma_{ср}$  и площади F, [1, табл.7];

$P_{ПРОБ.}$  – суммарное усилие вырубки-пробивки, кгс;

F – толщина материала, мм.

$$A_{ПРОБ.} = 0,7 \cdot 75940 \cdot 2,0 / 1000 = 106,32 \text{ кг}\cdot\text{м} = 1,06 \text{ кДж.}$$

2) Работа на формообразующих операциях (гибка и формовка) определяется по формуле:

$$A = P_{\text{ФОРМ.}} \cdot h / 1000 ,$$

где  $P_{\text{ФОРМ.}}$  – суммарное усилие операции, кгс;  
 $h$  – рабочий ход, мм.

Гибка поперечной полки (этап 6):

$$A_1 = 2948 \cdot 9,0 / 1000 = 26,5 \text{ кг}\cdot\text{м} = 0,265 \text{ кДж.}$$

Формовка овального контура (этап 6):

$$A_2 = 1296 \cdot 2,5 / 1000 = 3,24 \text{ кг}\cdot\text{м} = 0,032 \text{ кДж.}$$

Гибка продольных полок (этап 7):

$$A_3 = 2185 \cdot 15 / 1000 = 65,54 \text{ кг}\cdot\text{м} = 0,655 \text{ кДж.}$$

$$A_{\text{ФОРМ.}} = A_1 + A_2 + A_3 = 95,2 \text{ кг}\cdot\text{м} = 0,95 \text{ кДж.}$$

Суммарная работа, совершаемая прессом для выполнения всех штамповочных операций:

$$A_{\Sigma} = A_{\text{ПРОБ.}} + A_{\text{ФОРМ.}} = 1,06 + 0,95 = 2,01 \text{ кДж.}$$

По найденным параметрам ( $P_{\Sigma} = 1,22 \text{ МН}$ ;  $A_{\Sigma} = 2,01 \text{ кДж}$ ) необходимо выбрать оборудование для выполнения предложенного технологического процесса.

### 3. Выбор оборудования

Определив усилия, требуемые на каждой операции, необходимо подобрать оборудование для выполнения технологического процесса, а также выбрать средства автоматизации, оговоренные при построении схемы нового техпроцесса. Кроме того, следует увязать работу прессы и выбранных средств автоматизации, построив цикловую диаграмму работы автоматической линии.

#### 3.1. Выбор оборудования. Основные характеристики

При выборе прессы исходим из следующих соображений:

- номинальное усилие прессы должно быть больше усилия, требуемого для выполнения всех операций штамповки;
- мощность прессы должна быть достаточной для выполнения работы, требуемой для всех штамповочных операций;
- пресс должен обладать достаточной жесткостью;
- закрытая высота прессы должна соответствовать или превышать закрытую высоту штампа;
- габаритные размеры стола и ползуна должны обеспечивать возможность установки и закрепления штампов;
- число ходов прессы должно обеспечивать достаточную производительность;
- обслуживание прессы должно соответствовать требованиям техники безопасности.

Подбор по усилию производим, исходя из рассчитанного полного усилия. В общем случае номинальное усилие прессы определяется по соотношению:

$$P_{\text{ПРЕССА}} = 1,5 \cdot P_{\Sigma} = 1,5 \cdot 1,22 = 1,83 \text{ МН},$$

где  $P_{\Sigma}$  - полное технологическое усилие;  
1,5 – коэффициент запаса.

Коэффициент запаса учитывает возможные обстоятельства при выполнении техпроцесса, а именно: замена штампуемого материала на более прочный или имеющий большую толщину; потери на трение в направляющих штампа и др.

Выбор по числу ходов выполняем, исходя из требований предлагаемого техпроцесса, учитывающих недостатки базового варианта. Необходимо подобрать пресс, обеспечивающий большое число ходов в минуту, ориентировочно 40-50 ходов.

Выбор оборудования производим с учетом имеющегося на производстве парка прессов.

Ближайший больший по усилию пресс, имеющий достаточное количество ходов, - быстроходный пресс БВК-250 усилием 2,5 МН. Однако, разница в усилиях значительная; использование этого пресса нерационально, т.к. он будет недогружен. Поэтому для нашего техпроцесса согласно найденного технологического усилия достаточно пресса БВК-150 усилием 1,5 МН. При этом запас по усилию будет меньше рекомендуемого. В нашем случае это приемлемо, т.к. величина хода ползуна пресса небольшая (120мм); при такой величине наибольшее усилие допустимо на протяжении почти всего рабочего хода.

Таким образом, для выполнения штамповочных операций рассматриваемого техпроцесса выбираем пресс БВК-150 усилием 1,5 МН, рис. 3.1. Применение более мощного пресса обеспечит повышенную жесткость станины, а следовательно – большую стойкость штампа, особенно на разделительных операциях.



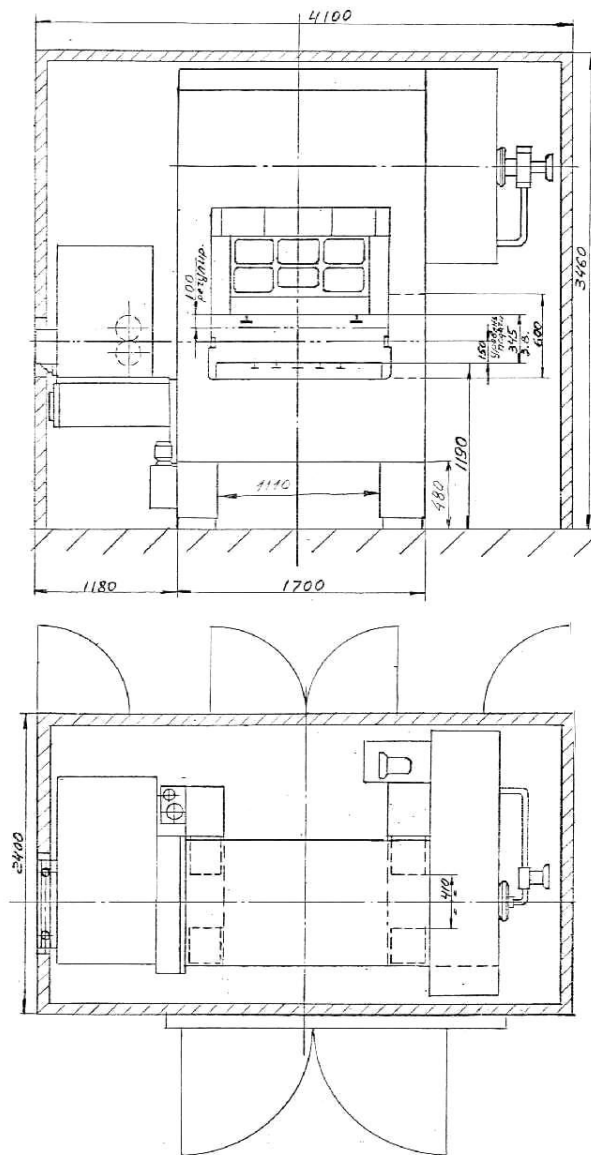


Рисунок 3.1 – Пресс БВК-150

Технические характеристики  
штамповочного комплекса БВК-150:

Усилие прессы, МН	1,50
Число ходов регулируемое, ход/мин	30 – 150
Регулировка ползуна, мм	100
Закрытая высота, мм	345
Уровень подачи ленты, мм	150
Длина подачи ленты на шаг, мм	0...999,9
Точность подачи ленты, мм	±0,1
Размеры монтажной подштамповой плиты пресса (в плане) L×B, мм	1100 × 780
Размеры ползуна, мм	990 × 700
Расстояние между пазами на подштамповой плите и на ползуне, мм	150
Размеры пазов, мм	22,0
Усилие маркетной подушки, МН	0,10
Ход маркетной подушки, мм	50
Размеры рулонной стали, мм:	
Ширина рулона max.	370
Толщина ленты max.	5
Масса рулона max., кг	5000
Мощность главного электродвигателя, кВт	112
Питающее напряжение, В	380, 50 ГЦ
Потребляемое количество воздуха, л/мин	610
Давление сжатого воздуха, кгс/см <sup>2</sup>	6,0
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	110

## 3.2. Выбор средств автоматизации

### Основные характеристики

Автоматизация процессов листовой штамповки позволяет в несколько раз увеличить производительность труда, а также обеспечивает полную безопасность работ на прессах.

При ручной подаче заготовок и ручном удалении изделий и отходов число ходов пресса используется лишь на 25-30%. При полной автоматизации коэффициент использования числа ходов пресса составляет 80-95%, т.к. происходит потеря времени на замену штампов, заправку ленты. Кроме того, автоматизация процесса штамповки позволяет увеличить номинальное число ходов пресса без его модернизации на 20-30%.

Последовательная штамповка в ленте при автоматической подаче представляет собой максимально сконцентрированную автоматическую линию прямолинейно-прямоточного типа с жесткой связью. То что эта линия требует только одного пресса, является большим преимуществом. Устройства автоматизации выбираются из конкретных условий технологического процесса и вида материала. В зависимости от вида материала применяются следующие типы устройств подачи:

- 1) для рулонного и полосового материала – автоматизация подачи при помощи устройств валкового и крючкового типов;
- 2) для листового материала – механизация подъема и направления листа в штамп;
- 3) для штучных заготовок – автоматизация подачи при помощи бункерных и грейферных устройств.

Для автоматизации подачи ленты используются следующие устройства:

- механизмы подачи ленты, смонтированные на универсальных прессах;
- механизмы подачи специальных штамповочных автоматов;

- механизмы подачи, входящие в конструкцию штампов;
- универсальные съемные механизмы подачи, монтируемые к любому оборудованию.

Наиболее распространены механизмы автоматической подачи, устанавливаемые на универсальных прессах: валковая, клещевая, клинороликовая, клиноножевая, крючковая. Эти механизмы являются универсальными, допускают регулирование шага подачи и наладку на различную толщину ленты. Обычно прессы снабжаются двусторонней валковой подачей. Реже применяется односторонняя валковая подача, используемая как тянущая (при толщине ленты от 0,1 до 1 мм) или как толкающая (при толщине свыше 1 мм). Двусторонняя валковая подача более универсальна и применяется в большом диапазоне толщины материала.

Клещевая подача также универсальна по широкому диапазону толщин подаваемого материала. Клещевая подача, несмотря на более высокую точность перемещения материала ( $\pm 0,08$  при шаге до 150 мм) чем у валковой, не находит широкого применения в быстроходных прессах-автоматах вследствие развивающихся значительных инерционных сил.

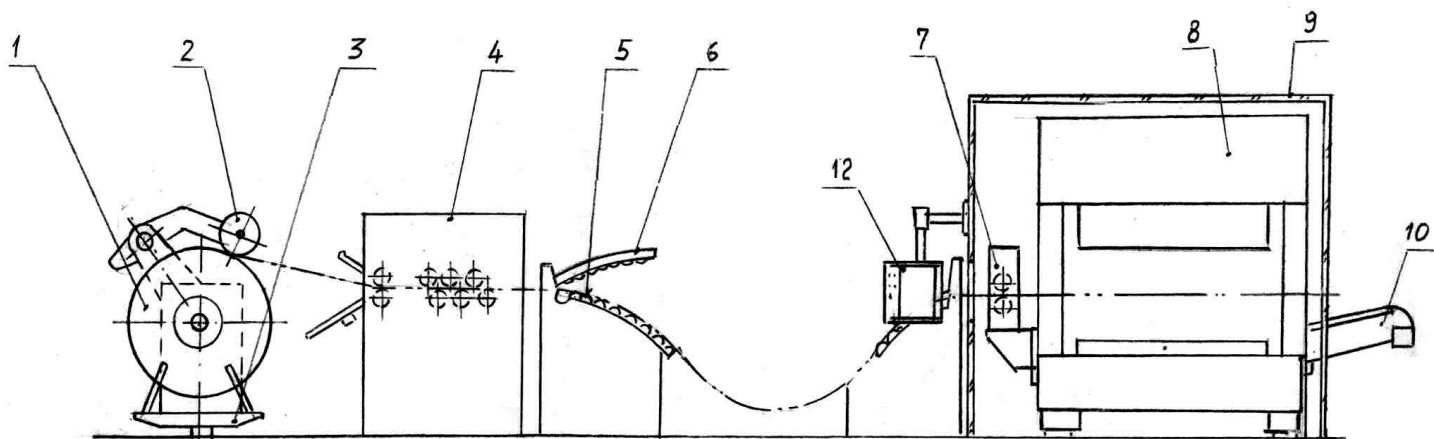
Клинороликовая и клиноножевая подачи и, соответственно, имеют тот же недостаток что и клещевая подача.

Крючковая подача не обладает достаточной надежностью, т.к. захват ленты осуществляется за отверстия или вырезы контура. При этом захватывающий элемент устройства может соскочить с контура.

Из всех видов механизмов автоматизации подачи для быстроходных прессов наиболее подходящей для предлагаемого техпроцесса является валковая подача, которая в комплексе с быстрым оборудованием и другими вспомогательными средствами автоматизации образуют законченную автоматическую линию.

### 3.3. Описание состава автоматической линии

Автоматическая линия с использованием прессы БВК-150 представлена на рис. 3.2. Линия состоит из разматывающего устройства (1), оснащенного датчиком регулировки скорости разматывания (2), который контролирует уменьшение диаметра рулона в процессе работы. Разматывающее устройство оснащено гидравлическим подъемным столом (3) для загрузки нового рулона. Правильно-подающее устройство (4) осуществляет правку ленты после регулирования ее из рулона. Устройство для компенсационной петли выполнено в виде рольганга (5) с прижимом ленты (6). Подающее устройство (7) на входе прессы осуществляет перемещение ленты в штампе. Пресс (8) размещен в защитном шумопоглощающем кожухе (9). Для удаления отходов и готовых деталей используются магнитные транспортеры (10) и (11), по которым детали и отходы ссыпаются в контейнеры. Все агрегаты линии работают от индивидуальных приводов, их работа координируется с движением ползуна прессы при помощи системы датчиков, информация от которых поступает на световое табло пульта управления (12) прессом.



#### 4. Разработка конструкции штамповой оснастки

Для осуществления технологического процесса необходимо разработать конструкцию штамповой оснастки, отвечающую требованиям и особенностям техпроцесса.

В общем случае конструкция штамповой оснастки должна удовлетворять ряду требований:

- 1) получение детали согласно чертежа без возможности появления дефектов;
- 2) обеспечивать заданную производительность техпроцесса;
- 3) обеспечивать надежную фиксацию или направление заготовки в штампе перед началом и в течение технологической операции;
- 4) обеспечивать надежное удаление отходов и детали из рабочей зоны;
- 5) обеспечивать безопасность, надежность работы и долговечность.

Это технологические требования и конструкции оснастки. Кроме этого конструкция должна:

- обеспечивать технологичность изготовления, сборки и монтажа штампа;
- обеспечивать наименьшую металлоемкость;
- обеспечивать транспортировку штампа в целом и отдельных его частей при сборке и ремонте.

Кроме этого конструкция штампа должна учитывать специфику реализуемого техпроцесса. Т.к. в проектом варианте предложена схема последовательной штамповки, то необходимо конструировать последовательный штамп.

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

Рабочие части последовательного штампа делятся на две группы: рабочие части разделительных операций и рабочие части гибочных операций.

Группа деталей для вырезки включает несколько пар матриц и пуансонов, расположенных последовательно в направлении перемещения ленты. На выходе ленты из штампа расположены детали гибочной группы, которые включают пуансоны, размещенные на верхней плите штампа и оправки, размещенные на нижней плите. Пуансоны пробивные и вырезные размещены в держателях, прикрепленных к плите винтами и зафиксированных штифтами. Матрицы размещены в матрицедержателях, закрепленных на нижней плите. Для съема полосы с пуансонов в верхней половине штампа предусмотрен прижим-съемник, приводимый в действие пружинами. Прижим прикреплен к верхней плите при помощи ограничительных втулок.

Для направления верхней части штампа относительно нижней в штампе предусмотрены направляющие элементы в виде направляющих втулок и колонок.

Поскольку последовательный штамп предназначен для работы в автоматическом режиме, к конструкции узлов и деталей штампа предъявляется ряд требований.

1. В связи с большим количеством пуансонов, необходимо обеспечить точное направление верхней части относительно нижней. Для этого применены втулки с шариковыми направляющими.
2. Для более точной фиксации пуансонов относительно матриц на съемнике выполнена накладка, в отверстиях которой пуансоны направлены по скользящей посадке (H7/h6). Т.е. пуансон по длине фиксируется в двух местах: в держателе и в накладке съемника.
3. Для быстрой замены пуансонов они размещены в держателе не по глухой посадке (H7/n6) как в традиционных штампах, а по ходовой



- (H7/f6). При их замене не требуется снимать держатель со штампа для распресовки пуансонов.
4. Для этой же цели матрицы в держателях размещены по посадке (H7/f7).
  5. Для предотвращения сдвига пуансонов при односторонней резке последние снабжены уступом-замком, который заходит в матрицу до начала резки металла.
  6. Для точного направления ленты в штампе предусмотрены направляющие ролики, размещенные с обеих сторон ленты.
  7. Для предотвращения контактов заусенцев, образующихся на ленте при вырезке, с деталями нижней части штампа предусмотрен подъем ленты над плоскостью штампа на высоту 31 мм. Подъем осуществляется направляющими роликами, снабженными для этой цели пружинами.
  8. Для контроля шага подачи ленты в штампе размещено устройство контроля шага.
  9. Для более точной ориентации полосы на каждой рабочей позиции в верхней части штампа установлены ловители, фиксирующие ленту по технологическому отверстию, пробитому на первых позициях.
  10. Для предотвращения залипания ленты к накладке съемника предусмотрены подпружиненные отлипатели.

#### 4.2. Прочностные расчеты деталей штампа и выбор материалов для их изготовления

Большинство нестандартных деталей штампов не рассчитываются на прочность, их размеры определяются по эмпирическим формулам и соотношениям, выработанным на основе практического опыта. Проверочному расчету на прочность подлежат в основном наиболее нагруженные детали, как правило, пуансоны небольшого сечения, для

которых справедливо соотношение:  $d/S \leq 2,5$  ( $S$  – толщина штампуемой заготовки).

В данном штампе таких пуансонов несколько:

- пуансоны для пробивки технологических отверстий (2-х  $\varnothing 10$  мм и 4-х прямоугольных размерами  $4,1 \times 15,0$  мм);
- пуансоны для пробивки конструктивных отверстий (2-х фасонных  $8,0 \times 11,0$  мм и 2-х овальных  $9,5 \times 14,0$  мм).

Сложность расчета пуансонов на прочность заключается в том, что режущие кромки пуансонов подвергаются резким циклическим нагрузкам ударно-импульсного характера, при одновременном действии изгибающего момента. В результате происходит процесс усталостного разрушения режущих кромок, не имеющий точной методики расчета.

#### 4.2.1. Расчет опорной поверхности пуансона на смятие

Опорная поверхность пуансона воспринимает нагрузки, передаваемые на поверхность плиты (над пуансоном). Прочность плиты должна быть достаточной для того, чтобы в процессе работы не происходило вдавливание в нее опорной поверхности пуансона.

Максимальное напряжение на опорной поверхности пуансона определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = P/F ,$$

где  $P$  – усилие, необходимое для пробивки отверстия:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} , \quad \text{где}$$

$k$  – коэффициент запаса,  $k = 1,2$  (учитывает неоднородность материала по толщине и затупление режущих кромок);

$S = 2,0$  мм – толщина ленты;

$\sigma_{\text{ср}}$  – сопротивление срезу [1, табл. 220], для стали 08кп ВГ ( $S=2,0$  мм):  $\sigma_{\text{ср}} = 29$  кг/мм<sup>2</sup>.

Определяем усилия пробивки:

1) круглого отверстия  $\varnothing 10,0$  мм:

$$P_1 = 1,2 \cdot (3,14 \cdot 10,0) \cdot 2 \cdot 29 = 2185 \text{ кг} = 21,9 \text{ кН.}$$

2) фасонного отверстия  $8,0 \times 11,0$  мм:

$$P_2 = 1,2 \cdot (11+7+8) \cdot 2 \cdot 29 = 1810 \text{ кг} = 18,1 \text{ кН.}$$

3) овального отверстия  $9,5 \times 14,0$  мм:

$$P_3 = 1,2 \cdot (4,5 \cdot 2 + 3,14 \cdot 9,5) \cdot 2 \cdot 29 = 2703 \text{ кг} = 27 \text{ кН.}$$

4) прямоугольного отверстия  $4,1 \times 15,0$  мм:

$$P_4 = 1,2 \cdot (4,1 \cdot 15,0) \cdot 2 \cdot 29 = 4280 \text{ кг} = 42,8 \text{ кН.}$$

**F** – опорная поверхность головки:

$$F = \pi d^2 / 4.$$

Определяем площади опорных пов-стей пробивных пуансонов:

1) круглого отверстия  $\varnothing 10,0$  мм:

$$F_1 = 3,14 \cdot 24^2 / 4 = 452,2 \text{ мм}^2.$$

2) фасонного отверстия  $8,0 \times 11,0$  мм:

$$F_2 = 3,14 \cdot 18^2 / 4 = 254,4 \text{ мм}^2.$$

3) овального отверстия  $9,5 \times 14,0$  мм:

$$F_3 = 3,14 \cdot 20^2 / 4 = 314,0 \text{ мм}^2.$$

4) прямоугольного отверстия  $4,1 \times 15,0$  мм:

$$F_4 = 18,0 \cdot 15,0 = 270,0 \text{ мм}^2.$$

Рассчитываем значения напряжений смятия:

$$1) \sigma_{см} = 2185 / 452,2 = 4,83 \text{ кг/мм}^2 = 48,3 \text{ МПа.}$$

$$2) \sigma_{см} = 1810 / 254,4 = 7,11 \text{ кг/мм}^2 = 71,1 \text{ МПа.}$$

$$3) \sigma_{см} = 2703 / 314,0 = 8,60 \text{ кг/мм}^2 = 86,0 \text{ МПа.}$$

$$4) \sigma_{см} = 4280 / 270,0 = 15,9 \text{ кг/мм}^2 = 159,0 \text{ МПа.}$$

Напряжения смятия  $\sigma_{см}$  не должны превышать допустимое  $[\sigma_{см}] = 100$  Мпа. Если величина напряжения получается большей, то необходимо под опорную поверхность пуансона установить закаленную стальную прокладку, увеличивающую площадь распределения нагрузки.

По расчетам получили, что подкладка необходима лишь для пуансона, пробивающего прямоугольные отверстия. Однако, имеет смысл из

соображений быстрой замены пуансонов в штампе установить закаленные опоры под все пуансоны (в виде призм или цилиндрических стержней).

#### 4.2.2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении

Максимальная величина напряжений в опасном сечении:

$$\sigma_{сж} = P / f \leq [\sigma_{сж}],$$

где P – технологическое усилие на операции;

f – площадь рабочей части пуансона.

Определим величины площадей для рассчитанных ранее пуансонов:

- 1)  $f_1 = 3,14 \cdot 10,0^2 / 4 = 78,5 \text{ мм}^2$ .
- 2)  $f_2 = 8 \cdot 11 = 88,0 \text{ мм}^2$ .
- 3)  $f_3 = 4,5 \cdot 9,5 + 3,14 \cdot 9,5^2 / 4 = 113,6 \text{ мм}^2$ .
- 4)  $f_4 = 4,1 \cdot 15,0 = 61,5 \text{ мм}^2$ .

Рассчитаем сжимающие напряжения по найденным ранее значениям усилий:

- 1)  $\sigma_{сж} = 2185 / 78,5 = 27,83 \text{ кг/мм}^2 = 278,3 \text{ Мпа}$ ;
- 2)  $\sigma_{сж} = 1810 / 88,0 = 20,57 \text{ кг/мм}^2 = 205,7 \text{ Мпа}$ ;
- 3)  $\sigma_{сж} = 2703 / 113,6 = 23,79 \text{ кг/мм}^2 = 237,9 \text{ Мпа}$ ;
- 4)  $\sigma_{сж} = 4280 / 61,5 = 69,60 \text{ кг/мм}^2 = 696,0 \text{ Мпа}$ .

Значение допустимого напряжения  $[\sigma_{сж}]$  для пуансонов из инструментальной стали составляет  $160 \text{ кг/мм}^2 = 1600 \text{ Мпа}$ . Во всех случаях рассчитанные напряжения меньше допустимого, что позволяет сделать выбор о достаточной прочности пуансонов.

#### 4.2.3. Материалы для изготовления деталей штампа

Выбор материалов для изготовления деталей штампа проводим, учитывая условия работы элементов конструкции штампа. Используем существующие

рекомендации по выбору материалов для деталей штампов холодной штамповки [3, табл. 19]. Сведения о материалах, выбранных для изготовления деталей штампа, заносим в таблицу 4.1.

Для пуансонов и матриц вырубных и пробивных штампов рекомендованы марки сталей: У10А, 9ХС, Х12М, Х12Ф, Х12МФ. Сталь У10А, применяемая для пуансонов простой формы (круглые, квадратные в плане) при штамповке металла толщиной до 1,2 мм, является сравнительно недорогой и обеспечивает достаточную прочность и износостойкость. Стали 9ХС, Х12Ф применяют для пуансонов, работающих в более тяжелых условиях (толщина штампуемого металла более 2,0 мм). Хромистые стали марок Х12М и Х12МФ также хорошо подходят для такого случая; при этом термические наводки при закалке таких сталей незначительны.

Материалы для пробивных матриц выбирают из тех же соображений. Термообработкой добиваются поверхностной твердости рабочих частей HRC 58...63. Гибочные матрицы и пуансоны рекомендуют изготавливать из инструментальных сталей У8А, У10А (при штамповке деталей простой формы из листа толщиной до 1,5 мм). Для толстолистового материала рациональнее использовать хромистые стали марок Х12М, Х12М1, т.к. они обладают повышенной износостойкостью на истирание. Требуемая твердость рабочей поверхности – порядка HRC 56...60.

Учитывая все предлагаемые рекомендации по выбору материалов составляем общую таблицу используемых сталей и т.д. для изготовления деталей последовательного штампа (табл. 4.1)

## Материалы для изготовления деталей штампа

Таблица 4.1

Деталь штампа	Материал	Рекомендуемая твердость	Термообработка
Пуансон	X12M1	HRC 56...62	Закалка до получения указанной твердости
Матрица	X12M1	HRC 56...62	Закалка до получения указанной твердости
Прижим	Сталь 40ХН	HRC 35...39	
Плиты верха, низа	Ст 3 сп	-	
Плиты подкладные	Сталь 40Х	HRC 46...51	
Скобы-ограничители	Сталь 19ХГН	HRC 48...54	
Толкатель	Сталь 45	HRC 37...42	
Ловитель	Сталь 19ХГН	HRC 57...63	Цементация на глубину $H=0,8...1,2$ мм
Держатели	Сталь 45	HB 241...285	
Выталкиватели	Сталь 45	HRC 35...40	
Колонка направляющая	Сталь 20	HRC 60...64	Цементация на глубину $H=0,5...0,8$ мм
Втулка направляющая	Сталь 20	HRC 60...64	Цементация на глубину $H=0,5...0,8$ мм

### 4.3. Определение числа и расположения упругих элементов

К упругим элементам штампа относятся пружины. Обычно используются спиральные и полиуретановые пружины.

При расчете количества пружин в штампе руководствуются следующими соображениями:

- пружины должны развивать усилие, достаточное для снятия отхода или детали с пуансона, или для выталкивания ее из матрицы;
- пружины должны обеспечивать необходимый ход съемника;

- количество пружин должно быть оптимальным.

Располагают пружины как можно ближе к пуансонам при соблюдении равномерности их размещения.

Для расчета пружин необходимо:

- 1) определить усилие для выполнения данной операции;
- 2) рассчитать усилия съема детали (или отхода) с рабочих частей;
- 3) выбрать пружины по требуемому усилию;
- 4) подобрать типоразмер пружины с необходимым рабочим ходом;
- 5) исходя из значений усилия съема и усилия, создаваемого выбранной пружиной, определить количество пружин;
- 6) проверить возможность размещения выбранной пружины в конструкции штампа.

Ранее было рассчитано требуемое усилие, создаваемое пружинами для снятия и выталкивания (см. пункт 2.5.3):

$$P_{CH} = 164,7 \text{ кН} = 16470 \text{ кгс.}$$

По ГОСТ 18793-80 производим подбор пружин, которые будут обеспечивать усилие выталкивания.

Выбираем пружину со следующими параметрами:

$$P = 450 \text{ кг} - \text{усилие пружины};$$

$$H_0 = 70,5 \text{ мм} - \text{высота в свободном состоянии};$$

$$\Delta H = 20,0 \text{ мм} - \text{высота сжатия пружины};$$

$$D = 62,0 \text{ мм} - \text{наружный диаметр пружины};$$

$$d = 8,0 \text{ мм} - \text{диаметр проволоки.}$$

Для удобства замены собираем пружины в пакеты, состоящие из гайки, втулки и ступенчатого винта, обеспечивающего ход прижима 15 мм.

Определим общее количество пакетов пружин:

$$n = P_{CH} / P = 16470 / 450 \approx 34.$$

Пакеты размещаем равномерно вокруг всех пуансонов.

#### 4.4. Определение центра давления штампа

Для правильной работы штампа необходимо, чтобы центр давления совпадал с осью ползуна. В противоположном случае в штампе могут возникнуть перекосы, несимметричность зазора, износ направляющих, вплоть до поломки штампа.

Нахождение центра давления имеет значение для сложных штампов.

В нашем случае спаренная заготовка имеет продольную ось симметрии. Необходимо лишь распределить прикладываемую ползуном нагрузку по возможности равномерно по длине штампа. Для этого предусматриваем холостую позицию между разделительными и формообразующими операциями.

#### 4.5. Определение исполнительных размеров инструмента

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

При расчете исполнительных размеров рабочих частей разделительных операций следует руководствоваться следующими требованиями:

- 1) При вырубке по наружному контуру деталь формируется за счет матрицы. Размер матрицы принимается равным наименьшему предельному размеру детали. Зазор резания назначается за счет уменьшения размеров пуансона;
- 2) При пробивке отверстий размер получаемого отверстия обеспечивает пуансон. Размер пуансона назначается равным наибольшему размеру отверстия. Зазор резания назначается за счет увеличения размеров матрицы. В том случае, если на размеры детали или на размеры



отверстий на чертеже не указаны допуски, то их назначают равными  $\pm j_s 14/2$ .

Рабочий контур матриц и пуансонов для вырубки-пробивки деталей сложной формы выполняют по шаблону, изготовленному по рабочей модели.

#### 4.5.1 Определение исполнительных размеров пробивных пуансонов и матриц

1) Для пробивки отверстия  $\varnothing 15,7^{+0,2}$  мм:

диаметр пуансона:

$$d_{\text{П}} = (d_{\text{ОТВ}} + \Delta)^{-\delta},$$

где  $\Delta$  - допуск на отверстие по чертежу;  $\Delta = 0,2$  мм;

$\delta$  - допуск на изготовление пуансона по 6-му качеству (h6);  $\delta = -0,011$  мм.

$$d_{\text{П}} = (15,7 + 0,2)^{-0,011} = 15,9^{-0,011} \text{ мм.}$$

диаметр матрицы:

$$d_{\text{М}} = (d_{\text{П}} + Z)^{+\delta},$$

где  $Z$  - двусторонний зазор резания;  $Z = 0,1 \cdot S$ ;

$\delta$  - допуск на изготовление матрицы по 7-му качеству (H7);  $\delta = +0,018$  мм.

$$d_{\text{М}} = (15,9 + 0,1 \cdot 2,0)^{+0,018} = 16,1^{+0,018} \text{ мм.}$$

2) Для пробивки технологического отверстия  $\varnothing 10$  мм:

диаметр пуансона:

$$d_{\text{П}} = (d_{\text{ОТВ}} + \Delta)^{-\delta},$$

где  $\Delta$  - допуск на отверстие, назначенный по 14-му качеству ( $\pm j_s 14/2$ );  $\Delta = \pm 0,075$  мм;

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

$$d_{\text{П}} = (10 + 0,075)^{-0,009} = 10,075^{-0,009} \text{ мм.}$$

диаметр матрицы:

$$d_{\text{М}} = (d_{\text{П}} + Z)^{+\delta},$$

где  $Z$  – двусторонний зазор резания;  $Z = 0,2$  мм;  
 $\delta$  - допуск на изготовление матрицы по Н7;  
 $\delta = +0,015$  мм.  
 $d_M = (15,9 + 0,1 \cdot 2,0)^{+0,018} = 16,1^{+0,018}$  мм.

3) Для фасонного отверстия размерами  $8 \times 11$  мм:

исполнительные размеры пуансона необходимо определить для каждого линейного размера ( $L$ ), образующего контур отверстия.

размеры пуансона:  $\Pi = (L + \Delta)_{-\delta}$ ,

где  $\Delta$  - допуск на каждый линейный размер отверстия, назначаемый по 14-му качеству ( $\pm j_s 14/2$ );

$\delta$  - допуск на изготовление пуансона по 6-му качеству (h6).

для линейного размера  $L1 = 11$  мм:

$$\Pi_1 = (11 + 0,090)_{-0,011} = 11,090_{-0,011} \text{ мм};$$

для линейного размера  $L2 = 8$  мм:

$$\Pi_2 = (8 + 0,075)_{-0,009} = 8,075_{-0,009} \text{ мм};$$

для линейного размера  $L3 = 7$  мм:

$$\Pi_3 = (7 + 0,075)_{-0,009} = 7,075_{-0,009} \text{ мм}.$$

4) Для прямоугольного отверстия размерами  $4,1 \times 15$  мм:

размеры пуансона:

$$\Pi = (L + \Delta)_{-\delta},$$

для линейного размера  $L1 = 4,1$  мм:

$$\Pi_1 = (4,1 + 0,060)_{-0,008} = 4,160_{-0,008} \text{ мм};$$

для линейного размера  $L2 = 15$  мм:

$$\Pi_2 = (15,0 + 0,090)_{-0,011} = 15,09_{-0,011} \text{ мм}.$$

5) Для овальных отверстий размерами  $14,0 \times 9,5$  мм:

размеры пуансона:

$$\Pi = (L + \Delta)_{-\delta},$$

для линейного размера  $L1 = 14,0$  мм:

$$\Pi_1 = (14,0 + 0,090)_{-0,011} = 14,09_{-0,011} \text{ мм};$$

для линейного размера  $L2 = 9,5$  мм:

$$\Pi_2 = (9,5 + 0,075)_{-0,009} = 9,575_{-0,009} \text{ мм}.$$

6) Для овальных отверстий  $15,0 \times 11,1^{+0,15}$  мм:

на один из размеров указан допуск (в чертеже), поэтому допуск  $\Delta$  назначается по  $\pm j_s 14/2$  только на размер  $L = 15,0$  мм.

размеры пуансона:

для линейного размера  $L1 = 15,0$  мм:

$$P_1 = (15,0 + 0,090)_{-0,011} = 15,09_{-0,011} \text{ мм};$$

для линейного размера  $L2 = 11,1$  мм:

$$P_2 = (11,1 + 0,15)_{-0,011} = 11,25_{-0,011} \text{ мм}.$$

Исполнительные размеры матриц для рассмотренных отверстий будут увеличены относительно полученных размеров пуансонов на величину зазора резания, составляющего для данного материала  $\delta = 0,2$  мм. При этом допуск на точность изготовления этих размеров назначаем по 7-му качеству (H7).

Исполнительные размеры сложных фасонных отверстий получают обработкой по шаблону с последующей доработкой одного из инструментов по контуру другого, с учетом зазора резания ( $\delta$ ).

#### 4.5.2 Определение исполнительных размеров гибочного пуансона и матрицы

Для формообразующих операций исполнительные размеры рабочих частей назначаются, исходя из того, как задан размер на чертеж детали. Если задан наружный размер, то основной деталью является матрица, а размер пуансона назначается меньшим на величину требуемого зазора, который обычно равен толщине штампуемого материала. Если задан внутренний размер детали, то пуансон – основная деталь, а зазор берется за счет матрицы.

Т.к. на чертеже задан размер 27,0 мм по внутреннему контуру, то основной деталью является пуансон. Допуск на упомянутый размер назначается по  $\pm j_s 14/2$ .

Таким образом, размер пуансона с учетом износа его в процессе работы (в сторону уменьшения) назначается по максимально возможному, т.е.:

$$П_{II} = (L + \Delta)_{-\delta} = (27 + 0,105)_{-0,013} = 27,105_{-0,013} \text{ мм.}$$

Размер матрицы:

$$П_{M} = (П_{II} + 2 \cdot Z)_{+\delta} = (27,105 + 2 \cdot 2)_{+0,021} = 31,105_{+0,021}.$$

## 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 "Рычаг привода регулятора давления"	Последовательная штамповка	Штамповщик	Пресс-автомат, штамповая оснастка	Сталь 08Ю ВГ-2-А

### 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 вибрации	Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции
2.	Работа электродвигателя, кулачковых, зубчатых механизмов и пневмосистемы пресс-автомата. Удаление деталей и отходов по склизам. Работа штампов.	Физический-повышенный уровень шума	Электродвигатель, кулачковые, зубчатые механизмы и пневмосистема пресс-автомата. Склизы для деталей и отходов. Работа штампов. Штамповочные операции.

	Осуществление штамповочных операций.		
3.	Погрузочные, транспортные, разгрузочные работы	Производственный травматизм	Прессовое оборудование, механизмы и устройства автоматизации, их незащищенные подвижные части. Транспорт
4.	Перемещение подвижных частей оборудования и штамповой оснастки	Химический-токсическое воздействие	Смазка подвижных частей оборудования и штамповой оснастки

### 5.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

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

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор <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 вибрации	Регламентированный 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	Ограждения	

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



#### 5.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1.	Автоматизированная линия	Пресс-автомат	В,Е	Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
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 и системы пожаротушения	Приемно 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
<p>Листовая штамповка деталей</p> <p>На пресс - автомате</p>	<p>Обучение персонала</p> <p>требования ПБ;</p> <p>соблюдение техники безопасности;</p> <p>соблюдение последовательности алгоритма технологического процесса; наличие средств пожаротушения;</p> <p>своевременная уборка промасленной ветоши с рабочего места;</p> <p>ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте; хранение взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ</p>	<p>Квалифицированный персонал; обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара; оповещения и эвакуации; наличие систем пожаротушения</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.)
Последовательная штамповка	Пресс - автомат, штамповая оснастка	Интенсивное выделение вредных испарений, газов отработанной смазки, масла и скопление пыли	Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов, при замене масла в технологических агрегатах и ряде подобных случаев	-

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Листовая штамповка
-----------------------------------	--------------------

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

В разделе "Безопасность и экологичность технического объекта" приведена характеристика технологического изготовления детали "Рычаг привода регулятора давления", перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое оборудование, применяемые материал (таблица 5.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки детали "Рычаг привода регулятора давления", 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. Техничко-экономическое обоснование проекта

### 6.1. Сравнительный анализ технологических вариантов

В данном разделе дипломного проекта проводим сравнительный анализ двух вариантов изготовления детали “Рычаг привода регулятора давления” для легкового автомобиля.

Базовым является техпроцесс изготовления детали на автоматической линии АЛП-3 на базе прессы К3132 усилием 1,6 МН (160 т.с.) с предварительной вырубкой заготовок, осуществляемой на кривошипном прессе “Раскин” усилием 1,25МН(125т.с. ) Всего техпроцесс включает в себя 4 штамповочные операции.

Предлагаемая технология изготовления представляет собой последовательную автоматическую штамповку на штамповочном комплексе БВК-150 усилием 1,5 МН (150 т.с.) с использованием рулонного материала. Тип производства – серийный. Условия труда – нормальные.

### 6.2. Калькуляция на последовательный штамп

Таблица 6.1

№	Наименование	Обозначение	Сумма, руб	Примечание
1	Материальные затраты	М	280000	
2	Транспортно - заготовительные расходы	ТЗР	560	0,02% от М
3	Основная заработная плата рабочих	$Z_{пл}^{осн.}$	137750	$C_T = 145 \text{ р/ч}$ $T = 1100 \text{ н/ч}$
4	Отчисления на социальные нужды	Сс	42703	31 % от $Z_{пл}^{осн.}$
5	Расходы на содержание оборудования	РСО	105888	76,87 % от $Z_{пл}^{осн.}$
6	Цеховые расходы	Рцех	133965	83,99 % от $Z_{пл}^{осн.}$
	Цеховая себестоимость	Сцех	746110	

## Расчетные данные

Эффективный фонд времени работы оборудования:

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

$D_{\text{р}}$  – рабочие дни;

$T_{\text{см}}$  – продолжительность смены;

$D_{\text{пр}}$  – предпраздничные дни;

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

$C$  – количество смен;

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

$$\Phi_{\text{э}} = (247 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 2(1-0,05) = 3809 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени рабочего:

$$\Phi_{\text{э.р.}} = 30\% \cdot \Phi_{\text{э}} = 1142 \text{ ч.}$$

### 6.3. Исходные данные для расчета параметров эффективности внедрения предлагаемого технологического процесса

а) Общие исходные данные:

Таблица 6.2

№	Показатель	Обозначение	Значение	
1	Годовая программа выпуска, шт	$N_{\text{г}}$	285000	
2	Эффективный фонд времени, час: - оборудования - рабочего	$\Phi_{\text{э}}$	3809	
		$\Phi_{\text{э.р.}}$	1142	
3	Коэффициент выполнения норм	$K_{\text{вн}}$	1,1	
4	Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{\text{мн}}$	1,0	
5	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	$K_{\text{о}}$	11,8	
6	Коэффициент монтажа: в расчете себестоимости в расчете капитальных вложений	$K_{\text{монт}}$	1,1	
			0,1	
7	Масса заготовки, кг	$M_{\text{з}}$	0,214	0,256
			(баз.)	(проект)
8	Цена материалов, руб/кг	$C_{\text{м}}$	35,74	
9	Масса отходов, кг	$M_{\text{отх}}$	0,086	0,123
10	Цена отходов, руб/кг	$C_{\text{отх}}$	1,143	
11	Коэффициент транспортно	$K_{\text{тз}}$	1,014	



	заготовительных расходов		
12	Часовая тарифная ставка рабочих-операторов (3 разряд)	Ст	66,71
13	Часовая тарифная ставка наладчика (5 разряд)	Ст	79,89
14	Коэффициенты доплат по заработной плате:		
а)	До часового фонда зарплаты	К <sub>доп</sub>	1,08
б)	За профессиональное мастерство	К <sub>пф</sub>	1,15
в)	За условия труда	К <sub>у</sub>	1,2
г)	За вечерние и ночные часы	К <sub>н</sub>	1,1
д)	Премиальные	К <sub>пр</sub>	1,1
е)	На социальные нужды	К <sub>с</sub>	1,31
	Итого общий коэф-нт доплат $K_{зпл} = K_d \cdot K_{пф} \cdot K_u \cdot K_n \cdot K_{пр} \cdot K_c$	К <sub>зпл</sub>	2,22
15	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	К <sub>м</sub>	0,8
16	Коэффициент загрузки оборудования по времени	К <sub>вн</sub>	0,7
17	Коэффициент потерь в сети	К <sub>п</sub>	1,03
18	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	К <sub>од</sub>	0,8
19	Выручка от реализации, %: - изношенного оборудования - изношенного штампа	В <sub>р</sub> В <sub>р.и.</sub>	5 15
20	Норма амортизации, %	Н <sub>а</sub>	10
21	Цена электроэнергии, руб. / кВт.ч	Ц <sub>э</sub>	3,8
22	Цена производственной площади, руб. / м <sup>2</sup>	Ц <sub>пл</sub>	4500
23	Коэффициент полезного действия оборудования	$\frac{КПД^{БАЗ}}{КПД^{ПРОЕКТ}}$	0,70 0,75
24	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	К <sub>цех</sub>	1,72

б) Эксплуатационные данные оборудования.

Таблица 6.3

№ п/п	Наименование оборудования	Усилие, МН	T <sub>шт</sub> , мин.	t <sub>маш</sub> , мин.	M <sub>y</sub> , кВт	Площадь, м <sup>2</sup>	Цена, Руб.
1	Пресс Раскин-125	1,25	0,009 /2*	0,006 /2*	12	42,0	685000
2	АЛП-3 (КЗ132)	1,60	0,081	0,065	20	70,0	590000
3	<b>БВК-150</b>	1,50	0,019 /2*	0,015 /2*	112	110,0	4250000

\* - одновременно штампуются 2 заготовки (детали).

в) Исходные данные об оснастке.

Таблица 6.4

№	Наименование штампа	Стойкость штампа T <sub>и.шт.</sub> , ударов	Цена штампа Ц <sub>шт.</sub> , руб
1	Штамп для вырубки-пробивки	350000	420000
2	Штамп для гибки 1 <sup>ой</sup> и формовки	650000	320000
3	Штамп для гибки 2 <sup>ой</sup>	750000	350000
4	Штамп пробивной	550000	250000
5	Штамп последовательный	1000000	746110

6.4. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численности рабочих-операторов и необходимого числа штампов

Таблица 6.5

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	Количество обор-ия, необходимого для производства годовой программы, шт.	$n_{об} = t_{шт} \cdot N_{Г} / (\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60)$ $n_{об}^{Баз-10} = 0,009/2 \cdot 285000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,005 \approx 1,0$ $n_{об}^{Баз-20} = 0,081 \cdot 285000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,09 \approx 1,0$ $n_{об}^{Проект} = 0,019/2 \cdot 285000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,01 \approx 1,0$	1  1*	1
* Оп. 20 базового техпроцесса включает 3 этапа, которые выполняются на 1 прессе.				
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об.РАСЧ.} / n_{об.ПРИН.}$ $K_3^{Баз-10} = 0,005 / 1,0 = 0,005$ $K_3^{Баз-20} = 0,09 / 1,0 = 0,09$ $K_3^{Проект} = 0,01 / 1,0 = 0,01$	0,005 0,09	0,01
3	Число рабочих-операторов для произв-ва годовой программы деталей, чел.	$P_{ОП} = [t_{шт} \cdot N_{Г} \cdot (1 + K_0/100)] / (\Phi_{Э.Р.} \cdot K_{МН} \cdot 60)$ $P_{ОП}^{Баз-10} = [0,009/2 \cdot 285000 / (1142 \cdot 1,00 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,02 \approx 1,0$ $P_{ОП}^{Баз-20} = [0,081 \cdot 285000 / (1142 \cdot 1,00 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,377 \approx 1,0$ $P_{ОП}^{Проект} = [0,019/2 \cdot 285000 / (1142 \cdot 1,00 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,08 \approx 1,0$	2*  4*	4*
<p>* По расчетам достаточно по 1 рабочему-оператору в обоих техпроцессах, но с учетом технологических схем количество рабочих составляет:</p> <p>1) для базового технологического процесса:  <math>P = 3 \text{ чел.} \times 2 \text{ смены} = 6 \text{ чел.}</math>  (вырубка заготовок – 1 чел.; штамповщики – 1 чел.; укладка деталей – 1 чел.);</p> <p>2) в проектном варианте:  <math>P = 2 \text{ чел.} \times 2 \text{ смены} = 4 \text{ чел.}</math>  (операторы – 1 чел.; укладка деталей – 1 чел.).</p>				
4	Число штампов для	$n_{ШТАМП} = N_{Г} / T_{и.шт.}$		

	выпуска годовой программы, шт			
	1) Вырубка-пробивка	$285000/ 350000 \approx 0,8$	1	-
	2) Гибка 1-я, формовка	$285000/ 650000 \approx 0,4$	1	-
	3) Гибка 2-я	$285000/ 750000 \approx 0,38$	1	-
	4) Пробивка	$285000/ 550000 \approx 0,52$	1	-
	5) Последовательная штамповка	$285000/ 1000000 \approx 0,285$	-	1

### 6.5. Расчет капитальных вложений

Таблица 6.6

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{\text{ОБ.}} = n_{\text{ОБ.}} \cdot C_{\text{ОБ.}} \cdot K_3$ $K_{\text{ОБ.}}^{\text{Базовый}} = 1 \cdot 685000 \cdot 0,005 + 1 \cdot 590000 \cdot 0,09$ $K_{\text{ОБ.}}^{\text{Проект}} = 1 \cdot 4250000 \cdot 0,01$	56525	42500
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
	1. Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ.}} \cdot K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{Базовый}} = 56525 \cdot 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{Проект}} = 42500 \cdot 0,1$	5652	4250
	2. Затраты на оснастку, руб.	$K_{\text{И}} = C_{\text{ШТ}} \cdot n_{\text{ШТ}}$ $K_{\text{И}}^{\text{Базовый}} = 420000 \cdot 1 + 320000 \cdot 1 + 350000 \cdot 1 + 250000 \cdot 1$ $K_{\text{И}}^{\text{Проект}} = 746110 \cdot 1$	1340000	746110
	3. Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{\text{ПЛ}} = n_{\text{ОБ.}} \cdot S_{\text{уу}} \cdot C_{\text{ПЛ.}} \cdot K_3$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{Базовый}} = (1 \cdot 42 \cdot 0,005 + 1 \cdot 70 \cdot 0,09) \cdot 4500$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{Проект}} = 1 \cdot 110 \cdot 0,01 \cdot 4500$	29800	4950
	Итого, руб.	$K_{\text{СОП}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{ПЛ}}$ $K_{\text{СОП.}}^{\text{Базовый}} = 5652 + 1340000 + 29800$	1375452	

		$K_{\text{СОП. Проект}} = 4250 + 746110 + 4950$		755310
3	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{СОП}}$ $K_{\text{ОБЩ. Базовый}} = 56525 + 1375425$ $K_{\text{ОБЩ. Проект}} = 42500 + 755310$	1431977	797810
4	Удельные капитальные вложения, руб.	$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{УД. Базовый}} = 1431977 / 285000$ $K_{\text{УД. Проект}} = 797810 / 285000$	5,02	2,8

### 6.6. Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Таблица 6.7

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Основные материалы за вычетом отходов, руб.	$M = (M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{\Gamma 3}) - (M_{\text{ОТХ}} \cdot Ц_{\text{ОТХ}})$ $M_{\text{Базовый}} = (0,214 \cdot 35,74 \cdot 1,014) - (0,086 \cdot 1,143)$ $M_{\text{Проект}} = (0,256 \cdot 35,74 \cdot 1,014) - (0,123 \cdot 1,143)$	8,1	8,75
2	Заработная плата рабочих-операторов, руб.	$З_{\text{ПЛ}} = P \cdot C_{\Gamma} \cdot \Phi_{\text{Э.Р.}} \cdot K_{\text{ЗПЛ}} \cdot K_3 / N_{\Gamma}$ $З_{\text{ПЛ. Баз-10}} = (2 \cdot 66,71 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,005) / 285000 = 0,00593$ $З_{\text{ПЛ. Баз-20}} = (4 \cdot 66,71 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,09) / 285000 = 0,213$ $З_{\text{ПЛ. Проект}} = (4 \cdot 79,89 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,01) / 285000 = 0,028$	0,219	0,028
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт обор-ия, руб.	$P_A = [(Ц_{\text{ОБ}} \cdot (1 - B_p)) \cdot N_A \cdot t_{\text{ШТ}} \cdot K_3 \cdot 1,3] / (\Phi_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}} \cdot 60 \cdot 100)$ $P_{A \text{ Баз-10}} = [(1 \cdot 685000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,009 \cdot 0,005 \cdot 1,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ $P_{A \text{ Баз-20}} = [(1 \cdot 590000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,09 \cdot 0,081 \cdot 1,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$	0,023	

		$P_A^{\text{Проект}} = [(1 \cdot 4250000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,019 \cdot 0,01 \cdot 1,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$		0,01
4	Расходы на электро-энергию, руб.	$P_{\text{Э}} = (M_y \cdot t_{\text{МАШ}} \cdot K_{\text{ОД}} \cdot K_M \cdot K_V \cdot K_{\text{П}} \cdot C_{\text{Э}}) / (K_{\text{ПД}} \cdot 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{Баз-10}} = (12 \cdot 0,006 / 2 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,03 \cdot 0,7) / (0,70 \cdot 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{Баз-20}} = (20 \cdot 0,065 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,03 \cdot 0,7) / (0,70 \cdot 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{Пр}} = (112 \cdot 0,015 / 2 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,03) / (0,75 \cdot 60)$	0,067	0,069
5	Расходы на амортизацию штампового инструмента, руб.	$P_{\text{И}} = (C_{\text{ШТ}} \cdot [1 - V_{\text{Р.И.}}]) / T_{\text{И.ШТ.}}$		
	1) Вырубка-пробивка	$P_{\text{И}}^{\text{Вырубка}} = (420000 \cdot [1 - 0,15]) / 2 \cdot 350000$	0,51	-
	2) Гибка-формовка	$P_{\text{И}}^{\text{Гибка1}} = (320000 \cdot [1 - 0,15]) / 650000$	0,42	-
	3) Гибка 2 <sup>я</sup>	$P_{\text{И}}^{\text{Гибка2}} = (350000 \cdot [1 - 0,15]) / 750000$	0,4	-
	4) Пробивка	$P_{\text{И}}^{\text{Пробивка}} = (250000 \cdot [1 - 0,15]) / 550000$ $P_{\text{И}}^{\text{общ.}} = 2,226$	0,386 1,716	-
	5) Последов. штамповка	$P_{\text{И}}^{\text{Послед.}} = (746110 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000$	-	0,31
6	Расходы на содержание и экспл-цию произв. площадей, руб.	$P_{\text{ПЛ}} = S_{\text{уу}} \cdot n_{\text{ОБ}} \cdot C_{\text{ПЛ}} \cdot K_3 / N_{\Gamma}$ $P_{\text{ПЛ}}^{\text{Баз-10}} = 42 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,005 / 285000$ $P_{\text{ПЛ}}^{\text{Баз-20-40}} = 70 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,09 / 285000$ $P_{\text{ПЛ}}^{\text{Проект}} = 110 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,01 / 285000$	0,1	0,017

7	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$Z_{\text{НАЛ}} = (n_{\text{ОБ}} \cdot C_{\text{T}} \cdot \Phi_{\text{Э.Р.}} \cdot K_{\text{ЗПЛ}} \cdot K_{\text{З}}) / (n_{\text{ОБС}} \cdot N_{\text{Г}})$ $Z_{\text{НАЛ}}^{\text{Баз-10}} = (1 \cdot 79,89 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,005) / (4 \cdot 285000)$ $Z_{\text{НАЛ}}^{\text{Баз-20}} = (1 \cdot 79,89 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,09) / (4 \cdot 285000)$	0,017	-
8	Технологическая себестоимость изготовления, руб.	$C_{\text{ТЕХ}} = M + Z_{\text{ПЛ}} + P_{\text{А}} + P_{\text{Э}} + P_{\text{И}} + P_{\text{ПЛ}} + Z_{\text{НАЛ}}$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Базовый}} = 8,1 + 0,219 + 0,023 + 0,067 + 1,716 + 0,1 + 0,017$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Проект}} = 8,75 + 0,0237 + 0,01 + 0,069 + 0,31 + 0,017 + 0,0035$	10,239	9,19
9	Цеховые расходы, руб.	$P_{\text{ЦЕХ}} = Z_{\text{ПЛ}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}}$ $P_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Базовый}} = 0,219 \cdot 1,72$ $P_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Проект}} = 0,0237 \cdot 1,72$	0,377	0,04
10	Цеховая себестоимость изготовления, руб.	$C_{\text{ЦЕХ}} = P_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ТЕХ}}$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Баз.}} = 0,377 + 10,239$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Пр.}} = 0,04 + 9,19$	10,616	9,23

### 6.7. Калькуляция сравниваемых вариантов (структура себестоимости)

Таблица 6.8

№	Показатель	Значение показателя, руб		Процентное выражение, %	
		Базовое	Проектн.	Базовое	Проектн.
1	Основные материалы за вычетом отходов	8,1	8,75	72,8	91,7
2	Зарплата рабочих-операторов	0,23	0,027	2,0	0,28
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования	0,023	0,01	0,2	0,1

4	Расходы на электроэнергию	0,067	0,069	0,6	0,7
5	Расходы на амортизацию штампового инструмента	1,716	0,31	20	6,6
6	Расходы на содержание и эксплуатацию произв-ых площадей	0,1	0,017	0,1	0,18
7	Расходы на зарплату наладчика	0,017	0,035	0,15	0,37
8	Цеховые расходы	0,377	0,04	3.39	0,42
9	Цеховая себестоимость	10,616	9,23	<u>100</u>	<u>100</u>

6.8. Расчет показателей экономической эффективности предлагаемого варианта

Таблица 6.9

№	Показатель	Расчет	Значение показателя	
			Баз.	Проект
1	Приведенные затраты на единицу изделия, руб.	$Z_{\text{пр ед}} = C_{\text{цех}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пр ед}}^{\text{Баз}} = 10,616 + 0,33 \cdot 5,02$ $Z_{\text{пр ед}}^{\text{Проект}} = 9,23 + 0,33 \cdot 2,8$	11,163	10,15
2	Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_Г = (Z_{\text{пр}}^{\text{Баз}} - Z_{\text{пр}}^{\text{Проект}}) \cdot N_{Г}$ $\mathcal{E}_Г = (11,163 - 10,15) \cdot 285000$	288705	
3	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Базовый}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Проект}}) \cdot N_{Г}$ $\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (10,616 - 9,23) \cdot 285000$	395010	



4	Срок окупаемости капитальных вложений (на штампы), лет	$T_{ок} = K_{и}^{Проект} / Э_{уг}$ $T_{ок} = 746110 / 395010 = 1,89$	$\approx 2,0$
---	--	--	---------------

Выводы: сравнительный анализ 2-х технологических процессов показал, что использование штамповочного комплекса БВК-150 является более выгодным в экономическом плане, чем штамповка на линии АЛП-3:

- цеховая себестоимость детали при изготовлении на штамповочном комплексе БВК-150 составляет 9,23 руб., а при штамповке на линии АЛП-3 – 10,616 руб.
- годовой экономический эффект от перевода изготовления детали на БВК-150 составляет 288705 руб.
- срок окупаемости капитальных вложений (на изготовление штамповой оснастки) – в течение 2,0 лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте был разработан непрерывный технологический процесс изготовления детали “Рычаг привода регулятора давления”.

Рассчитаны энергосиловые параметры, на основании которых было выбрано наиболее подходящее технологическое оборудование (пресс-автомат БВК-150).

На базе пресс-автомата спроектирована автоматическая линия, в состав которой, кроме прессового оборудования, добавлены необходимые средства автоматизации – валковое подающее и разматывающе-правильное устройство.

Была разработана штамповая оснастка (последовательный штамп), для чего сделан выбор материалов для изготовления деталей. Кроме того, были сделаны расчёты на прочность основных узлов и деталей штампа.

Рассмотрены вопросы техники безопасности. Были выявлены опасные и вредные факторы, вследствие которых разработаны мероприятия, существенно улучшающие условия труда рабочих-операторов.

В заключение была подсчитана экономическая эффективность использования предлагаемой технологии. Расчеты показали, что переход на новую технологию изготовления эффективен, т.к. цеховая себестоимость на единицу изделия снизилась.

Экономический эффект при программе выпуска 185000 деталей от внедрения нового техпроцесса составит 288705 рублей, при сроке окупаемости капиталовложений в течение 2 лет.

Следовательно, поставленная цель достигнута.

## Литература

1. Скрипачев, А.В. Матвеевко, И.Н. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В Скрипачев – Л.: Тольятти: ТолПИ, 1992.
2. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
3. Якуничев, Е.В. Технология холодной штамповки / Е.В Якуничев.-Л.: Сборник задач. – Тольятти: ТолПИ, 1991.
4. Владимиров, В.М. Изготовление штампов и пресс-форм / В.М Владимиров. – М.: Машиностроение, 1981. – 431 с.
5. Скрипачев, А.В. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Технология листовой штамповки». Вытяжка / А.В. Скрипачев – Тольятти: ТолПИ, 1992.
6. Лахтин, А.П. Конструкционные материалы и термическая обработка сталей и сплавов / А.П. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1984 – 370 с.
7. Скворцов, Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки / Г.Д Скворцов. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
8. Попов, Е.А. Теория листовой штамповки / Е.А. Попов. – Л.: Машиностроение, 1973. – 430 с.
9. Банкетов, А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование / А.Н Банкетов – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
10. Справочник по холодной штамповке / под ред. В.П. Романовского. - Л.: Машиностроение, 1979. - 520 с.
11. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка / М.Е. Зубцов. - Л.: Машиностроение, 1980. 432 с.

12. Скворцов, Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки: конструкции и расчеты / Г. Д. Скворцов. - Москва: Машиностроение, 1972. - 359 с.
13. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / под общ. ред. Л. И. Рудмана. - Москва: Машиностроение, 1988. - 495 с.
14. Lovell, M. Increasing formability in sheet metal stamping operations using environmentally friendly lubricants / M. Lovell, C.F. Higgs, P. Deshmukh, A. Mobley // [Journal of Materials Processing Technology](#). – 2006. - № 177. С. 87 – 90.
15. Improvement of part quality in stamping by controlling blank-holder force and pressure / M.A. Ahmetoglu, T. Altan, G.L. Kinzel // [Journal of Materials Processing Technology](#). – 1992. - № 33. С. 195 - 214.
16. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: уч.-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 22 с.