

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
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

---

Машины и технология обработки металлов давлением

---

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для  
изготовления детали «Горелка системы охлаждения»

Студент

В.В. Головкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

П.А. Путеев

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

Консультанты

К.т.н., доцент Зубкова Н.В.

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

К.т.н., доцент Москалюк А.Н.

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

Тольятти 2020

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе предложен новый технологический процесс и штамповая оснастка для изготовления детали «Горелка системы охлаждения».

В проектом варианте работы приведен расчет технологического процесса по операциям последовательной штамповки детали. Разработан штамп последовательного действия, определены энергосиловые параметры и дополнительные расчеты деталей и узлов штампа. Произведен выбор оборудования для последовательной штамповки. Рассмотрены и найдены возможности автоматизации, обеспечивающие автоматический режим работы. Разработаны мероприятия по охране труда и окружающей среды.

В разделе определения себестоимости и экономического эффекта, доказана эффективность внедряемой технологии использования данного штампа.

## Содержание

<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Состояние вопроса</b> .....	6
1.1. Оценка технологичности детали .....	6
1.2. Описание существующего технологического процесса производства детали.....	7
1.3. Задачи бакалаврской работы.....	10
<b>2. Разработка технологического процесса производства детали.....</b>	<b>11</b>
2.1. Схема проектного варианта.....	11
2.2. Определение размеров и формы первоначальной заготовки .....	11
2.3 Вычисление коэффициента использования материала и прогнозирование рационального раскроя.....	12
2.4. Энергосиловые параметров проектного варианта .....	14
<b>3. Оборудование и средства автоматизации</b> .....	<b>18</b>
3.1 Выбор прессы .....	18
3.2. Выбор средств автоматизации и основные характеристики .....	20
3.3 Планировка участка штамповки.....	20
<b>4. Проектирование последовательного штампа</b> .....	<b>22</b>
4.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки .....	22
4.2. Расчеты для прочности и выбор материалов деталей штампа .....	23
4.3. Материалы для изготовления деталей штампа .....	25
<b>5. Безопасность и экологичность объекта</b> .....	<b>27</b>
5.1. Описание участка штамповки.....	27
5.2. Идентификация вредных и опасных производственных факторов .....	27

5.3 Защита от производственного шума и вибрации.....	28
5.4 Пожарная безопасность .....	29
5.5 Снижение производственного травматизма.....	30
5.6 Электробезопасность .....	31
5.7. Расчёт искусственного освещения .....	31
<b>6. Расчетно-экономическая часть .....</b>	<b>34</b>
6.1. Сравнительная часть .....	34
6.2 Определение себестоимости штампа .....	34
6.3 Объем производства изделия. ....	36
6.4. Расчет штамповой оснастки .....	38
6.5. Капитальные вложения.....	40
6.6. Сравнение себестоимости изделия.....	41
6.7. Расчет эффективности .....	42
<b>Заключение.....</b>	<b>44</b>
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>45</b>

## **Введение**

Среди методов изготовления изделий в настоящее время известны два: аддитивный и субтрактивный. Первый способ применяется для изделий сложных пространственных форм и подразумевает современные технологии, такие как трехмерная печать, лазерная наплавка из порошковых материалов, 3D-ламинирование. Второй способ относится к традиционным, среди которых для листовых изделий выделяется штамповка. Плюсы листовой штамповки перед другими способами следующие [11, 13, 20]:

- 1) минимальные отходы в сочетании с экономичным использованием материала;
- 2) минимальная себестоимость изделия и массовый выпуск;
- 3) максимальная производительность оборудования вследствие автоматизации.

С точки зрения возможностей листовая штамповка обладает следующими качествами:

- 1) при минимальном расходе материала, создаются жесткие и прочные, но в то же время легкие детали;
- 2) возможность создавать различные формы деталей, в том числе и сложные, которые невозможно изготовить иными способами.

Для многих деталей листовой штамповки удобно применять метод последовательного изготовления, при котором происходит объединение разных операций в одном штампе. Выполняется последовательная штамповка отдельными инструментами за несколько подходов прессы и перемещении заготовки между ними. Цель выпускной работы: снижение себестоимости изготовления детали путем перевода ее изготовления на последовательную штамповку с изменением КИМ. В данной работе выработан технологический процесс производства детали «Горелка системы охлаждения», рассчитан экономический эффект и выполнен анализ

экологичности и безопасности проекта.

## 1 Состояние вопроса

### 1.1 Оценка технологичности детали

Рассматриваемая деталь «Горелка системы охлаждения» является частью радиаторных систем в промышленных машинах, выполняя функции прижима.

Материал изделия: лента латунная Л68, толщина 0,4 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Свойства материала

Марка материала	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$ , МПа	Временное сопротивление разрыву $\sigma_{в}$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %
Л68	260	300	40

Использование последовательной штамповки накладывает следующие ограничения на геометрию изделия [1, 16]:

- 1) необходимость обеспечить нужную точности и взаимозаменяемости;
- 2) конструкция детали должна быть технологична;
- 3) размер и форма должны подходить модели, чертежу, контрольному образцу;
- 4) соответствие условиям эксплуатации;
- 5) при наименьшем расходе материала, обеспечение необходимой жесткости и прочности.

Общим результативным показателем технологичности является себестоимость штампуемых изделий. Чем проще процесс получения изделия, тем более целесообразным является его изготовление, в том числе с меньшим

количеством привлекаемых операторов, количества оборудования, высоким коэффициентом использования материала (КИМ) и т.д [11, 13, 20].

Благодаря этому технологичность листовых изделий – это условие экономичного производства и прогрессивности технологических методов. Анализ технологичности детали, рассматриваемой в ВКР, приведена в таблице 2 [13, 15, 16].

Требования, необходимые для этой детали:

- 1) эффективность конструкции;
- 2) соответствие размера и чертежа;
- 3) малые упругие деформации.

Таблица 2 – Технологичность рассматриваемой детали

Параметр технологичности	Требуемый	Реальный
Минимальные размеры вырезов	Меньше либо равно 2 толщины, 0,8 мм	2мм
Минимальные радиусыгиба	Больше 2-4 толщины, 0,8-1,6 мм	3мм
Расположение отверстий относительно края	Равно толщине, 0,4 мм	Больше 20мм
Наименьшие размеры пробиваемых отверстий	Равно 0,35-1мм	15мм
Отверстия на радиусах	Отсутствуют	Отсутствуют

Вывод: деталь является технологичной и не требует доработки, следовательно, для нее можно разрабатывать технологический процесс.

## **1.2 Описание существующего технологического процесса производства детали**



Геометрия изделия «Горелка системы охлаждения» представлена на рисунке 1. Техпроцесс состоит из трех операций: пробивки, формовки и вырубki / калибровки.

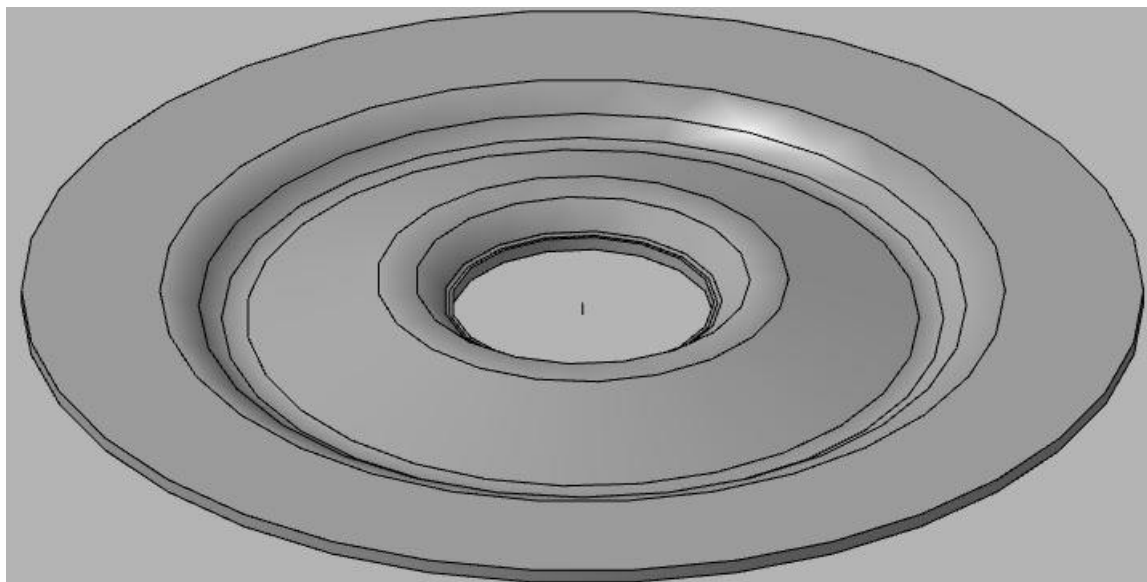


Рисунок 1 – Модель детали

Операция 1. Пробивка

В заготовке пробивается отверстие диаметром 15 мм (рисунок 2).

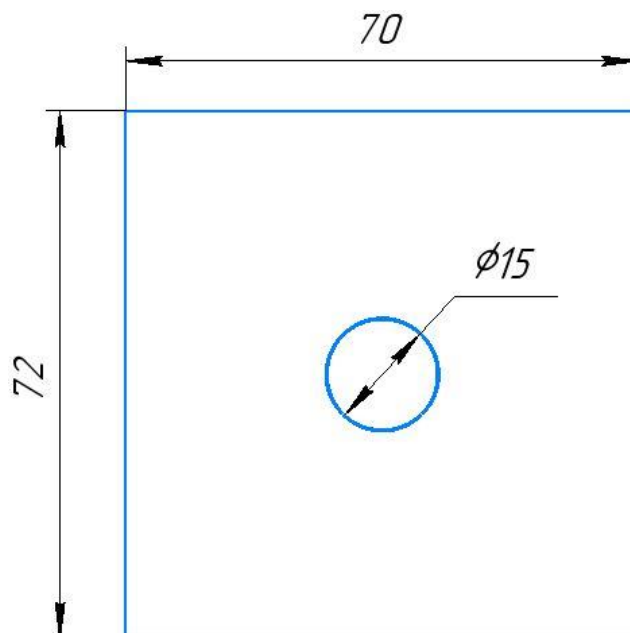


Рисунок 2 – Пробивка

Операция 2. Формовка

Формуется рельеф диаметром 22 мм и диаметром 39 мм с углублением на 3 мм (рисунки 3-4).

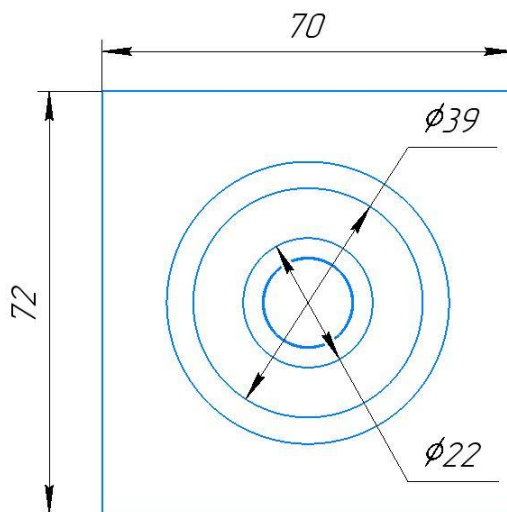


Рисунок 3 – Операция формовки (вид сверху)

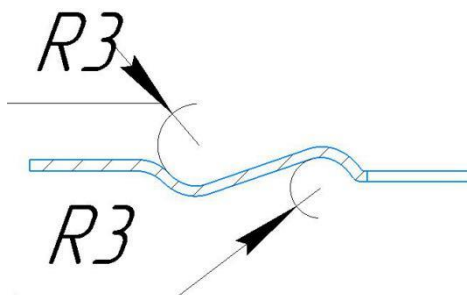


Рисунок 4 – Операция формовки (разрез)

### Операция 3. Вырубка/калибровка

Выполняется отделение детали из заготовки и калибровка радиальных частей (рисунок 5).

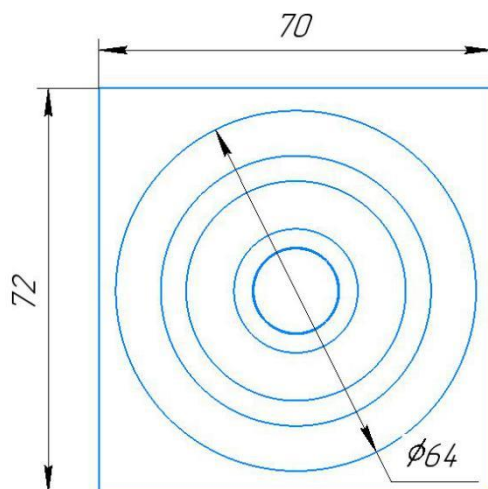


Рисунок 5 – Вырубка/калибровка

При изготовлении детали «Горелка системы охлаждения», был произведен анализ недостатков существующего технологического. Недостатки существующего процесса:

- 1) в производстве используются несколько прессов;
- 2) большое количество ручных операций;
- 3) малая производительность.

Для того чтобы устранить недостатки, нужно: автоматизировать процесс, поменять раскрой детали, сконструировать штамповую оснастку.

Цель выпускной работы: снижение себестоимости изготовления детали путем перевода ее изготовления на последовательную штамповку с изменением КИМ.

### **1.3 Задачи бакалаврской работы**

Для достижения поставленной цели бакалаврской работы должны быть решены следующие задачи:

- 1) сконструировать усовершенствованный процесс изготовления детали «Горелка системы охлаждения»;
- 2) выбрать оборудование для технологического процесса производства детали «Горелка системы охлаждения»;
- 3) спроектировать последовательный штамп;
- 4) провести анализ безопасности и экологичности проектного варианта;
- 5) определить эффект от внедрения проектного варианта.

## 2. Разработка технологического процесса производства детали

### 2.1 Схема проектного варианта

Для рассматриваемой детали составляется проектный вариант (технологического процесса). Предварительно определяется тип оборудования и выбирается пресс последовательного действия БВК-63 (см. раздел 3). Порядок операций приведен на рисунке 6:

- 1) первая операция (1) – пробивка. Необходимо в заготовке сделать отверстие.
- 2) вторая операция (2) – разрезка. После перемещение на шаг по замкнутому кругу отделить полностью изделие от полуфабриката.
- 3) третья операция (3) – формовка заготовок. Необходимо сделать местные выпуклости и углубления за счет растяжения материала.
- 4) четвертая операция (4) – калибровка и отделение от полосы.

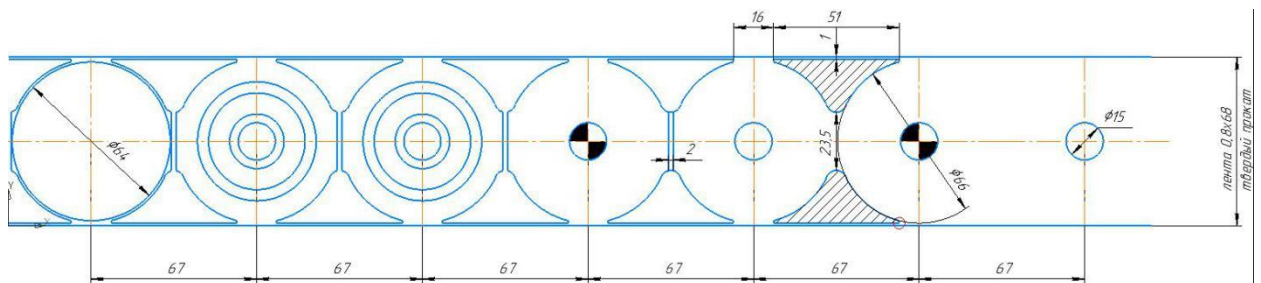


Рисунок 6 – Технологический процесс

### 2.2 Определение размеров и формы первоначальной заготовки

Данная деталь изготавливается из плоской заготовки при помощи пробивки, разрезки, формовки, калибровки. Размеры заготовки определяются исходя из размеров изделия с выбором напуска [11, 16, 20].

Так как последовательность операций будет описываться поэтапной штамповкой из ленты под одну деталь, поэтому ширина ленты с учетом перемычек зависит от размеров изделия и принимается 69 мм (рисунок 7).

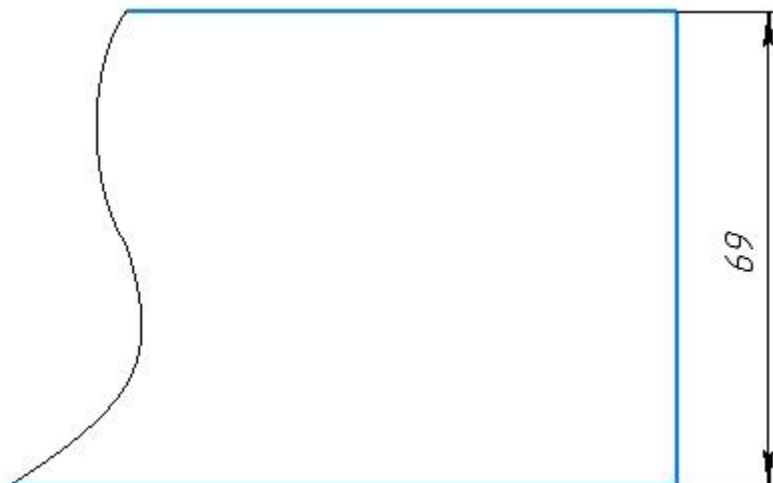


Рисунок 7 – Размеры первоначальной заготовки

### **2.3 Вычисление коэффициента использования материала и прогнозирование рационального раскроя.**

Экономический эффект от снижения количества материала при холодной штамповке может достигаться уменьшением заготовки.

Основная часть отходов получается на операции раскроя, на карточки или при пробивке отверстий. Для того чтобы снизить эти потери, необходимо соблюдать принципы, изложенные в литературе [6, 11, 20].

Для проектного варианта принято решение определить размера заготовки используя САПР. Для этого необходимо определить площадь изделия с одной стороны. Расчет площади заготовки в САПР показан на рисунке 8.

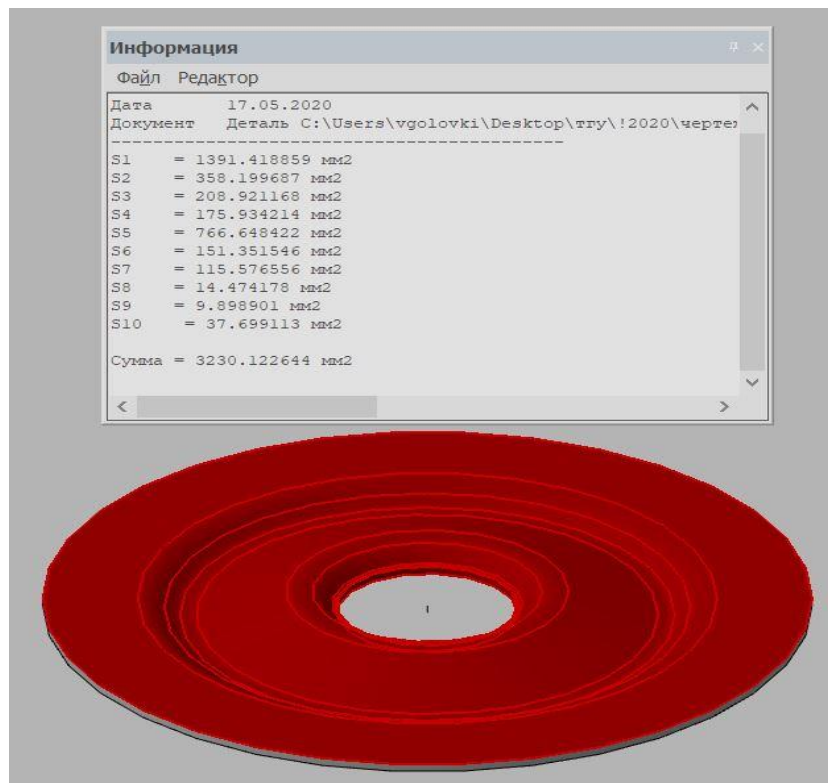


Рисунок 8 – Расчет площади заготовки

С помощью одношагового анализа формуемости в САПР NX была определена площадь изделия, она составила  $3348 \text{ мм}^2$ , и величина развертки (рисунок 9).

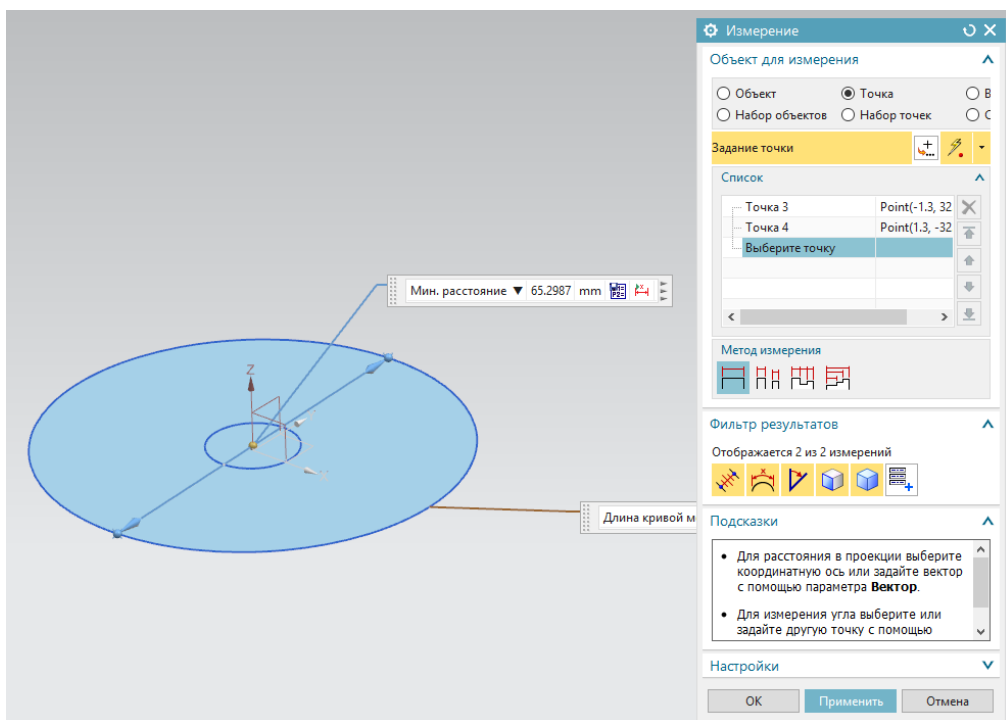


Рисунок 9 – Расчет ширины ленты в NX

Выбирается лента шириной 69 мм с учетом припусков. Формулы в этом разделе приведены в соответствие с источниками [13, 16]. Вначале определяется коэффициент применения материала через отношение площади детали к длине шага и ширине ленты (1).

$$K_s = \frac{S_{дет}}{l_{ш} * B_l} * 100\% , \quad (1)$$

где  $S_{дет}$  – площадь верхней части изделия, мм<sup>2</sup>; принимаем  $S_{дет} = 3230$  мм<sup>2</sup> с помощью измерения в САПР;

$L_{ш}$  – длина шага, равная 67 мм;

$B_l$  – ширина ленты, равная 69 мм.

$$K_s = \frac{3230}{67 * 68} * 100\% = 70\% .$$

В базовом варианте применения материала был равен 64%, значит, в отход идет 36%.

## 2.4 Энергосиловые параметров проектного варианта

### 2.4.1. Определение усилий

Операция 10. Пробивка:

Расчётное усилие процесса пробивка штампами высчитывается по формуле (2) [13].

$$P_{ср} = L \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot k , \quad (2)$$

где  $P_{ср}$  – усилие срез, кН;

$L$  – периметр пробиваемого отверстия, м;

$S$  – толщина сырья, мм;

$\sigma_{ср}$  – сопротивление срезу;

$k$  – коэффициент неоднородности латуни.

$$P_{ср} = 15 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 260 \cdot 1,3 = 0,63 \text{ кН}$$

Усилие прижима высчитывается по формуле (3).

$$Q = F \cdot q, \quad (3)$$

где:  $Q$  – усилие прижима, кН;

$F$  – площадь детали, мм<sup>2</sup>;

$q$  – среднее давление прижима, кН.

$$P_{\text{пр}} = 78,5 \cdot 50 = 0,39 \text{ кН}$$

Общее усилие пробивки:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{ср}} + P_{\text{пр}} \quad (4)$$

$$P_{\text{общ}} = 0,63 + 0,39 = 1,32 \text{ кН}$$

Операция 20. Разрезка:

Расчетное усилие операции разрезка определяется по формуле (5).

$$P_{\text{обр}} = k \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S \quad (5)$$

где  $P_{\text{ср}}$  – усилие срез, кН;

$L$  – длина реза, мм;

$S$  – толщина материала, мм;

$\sigma_{\text{ср}}$  – сопротивление срезу;

$k$  – коэффициент неоднородности латуни.

$$P_{\text{обр}} = 1,3 \cdot 0,86 \cdot 260 \cdot 0,4 = 1,26 \text{ кН}$$

Операция 30. Формовка:

Усилие операции формовка рассчитывается по формуле: (стр.176 []),

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{h}} \cdot d \cdot h}{h} = P_{\text{срmax}}, \quad (6)$$



где  $Ph$  – переменное значение усилия вытяжки;

$C = 0,7$  – коэффициент;

$$P_{ср} = \frac{1025 \cdot 4 \cdot 2}{2} = 0,4 \text{ кН}$$

Операция 40. Калибровка:

Усилие для калибровки вычисляем по формуле (7).

$$P_{пр} = \rho \cdot F, \quad (7)$$

где  $F$  – поверхность детали,  $1590 \text{ мм}^2$ ;

$\rho$  – давление, кН.

$$P_{пр} = 0,0009 \cdot 1590 = 0,14 \text{ кН}$$

#### 2.4.2. Определение работы

Операция 10. Пробивка:

Формула работы пробивки (8):

$$A = x \cdot P \cdot S, \quad (8)$$

где  $x = 0,65$ ;

$P$  – усилие пробивки, равное  $8,116 \text{ МН}$ ;

$S$  – толщина, равная  $0,4 \text{ мм}$ .

$$A = 0,65 \cdot 8,116 \cdot 0,4 = 2,11 \text{ кДж.}$$

Операция 20. Разрезка:

Формула работы разрезки (9):

$$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}, \quad (9)$$

где  $x = 0,65$ ;

$P$  – усилие разрезки, равное  $12,68 \text{ МН}$ ;

$S$  – толщина, равная  $0,4 \text{ мм}$ ;

$$A = 0.65 \cdot \frac{12,68 \cdot 0.4}{1000} = 0,003 \text{ кДж}$$

Операция 30. Формовка:

Формула работы формовки (10):

$$A = \frac{P_{\text{ср}} \cdot h}{1000} = \frac{C \cdot P_{\text{max}} \cdot h}{1000}, \quad (10)$$

$$A = \frac{4100 \cdot 2}{1000} = \frac{0.7 \cdot 4,1 \cdot 2}{1000} = 0,0057 \text{ кДж}$$

Общее значение работы:

$$A_{\text{общ}} = 2,11 + 0,003 + 0,0057 = 2,1187 \text{ кДж.}$$

## **3 Оборудование и средства автоматизации**

### **3.1 Выбор прессы**

Для того чтобы выбрать пресса, необходимо учесть следующие условия [2-4]:

- 1) необходимо подобрать пресс, который будет выполнять необходимые технологические операции.
- 2) обозначенное усилие прессы, обязательно должно превышать необходимое усилие для штамповки;
- 3) мощность прессы должна быть достаточной;
- 4) пресс необходимо выбирать с достаточной жесткостью (малыми упругими деформациями), а также с увеличенной прочностью направляющих для разделительных операций;
- 5) закрытая высота прессы должна совпадать с закрытой высотой штампа;
- 6) для того, чтобы можно было закрепить и установить штамп, а также для подачи заготовок – размеры ползуна прессы и стола должны совпадать. А для того, чтобы штампуемое изделие свободно проваливалось, нужно отверстия в столе;
- 7) нужно предусмотреть присутствие необходимых приборов и устройств в зависимости от типа работы (механизмы подачи, буфера, выталкиватели и т. п.);
- 8) для обеспечения безопасности и удобства использования прессы необходимо руководствоваться условиями техники безопасности.

Таким образом, главными критериями при выборе прессы являются: жесткость, размеры стола и закрытая высота прессы, усилие, работа, величина хода [5, 16, 18].

Очень важно отличать загрузку по мощнось пресса от загрузки по усилию. Загрузка по мощности ограничивается живой силой маховых масс, максимально допустимой перегрузкой электродвигателя. А загрузка пресса по усилию ограничена устойчивостью зубчатых передач или коленчатого вала пресса.

Пресс следует выбирать не только по усилию, потому что перегрузки пресса могут быть разные:

- 1) перегрузка по мощности, но не по допускаемому усилию;
- 2) перегрузка по допустимому усилию (по этой причине деформируется вал, а в итоге пресс дает сбой и выходит из строя);

Необходимое усилие пресса вычисляется по формуле:

$$P_{np} = k \cdot P_{общ}, \quad (11)$$

где  $P$  – усилие операции, которые производятся на этом оборудовании;

$K_{нопр}$  – поправочный коэффициент, равный 1,2.

$$P_{np} = 1,2 \cdot 0,8 = 0,96 \text{ кН}$$

$$P_p = 1,2 \cdot 1,26 = 1,5 \text{ кН}$$

$$P_\phi = 1,2 \cdot 0,4 = 0,48 \text{ кН}$$

$$P_{калиб} = 1,2 \cdot 0,14 = 0,16 \text{ кН}$$

При небольшом усиллии операций выбирается пресс с наименьшими характеристиками, в данной работе комплекс БВК-63 (таблица 3).

Таблица 3 – Параметры пресса БВК-63

Параметр	Значение
Усилие номинальное	630 кН
Максимальный ход ползуна	550 мм
Регулирование хода	100 мм
Замкнутая высота	345 мм
Рабочая мощность ЭД	112 кВт

Ходов в минуту	30...150
Максимальное движение пневмоподушки	70 мм
Усилие пневмоподушки	35кН

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

Автоматизация процессов ЛШ гарантирует безопасность работы на прессах, а также позволяет в разы увеличить производительность труда.

При холодной листовой штамповке, необходимо автоматизировать и механизировать следующие процессы [2-4, 5]:

- 1) удаление отходов из цеха;
- 2) управление штамповкой, удаление брака, сортировка либо выключение пресса при появлении брака;
- 3) укладка и подсчет отштампованных деталей;
- 4) подачу штучных заготовок и полос лент при штамповке;
- 5) передача заготовок от одной операции к другой операции;
- 6) удаление отходов и деталей из штампа.

В данном технологическом процессе используются средства удаление деталей при помощи пневмосдува, а также средства механизации подачи полосы.

### **3.3 Планировка участка штамповки**

Правильная планировка рабочего места играет важную роли при формировании проектов для массового выпуска.

Организация трудового процесса и рабочего места должна обеспечивать высокую производительность труда и применение прогрессивные методы производства.

Нужно разработать возможности уменьшения потери времени на перенастройку оборудования, при помощи повышения производительности труда наладчиков и механизации работ по установке. Для этого необходимо

правильно организовать штамповое хозяйство и транспортирование штампов [8].

Содержание рабочего места штамповщика состоит из особенностей:

- 1) содержание рабочего места в чистоте и порядке;
- 2) понятная планировка места, в том числе с выделением участков укладки полуфабрикатов и готовых изделий, содержания отходов;
- 3) содержание в исправности и рабочей готовности оборудования и оснастки;
- 4) необходимая подготовка материалов и заготовок;
- 5) наличие вспомогательных инструментов на рабочем месте.

Вид рабочего места, оборудования и средств автоматизации показан на рисунке 10.

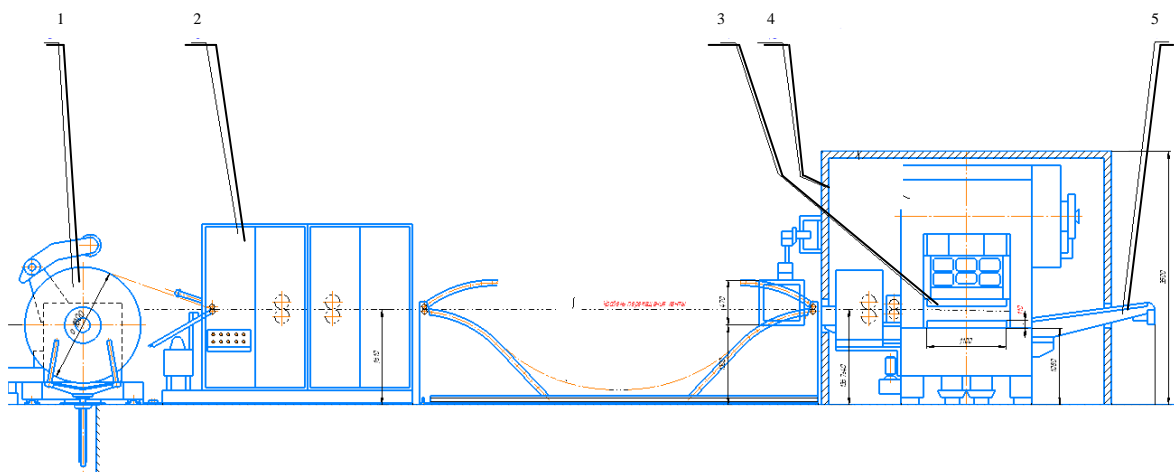


Рисунок 10 – Пресс и средства автоматизации

Рулон ленты загружается в размотчик (подающий механизм) (1), этап при котором лента разматывается и подается в правильное устройство (2). Дальше рулон поступает в штамп (3) через ролики, которые не позволяют провиснуть ленте. Заготовка снимается при помощи съемника (5), который крепится к прессу и верхней плите штампа (4).

## **4 Проектирование последовательного штампа**

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

Последовательный штамп для изготовления изделия «Горелка системы охлаждения» состоит из верхней и нижней половины. Верхняя половина крепится к ползуну прессы, нижняя смонтирована на столе. Верхняя половина состоит из верхней плиты, верхней подкладной плиты, пуансонодержателей. Все плиты скреплены между собой винтами и центрированы штифтами. В пуансонодержателях расположены пуансоны разделительных и формообразующих операций. Здесь же установлены направляющие втулки. На верхней плите закреплены направляющие держатели съемника. Между верхней плитой и съемником расположены пакеты пружин для обеспечения прижима полосы во время рабочего хода.

Нижняя половина штампа расположена из нижней плиты, подкладной плиты матриц, матрицедержателей, соединенных винтами и штифтами. В них матрицедержателях установлены матрицы с отверстиями для удаления отхода на провал. Нижняя плита смонтирована на адаптере, в котором расположен покатый карман для удаления отхода скольжением в тару. Также здесь расположены направляющие колонки и ролики, для обеспечения направления и подъема полосы.

Работа штамповой оснастки состоит из нескольких этапов. Вначале при повороте кривошипа прессы ползун перемещается вниз, перемещая верхнюю плиту, закрепленную на нем болтами в Т-образных пазах. Перемещение осуществляется по парам «направляющая колонка – втулка». Ловители захватывают ленты по специальным отверстиям для обеспечения точности выполнения операции. Съемник прижимает полосу между собой и матрицей, а пуансоны совершают рабочую операцию. Отход удаляется на провал. Установленный в конце рабочих позиций нож отсекает участок ленты. После

начала подъёма ползуна вверх съёмник остаётся на месте некоторое время благодаря разжатию пружин, таким образом обеспечивается снятие полосы с пуансонов. После того, как пакеты пружин полностью разомкнутся, съёмник начнет перемещаться вверх вслед за верхней половиной штампа, пока его не захватят направляющие. После этого начнут разжиматься пружины направляющих роликов, установленных в нижней половине. Это обеспечит отрыв полосы от матриц. Подающее устройство начнет перемещать ленту по направляющим роликом на рабочий шаг. После этого цикл повторяется снова.

#### 4.2 Расчеты для прочности и выбор материалов деталей штампа

Расчет ведется для наиболее опасных мест в штампе, в данном случае выбирается пуансон с наименьшим сечением, как менее прочный [2-4].

Расчет пуансона ведется по трем параметрам: смятие головки, в сечении и продольный изгиб [13, 16].

1. Смятие упорной плоскости головки пуансона (12):

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F} \leq [\sigma_{см}] \quad , \quad (12)$$

где  $P$  – усилие пробивки, равное 102 кгс;

$F$  – площадь упорной плоскости головки, мм<sup>2</sup>;

$[\sigma_{см}]$  – допускаемое напряжение на сжатие, равное 100 кН/мм<sup>2</sup>.

Пуансон для пробивания отверстия диаметром 15 мм с площадью головки 18 мм<sup>2</sup>:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 18^2}{4} = 254 \text{ мм}^2,$$

$$\sigma_{см} = \frac{102}{254} = 0.4 \text{ кгс}.$$



Если рассчитанное напряжение менее допустимого  $10 \text{ кгс/мм}^2$ , то в подкладных плитах под упорную поверхность пуансона нет необходимости.

2. Рассчитать пуансон на смятие в наименьшем сечении по формуле (13).

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{f} \leq [\sigma_{\text{сж}}], \quad (13)$$

где  $f$  – наименьшая площадь сечения пуансона диаметром  $15 \text{ мм}^2$ ;  
 $[\sigma_{\text{сж}}]$  – допустимое напряжение сжатия, равное  $160 \text{ кгс/мм}^2$ .

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 15^2}{4} = 176 \text{ мм}^2,$$
$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{102}{176} = 0.57 \text{ кгс}.$$

Соответственно напряжения сжатия меньше  $160 \text{ кгс/мм}^2$ . Из этого следует, что прочностные требования верные.

3. Рассчитать свободную длину на продольном сгибе по формуле (14).

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{E \cdot I}{n \cdot P}}, \quad (14)$$

где  $E$  – модуль упругости, равный  $2,2 \cdot 10^6 \text{ кН/мм}^2$ ;

$I$  – момент инерции,  $\text{мм}^4$ , равный круглых пуансонов  $I = \frac{\pi d^4}{64}$ ;

$n$  – коэффициент безопасности, равный 3.

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 15^4}{64} = 2483,7 \text{ мм}^4,$$
$$l = 18.7 \text{ см}.$$

Для проектной штамповой оснастки длина пуансона равна  $73 \text{ мм}$ , это значит, что требование на продольный сгиб верно.

### 4.3 Материалы для изготовления деталей штампа

Из условия эксплуатации последовательного штампа определяются материалы для его деталей [7, 13]. Для этого необходимо воспользоваться существующими рекомендациями по подбору материалов для деталей оснастки. Общая сводка материалов деталей приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Материалы для изготовления деталей штампа

Деталь	Материал
Пуансоны и матрицы	X12M1
Плита прижима-съемника	Сталь 40ХН
Продолжение таблицы 4.1.	
Верхняя и нижняя плита	Ст 3 сп
Подкладные плиты нижняя и верхняя	Сталь 40Х
Ограничители хода съемника	Сталь 19ХГН
Толкатель	Сталь 45
Ловители	Сталь 19ХГН
Направляющие ролики	Сталь 45
Выталкиватели	Сталь 45
Направляющая пара колонка-втулка	Сталь 20

Пробивные и вырубные штампы содержат матрицы и пуансоны, изготавливаемые из таких сталей, как 9ХС, У10А, Х12М, Х12МФ, Х12Ф [7, 9, 14].

Для материала, толщиной менее 1,2 мм и рабочего инструмента стандартной формы (круглого или квадратного сечения) используется относительно недорогая, но подходящая по характеристикам прочности и износостойкости сталь У10А. Для более сложных условий работы, малой величины переемычек, контуров с малыми размерами может применяться материал типа сталей 9ХС, Х12Ф. Для аналогичных случаев, но с большей точностью исполнения могут использоваться хромистые стали, например

X12MΦ и X12M.

## **5 Безопасность и экологичность объекта**

### **5.1 Описание участка штамповки**

Расстановка оборудования, расстояние между стенами строения и рабочими устройствами должна отвечать всем нормам технологического проектирования, а также строительным нормам и быть более 0,8 м.

Расположение оборудования определяет его удобство обслуживания, ремонт, эксплуатационную безопасность.

При проектировании рабочей зоны оборудования необходимо обеспечить доступ к элементам управления (пульты, стойки) с учетом проходов к оборудованию и зонам проезда, возможность безопасной и удобной работы в процессе эксплуатации оборудования и оснастки. Данные требования и рекомендации описаны в ГОСТ 12.3.002 и ГОСТ 22269 для организации места.

Внутри штамповочной рабочей зоне располагается быстровырубной комплекс БВК-63 усилием 630кН. Оборудование запускается путем одновременного нажатия двух кнопок на пульте управления. Заготовки доставляются к оборудованию на погрузчике. Перемещение заготовок между единицами оборудования производится с использованием тары для готовой продукции.

### **5.2 Идентификация вредных и опасных производственных факторов**

Использование прессов для холодной штамповки приводит к образованию неблагоприятных факторов, которые определяются ГОСТом 12.0.003 [10, 12]:

- 1) пылевое загрязнение;
- 2) увеличенная напряженность магнитного и электрических полей;
- 3) незащищенные подвижные механизмы машин;
- 4) скачки напряжения в электрической цепи;
- 5) непостоянная температура рабочей зоны;
- 6) недостаточное освещение участка;
- 7) вибрация и шум.

В соответствии с действующими общими нормами [10, 12], все сотрудники рабочих цехов должны быть снабжены средствами индивидуальной защиты, которые предотвращают или уменьшают влияние вредных и опасных производственных факторов. Факторы, встречающиеся в КШП, перечислены в таблице 5.

Таблица 5 – Факторы и места их появления

Тип вредного и опасного производственного фактора	Где можно встретить
Высокий уровень вибрации и шума	Кузнечное и прессовое производства
Непостоянная температура рабочей зоны	Кузнечное производство
Незащищенные подвижные механизмы машин	При работе на прессах, молотах
Скачки напряжения в электрической цепи	Мощные электродвигатели прессов, молотов и т.д.
Недостаточное освещение участка	В крупных цехах

### 5.3 Защита от производственного шума и вибрации

Защищать персонал от неблагоприятных факторов, таких как шум и вибрация возможно двумя способами [10, 12]:

- 1) индивидуально (использование СИЗ, снижающие шум, распространяемый от источника);
- 2) коллективно (снижение уровня шума непосредственно в источнике).

Чтобы снизить шум и вибрацию оборудования, его монтируют на виброизоляционный пол и проводят точную настройку и центровку. Так же закрывают шумоизоляционным материалом подвижные части оборудования. В случае, если снижения уровня шума на оборудовании невозможно, прибегают к использованию СИЗ: спецобувь, каски, перчатки, наушники или беруши, которые позволяют снизить значение шума от 5 до 25 дБ. Описание приведено в ГОСТ 12.4.051-78 (норматив по шуму на рабочем месте оператора).

#### **5.4 Пожарная безопасность**

Согласно СНиП 21-01-02 [10, 12] по степени пожароопасности цех холодной штамповки относится к категории Д. Из-за наличия помещений окраски и сварки вблизи цехов холодной штамповки, они считаются пожароопасными и взрывоопасными. Литье полимерных изделий также является пожароопасным производством.

Для верификации пожарной безопасности цеха должны иметь соответствующий инвентарь для борьбы с пожаром и огнетушителями согласно ГОСТу 12.4.009, а рабочие операции исполняться согласно ГОСТ 12.1.004. Требуемое число огнетушителей рассчитывается согласно требованию: один огнетушитель на 500-600 м<sup>2</sup>. Обязательным является установка автоматических систем пожаротушения и пожаробнаружения.

Согласование месторасположения и количества оборудования должно быть утверждено пожарной инспекцией.

Требуется наличие минимум двух эвакуационных выходов, которые находятся рассредоточено. Ширина пожарного проезда составляет минимум 4 м; ходы для людей - 1 м; ширина лестничных пролетов – минимум 2 м.

## **5.5 Снижение производственного травматизма**

Для уменьшения риска травматизма на всех предприятиях проводят инструктаж сотрудников [10, 12]. Благодаря этому обеспечивается выполнение техники безопасности и повышаются знания. Есть разные типы инструктажа:

- 1) вводный – для вновь прибывших сотрудников;
- 2) первичный – для вновь прибывших и временно переведенных сотрудников;
- 3) повторный – проводится с интервалом в 4-5 месяцев для улучшения и закрепления знаний;
- 4) внеплановый – проводится в случае смены условий труда и при несчастном случае на предприятии;
- 5) целевой – проводится для допуска к определенным работам.

Для уменьшения риска получения травмы на предприятии выполняются следующие действия:

- 1) все подвижные механизмы и части оборудования оснащены защитными кожухами;
- 2) на оборудовании установлены кнопки аварийной остановки;
- 3) все оборудование имеет заземление;
- 4) запуск производится с двух рук.

Лучшим средством снижения риска получения травмы является автоматизация и механизация производственного оборудования. В таком

случае исключается необходимость взаимодействия человека с рабочим оборудованием. Так же это облегчает условия труда, снижают утомляемость и исключает наличие повторяющихся ручных операций, тем самым исключается травматизм.

## 5.6 Электробезопасность

Для исключения возможность получения травм от удара током на всех единицах оборудования необходимо предусмотреть наличие заземления и усиленной изоляции проводов [10, 12]. Все токопроводящие элементы, выключатели и рубильники защищены кожухами. Дверцы электрических шкафов оборудованы замками безопасности, которые останавливают оборудования в случае их открывания.

## 5.7 Расчёт искусственного освещения

Для расчета искусственного освещения в помещении используют главные количественные характеристики света: световой поток, сила света, яркость и освещенность.

В случае недостаточного освещения у человека быстра наступает усталость, повышается риск допустить ошибку, что может привести к получению производственной травмы.

Необходимое число светильников находится через формулу (9):

$$N = (E \cdot S \cdot k \cdot z) / \Phi \cdot \eta, \quad (15)$$

где  $E$  – минимальная нормируемая освещённость (табл.11 [9]) по СНиП 23-05-95, равная 250 Лк;

$S$ – освещаемая площадь, равная 70 м<sup>2</sup>;



$k$  – коэффициент использования, учитывающий старения ламп, запыление и загрязнение светильников [10], равный 1,5;

$z$  – отношение средней освещённости к минимальной, равный 1,5;

$\Phi$  – мощность, равная 12500, для лампы ДРЛ - 250 Вт;

$\eta$  – коэффициент, равный 29%.

Определим коэффициент использования светового потока, для этого определяется индекс помещения:

$$i = b \cdot l / (h \cdot (b + l)), \quad (16)$$

где  $b$  – ширина рабочего места, м;

$l$  – длина рабочего места, м;

$h$  – высота расположения источника света над рабочим местом, м.

$$i = 3,5 \cdot 20 / [10 \cdot (3,5 + 20)] = 0,29,$$

$N = (250 \cdot 70 \cdot 1,5 \cdot 1,3) / (12500 \cdot 0,29) = 9,4 \approx 10$  ламп (рисунок 11).

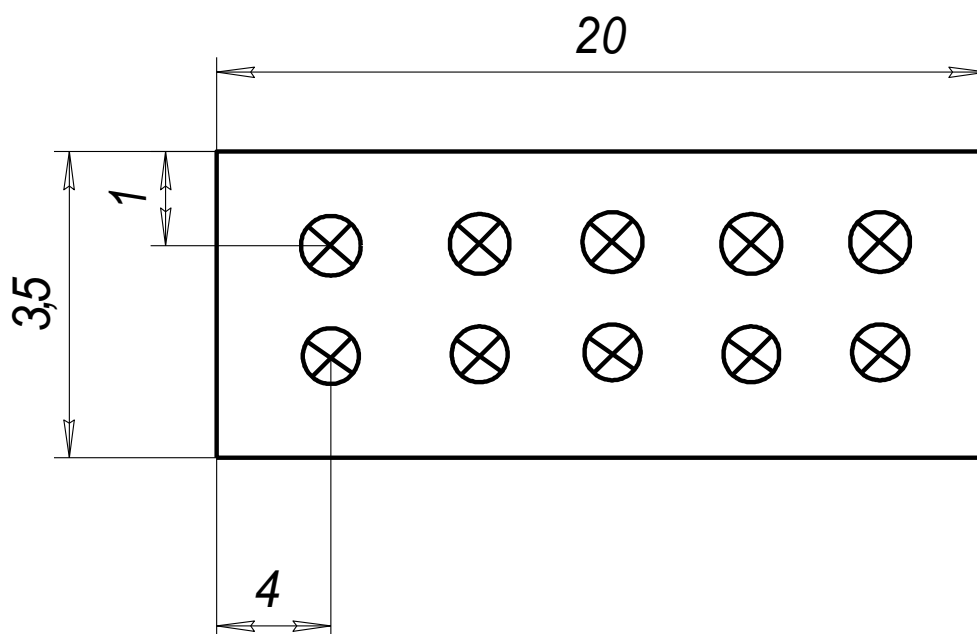


Рисунок 11 – Проект расположения элементов освещения

Вывод: необходимый уровень безопасности и выполнение требований экологичности труда на производстве достигаются своевременным обнаружением неблагоприятных производственных факторов путем проведения вышеизложенного ряда мер для их выявления и устранения.

Благодаря этому снижается негативное воздействие на сотрудника и его организм.

## 6. Расчетно-экономическая часть

### 6.1 Сравнительная часть

Одной из задач работы является определение экономического эффекта от внедрения нового технологического процесса для производства компонента «Горелка системы охлаждения» [19]. Параметры показаны в таблице 6.

Таблица 6 – Параметры техпроцессов

	Базовый вариант	Проектный варианта
Оборудование	Раскин, 4 шт.	БВК-63
КИМ, %	64	70
Величина отхода, %	36	30

### 6.2 Определение себестоимости штампа

Расчет себестоимости ведется на основе коэффициентов и показателей, приведенных в таблице 7.

Таблица 7 – Параметры определения себестоимости.

Тип	Обозначение	Сумма, руб.	Определение
Материальные затраты	М	300 000	
Транспортно-заготовительные расходы	ТЗР	9 800	3,5% от М
Основная заработная плата рабочих	$З_{Пл}^{ОСН.}$	159 600	$C_T=133$ р/ч $T=1200$ н/ч
Налог на социальные нужды	$C_c$	10246	34,2 % от $З_{Пл}^{ОСН.}$
Расходы на содержание оборудования	РСО	330 372	202 % от ЗПЛОСН.
Общепроизводственные (цеховые)	$P_{цех}$	146 832	88 % от

расходы			ЗПЛОСН.
Цеховая себестоимость	$C_{\text{цех}}$	948030	

1) Для расчета  $M$  применяем формулу:

$$M = M_{\text{н/ч}} \cdot T_{\text{н/ч}}, \quad (17)$$

ТЗР находится через формулу:

$$\text{ТЗР} = M/100 \cdot 3,5\%, \quad (18)$$

$Z$  находится через формулу:

$$Z = C_{\text{т}} \cdot T_{\text{н/ч}}, \quad (19)$$

$C_{\text{с}}$  находится через формулу:

$$C_{\text{с}} = Z/100 \cdot 34,5\%, \quad (20)$$

PCO находится через формулу:

$$\text{PCO} = Z/100 \cdot 202\%, \quad (21)$$

$P_{\text{цех}}$  находится через формулу:

$$P_{\text{цех}} = Z/100 \cdot 88\%. \quad (22)$$

2) Для расчета  $\Phi_{\text{з}}$  применяем формулу:

$$\Phi_{\text{з}} = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пр}} \cdot T_{\text{сок}}) \cdot C(1 - B), \quad (23)$$

где  $D_{\text{р}}$  – количество рабочих дней в году;

$T_{см}$  – часов смены;

$D_{пр}$  – количество предпраздничных дней;

$T_{сок}$  – сокращенное время в такие дни;

$C$  – смены;

$B$  – временной коэффициент ремонта оборудования.

$$\Phi_{\text{э}} = (247 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 3(1 - 0,05) = 5632 \text{ ч.}$$

Эффективное время работы оператора:

$$\Phi_{\text{э.р.}} = 30\% \cdot \Phi_{\text{э}} = 1689 \text{ ч.}$$

### 6.3 Объем производства изделия

а) Данные для расчета себестоимости приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры производства

Показатель	Обозначение	Значение
Количество выпускаемых изделий в год, шт.	$N_G$	285000
Эффективное рабочее время, (час): <ul style="list-style-type: none"><li>• оборудования</li><li>• оператора</li></ul>	$\Phi_{\text{э}}$ $\Phi_{\text{э.р.}}$	5632 1689
Коэффициент за выполнение норм	$K_{BH}$	1,1
Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{MH}$	1,1
Коэффициент потерь рабочего времени на отпуск рабочего	$K_O$	11,8

Коэффициент монтажа: • себестоимости • капитальных вложений	$K_{МОН}$	1,1 0,1
Цена материала, руб./кг	$C_M$	265
Продолжение таблицы 8		
Цена отходов, руб/ кг	$C_{отх}$	127
Масса заготовки, кг	$M_{заг}$	0,014 (баз) 6,71 (пр)
Масса отходов, кг	$M_{от}$	0,007 3,22
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{ТЗ}$	1,014
Коэффициент доплат по зарплате:		
а)до часового фонда зарплаты	$K_{ДОП}$	1,12
б)за профмастерство	$K_{ПФ}$	1,12
в)за условия труда	$K_{У}$	1,12
г)за вечерние часы	$K_{Н}$	1,2
д)на премиальные	$K_{ПР}$	1,23
е)на социальное страхование	$K_{С}$	1,34
Итого общий коэффициент доплат $K_{ЗПЛ} = K_{ДОП} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{У} \cdot K_{Н} \cdot K_{ПР} \cdot K_{С}$	$K_{ЗПЛ}$	2,78
Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_m$	0,8
Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{в}$	0,7
Коэффициент потерь в сети	$K_{п}$	1,03
Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{од}$	0,8
Выручка от реализации, % от Ц: -изношенного оборудования -изношенного штампа	$B_p$ $B_{p.и.}$	5 15
Норма амортизации	$H_A$	10

Коэффициент цеховой	$K_{ЦЕХ}$	1,72
Часовая тарифная ставка, руб./ч.: -рабочего 4 разряда;	$C_T$	133
Продолжение таблицы 8		
Часовая тарифная ставка, руб./ч.: -наладчика 4 разряда;	$C_T$	197,21
Цена электроэнергии, руб./кВт	$Ц_{Э}$	3,8
Цена площади, руб./ м <sup>2</sup>	$Ц_{пл}$	4500
Норматив экономической эффективности	$E_H$	0,33
Коэффициент полезного действия оборудования	КПД <sup>баз</sup>	0,70
	КПД <sup>пр</sup>	0,75

б) Параметры оборудования приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры работы оборудования

Наименование оборудования	Усилие, МН	Норма времени, мин.		Мощность $M_y$ , кВт	Площадь $S$ , м <sup>2</sup>	Цена, руб.
		$t_{шт}$	$t_{маш}$			
Пресс Раскин-175	1,75	0,014	0,10	25	44	685000
БВК-63	0,63	0,019	0,015	112	110	4250000

#### 6.4 Расчет штамповой оснастки

Следующим шагом необходимо рассчитать стоимость штампа в проектном варианте и набора штампов в базовом. Расчет приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Параметры штампов

Наименование штампа	Стойкость штампа	Цена штампа
---------------------	------------------	-------------

	Т <sub>и.шт.</sub> , ударов	Ц <sub>шт.</sub> , руб.
Базовый		
Пробивной	350000	420000
Разрезной	500000	624850
Формовочный	650000	320000
Проектный		
Продолжение таблицы 10		
Пробивной	650000	710114
Резочный	650000	701812
Формовочный	850 000	420 000
Прогрессивный штамп	1000000	746110

Для определения необходимого числа оборудования и работников проводится расчет, показанный в таблице 11.

Таблица 11 – Оборудование и число сотрудников

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{об} = t_{шт} \cdot N_{г} / (\Phi_{э} \cdot K_{вн} \cdot 60)$ $n_{об}^{баз1} = 0,014 \cdot 285\ 000 / (5632 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,01 \approx 1$ $n_{об}^{пр1} = 0,019 \cdot 285\ 000 / (5632 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,014 \approx 1$	3	1
Коэффициент загрузки оборудования	$K_3 = n_{об}^{Расч.} / n_{об}^{Прин.}$ $K_3^{баз1} = 0,01/1$ $K_3^{пр1} = 0,014/1$	0,01	0,014
Количество операторов необходимое чтобы выполнять годовую программу, чел.	$P_{оп} = [t_{шт} \cdot N_{г} \cdot (1 + k_o / 100)] / (\Phi_{эр} \cdot K_{мн} \cdot 60)$ $P_{оп}^{баз1} = 0,014 \cdot 285\ 000 \cdot (1 + 11,8/100) / (1\ 689 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,04 \approx 1$ $P_{оп}^{баз2} = 0,014 \cdot 285\ 000 \cdot (1 + 11,8/100) / (1\ 689 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,04 \approx 1$ $P_{оп}^{баз3} = 0,014 \cdot 285\ 000 \cdot (1 + 11,8/100) / (1\ 689 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,04 \approx 1$ $P_{оп}^{пр1} = 0,019 \cdot 285\ 000 \cdot (1 + 11,8/100) / (1\ 689 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,05 \approx 1$	1 1 1	1
Примечание – По расчетам достаточно по 1 рабочему-оператору в обоих техпроцессах, но с учетом технологических схем количество рабочих составляет: 1) для базового технологического процесса: $P = 3 \text{ чел.} \times 3 \text{ смены} = 9 \text{ чел.}$ (вырубка заготовок – 1 чел.; штамповщики – 1 чел.; укладка деталей – 1 чел.); 2) в проектном варианте: $P = 1 \text{ чел.} \times 3 \text{ смены} = 3 \text{ чел.}$ (оператор автоматической линии – 1 чел.)			



Число штампов для выпуска годовой программы, шт.	$N_{шт} = N_{г} / T_{и.шт.}$		
	$N_{шт}^{баз}_{оп.10} = 285\ 000 / 350\ 000 = 0,81 \approx 1$	1	
	$N_{шт}^{баз}_{оп.20} = 285\ 000 / 500\ 000 = 0,57 \approx 1$	1	
	$N_{шт}^{баз}_{оп.30} = 285\ 000 / 650\ 000 = 0,43 \approx 1$	1	
	$N_{шт}^{пр}_{оп.1} = 285\ 000 / 1\ 000\ 000 = 0,28 \approx 1$		1

## 6.5 Капитальные вложения

Расчет капитальных вложений ведется на основании показателей, приведенных в таблице 12.

Таблица 12 – Показатели капитальных вложений

Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{об.} = n_{об.} \cdot Ц_{об.} \cdot K_3$ $K_{об.}^{баз1} = 1 \cdot 685\ 000 \cdot 4 \cdot 0,01$ $K_{об.}^{пр} = 1 \cdot 4\ 250\ 000 \cdot 0,014$	27 400	59 500
Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_м = K_{об.} \cdot K_{монт}$ $K_м^{баз1} = 27\ 400 \cdot 0,1$ $K_м^{пр} = 59\ 500 \cdot 0,1$	2740	5950
Затраты на спец. оснастку, руб.	$K_и = Ц_{шт} \cdot n_{шт}$ $K_и^{баз} = 420\ 000 \cdot 1 + 320\ 000 \cdot 1 + 624850 \cdot 2$ $K_и^{пр} = 746110 \cdot 1$	1 989 700	746 110
Затраты на производственную площадь	$K_{пл} = n_{об.} \cdot S_y \cdot Ц_{пл} \cdot K_3$ $K_{пл}^{баз1} = 1 \cdot 44 \cdot 4 \cdot 4500 \cdot 0,01$ $K_{пл}^{пр} = 1 \cdot 110 \cdot 4500 \cdot 0,014$	7 920	6 930
Итого	$K_{соп} = K_м + K_и + K_{пл}$ $K_{соп}^{баз} = 2740 + 1\ 989\ 700 + 7920$ $K_{соп}^{пр} = 5950 + 746\ 110 + 6930$	2 000 360	758 990
Общие капитальные вложения, руб.	$K_{общ} = K_{об.} + K_{соп}$ $K_{общ}^{баз} = 27400 + 2\ 000\ 360$ $K_{общ}^{пр} = 59500 + 758\ 990$	2 027 760	818 490
Удельные капитальные вложения, руб.	$K_{уд} = K_{общ} / N_{г}$ $K_{уд}^{баз} = 2\ 027\ 760 / 285\ 000$ $K_{уд}^{пр} = 818\ 490 / 285\ 000$	7,11	2,87

## 6.6 Сравнение себестоимости изделия

На основании расчетов, приведенных в таблицах 8 – 12 происходит вычисление себестоимости, показанное в таблице 13.

Таблица 13 – Проведение расчета себестоимости изделия

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
		Базовый	Проектный
Основные материалы за вычетом отходов, руб.	$M = (M_3 \cdot \Pi_m \cdot K_{тз}) - (M_{отх} \cdot \Pi_{отх})$ $M^{баз} = (0,014 \cdot 265 \cdot 1,014) - (0,007 \cdot 127)$ $M^{пр} = (6,71 \cdot 265 \cdot 1,014) - (3,22 \cdot 127)$	2,87	1,39
Зарплата рабочих-операторов, руб.	$З_{пл} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.р.} \cdot K_{зпл} \cdot K_3 / N_T$ $З_{пл}^{баз} = 9 \cdot 133 \cdot 1689 \cdot 2,78 \cdot 0,01 / 285\ 000$ $З_{пл}^{пр} = 3 \cdot 133 \cdot 1689 \cdot 2,78 \cdot 0,014 / 285\ 000$	0,19	0,09
Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = [(\Pi_{об} \cdot (1 - B_p)) \cdot N_a \cdot t_{шт} \cdot 1,3] / (\Phi_3 \cdot K_{вн} \cdot 60 \cdot 100)$ $P_A^{баз} = [(4 \cdot 685\ 000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,014 \cdot 1,3] / (5632 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$ $P_A^{пр} = [(4 \cdot 250\ 000 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 10 \cdot 0,019 \cdot 1,3] / (5632 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)$	0,09	0,02
Расходы на электроэнергию, руб.	$P_3 = (M_y \cdot t_{маш} \cdot K_{од} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{п} \cdot \Pi_3) / (КПД \cdot 60)$ $P_3^{баз} = (4 \cdot 25 \cdot 0,014 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,7 \cdot 60)$ $P_3^{пр} = (112 \cdot 0,019 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,8) / (0,75 \cdot 60)$	0,058	0,082
Расходы на штамповый инструмент, руб.	$P_{И} = (\Pi_{шт} \cdot [1 - B_{р.и.}]) / T_{и.шт.}$ $P_{И}^{оп10} = 420\ 000 \cdot (1 - 0,15) / 350\ 000$ $P_{И}^{оп20} = 624\ 850 \cdot (1 - 0,15) / 500\ 000$ $P_{И}^{оп30} = 320\ 000 \cdot (1 - 0,15) / 650\ 000$ $P_{И}^{оп40} = 624\ 850 \cdot (1 - 0,15) / 500\ 000$ $P_{И}^{послед.} = 746\ 110 \cdot (1 - 0,15) / 1\ 000\ 000$	1,02 1,06 0,41 1,06	0,63
Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{пл} = S_y \cdot n_{об} \cdot \Pi_{пл} \cdot K_3 / N_T$ $P_{пл}^{баз} = 44 \cdot 4 \cdot 4500 \cdot 0,01 / 285\ 000$ $P_{пл}^{пр} = 110 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,014 / 285\ 000$	0,027	0,024
Расходы на зарплату наладчика, руб.	$З_{нал} = (n_{об} \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.р.} \cdot K_{зпл} \cdot K_3) / (n_{обс} \cdot N_T)$ $З_{нал}^{баз} = (4 \cdot 197,21 \cdot 1689 \cdot 2,78 \cdot 0,01) / (4 \cdot 285\ 000)$ $З_{нал}^{пр} = (197,21 \cdot 1689 \cdot 2,78 \cdot 0,014) / (4 \cdot 285\ 000)$	0,032	0,011
Итого: Технологическая себестоимость, руб.	$C_{тех} = M + З_{пл} + P_A + P_3 + P_{И} + P_{пл} + З_{нал}$ $C_{тех}^{баз} = 2,87 + 0,19 + 0,09 + 0,058 + 3,55 + 0,027 + 0,032$ $C_{тех}^{пр} = 1,39 + 0,09 + 0,02 + 0,082 + 0,63 + 0,024 + 0,011$	6,82	2,24

Цеховые расходы, руб.	$P_{\text{цех}} = Z_{\text{пл}} \cdot K_{\text{цех}}$ $P_{\text{цех}}^{\text{баз}} = 0,19 \cdot 1,72$ $P_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 0,09 \cdot 1,72$	0,32	0,15
Всего: Цеховая себестоимость, руб.	$C_{\text{цех}} = P_{\text{цех}} + C_{\text{тех}}$ $C_{\text{цех}}^{\text{баз}} = 6,82 + 0,32$ $C_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 2,24 + 0,15$	7,14	2,39

## 6.7 Расчет эффективности

Экономический эффект от внедрения проектного варианта приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Показатели экономической эффективности

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{цех}}^{\text{баз}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (7,14 - 2,39) \cdot 285\,000$	1 353 750	
Приведенные затраты, руб.	$Z_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пр}}^{\text{баз}} = 7,14 + 0,33 \cdot 7,11$ $Z_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 2,39 + 0,33 \cdot 2,87$	9,48	3,33
Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\text{г}} = (Z_{\text{пр}}^{\text{баз}} - Z_{\text{пр}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}} =$ $\mathcal{E}_{\text{г}} = (9,48 - 3,33) \cdot 285\,000$	1 752 750	
Время окупаемости, год	$T_{\text{ок}} = K_{\text{и}}^{\text{пр}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} =$ $T_{\text{ок}} = 746\,110 / 1\,752\,750 = 0,42$	≈ 1	

Вывод: использование прессы последовательного действия БВК-63 и соответствующего штампа в проектном варианте вместо использования группы прессов Раскин дает следующие преимущества с точки зрения анализа экономических параметров:

- 1) себестоимость изделия «Горелка системы охлаждения» для прессы последовательного действия БВК-63 с штампом равна 9,23 р., для группы прессов Раскин – 10,61 р., то есть наблюдается снижение на 13%;
- 2) годовой эффект составляет 288 705 р. при использовании прессы БВК-63;

3) срок окупаемости для изготовления и использования последовательного штампа составляет менее одного года.

## **Заключение**

В настоящей выпускной квалификационной работе были рассмотрены вопросы, связанные с переводом процесса изготовления изделия с штамповки на линии прессов на последовательную штамповку. По итогам проведенной работы были проведены результаты, представленные ниже.

- 1) Анализ базового варианта показал недостатки, которые были устранены путем разработки нового технологического процесса, в основе которого легла последовательная однополосная штамповка.
- 2) Для каждой операции были произведены энергосиловые расчеты, связанные с определением усилия и работы для разделительных и формоизменяющих процессов.
- 3) Для проектного варианта последовательной штамповки был сконструирован проект штампа для прессы БВК-63 с определением геометрии основных узлов.
- 4) Часть деталей последовательного штампа была проанализирована с точки зрения прочности и изгиба для удовлетворения критерия долговечности и стойкости оснастки.
- 5) Технологический процесс и рабочее место штамповщика были проанализированы на предмет безопасности, были изучены вредные и опасные факторы, возникающие во время работы, и даны рекомендации на основании современных норм для обеспечения безопасности.
- 6) В конце был рассчитан экономический эффект от внедрения проектного варианта и был определен срок, в течении которого новый вариант и штамп смогут окупиться; оба показателя доказывают эффективность внедряемого процесса.

## Список использованных источников

- 1) Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением» и «Обработка металлов давлением». – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.
- 2) Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т. 3-5-е изд. перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1980 – 559 с.
- 3) Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т. 2-5-е изд. перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1980 – 559 с.
- 4) Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Изд. 4-е, перераб. И доп. Кн.1 М., «Машиностроение», 1973 – 416 с.
- 5) Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно–штамповочное оборудование. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
- 6) Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-е, 1984 – 464 с.
- 7) Жуков К.П. Расчет и проектирование деталей машин: учеб. пособие для вузов – М.: Высшая школа, 1978 – 247 с.
- 8) Крайнев А.В. Словарь-справочник по механизмам – М.: Машиностроение, 1981 – 438 с.
- 9) Нефедов, А.П. Конструирование и изготовление штампов: из опыта Горьковского автомобильного завода / А.П. Нефедов. – Москва: Машиностроение, 1973. – 408 с.
- 10) Охрана труда в машиностроении. Учебник для машиностроительных специальностей. – Под редакцией Е.Я.Юдина – М.: Машиностроение, 1983 – 320 с.
- 11) Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки, Москва, «Машиностроение», 1977г.

- 12) Правила по охране труда при холодной обработке металлов., ПОТ РМ 006-97.
- 13) Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке – 6-е изд., перераб. и доп. – Л: Машиностроение. Ленинг. Отд-е, 1979 – 520 с.
- 14) Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
- 15) Скрипачев А.В. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеевко. – Тольятти: ТолПИ, 1992.
- 16) Смолин Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки: учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.
- 17) Тарасов Н.Д., Угаев П.Н. Проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983 – 239 с.
- 18) Технология листовой штамповки. Курсовое проектирование. Стеблюк В.И. – Киев.: Высшая школа 4-е изд-во, 1983 – 280 с.
- 19) Экономика машиностроительного производства: Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы / Составил Н.В.Александрова – Тольятти: ТГУ, 2007. –19 с.
- 20) Якуничев Е.В. Технология холодной штамповки. Сборник задач. – Тольятти: ТолПИ, 1991.