

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

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

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(профиль)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления».

Студент(ка)

А.Н. Мурзаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Е.Л. Смолин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Л.Н. Горина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«      »                                      20        г.

Тольятти 2016

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

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

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

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

Студент Мурзаев Александр Николаевич

1. Тема Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления».

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы июнь 2016

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: «Кронштейн привода регулятора давления».

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) 1. Анализ технико-экономических показателей исходных данных, 2. Технологическая часть, 3. Выбор оборудования и средств механизации или автоматизации, 4. Конструкторская часть, 5. Безопасность и экологичность технического объекта, 6. Экономическая часть.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала: Презентационные материалы, комплекс оборудования, сравнительная технология, штамповая оснастка.

6. Консультанты по разделам: И.В.Краснопевцева Л.Н.Горина  
В.Г. Виткалов

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

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

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

|                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| _____<br>(подпись) | _____<br>(И.О. Фамилия)               |
| _____<br>(подпись) | <u>Е.Л. Смолин</u><br>(И.О. Фамилия)  |
| _____<br>(подпись) | <u>А.Н. Мурзаев</u><br>(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 Мурзаева Александра Николаевича  
по теме Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления»

| Наименование раздела работы                                   | Плановый срок выполнения раздела | Фактический срок выполнения раздела | Отметка о выполнении | Подпись руководителя |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1. Анализ технико-экономических показателей исходных данных   | 07.05.16                         | 08.05.16                            | выполнено            |                      |
| 2. Технологическая часть                                      | 12.05.16                         | 13.05.16                            | выполнено            |                      |
| 3. Выбор оборудования и средств механизации или автоматизации | 17.05.16                         | 18.05.16                            | выполнено            |                      |
| 4. Конструкторская часть                                      | 23.05.16                         | 24.05.16                            | выполнено            |                      |
| 5. Безопасность и экологичность технического объекта          | 30.05.16                         | 31.05.16                            | выполнено            |                      |
| 6. Экономическая часть                                        | 04.06.16                         | 05.06.16                            | выполнено            |                      |
| 7. Подготовка чертежей по технологии                          | 10.06.16                         | 11.06.16                            | выполнено            |                      |
| 8. Подготовка чертежей оборудования                           | 13.06.16                         | 14.06.16                            | выполнено            |                      |
| 9. Подготовка чертежей оснастки                               | 16.06.16.                        | 17.06.16                            | выполнено            |                      |
| 10. Подготовка к защите                                       | с 20.06.16. -27.06.16            |                                     |                      |                      |

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

|                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| _____<br>(подпись) | <u>Е.Л.Смолин</u><br>(И.О. Фамилия)   |
| _____<br>(подпись) | <u>А.Н. Мурзаев</u><br>(И.О. Фамилия) |

## АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе разработан технологический процесс и спроектирована штамповая оснастка для изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления».

В результате анализа технологического процесса производства детали «Кронштейн привода регулятора давления» был определен ряд недостатков, такие как, большие экономические затраты на производство детали, высокая трудоемкость, небезопасные условия труда и пр. Было решено перевести технологический процесс на другое оборудование и скорректировать ранее имеющийся технологический процесс. В технологической части работы была выполнена проверка детали на технологичность, определены формы и размеры исходной заготовки, коэффициент использования металла, а также рассчитаны энергосиловые параметры по операциям проектной технологии. Далее в работе был произведен выбор требуемого технологического оборудования и приведены его технические характеристики. По штамповой оснастке определены исполнительные размеры рабочих частей штампа, выбраны материалы и способы термообработки деталей штампов. В работе изложены мероприятия по охране труда. В экономической части рассчитана себестоимость изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления», определены размеры капиталовложений для ее производства по базовой и проектной технологиям, проведено их сравнение.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                |                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                 | 7                                       |
| 1.АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....                               | 9                                       |
| 1.1Анализ технологичности детали .....                                                         | 9                                       |
| 1.2Анализ существующей технологии изготовления детали .....                                    | <b>Ошибка!</b>                          |
| <b>Закладка не определена.2</b>                                                                |                                         |
| 1.3Выявление недостатков существующей технологии                                               | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>  |
| 1.4Задачи дипломного проекта .....                                                             | <b>Ошибка! Закладка не определена.3</b> |
| 2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....                                                                   | <b>Ошибка! Закладка не определена.4</b> |
| 2.1 Схема предлагаемого технологического процесса                                              | <b>Ошибка! Закладка не определена.4</b> |
| 2.2 Определение формы и размеров исходной заготовки                                            | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>  |
| 2.3 Проектирование рационального раскроя, определение коэффициента использования металла ..... | 20                                      |
| 2.4 Определение энергосиловых параметров штамповки                                             | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>  |
| 3.ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ .....                                             | <b>Ошибка!</b>                          |
| <b>Закладка не определена.</b>                                                                 |                                         |
| 3.1 Выбор типоразмера и основные технические характеристики .....                              | <b>Ошибка!</b>                          |
| <b>Закладка не определена.</b>                                                                 |                                         |
| 3.2 Выбор средств автоматизации и основные характеристики .....                                | <b>Ошибка!</b>                          |
| <b>Закладка не определена.</b>                                                                 |                                         |
| 3.3 Описание работы автоматической линии и планировка участка штамповки.....                   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>  |
| 4.КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....                                                                  | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>  |
| 4.1 Состав и конструкция штамповой оснастки .....                                              | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>  |
| 4.2 Описание работы штамповой оснастки .....                                                   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>  |

|                                                                                                                                                           |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 4.3Прочностные расчеты деталей штампов .....                                                                                                              | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 4.4 Определение числа и расположения упругих элементов.....                                                                                               | 34                                     |
| 4.5 Определение центра давления штампов.....                                                                                                              | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 4.6 Определение исполнительных размеров инструмента.....                                                                                                  | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 5.БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА .....                                                                                                 | 40                                     |
| 5.1Технологическая характеристика объекта.....                                                                                                            | 40                                     |
| 5.2Идентификация производственно - технологических эксплуатационных профессиональных рисков.....                                                          | 40                                     |
| 5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков...                                                                                     | 41                                     |
| 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....                                                                                           | 43                                     |
| 5.5 Технические средства обеспечения пожарной безопасности.....                                                                                           | 44                                     |
| 5.6 Организационные(организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....                                                     | 45                                     |
| 5.7 Идентификация экологических факторов технического объекта.....                                                                                        | 46                                     |
| 5.8 Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду..... | 47                                     |
| 6.ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....                                                                                                                                | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 6.1 Сравнительный анализ технологических вариантов                                                                                                        | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 6.2 Калькуляция на штамповую оснастку                                                                                                                     | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 6.3. Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки.....   | 50                                     |
| 6.4 Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки .....                                                                          | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 6.5 Расчет капитальных вложений .....                                                                                                                     | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 6.6Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали .....                                                                                           | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 6.7.Структура себестоимости.....                                                                                                                          | 55                                     |

|                                      |                                        |
|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 6.8Экономическая эффективность ..... | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                     | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| ЛИТЕРАТУРА .....                     | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| ПРИЛОЖЕНИЕ.....                      | 61                                     |

## ВВЕДЕНИЕ

Обработка металлов давлением это один из наиболее развивающихся технологических методов производства; в технологическом и экономическом отношении ОМД имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами обработки металлов.

В технологическом отношении ОМД позволяет:

1. получать детали сложных форм, изготовление которых невозможно, или затруднено;
2. создавать прочные и жесткие, но легкие конструкции деталей при небольшом расходе материала;
3. получать взаимозаменяемые детали с достаточно высокой точностью размеров, преимущественно без последующей механической обработки;

В экономическом отношении ОМД обладает следующими преимуществами:

1. экономное использование материала и сравнительно небольшими отходами;
2. высокой производительностью оборудования, с применением механизации автоматизации технологических процессов;
3. массовым выпуском и низкой стоимостью изделий.

Наибольшая эффективность от применения ОМД происходит при комплексном решении технологических вопросов на всех этапах подготовки производства.

Штамповка деталей путем выполнения нескольких отдельных операций чаще всего невыгодна, поэтому применяют методы комбинированной штамповки, одновременно две и более операций.

Последовательная штамповка объединяет несколько различных операций (переходов), осуществляемых последовательно отдельным инструментом за несколько ходов пресса при перемещении заготовки между ними.

При совмещенной штамповке одновременно выполняется несколько операций за один ход пресса и за одну установку заготовки в штампе.

Таким образом, разработка технологических процессов листовой и объемной штамповки очень важна.

В данной работе проведена разработка технологического процесса изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления», проведены экономические расчеты, проведен анализ безопасности и экологичности проекта.

Целью данной бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления детали за счет внедрения комплексной автоматизации всего производственного цикла.

## 1. АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

### 1.1 Анализ технологичности детали

Технологичность – это совокупность свойств и конструктивных элементов, которые обеспечивают наиболее простое и экономическое изготовление деталей при соблюдении технических и эксплуатационных требований к ним [2].

Основные эксплуатационно-технические требования к листовым штампованным деталям следующие:

- полное соответствие конструкции по назначению и условиям эксплуатации детали;

- обеспечение требуемой прочности и жесткости при минимальном расходе металла;
- обеспечение необходимой точности и взаимозаменяемости;
- соответствие специальным физическим, химическим или техническим условиям [2].

К основным показателям технологичности относятся:

- наибольший коэффициент использования металла;
- наименьшее количество и низкая трудоемкость операций;
- отсутствие последующей механической обработки;
- наименьшее количество требуемого оборудования и производственных площадей;
- наименьшее количество оснастки, сокращение сроков и затрат на ее изготовление;
- увеличение производительности труда [2].

Результативным показателем технологичности является себестоимость штампованных деталей.

Поскольку структура и соотношение элементов себестоимости (материал, заработная плата, отчисления, налоги и так далее) зависят от серийности производства и его специфики, то понятие технологичности неразрывно связано с конкретным производством. Так, технологическая конструкция в условиях мелкосерийного производства может оказаться нетехнологичной в массовом производстве и наоборот [2].

К данной детали предъявляются следующие требования:

- соответствие размеров детали чертежу;

- малые упругие деформации;
- технологичность конструкции.

Операция 10: производится вырубка заготовки детали (Рис.1.1).

Операция 20: производится, гибка (Рис.1.2). Радиус гибки  $\geq S$ , где  $S$  толщина материала.  $3\text{мм} \geq 3\text{мм}$ . Радиусы удовлетворяют условие технологичности.

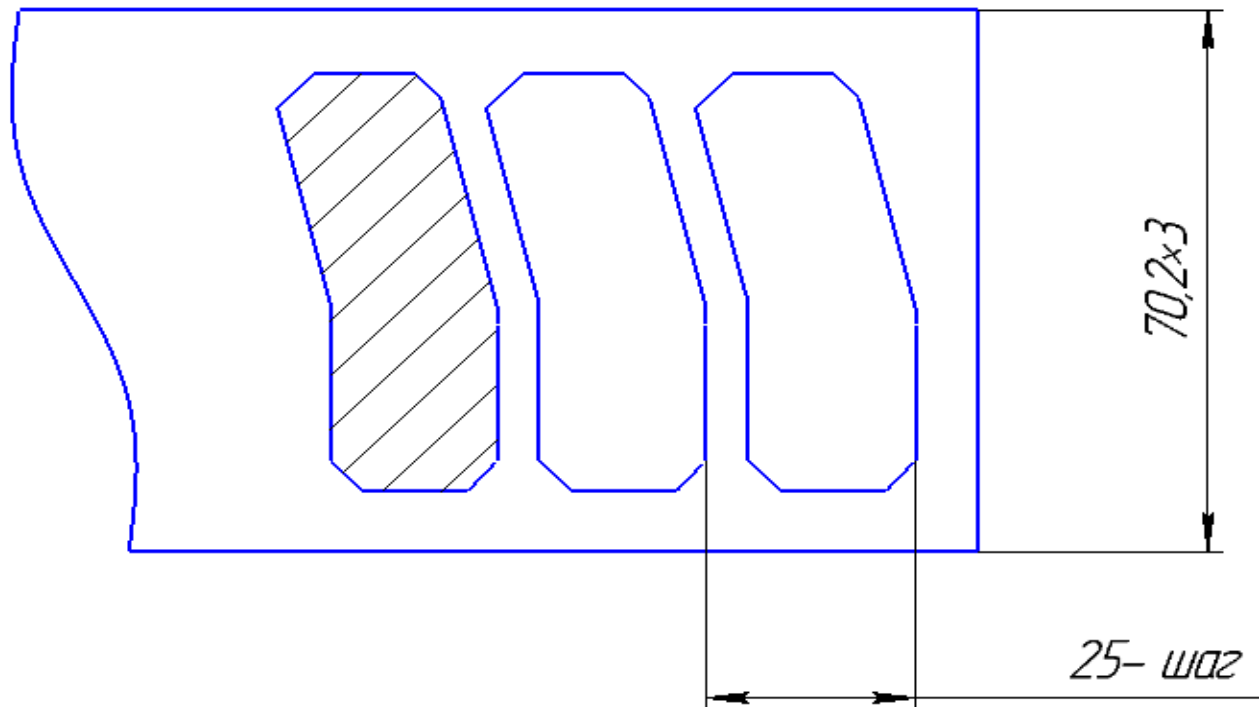


Рисунок 1.1- Вырубка заготовки

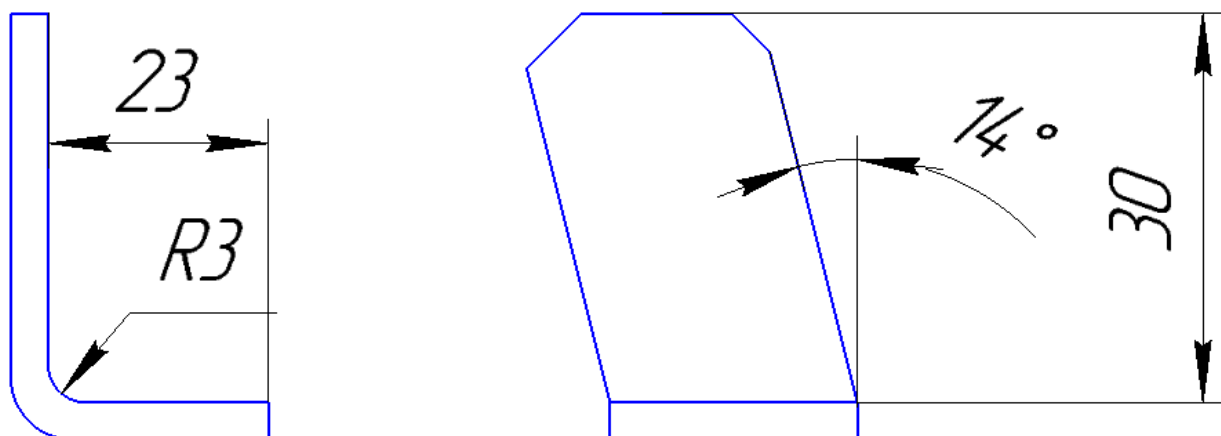


Рисунок 1.2- Гибка

### 1.2 Анализ существующей технологии изготовления детали

В существующем варианте технологии изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления» применена следующая схема построения технологического процесса, состоящая из двух операций. Каждая операция выполнена на отдельном прессе.

Вырубка заготовок: осуществляется на прессе простого действия Раскин 50, усилием 0,5 МН, оснащенного устройством подачи рулонного материала в зону обработки. Производительность: 6000 шт/час.

Гибка: выполняются на прессе простого действия Сасс, усилием 0,5 МН. Заготовки закладываются в штамп вручную. Производительность: 800 шт/час.

Удаление заготовок производится пневмоподъемниками, пневмосдувом.

### 1.3 Выявление недостатков существующей технологии

При рассмотрении существующей технологии изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления» были выявлены следующие недостатки:

1. в существующем технологическом процессе низкая итоговая производительность, что приводит к высокой трудоемкости изготовления детали и большие экономические затраты на производство детали «Кронштейн привода регулятора давления»;
2. производительность 1 операции высокая, поэтому большую часть заготовок отвозят на склад, доставляя заготовки к основной штамповочной линии по мере необходимости, что вызывает дополнительные затраты на транспортно-складские операции;
3. небезопасные условия труда, связанные с возможным травматизмом, т.к. отсутствуют системы автоматизации (заготовка закладывается в штамп вручную);
4. ручная штамповка имеет монотонный характер, что негативно влияет на психофизическое состояние работников (утомляемость).

Для исключения основных недостатков необходимо решить ряд задач, связанных с разработкой нового технологического процесса, позволяющих комплексно избавиться от недостатков базового технологического процесса. Наиболее радикальный способ исключить недостатки – осуществить автоматизацию всего технологического цикла с исключением ручного труда.

#### 1.4 Задачи дипломного проекта

Выявленные недостатки базового технологического процесса позволяют сформулировать задачи:

- разработка нового (усовершенствованного) технологического процесса;

- выбор оборудования для нового технологического процесса, которое позволяет использовать средства автоматизации;
- разработка конструкции штамповой оснастки;
- достижение экономической эффективности нового технологического процесса перед базовым;
- разработка мероприятий по безопасности условий труда на производственном участке.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Схема предлагаемого технологического процесса

Предложенный технологический процесс состоит из семи операций, с шагом 25/2 (Рис.2.1). Детали изготавливаются из ленты толщиной 3,0 мм сталь 08пс на штамповочном комплексе БВК-63. Все операции предполагается выполнять на одном прессе, работающем совместно с системой автоматизации:

Операция 10: Пробивка трех технологических отверстий  $\varnothing 7$  мм для использования этих отверстий под ловители.

Операция 20: Осуществляется обрезка ленты по ширине и вырезка фасок, тем самым убирая неровности, заусенцы и выполняем вырез для контроля шага подачи. Устанавливается устройство контроля.

Операция 30: Вырезка паза между контурами будущей детали с тыльной стороны полосы.

Операция 40: Вырезка паза между контурами будущей детали с фронтальной стороны полосы.

Операция 50: Гибка на  $45^\circ$ .

Операция 60: Гибка  $90^\circ$ .

Операция 70: Разделение деталей. Вырезается перемычка, детали отделяются от ленты, попадая в тару по магнитному транспортеру.



При выполнении последовательной штамповки для мелких деталей, где имеются не симметричные выполнения операций, в виде гибки, рациональней использовать штамповку двух спаренных деталей, чтобы уравновесить сдвигающие усилия. При этом увеличивается производительность в два раза.

В проектном варианте технологии изготовления детали предложено применить автоматическую линию к прессу, за счет чего сократится количество рабочих на изготовление данной детали, понизится травмоопасность, уменьшится количество занимаемой оборудованием площади, повысится точность штамповки, снизится штучное время.

## 2.2 Определение формы и размеров исходной заготовки

В массовом производстве играет большую роль точное определение формы и размеров исходной заготовки. Определим размер заготовки, рассмотрев сечение по оси Y (Рис.2.2).

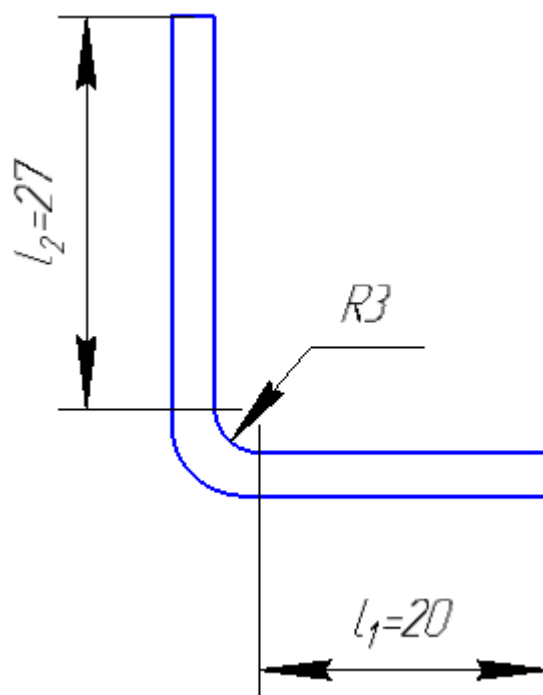


Рисунок 2.2- Сечение детали по оси Y

Определим суммарную длину всех участков по оси Y:

$$\begin{aligned} L_y &= L_1 + L_2 + \pi / 2 \cdot (R + xS) = \\ &= 20 + 27 + 6,7 = 53,7 \text{ мм} \end{aligned}$$

Т.к. в проектном варианте рациональней использовать штамповку двух спаренных деталей, чтобы уравновесить сдвигающие усилия, то  $L = L_y \times 2$

$$L = 53,7 \times 2 = 107,4 \text{ мм.}$$

Учитывая спаренную штамповку, назначаем базу спаривания.

Экономичность раскроя в значительной степени зависит от правильной величины перемычек. Основное назначение перемычек – компенсировать погрешности подачи материала и фиксации его в штампе с тем, чтобы обеспечить полную вырезку детали по всему контуру и предотвратить получение бракованных деталей. Кроме того, перемычки должны обладать достаточной прочностью и жесткостью, необходимой для подачи материала.

Располагаем перемычку так, чтобы внутри можно было разместить отверстие подловитель ( $L_3 = 10,6 \text{ мм}$ ). Назначаем перемычку по контуру детали [1, табл.139] в зависимости от толщины материала ( $L_4 = 2 \text{ мм}$  – с одной стороны). Для компенсации возможных дефектов (подрезки ленты) назначаем перемычку  $L_5 = 3 \text{ мм}$  – с двух сторон. Таким образом, ширина ленты будет составлять:

$$L = 3 + 2 + 107,4 + 10,6 + 2 = 125 \text{ мм}$$

Назначаем шаг перемещения ленты. Выбираем расстояние между двумя соседними элементами (шаг 25 на 2 детали).

Размеры исходной заготовки показаны на Рис. 2.3.

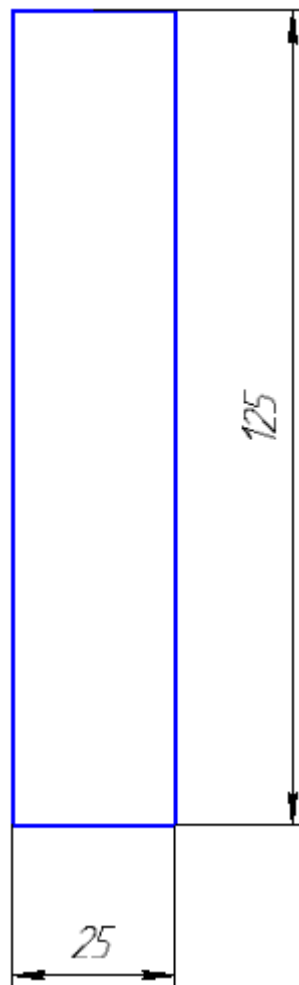


Рисунок 2.3- Размеры исходной заготовки

## 2.3 Проектирование рационального раскроя, определение коэффициента использования металла

Экономия металла и уменьшение отходов в холодной листовой штамповке имеют весьма важное значение, особенно в крупносерийном и массовом производстве, так как при больших масштабах производства даже незначительная экономия металла на одном изделии дает в итоге большую экономию [1].

Раскрой листового металла на штучные заготовки и полосы является первой операцией, связанной с потерями металла в виде обрезков и неиспользуемых отходов. При раскрое листов необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Резку заготовок производить по тщательно разработанным раскройным картам, учитывающим наиболее полное использование материала;
2. При резке крупных заготовок в серийном производстве применять комбинированный раскрой при наилучшем использовании материала и соблюдении комплектности заготовок;
3. Резку узких полос производить вдоль листа, так как при этом из каждой полосы получается большее количество деталей и уменьшается количество концевых отходов полосы;
4. Как правило, желательно резать широкие, а не узкие полосы, так как при этом требуется меньшее количество резов, а так же меньший шаг подачи при штамповке, кроме того обычно уменьшаются потери на концевые отходы;
5. В массовом производстве крупных деталей заказывать специальные мерные листы, кратные двум или более заготовкам;
6. В массовом производстве небольших деталей заменять листовой материал холоднокатаной лентой;

7. Нарезать заготовки для деталей, подвергаемых гибке, желательно с учетом направления волокон проката;
8. При резке на ножницах применять специальные устройства, облегчающие настройку и повышающие точность реза[1];

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

- Раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму;
- Малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка;
- Безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путем прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек.

Исходный материал: лента, сталь 08 пс , толщина ленты 3,0 мм, ширина ленты 125 мм. Шаг ленты –25 мм.

Расположение заготовки в рулоне – параллельно подаче ленты. В ленте заготовка располагается в два ряда. Ширина ленты выбирается равной ширине исходной заготовки, т.е. равной 125 мм.

$$\eta = F_d / (B \cdot t), (2.1)$$

где  $F_d$  – площадь вырубаемой заготовки;

$B$  – ширина ленты;

$t$  – шаг подачи.

$\eta = 2F_d / (B \cdot t) = 2 \cdot 1057,23 / (125 \cdot 25) = 0,676$ , т.е. 67,6% металла заготовки используется для получения детали.

## 2.4 Определение энергосиловых параметров штамповки

Проектный технологический процесс состоит из девяти операций:

1. Пробивка отверстий;
2. Обрезка;
3. Вырезка;
4. Вырезка;
5. Гибка;
6. Окончательная гибка;
7. Разделение деталей;

1. Определим усилие, необходимое для пробивки трех отверстий в заготовке.

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot K, \quad (2.2)$$

где  $K = 0,4$  – коэффициент запаса;

$L$  – длина вырубаемого контура;

$S$  – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}} = 25 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $\sigma_{\text{ср}}$  – сопротивление срезу.

Для пробивки трех технологических отверстий:

$$P_1 = 3 \cdot (65,97 \cdot 0,4 \cdot 3 \cdot 25) = 59,37 \text{ кН}$$

Усилие, необходимое для снятия полосы с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} P, \quad (2.3)$$

где  $P$  – полное усилие вырубки;

$k_{\text{сн}}$  – коэффициент, определяемый в зависимости от типа штампа и толщины материала,  $k_{\text{сн}}=0,10$ .

$$P_{\text{сн}}=0,10 \cdot 59,37=5,93 \text{ кН.}$$

Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} P, \quad (2.4)$$

где  $k_{\text{пр}}$  – коэффициент, устанавливающий соотношение между  $P_{\text{пр}}$  и  $P$ ,  $k_{\text{пр}}=0,07$ .

$$P_{\text{пр}}=0,07 \cdot 59,37 \cdot 3=12,46 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = P_1 + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 59,37 + 5,93 + 12,46 = 77,76 \text{ кН}$$

Работа резания при пробивке:

$$A = x \cdot P \cdot S / 1000, \quad (2.5)$$

где  $x$  – коэффициент, определяемый из соотношения  $x = P_{\text{ср}} / P$ .

$$A = x \cdot P \cdot S / 1000 = 0,60 \cdot 77,76 \cdot 3 / 1000 = 1399,6 \text{ кДж}$$

2. Определим усилие, необходимое для подрезки ленты по ширине..

$$P_1 = L \cdot k \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} = 83,5 \cdot 0,4 \cdot 3 \cdot 25 = 25,05 \text{ кН}$$

$$P_2 = L \cdot k \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} = 83,5 \cdot 0,4 \cdot 3 \cdot 25 = 25,05 \text{ кН}$$

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 = 2,83 + 2,83 = 50,1 \text{ кН}$$

Усилие, необходимое для снятия полосы с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = 0,10 \cdot 50,1 = 5,01 \text{ кН.}$$

Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу:

$$P_{\text{пр}} = 0,07 \cdot 50,1 \cdot 3 = 10,5 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = P_1 + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 50,1 + 5,01 + 10,5 = 65,61 \text{ кН}$$

Работа резания при пробивке:

$$A = x \cdot P \cdot S / 1000 = 0,60 \cdot 65,61 \cdot 3 / 1000 = 1180,9 \text{ кДж}$$

3. Определим усилие вырезки паза:

$$P_1 = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{в}} \cdot k = 97,07 \cdot 3 \cdot 25 \cdot 0,4 = 29,19 \text{ кН}$$

Усилие, необходимое для снятия полосы с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = 0,10 \cdot 29,19 = 2,9 \text{ кН.}$$

Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу:

$$P_{\text{пр}} = 0,07 \cdot 29,19 \cdot 3 = 6,12 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = P_1 + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 29,19 + 2,9 + 6,12 = 38,21 \text{ кН}$$

Определим работу вырезки:

$$A = x \cdot P \cdot S / 1000 = 0,60 \cdot 38,21 \cdot 3 / 1000 = 687,7 \text{ кДж}$$

4. На четвертой операции выполняется аналогичная операция с противоположной стороны ленты.

$$P = 38,21 \text{ кН}$$

5. Определим усилие, необходимое для первой гибки:

$$P = 1,25 \cdot k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_b = 1,25 \cdot 0,18 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 30 = 13,5 \text{ кН}$$

Определим работу первой операции гибки:

$$A = x \cdot P \cdot h / 1000,$$

где  $h$  – длина загибаемых полок.

$$A = x \cdot P \cdot h / 1000 = (0,6 \cdot 1350 \cdot 20) / 1000 = 162 \text{ кДж}$$

6. Определим усилие, необходимое для гибки:

$$P_1 = 1,25 \cdot k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_b = 1,25 \cdot 0,18 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 30 = 13,5 \text{ кН}$$

Определим работу операции гибки:

$$A = x \cdot P \cdot h / 1000 = (0,6 \cdot 1350 \cdot 20) / 1000 = 162 \text{ кДж}$$

7. Определим усилие, необходимое для вырубки отхода:

$$P = L \cdot k \cdot S \cdot \sigma_{cp} = 77,2 \cdot 0,4 \cdot 3 \cdot 25 = 23,16 \text{ кН}$$

Усилие, необходимое для снятия полосы с пуансона:

$$P_{сн} = 0,10 \cdot 23,16 = 2,3 \text{ кН.}$$

Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу:

$$P_{пр} = 0,07 \cdot 23,16 \cdot 3 = 4,8 \text{ кН}$$

$$P_{общ} = P_1 + P_{сн} + P_{пр} = 26,16 + 2,3 + 4,8 = 33,26 \text{ кН}$$

Определим работу вырубки:

$$A = x \cdot P \cdot S / 1000 = 0,6 \cdot 3326 \cdot 3 / 1000 = 598,8 \text{ кДж}$$

Суммарное усилие:

$$P_{\Sigma} = 77,76 + 65,61 + 38,21 + 38,21 + 13,5 + 13,5 + 33,26 = 0,28 \text{ МН}$$

### 3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

#### 3.1 Выбор типоразмера и основные технические характеристики

Выбор оборудования проведен в соответствии с критериями выбора:

- усилие, необходимое для изготовления детали;
- мощность оборудования;
- размеры стола;
- ход ползуна;
- закрытая высота пресса
- число ходов пресса
- наличие специальных устройств (буфер, выталкиватель, механизм подачи)
- удобство и безопасность обслуживания пресса.

Таким образом, основными техническими параметрами для выбора оборудования являются усилие, работа, величина хода, закрытая высота и размеры стола пресса [1].

Проверяем по усилию с помощью поправочного коэффициента:

$$P = P_{\Sigma} \cdot K_{\text{попр}}, \quad (3.1)$$

где  $P_{\Sigma}$  – суммарное усилие операций, производимых на данном оборудовании;

$K_{\text{попр}}$  – поправочный коэффициент;  $K_{\text{попр}} = 1,25$

$$P = 2,7 \text{ кН} \cdot 1,25 = 0,33 \text{ МН}$$

Для изготовления данной детали выбираем штамповочный комплекс БВК-63.

Технические характеристики сведены в табл.3.1

Таблица 3.1-технические характеристики

| Характеристика                                 | Значение  |
|------------------------------------------------|-----------|
| Номинальное усилие пресса, МН                  | 0.63      |
| Габаритные размеры пресса, мм                  |           |
| Длина                                          | 14 240    |
| Ширина                                         | 7008      |
| Высота                                         | 3200      |
| Масса пресса                                   | 34 000    |
| Мощность электродвигателя пресса, кВт          | 80        |
| Размер стола пресса                            | 2350×1580 |
| Число ходов ползуна, ход/мин                   | 30-150    |
| Одиночный                                      |           |
| Площадь, занимаемая комплексом, м <sup>2</sup> | 165       |

### 3.2 Выбор средств автоматизации и основные характеристики

Автоматизация листовых штамповочных работ позволяет в несколько раз увеличить производительность труда, а так же обеспечивает полную безопасность работы на прессах [1].

При ручной подаче заготовок и ручном удалении изделий и отходов число ходов пресса используется лишь на 25-30 %, а в ряде случаев и меньше. При полной автоматизации работы коэффициент использования числа ходов пресса достигает 100%, хотя абсолютное число используемых ходов за рабочую смену несколько ниже предельно возможного из-за потерь времени на перестановку штампов, заправку ленты и т.п. и составляет от 80 до 95 % [1].

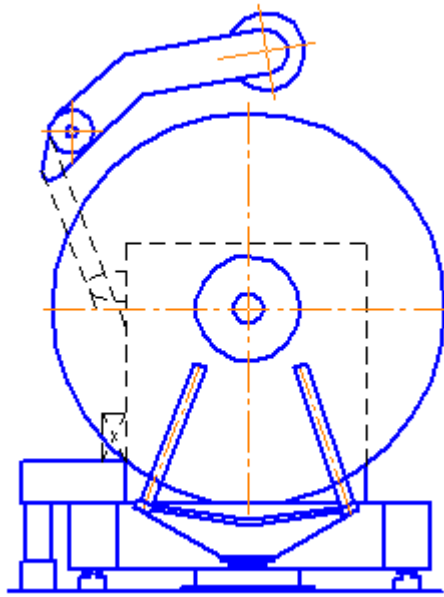
В случае, когда полная автоматизация процесса листовой штамповки затруднительна из-за сложности и длительности внедрения или экономически невыгодна, следует применять простейшую механизацию вспомогательных работ – подача заготовок и удаления изделий и отходов [1].

Степень возможной автоматизации процессов холодной штамповки зависит, прежде всего, от типа и масштаба производства, а так же от экономической целесообразности ее применения [1].

Применение магазинных (шиберных) и бункерных устройств для многооперационной штамповки мало осуществимо. Наиболее точное перемещение штучных заготовок могут осуществлять грейферные механизмы. Но учитывая небольшие размеры деталей и массивность самих грейферных механизмов, такая штамповка из штучных заготовок мало привлекательна, при этом придется использовать несколько единиц оборудования, связанных грейферными механизмами в единую автоматическую линию, которая занимает значительные производственные площади. Наиболее рационально использование штамповки деталей из рулонного материала на автоматических комплексах, оснащенных рулоноподающим механизмом и устройством для удаления готовых деталей и отходов.

Разработку технологического процесса для этих комплексов ведут таким образом, чтобы получать готовую деталь путем ее вырубки в штампе простого действия либо с формоизменением в штампах последовательного или совмещенного действия без дополнительных операций штамповки надругом оборудовании. При последовательной штамповке в ленте для повышения точности шага подачи используют приводной рулоноразматыватель (Рис. 3.1 (вид спереди (а) и вид сверху (б)).

а)



б)

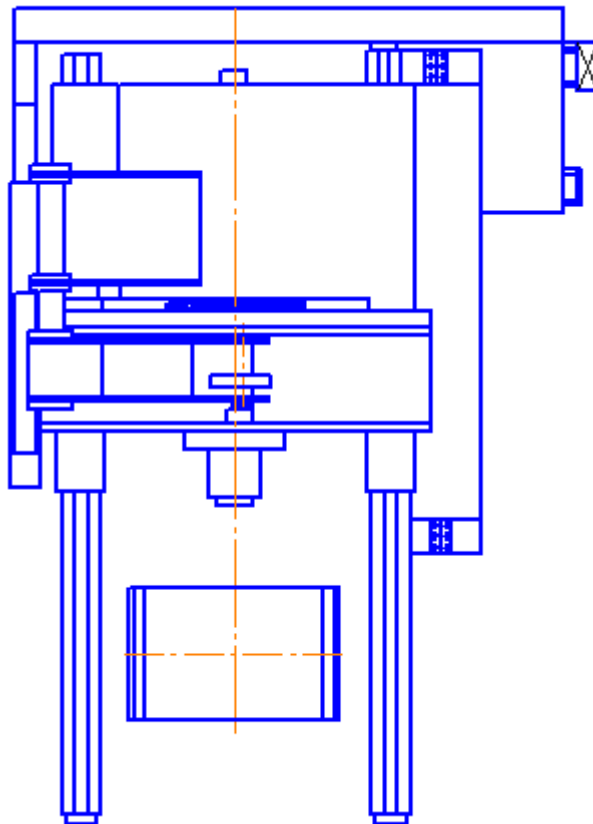


Рисунок 3.1-Приводной рулоноразматыватель(а – вид спереди, б– вид сверху)

### 3.3 Описание работы автоматической линии и планировка участка

#### штамповки

Для производства детали «Кронштейн привода регулятора давления» в предлагаемом технологическом процессе используем штамповочный комплекс БВК-63. Штамповка деталей на данном оборудовании производится из ленты сталь 08 пс.

Рулон исходного материала при помощи тележки с подъемником устанавливается на рулоноразматыватель (5) (Рис.3.1), оснащенного датчиком регулировки скорости разматывания (18), который контролирует уменьшение диаметра рулона. Разматывающее устройство оснащено гидравлическим подъемным столом (19) для загрузки нового рулона. Доставка рулона осуществляется краном или электро-погрузчиком.

С рулоноразматывателя лента проходит через правильное устройство (6) попадая в устройство для компенсационной петли (11), выполненной в виде рольганга с прижимом ленты. Подача ленты в зону штамповки и перемещение ее между этапами штамповки (перенос в штампе) производится при помощи подающего устройства – валковой подачи (17), установленной на входе прессы. Пресс размещен в защитном экране (16), который, во-первых, изолирует рабочее пространство прессы от непредусмотренного доступа извне, а во-вторых, поглощает большую часть шума, возникающего при быстросходной штамповке.

Для удаления отходов и отштампованных деталей используются магнитные транспортеры (12), (14). Транспортер (14) переносит готовые детали в тару (15) (контейнеры). Отходы проходят по транспортеру (12) в тару (13).

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 прессом (8) (пульт вынесен за опасную зону).

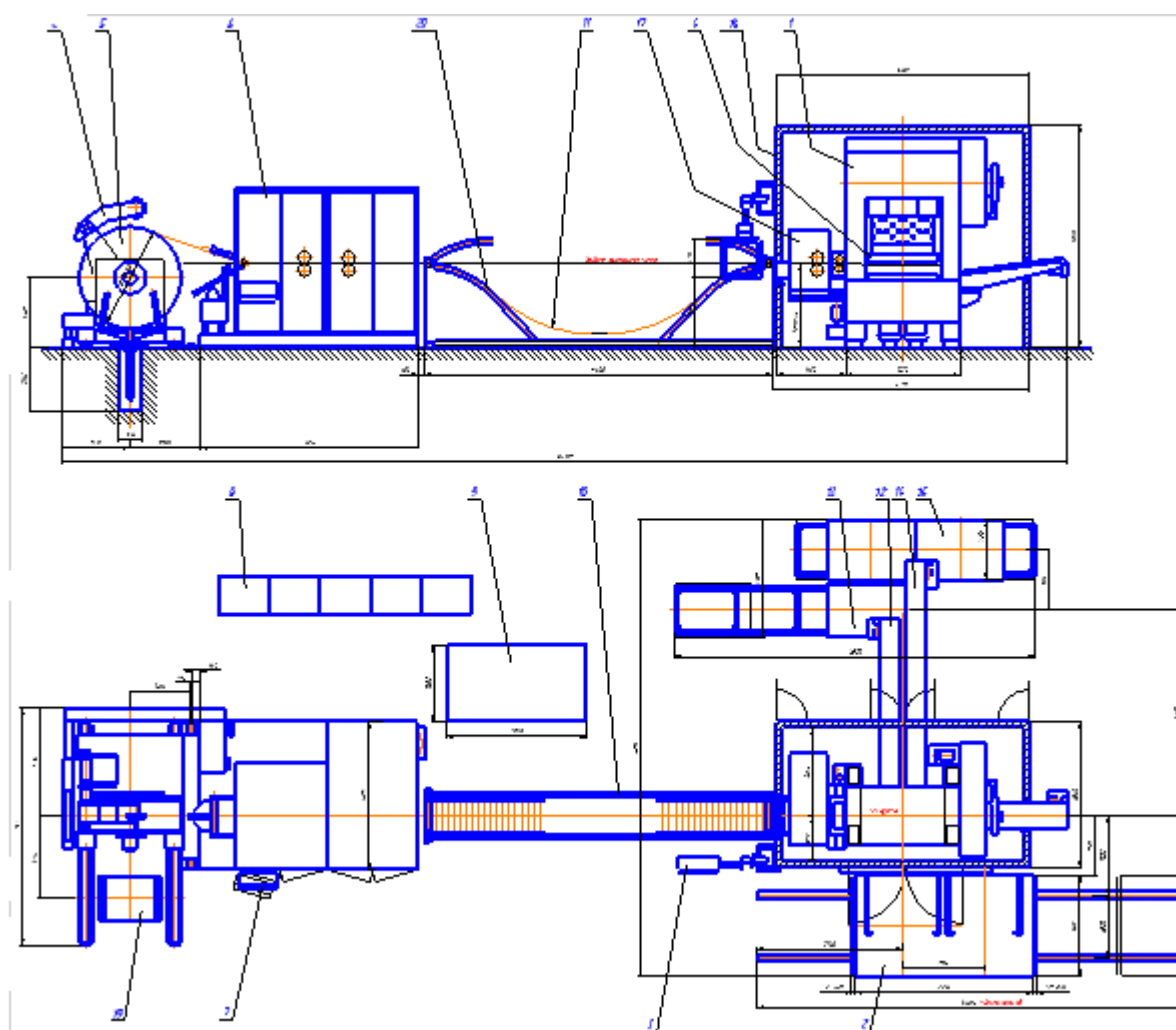


Рисунок 3.2-Комплекс оборудования

## 4. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Состав и конструкция штамповой оснастки

Последовательный штамп делится на две части: верхняя плита(19) и нижняя плита(20), к которым крепятся группа деталей, выполняющих как разделительные, так и формообразующие операции. Разделительные операции в основном выполняются на 1-ых позициях штампа, где формируется контур заготовки. А формообразующие - на заключительных позициях. Последней операцией является разделительная операция, где готовое изделие отделяется от ленты. Поэтому в штампе имеется большое количество пуансонов, которые устанавливаются в держателе по скользящей посадке, с целью их быстрой замены. Обязательно наличие ловителей (15), которые фиксируют шаг перемещения ленты. При заходе ленты в штамп, направление ее движения обеспечивается роликами (208). Обязательное наличие подпружиненных подъемников (213), которые поднимают ленту над зеркалом штампа. Наличие подпружиненных отлипателей (204), которые отделят ленту от прижима, в случае ее прилипания. Пуансоны с односторонним резом (303) оснащаются упорным зубом, который исключает отжим пуансона при выполнении операции.

В последовательных штампах, в качестве направляющих элементов, используют колонки (209) и втулки (11, 214) с шариковыми сепараторами (12, 16), для более точного направления верхней половины штампа относительно нижней. Обязательно применяют устройство контроля шага подачи ленты, который срабатывает при заходе ролика во врез на краю ленты.

Крепление верхней и нижней половины штампа к столу и ползуну прессы осуществляется за счет специальных пазов выполненных в плите верха и низа и соответственно Т-образных пазов в столе и ползуне.

## 4.2 Описание работы штамповой оснастки

При подаче ленты на один шаг в последовательном штампе производится пробивка трех технологических отверстий. После второй подачи ленты на один шаг осуществляется подрезка ленты по контуру. После этого производится вырезка паза между контурами будущей детали сначала с тыльной стороны, а на следующем шаге с фронтальной стороны. После чего происходит гибка заготовки на  $45^\circ$ , а на следующей операции производится окончательная гибка на  $90^\circ$ . И на последней подаче ленты производится разделение деталей.

После разделительной операции детали отделяются от ленты, попадая в тару по магнитному транспортеру.

## 4.3 Прочностные расчеты деталей штампов

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

Установлено, что при пробивке отверстий, размеры которых соизмеримы с толщиной металла, локальная удельная нагрузка на режущие кромки пуансона в два раза больше, чем на режущей кромке вырубной матрицы.

Приближенный расчет пуансона на прочность производим по табл. 268 [1]:

1. Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие:

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

где  $P$  – усилие пробивки;  $P = 1979$  кгс;

$F$  – опорная поверхность пуансона,  $\text{мм}^2$ ;

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 153,86 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F} = \frac{1979}{153,86} = 12,86 \text{ кгс/мм}^2$$

2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении:

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

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

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} = 38,46 \text{ мм}^2$$

Допускаемое напряжение сжатия при  $\sigma_{см} = 10$  кгс/мм<sup>2</sup>, необходима  
каленая стальная прокладка.

$[\sigma_{сж}]$  – допускаемое напряжение на сжатие,  $[\sigma_{сж}] = 160$  кгс/мм<sup>2</sup>

$$\sigma_{сж} = \frac{1979}{38,46} = 51,45 \text{ кгс/мм}^2$$

$P$  - Потребное технологическое усилие;

$F$  - Площадь наименьшего сечения пуансона, мм<sup>2</sup>.

Сжимающее напряжение составило  $51,45 \text{ кгс/мм}^2 < 160 \text{ кгс/мм}^2$ , что  
меньше допускаемых, следовательно условие прочности на сжатие  
удовлетворяется

3. Расчет свободной длины пуансона на продольный изгиб:

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}} \quad (4.3)$$

$E$  - Модуль упругости,  $(2,2 \cdot 10^6)$  МПа

$J$  - Момент инерции сечения, см<sup>4</sup>

$n$  – Коэффициент безопасности  $n = (2 \dots 3)$ .

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,007^4}{4} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 1979}} = 0,088 \text{ м}$$

Это удовлетворяет требованиям прочности [1, табл.208]:

В соответствии со справочниками выбираем материал основных деталей штампа. Все пробивные пуансоны, матрицы, пуансоны для гибки, матрицы для гибки выполняются из стали X12M1, т.к. она соответствует требованиям прочности.

Таблица 4.1-материалы основных деталей

| Деталь штампа                 | Материал   | Рекомендуемая твердость   |
|-------------------------------|------------|---------------------------|
| Пуансоны пробивные            | X12M1      | HRC 55...59               |
| Держатели                     | Сталь 40X  | HRC37...42                |
| Матрицы                       | X12M1      | HRC 55...59               |
| Подъемники                    | Сталь 45   | HRC 46...51               |
| Противоотжим                  | Сталь 45   | HRC 51...55               |
| Ловители                      | Сталь У8А  | HRC 55...59               |
| Прижим                        | Сталь У8А  | HRC 55...59               |
| Нож                           | Сталь У10А | HRC 57...61               |
| Пуансоны гибочные             | X12M1      | HRC 55...59               |
| Направляющие колонки и втулки | Сталь 20 Х | HRC 58...62<br>Цементация |

#### 4.4 Определение числа и расположения упругих элементов

Для прижима штампуемого материала, для снятия материала с пуансона, для выталкивания отхода и готовых изделий из матрицы и т. д. применяются различные пружины.

Винтовые цилиндрические пружины для штампов, работающие на сжатие, изготавливаются из проволоки различных сечений: круглого, квадратного, прямоугольного и др. Чаще всего для пружин применяется круглого и квадратного сечений.

В данном штампе пружины выполняют следующую функцию: снятие полосы с пуансона.

Определяем полное усилие снятия полосы с пуансона:

$$P_{\text{сн}}=5,93+5,01+2,9+3,105+5,3+2,3=24,54 \text{ кН.}$$

Выбираем пакет пружин из справочника типовых деталей. Исходя из общего усилия снятия, назначаем пружину усилием 2,64 кН. Необходимо определить количество пакетов пружин в штампе для обеспечения полного усилия, для этого поделим общее усилие снятия на усилие одной пружины:

$$N=24,54/2,64=9,29 \approx 10$$

Назначаем 10 пакетов пружин.

#### 4.5 Определение центра давления штампов

Большое значение для вытяжных, вырубных, пробивных, гибочных и правочных штампов имеет нахождение центра давления штампов В противном случае в штампе возникают перекосы, несимметричность зазора, износ направляющих, быстрое притупление кромок, а возможно и поломка штампа. Нахождение центра давления штампа имеет значение главным образом для сложных вырубных, многопуансонных пробивных и последовательных комбинированных штампов.

Для определения центра давления штампа используем аналитический способ нахождения центра давления штампа. Этот способ основан на равенстве момента равнодействующей нескольких сил сумме моментов этих сил относительно одной и той же оси. Но т.к. деталь симметрична, то координата по оси X будет находится на оси симметрии, осталось определить координату по оси Y,

Точка С (370;0) – центр давления штампа.

Таким образом, штамп необходимо проектировать так, чтобы точка С совпадала с осью пресса. Теперь необходимо уравновесить силы относительно

центральной оси пресса. Для этого найдем координату по оси X (рис. 4.1) по формуле (4.4)

$$X = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i} = \frac{77,76 \cdot 113,75 + 32,8 \cdot 182,39 + 32,8 \cdot 207,7 + 38,23 \cdot 332,15 + 38,21 \cdot 404,85 + 13,5 \cdot 502,5 + 13,5 \cdot 595 + 33,2 \cdot 693}{77,76 + 32,8 + 32,8 + 38,23 + 38,21 + 13,5 + 13,5 + 33,2} = 307,02 \text{ мм},$$

(4.4)

где  $P_i$  - усилия для каждого участка

$x_i$  - координаты по оси X

Отклонение от центральной оси пресса составляет 62,98 мм, что допустимо.

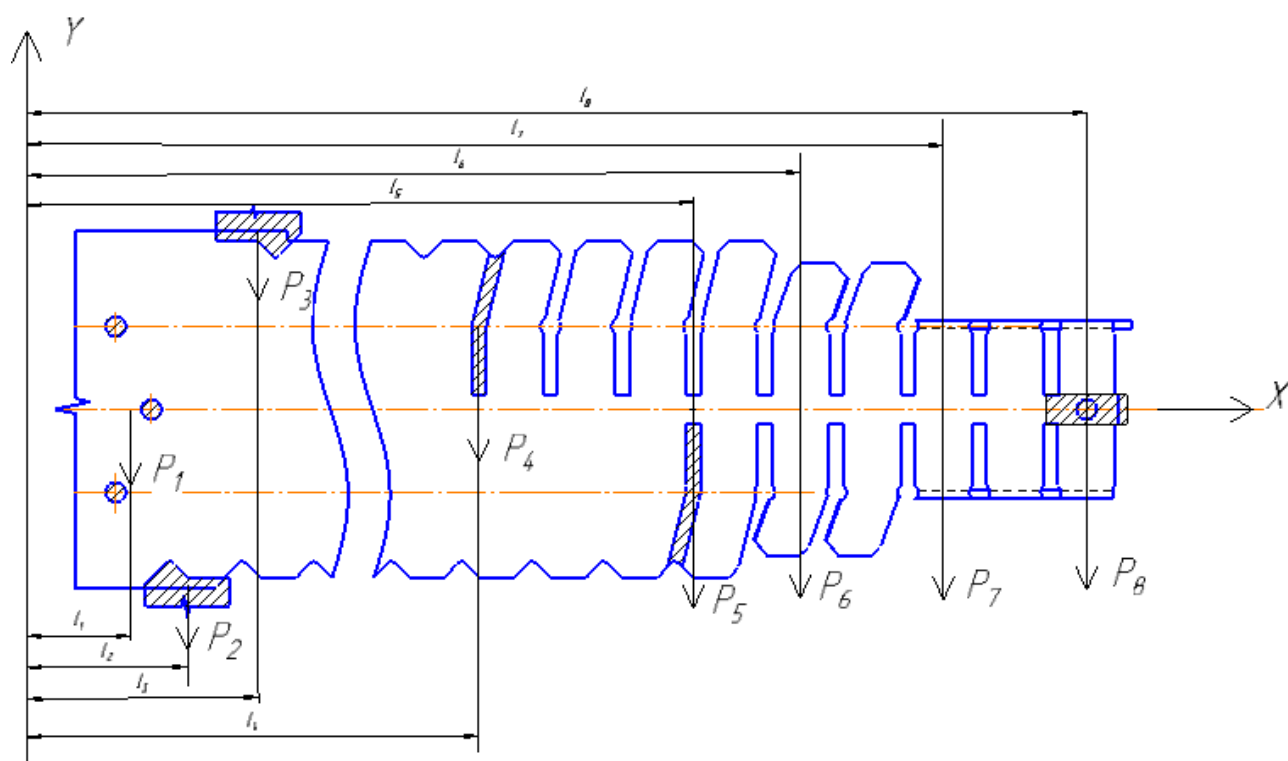


Рисунок 4.1- Расчет центра давления штампа

#### 4.6 Определение исполнительных размеров инструмента

При пробивке основной деталью является пуансон, т. к. он обеспечивает поверхность блестящего пояска, по которому производят контроль размеров пробиваемого отверстия. При вырубке основной деталью является матрица т. к. она обеспечивает поверхность блестящего пояска вырубаемой детали, по которой производят контроль размера детали. При расчете подсчет размеров ведут от основной детали [3]. Определим исполнительные размеры пуансона для пробивки трех отверстий диаметром 7 мм:

Для размера 7 мм (рис. 4.2)

$$d_{\Pi} = (d + 0)_{-\delta d} = (7 + 0)_{-0,01} = 7_{-0,09} \text{ мм}$$

Величина зазора, как и радиус закругления, влияет на основные элементы вырубки и пробивки. Для определения величины зазора пользуются опытными данными различных заводов. На основании экспериментальных данных величины зазоров составляют при вырубке и пробивке  $(0,05 \dots 0,08) S$ .

$$Z_{\Pi-M} = 0,08 \cdot 3 = 0,24 \text{ мм.}$$

По табл. 9 [1] для  $S=3$  мм выбираем двухсторонний зазор:

$$Z_{\min}=0,24 \text{ мм; } Z_{\max}=0,36 \text{ мм.}$$

Размеры рабочих отверстий (матриц) будут

$$d_m = (d_n + Z_{\min})^{+\delta M} = (7 + 0,24)^{+0,015} = 7,24^{+0,015} \text{ мм}$$

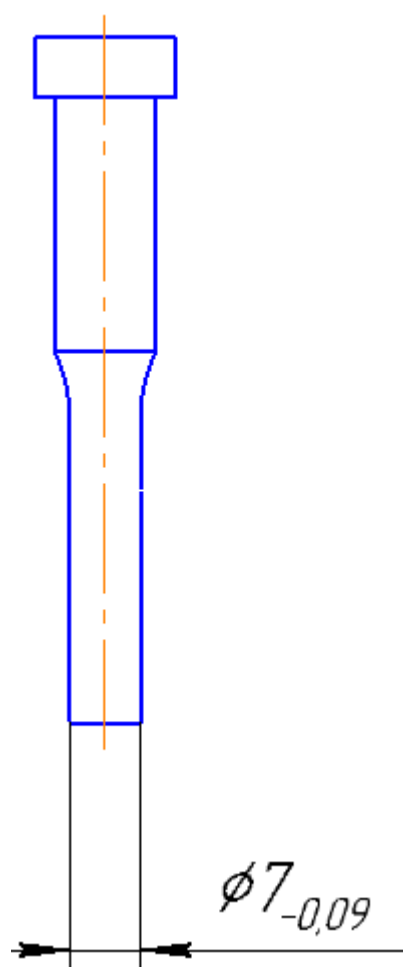


Рисунок 4.2- Пуансон

## 5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 5.1 Технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

| 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                                                           | 2                                                            | 3                                                                                             | 4                                                     | 5                                |
| Изготовление детали «Кронштейн привода регулятора давления» | Последовательная штамповка                                   | Штамповщик                                                                                    | Последовательный штамп БВК-63                         | Сталь 08 пс                      |

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

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

| Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ <sup>(1)</sup> | Опасный и /или вредный производственный фактор <sup>2</sup> | Источник опасного и / или вредного производственного фактора <sup>3</sup> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                    | 2                                                           | 3                                                                         |
| Работа последовательного штампа БВК-63                                                                               | Физический-повышенный уровень вибрации                      | Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции                   |
| Работа линии автоматизации, осуществление штамповочных операций.                                                     | Физический-повышенный уровень шума                          | Работа прессы. Работа штампов. Штамповочные операции.                     |

Продолжение таблицы 5.2

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

### 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

| Опасный и / или вредный производственный фактор <sup>1</sup> | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора <sup>2</sup>          | Средства индивидуальной защиты работника <sup>3</sup> |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1                                                            | 2                                                                                                                                                    | 3                                                     |
| Повышенный уровень вибрации                                  | Регламентированный режим работы, изменение в конструкции фундамента, прогрессивное оборудование, виброизоляция                                       | -                                                     |
| Повышенный уровень шума                                      | Смазка трущихся частей оборудования и штампа, средства индивидуальной защиты, использования прогрессивного оборудования, герметизация источника шума | Ушные вкладыши (беруши), наушники                     |

Продолжение таблицы 5.3

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                              |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Психофизиологические воздействия | Инструктаж по техники безопасности, автоматизация и механизация, двойная изоляция токоведущих частей, расположение токоведущих частей на недоступной высоте. Ограждения штамповочного пространства; с фронта пресса -фотоэлементы, останавливающие пресс в случае пересечение каким-либо предметам светового луча; с тыла-механическая решетка, переносной пульт включения муфты и тормоза пресса, расположенный на расстоянии 1,0-1,5 от пресса, кнопки аварийного останова на пульте управления загрузчиком для быстрой остановки всей линии | Спец.костюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на утолщенной подошве, защитные рукавицы. |
| Токсическое воздействие          | Контроль концентрации токсических веществ. По окончании рабочей смены снять спецодежду, умыться, вымыть руки с мылом или принять душ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Респираторы, маски                                                                                           |

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| Участок, подразделение          | Оборудование                  | Класс пожара | Опасные факторы пожара                                                                                                                                                                                                    | Сопутствующие проявления факторов пожара                                                                                                                   |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                               | 2                             | 3            | 4                                                                                                                                                                                                                         | 5                                                                                                                                                          |
| Автоматизированная линия пресса | Последовательный штамп БВК-63 | В, Е         | Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных зонах) | Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества |

## 5.5 Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

| Первичные средства пожаротушения | Мобильные средства пожаротушения                 | Стационарные установки 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. |
|----------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                                | 2                                                | 3                                            | 4                            | 5                     | 6                                                          | 7                                                           | 8                                          |
| Огнетушители                     | Пожарные автомобили                              | Водяные установки систем пожаротушения       | Дымовые датчики              | Пожарные рукава       | Противогазы                                                | Пожарные багры                                              | Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)   |
| Песок                            | Пожарные мотопомпы                               | Газовые установки систем пожаротушения       | Тепловые датчики             | Пожарный инвентарь    | Носилки                                                    | Пожарные топоры                                             | Световые указатели "ВЫХОД"                 |
| Кошма                            | Приспособленные спец. средства (тягачи, прицепы) | Порошковые установки систем пожаротушения    | Приемно-контрольные приборы  | Колонка пожарная      | Защитные костюмы                                           | Лопаты штыковые                                             | Ручные пожарные извещатели                 |

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

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

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

## 5.7 Идентификация экологических факторов технического объекта

Таблица 5.7 - Идентификация экологических факторов технического объекта

| Наименование<br>технического<br>объекта,<br>технологического<br>процесса | Структурные<br>составляющие<br>технического<br>объекта,<br>технологического<br>процесса<br>(производственног<br>о здания или<br>сооружения по<br>функциональному<br>назначению,<br>технологические<br>операции,<br>оборудование),<br>энергетическая<br>установка<br>транспортное<br>средство и т.п. | Воздействие<br>технического<br>объекта на<br>атмосферу<br>(вредные и<br>опасные<br>выбросы в<br>окружающую<br>среду) | Воздействие<br>технического<br>объекта на<br>гидросферу<br>(образующие<br>сточные воды,<br>забор воды из<br>источников<br>водоснабжения<br>)                                 | Воздействие<br>технического<br>объекта на<br>литосферу<br>(почву,<br>растительный<br>покров,<br>недра)<br>(образование<br>отходов,<br>выемка<br>плодородного<br>слоя почвы,<br>отчуждение<br>земель,<br>нарушение и<br>загрязнение<br>растительного<br>покрова и<br>т.д.) |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3                                                                                                                    | 4                                                                                                                                                                            | 5                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Последовательная<br>штамповка                                            | Последовательны<br>й штамп БВК-63                                                                                                                                                                                                                                                                   | Интенсивное<br>выделение<br>вредных<br>испарений,<br>газов<br>отработанной<br>смазки, масла<br>и скопление<br>пыли   | Утилизация<br>промасленной<br>ветоши,<br>использованны<br>х смазочных<br>материалов,<br>при замене<br>масла в<br>технологически<br>х агрегатах и<br>ряде подобных<br>случаев | -                                                                                                                                                                                                                                                                         |

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

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

|                                                                                             |   |                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Наименование<br>технического<br>объекта                                                     | 1 | Листовая штамповка                                                                                                                                                                                    |
| Мероприятия<br>по снижению<br>негативного<br>антропогенного<br>воздействия на<br>атмосферу  | 2 | Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха                                                                                                                                          |
| Мероприятия<br>по снижению<br>негативного<br>антропогенного<br>воздействия на<br>гидросферу | 3 | Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами. |
| Мероприятия<br>по снижению<br>негативного<br>антропогенного<br>воздействия на<br>литосферу  | 4 | Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами. |

## Вывод:

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

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки детали «Усилитель внутренней панели передней двери» видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенный уровень вибрации и шума, производственный травматизм, токсическое воздействие (таблица 5.2). Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно инструктаж по технике безопасности, применение средств автоматизации и механизации, смазка трущихся частей оборудования и штамповой оснастки, изменение в конструкции фундамента, виброизоляция, контроль концентрации токсических веществ и т.д. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3)

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

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

## 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 6.1 Сравнительный анализ технологических вариантов

В данном разделе дипломного проекта проводим сравнительный анализ двух вариантов изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления».

Базовый вариант – традиционная штамповка на двух единицах оборудования с промежуточной транспортировкой. Первая операция – вырубка производится на прессе Раскин 50 усилием 0,5 МН. Последующая операция- гибка производится на прессе Сасс усилием 0,5 МН.

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

Проектный вариант – последовательная штамповка на БВК-63 усилием 0,63 МН.

Тип производства – серийный. Условия труда – нормальные.

### 6.2 Калькуляция на штамповую оснастку

Таблица 6.1-Калькуляция изготовления штамповой оснастки

| Наименование                        | Обозначение     | Сумма, руб | Примечание                |
|-------------------------------------|-----------------|------------|---------------------------|
| 1                                   | 2               | 3          | 4                         |
| Материальные затраты                | М               | 606056     |                           |
| Транспортно–заготовительные расходы | ТЗР             | 12121      | 0,02% от М                |
| Основная заработная плата рабочих   | $З_{пл}^{осн.}$ | 123757     | Ст = 145 р/ч<br>Т=569 н/ч |
| Отчисления на социальные нужды      | Сс              | 38364      | 31% от $З_{пл}^{осн.}$    |
| Расходы на содержание оборудования  | РСО             | 95132      | 76,87% от $З_{пл}^{осн.}$ |
| Цеховые расходы                     | Рцех            | 103943     | 83,99% от $З_{пл}^{осн.}$ |
| Цеховая себестоимость               | Сцех            | 980000     |                           |

## Расчетные данные

### 1. 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.

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

### 2. Эффективный фонд времени рабочего:

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

6.3 Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки

Таблица 6.2-Общие исходные данные

| Показатели                                         | Обозначение             | Значение |       |
|----------------------------------------------------|-------------------------|----------|-------|
| 1                                                  | 2                       | 3        |       |
| Годовая программа выпуска, шт.                     | $N_{\text{г}}$          | 300000   |       |
| Эффективный фонд времени работы, час:              |                         |          |       |
| - оборудования                                     | $\Phi_{\text{э}}$       | 3809     |       |
| - рабочего                                         | $\Phi_{\text{э.р.}}$    | 1142     |       |
| Коэффициент выполнения норм                        | $K_{\text{вн}}$         | 1,1      |       |
| Коэффициент многостаночного обслуживания           | $K_{\text{мн}}$         | 1,0      |       |
| Коэффициент потерь времени на отпуск работников, % | $K_{\text{о}}$          | 11,8     |       |
| Коэффициент монтажа:                               |                         |          |       |
| - в расчете себестоимости                          | $K_{\text{монт}}$       | 1,1      |       |
| - в расчете капитальных вложениях                  |                         | 0,1      |       |
| Цена материала, руб./кг.                           | $\text{Ц}_{\text{м}}$   | 35,74    |       |
| Цена отходов (металл), руб./кг                     | $\text{Ц}_{\text{отх}}$ | 1,143    |       |
| Масса заготовки, кг.                               | $M_{\text{з}}$          | 0,042    | 0,037 |
| Масса отходов, кг.                                 | $M_{\text{отх}}$        | 0,015    | 0,01  |
| Коэффициент транспортно – заготовительных расходов | $K_{\text{тз}}$         | 1,014    |       |

Продолжение таблицы 6.2

|                                                              |             |          |
|--------------------------------------------------------------|-------------|----------|
| Коэффициенты доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда): |             |          |
| Показатели                                                   | Обозначение | Значение |
| До часового фонда зарплаты                                   | Кдоп        | 1,08     |
| За профессиональное мастерство                               | Кпф         | 1,15     |
| За условия труда                                             | Ку          | 1,2      |
| За вечерние и ночные часы                                    | Кн          | 1,1      |
| Премияльные                                                  | Кпр         | 1,1      |
| На социальные нужды                                          | Кс          | 1,31     |
| Итого общий коэффициент доплат К                             | Кзпл        | 2,22     |
| Коэффициент загрузки оборудования по мощности                | Км          | 0,8      |
| Коэффициент загрузки оборудования по времени                 | Квн         | 0,7      |
| Коэффициент потерь в сети                                    | Кп          | 1,03     |
| Коэффициент одновременной работы электродвигателей           | Код         | 0,8      |
| Выручка от реализации, %:от Ц:                               |             |          |
| - изношенного оборудования                                   | Вр          | 5        |
| - изношенного штампа                                         | Вр.и.       | 15       |
| Норма амортизации, %                                         | На          | 10       |
| Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов          | Кцех        | 1,72     |
| Часовая тарифная ставка, руб./час:                           |             |          |
| - 3 разряд рабочего                                          | Ст          | 66,71    |
| - 5 разряд наладчика                                         | Ст          | 79,89    |
| Цена электроэнергии, руб./кВт                                | Цэ          | 3,8      |
| Цена площади, руб./м <sup>2</sup>                            | Цпл         | 4 500    |
| Норматив экономической эффективности                         | Ен          | 0,33     |

Таблица 6.3-Эксплуатационные данные оборудования

| Наименование оборудования | Усилие, МН | Норма времени, мин. |       | Мощность М, кВт | Площадь S, м <sup>2</sup> | Цена, руб. |
|---------------------------|------------|---------------------|-------|-----------------|---------------------------|------------|
|                           |            | tшт                 | tмаш  |                 |                           |            |
| 1                         | 2          | 3                   | 4     | 5               | 6                         | 7          |
| Раскин 50 (Р-50)          | 0,5        | 0,05                | 0,02  | 30              | 2,3                       | 1 584 024  |
| Сасс                      | 0,5        | 0,0375              | 0,023 | 5,5             | 8                         | 190 000    |
| БВК-63                    | 0,63       | 0,019               | 0,015 | 26              | 40                        | 3 570 201  |

Таблица 6.4-Исходные данные о штамповой оснастке

| Наименование штампа    | Стойкость штампа<br>Т <sub>и.шт.</sub> , ударов | Цена штампа<br>Ц <sub>шт.</sub> , руб. |
|------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                      | 2                                               | 3                                      |
| Базовый                |                                                 |                                        |
| Вырубной               | 400 000                                         | 450 000                                |
| Гибочный               | 310 000                                         | 110 000                                |
| Проектный              |                                                 |                                        |
| Последовательный штамп | 800 000                                         | 980000                                 |

#### 6.4Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки

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

| Показатели                                                                           | Расчетные формулы и расчет                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Значение показателя |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|
|                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Базовый             | Проектный |
| 1                                                                                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3                   | 4         |
| Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт. | $n_{об} = t_{шт} \cdot N_{г} / (\Phi_{э} \cdot K_{вн} \cdot 60)$<br>$n_{об}^{баз1} = 0,05 \cdot 300\ 000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,059 \approx 1 \cdot 1 \text{ оп.}$<br>$n_{об}^{баз2} = 0,0375 \cdot 300\ 000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,044 \approx 1 \cdot 1 \text{ оп.}$<br>$n_{об}^{пр} = 0,019 \cdot 300\ 000 / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,022 \approx 1$                                                                                                                                                                         | 1<br><br>1          | 1         |
| Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции                        | $K_3 = n_{об}^{Расч.} / n_{об}^{Прин.}$<br>$K_3^{баз1} = 0,059/1$<br>$K_3^{баз2} = 0,044/1$<br>$K_3^{пр} = 0,022/1$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,059<br>0,044      | 0,022     |
| Численность рабочих-операторов                                                       | $R_{оп} = [t_{шт} \cdot N_{г} \cdot (1 + K_o / 100)] / (\Phi_{эр} \cdot K_{мн} \cdot 60)$<br>$R_{оп}^{баз1} = [0,05 \cdot 300\ 000 \cdot (1 + 11,8 / 100)] / (1142 \cdot 1 \cdot 60) = 0,24 \approx 1 \cdot 1 \text{ оп} \cdot 2 \text{ см.}$<br>$R_{оп}^{баз2} = [0,0375 \cdot 300\ 000 \cdot (1 + 11,8 / 100)] / (1141 \cdot 1 \cdot 60) = 0,18 \approx 1 \cdot 1 \text{ оп} \cdot 2 \text{ см.}$<br>$R_{оп}^{пр} = [0,019 \cdot 300\ 000 \cdot (1 + 11,8 / 100)] / (1141 \cdot 1 \cdot 60) = 0,09 \approx 1 \cdot 1 \text{ оп} \cdot 2 \text{ см.}$ | 2<br><br>2          | 2         |

Продолжение таблицы 6.5

| Показатели                                       | Расчетные формулы и расчет                                                                                                                                                                                      | Значение показателя |           |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|
|                                                  |                                                                                                                                                                                                                 | Базовый             | Проектный |
| 1                                                | 2                                                                                                                                                                                                               | 3                   | 4         |
| Число штампов для выпуска годовой программы, шт. | $N_{шт} = N_{г} / T_{и.шт.}$<br>$N_{шт.баз.оп.1} = 300\ 000 / 400\ 000 = 0,75 \approx 1$<br>$N_{шт.баз.оп.2} = 300\ 000 / 310\ 000 = 0,96 \approx 1$<br>$N_{шт.пр.оп.1} = 300\ 000 / 800\ 000 = 0,37 \approx 1$ | 1<br>1              | 1         |

## 6.5 Расчет капитальных вложений

Таблица 6.6-Расчет капитальных вложений

| Показатели                                         | Расчетные формулы и расчет                                                                                                                                                                                          | Значение показателя |                 |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                     | Базовый             | Проектный (с×2) |
| 1                                                  | 2                                                                                                                                                                                                                   | 3                   | 4               |
| Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.   | $K_{об.} = n_{об.} \cdot \Pi_{об.} \cdot K_3$<br>$K_{об.баз1} = 1 \cdot 1\ 584\ 024 \cdot 0,059$<br>$K_{об.баз2} = 1 \cdot 190\ 000 \cdot 0,044$<br>$K_{об.пр} = 1 \cdot 3\ 570\ 201 \cdot 0,022$                   | 93457,42<br>8360    | 78544,42        |
| Сопутствующие капитальные вложения, руб.:          |                                                                                                                                                                                                                     |                     |                 |
| 1. Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб. | $K_{м} = K_{об.} \cdot K_{монт}$<br>$K_{м.баз1} = 93457,42 \cdot 0,1$<br>$K_{м.баз2} = 8360 \cdot 0,1$<br>$K_{м.пр} = 78544,42 \cdot 0,1$                                                                           | 9345,74<br>836      | 7854,44         |
| Затраты на спец. оснастку, руб.                    | $K_{и} = \Pi_{шт.} \cdot n_{шт.}$<br>$K_{и.баз} = 450\ 000 \cdot 1 + 110\ 000 \cdot 1$<br>$K_{и.пр} = 980\ 000 \cdot 1$                                                                                             | 560 000             | 980 000         |
| Затраты на производственную площадь                | $K_{пл} = n_{об.} \cdot S_y \cdot \Pi_{пл} \cdot K_3$<br>$K_{пл.баз1} = 1 \cdot 2,3 \cdot 4500 \cdot 0,059$<br>$K_{пл.баз2} = 1 \cdot 8 \cdot 4500 \cdot 0,044$<br>$K_{пл.пр} = 1 \cdot 110 \cdot 4500 \cdot 0,022$ | 610,65<br>1 584     | 10 890          |

Продолжение таблицы 6.6

| Показатели                          | Расчетные формулы и расчет                                                                                                       | Значение показателя |                |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|
|                                     |                                                                                                                                  | Базовый             | Проектный(Сх2) |
| Итого                               | $K_{соп} = K_m + K_{и} + K_{пл}$<br>$K_{соп}^{баз} = 836 + 560\,000 + 610,65$<br>$K_{соп}^{пр} = 7\,854,44 + 980\,000 + 10\,890$ | 561 446,65          | 998 744,44     |
| Общие капитальные вложения, руб.    | $K_{общ} = K_{об.} + K_{соп}$<br>$K_{общ}^{баз} = 8360 + 561\,446,65$<br>$K_{общ}^{пр} = 78\,544,42 + 998\,744,44$               | 569 806,65          | 1 077 288,8    |
| Удельные капитальные вложения, руб. | $K_{уд} = K_{общ} / N_r$<br>$K_{уд}^{баз} = 569\,806,65 / 300\,000$<br>$K_{уд}^{пр} = (1\,077\,288,8 / 300\,000)$                | 1,89                | 3,59           |

6.6 Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали

Таблица 6.7-Расчет сравнительной себестоимости изготовления детали

| Показатель                                                 | Расчет и формула                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Значение показателя |                 |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
|                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Базовый             | Проектный (сх2) |
| 1                                                          | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3                   | 4               |
| Материальные затраты, руб.                                 | $M = (M_z \cdot C_m \cdot K_{тз}) - (M_{отх} \cdot C_{отх})$<br>$M^{баз} = (0,042 \cdot 35,74 \cdot 1,014) - (0,015 \cdot 1,143)$<br>$M^{пр} = (0,037 \cdot 35,74 \cdot 1,014) - (0,01 \cdot 1,143)$                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,51                | 1,33            |
| Зарплата рабочих-операторов, руб.                          | $З_{пл} = P \cdot C_{т.р.} \cdot \Phi_{Э.р.} \cdot K_{зпл} \cdot K_z / N_r$<br>$З_{пл}^{баз} = 2 \cdot 66,71 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,059 / 300000$<br>$З_{пл}^{баз} = 2 \cdot 66,71 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,044 / 300000$<br>$З_{пл}^{пр} = 2 \cdot 79,89 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,022 / 300000$                                                                                                                                                          | 0,06<br>0,05        | 0,03            |
| Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб. | $P_A = [(C_{об} \cdot (1 - B_p)) \cdot N_a \cdot t_{шт} \cdot 1,3] / (\Phi_{Э} \cdot K_{вн} \cdot 60 \cdot 100)$<br>$P_A^{баз} = [(1\,584\,024 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,05 \cdot 1,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$<br>$P_A^{баз} = [(190\,000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,0375 \cdot 1,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$<br>$P_A^{пр} = [(3\,570\,201 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,0191,3] / (3809 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ | 0,04<br>0,003       | 0,03            |
| Расходы на электроэнергию, руб.                            | $P_{э} = (M_y \cdot t_{маш} \cdot K_{од} \cdot K_m \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot C_{э}) / (K_{пд} \cdot 60)$<br>$P_{э}^{баз} = (30 \cdot 0,02 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,7 \cdot 60)$<br>$P_{э}^{баз} = 4 \cdot [(5,5 \cdot 0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,7 \cdot 60)]$<br>$P_{э}^{пр} = (112,04 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,7 \cdot 60)$                                        | 0,025<br>0,004      | 0,09            |

Продолжение таблицы 6.7

|                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                               |                |        |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|
| Расходы на амортизацию штампового инструмента, руб.                  | $R_{И} = (Ц_{шт.} \cdot [1 - B_{р.и.}]) / T_{и. шт.}$<br>$R_{И}^{баз1} = (450\ 000 \cdot [1 - 0,15]) / 400\ 000$<br>$R_{И}^{баз2} = (110\ 000 \cdot [1 - 0,15]) / 310\ 000$<br>$R_{И}^{пр} = (980\ 000 \cdot [1 - 0,15]) / 800\ 000$          | 1,25           | 1,04   |
| Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб. | $R_{пл} = S_y \cdot n_{об} \cdot Ц_{пл} \cdot K_3 / N_r$<br>$R_{пл}^{баз} = 2,3 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,059 / 300000$<br>$R_{пл}^{баз} = 8 \cdot 4500 \cdot 0,044 / 300000$<br>$R_{пл}^{пр} = 110 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,022 / 300000$ | 0,002<br>0,005 | 0,036  |
| Расходы на зарплату наладчика, руб.                                  | $Z_{нал} = (n_{об} \cdot C_r \cdot \Phi_{Э.р.} \cdot K_{зпл} \cdot K_3) / (n_{обс} \cdot N_r)$<br>$Z_{нал} = 1 \cdot 79,89 \cdot 1142 \cdot 2,22 \cdot 0,129 / (15 \cdot 300\ 000)$                                                           | -              | 0,0009 |
| Технологическая себестоимость, руб.                                  | $C_{тех} = M + Z_{пл} + P_A + P_э + R_{И} + R_{пл} + Z_{нал}$<br>$C_{тех}^{баз} = 1,506 + 0,06 + 0,05 + 0,04 + 0,003 + 0,025 + 0,004 + 0,95 + 0,3$<br>$C_{тех}^{пр} = 3,76 + 0,07 + 0,43 + 0,05 + 4,7 + 0,02$                                 | 2,9            | 2,52   |
| Общепроизводственные расходы, руб.                                   | $R_{цех} = Z_{пл} \cdot K_{цех}$<br>$R_{цех}^{баз} = 0,06 \cdot 1,72$<br>$R_{цех}^{пр} = 0,03 \cdot 1,72$                                                                                                                                     | 0,103          | 0,051  |
| Общепроизводственная (Цеховая) себестоимость, руб.                   | $C_{цех} = R_{цех} + C_{тех}$<br>$C_{цех}^{баз} = 0,103 + 2,9$<br>$C_{цех}^{пр} = (0,051 + 2,52) / 2 = 2,57 / 2$                                                                                                                              | 3,003          | 1,28   |

6.7 Структура себестоимости

Таблица 6.8- структура себестоимости

| Наименование затрат                                            | Сумма, руб. |           | Доля, % |           |
|----------------------------------------------------------------|-------------|-----------|---------|-----------|
|                                                                | Базовый     | Проектный | Базовый | Проектный |
| 1                                                              | 2           | 3         | 4       | 5         |
| Материалы                                                      | 1,53        | 1,33      | 50,9    | 64,6      |
| Основная зарплата                                              | 0,11        | 0,03      | 3,6     | 2,9       |
| Затраты на амортизацию                                         | 0,043       | 0,03      | 1,4     | 2,9       |
| Расходы на электроэнергию                                      | 0,029       | 0,016     | 0,9     | 1,5       |
| Затраты на амортизацию штампового инструмента                  | 1,25        | 1,04      | 41,6    | 50,5      |
| Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей | 0,007       | 0,013     | 0,23    | 1,2       |
| Общепроизводственные расходы                                   | 0,103       | 0,051     | 3,4     | 4,9       |

Продолжение таблицы 6.8

|                                                 |       |       |     |     |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-----|-----|
| Общепроизводственная<br>(цеховая) себестоимость | 3,003 | 1,028 | 100 | 100 |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-----|-----|

6.8 Экономическая эффективность

Таблица 6.9-Экономическая эффективность

| Показатель                                               | Расчет и формула                                                                                                                                                                     | Значение показателя |      |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------|
| Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб. | $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{цех}}^{\text{баз}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}} = (3,003 - 1,28) \cdot 300000$                                              | 516 900             |      |
| Приведенные затраты, руб.                                | $Z_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$<br>$Z_{\text{пр}}^{\text{баз}} = 3,003 + 0,33 \cdot 1,89$<br>$Z_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 1,2 + 0,33 \cdot 3,59$ | 3,63                | 2,46 |
| Годовой экономический эффект, руб.                       | $\mathcal{E}_{\text{г}} = (Z_{\text{пр}}^{\text{баз}} - Z_{\text{пр}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}} = (3,63 - 2,46) \cdot 300000$                                                  | 351 000             |      |
| Срок окупаемости капитальных вложений, год               | $T_{\text{ок}} = K_{\text{н}}^{\text{пр}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} = 980\,000 / 351\,000$                                                                                           | 3                   |      |

### Вывод:

В результате внедрения нового технологического процесса изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления» себестоимость продукции снизилась с 3,003рублей до 1,028 рублей, т.е. на 1,975 рублей за счет:

- а) Замены традиционной штамповки на последовательную, уменьшается стоимость оснастки, время на наладку, место хранения;
- б) уменьшения трудоёмкости вследствие чего:
  - а. уменьшается коэффициент загрузки оборудования ( $K_3$ ),
  - б. уменьшается производственные затраты (электроэнергия, площадь, содержание оборудования);
  - с. уменьшение трудоёмкости( количество рабочих с 4 до 2)
- в) уменьшение материальных расходов за счёт:
  - спаривания деталей – за 1 удар 2 детали.

Экономический эффект от внедрения нового проекта оставил 516 900 руб, при сроке окупаемости штамповой оснастки в течении 3 лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была разработана технология изготовления детали «Кронштейн привода регулятора давления» и сделан перевод изготовления этой детали на автоматическую штамповку на линии.

Для предлагаемого технологического процесса сделаны расчеты основных технологических параметров.

Был проведен обоснованный выбор технологического оборудования и средств автоматизации. Рассмотрены их основные характеристики. Спроектирован участок штамповки.

Разработана конструкция новой штамповой оснастки на штамп для вытяжки-пробивки. Проведены требуемые прочностные и конструкторские расчеты, подобраны материалы для изготовления деталей штампа.

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

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

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

## ЛИТЕРАТУРА

1. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
2. Скрипачев, А.В. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеев. – Тольятти: ТолПИ, 1992.
3. Смолин, Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки. – Тольятти: ТГУ, 2002. – 65 с.
4. Владимиров, В.М. Изготовление штампов и пресс-форм. – М.: Машиностроение, 1981. – 431 с.
5. Лахтин. Конструкционные материалы и термическая обработка сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 1984 – 370 с.
6. Скворцов, Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
7. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка. – Л.: Машиностроение, 1980. – 430 с.
8. Попов, Е.А. Теория листовой штамповки. – Л.: Машиностроение, 1973. – 430 с.
9. Банкетов, А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
10. Рудман, Л.И. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/ под общ. ред Л.И. Рудмана. – Москва: Машиностроение, 1988.– 495с.
11. 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.

12. Нефедов, А.П. Конструирование и изготовление штампов: из опыта Горьковского автомобильного завода / А.П. Нефедов. – Москва: Машиностроение, 1973.- 408 с.
13. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – Москва: Машиностроение, 1977. – 423 с.
14. Малов, А.Н. Технология холодной штамповки / А.Н. Малов. – Москва: Машиностроение, 1969. – 566с.
15. Поляков, Ю.Л. Листовая штамповка легированных сплавов / Ю.Л. Поляков. – Москва: Машиностроение, 1980. – 96с.
16. 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.
17. 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.
18. Lingbeek, R., Meinders, T., Ohnimus, S., Petzoldt, M., Weiher, J., Springback Compensation: Fundamental Topics and Practical Application, ESAFORM 2006, pp. 403–406, Glasgow, United Kingdom, April 26–28, 2006.
19. Yang, M., Koyama, J., Development of die-embedded micro sensing system for bending process, Esaform 2005, pp 289–292, Cluj-Napoca, Romania, 2005.
20. Ridane, N., Heller, B., Chatti, S. and Kleiner, M., Adaptive process control of air bending on a press brake using process simulations, pp. 523–526, Esaform 2004, Trondheim, Norway.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

| Лист 1 |      | № докум.            | Лист                 | Обозначение         | Наименование                                  | Лист | Примечание |
|--------|------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------------------|------|------------|
| Лист 2 |      |                     |                      |                     | <u>Документация</u>                           |      |            |
|        |      |                     |                      |                     | Сборочный чертеж                              |      |            |
|        |      |                     |                      |                     |                                               |      |            |
|        |      |                     |                      |                     | <u>Детали</u>                                 |      |            |
|        |      |                     | 1                    | 16.09.186.04.00.001 | Держатель                                     | 5    |            |
|        |      |                     | 2                    | 16.09.186.04.00.002 | Пуансон                                       | 3    |            |
|        |      |                     | 3                    | 16.09.186.04.00.003 | Подставка                                     | 1    |            |
|        |      |                     | 4                    | 16.09.186.04.00.004 | Подставка                                     | 2    |            |
|        |      |                     | 5                    | 16.09.186.04.00.005 | Пуансон лев.                                  | 1    |            |
|        |      |                     | 6                    | 16.09.186.04.00.006 | Пуансон прав.                                 | 1    |            |
|        | 7    | 16.09.186.04.00.007 | Матрица              | 3                   |                                               |      |            |
|        | 8    | 16.09.186.04.00.008 | Подставка            | 12                  |                                               |      |            |
|        | 9    | 16.09.186.04.00.009 | Плита подкладная     | 1                   |                                               |      |            |
|        | 10   | 16.09.186.04.00.010 | Обойма               | 1                   |                                               |      |            |
|        | 11   | 16.09.186.04.00.011 | Втулка               | 4                   |                                               |      |            |
|        | 12   | 16.09.186.04.00.012 | Сепаратор            | 6                   |                                               |      |            |
|        | 13   | 16.09.186.04.00.013 | Пуансон              | 2                   |                                               |      |            |
|        | 14   | 16.09.186.04.00.014 | Пуансон              | 2                   |                                               |      |            |
|        | 15   | 16.09.186.04.00.015 | Лодыжень             | 7                   |                                               |      |            |
|        | 16   | 16.09.186.04.00.016 | Сепаратор            | 6                   |                                               |      |            |
|        | 17   | 16.09.186.04.00.017 | Матрица лев. и прав. | 2                   |                                               |      |            |
|        | 18   | 16.09.186.04.00.018 | Матрица              | 1                   |                                               |      |            |
|        | 19   | 16.09.186.04.00.019 | Плита верхняя        | 1                   |                                               |      |            |
|        | 20   | 16.09.186.04.00.020 | Плита нижняя         | 1                   |                                               |      |            |
|        |      |                     | Стандартные изделия  |                     |                                               |      |            |
|        | 201  | 16.09.186.04.00.201 | Гривка М12х1,25      | 10                  |                                               |      |            |
|        |      |                     | ГОСТ 12202-86        |                     |                                               |      |            |
|        | 202  | 16.09.186.04.00.202 | Пружина 10х1х23,9    | 10                  |                                               |      |            |
|        |      |                     | ГОСТ 18793-80        |                     |                                               |      |            |
|        |      | 16.09.186.04.00.000 |                      |                     |                                               |      |            |
| Лист 3 | Лист | Лист                | Лист                 | Лист                | Штамп<br>последовательный<br>ТГУ каф. ТОИИИИИ |      |            |
|        | Лист | Лист                | Лист                 | Лист                |                                               |      |            |
|        | Лист | Лист                | Лист                 | Лист                |                                               |      |            |
|        | Лист | Лист                | Лист                 | Лист                |                                               |      |            |
|        | Лист | Лист                | Лист                 | Лист                |                                               |      |            |



| Код                 | Наименование         | Обозначение      | Ед. изм. | Количество | Примечание |
|---------------------|----------------------|------------------|----------|------------|------------|
| 10                  | Толкатель            | 10x16            | шт       | 10         |            |
|                     |                      | ГОСТ 18784-77    |          |            |            |
| 11                  | Ограничитель в сборе |                  | шт       | 1          |            |
|                     |                      | ГОСТ 18803-77    |          |            |            |
| 12                  | Пружина              | 25x3x4 7.3       | шт       | 12         |            |
|                     |                      | ГОСТ 18793-80    |          |            |            |
| 13                  | Пробка               | M30x15           | шт       | 12         |            |
|                     |                      | ГОСТ 12202-66    |          |            |            |
| 14                  | Ролик направляющий   |                  | шт       | 5          |            |
| 15                  | Колонка              |                  | шт       | 4          |            |
|                     |                      | ГОСТ 1050-74     |          |            |            |
| 16                  | Пакет пружин         |                  | шт       | 10         |            |
| 17                  | Ограничитель         |                  | шт       | 4          |            |
|                     |                      | ГОСТ 18803-77    |          |            |            |
| 18                  | Чоп                  |                  | шт       | 6          |            |
|                     |                      | ГОСТ 18743-80    |          |            |            |
| 19                  | Подъемник            |                  | шт       | 7          |            |
| 20                  | Втулка               |                  | шт       | 4          |            |
|                     |                      | ГОСТ 8731-74     |          |            |            |
|                     |                      | Крепежные детали |          |            |            |
| 21                  | Винт                 | M12x50           | шт       | 12         |            |
|                     |                      | ГОСТ 4543-71     |          |            |            |
| 22                  | Винт                 | M10x25           | шт       | 23         |            |
|                     |                      | ГОСТ 4543-71     |          |            |            |
| 23                  | Штифт                | 8x32             | шт       | 8          |            |
|                     |                      | ГОСТ 7128-70     |          |            |            |
| 24                  | Винт                 | M12x50           | шт       | 8          |            |
|                     |                      | ГОСТ 4543-71     |          |            |            |
| 25                  | Штифт                | 10x50            | шт       | 4          |            |
|                     |                      | ГОСТ 7128-70     |          |            |            |
| 26                  | Винт                 | M10x40           | шт       | 30         |            |
|                     |                      | ГОСТ 4543-71     |          |            |            |
| 16.09.186.04.00.000 |                      |                  |          |            | Итого      |
| Итого               | 16.09.186.04.00.000  |                  |          |            | 7          |

[illegible]