

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 запасного колеса» легкового автомобиля

Студент(ка)

А. Ю. Аткин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Е.Л.Смолин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В.Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В. И. Дерябин

(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 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

\_\_\_\_\_ В.В. Ельцов  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Аткин Александр Юрьевич

1. Тема Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн запасного колеса» легкового автомобиля.

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы июнь 2016

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Существующая технология изготовления детали и технико-экономические показатели процесса

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) 1.Состояние вопроса, 2.Разработка технологического процесса изготовления детали, 3.Выбор оборудования и средств автоматизации, 4.Разработка конструкции штамповой оснастки, 5.Безопасность и экологичность технического объекта, 6.Экономическая часть

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала Презентационные материалы, комплекс оборудования, сравнительный анализ, штамповая оснастка.

6. Консультанты по разделам 1. Безопасность и экологичность технического объекта  
(В. И. Дерябин)

2. Экономическая часть (И.В. Краснопевцева) 3. Нормоконтроль (В.Г. Виткалов)

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

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

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

\_\_\_\_\_ (подпись)

Е.Л. Смолин  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ (подпись)

А. Ю. Аткин  
(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 Аткин Александр Юрьевич

по теме Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн запасного колеса» легкового автомобиля

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Анализ технико-экономических показателей исходных данных	30.04.17	1.05.17	выполнено	
2. Технологическая часть	1.05.17	3.05.17	выполнено	
3. Выбор оборудования и средств механизации или автоматизации	5.05.17	8.05.17	выполнено	
4. Конструкторская часть	9.05.17	12.05.17	выполнено	
5. Безопасность жизнедеятельности	13.05.17	17.05.17	выполнено	
6. Экономическая часть	19.05.17	22.05.17	выполнено	
7. Подготовка чертежей по технологии	24.05.17	27.05.17	выполнено	
8. Подготовка чертежей оборудования	28.05.17	2.06.17	выполнено	
9. Подготовка чертежей оснастки	3.06.17	7.06.17	выполнено	
10. Подготовка к защите	с 9.06.17 -14.06.17			

## АННОТАЦИЯ

«В выпускной работе разработаны технологический процесс и конструкция штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн запасного колеса» легкового автомобиля с использованием средств автоматизации [17]».

«В технологической части проекта проведена проверка детали на технологичность, определены формы и размеры исходной заготовки, коэффициент использования металла, также были рассчитаны энергосиловые параметры по операциям технологического процесса. В работе был произведён выбор требуемого технологического оборудования и средств автоматизации, приведены их технические характеристики. По штамповой оснастке были определены исполнительные размеры рабочих частей штампа, выбраны материалы и способы термообработки деталей штампов. Предложены мероприятия по охране труда. В экономической части была рассчитана себестоимость изготовления детали «Кронштейн запасного колеса» автомобиля. Определены размеры капиталовложений для её производства по существующей и проектной технологиям, проведено их сравнение [17]».

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	7
1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	8
1.1. Анализ технологичности детали	8
1.2. Анализ существующей технологии изготовления детали	10
1.3. Выявление ее недостатков	19
1.4. Задачи выпускной работы	19
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	20
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса	20
2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки	24
2.3. Проектирование рационального раскроя и определение коэффициента использования металла	26
2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки	28
2.4.1. Определение усилий	28
2.4.2. Определение работы	32
3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ	35
3.1. Выбор типоразмера и основные технические характеристики	35
3.2. Выбор средств автоматизации и основные характеристики	38
3.3. Описание работы автоматической линии и планировка участка штамповки	40
4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ	42
4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки	43
4.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей штампа	44
4.2.1. Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие	44
4.2.2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении	45

4.2.3. Выбор материалов деталей штампа	45
4.3. Определение числа и расположения упругих элементов	46
4.4. Определение центра давления штампа	48
4.5. Определение исполнительных размеров инструмента	50
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА	51
5.1. Технологическая характеристика объекта	51
5.2. Идентификация производственно-технологических эксплуатационных профессиональных рисков	51
5.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	52
5.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	53
7.5. Выводы	56
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	58
6.1. Сравнительная характеристика технологических вариантов	58
6.2. Расчет себестоимости штамповой оснастки	59
6.3. Исходные данные для расчета себестоимости продукции	59
6.4. Расчёт необходимого количества оборудования, коэффициента загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки	61
6.5. Расчет технологической себестоимости двух сравниваемых вариантов	63
6.6. Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов	65
6.7. Расчет капитальных вложений	66
6.8. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта	67
6.9. Вывод	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	70
ПРИЛОЖЕНИЕ	74

## ВВЕДЕНИЕ

«Процесс обработки металлов давлением - это придание материалу требуемой формы, размеров и физико-механических свойств без нарушения его сплошности путем пластической деформации [17]».

В современном машиностроении и металлообработке холодная листовая штамповка занимает одно из ведущих мест по объему перерабатываемого металла, по числу и массе изготавливаемых деталей машин.

«Номенклатура деталей, получаемых листовой штамповкой, весьма многочисленна и разнообразна. Она включает плоские и пространственные детали. Мелкие детали часовой промышленности и приборостроения и крупногабаритные детали автомобильной промышленности [17]».

«Несмотря на то, что при температурах холодной штамповки сопротивление деформированию примерно на порядок больше, чем при ковочных температурах, холодная листовая штамповка находит все большее применение в промышленности так как в результате получают детали с хорошим качеством поверхности (отсутствие окалины) и высокой точности (малые температурные деформации). Получение изделий штамповкой позволяет максимально приблизить исходную форму заготовки к форме и размерам готовой детали и тем самым уменьшить или полностью исключить дорогостоящие операции с потерей металла в стружку [17]».

«Увеличение производства изделий, получаемых холодной листовой штамповкой, достигается усовершенствованием отдельных операций изготовления и всего технологического процесса, применением многопозиционного автоматизированного оборудования и сложных совмещено-комбинированных штампов, применение которых значительно снижает трудоемкость изготовления деталей [17]».

Использование средств автоматизации позволяет значительно снизить трудоемкость изготовления деталей, уменьшить возможность травматизма и улучшить условия труда при выполнении штамповочных работ.

Целью данной квалификационной работы является снижение себестоимости изготовления детали за счет увеличения производительности путем внедрения средств автоматизации и сокращения операций.

## 1. Анализ технологических вариантов изготовления детали

### 1.1. Анализ технологичности детали

«Под технологичностью следует понимать совокупность свойств и конструктивных элементов, которые обеспечивают наиболее простое и экономичное изготовление деталей при соблюдении технических и эксплуатационных требований к ним»[17].

Технические и эксплуатационные требования задаются конструктором.

«Результативным показателем технологичности является себестоимость штампованных деталей»[17].

Поэтому при проектировании деталей и разработке технологических процессов следует руководствоваться следующими правилами:

- 1) необходимо избегать сложных конфигураций с узкими и длинными вырезами контура или узкими прорезами  $B \geq 2S$ , где  $S$ -толщина металла;
- 2) при применении цельных матриц сопряжение в углах внутреннего контура следует выполнять радиусом  $R \geq 0,5S$ , в составных матрицах сопряжения делать без закруглений;
- 3) допуски на штампуемые детали должны быть экономически целесообразными, т.е. обеспечивать низкую стоимость и высокую стойкость штампов;

4) необходимо учитывать факторы, влияющие на качество деталей: утяжина, изгиб детали, заусенцы, упрочнение металла в зоне резания, неоднородность поверхности среза.

«Ограничения в возможности и экономичности получения деталей резкой ножницами связаны с прочностью основных рабочих деталей и их элементов и технологичностью изготовления и сборки оснастки»[17].

Проанализировав данную деталь можно сделать вывод, что она удовлетворяет условиям технологичности, а следовательно является технологичной.

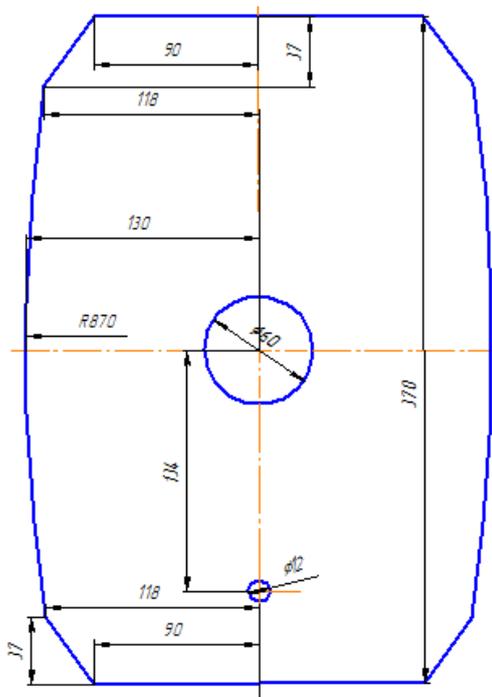


Рисунок. 1.1 Шаблон вырубki плоской заготовки

## 1.2. Анализ существующей технологии изготовления детали

Существующий технологический процесс изготовления детали «Кронштейн запасного колеса» легкового автомобиля состоит из следующих операций:

- 1) Вырубка, пробивка; 2) Вытяжка; 3) Пробивка; 4) Обрезка; 5) Правка;
- 7) Гибка, правка; 7) Обрезка, пробивка; 8) Пробивка; 9) Правка, отбортовка

### Операция 10 – Вырубка и пробивка

Данная операция выполняется на прессе К-3034 с подачей, с усилием МН. Вырубка выполняется из полосы 0,8пс шириной 330мм. толщиной 2,5мм.с шагом подачи 385 мм. Полоса материала 0,8пс 2,5х330 подается на рольганг перед прессом. Штамповщик перемещает полосу в рабочую зону прессы и укладывает ее в штамп. Здесь происходит пробивка отверстия и вырубка по контуру. Стопа заготовок доставляется к прессу для следующей операции. Схема операции представлена на рисунок 1.2.

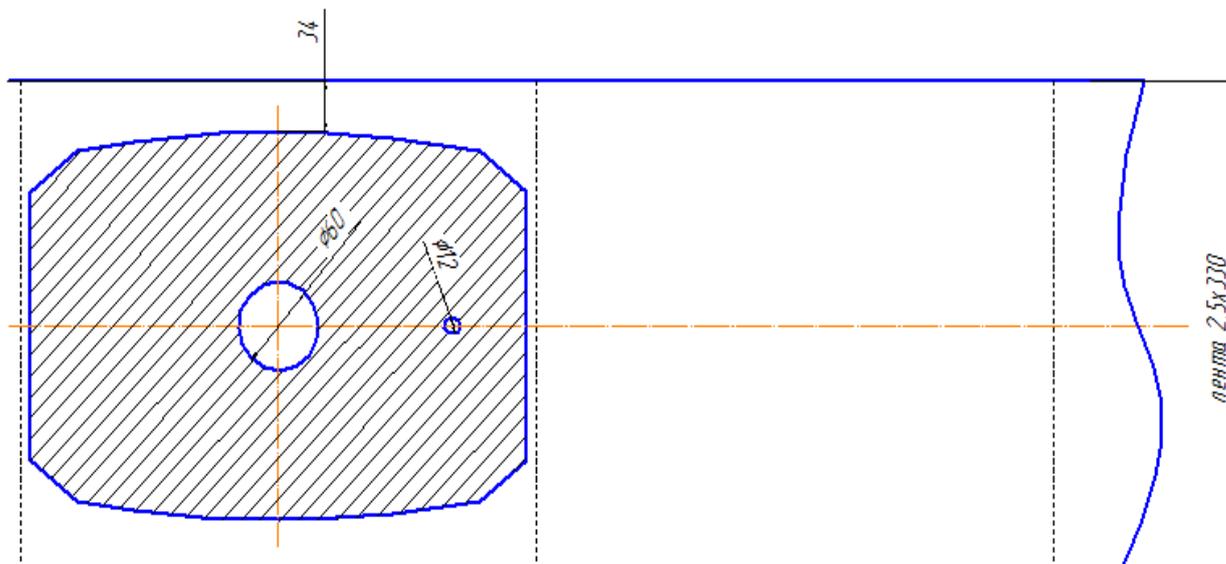


Рисунок. 1.2 Операция 10 -Вырубка-пробивка

Операция 20 – Вытяжка.

Данная операция выполняется на прессе ГМ-2,5 МН, с усилием 0,667 МН.

Пачка заготовок подается на стол перед прессом. Штамповщик помещает заготовку в рабочую зону пресса и укладывает ее в штамп. На данной операции происходит вытяжка. Удаление отштампованного изделия при помощи пневмосбрасывателя. Схема операции представлена рисунком 1.3.

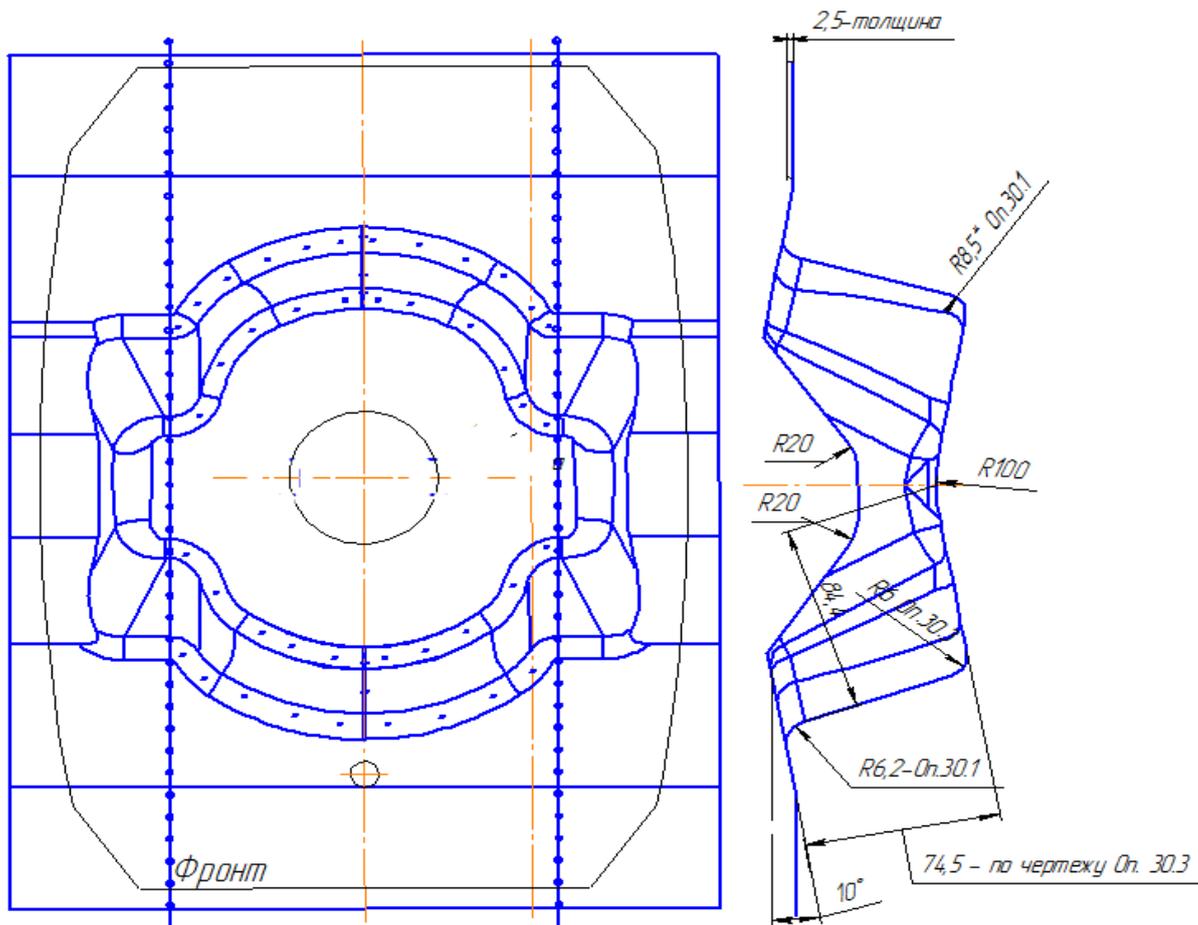


Рисунок 1.3 Операция 20- вытяжка

Операция 30 – Пробивка.

Данная операция выполняется на прессе ГМ-2,5 МН, с усилием 0,637 МН.

Отштампованные полуфабрикаты после вытяжки по транспортеру подаются на стол перед прессом. Укладка полуфабриката в штамп производится штамповщиком вручную, удаление после операции пневмосбрасывателем. На данной операции происходит пробивка. Схема операции представлена рисунком 1.4.

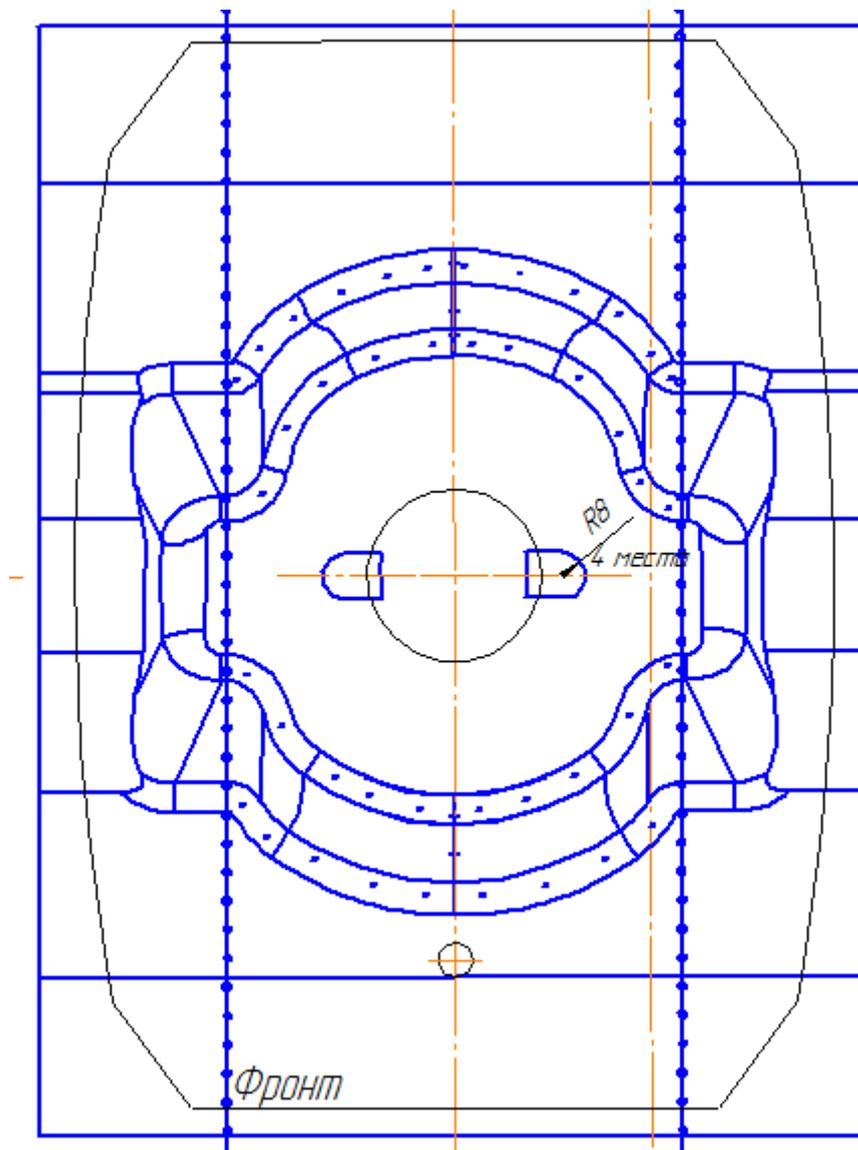


Рисунок 1.4 Операция 30-Пробивка

Операция 40 – Обрезка.

Данная операция выполняется на прессе ГМ-2,5 МН, усилие операции 0,44 МН.

Полуфабрикаты после второй операции по транспортеру подаются к прессу. Укладка полуфабриката в штамп производится штамповщиком вручную, удаление после операции пневмосбрасывателем. На данной операции происходит обрезка. Схема операции представлена рисунком 1.5.

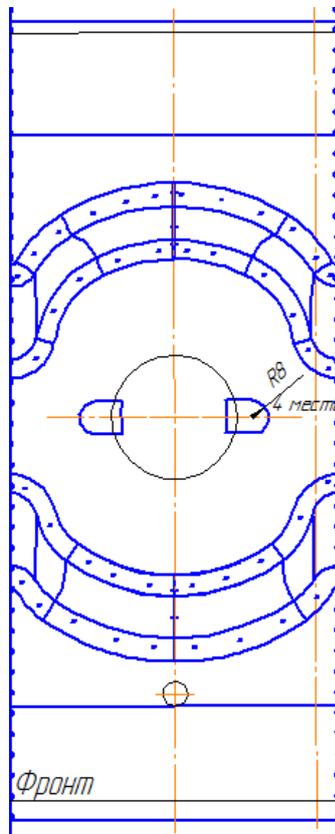


Рисунок 1.5 Операция 40-Обрезка

Операция 50 – Правка.

Данная операция выполняется на прессе ГМ-2,5 МН, с усилием 0,53 МН. Укладка полуфабриката в штамп производится штамповщиком вручную, удаление - пневмосбрасывателем.

На данной операции происходит правка радиусов и плоских участков. Схема операции представлена рисунком 1.6

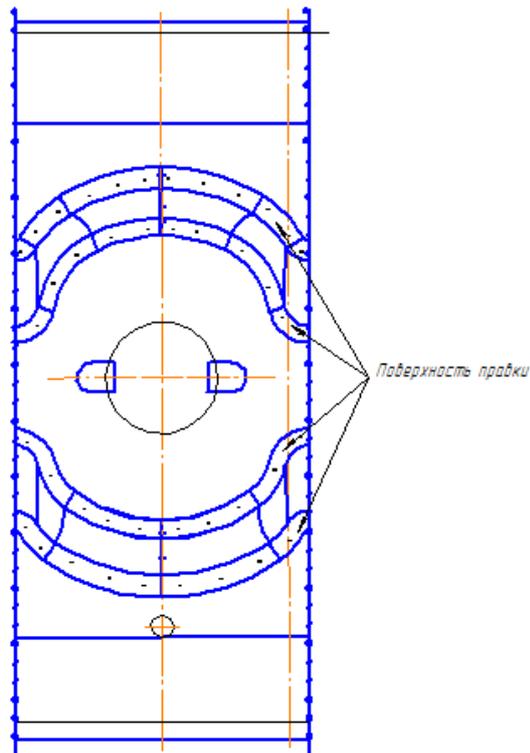


Рисунок 1.6 Операция 50-Правка

Операция 60 – Гибка, правка.

Данная операция выполняется на прессе ГМ-2,5 МН, с усилием 0,47 МН.

Укладка полуфабриката в штамп производится вручную, удаление - пневмосбрасывателем. Схема операции представлена рисунком 1.7.

Операция 70 – Обрезка, пробивка.

Данная операция выполняется на прессе ГМ-2,5 МН, с усилием 0,38 МН.

Укладка полуфабриката в штамп производится вручную, удаление - пневмосбрасывателем. Схема операции представлена рисунком 1.8.

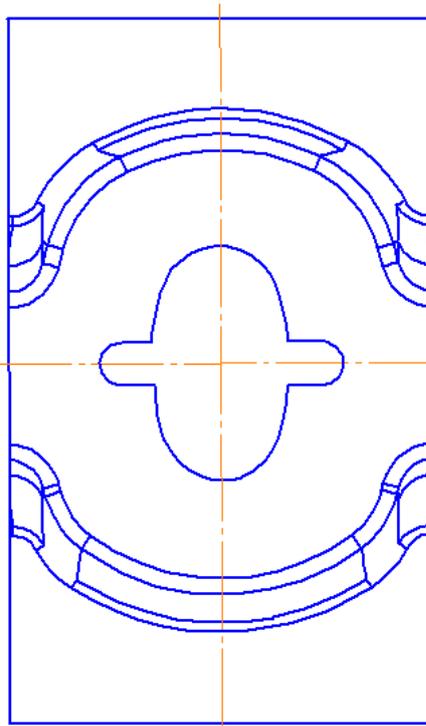


Рисунок 1.7 Операция 60 - Гибка-правка

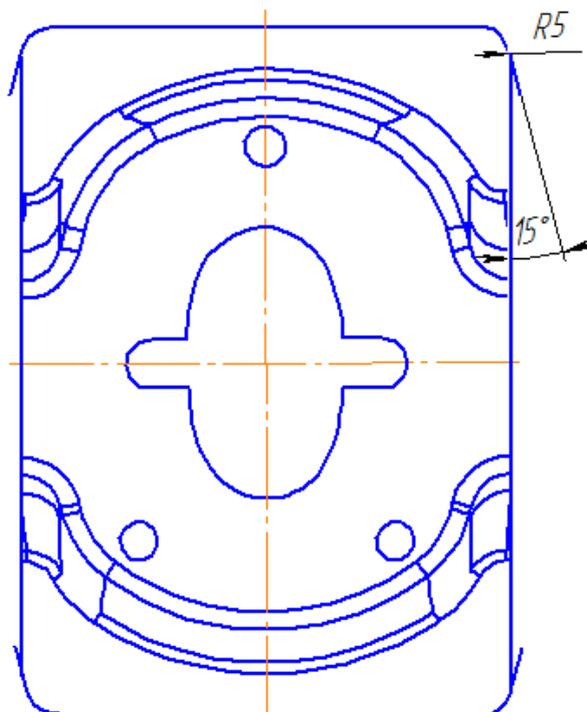


Рисунок 1.8 Операция 70 - Обрезка-пробивка

Операция 80 – Пробивка.

Данная операция выполняется на прессе ГМ-2,5 МН, усилием 0,637 МН. Укладка полуфабриката в штамп производится вручную, удаление - пневмосбрасывателем. Схема операции представлена рисунком 1.9.

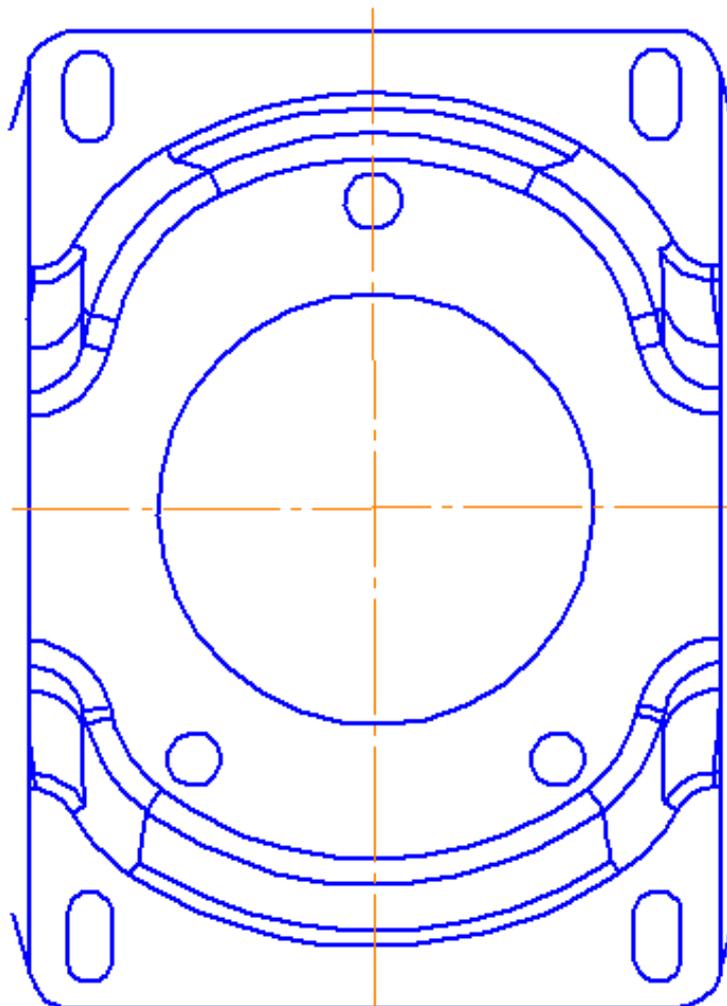


Рисунок 1.9 Операция 80 - Пробивка

Операция 90 – Правка, отбровка.

Данная операция выполняется на прессе ГМ-2,5 МН, усилием 0,45 МН. Укладка полуфабриката в штамп производится вручную, удаление - пневмосбрасывателем. Схема операции представлена рисунком 1.10.

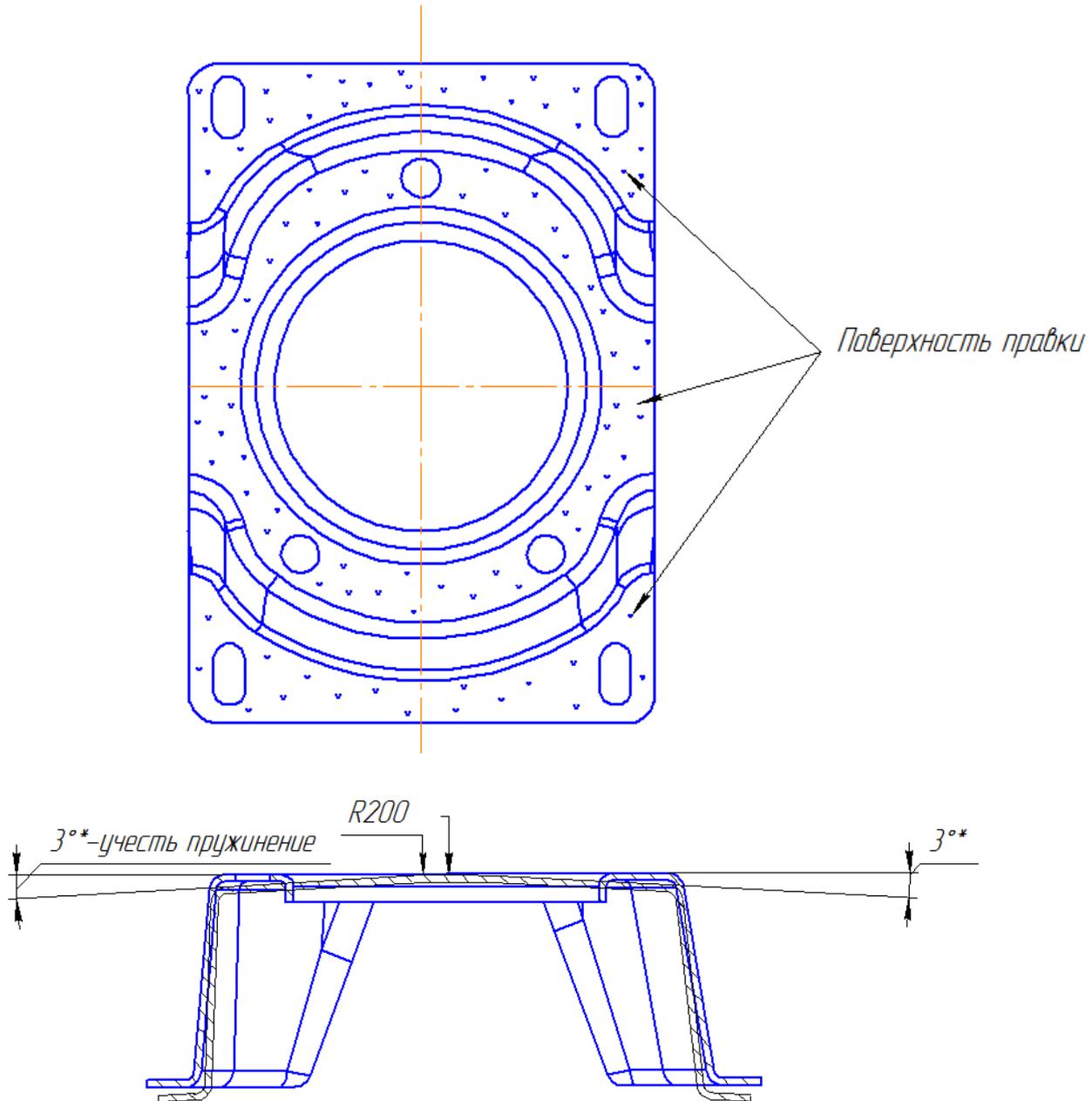


Рисунок 1.10 Операция 90-Правка-отбровка

### 1.3. Выявление недостатков существующей технологии изготовления детали.

Технологический процесс осуществляется с помощью ручной штамповки.

Анализируя рассмотренный техпроцесс, можно выявить следующие его недостатки:

- 1) высокая трудоемкость изготовления детали;
- 2) невысокая производительность;
- 3) большое количество операций, что увеличивает время на производство детали;
- 4) большое количество занятого для выполнения технологического процесса оборудования и численности работающих;
- 5) большие производственные площади, занимаемые оборудованием;
- 6) процесс переналадки прессов требует значительных временных затрат;
- 7) несовершенные условия труда и опасность травматизма, т. к. используется ручная штамповка.

### 1.4. Задачи выпускной квалификационной работы

Проанализировав найденные недостатки рассмотренной технологии, сформулируем предложения по ее усовершенствованию:

- 1) Разработать новый техпроцесс изготовления детали, с учетом найденных недостатков;
- 2) По рассчитанному усилию и работе выбрать подходящее оборудование, а также средства автоматизации;
- 3) Разработать конструкцию штамповой оснастки;
- 4) Разработать математическую модель и управляющую программу для изготовления детали спроектированного штампа.
- 5) Проверить технологический процесс на безопасность и экологичность;
- 6) Провести сравнительный экономический анализ рассмотренного и проектного процесса изготовления детали.

## 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### 2.1. Схема предлагаемого технологического процесса

«Разработка технологических процессов холодной листовой штамповки является основой всей подготовки производства»[1].

«Сравнительная сложность и длительность подготовки производства, а также относительно высокая стоимость штампов требуют тщательной разработки технологических процессов и обоснованного выбора технически рационального и экономически наиболее эффективного варианта технологического процесса, соответствующего данному масштабу производства»[1]. «Даже небольшие последующие изменения технологических процессов обычно приводят к переделке штампов или к проектированию и изготовлению новых, что требует значительного времени и обходится довольно дорого»[1].

«Разработка технологических процессов холодной листовой штамповки состоит из следующих этапов:

- 1) анализ технологичности формы или конструктивных элементов детали;
- 2) определение формы и размеров заготовки, а также расхода материала при наилучшем его использовании;
- 3) разработка наиболее рационального технологического процесса, обеспечивающего изготовление требуемых деталей;
- 4) установление типа, мощности и габаритов требуемого оборудования;
- 5) выявление типа и технологической схемы штампа;
- 6) определение трудоемкости изготовления штампуемых деталей, а также количества и разряда производственных рабочих;
- 7) определение количества оборудования и его загрузки на годовую программу выпуска»[1].

«При разработке технологических процессов холодной листовой штамповки должны быть решены следующие технологические вопросы:[1]

- 1) определение наиболее выгодного раскроя материала и наименьших размеров заготовки;
- 2) установление характера, количества и последовательности операций;
- 3) выбор степени сложности операций;
- 4) установление количества одновременно штампуемых деталей;
- 5) определение операционных размеров и установление операционных допусков»[1].

Для устранения основных недостатков существующего техпроцесса: - большое количество занятого оборудования и численности рабочих; значительные затраты электроэнергии для используемого оборудования; значительные производственные площади; невысокая производительность и неблагоприятные условия труда - наиболее удобный вариант техпроцесса это автоматизация производственного цикла с использованием многопозиционного прессы-автомата, оснащенного средствами перемещения полуфабриката между позициями.

По результатам штамповок по существующему варианту было установлено, что в низкой части вытяжного перехода металла достаточно для создания требуемой степени пластической деформации для придания нужной формы и в предложенном варианте размер заготовки можно уменьшить, оставляя незамкнутым вытяжной переход в торцевой части вытяжного проёма, которая впоследствии обрезается при выполнении операции обрезки.

Предлагаемый технологический процесс состоит из 8-и операций. На второй операции в новом техпроцессе вытяжка совмещена с пробивкой двух технологических отверстий, которые будут использоваться для фиксации изделия на следующих операциях. Таким образом проектный техпроцесс содержит меньшее количество операций и будет выполняться в следующей последовательности:

На первой операции (10) производится вырубка заготовки и пробивка технологических отверстий в зоне детали, которая впоследствии удаляется при выполнении обрезки-пробивки. Заготовка-лента (2,5x300-08ПС), на операции

вырубается контур заготовки и пробиваются два круглых отверстия: диаметром 12 мм и 60 мм.(рисунок 2.1).

На следующей операции ( $30^1$ ) производится вытяжка и пробивка 2х фасонных отверстий для фиксации на последующих операциях,заготовка обретает форму будущей детали. Фиксация по контуру заготовки (рисунок 2.2).

Характер и последовательность остальных операций нового техпроцесса не меняются.

На операции ( $30^2$ ) производится обрэзка лишнего металла. Фиксация по форме заготовки

На операции ( $30^3$ ) производится правка радиусов. Фиксация заготовки происходит по центральным отверстиям.

На операции ( $30^4$ ) производится гибка и правка.Фиксация заготовки происходит по центральным отверстиям. Заготовка приобретает окончательный вид детали.

На операции ( $30^5$ ) производится обрэзка полков и пробивка 3х отверстий диаметром 8мм под фиксаторы. Фиксация заготовки происходит по центральным отверстиям.

На операции ( $30^6$ ) производится пробивка 4х отверстий на полках и центрального отверстия диаметром 98,1мм для удаления технологических отверстий. Фиксация заготовки происходит по отверстиям полученным операцией  $30^5$ .

На операции ( $30^7$ ) производится правка формы детали для исправления пружинения и отбортовка центрального отверстия. Фиксация заготовки происходит по центральному отверстию

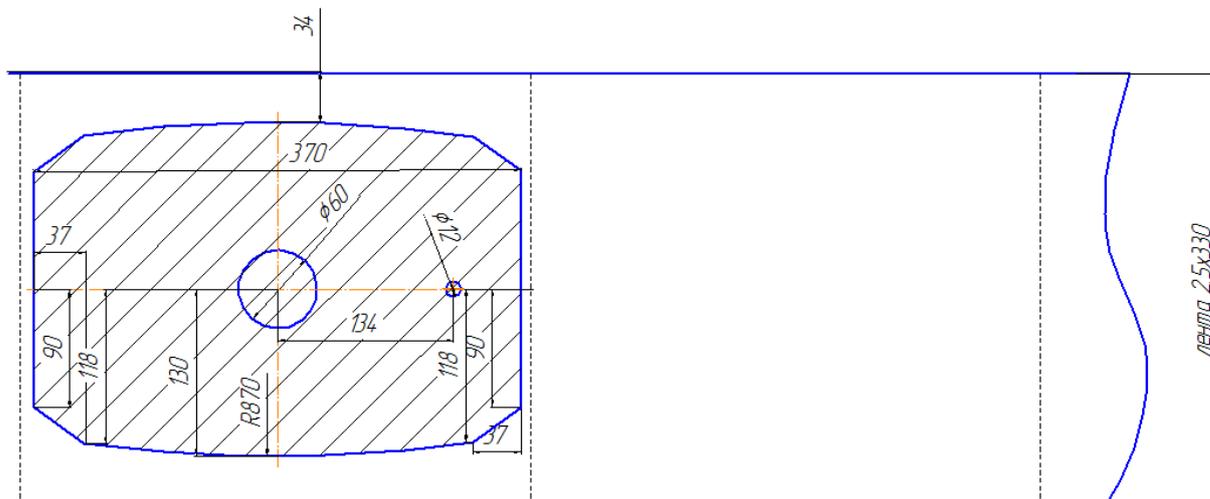


Рисунок 2.1 Операция 10: Вырубка, пробивка

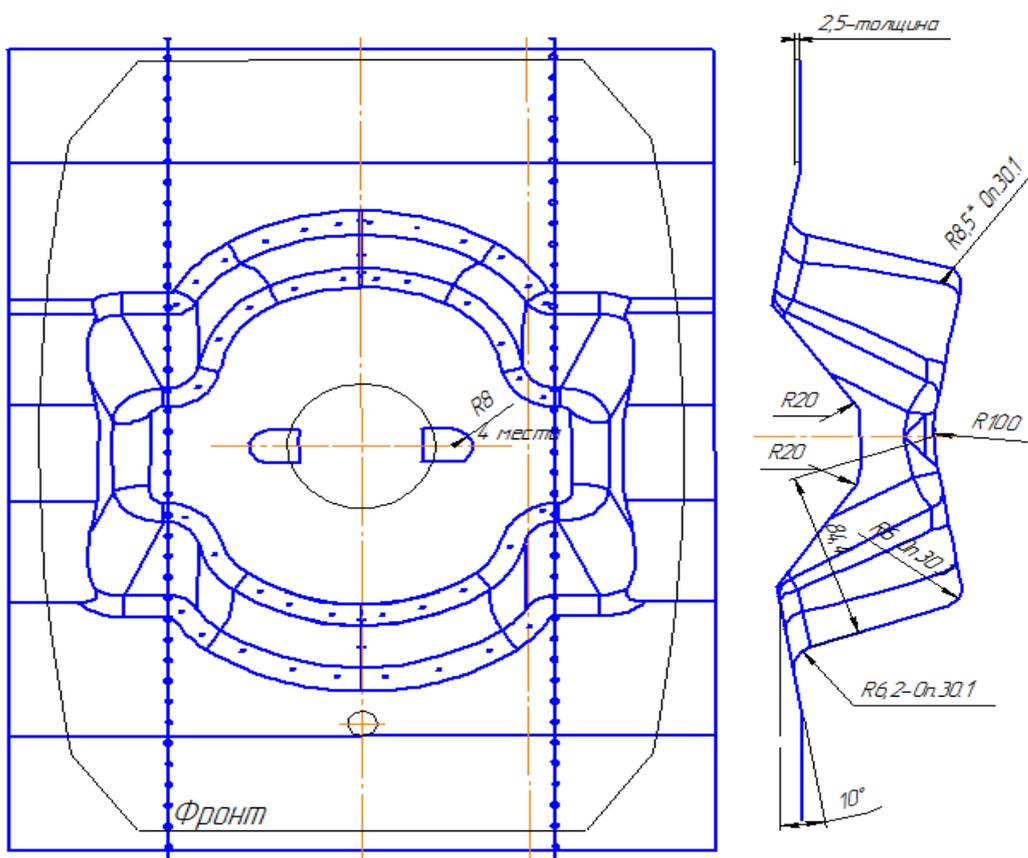


Рисунок 2.2 Операция 30<sup>1</sup>: Вытяжка-пробивка

## 2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки

Для окончательного определения размеров заготовки необходимо произвести дополнительный расчет.

Размеры заготовки определяются по максимальным размерам разверток детали проведенным в характерных сечениях и рассчитываются аналогично расчётам для гибки, без учета растяжения и утонения, так как очень трудно точно рассчитать степень утонения металла в конкретных местах заготовки подвергаемой вытяжке. Расчёт даёт увеличенные размеры, которые корректируются при пробных штамповках во время наладки штампа. Размеры заготовки определяются из условия равенства длины заготовки длине нейтрального слоя формообразованной детали.

Разбиваем характерные сечения на участки простой геометрической формы и определяем длины прямолинейных участков и длины нейтрального слоя закругленных участков. Длина сечения детали определяется без вычета размеров отверстий, попадаемых в сечение, т.е. металл считается сплошным. (рисунок 2.3; рисунок 2.4).

Длина заготовки находится по формуле:

$$L_{\Sigma} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 \text{ где,}$$

$l_1 = 15$  мм – длина первого участка;

$$l_2 = 0,017 \cdot \varphi \cdot (r + xS) = 0,017 \cdot 95 \cdot (3,5 + 0,40 \cdot 2,5) = 7,4 \text{ мм;}$$

где  $\varphi = 95^\circ$  - угол;

$x = 0,40$  коэффициент нейтрального слоя;

$S = 2,5$  мм – толщина материала.

$l_3 = 74,5$  мм – длина третьего участка;

$l_4 = 0,017 \cdot \varphi \cdot (r + xS) = 0,017 \cdot 95 \cdot (3,5 + 0,40 \cdot 2,5) = 7,4$  мм – длина средней линии четвертого участка;

$l_5 = 161$  мм длина пятого участка;

$l_6 = 0,017 \cdot \varphi \cdot (r + xS) = 0,017 \cdot 99 \cdot (3,5 + 0,40 \cdot 2,5) = 7,6$  мм – длина средней линии шестого участка;

$l_7 = 74,5$  мм – длина седьмого участка;

$l_8 = 0,017 \cdot \varphi \cdot (r + xS) = 0,017 \cdot 99 \cdot (3,5 + 0,40 \cdot 2,5) = 7,6$  мм – длина средней линии восьмого участка;

$l_9 = 15$  мм – длина девятого участка;

$$L_{\Sigma} = 15 + 7,4 + 74,5 + 7,4 + 161 + 7,6 + 74,5 + 7,6 + 15 = 370 \text{ мм}$$

Ширина заготовки находится по формуле:

$$L_{\Sigma} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 \text{ где,}$$

и  $l_{10} = 35$  мм – длина первого участка;

$l_2 = 0,017 \cdot \varphi \cdot (r + xS) = 0,017 \cdot 95 \cdot (3,5 + 0,40 \cdot 2,5) = 7,4$  мм;

где  $\varphi = 95^\circ$  – угол;

$x = 0,40$  коэффициент нейтрального слоя;

$S = 2,5$  мм – толщина материала.

$l_3 = 30$  мм – длина третьего участка;

$l_4 = 0,017 \cdot \varphi \cdot (r + xS) = 0,017 \cdot 95 \cdot (3,5 + 0,40 \cdot 2,5) = 7,4$  мм – длина средней линии четвертого участка;

$l_5 = 160$  мм – длина пятого участка;

$l_6 = 0,017 \cdot \varphi \cdot (r + xS) = 0,017 \cdot 99 \cdot (3,5 + 0,40 \cdot 2,5) = 7,6$  мм – длина средней линии шестого участка;

$l_7 = 30$  мм – длина седьмого участка;

$l_8 = 0,017 \cdot \varphi \cdot (r + xS) = 0,017 \cdot 99 \cdot (3,5 + 0,40 \cdot 2,5) = 7,6$  мм – длина средней линии восьмого участка;

$l_9 = 35$  мм – длина девятого участка;

$$L_{\Sigma} = 35 + 7,4 + 30 + 7,4 + 160 + 7,6 + 30 + 7,6 + 35 = 275 \text{ мм}$$

Исходя из размеров детали и данных производства, заготовкой будет лента шириной 330 мм. Шаг между позициями вырубki заготовки с учётом перемычек составит 374 мм.

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

«Экономия металла и уменьшение отходов в холодной листовой штамповке имеют весьма большое значение, особенно в крупносерийном и массовом производстве, так как при больших масштабах производства даже незначительная экономия металла на одном изделии даёт в итоге большую экономию [17]».

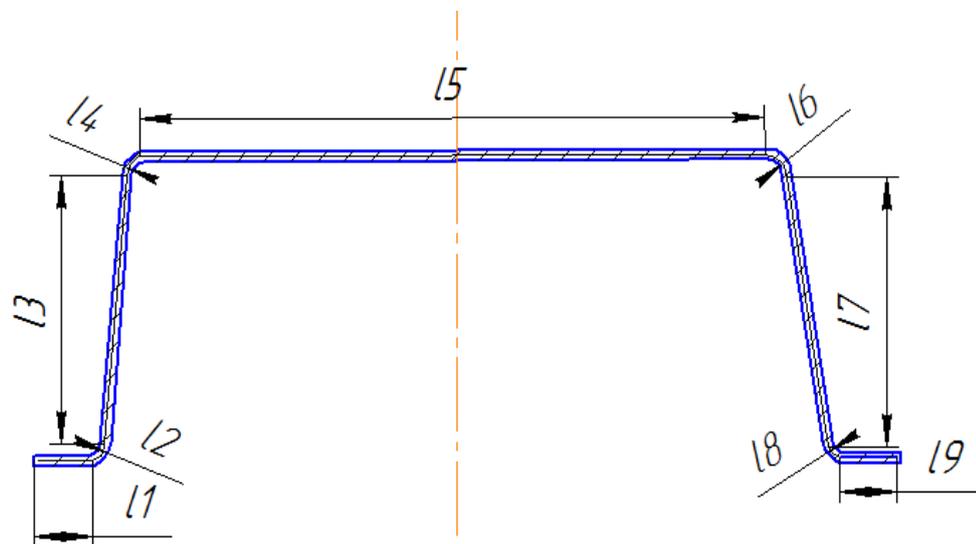


Рисунок 2.3 Сечение по длине заготовки

Сечение по ширине заготовки:

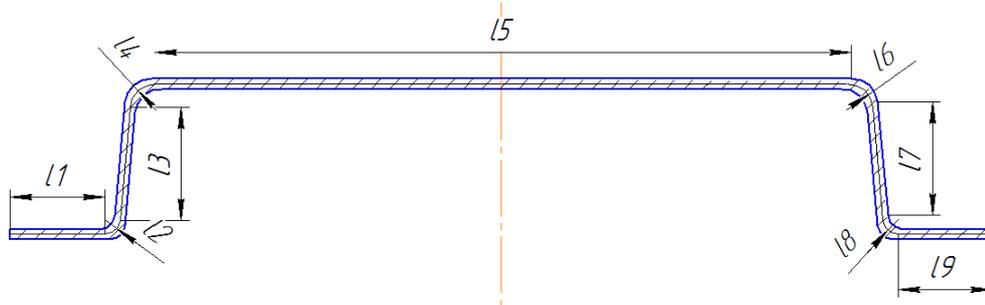


Рисунок 2.10 Сечение по ширине заготовки

«Выбираем прямой однорядный тип раскроя

Определим ширину ленты и шаг подачи:

$$B = 300 \text{ мм}$$

$$t = 374 \text{ мм}$$

Найдем коэффициент использования металла:

$$\eta = \frac{F_{дет.}}{B \cdot t} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

где  $\eta$  - коэффициент использования металла (КИМ),

$F_{дет.}$  - площадь детали,  $F_{дет.} = 103898 \text{ мм}^2$

$B$  - ширина ленты,  $B = 330 \text{ мм}$

$t$  - шаг подачи,  $t = 374 \text{ мм}$ .

$$\eta = \frac{103898}{300 \times 374} \cdot 100\% = 92\%$$

Коэффициент использования материала равен 92%, т.е. больше чем в существующем варианте [17]».

## 2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки

### 2.4.1. Определение усилий

Операция 10. Вырубка и пробивка.

«На этой операции происходит вырубка контура заготовки и пробивка двух отверстий диаметром 60 мм и 12 мм [17]».

Усилие вырубки и пробивки вычисляем по формуле:

$$P_1 = K * L * S * \sigma_{cp} = 1,3 * 3,14(60+12) + 370 * 2 + 210 * 2 * 2,5 * 28 = 126100,2 \text{ кгс} = 1261 \text{ кН}$$

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

$S = 2,5 \text{ мм}$  – толщина материала;

$$K = 1,3;$$

Усилие снятия с пуансона вычисляем по формуле:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P = 0,2 \cdot 1261 = 252,2 \text{ кН}$$

где  $k_{сн} = 0,2 - 0,24$  – коэффициент снятия, при толщине материала 2,5 мм.

Усилие проталкивания через матрицу:

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P \cdot n = 0,1 \cdot 1261 \cdot 2 = 252,2 \text{ кН}$$

где  $k_{пр} = 0,05 - 0,1$ ;

$n = 2$  – количество деталей, находящихся в шейке матрицы.

Общее усилие операции:

$$P_{об1} = P + P_{приж} + P_{прот} = 1261 + 252,2 + 252,2 = 1765,4 \text{ кН}$$

Операция 30<sup>1</sup>. Вытяжка и пробивка.

На этой операции происходит вытяжка и пробивка центральных отверстий.

Усилие вытяжки:

$$P \leq L \times S \times \sigma_p$$

$L = 623 \text{ мм}$  – периметр вытяжного проема;

$S = 2,5 \text{ мм}$  – толщина материала

$\sigma_p$  – разрушающее напряжение

$$\sigma_p = (1,1 \dots 1,2) \times \sigma_B$$

$\sigma_B = 33 \text{ кгс/мм}^2 = 330 \text{ МПа}$  – предел прочности.

$$P_1 \leq 623 \times 2.5 \times 33 \times 1.2 = 57717 \text{ кгс} = 529 \text{ кН}$$

Усилие пробивки отверстий:

$$P_2 = K * L * S * \sigma_{cp} = 1.3 * 110 * 2.5 * 28 = 10010 \text{ кгс} = 98.2 \text{ кН}$$

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

$S = 2.5 \text{ мм}$  – толщина материала;

$$K = 1.3;$$

Усилие снятия с пуансона вычисляем по формуле:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P = 0.2 \cdot 98.2 = 19.6 \text{ кН}$$

где  $k_{сн} = 0.2 - 0.24$  – коэффициент снятия, при толщине материала 2,5 мм.

Усилие проталкивания через матрицу:

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P \cdot n = 0.1 \cdot 98.2 \cdot 2 = 19.6 \text{ кН}$$

где  $k_{пр} = 0.05 - 0.1$ ;

$n = 2$  – количество деталей, находящихся в шейке матрицы.

$$P = P + P_{прж} + P_{прот} = 98.2 + 19.6 + 19.6 = 137.4 \text{ кН}$$

Общее усилие операции:

$$P_{об} = P_1 + P_2 = 666.4 \text{ кН}$$

Операция 30<sup>2</sup>. Обрезка.

На этой операции происходит обрезка лишнего металла во фланце и с боковых сторон вытяжного перехода.

Усилие обрезки:

$$P_1 = K * L * S * \sigma_{cp} = 1.3 * 740 * 2.5 * 28 = 45340 \text{ кгс} = 441.3 \text{ кН}$$

Усилие снятия с вычисляется по формуле:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P = 0.2 \cdot 441.3 = 88.26 \text{ кН}$$

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

$S = 2.5 \text{ мм}$  – толщина материала;

$$K = 1.3;$$

$$P = P + P_{прж} = 441.3 + 88.26 = 529.56 \text{ кН}$$

Операция 30<sup>3</sup>. Правка.

На этой операции происходит правка радиусов.

Усилие правки:

$$P = p \times F = 20 \times 2670 = 14000 \text{ кгс} = 529,5 \text{ кН}$$

$F = 2670 \text{ мм}^2$  - площадь поверхности правки.

$p = (15 \dots 20) \text{ кгс/мм}^2$  – удельное давление при калибровке радиусов.

Операция 30<sup>4</sup>. Гибка, правка.

На этой операции происходит гибка и правка дна детали.

Усилие гибки:

$$P_1 = \frac{BS^2}{r+S} \times \sigma_B = \frac{155 \times 2,5^2}{100+2,5^2} \times 33 = 300,9 \text{ кгс} = 2,9 \text{ кН}$$

$B = 155 \text{ мм}$  – длинна линии изгиба;

$S = 2,5 \text{ мм}$  – толщина материала;

$r = 100 \text{ мм}$  – радиус гiba;

$$\sigma_B = 33 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 330 \text{ МПа} \text{ – предел прочности;}$$

Усилие правки:

$$P_2 = p \times F = 10 \times 4770,2 = 47702 \text{ кгс} = 467,8 \text{ кН}$$

$F = 10130 \text{ мм}^2$  - площадь поверхности правки.

$p = (8 \dots 10) \text{ кгс/мм}^2$  – удельное давление для правки деталей из относительно толстых материалов не допускающих глубоких отпечатков на поверхности.

Общее усилие операции:

$$P_{\text{общ}} = P_1 + P_2 = 2,9 + 467,8 = 470,7 \text{ кН}$$

Операция 30<sup>5</sup>. Обрезка, пробивка.

На этой операции происходит обрезка ненужного металла полков и пробивка 4х отверстий.

Усилие обрезки, пробивки:

$$P_1 = K * L * S * \sigma_{cp} = 1,3 * 240 * 2,5 * 28 = 21840 \text{ кгс} = 214,2 \text{ кН}$$

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

$S = 2,5 \text{ мм}$  – толщина материала;

$K = 1,3$ ;

Усилие снятия с пуансона вычисляем по формуле:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P = 0,2 \cdot 214,2 = 42,84 \text{ кН}$$

где  $k_{сн} = 0,2 - 0,24$  – коэффициент снятия, при толщине материала 2,5 мм

Усилие проталкивания через матрицу:

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P \cdot n = 0,1 \cdot 214,2 \cdot 3 = 128,5 \text{ кН}$$

где  $k_{пр} = 0,05 - 0,1$ ;

$n = 3$  – количество деталей, находящихся в шейке матрицы.

Общее усилие вырубki и пробивки:

$$P_{об1} = P + P_{приж} + P_{прот} = 214,2 + 42,84 + 128,5 = 386 \text{ кН}$$

Операция 30<sup>6</sup>. Пробивка.

На этой операции происходит пробивка центрального отверстия.

Усилие пробивки:

$$P_1 = K \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{ср} = 1,3 \cdot 308 \cdot 2,5 \cdot 28 = 28031 \text{ кгс} = 280,3 \text{ кН}$$

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

$S = 2,5 \text{ мм}$  – толщина материала;

$K = 1,3$ ;

Усилие снятия с пуансона вычисляем по формуле:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P = 0,2 \cdot 280,3 = 56 \text{ кН}$$

где  $k_{сн} = 0,2 - 0,24$  – коэффициент снятия, при толщине материала 2,5 мм

Усилие проталкивания через матрицу:

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P \cdot n = 0,1 \cdot 280,3 \cdot 1 = 28 \text{ кН}$$

где  $k_{пр} = 0,05 - 0,1$ ;

$n = 1$  – количество деталей, находящихся в шейке матрицы.

Общее усилие операции:

$$P_{об1} = P + P_{приж} + P_{прот} = 280,3 + 56 + 28 = 364,3 \text{ кН}$$

Операция 30<sup>7</sup>. Правка, отбортовка.

На этой операции происходит правка для компенсации пружинения и отбортовка центрального отверстия:

Усилие правки:

$$P_1 = p \times F = 10 \times 3202,9 = 32029 \text{ кгс} = 314,4 \text{ кН}$$

$F = 3202,9 \text{ мм}^2$  - площадь поверхности правки.

$p = (8 \dots 10) \text{ кгс/мм}^2$  – удельное давление для правки деталей из относительно толстых материалов не допускающих глубоких отпечатков на поверхности.

Усилие отбортовки:

$$P_2 = 1,1\pi * S * \sigma_v (D - d) = 1,1 * 3,14 * 2,5 * 33 * (119 - 98,1) = 5984 \text{ кгс} = 59,84 \text{ кН}$$

$\sigma_v = 33 \text{ кгс/мм}^2 = 330 \text{ МПа}$  – предел прочности.

Общее усилие операции:

$$P_{\text{общ}} = P_1 + P_2 = 314,4 + 59,84 = 374 \text{ кН}$$

Суммарное усилие необходимое для всех операций:

$$P_{\text{сумм}} = P^{0п10} + P^{0п30^1} + P^{0п30^2} + P^{0п30^3} + P^{0п30^4} + P^{0п30^5} + P^{0п30^6} + P^{0п30^7} = 1765,4 + 666,8 + 529 + 530 + 470,7 + 386 + 364,3 + 374 = 5055,8 \text{ кН} = 5,056 \text{ МН}$$

#### 2.4.2. Определение работы

Операция 10. Вырубка и пробивка.

«Работа вычисляется по формуле:  $A = x \frac{PS}{1000}$ ,

где  $x$  – коэффициент, определяемый из соотношения

$x = \frac{P_{cp}}{P}$  ( $P_{cp}$  – усредненное усилие), выбираем по таблице 7» [8];

$$x = 0,65 \dots 0,60;$$

$P$  – усилие данной операции;  $P = 1765,4 \text{ кН}$ ;

$$A = 0,60 \frac{176540 \cdot 2,5}{1000} = 264,75 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 2647,5 \text{ Дж}$$

Операция 30<sup>1</sup>. Вытяжка и пробивка.

Работа вычисляется по формуле:  $A = \frac{C \cdot P \cdot h}{1000}$ ,

$C = 0,8$  – коэффициент, берется из опытных данных;

$h = 82$  мм – средняя глубина вытяжки;

$P$  – усилие данной операции;  $P = 666,8$  кН;

$$A = \frac{0,8 \cdot 66680 \cdot 82}{1000} = 4374 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 43740 \text{ Дж}$$

Операция 30<sup>2</sup>. Обрезка.

Работа вычисляется по формуле:  $A = x \frac{PS}{1000}$ ,

$P$  – усилие данной операции;  $P = 529,5$  кН;

$$A = 0,60 \frac{52956 \cdot 2,5}{1000} = 79,43 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 794 \text{ Дж}$$

Операция 30<sup>3</sup>. Правка.

Работа вычисляется по формуле:  $A = x \frac{PS}{1000}$ ,

$P$  – усилие данной операции;  $P = 529,5$  кН;

$$A = 0,60 \frac{52950 \cdot 2,5}{1000} = 79,4 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 794 \text{ Дж}$$

Операция 30<sup>4</sup>. Гибка, правка.

Работа вычисляется по формуле:  $A = x \frac{PS}{1000}$ ,

$P$  – усилие данной операции;  $P = 470,7$  кН;

$$A = 0,60 \frac{47070 \cdot 2,5}{1000} = 70,6 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 706 \text{ Дж}$$

Операция 30<sup>5</sup>. Обрезка, пробивка.

Работа вычисляется по формуле:  $A = x \frac{PS}{1000}$ ,

P – усилие данной операции; P = 386 кН;

$$A = 0,60 \frac{38600 \cdot 2,5}{1000} = 57,36 \text{кгс} \cdot \text{м} = 574 \text{Дж}$$

Операция 30<sup>6</sup>. Пробивка.

Работа вычисляется по формуле:  $A = x \frac{PS}{1000}$ ,

P – усилие данной операции; P = 364,4 кН;

$$A = 0,60 \frac{36440 \cdot 2,5}{1000} = 95,6 \text{кгс} \cdot \text{м} = 956 \text{Дж}$$

Операция 30<sup>7</sup>. Правка, отбортовка.

Работа вычисляется по формуле:  $A = x \frac{PS}{1000}$ ,

P – усилие данной операции; P = 451,1 кН;

$$A = 0,60 \frac{45110 \cdot 2,5}{1000} = 67,7 \text{кгс} \cdot \text{м} = 677 \text{Дж}$$

Суммарная работа:

$$\begin{aligned} A_{\text{сумм}} &= A^{0\text{п}10} + A^{0\text{п}30^1} + A^{0\text{п}30^2} + A^{0\text{п}30^3} + A^{0\text{п}30^4} + A^{0\text{п}30^5} \\ &+ A^{0\text{п}30^6} + A^{0\text{п}30^7} = 264 + 43740 + 794 + 794 + 706 + 574 + 956 + 677 \\ &= 47593,8 \text{ Дж} = 47,6 \text{кДж} \end{aligned}$$

### 3.ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

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

«При выборе прессы исходят из следующих соображений:

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

Таким образом, основными механическими параметрами для выбора прессы являются: усилие, работа, жесткость, величина хода, закрытая высота и размеры стола прессы»[8].

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

большого усилия, чем требуется по расчету. Применение более сильного пресса обеспечивает повышенную жесткость и меньшее пружинение станины, а, следовательно, и большую стойкость штампов, особенно для разделительных операций. Применение пресса большего усилия, чем требуется по расчету, предохраняет от поломки при случайном попадании более толстой заготовки, что имеет существенное значение для гибки с калибровкой, рельефной и пространственной правке»[1].

«Также необходимым параметром для выбора пресса является величина хода пресса. Ходом пресса называется движение ползуна пресса вниз и вверх, производимое за один оборот кривошипа. Производительность прессов измеряется числом ходов в минуту. Величиной хода пресса называется путь, пройденный ползуном в одном направлении. Выбор пресса по величине хода имеет особое значение для вытяжных и гибочных работ, требующих большого хода пресса. Обычно величина хода пресса для вытяжки берется в 2,5 раза больше высоты вытягиваемой детали, чтобы обеспечить удобство установки заготовки и удаление готовой детали»[1].

«При выборе оборудования следует учитывать несовпадения центра давления штампа с осью ползуна. В этом случае возникает опрокидывающий момент, увеличивающий боковое усилие, а, следовательно, и боковое смещение ползуна пресса и верхней части штампа»[1].

«Горизонтальная жесткость пресса зависит от конструкции направляющих пресса и ползуна. Современные быстроходные штамповочные автоматы имеют восемь направляющих плоскостей, снабженных роликовыми направляющими и устройством для точной регулировки. У этих прессов резко снижены боковые вибрации ползуна, что значительно разгружает направляющие колонки штампа и позволяет получить высокую стойкость твердосплавных штампов»[1].

«Оборудование подбирается по максимально рассчитанному усилию на операциях. Заведомо выбирается пресс-автомат с большим усилием, чем необходимо на операции. Это необходимо для того, чтобы обеспечить

повышенную жесткость и меньшую упругую деформацию станины, а, следовательно, и большую стойкость штампов. А также избыток усилия предохраняет от поломки при попадании более толстой заготовки.

В данном случае суммарное усилие равно 5,056 МН. Также при выборе пресс-автомата необходимо учитывать, чтобы количество операций соответствовало количеству рабочих позиций на автомате»[1].

Из всего перечисленного, выбираем оборудование – пресс-автомат ФТ2/60М усилием 6,0 МН.

Таблица 3.1.

## Основные характеристики оборудования

<i>Характеристика</i>	<i>Значение</i>
Общее усилие	6,0 МН
Усилие каждой позиции	2.0 МН
Число позиций	8 шт
Величина регулировки держателя штампов	80мм
Расстояние между позициями	500 мм
Ход ползуна	400 мм
Глубина вытяжки	140 мм
Число ходов	12-32 ход/мин
Полная закрытая высота ползуна	840 мм
Давление воздуха в сети	5 атм
Толщина монтажной плиты	125 мм
Уровень подхвата детали	425 мм

## 3.2. Выбор средств автоматизации и основные характеристики

«Автоматизация процессов листовой штамповки позволяет существенно улучшить производственные и экономические показатели (такие как коэффициент загрузки оборудования, штучное время изготовления детали, технологическую себестоимость и т.д.), в несколько раз увеличить производительность труда, а также обеспечить полную безопасность работ на прессах»[1].

«Устройства автоматизации выбираются из конкретных условий технологического процесса и вида материала. В зависимости от вида материала применяются следующие типы автоматических устройств для подачи заготовок в зону обработки:

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

К средствам автоматизации для выполнения данного технологического процесса, наиболее удобными являются грейферные устройства.

«Грейферные механизмы могут быть однокоординатными, имеющие возвратно-поступательное движение. Захваты выполнены в виде подпружиненных односторонних скоб. В двухкоординатном механизме грейферные линейки совершают четыре движения: захват заготовки, перемещение ее на следующую позицию, разжим заготовки, возврат линеек в исходное положение. В трехкоординатном механизме грейферные линейки совершают шесть движений, т. е. к перечисленным выше добавляются подъем отштампованного полуфабриката и опускание его на следующую позицию»[1].

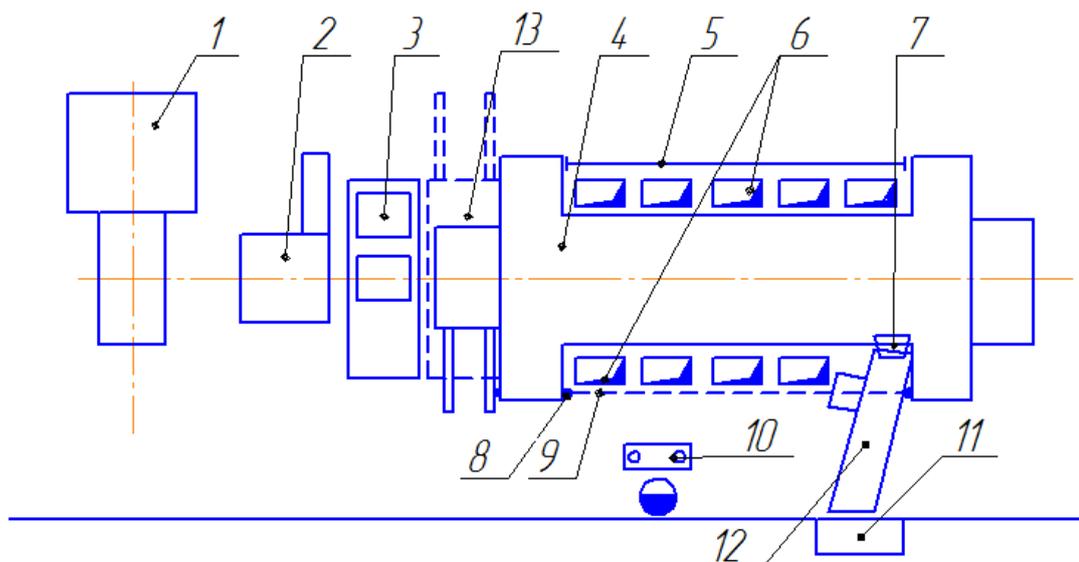
### 3.3 Описание работы автоматической линии и планировка участка штамповки

«Планировка оборудования штамповочных цехов должна предусматривать соответствующую площадь около прессы для укладки заготовок, готовых деталей и отходов, а также необходимые проходы и проезды для внутрицехового транспорта»[1].

«Общую площадь холодноштамповочного цеха принято подразделять на производственную и вспомогательную. К производственной относится площадь, занимаемая прессами, механизмами, инвентарем, проходами и проездами между прессами, местами для складывания заготовок, деталей и отходов. Производственная площадь цеха вместе с проходами и проездами, приходящаяся на один пресс, значительно больше площади основания прессы»[1].

Схема планировки участка, в составе которого используется пресс-автомат FT2/60-M с питателем штучных заготовок и организация рабочего места представлены на рисунок 3.2.

Линия работает следующим образом: заготовка из штучного питателя (2) с помощью грейферных линеек подаётся на позицию захвата (13) и далее в рабочую зону последовательного штампа. Отход, полученный во время штамповки, по склизам попадает в воронки для удаления отходов (6). После прохождения всех технологических операций, готовая деталь по склизу (7) и ленточному транспортёру (12) попадает в тару для готовых деталей (11).



- 1– Поддоны штучных заготовок
- 2 – Питатель штучных заготовок
- 3– Механизм подачи заготовок
- 4 – Пресс FT2/60-М
- 5 – Защитная решётка
- 6 – Воронки для удаления отходов
- 7 – Склиз для удаления готовых деталей
- 8 – Фотоэлемент
- 9 - Защитная решётка прессы FT2/60-М
- 10 – Пульт двурукого включения
- 11 – Тара для готовых деталей типа 6801.011.1456.525
- 12 – Ленточный транспортёр ф. «Рапестан»
- 13 – Позиция захвата заготовок

Рисунок 3.2Пресс-автоматFT2/60-М

#### 4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

«Конструкция штампа должна обеспечивать заданную производительность и качество получаемых деталей. Для этого должна быть выбрана оптимальная схема штампа, оптимальная конструкция отдельных его частей, должна быть обеспечена четкая и надежная фиксация заготовки в штампе, надежное удаление отходов, удобное и надежное удаление детали из зоны штамповки. Также конструкция штампа должна предусматривать оптимальную металлоемкость, максимально использовать стандартные детали и узлы, необходимо обеспечить транспортировку штампа в целом и отдельных его крупногабаритных деталей и узлов.

К штампам, работающим в составе автоматических линий, предъявляется ряд дополнительных требований:

- 1) способ фиксации заготовки в штампе должен определяться формой захватных элементов транспортирующих механизмов;
- 2) в случае подачи заготовки толкающим способом (шиберная подача) в штампе необходимо предусматривать проводки;
- 3) необходимо наличие опорных элементов при использовании крупногабаритных и тонколистовых заготовок;
- 4) узлы, обеспечивающие удаление заготовок, не должны мешать работе транспортных механизмов;
- 5) направляющие колонки должны находиться в верхней части штампа для обеспечения беспрепятственной работы транспортных механизмов;
- 6) все штампы, установленные в один пресс-автомат, должны обеспечивать единый уровень поднятия заготовки для дальнейшей ее транспортировки механизмами передачи полуфабриката с предыдущей позиции на последующую [17]».

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

Совмещенный штамп состоит из двух частей: нижней и верхней плиты. К нижней плите (1) крепится вытяжной пуансон (4), в котором запрессованы матрицы (14) для пробивки технологических отверстий, используемых для фиксации на последующих позициях штамповки. Вокруг пуансона размещен прижим (5), в который вмонтированы фиксаторы (23, 26) ориентирующие заготовку по контуру. В прижиме размещены подпружиненные подъемники (25), которые обеспечивают подъем изделия над плоскостью прижима для возможности захвата детали грейферными линейками. Подъемники оснащены магнитами для удержания изделия от сдвига перед подхватом его грейферными линейками.

К верхней плите (2) крепится монтажная плита (6), в которой размещены секции матрицы (16-19), выполнено гнездо под держатель (11) пуансонов (9). В матрице выполнены отверстия под выталкиватели (10) для удаления детали из матрицы.

Прижим приводится в движение маркетными толкателями, работающими от пневмоподушки прессы. Для ограничения хода прижима данной конструкцией штампа предусмотрены ограничительные скобы.

Крепление нижней плиты к прессу осуществляется с помощью винтов и Т-образных пазов. Верхняя плита крепится при помощи клемс – гидрозажимов, являющихся принадлежностью пресс-автомата. Для этого на верхней плите штампа предусмотрены специальные чистообработанные накладки, которые крепятся к плите при помощи двух винтов.

Принцип действия штампа:

Заготовка подаётся в штамп с помощью грейферной подачи. Прижим находится в верхнем положении, при подаче на заданный шаг линейки уходят из рабочей зоны, матрица давит на подъемники, с лежащей на них заготовкой утапливает их внутрь прижима, прижимает заготовку к плоскости прижима, далее прижим под давлением матрицы опускается и происходит

вытяжка заготовки. В конце операции вытяжки происходит пробивка двух отверстий. При обратном ходе ползуна матрица поднимается, вслед за ней поднимается вверх прижим с отштампованной деталью до упора в ограничительные скобы. Далее заготовка поднимается выше подпружиненными подъемниками до уровня подхвата грейферными линейками, которые снимают деталь и переносят ее на следующую операцию.

#### 4.2 Прочностные расчеты и выбор материалов 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.

Исходя из вышеизложенного, расчет на прочность будем производить на примере пробивного пуансона.

Приближенный расчет пуансона на прочность производим по таблице 208»[8].

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

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

где P – усилие пробивки; P = 13379 кгс=131,2 кН;

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

$$F = a \times b + \frac{\pi \times r^2}{2} = 341 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{13379}{341} = 39,2 \text{ кгс} / \text{мм}^2 = 392 \text{ МПа}$$

#### 4.2.2 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>;

$$f = a \times b + \frac{\pi \times r^2}{2} = 341 \text{ мм}^2$$

$[\sigma_{сж}]$  – допускаемое напряжение на сжатие,  $[\sigma_{сж}] = 160 \text{ кгс/мм}^2 = 160 \text{ МПа}$

$$\sigma_{сж} = \frac{13379}{341} = 39,2 \text{ кгс/мм}^2 = 392 \text{ МПа}$$

Сжимающее напряжение составило 392 МПа < 1600 МПа, что меньше допускаемых, следовательно, условие прочности на сжатие удовлетворяется.

#### 4.2.3 Выбор материалов деталей штампа

«К рабочим частям штампов (пуансонам и матрицам) предъявляются определенные требования. Основными являются следующие:

- 1) способность металла противостоять большому давлению и ударам;
- 2) хорошо сопротивляться износу от трения;
- 3) сохранять острые режущие кромки без разрушения и затупления возможно большой период времени» [17].

«Материалы, применяемые для изготовления деталей штампа

<i>Наименование детали</i>	<i>Марка материала</i>	<i>Термическая обработка</i>
Верхние и нижние плиты штампов	Отливка	Отжечь
Плиты монтажные	Сталь 45	50 – 54 HRC Э
Направляющие колонки и втулки	Сталь 20Х	40 – 45 HRCЭ
Ловители	Сталь У8А,	59 – 63 HRC Э0,8 – 1,2 цемент.
Держатель	Сталь 45	-
Рабочие части: пуансоны, матрицы, секции верха	X12МФ X12М1 У10А	55 – 59 HRCЭ
Опоры под пуансон	Сталь 40Х	40 – 45 HRCЭ
Толкатели, подъемники, втулки	Сталь 40 – 45	42 – 46 HRC Э
Прижим	Сталь 40 - 45	50 – 54 HRC Э
Винты, болты	Сталь 40 – 45	40 – 45 HRCЭ
Штифты, ловители	У8А	45 – 50 HRCЭ
Пружины	Проволока Б-2-2,00;	40 – 48 HRCЭ

Таблица 4.1 [17]».

### 4.3 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»[2].

«Винтовые цилиндрические пружины для штампов, работающие на сжатие, изготавливаются из проволоки различных сечений: круглого,

квадратного, прямоугольного и др. Чаще всего для пружин применяется проволока круглого или квадратного сечений»[2].

В данном штампе пружины выполняют подъём отштампованного полуфабриката при помощи подъемников на уровень подхвата греферных линеек.

Рассчитаем усилие снятия на операции 30<sup>1</sup>(Вытяжка, пробивка).

На этой операции происходит вытяжка заготовки и пробивка двух отверстий.

Усилие вытяжки:

Усилие вытяжки:

$$P \leq L \times S \times \sigma_p$$

$L = 583$  мм – периметр заготовки;

$S = 2.5$  мм – толщина материала

$\sigma_p$  – разрушающее напряжение

$$\sigma_p = (1,1 \dots 1,2) \times \sigma_B$$

$\sigma_B = 33$  кгс/мм<sup>2</sup> = 330 МПа – предел прочности.

$$P_1 \leq 623 \times 2.5 \times 33 \times 1,2 = 57717 \text{ кгс} = 529 \text{ кН}$$

Усилие пробивки отверстий:

$$P_2 = K * L * S * \sigma_{cp} = 1,3 * 110 * 2,5 * 28 = 10010 \text{ кгс} = 98,2 \text{ кН}$$

$\sigma_{cp} = 28$  кгс/мм<sup>2</sup> = 280 МПа – сопротивление срезу;

$S = 2,5$  мм – толщина материала;

$K = 1,3$ ;

Усилие снятия с пуансона вычисляем по формуле:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P = 0,2 \cdot 98,2 = 19,6 \text{ кН}$$

где  $k_{сн} = 0,2 - 0,24$  – коэффициент снятия, при толщине материала 2,5 мм.

Усилие проталкивания через матрицу:

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P \cdot n = 0,1 \cdot 98,2 \cdot 2 = 19,6 \text{ кН}$$

где  $k_{пр} = 0,05 - 0,1$ ;

$n = 2$  – количество деталей, находящихся в шейке матрицы.

$$P = P + P_{\text{приж}} + P_{\text{прот}} = 98,2 + 19,6 + 19,6 = 137,4 \text{ кН}$$

Общее усилие операции:

$$P_{\text{об}} = P_1 + P_2 = 666,4 \text{ кН}$$

Затем определяем усилие выталкивания детали из матрицы:

$$P_{\text{сн}} = P \cdot k_{\text{сн}},$$

где  $P$  – рассчитанное операционное усилие ( $P = 666,4$  кН);

$k_{\text{сн}}$  – коэффициент снятия ( $k_{\text{сн}} = 0,15$ ).

$$P_{\text{сн}} = 666,4 \cdot 0,15 = 99,96 \text{ кН}$$

Исходя из необходимого усилия, выбираем определенные пружины и задаем их количество.

Геометрические размеры пружины:

$D = 20$  мм – наружный диаметр пружины;

$P = 2548$  кгс = 24,99 кН.

$H_0 = 64,2$  мм = высота пружины в свободном состоянии.

$d = 2$  мм – диаметр проволоки.

Для обеспечения усилия выталкивания и подъема детали на уровень подхвата нам необходимо 4 пружины.

#### 4.4 Определение центра давления штампа

При использовании в штамповке многопозиционных прессов, на которых размещаются несколько штампов, предназначенных для выполнения различных по характеру и усилиям операций правильное размещение их на столе пресса относительно оси ползуна необходимо рассчитывать. «Существует два способа определения центра давления штампа: графический и аналитический. В данной работе центр давления штампа определяется аналитическим способом. Он основан на равенстве момента

равнодействующий нескольких сил сумме моментов этих сил относительно одной и той же оси»[17].

Однако, так как деталь симметрична, ось X будет совпадать с осью плиты пресса. Осталось определить координату X местонахождения оси Y.

$$\ll Y = \frac{P_1 a + P_2 b + P_3 c + P_4 d + P_5 f + P_6 g + P_7 e}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7}$$

где  $P_1 = 666,8$  кН- усилие операции 30<sup>1</sup>;

$P_2 = 441,3$  кН- усилие операции 30<sup>2</sup>;

$P_3 = 529,5$  кН- усилие операции 30<sup>3</sup>;

$P_4 = 470,7$  кН- усилие операции 30<sup>4</sup>;

$P_5 = 382,4$  кН- усилие операции 30<sup>5</sup>;

$P_6 = 637,4$  кН- усилие операции 30<sup>6</sup>;

$P_7 = 451,1$  кН- усилие операции 30<sup>7</sup>;

$a, b, c, d, f, g, e$  – соответствующие расстояния от принятой (вспомогательной) оси до осей Y штампов [17]».

$$Y = \frac{2163766 + 1211368.5 + 1188727.5 + 821371.5 + 476088 + 474863 + 110519.5}{666.8 + 441.3 + 529.5 + 470.7 + 382.4 + 637.4 + 451.1} = 1801$$

Отклонение от центральной оси пресса равно 56 мм (рисунок 4.1), что допустимо.

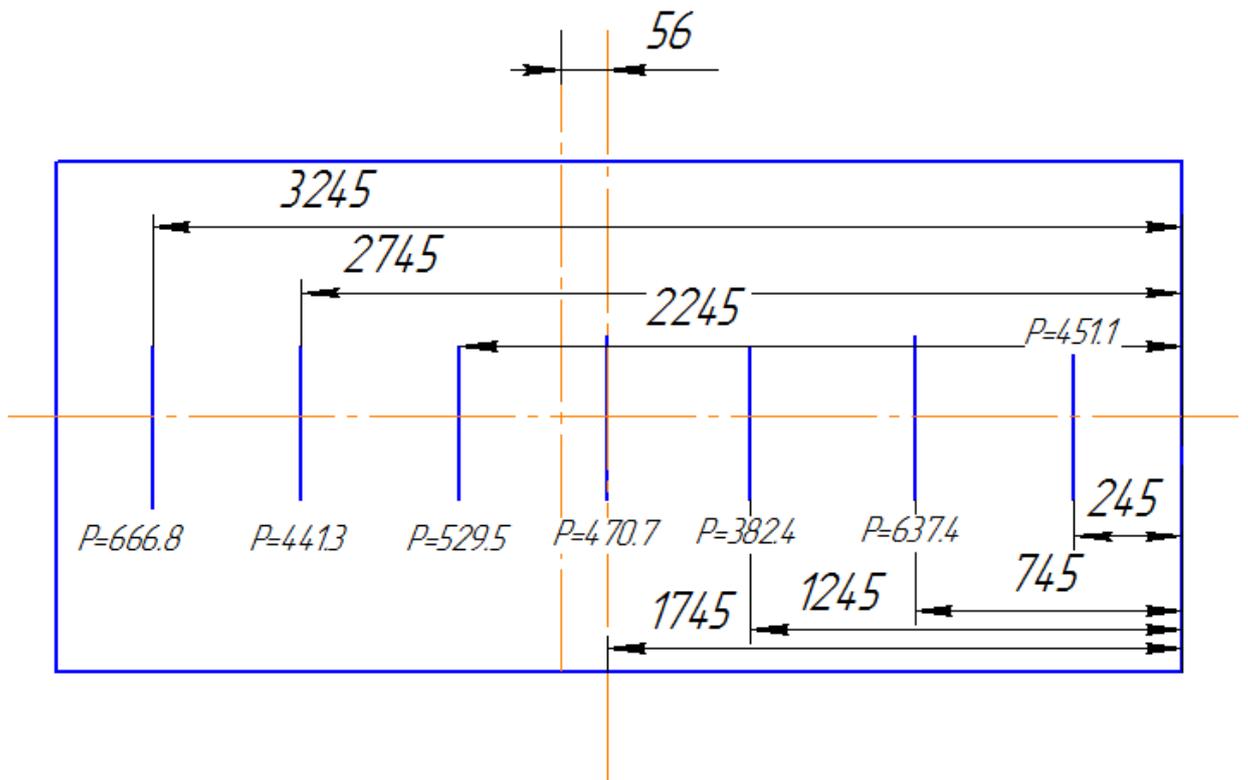


Рисунок 4.1 Определение центра давления штампа

#### 4.5 Определение исполнительных размеров инструмента

«Определим исполнительные размеры пуансона для пробивки отверстий:

Для размера  $\text{Ø } 16,0^{+0,1}$

$$A_n = (A + \Delta)_{-\delta_n} = (16,0 + 0,1)_{-0,027} = 16,1_{-0,027}$$

Тогда размер рабочего отверстия (матрицы) будет:

$$A_m = (A + \Delta)^{+\delta_m} = (16,0 + 0,14)^{+0,027} = 16,14^{+0,027}$$

Аналогично находим исполнительные размеры пуансона и матрицы на геометрические размеры других контуров для вырубki и пробивки [17]».

## 5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 5.1. Технологическая характеристика объекта

Технологический паспорт объекта:

- Технологический процесс – изготовление детали «Кронштейн запасного колеса»;
- Виды действий для выполнения работ – многопозиционная штамповка за восемь операций;
- Должность работника выполняющего технологический процесс, операцию – оператор;
- Оборудование, устройство, приспособление – пресс-автомат ФТ-2/60;
- Материалы, вещества – 08Ю.

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

Производственно – технологическая и/или эксплуатационно - технологическая операция, вид выполняемых работ:

- Работа пресс – автомата ФТ-2/60;
- Работа электродвигателя, кулачковых, зубчатых механизмов и пневмосистемы пресс-автомата. Удаление деталей и отходов по склизам. Работа штампов. Осуществление штамповочных операций;
- Погрузочные, транспортные, разгрузочные работы. Перемещение подвижных частей оборудования, средств автоматизации и штамповой оснастки.

Опасный и/или вредный производственный фактор:

- Физический – повышенный уровень вибрации;
- Физический – повышенный уровень шума;
- Перемещение подвижных частей оборудования.

Источник опасного и/или вредного производственного фактора:

- Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции;

- Электродвигатель, кулачковые, зубчатые механизмы и пневмосистема пресс-автомата. Склизы для деталей и отходов. Работа штампов. Штамповочные операции;
- Прессовое оборудование, механизмы и устройства автоматизации их незащищенные подвижные части. Внутрицеховой транспорт.

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

«Опасный и/или вредный производственный фактор:

- Повышенный уровень вибрации;
- Повышенный уровень шума;
- Перемещение подвижных частей оборудования;
- Токсическое воздействие.

Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и/или вредного производственного фактора:

- Регламентированный режим работы, изменение в конструкции фундамента, прогрессивное оборудование, виброизоляция;
- Смазка трущихся частей оборудования и штампа, средства индивидуальной защиты, герметизация источника шума;
- Инструктаж по технике 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 пересечения каким либо предметом светового луча. С тыла – механическая решетка, переносной пульт включения муфты и тормоза пресса, расположенный на расстоянии 1-1,5 от пресса, кнопки аварийной остановки на пульте управления загрузчиком для быстрой остановки всей линии, встроенная предохранительная муфта отключает автоматическую линию в случае перегрузки или заклинивании грейферной подачи;

- Контроль концентрации токсических веществ. По окончании рабочей смены обязательно снять спецодежду, умыться, вымыть руки с мылом или принять душ»[5].

#### 5.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение:

- Автоматизированная линия.

Оборудование:

- Пресс-автомат.

Класс пожарной безопасности:

- В, Е.

Опасные факторы пожара:

- Пламя искры. Повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных участках);

Сопутствующие проявления факторов пожара:

- Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества.

Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения:

- Огнетушитель;
- Песок;
- Кошма.

Мобильные средства пожаротушения:

- Пожарные автомобили;
- Мотопомпы;
- Спец. средства (тягачи, прицепы).

Стационарные установки и системы пожаротушения:

- Водяные установки систем пожаротушения;
- Газовые установки систем пожаротушения;
- Установка систем пожаротушения.

Средства пожарной автоматики:

- Датчики дыма;
- Тепловые датчики;
- Контрольные приборы на прием сигнала.

Пожарное оборудование:

- Пожарные рукава;
- Пожарный инвентарь;
- Пожарная колонка.

Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре:

- Противогазы;
- Носилки;
- Защитные костюмы.

Пожарные инструменты:

- Пожарные багры;
- Пожарные топоры;
- Лопата совковая штыковая.

Пожарная сигнализация, связь и оповещение:

- Оповещатели о пожаре;
- Световые указатели «ВЫХОД»;
- Пожарные извещатели.

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

«Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта – Листовая штамповка деталей на пресс-автомате.

Наименование видов реализуемых видов организационных мероприятий:

- 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.

Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты:

- Квалифицированный персонал;
- Обеспечение защиты помещений системой обнаружения пожара;
- Оповещения об эвакуации;
- Наличие систем пожаротушения»[3].

Идентификация экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, технологического процесса – многопозиционная штамповка.

Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т. п.:

- Пресс-автомат, питатель штучных заготовок, грейферные механизмы, штамповая оснастка.

Воздействие технического объекта на атмосферу:

- Выделение вредных испарений, газов отработанной смазки, масла и скопления пыли.

Воздействие технического объекта на гидросферу:

- Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов, при замене масла в технических агрегатах и ряде подобных случаев.

Воздействие технического объекта на литосферу:

- Утилизация промасленной ветоши»[3].

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

«Наименование технического объекта:

- Листовая штамповка.

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу:

- Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха.

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу:

- Очистные сооружения сточных вод.

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу:

- Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организация, имеющим лицензии на работу с отходами»[3].

«В разделе "Безопасность и экологичность технического объекта" приведена характеристика технологического процесса изготовления детали "Кронштейн запасного колеса", перечислены технологические операции, должности

работников, производственно-техническое оборудование, применяемые материал.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки детали " Кронштейн запасного колеса ", по видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенный уровень вибрации и шума, производственный травматизм, токсическое воздействие.

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.

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

Идентифицированы технологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте»[3].

## 6. Экономическая часть

### 6.1. Сравнительная характеристика технологических вариантов

«Существующий вариант по организационным причинам формирования оптимального производственного цикла изготовления изделия осуществляется на поточной линии традиционного технического исполнения с полным комплектом штамповой оснастки»[3].

Существующий технологический процесс состоит из восьми операций:

- 2) Вытяжка
- 3) Пробивка
- 4) 1-я обрезка
- 5) Правка 1-я
- 6) Гибка, правка 2-я
- 7) Обрезка, пробивка
- 8) Пробивка
- 9) Правка, отбортовка

«Условия труда тяжелые – загрузка заготовок и полуфабрикатов в рабочую зону штампа и штамповка деталей осуществляет вручную»[2].

В существующем варианте используются следующие виды оборудования:

- 1) Пресс К3034 с подачей
- 2) 8 прессов фирмы ГМ-250 усилием 2,5 МН

Проектный технологический процесс состоит из семи операций:

- Вытяжка, пробивка
- 1-я обрезка
- Правка 1-я
- Гибка, правка 2-я
- Обрезка, пробивка
- Пробивка
- Правка, отбортовка

Условия труда легкой тяжести – автоматическая линия.

Оборудование, используемое в проектном варианте :

- 1) Пресс К3034 с подачей
- 2) автоматическая линия FT2/60-М усилием 6,0 МН.

### 6.2. Расчет себестоимости штамповой оснастки

«Калькуляция изготовления вытяжного штампа

Материальные затраты (М) – 237092;

Транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) – 3379 (0,02% от М);

Основная заработная плата рабочих (ЗПЛОСН) – 128470 ( $C_T=145$ р/ч);

Единый социальный налог (Сс) – 39825 ( $C_c=31\%$  ЗПЛОСН);

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (РСО) – 98754 (76,87% от ЗПЛОСН);

Общепроизводственные (цеховые) расходы ( $P_{цех}$ ) – 107902 (83,99% от ЗПЛОСН);

Общепроизводственная (цеховая) себестоимость ( $C_{цех}$ ) – 612400 (Сумма [14]).

### 6.3. «Исходные данные для расчета себестоимости продукции

Общие исходные данные:

- Годовая программа выпуска, шт.(Nr) – 65000;
- Эффективный фонд времени работы, час:
  - оборудования ( $\Phi_3$ ) – 3809;
  - рабочего ( $\Phi_{э.р.}$ ) – 1142.
- Коэффициент выполнения норм ( $K_{вн}$ ) – 1,1;
- Коэффициент многостаночного обслуживания ( $K_{мн}$ ) – 1,0;
- Коэффициент потерь времени на отпуск работников, % ( $K_0$ ) – 11,8;
- Коэффициент монтажа ( $K_{монт}$ ):
  - в расчете себестоимости – 1,1;

- в расчете капитальных вложений – 0,1.
- Цена материала ( $C_M$ ) – 27;
- Цена отходов (металл), руб/кг ( $C_{отх}$ ) – 1,143;
- Масса заготовки, кг. ( $M_{зб}$ ) – 2,775, ( $M_{з.пр}$ ) – 2,525;
- Масса отходов, кг. ( $M_{отх.б}$ ) – 0,118, ( $M_{отх.пр}$ ) – 0,092;
- Коэффициент транспортно-заготовительных расходов ( $K_{tz}$ ) – 1,014;
- Коэффициент доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда):
  - до часового фонда зарплаты ( $K_{доп}$ ) – 1,08;
  - за проф. мастерство (КПФ) – 1,15;
  - за условия труда ( $K_y$ ) – 1,2;
  - за вечерние и ночные часы ( $K_n$ ) – 1,1;
  - премиальные ( $K_{пр}$ ) – 1,1;
  - на социальные фонды ( $K_C$ ) – 1,31;
  - Итого общий коэффициент доплат (КЗПЛ) – 2,36.
- Коэффициент загрузки оборудования по мощности ( $K_M$ ) – 0,8;
- Коэффициент загрузки оборудования по времени ( $K_B$ ) – 0,7;
- Коэффициент потерь в сети ( $K_n$ ) – 1,03;
- Коэффициент одновременной работы электродвигателей ( $K_{од}$ ) – 0,8;
- Выручка от реализации, % от Ц:
  - изношенного оборудования ( $B_p$ ) – 5;
  - изношенного штампа ( $B_{р.и.}$ ) – 15.
- Норма амортизации, % ( $H_a$ ) – 8;
- Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов (КЦЕХ) – 1,72;
- Часовая тарифная ставка, руб/час:
  - рабочего ( $C_T$ ) – 66,71;
  - наладчика ( $C_T$ ) – 79,89.
- Цена электроэнергии, руб/кВт ( $C_э$ ) – 3,8;
- Цена площади, руб/м<sup>2</sup> ( $C_{пл}$ ) – 4500;

- Норматив экономической эффективности ( $E_n$ ) – 0,33 [14]».

Исходные данные о штамповой оснастке:

- Существующий вариант:
  1. Вытяжка – 1000000  $T_{и.шт}$ , ударов, 1200000  $C_{шт}$ , руб.;
  2. Пробивка – 1000000  $T_{и.шт}$ , ударов, 900000  $C_{шт}$ , руб.;
  3. 1-я обрезка – 1000000  $T_{и.шт}$ , ударов, 800000  $C_{шт}$ , руб.;
  4. 1-я правка – 1000000  $T_{и.шт}$ , ударов, 770000  $C_{шт}$ , руб.;
  5. Гибка, правка 2-я – 900000  $T_{и.шт}$ , ударов, 750000  $C_{шт}$ , руб.;
  6. Обрезка, пробивка – 900000  $T_{и.шт}$ , ударов, 900000  $C_{шт}$ , руб.;
  7. Пробивка – 900000  $T_{и.шт}$ , ударов, 880000  $C_{шт}$ , руб.;
  8. Правка, отбортовка – 900000  $T_{и.шт}$ , ударов, 950000  $C_{шт}$ , руб.
- Проектный вариант:
  1. Вытяжка, пробивка – 1600000  $T_{и.шт}$ , ударов, 612400  $C_{шт}$ , руб.;
  2. Обрезка – 1700000  $T_{и.шт}$ , ударов, 460000  $C_{шт}$ , руб.;
  3. Правка 1-я – 1700000  $T_{и.шт}$ , ударов, 440000  $C_{шт}$ , руб.;
  4. Гибка, правка – 1600000  $T_{и.шт}$ , ударов, 410000  $C_{шт}$ , руб.;
  5. Обрезка, пробивка – 1600000  $T_{и.шт}$ , ударов, 500000  $C_{шт}$ , руб.;
  6. Пробивка – 1700000  $T_{и.шт}$ , ударов, 540000  $C_{шт}$ , руб.;
  7. Правка, отбортовка – 1600000  $T_{и.шт}$ , ударов, 530000  $C_{шт}$ , руб.

#### 6.4. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки

«Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.:

$$n_{об} = t_{шт} \times N_{Г} / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60) \text{ [1];}$$

- Существующий:  $n_{об.б} = 0,214 \times 65000 / (3809 \times 1,1 \times 60) = 0,051 \approx 1 \cdot 8 = 8$ ;

- Проектный:  $n_{об.пр} = 0,1114 \times 65000 / (3809 \times 1,1 \times 60) = 0,027 \approx 1$ .

«Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции:

$$K_3 = n_{об.}^{Расч.} / n_{об.}^{Прин.} \gg [3]$$

- Существующий:  $K_{3,б} = 0,051 / 1 = 0,051$ ;
- Проектный:  $K_{3,п} = 0,027 / 1 = 0,027$ .

Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.:

$$P_{оп} = [t_{шт} \times N \times \Gamma (1 + K_o/100)] / (\Phi_{Эр} \times K_{мн} \times 60)$$

- Существующий:  $P_{оп.б2} = [0,214 \times 65000 \times (1 + 11,8/100)] / (1142 \times 1 \times 60) = 0,1 \approx 1 \times 9^* = 9 \times 2 = 18$ ;
- Проектный:  $P_{оп.пр} = [0,1114 \times 65000 \times (1 + 11,8/100)] / (1142 \times 1 \times 60) = 0,08 \approx 1 \times 2^* = 2 \times 2 = 4$ .

По технологической необходимости число рабочих:

- Существующий: 18 чел. – 4 разряд;
- Проектный: 4 чел. – 5 разряд.

«Число штампов для выпуска годовой программы, шт.:

$$n_{штамп} = N_{\Gamma} / T_{и.шт.}$$

- Существующий:
  - $n_{штамп20}^б = 65000 / 1000000 = 0,065$ ;
  - $n_{штамп30}^б = 65000 / 1000000 = 0,065$ ;
  - $n_{штамп40}^б = 65000 / 1000000 = 0,065$ ;
  - $n_{штамп50}^б = 65000 / 1000000 = 0,065$ ;
  - $n_{штамп60}^б = 65000 / 900000 = 0,07$ ;
  - $n_{штамп60}^б = 65000 / 900000 = 0,07$ ;
  - $n_{штамп70}^б = 65000 / 900000 = 0,07$ ;
  - $n_{штамп80}^б = 65000 / 900000 = 0,07$ .

- Проектный:
  - $n_{\text{штамп}20^1}^{\text{пр}} = 65000/1600000 = 0,04;$
  - $n_{\text{штамп}20^2}^{\text{пр}} = 65000/1700000 = 0,038;$
  - $n_{\text{штамп}20^3}^{\text{пр}} = 65000/1700000 = 0,038;$
  - $n_{\text{штамп}20^4}^{\text{пр}} = 65000/1600000 = 0,04;$
  - $n_{\text{штамп}20^5}^{\text{пр}} = 67000/1600000 = 0,04;$
  - $n_{\text{штамп}20^6}^{\text{пр}} = 65000/1700000 = 0,038;$
  - $n_{\text{штамп}20^7}^{\text{пр}} = 65000/1600000 = 0,04$  [14]».

#### 6.4. Расчет технологической себестоимости двух сравниваемых вариантов

Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам.

Материальные затраты, руб.:

$$M = (M_3 \times C_M \times K_{T3}) - (M_{\text{отх}} \times C_{\text{отх}})$$

- Существующий:  $M_6 = (2,775 \times 29 \times 1,014) - (0,118 \times 1,143) = 80,3;$
- Проектный:  $M_{\text{пр}} = (2,525 \times 29 \times 1,014) - (0,092 \times 1,143) = 73,1.$

Зарплата рабочих, руб.:

$$Z_{\text{пл}} = P \times C_T \times \Phi_{\text{ЭР}} \times K_{\text{Зпл}} \times K_3 / N_{\Gamma}$$

- Существующий:  $Z_{\text{пл.6}} = 18 \times 66,71 \times 1142 \times 2,36 \times 0,033 / 65000 = 2,79;$
- Проектный:  $Z_{\text{пл.пр}} = (4 \times 79,89) \times 1142 \times 2,36 \times 0,033 / 65000 = 0,73.$

Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования, руб.:

$$P_A = [(C_{\text{об}} \times (1 - B_p)) \times N_A \times t_{\text{шт}} \times 1,3] / (\Phi_{\text{Э}} \times K_{\text{вн}} \times 60 \times 100)$$

- Существующий:  $P_{A.6} = 10 \times [(950000 \times (1 - 0,05)) \times 0,214 \times 1,3] / (3809 \times 1,1 \times 60 \times 100) = 0,068;$
- Проектный:  $P_{A.пр} = 10 \times [(5000000 \times (1 - 0,05)) \times 0,1114 \times 1,3] / (3809 \times 1,1 \times 60 \times 100) = 0,18.$

Расходы на электроэнергию, руб. (КПД=0,8):

$$P_{\text{Э}} = (M_{\text{У}} \times t_{\text{МАШ}} \times K_{\text{ОД}} \times K_{\text{М}} \times K_{\text{В}} \times K_{\text{П}} \times \text{Ц}_{\text{Э}}) / (\text{КПД} \times 60)$$

- Существующий:  $P_{\text{Э.б}} = 8 \cdot (30 \times 0,064 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,7 \times 1,03 \times 3,8) / (0,8 \times 60) = 0,55$ ;
- Проектный:  $P_{\text{Э.пр}} = (90 \times 0,0833 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,7 \times 1,03 \times 3,8) / (0,8 \times 60) = 0,21$ .

«Затраты на амортизацию штампового инструмента, руб.:

$$P_{\text{И}} = (\text{Ц}_{\text{ШТ}} \cdot [1 - \text{В}_{\text{Р.И.}}]) / T_{\text{И. ШТ.}}$$

- Существующий:
  - $P_{\text{И.б1}} = (1200000 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000 = 1,02$ ;
  - $P_{\text{И.б2}} = (900000 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000 = 0,78$ ;
  - $P_{\text{И.б3}} = (800000 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000 = 0,7$ ;
  - $P_{\text{И.б4}} = (770000 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000 = 0,67$ ;
  - $P_{\text{И.б5}} = (750000 \cdot [1 - 0,15]) / 900000 = 0,71$ ;
  - $P_{\text{И.б6}} = (900000 \cdot [1 - 0,15]) / 900000 = 0,85$ ;
  - $P_{\text{И.б7}} = (880000 \cdot [1 - 0,15]) / 900000 = 0,74$ ;
  - $P_{\text{И.б8}} = (950000 \cdot [1 - 0,15]) / 900000 = 0,9$ .
- Проектный:
  - $P_{\text{И.пр1}} = (6124000 \cdot [1 - 0,15]) / 1600000 = 0,3$ ;
  - $P_{\text{И.пр2}} = (460000 \cdot [1 - 0,15]) / 1700000 = 0,23$ ;
  - $P_{\text{И.пр3}} = (440000 \cdot [1 - 0,15]) / 1700000 = 0,22$ ;
  - $P_{\text{И.пр4}} = (410000 \cdot [1 - 0,15]) / 1600000 = 0,2$ ;
  - $P_{\text{И.пр5}} = (500000 \cdot [1 - 0,15]) / 1600000 = 0,17$ ;
  - $P_{\text{И.пр6}} = (540000 \cdot [1 - 0,15]) / 1700000 = 0,2$ ;
  - $P_{\text{И.пр7}} = (530000 \cdot [1 - 0,15]) / 1600000 = 0,19$  [1]».

«Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.:

$$P_{\text{ПЛ}} = S_{\text{У}} \times n_{\text{ОБ}} \times \text{Ц}_{\text{ПЛ}} \times K_{\text{З}} / N_{\text{Г}} \text{ [3]}.$$

- Существующий:  $P_{\text{ПЛ.б}} = 10 \times 8 \times 4500 \times 0,051 / 65000 = 0,28$ ;
- Проектный:  $P_{\text{ПЛ.пр}} = 37 \times 1 \times 4500 \times 0,027 / 65000 = 0,069$ .

Зарплата наладчику, руб.:

$$Z_{\text{НАЛ}} = (n_{\text{ОБ}} \times C_{\text{Т}} \times \Phi_{\text{ЭР}} \times K_{\text{ЗПЛ}} \times K_{\text{З}}) / (n_{\text{ОБСЛ}} \times N_{\text{Г}})$$

- Существующий:  $Z_{НАЛ.б} = (8 \times 79,89 \times 1142 \times 2,36 \times 0,051) / (6 \times 65000) = 0,379$ ;
- Проектный: ---

«Технологическая себестоимость, руб.:

$$C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ} + P_A + P_{Э} + P_{И} + P_{ПЛ} + Z_{НАЛ} \text{ [25].}$$

- Существующий: 90,67;
- Проектный: 75,8.

«Общепроизводственные расходы, руб.:

$$P_{ЦЕХ} = Z_{ПЛ} \times K_{ЦЕХ} \text{ [25].}$$

- Существующий:  $P_{ЦЕХ.б} = 2,79 \times 1,72 = 4,8$ ;
- Проектный:  $P_{ЦЕХ.пр} = 0,73 \times 1,72 = 1,256$ .

«Общепроизводственная (цеховая) себестоимость, руб.:

$$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ} \text{ [25].}$$

- Существующий: 95,47;
- Проектный: 77,06.
- 

#### 6.6. «Структура себестоимости сравниваемых вариантов

№	Наименование затрат	Сумма, руб.		Доля, %	
		Существующ	Проектный	Существующ	Проектный
1.	Материалы	80,3	73,1	84,1	94,86
2.	Заработная плата основных и вспомогательных рабочих	2,79	0,73	2,92	0,95
3.	Расходы на содержание оборудования	0,068	0,18	0,08	0,23
4.	Расходы на электроэнергию	0,55	0,21	0,58	0,27
5.	Расходы на произв. площадь	0,28	0,069	0,29	0,09
6.	Расходы на штам. оснастку	6,3	1,51	6,59	1,96
7.	Общепроизводственные расходы	4,8	1,256	5,03	1,63
	Общепроизводственная себестоимость	95,47	77,06	100	100

[14]».

## 6.7. «Расчет капитальных вложений»

Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.:

$$K_{\text{ОБ.}} = n_{\text{ОБ.}} \cdot C_{\text{ОБ.}} \cdot K_3$$

- Существующий:  $K_{\text{ОБ.6}} = 8 \cdot 950000 \cdot 0,051 = 387600$ ;
- Проектный:  $K_{\text{ОБ.пр}} = 1 \cdot 5000000 \cdot 0,027 = 135000$ .

Сопутствующие капитальные вложения:

- затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.:

$$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ.}} \cdot K_{\text{МОНТ}}$$

- Существующий:  $K_{\text{М.62}} = 387600 \cdot 0,1 = 38760$ ;
  - Проектный:  $K_{\text{М.пр}} = 135000 \cdot 0,1 = 13500$ .
- затраты на спец. оснастку, руб.:

$$K_{\text{И}} = \text{ЦШТ} \cdot n_{\text{ШТ}}$$

- Существующий:  $K_{\text{И.61}} = 1200000 \cdot 1 = 1200000$ ;

$$K_{\text{И.62}} = 900000 \cdot 1 = 900000$$

$$K_{\text{И.63}} = 800000 \cdot 1 = 800000$$

$$K_{\text{И.64}} = 770000 \cdot 1 = 770000$$

$$K_{\text{И.65}} = 750000 \cdot 1 = 750000$$

$$K_{\text{И.66}} = 900000 \cdot 1 = 900000$$

$$K_{\text{И.67}} = 880000 \cdot 1 = 880000$$

$$K_{\text{И.68}} = 950000 \cdot 1 = 950000$$

$$\Sigma 7150000$$

- Проектный:  $K_{\text{И.пр1}} = 612400 \cdot 1 = 612400$ ;

$$K_{\text{И.пр2}} = 460000 \cdot 1 = 460000$$

$$K_{\text{И.пр2}} = 440000 \cdot 1 = 440000$$

$$K_{\text{И.пр2}} = 410000 \cdot 1 = 410000$$

$$K_{\text{И.пр2}} = 500000 \cdot 1 = 500000$$

$$K_{\text{И.пр2}} = 540000 \cdot 1 = 540000$$

$$K_{\text{И.пр2}} = 530000 \cdot 1 = 530000$$

$$\Sigma 2892400.$$

- Затраты на производственную площадь, руб.:

$$K_{\text{ПЛ}} = n_{\text{ОБ}} \cdot S_y \cdot C_{\text{ПЛ}} \cdot K_3$$

- Существующий:  $K_{\text{ПЛ.б}} = 8 \cdot 10 \cdot 4500 \cdot 0,051 = 18360$ ;
- Проектный:  $K_{\text{ПЛ.пр}} = 1 \cdot 37 \cdot 4500 \cdot 0,027 = 4495,5$ .

- Итоги:  $K_{\text{СОП}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{ПЛ}}$

- Существующий:  $K_{\text{СОП.б}} = 719152 + 7150000 + 35325 = 7207120$ ;
- Проектный:  $K_{\text{СОП.пр}} = 46000 + 3790000 + 3829,5 = 2910395,5$ .

«Общие капитальные вложения, руб.:  $K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{СОП}}$ »[3].

- Существующий:  $K_{\text{ОБЩ.б}} = 387600 + 7207120 = 7594720$ ;
- Проектный:  $K_{\text{ОБЩ.пр}} = 135000 + 2910395,5 = 3045395,5$ .

«Удельные капитальные вложения, руб.:  $K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / N_{\text{Г}}$ »[3].

- Существующий:  $K_{\text{УД.б}} = 7594720 / 65000 = 116,84$ ;
- Проектный:  $K_{\text{УД.пр}} = 3045395,5 / 65000 = 46,85$  [14]».

6.8. «Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта.

Приведенные затраты:

$$Z_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$$

- Существующий:  $Z_{\text{пр}}^{\text{б}} = 95,47 + 0,33 \cdot 116,84 = 134,03$ ;
- Проектный:  $Z_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 77,06 + 0,33 \cdot 46,85 = 92,52$ .

Условно-годовая экономия от снижения себестоимости:

$$\Delta_{\text{УГ}} = (C_{\text{цех}}^{\text{баз}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{Г}}$$

$$\Delta_{\text{УГ}} = (95,47 - 77,06) \cdot 65000 = 1196650.$$

Срок окупаемости капвложений:

$$T_{\text{ОК}} = K_{\text{и. пр}} / \Delta_{\text{УГ}}$$

$$T_{\text{ОК}} = 2892400 / 1196650 = 2,4 \approx 3.$$

Годовой экономический эффект:

$$\Delta_{\text{Г}} = (Z_{\text{пр}}^{\text{баз}} - Z_{\text{пр}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{Г}}$$

$$\Delta_{\text{Г}} = (134,03 - 92,52) \cdot 65000 = 2698150$$
 [14]».

## Вывод

В результате внедрения нового технологического процесса изготовления детали «Кронштейн запасного колеса» автомобиля было выявлено, что себестоимость детали изменилась с 95,47 руб. до 77,06 руб.- на 18,41 руб. (т.е. на 23%), за счет:

1. уменьшения трудоемкости с 0,214 мин до 0,1114 мин;
2. снижения затрат на основную заработную плату рабочих за счет уменьшения их численности;
3. снижения затрат на амортизацию и эксплуатацию оборудования ;
4. уменьшения затрат на штамповую оснастку за счет уменьшения числа штампов с 6.3руб. до 1,51 руб.

Условно годовая экономия составляет 1196650 рублей; годовой экономический эффект составляет 2698150 рублей при сроке окупаемости штамповой оснастки в течение 3 лет.

## **Заключение**

В данной выпускной квалификационной работе процесс изготовления детали «Кронштейн запасного колеса» легкового автомобиля был переведен в автоматический режим. Был произведен выбор оборудования для проведения штамповочных операций – многопозиционный пресс-автомат, подобраны средства автоматизации, сконструирована штамповая оснастка, рассмотрена безопасность и экологичность проекта и его экономическая эффективность.

Как показали расчеты и исследования автоматизация технологического процесса, имеет ряд преимуществ. Так детали являются более качественными, уменьшается трудоемкость, стойкость штамповой оснастки увеличивается, освобождаются производственные площади, в результате всего значительно уменьшается себестоимость изготовления детали. Исследования по безопасности и экологичности проекта показали, что данный технологический процесс является более предпочтительным, чем базовый используемый в производстве, так как устраняются многие опасные и вредные производственные факторы, условия работы рабочих улучшаются. Таким образом, были достигнуты цели и задачи выпускной квалификационной работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированное проектирование технологической оснастки для холодной штамповки: учеб.пособие для студентов вузов, обуч.по направлению "Конструкторско-технол.обеспечениемашиностр.пр-в" / В. В. Морозов [и др.]; под ред. В. В.Морозова. - Гриф УМО. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. - 343 с.: ил. - Библиогр: с. 341-343. - ISBN 978-5-94178-255-0. - 414-55.
2. Автоматизированное проектирование штампов [Электронный ресурс]: учеб.пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 288 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1633-2.
3. Агарков А. П. Управление качеством [Электронный ресурс]: учебник / А. П. Агарков. - Москва: Дашков и К°, 2014. - 204 с. - (Учебные издания для бакалавров). - ISBN 978-5-394-02226-5.
4. Акулович Л. М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении [Электронный ресурс]: учеб.пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. - Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2016. - 488 с.: ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-985-475-484-0. - ISBN 978-5-16-009917-0.
5. Берлинер Э. М. САПР технолога машиностроителя [Электронный ресурс]: учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва: Форум: ИНФРА-М, 2015. - 336 с.: ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-043-6.
6. Берлинер Э. М. САПР технолога машиностроителя [Электронный ресурс]: учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва: Форум: ИНФРА-М, 2015. - 336 с.: ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-043-6.
7. Константинов И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников. - 2-е изд., стер. - Москва: ИНФРА-

- М, 2016. - 488 с.: ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011541-2.
8. Муромцев Д. Ю. Математическое обеспечение САПР [Электронный ресурс]: учеб.пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. - Изд. 2-е, перераб.и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 464 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1573-1.
  9. Огаджанян О. И. Гидравлический привод штамповочного оборудования [Электронный ресурс]: метод.разработка к выполнению самостоятельных работ и проведению практ.и лаб. занятий по дисциплинам «Кузнечно-штамповочное оборудование» и «Гидропривод в машиностроении» / О. И. Огаджанян, Н. Н. Молюкова. - Липецк: Липец. гос. техн.ун-т: ЭБС АСВ, 2015. - 33 с.
  10. Основы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]: учебник / под ред. А. П. Карпенко. - Москва: ИНФРА-М, 2015. - 329 с.: ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010213-9.
  11. Почекуев Е. Н. Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс]: электрон. учеб. -метод. пособие / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 230 с.: ил. - Библиогр. с. 228. - ISBN 978-5-8259-0766-6
  12. Почекуев Е. Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер. - Москва: ДМК Пресс, 2012. - 331 с.: ил. - Библиогр. с. 328. - Предм.указ. с. 329-331. - Прил.: с. 305-327. - ISBN 978-5-94074-858-8: 665-00.
  13. Почекуев Е. Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер. - Москва: ДМК Пресс, 2012. - 331 с. ил. - Библиогр. с.

328. - Предм.указ. с. 329-331. - Прил.: с. 305-327. - ISBN 978-5-94074-858-8: 665-00.
- 14.Почекуев Е. Н.Основы методов автоматизированного проектирования штампов листовой штамповки в САПР [Электронный ресурс]: электрон.учеб. -метод.пособие / Е. Н. Почекуев; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 158 с. : ил. - Прил.: с. 157. - ISBN 978-5-8259-0767-3: 1-00.
- 15.Почекуев Е. Н.Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс]: электрон.учеб. -метод.пособие / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 230 с.: ил. - Библиогр. с. 228. - ISBN 978-5-8259-0766-6: 1-00.
- 16.Почекуев Е. Н.Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс]: электрон.учеб. -метод, пособие / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 230 с.: ил. - Библиогр.: с. 228. - ISBN 978-5-8259-0766-6: 1-00.
- 17.Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 568 с.
- 18.Скрипачев А. В. Вытяжка листового материала [Электронный ресурс]: электрон.учеб. -метод.пособие / А. В. Скрипачев; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2016. - 51 с.: ил. - Библиогр.: с. 45. - Прил.: с. 46-51. - ISBN 978-5-8259-0966-0.
- 19.Сухов С. В. Основы проектирования технологий листовой штамповки [Электронный ресурс]: учеб.пособие / С. В. Сухов, А. В. Соколов, М. В.

- Жаров. - Москва: ИНФРА-М, 2015. - 124 с.: ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010615-1.
20. Управление качеством [Электронный ресурс]: учебник для вузов / С. Д. Ильенкова [и др.]. - Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. - 287 с. - ISBN 978-5-238-02344-1.
21. Фетисова Т. С. Проектирование литьевых форм для изготовления пластмассовых изделий: учеб. пособие / Т. С. Фетисова; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2013. - 101 с.: ил. - Библиогр. с. 100. - 31-00.
22. An Alternate Method to spring back Compensation for Sheet Metal Forming
23. Finite Element Analysis of Spring back in L-Bending of Sheet Metal Fuh-Kuo Chen, Shen-Fu Ko Department of Mechanical Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.
24. Methods of Optimization of Sheet Metal Forming Processes Concerning The Reduction Of Spring back Chirita Bogdan Alexandru – The Annals Of “Dunărea De Jos” University Of Galați Fascicle V, Technologies In Machine Building, Issn 1221- 4566, 2009.
25. Spring back Analysis in Sheet Metal Forming Using Modified Ludwik Stress-Strain Relation Sanjay Kumar Patel, Radha Krishna Lal, J. P. Dwivedi, and V. P. Singh – ISRN Mechanical Engineering Volume 2013.
- Waluyo Adi Siswanto, Agus Dwi Anggono, 2 Badrul Omar, and Kamaruzaman Jusoff - The Scientific World Journal Volume 2014.



Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
Лист	А1			Документация			
			17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.000СБ	Сборочный чертеж			
Склад №				Детали			
		1	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.001	Плита нижняя	1		
		2	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.002	Плита верхняя	1		
		3	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.003	Адаптер	1		
		4	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.004	Плансон	1	55-59 НРС	
		5	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.005	Прижим	1	32-37 НРС	
		6	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.006	Плита монтажная	1		
		7	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.007	Крышка	1		
		8	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.008	Траверса	1	32-37 НРС	
		9	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.009	Плансон	1	59-63 НРС	
		10	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.010	Выталкиватель	1	46-51 НРС	
		11	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.011	Держатель	1	32-37 НРС	
		12	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.012	Подкладка	1	32-37 НРС	
		13	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.013	Подставка	1	32-37 НРС	
		14	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.014	Матрица	2	59-63 НРС	
		15	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.015	Подкладка	1		
		16	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.016	Матрица	1	59-63 НРС	
		17	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.017	Матрица	1	59-63 НРС	
		18	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.018	Матрица	1	59-63 НРС	
19	17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.019	Матрица	1	59-63 НРС			
Лист и дата		17.БР.СОМДyPP.586.62.10.00.000					
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
		Разработ	Аткина А.Ю.				
Лист и дата		Штамп для вытяжки и пробивки				Лист	Лист
						1	4
						ТГУИМ зр.МСДз-1231	
Лист и дата		Исполн.	Вытжалева Г.				
		Спец.	Ельцова В.В.				
Копирован		Формат		А4			

Формат Зона	Разр	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание	
						№
Лист Лист			Документация			
		17.БР.СОМДyPП586.61.00.000	Комплекс оборудования (вид общий)			
			Сборочные единицы			
	Лист № 1	1	17.БР.СОМДyPП586.61.01.000	Разматывающее устр-во (Рулонница)	1	
		2	17.БР.СОМДyPП586.61.02.000	Правильно-подающее устройство	1	
		3	17.БР.СОМДyPП586.61.03.000	Питатель шпичных заготовок	1	не используется
		4	17.БР.СОМДyPП586.61.04.000	Компенсатор петлевой	1	
		5	17.БР.СОМДyPП586.61.05.000	Пресс-автомат ФТ2-60	1	
		6	17.БР.СОМДyPП586.61.06.000	Грейферные линейки	1	
		7	17.БР.СОМДyPП586.61.07.000	Выходная позиция пресс- автомата	1	
		8	17.БР.СОМДyPП586.61.08.000	Стол выкатной (долстер)	1	
9		17.БР.СОМДyPП586.61.09.000	Привод грейферных линеек	1		
10		17.БР.СОМДyPП586.61.10.000	Штатт для вытяжки	1		
11		17.БР.СОМДyPП586.61.11.000	Тара для деталей	2		
<b>17.БР.СОМДyPП.586.61.00.000</b>						
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		
Разраб		Алжина Ю.				
Пров		Смолнин Л.				
Н.контр		Виткалов В.Г.				
Ств		Ельцова В.В.				
<b>Комплекс оборудования</b>			Лист	Лист	Листов	
				1	1	
			ИИ ЧИМ гр.МСДЗ-1231			
			Формат А4			