

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 крепления основного глушителя»

Студент	<u>М.В. Захаров</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>П.Н. Шенбергер</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>И.В. Дерябин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>Н.В. Яценко</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д-р. техн. наук, проф. В.В. Ельцов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____ (личная подпись)

« _____ » _____ 2017 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

Зав. кафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« _____ » 2017 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Захаров Максим Владимирович

1. Тема: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн крепления основного глушителя»»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы: июнь 2017
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: чертеж детали, базовый вариант технологического процесса, программа изготовления детали.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов): 1) анализ технологических показателей исходных данных; 2) разработка технологического процесса изготовления детали; 3) выбор оборудования, средств механизации или автоматизации; 4) разработка конструкции штамповой оснастки; 5) применение САЕ технологий для анализа технологичности детали; 6) безопасность и экологичность технического объекта; 7) экономическая часть.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала: сравнительная технология, комплекс оборудования, штамп – разрезы, планы.
6. Консультанты по разделам: 1) Безопасность и экологичность технического объекта (И.В. Дерябин); 2) Экономическая часть (И.В. Краснопевцева); 3) Нормаконтроль (В.Г. Виткалов).
7. Дата выдачи задания «30» января 2017 г.

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

Руководитель выпускной квалификационной работы

Задание принял к исполнению

(подпись)

(И.О. Фамилия)

(подпись)

П.Н. Шенбергер

(И.О. Фамилия)

(подпись)

М.В. Захаров

(И.О. Фамилия)

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

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

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «СОМДиРП»
В.В. Ельцов
(И.О. Фамилия)
(подпись) «___» _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Студента: Захаров Максим Владимирович

по теме: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки

для изготовления детали «Кронштейн крепления основного глушителя»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Анализ технологических показателей исходных данных	18.02.2017	18.02.2017	выполнено	
Разработка технологического процесса изготовления детали	11.03.2017	11.03.2017	выполнено	
Выбор оборудования, средств механизации или автоматизации	31.03.2017	31.03.2017	выполнено	
Разработка конструкция штамповой оснастки	21.04.2017	21.04.2017	выполнено	
Применение САЕ технологий для анализа технологичности детали	12.05.2017	12.05.2017	выполнено	
Безопасность и экологичность технического объекта	26.05.2017	26.05.2017	выполнено	
Технико-экономическое обоснование проекта	09.06.2017	09.06.2017	выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

П. Н. Шенбергер

(подпись)

(И.О. Фамилия)

М. В. Захаров

(подпись)

(И.О. Фамилия)

ABSTRACT

The topic of the given graduation work is «Design and development of the technological process of producing the main muffler mounting bracket».

The graduation work consists of an explanatory note on 75 pages, introduction, including figures, the list of 20 references including 5 foreign sources and 4 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The key issue of the graduation work is to reduce the cost of the part and improve the technological process.

Due to the growing popularity of the introduction of automation in the workflow, the transfer to an automatic line has become a key issue in this graduation work. Since, from the economic point of view, the change of equipment will entail heavy losses for the enterprise, it is necessary to try to reduce the cost of the product. Since this part of a stabilizer is of crucial importance, the replacement of the material or the change in the options of the workpiece are impossible. The only solution is to reduce the distance between the blanks in the tape. Consequently, due to the transition to an automatic line and relatively small material savings the productivity increases. This can compensate for the replacement of tools.

It can be concluded that the combination of the above two factors will bring profit and increase productivity.

АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалификационной работе разработаны технологический процесс и конструкция штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн крепления основного глушителя».

В технологической части проекта проведена проверка детали на технологичность, определены формы и размеры исходной заготовки, коэффициент использования металла, а также рассчитаны энергосиловые параметры по операциям проектной технологии. Далее в проекте был произведен выбор требуемого технологического оборудования и приведены его технические характеристики. По штамповой оснастке определены исполнительные размеры рабочих частей штампа, выбраны материалы и способы термообработки деталей штампов. В работе изложены мероприятия по охране труда. В экономической части рассчитана себестоимость изготовления детали «Кронштейн крепления основного глушителя», определены размеры капиталовложений для ее производства по базовой и проектной технологиям, проведено их сравнение.

Объем пояснительной записки составляет 76 страниц, объем графического материала 6 листов. Все расчеты проведены в соответствии с методическими указаниями к бакалаврской работе.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1. Анализ технико-экономических показателей исходных данных	10
1.1. Анализ технологичности детали	10
1.2. Задачи бакалаврской работы	11
2. Технологическая часть	12
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса	12
2.2. Определение формы и размеров заготовки	17
2.3. Проектирование рационального раскроя и определение коэффициента использования металла	18
2.4. Расчет энергосиловых параметров штамповки	20
3. Выбор оборудования и средств автоматизации	24
3.1. Выбор типоразмера и основные технические характеристики	26
3.2. Выбор средств автоматизации и основные характеристики	27
3.3. Описание работы автоматической линии и планировка участка штамповки	30
4. Конструкторская часть	32
4.1. Состав, конструкция штамповой оснастки	32
4.2. Описание работы штамповой оснастки	33
4.3. Прочностные расчеты деталей штампов	34
4.5. Определение центра давления штампа	36
4.6. Определение исполнительных размеров инструмента	36
5. Применение CAE технологий для анализа технологичности детали	38
5.1. Технологические особенности изготовления изделия	38
5.2. Формирование электронных моделей заготовки и инструмента	39
5.3. CAE-анализ операции «Гибка»	42
5.3.1. Основы CAE-анализа в ПО «LS-DYNA»	42
5.3.2. Создание k-файла для параметров материала заготовки	45
5.3.3. Алгоритм формирования расчетной конечно-элементной модели	46
5.3.4. Анализ результатов расчета процесса гибки	50

6. Безопасность и экологичность объект	53
6.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых операций	53
6.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов прессового производства	54
6.3 Мероприятия по разработке безопасных условий труда	55
6.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке	56
6.5 Экологическая экспертиза объекта, антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности	59
7. Экономическая часть	61
7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов	61
7.2. Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки	62
7.3. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки	64
7.4. Расчет капитальных вложений	65
7.5. Расчет себестоимости продукции по сравнительным вариантам	66
7.6. Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта	68
Заключение	69
Список используемых источников	70
Приложения	72

ВВЕДЕНИЕ

«В связи с тенденцией в автомобильной промышленности к увеличению конкуренции, усиливаются требования к качеству деталей автомобилей, прочности деталей, ужесточаются требования к допускам на геометрические размеры, величину и неравномерность утонения, внешнему виду, прочности при неизменной массе; все большее внимание уделяется технологии холодной листовой штамповки». [18]

«Одно из ведущих мест по объему перерабатываемого металла, по числу и массе изготавливаемых деталей машин, приборов и предметов широкого потребления в современном машиностроении и металлообработке занимает холодная листовая штамповка. На металлообрабатывающих предприятиях как с массовым и крупносерийным, так и с мелкосерийным и единичным применяют технологические процессы листовой штамповки». [4]

Основное требование для предприятий, применяющих холодную листовую штамповку – тщательная разработка технически рационального и экономически эффективного варианта технологического процесса.

«Весьма многочисленна и разнообразна и номенклатура деталей, получаемых листовой штамповкой. Она включает детали миниатюрные и крупногабаритные, плоские и пространственные детали. Значительное улучшение свойств металла в процессе деформирования является значительным достоинством пластической обработки». [5]

«Применением многопозиционного автоматизированного оборудования и сложных совмещено-комбинированных штампов, достигается усовершенствование отдельных операций изготовления и всего технологического процесса, так же увеличение производства изделий, получаемых холодной листовой штамповкой». [12]

Наиболее оптимальные режимы технологических процессов, требуемое основное и вспомогательное оборудование и технически грамотно его эксплуатировать помогает выбирать, знание закономерностей обработки металлов давлением.

«Листовой штамповкой в автомобильной промышленности получают огромное количество кузовных деталей различных по форме, по условиям деформирования. Тенденции мирового автомобилестроения, связанные с уменьшением сроков сменяемости моделей автомобилей, заставляют выдвигать перед конструкторами и технологами огромное количество задач, связанных с анализом процессов и с разработкой деформирующего инструмента. Решение этих задач может быть осуществлено как традиционными методами разработки и исследования процессов листовой штамповки, так и новыми связанными с компьютерным проектированием и моделированием. Поэтому одной из основных тенденций развития технологии листовой штамповки является замена теоретических расчетов и натурных экспериментов решением задач с использованием численных методов при применении различных компьютерных программ. Разработка нового технологического процесса позволит уменьшить себестоимость изготовления детали». [13]

Целью данной выпускной квалификационной работы является уменьшение себестоимости изготовления детали за счет увеличения коэффициента использования материала и усовершенствования технологического процесса.

1. АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Анализ технологичности детали

Деталь «Кронштейн крепления основного глушителя» изготавливается из тонколистового материала толщиной 1.5 мм из стали 08Ю (рисунок 1.1).

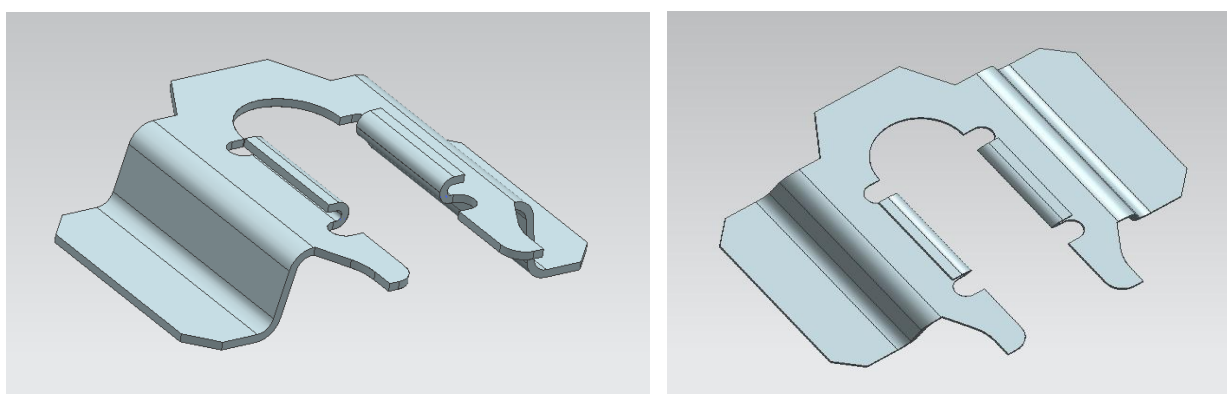


Рисунок 1.1 – Электронная модель детали «Кронштейн крепления основного глушителя»

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

1. В детали присутствует 2 тонких, длинных отверстия полученные с помощью пробивки, соответствующие требованию $b > 2S$, где b – ширина отверстия, ($5 > 2 \cdot 1.5$).

2. Закругленные края отверстий соответствуют требованию $r \geq 0.5S$, ($2.5 \geq 0.5 \cdot 1.5$).

3. Пробиваемые отверстия соответствуют требованиям наименьших допустимых размеров, а именно диаметр круглого отверстия равен 8.2 мм, что является больше допустимого размера $1S$, ($8.2 > 1 \cdot 1.5$).

4. Фигурные круглые отверстия находятся на расстоянии больше S , а края отверстий, параллельные контуру детали на расстояние больше $1.5S$.

5. Все отверстия соответствуют требованию $a \geq r + 2S$, где a – расстояние от края отверстия до изгиба, а r – радиус изгиба, ($20 \geq 2 + 2 \cdot 1.5$).

6. Расстояние между отверстиями при одновременной пробивке больше допустимого требования $b = (2 \dots 3)S$, ($24 > 3 \cdot 1.5$).

Основные технологические требования к конструкции изогнутых листовых деталей:

1. Все радиуса гибки соответствуют требованию $r \geq S$, ($2 \geq 1.5$).
2. Высота отгибаемых полок соответствует требованию $h \geq 3S$.
3. Фиксация производится по отверстию.

1.2. Задачи бакалаврской работы

Сформулируем задачи по бакалаврской работе:

1. Разработать технологический процесс.
2. Выбрать необходимое оборудование для обеспечения реализации разработанного технологического процесса.
3. Разработать конструкцию штамповой оснастки.
4. Выполнить САЕ-расчет процесса двухугловой гибки.
5. Провести расчет экономической эффективности разработанного технологического процесса.
6. Осуществить мероприятий по охране труда.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Схема предлагаемого технологического процесса

Детали штампуются из ленты. Толщина ленты 1.5 мм. Марка стали 08Ю. Используемое оборудование - БВК-150. Все операции выполняются на одном прессе, который работает вместе с системой автоматизации.

Операция 10: Производится пробивка трех отверстий. Двух конструктивных и одного технологического $\varnothing 8.2$ мм. Для использования этого отверстия под ловители. На первой операции осуществляется подрезка ленты, с помощью этого убираются неровности, заусенцы. Устанавливается устройство контроля (рисунок 2.1).

Операция 20: Пробивка отверстий сложного контура (рисунок 2.2).

Операция 30: Гибка заготовки (рисунок 2.3).

Операция 40: Гибка заготовки (рисунок 2.4).

Операция 50: Пробивка отверстия (рисунок 2.5).

Операция 60: Гибка заготовки (рисунок 2.6).

Операция 70: Гибка заготовки (рисунок 2.7).

Операция 80: Гибка заготовки (рисунок 2.8).

Операция 90: Вырубается перемычка, после чего деталь отделяется от ленты (рисунок 2.9).

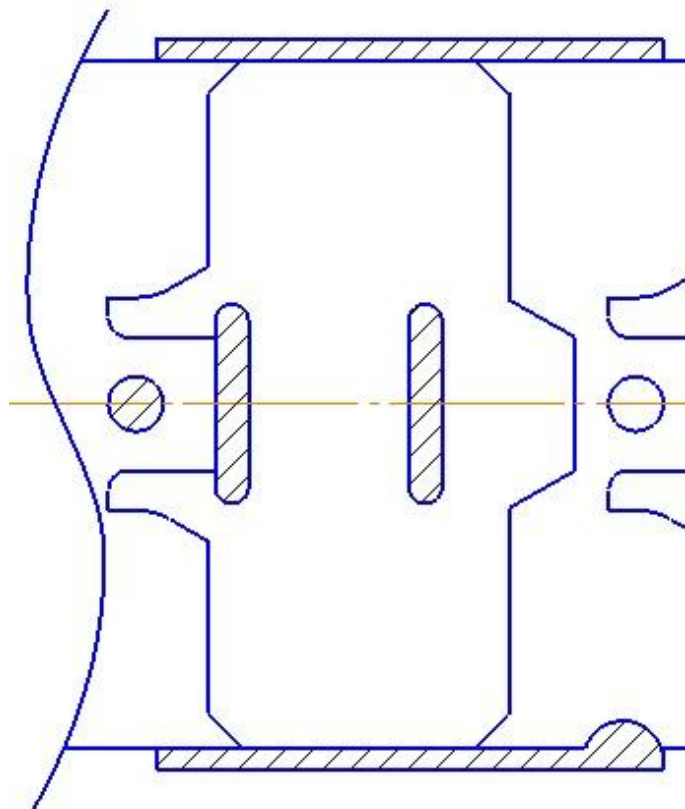


Рисунок 2.1 - Пробивка отверстий, обрезка

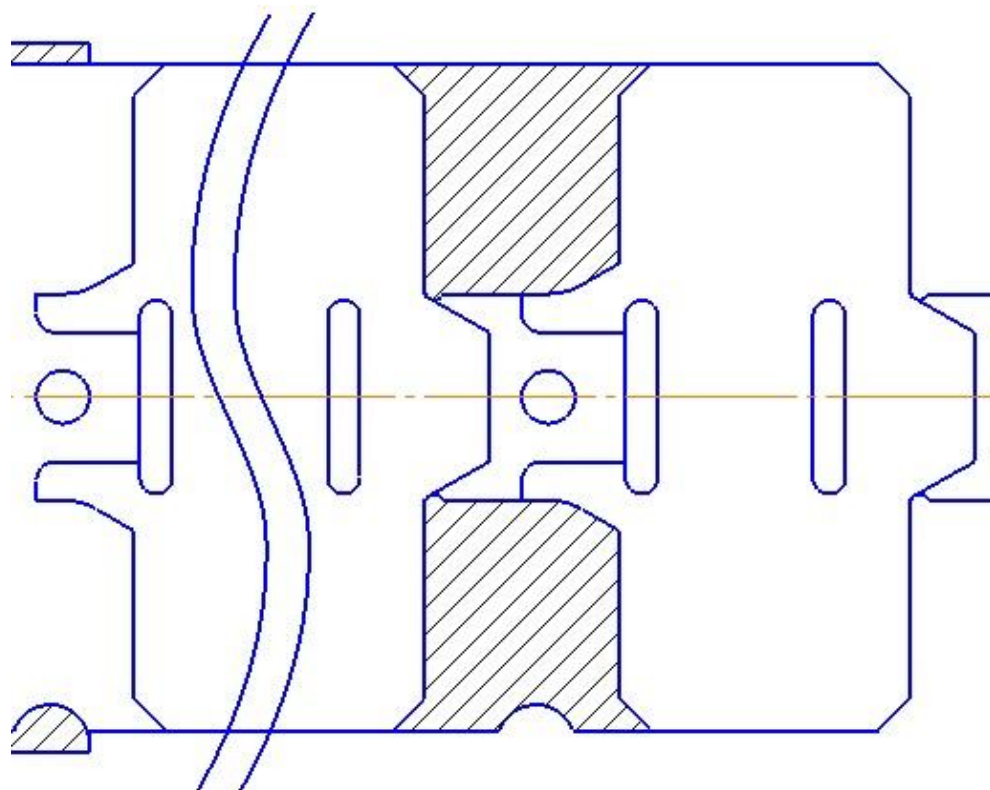


Рисунок 2.2 - Обрезка

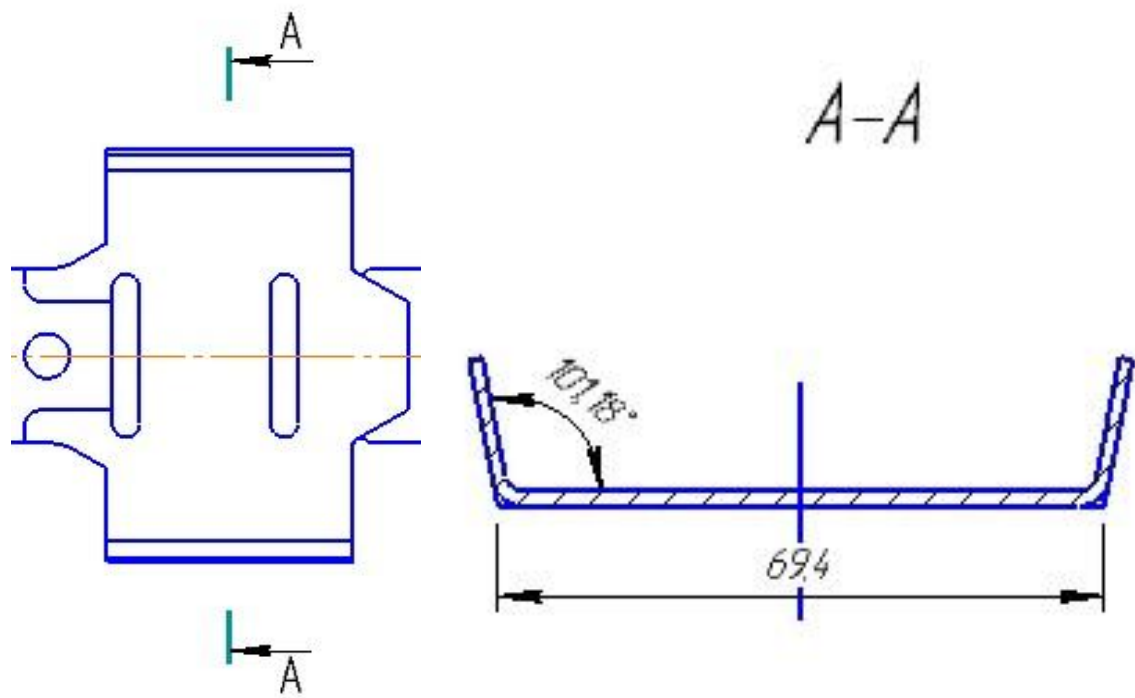


Рисунок 2.3 - Гибка

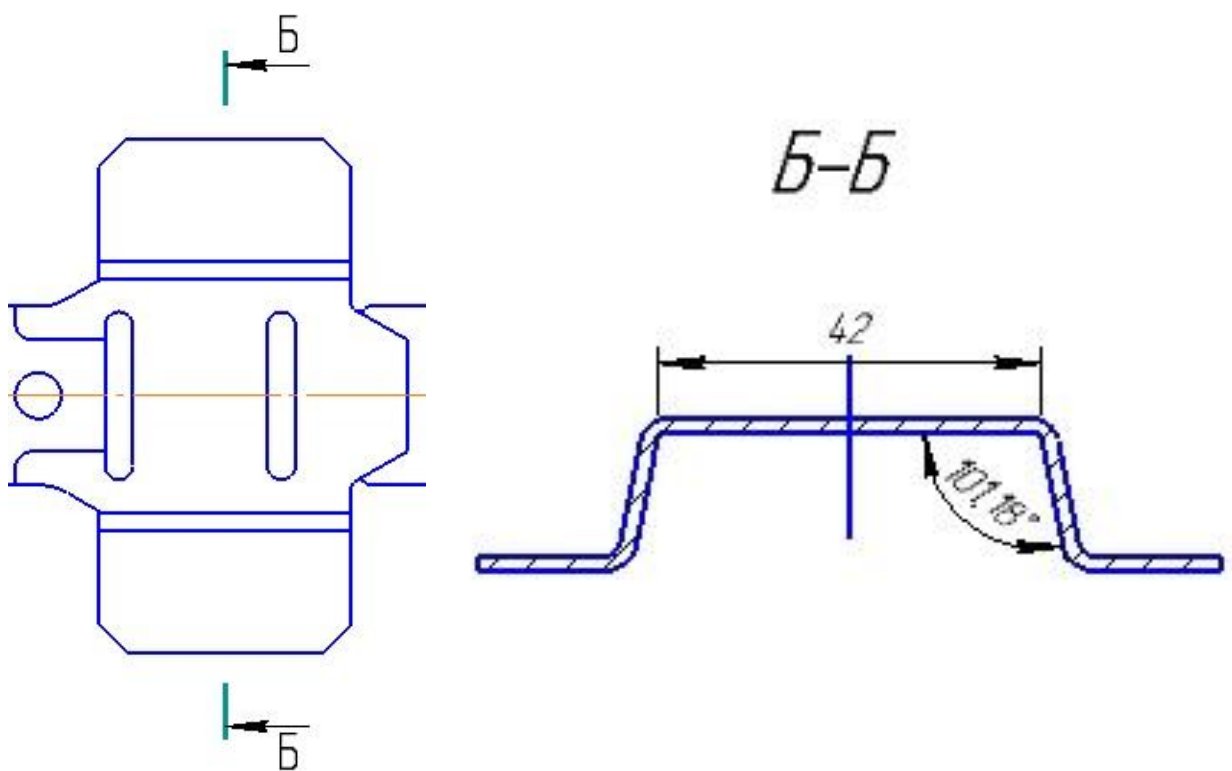


Рисунок 2.4 - Гибка

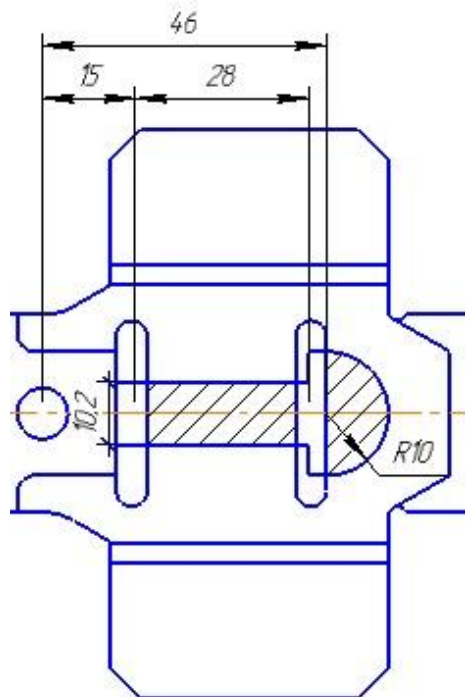


Рисунок 2.5 - Пробивка отверстий

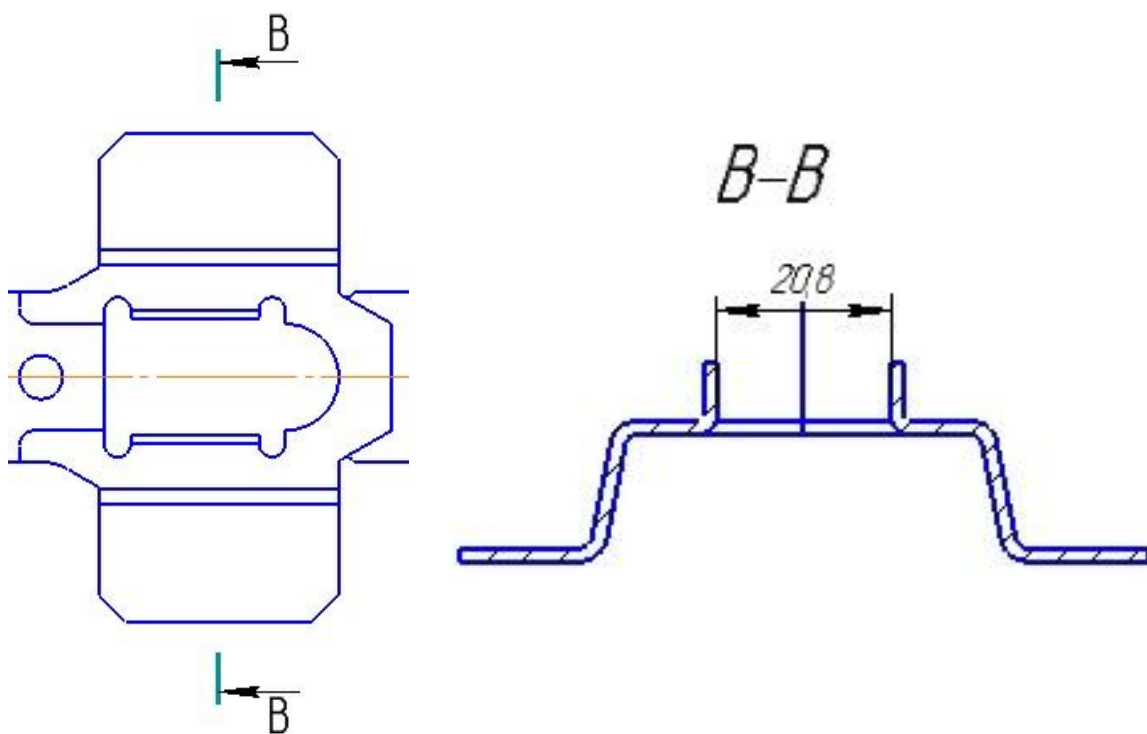


Рисунок 2.6 - Гибка

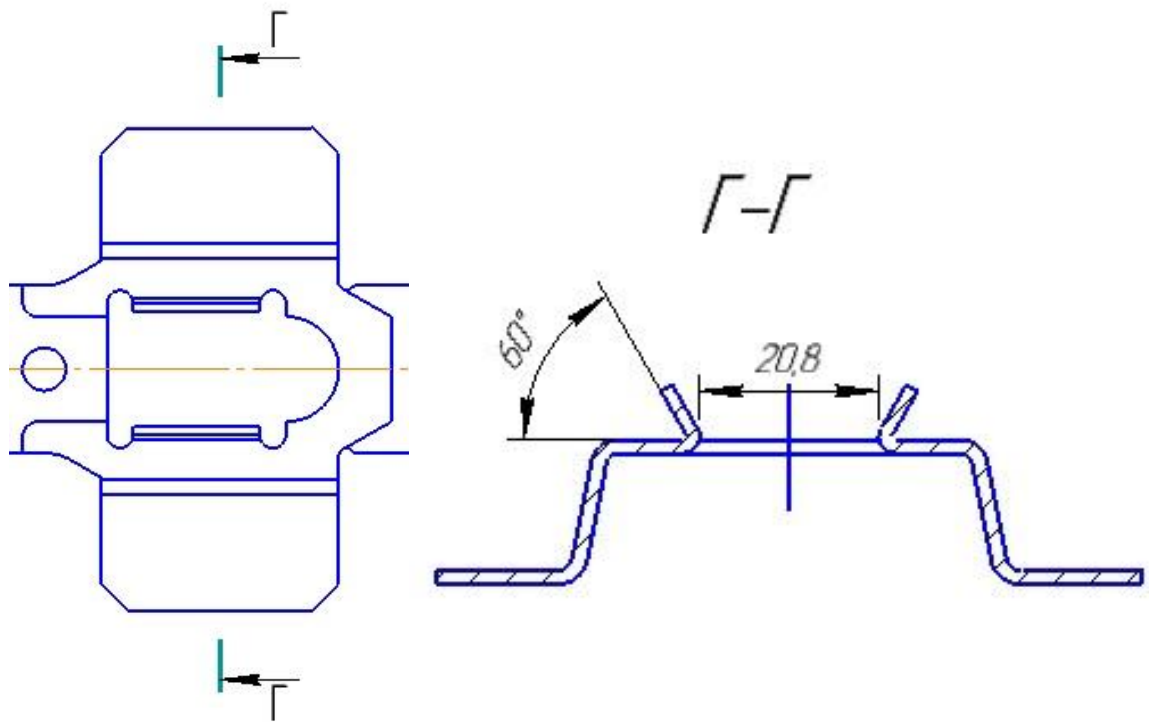


Рисунок 2.7 - Гибка

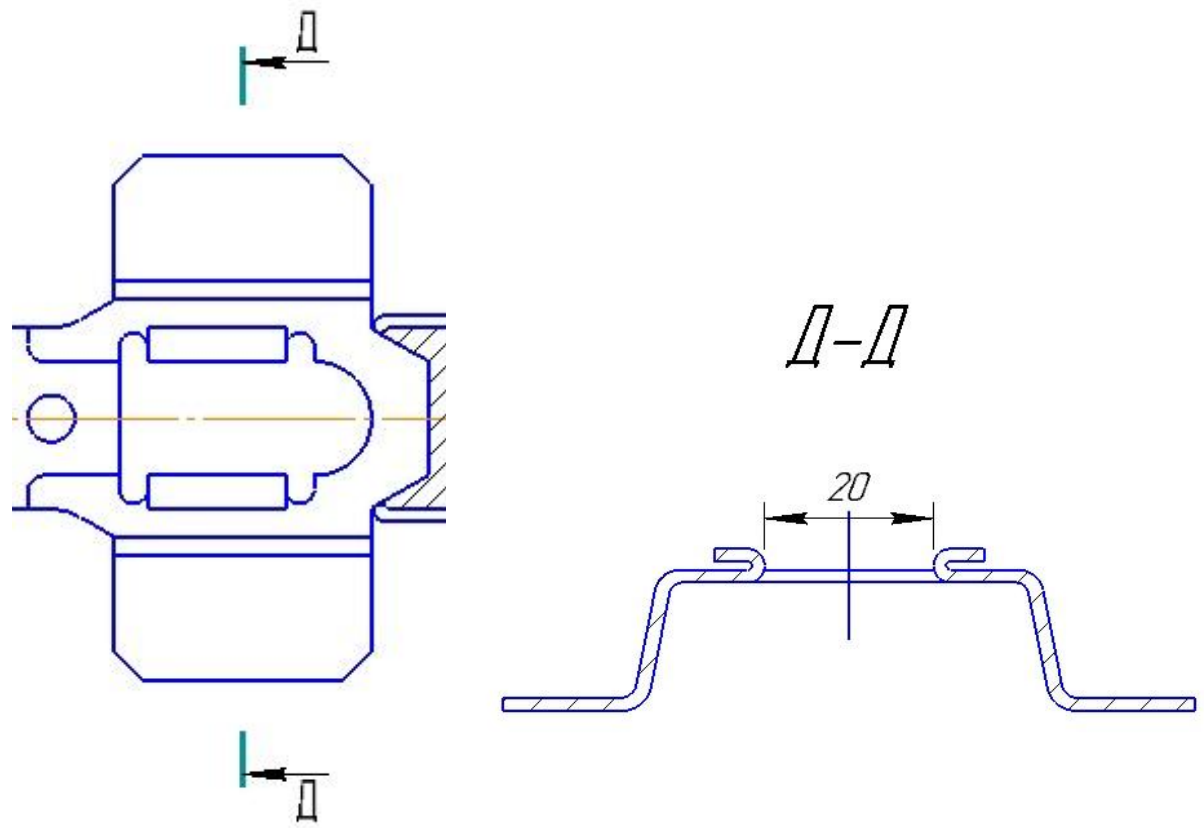


Рисунок 2.8 - Гибка

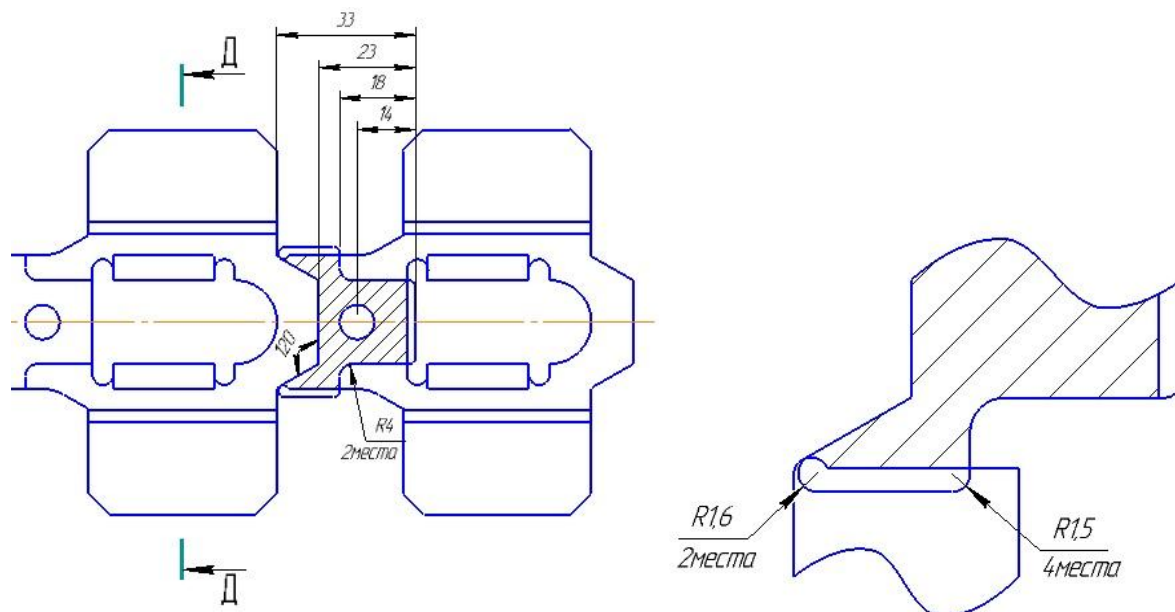


Рисунок 2.9 - Вырубка

2.2. Определение формы и размеров заготовки

Определение размеров заготовки было выполнено с использованием инструментов анализа программного продукта NX9.0 Siemens PLM Software.

Развертка модели (рисунок 2.10) была выполнена в приложении «Листовой металл». Измерения развернутой модели вдоль оси Y позволили получить ее величину равную 103.4 мм.

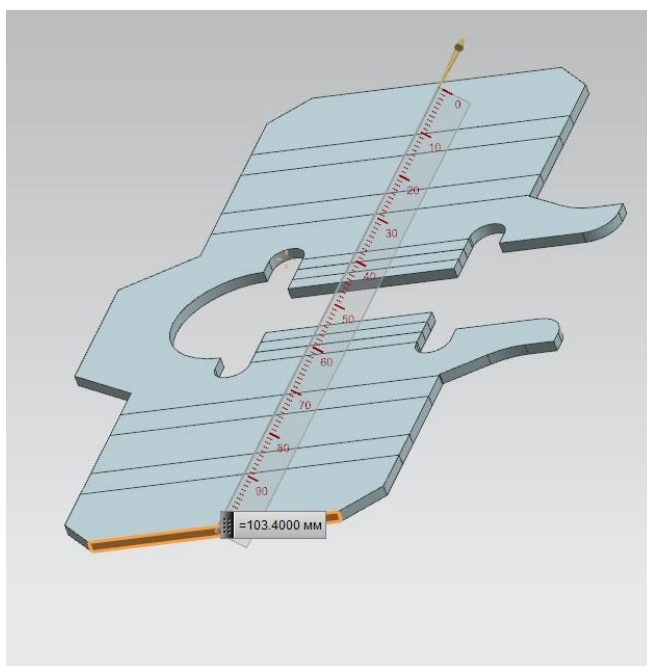


Рисунок 2.10 – Развертка модели

Экономичность раскроя в большой степени зависит от правильного размера перемычки. Перемычки нужны для компенсации погрешностей подачи материала и установить место в штампе, чтобы выполнить вырезку детали по контуру и устранить возможность появления бракованных деталей. Перемычки должны быть достаточно прочными и жесткими, для подачи материала.

Размещаем перемычку так, чтобы там можно было поместить отверстие для ловителя. Выбираем перемычку, отталкиваясь от толщины материала ($S=1.5\text{мм}$). Для исправления возможных дефектов берем перемычку равную 3.3 мм с двух сторон.

Таким образом, ширина ленты составляет:

$$L = 103.4 + 2 \times 3.3 = 110 \text{ мм.}$$

Измерения развернутой модели вдоль оси X позволили получить ее величину равную 70 мм.

$$L = 70 + 2 \times 2.5 = 75 \text{ мм.}$$

2.3. Проектирование рационального раскроя и определение коэффициента использования металла

Выбор раскроя зависит в основном от конструкции детали, что необходимо учитывать при разработке конструкции детали.

Технологичность конструкции детали, зависит от удачного расположения в ленте, минимальный размер перемычки между деталями позволяет повышать общий коэффициент применения при вырубке.

В холодной листовой штамповке одним из важных показателей является экономия металла и уменьшение количества отходов особенно в крупносерийном и массовом производстве.

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

неиспользуемых отходов. При раскрое листов необходимо руководствоваться следующими правилами: [3]

1. «Резку заготовок производить по тщательно разработанным раскройным картам, учитывающим наиболее полное использование материала». [3]
2. «При резке крупных заготовок в серийном производстве применять комбинированный раскрой при наилучшем использовании материала и соблюдении комплектности заготовок». [3]
3. «Резку узких полос производить вдоль листа, так как при этом из каждой полосы получается большее количество деталей и уменьшается количество концевых отходов полосы». [3]
4. «Как правило, желательно резать широкие, а не узкие полосы, так как при этом требуется меньшее количество резов, а так же меньший шаг подачи при штамповке, кроме того обычно уменьшаются потери на концевые отходы». [3]
5. «В массовом производстве крупных деталей заказывать специальные мерные листы, кратные двум или более заготовкам». [3]
6. «В массовом производстве небольших деталей заменять листовой материал холоднокатаной лентой». [3]
7. «Нарезать заготовки для деталей, подвергаемых гибке, желательно с учетом направления волокон проката». [3]
8. «При резке на ножницах применять специальные устройства, облегчающие настройку и повышающие точность реза». [3]

Разные способы раскроя материала по экономии и количеству отходов могут представлены тремя вариантами:

- «Раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму». [3]
- «Малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка». [3]

- «Безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путем прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек». [3]

Данный материал: сталь Б-08Ю, лента, толщина ленты 1,5 мм, ширина ленты - 110 мм. Шаг ленты - 75 мм.

Положение заготовки в рулоне – параллельно подаче ленты. Ширина ленты назначается равной ширине данной заготовки, т.е. равна 110 мм.

$$\eta = F_{\text{д}} / (B \cdot t), \quad (2.1)$$

где

$F_{\text{д}}$ – это площадь вырубленной заготовки;

B – это ширина ленты;

t – это шаг подачи.

$\eta = F_{\text{д}} / (B \cdot t) = 4468 / (110 \cdot 75) = 0,542$, т.е. 54,2% металла заготовки используется для получения детали.

2.4. Расчет энергосиловых параметров штамповки

Операции в проектном технологическом процессе:

1. Пробивка отверстий;
2. Пробивка отверстий;
3. Гибка;
4. Гибка;
5. Пробивка отверстий;
6. Гибка;
7. Гибка;
8. Гибка;
9. Вырубка перемычки.

Находим усилие для пробивки трех отверстий.

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

где

$K = 1.2$ – коэффициент запаса;

S – это толщина материала;

L – это длина вырубаемого контура;

$$\sigma_{\text{ср}} = 25 \text{ кгс/мм}^2$$

$\sigma_{\text{ср}}$ – это сопротивление срезу.

Находим усилие для пробивки технологического отверстия:

$$P_1 = 25.748 \cdot 1.5 \cdot 25 \cdot 1.2 = 11.59 \text{ кН}$$

Находим усилие для пробивки двух отверстий:

$$P_2 = 2 \cdot (65.7 \cdot 1.5 \cdot 25 \cdot 1.2) = 59.13 \text{ кН}$$

Находим усилие подрезки ленты по формуле (2.2):

$$P_3 = 79.3 \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 25 = 35.69 \text{ кН}$$

$$P_4 = 82.06 \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 25 = 36.92 \text{ кН}$$

Сумма усилий:

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 11.59 + 59.13 + 35.69 + 36.92 = 143.33 \text{ кН}$$

Находим усилие снятия ленты с пуансона:

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

P - полное усилие вырубки;

$$k_{\text{сн}} = 0,12.$$

$$P_{\text{сн}} = 0,12 \cdot 143.3 = 17.2 \text{ кН.}$$

Находим усилие проталкивания:

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

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент, соотношение между P и $P_{\text{пр}}$

$$k_{\text{пр}} = 0,06.$$

$$P_{\text{пр}} = 0,06 \cdot 143.3 \cdot 5 = 43 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = P_{\Sigma} + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 143.3 + 17.2 + 43 = 203.5 \text{ кН}$$

Работа резания при пробивке:

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

x – коэффициент, соотношение P и $P_{\text{ср}}$

$$x = P_{\text{ср}} / P.$$

$$A = x \cdot P \cdot S / 1000 = 0,65 \cdot 20350 \cdot 1.5 / 1000 = 198.4 \text{ Дж}$$

Находим усилие, которое нужно для пробивки двух отверстий в заготовке.

$$P_1 = 2 \cdot 103.7 \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 25 = 93.33 \text{ кН}$$

Находим усилие снятия ленты с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = 0,12 \cdot 9.33 = 11.2 \text{ кН.}$$

Находим усилие проталкивания:

$$P_{\text{пр}} = 0,06 \cdot 9.33 \cdot 2 = 11.2 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = 93.3 + 11.2 + 11.2 = 115.7 \text{ кН}$$

Находим работу при пробивке:

$$A = 0,65 \cdot 11570 \cdot 1.5 / 1000 = 112.8 \text{ Дж}$$

Находим усилие для гибки:

$$P_1 = 2.5 \cdot k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_b$$

$$P_1 = 2.5 \cdot 0.16 \cdot 45 \cdot 1.5 \cdot 30 = 8.1 \text{ кН}$$

Находим работу для гибки:

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

h – длина ребра гибки.

$$A = (0,65 \cdot 8100 \cdot 15) / 1000 = 79 \text{ Дж}$$

Находим усилие для гибки:

$$P_1 = 2.5 \cdot 0.16 \cdot 45 \cdot 1.5 \cdot 30 = 8.1 \text{ кН}$$

Находим работу для гибки:

$$A = (0,65 \cdot 8100 \cdot 15) / 1000 = 79 \text{ Дж}$$

Находим усилие для пробивки одного сложного отверстия:

$$P_1 = 79.4 \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 25 = 35.73 \text{ кН}$$

Находим усилие для снятия:

$$P_{\text{сн}} = 0.08 \cdot 35.73 = 2.9 \text{ кН.}$$

Находи усилие для проталкивания:

$$P_{\text{пр}} = 0,07 \cdot 35.73 \cdot 2 = 5 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = 35.7 + 2.9 + 5 = 43.6 \text{ кН}$$

Находим работу при пробивке:

$$A = 0,65 \cdot 43600 \cdot 1.5 / 1000 = 42.5 \text{ Дж}$$

Находим усилие для гибки:

$$P_1 = 2.5 \cdot 0.16 \cdot 24 \cdot 1.5 \cdot 30 = 4.32 \text{ кН}$$

Находим работу при гибки:

$$A = (0,65 \cdot 4320 \cdot 8.5) / 1000 = 23.9 \text{ Дж}$$

Находим усилие для гибки:

$$P_1 = 2.5 \cdot 0.16 \cdot 24 \cdot 1.5 \cdot 30 = 4.32 \text{ кН}$$

Находим работу при гибки:

$$A = (0,65 \cdot 4320 \cdot 3.2) / 1000 = 9 \text{ Дж}$$

Находим усилие для гибки:

$$P_1 = 2.5 \cdot 0.16 \cdot 24 \cdot 1.5 \cdot 30 = 4.32 \text{ кН}$$

Находим работу при гибки:

$$A = (0,65 \cdot 4320 \cdot 3.95) / 1000 = 11.1 \text{ Дж}$$

Находим усилие для вырубки перемычки:

$$P_1 = 82.7 \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 25 = 37.22 \text{ кН}$$

Находим усилие для снятия:

$$P_{\text{сн}} = 0.08 \cdot 37.2 = 3 \text{ кН.}$$

Находим усилие для проталкивания:

$$P_{\text{пр}} = 0,07 \cdot 37.2 \cdot 1 = 2.6 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = 37.2 + 3 + 2.6 = 42.8 \text{ кН}$$

Находим работу при пробивке:

$$A = 0,65 \cdot 42800 \cdot 1.5 / 1000 = 41.73 \text{ Дж}$$

Суммарное усилие и работа технологического процесса:

$$P_{\Sigma} = 203.5 + 115.7 + 8.1 + 8.1 + 43.6 + 4.3 + 4.3 + 4.3 + 42.8 = 434.7 \text{ кН}$$

$$A_{\Sigma} = 198.4 + 112.8 + 79 + 79 + 42.5 + 23.9 + 9 + 11.1 + 41.7 = 597 \text{ кДж}$$

3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

При выборе пресса исходят из следующих соображений:

- а) «Тип пресса и величина хода ползуна должны соответствовать технологической операции». [14]
- б) «Номинальное усилие пресса должно быть больше усилия, требуемого для штамповки». [14]
- в) «Мощность пресса должна быть достаточной для выполнения работы, необходимой для данной операции». [14]
- г) «Пресс должен обладать достаточной жесткостью, а для разделительных операций – также повышенной точностью направляющих». [14]
- д) «Закрытая высота пресса должна соответствовать или быть больше закрытой высоты штампа». [14]
- е) «Габаритные размеры стола и ползуна пресса должны давать возможность установки и закрепления штампов и подачу заготовок, а отверстие в столе пресса свободное проваливание штампуемых деталей». [14]
- ж) «Число ходов пресса должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки». [14]
- з) «В зависимости от рода работы должно быть предусмотрено наличие специальных устройств и приспособлений». [14]
- и) «Удобство и безопасность обслуживания пресса должны соответствовать требованиям безопасности». [14]

Механическими параметрами применяемыми при выборе пресса являются: работа, величина хода, усилие, закрытая высота, жесткость, и размеры стола пресса.

«Автоматизация и механизация процессов листовой штамповки обеспечивают: увеличение производительности прессового и другого оборудования, повышение производительности труда, снижение себестоимости продукции, улучшение условий труда, предотвращение травматизма.

Автоматизации и механизации подлежат производственные процессы и вспомогательные работы (заготовительные и штамповочные операции, уборка и пакетировка отходов, установка штампов, транспортные, погрузочно-разгрузочные работы и др.)». [7]

«Автоматизация и механизация процессов листовой штамповки заключается в обеспечении автоматической или механизированной подачи материала или заготовок в штамп, съема и удаления деталей (заготовок) из штампа, передачи (транспортировки) с перехода на переход или с операции на операцию и выполнения других вспомогательных работ, например, смазки материала, перевертывания (кантования) заготовок, укладки, а также при гибке в валках, резке на ножницах различного типа и т. д.». [7]

«При автоматизации значительно увеличивается процент использования числа ходов пресса, а следовательно, и его производительность и еще в большей степени производительность труда, ибо один оператор может обслуживать несколько прессов. При механизации же процент увеличения использования числа ходов пресса, а следовательно, и его производительность небольшие, однако производительность труда повышается значительно. Например, при механизации крупного пресса, заключающейся в автоматизации съема и удаления со штампа деталей и сохранения ручной подачи при загрузке заготовок в штамп, количество рабочих сокращается вдвое и соответственно повышается производительность труда (снижается трудоемкость), но число используемых ходов пресса при этом намного увеличиваться не может, так как время, затрачиваемое на ручную подачу, остается прежним». [7]

«При автоматизации отдельных прессов, а тем более организации автоматических линий следует ориентироваться не только на изделия, перечисленные в проекте цеха, но учитывать, что в перспективе они могут быть изменены. Например, если это цех автомобильного завода, то при переходе от одной модели автомобиля к другой меняются его многие листоштамповочные детали. В цехе могут также штамповаться на одном и том же оборудовании различные детали для нескольких моделей автомобилей. Поэтому производство

в цехе должно быть гибким, а средства автоматизации и механизации и автоматические линии должны быть быстропереналаживаемыми. При автоматизации и механизации технологических процессов листоштамповочного производства следует в основном ориентироваться на прессы и другое оборудование, оснащенное средствами автоматизации и механизации, а не на автоматизированные или механизированные штампы. На прессы могут устанавливаться различные штампы и, следовательно, штамповаться детали различных наименований, каждый же отдельный штамп предназначен только для одной конкретной детали. Вместе с тем автоматизированный штамп гораздо сложнее и дороже обыкновенного штампа. На его конструирование, изготовление, отладку, техническое обслуживание и ремонты требуется больше времени, чем для обыкновенного штампа». [7]

3.1. Выбор типоразмера и основные технические характеристики

Выбираем оборудование в соответствии с параметрами:

- усилие;
- мощность;
- ход ползуна;
- размеры стола;
- закрытая высота прессы;
- число ходов прессы;
- наличие буфера, выталкивателя, механизма подачи;
- безопасность обслуживания.

При помощи поправочного коэффициента вычисляется усилие:

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

P_{Σ} – это сумма усилий операций.

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

$$P = 0,4347 \text{ МН} \cdot 1,25 = 0,54 \text{ МН}$$

Исходя из расчетов выбираем БВК-150. Технические характеристики оборудования представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Технические характеристики БВК-150

Характеристики прессы	Значения
Усилие (номинальное), МН	1,5
Габаритные размеры, мм	
Высота	3500
Длина	15635
Ширина	7255
Масса	72 000
Мощность электродвигателя, кВт	112
Размеры стола	1100×780
Число ходов ползуна, ход/мин	30-150
Одиночный	
Площадь, м ²	110

3.2. Выбор средств автоматизации и основные характеристики

«Автоматизация листовых штамповочных работ позволяет в несколько раз увеличить производительность труда, а также обеспечивает полную безопасность работы на прессах». [8]

«В случае, когда полная автоматизация процесса листовой штамповки затруднительна из-за сложности и длительности внедрения или экономически невыгодна, следует применять простейшую механизацию вспомогательных работ – подача заготовок и удаления изделий и отходов». [8]

«Степень возможной автоматизации процессов холодной штамповки зависит, прежде всего, от типа и масштаба производства, а также от экономической целесообразности ее применения». [8]

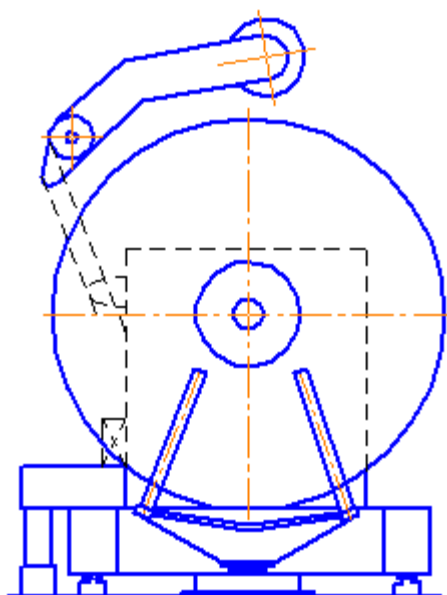
«Применение магазинных (шиберных) и бункерных устройств для многооперационной штамповки мало осуществимо. Наиболее точное перемещение штучных заготовок могут осуществлять грейферные механизмы. Но учитывая небольшие размеры деталей и массивность самих грейферных механизмов, такая штамповка из штучных заготовок мало привлекательна, при этом придется использовать несколько единиц оборудования, связанных

грейферными механизмами в единую автоматическую линию, которая занимает значительные производственные площади. Наиболее рационально использование штамповки деталей из рулонного материала на автоматических комплексах, оснащенных рулоноподающим механизмом и устройством для удаления готовых деталей и отходов». [8]

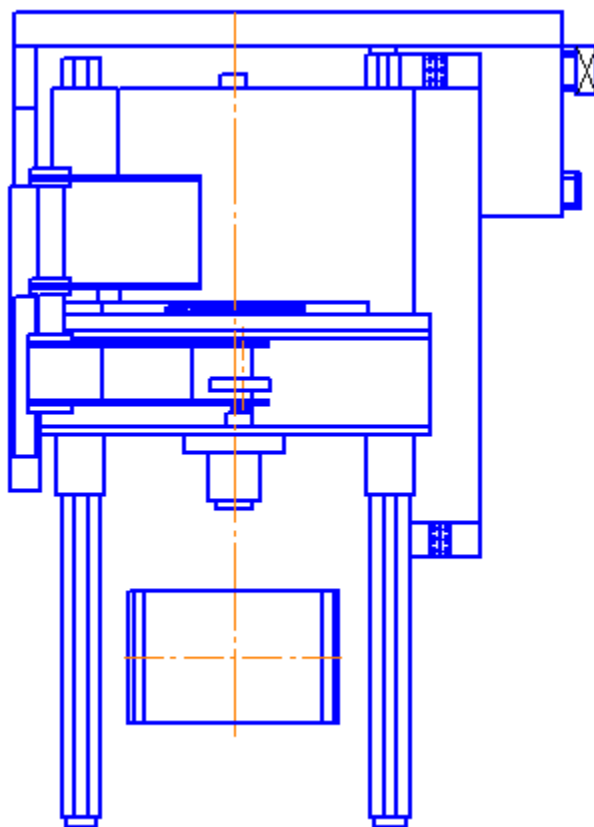
«Разработку технологического процесса для этих комплексов ведут таким образом, чтобы получать готовую деталь путем ее вырубки в штампе простого действия либо с формоизменением в штампах последовательного или совмещенного действия без дополнительных операций штамповки на другом оборудовании. При последовательной штамповке в ленте для повышения точности шага подачи используют приводной рулоноразматыватель» [8] (рисунок 3.1). Технические характеристики представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Технические характеристики рулоноразматывателя

Внутренний диаметр рулона	Наибольший	370 мм
	Наименьший	1000 мм
Наружный диаметр рулона	Наибольший	1800 мм
Масса рулона	Наибольший	0,9 т
Мощность электродвигателя		0,75 кВт
Число оборотов		16 об/мин (при 50гц)
		19,3 об/мин (при 60 гц)



а)



б)

Рисунок 3.1 - Приводной рулоноразматыватель: а - вид спереди, б - вид сверху

3.3. Описание работы автоматической линии и планировка участка штамповки

Для изготовления детали «Кронштейн крепления основного глушителя» используем БВК-150. Для штамповки детали берем ленту сталь 08Ю, толщиной 1.5 мм.

Рулон ставится на рулоноразматыватель 2 (рисунок 3.1) при помощи тележки с подъемником, который оснащен датчиком контроля скорости, который следит за уменьшением диаметра рулона. Рулоноразматыватель оснащен гидравлическим подъемным столом для загрузки нового рулона. Перемещение рулона производится электро-погрузчиком или краном.

С разматывающего устройства лента перемещается через правильный агрегат 3, после чего попадет в устройство для формирования компенсационной петли 4. Лента подается в зону штамповки и перемещается между этапами штамповки при помощи валковой подачи 7, который находится на входе прессы. Защитный экран 6, в котором находится пресс 1, защищает рабочее место прессы от непредусмотренного проникновения извне, и уменьшает шум, который возникает при быстросходной штамповке.

Отштампованные детали перемещаются с помощью транспортера 5 в тару.

От индивидуальных приводов работает каждый агрегат на линии, система датчиков контролирует их работу с перемещением ползуна, информация поступает на пульт управления прессом.

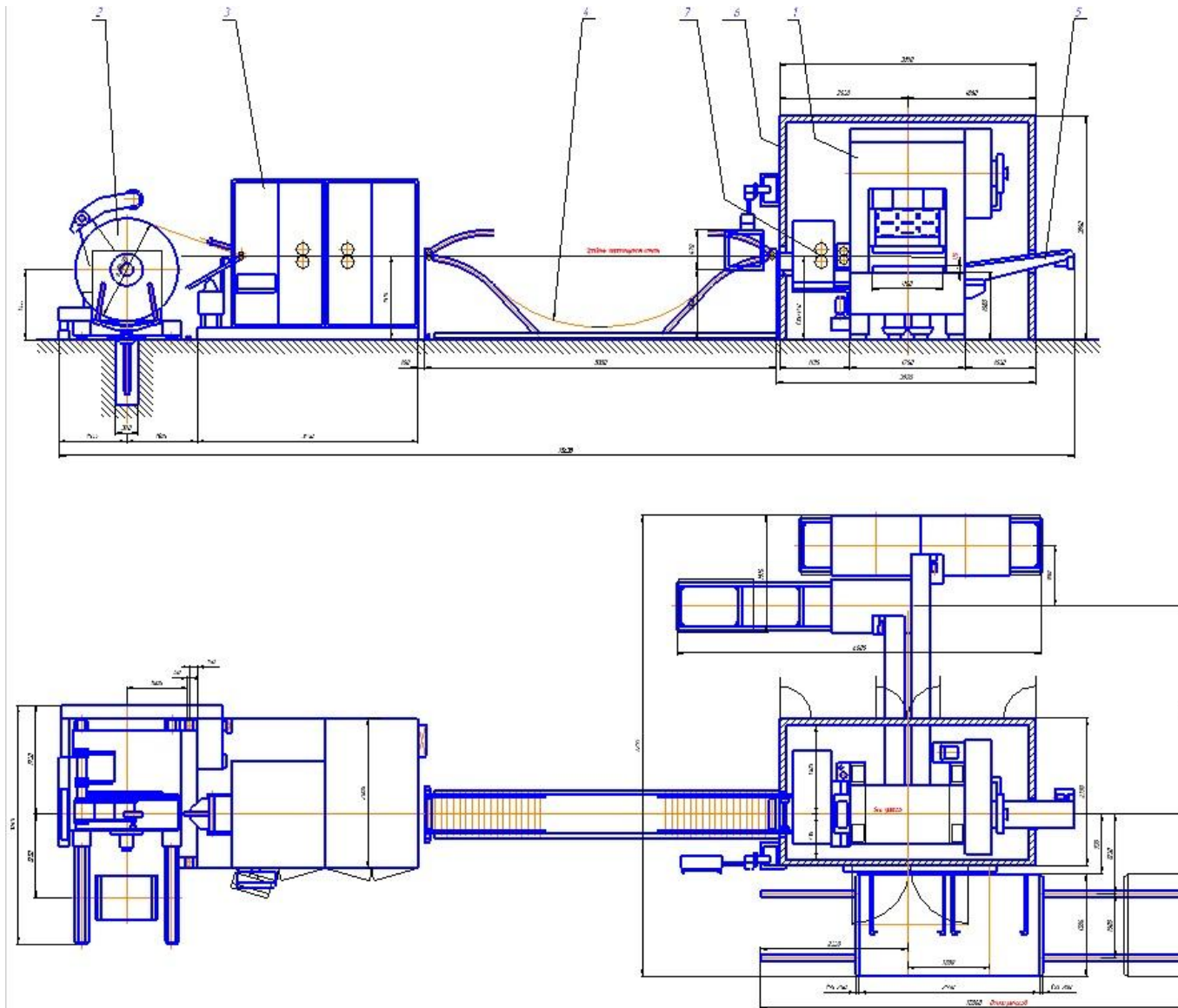


Рисунок 3.1 - Комплекс оборудования

4. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

«Состав и конструкция штампа зависят от многих факторов, но определяющими являются: тип и наименование операции; конструкция, форма и размеры детали; оборудование, на котором устанавливается пресс; вопросы серийности и экономической эффективности производства». [3]

4.1. Состав, конструкция штамповой оснастки

«Конструкция штампа должна полностью отвечать требованиям технологического процесса в отношении получения требуемой формы и точности штампуемой детали, должна обеспечить необходимую производительность и безопасность работы, а также должна быть технологичной в изготовлении и экономически эффективна для производства». [22]

«Состав и конструкция штампа зависит от многих факторов, но определяющими являются следующие»: [22]

- а) «конструкции, формы и размеры детали»; [22]
- б) «тип и наименование операций»; [22]
- в) «оборудование, на котором производится штамповка»; [22]
- г) «серийность и экономическая эффективность производства». [22]

«В последовательном штампе имеется группа деталей, выполняющих как разделительные, так и формообразующие операции. Разделительные операции в основном выполняются на 1-ых позициях штампа, где формируется контур заготовки. А формообразующие - на заключительных позициях. Последней операцией является разделительная операция, где готовое изделие отделяется от ленты. Поэтому в штампе имеется большое количество пуансонов, которые устанавливаются в держателе по скользящей посадке, с целью их быстрой замены. Обязательно наличие ловителей, которые фиксируют шаг перемещения ленты. При заходе ленты в штамп, направление ее движения обеспечивается

роликами. Обязательное наличие подпружиненных подъемников, которые поднимают ленту над зеркалом штампа. Наличие подпружиненных отлипателей, которые отделят ленту от прижима, в случае ее прилипания. Пуансоны с односторонним резом оснащаются упорным зубом, который исключает отжим пуансона при выполнении операции». [22]

«В последовательных штампах, в качестве направляющих элементов, используют колонки и втулки с шариковыми сепараторами, для более точного направления верхней половины штампа относительно нижней. Обязательно применяют устройство контроля шага подачи ленты, который срабатывает при заходе ролика во врез на краю ленты». [22]

«Крепление верхней и нижней половины штампа к столу и ползуну прессы осуществляется за счет специальных пазов выполненных в плите верха и низа и соответственно Т-образных пазов в столе и ползуне». [22]

«При подаче ленты на один шаг в последовательном штампе производится подрезка ленты по контуру, пробивка шести конструктивных отверстий и одного технологического отверстия. После второй подачи ленты на один шаг осуществляется пробивка овального отверстия. Затем формовка, пробивка, пробивка, гибка, гибка/правка, пробивка. На девятой подаче ленты производится разделение деталей». [22]

«После разделительной операции детали отделяются от ленты, попадая в тару по магнитному транспортеру». [22]

4.2. Описание работы штамповой оснастки

«Перед началом работы штамп находится в открытом состоянии: верхняя плита с матрицей поднята ползуном прессы вверх, прижим под действием пневмоподушки и толкателей также находится в верхнем положении. При этом зажимы, расположенные на прижиме, находятся на уровне, соответствующем верхней точке пуансона. Листовая заготовка укладывается на прижим, и при ходе верхней части штампа вниз ее

противоположные кромки зажимаются между элементами с образованием на краях заготовки V-образных канавок. При дальнейшем опускании верхней части штампа происходит формообразование поверхности детали путем обтяжки по пуансону. Окончательная форма придается детали при смыкании матрицы и пуансона. После этого верхняя часть штампа вместе с прижимом и отштампованной деталью поднимается вверх на величину Н, и деталь удаляется из штампа». [8]

«Устранение вакуума, возникающего между пуансоном и вставкой в конце операции, выполняется за счет отводящих воздух отверстий». [8]

«Удаление полуфабриката из штампового пространства осуществляется при помощи подъемника, который действует от пневмоцилиндра. Пневматика штампа связана с прессом». [10]

4.3. Прочностные расчеты деталей штампов

Расчет на прочность делается в основном для наиболее нагруженных пробивных пуансонов небольших размеров.

На примере пуансона наименьшего диаметра ($d = 8.2$ мм) произведем расчет на прочность.

«Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие»: [14]

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

P - это усилие для пробивки; P = 11.59 кН.

F - это опорная поверхность пуансона, мм²;

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (4.2)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 8.2^2}{4} = 52.8(\text{мм}^2)$$

$$\sigma_{см} = \frac{1158.7}{52.8} = 219.5(\text{МПа})$$

В наименьшем сечении рассчитаем пуансон на сжатие:

$$\sigma_{сжс} = \frac{P}{f} \leq [\sigma_{сжс}] \quad (4.3)$$

f - это площадь наименьшего сечения, мм^2 ;

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.4)$$

$$f = \frac{3,14 \cdot 8.2^2}{4} = 52.8(\text{мм}^2)$$

$[\sigma_{сжс}]$ - это напряжение на сжатие (допускаемое), $[\sigma_{сжс}] = 160 \text{ кгс/мм}^2$

$$\sigma_{сжс} = \frac{1158.7}{52.8} = 219.5(\text{МПа}) .$$

Напряжение сжатия составило $219.5 \text{ МПа} < 1600 \text{ МПа}$, что меньше допускаемых, поэтому условие прочности для сжатия удовлетворяется.

Рассчитаем свободную длину пуансона на изгиб (продольный):

$$l = 4.43 \sqrt{\frac{E \cdot I}{n \cdot P}} \quad (4.5)$$

E - это модуль упругости ($2,2 \cdot 10^3 \text{ МПа}$);

I - это момент инерции, м^4 ;

n - это коэффициент безопасности ($n = 3$);

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{4} . \quad (4.6)$$

$$I = \frac{3,14 \cdot 0,0082^4}{4} = 0,355 \cdot 10^{-8} (\text{м}^4)$$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^6 \cdot 0,355 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 11.59}} = 66 (\text{мм})$$

Расчеты показали, что пуансон для пробивки диаметром 8.2 мм прочный.

4.5. Определение центра давления штампа

«Для правильной работы штампа необходимо контур гибки расположить в штампе так, чтобы центр его давления совпал с центральной осью штампа. В противном случае в штампе могут возникнуть перекосы, между пуансоном и матрицей несимметричность зазора, износ направляющих, что может привести к поломке штампа». [8]

«В нашем случае заготовка является прямоугольной (110x75 мм), т.е. условно симметричной. Если процесс гибки расположить симметрично относительно центральной оси штампа, то при гибки перекося не возникнет, либо будет в допустимых пределах». [3]

4.6. Определение исполнительных размеров инструмента

«Основными рабочими деталями вытяжного штампа являются пуансон и матрица. Детали имеют размеры с полями допусков по 11 и 12 квалитетам, поэтому припуск на износ рабочего окна матрицы $\Pi_{ин}$ принимаем $0,8 \Pi_{дет}$; двухсторонний зазор: $Z = 0,14 \dots 0,22$ мм». [3]

«При этих зазорах для размеров детали, изготовление рабочего контура матрицы и пуансона принимают по H7 и h6 соответственно». [3]

«Рассчитаем исполнительные размеры пуансонов и матриц, используемых при пробивке отверстия диаметром 8.2 мм. Расчет диаметра пуансона выполним по формуле»: [2]

$$d_{п} = (d_{отв} + \Delta)^{-\delta}, \quad (4.7)$$

Δ – это допуск на отверстие, по 14-му квалитету ($\pm j_{s14} / 2$);

$\Delta = \pm 0,045$ мм;

δ – это допуск (по квалитету h6) на изготовление пуансона;

$$\delta = -0,009 \text{ мм.}$$

Диаметр пуансона рассчитанный по формуле (4.7) равен:

$$d_{\text{П}} = (8.2 + 0,045)^{-0,009} = 8.245^{-0,009} \text{ (мм).}$$

«Расчет диаметра матрицы выполним по формуле»: [2]

$$d_{\text{М}} = (d_{\text{П}} + Z)^{+\delta}, \quad (4.8)$$

Z – это двусторонний зазор при резании;

$$Z = 0,08 \text{ мм (10\% от S);}$$

δ – это допуск (по качеству H7) на изготовление матрицы;

$$\delta = + 0,08 \text{ мм.}$$

Диаметр матрицы рассчитанный по формуле (4.8) равен:

$$d_{\text{М}} = (8.245 + 0,15)^{+0,08} = 8.395^{+0,08} \text{ (мм).}$$

5. ПРИМЕНЕНИЕ CAE-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛИ

В данной ВКР рассмотрены технологические особенности изготовления изделия «Кронштейн крепления основного глушителя», а также исследование процесса моделирования листовой штамповки с помощью программного продукта используемого для CAE-анализа, а именно LS-DYNA и LS-PREPOST. Его преимуществом является способность решить множество задач, тесно связанных с листовой штамповкой:

- 1) Решение задач на проверку деформации, напряжений и т.д.
- 2) Возможность проверки на технологичность процесса при заданных условиях. В данном случае проверка гибки заданной детали.
- 3) Возможность анализа геометрии, созданной в CAE-системах
- 4) Возможность с достаточно большой точностью определить погрешности в изделии и инструменте

В процессе гибки деталей возникает вопрос о повышении качества изделия в сочетании с требуемыми свойствами. Чтобы избежать лишних затрат на испытания был применён способ математического моделирования штамповки при помощи CAD/CAE программных продуктов NX Siemens 9, LS-DYNA. Это позволяет не только избежать перерасхода бюджета, но и существенно снизить затраты на время необходимое на проведение испытаний образцов и проектирования штамповой оснастки.

Математическое моделирование процессов при помощи LS-DYNA позволяет автоматизировать процесс проверки штамповой оснастки.

5.1. Технологические особенности изготовления изделия

«Штампованные изделия классифицируют по их размерам, назначению и технологическим признакам. По размерам рассматриваемое изделие относится к группе мелких изделий (110x75 мм). Технологичность этого изделия

заключается в том, что его форма благоприятна для гибки за счет простоты двухгибочной операции». [22]

«Основные критерии технологичности рассматриваемого изделия»: [22]

а). «возможность получения детали штамповкой при наименьшем числе операций и минимальной трудоемкости»; [22]

б). «минимальные расходы материала»; [22]

в). «наименьшее количество используемого оборудования и штампов»; [22]

г). «высокая производительность операции»; [22]

д). «высокая стойкость штампа». [22]

«Общим показателем технологичности конструкции является наименьшая себестоимость детали». [22]

5.2. Формирование электронных моделей заготовки и инструмента

Выполняется построение модели заготовки в виде поверхности с помощью инструментов программы NX 9.0 по размерам, взятым из расчетов, представленных в разделе 2.1. Формируется модель прямоугольной формы с габаритными размерами (рисунок 5.1): $a = 110$, $b = 75$.

Начальными размерами задано положение детали относительно осевой линии штампа гибки. Поэтому в поперечном сечении форма заготовки симметрична относительно вертикальной оси.

Модель заготовки экспортируется в формате *.igs.

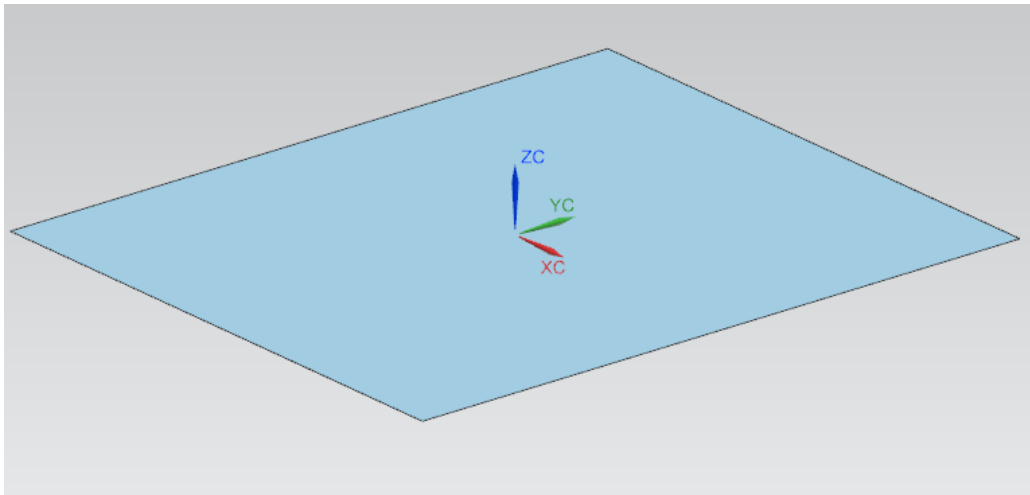


Рисунок 5.1 – Электронная модель заготовки

Аналогичным образом выполняется формирование математических моделей инструментов: пуансона, матрицы и прижима (рисунки 5.2 – 5.4). Модели были сформированы в виде поверхностей на основе контактных рабочих граней модели.

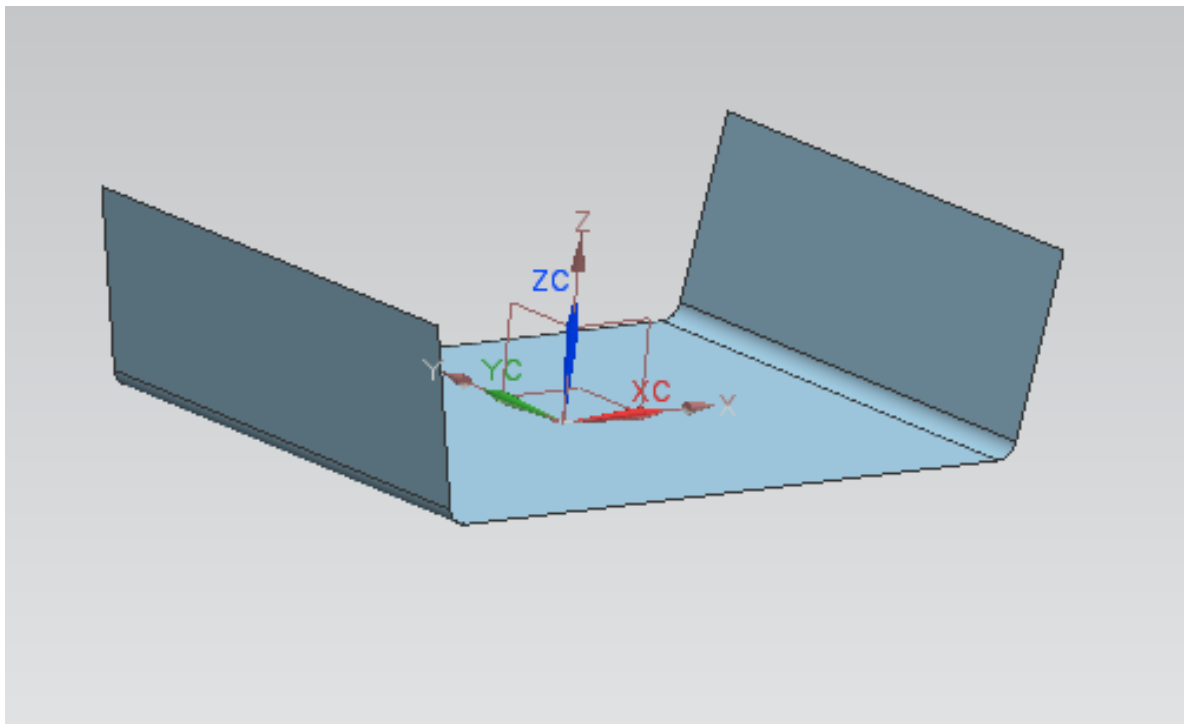


Рисунок 5.2 - Электронная модель пуансона

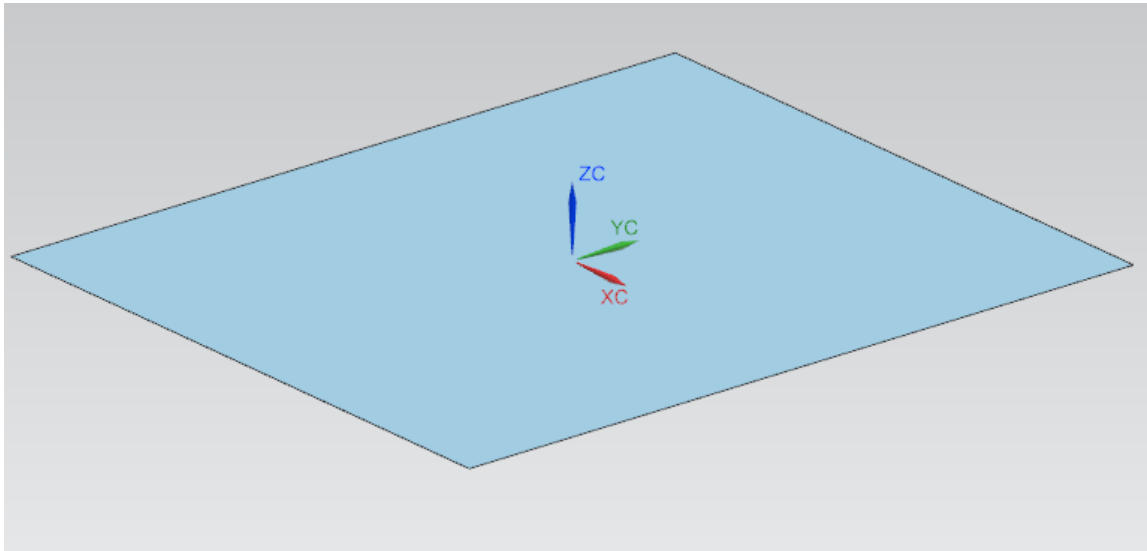


Рисунок 5.3 – Электронная модель прижима

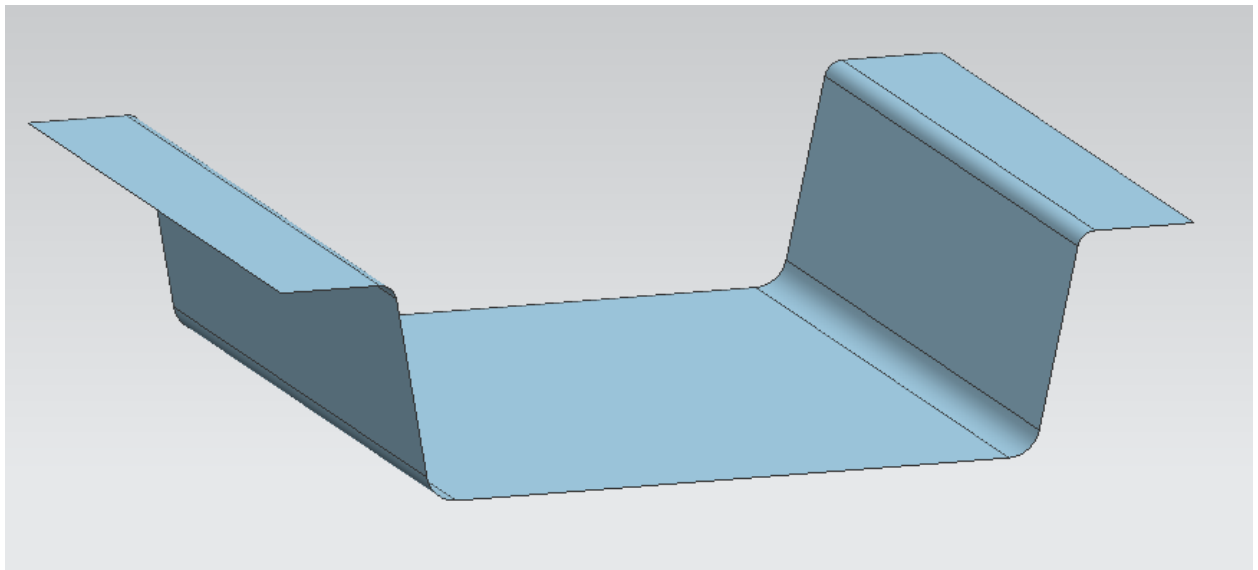


Рисунок 5.4 – Электронная модель матрицы

В NX 9.0 было выполнено позиционирование инструмента относительно заготовки (рисунок 5.5).

Все смоделированные элементы экспортируются в формате IGES в программу LS-PREPOST, для последующей обработки, создания элементной сетки и расчёта процесса.

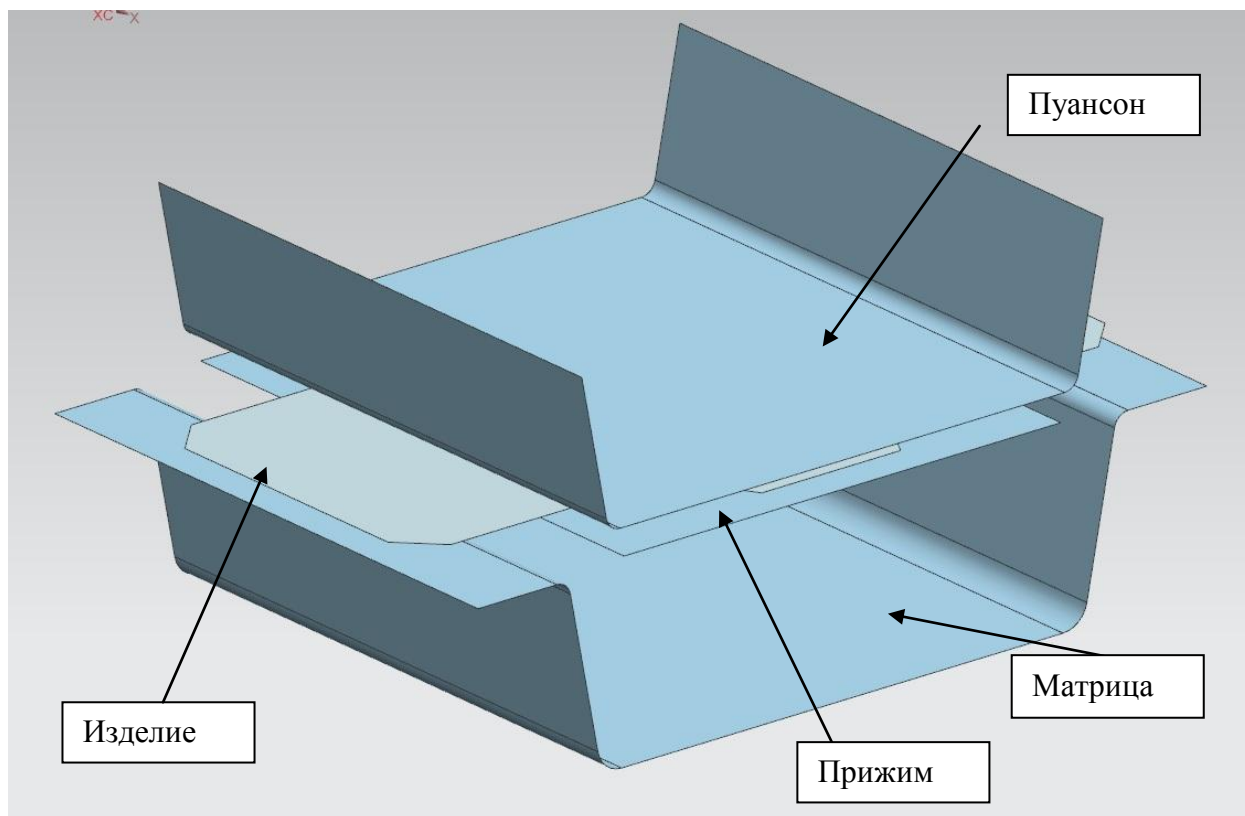


Рисунок 5.5 – Электронное позиционирование инструментов относительно заготовки

5.3. CAE-анализ операции «Гибка»

5.3.1. Основы CAE-анализа в ПО «LS-DYNA»

CAE (Computer-Aided Engineering) – программные системы позволяющие понять, как поведёт себя в реальных условиях сформированная 3D модель изделия. CAE системы выполняют ряд разнообразных задач по расчёту напряжений, деформаций, теплообмена и других параметров сплошных сред. Благодаря широкому перечню возможностей и широкому выбору программного обеспечения CAE системы нашли себе применение во многих отраслях промышленности. CAE технология, заключающаяся в применении компьютерного программного обеспечения для анализа CAD геометрии продукта и испытания его при заданных условиях для улучшения и оптимизации конструкции как самого продукта, так и его инструмента. При помощи CAE можно проводить множество операций, такие как:

- Стресс анализ компонентов и узлов на основе методов конечных элементов
- Термический анализ
- Кинематические исследования
- Оптимизацию продуктов или процессов

Работа с САЕ программами начинается с обработки - предварительного определения характеристик анализируемой модели и учёту факторов внешней среды, воздействующей на продукт. Полученные данные подвергаются анализу и последующему принятию более подходящего решения, необходимого для правильного расчёта.

Главное преимущество систем САЕ заключается в том, что конструктор может без предварительных натурных испытаний провести компьютерное тестирование изготавливаемой модели продукта. Это позволяет увеличить внимание на таких важных направлениях, как повышение безопасности, комфортабельности, долговечности и удобства производимого продукта.

В настоящее время разработчики САЕ систем стремятся увеличить возможности и расширить область применения. В частности перед ними стоят цели:

- Улучшение методов решения задач моделирования.
- Создание новых платформ для интеграции различных САЕ систем.
- Усовершенствование методов построения расчётных сеток, вычислений и других возможностей САЕ систем.
- Оптимизация САЕ систем для компьютерных платформ, как малой мощности, так и многоядерными процессорами.

В основе своей работы они используют различные математические расчёты, такие как метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объёмов. В данной выпускной квалификационной работе, для анализа процесса листовой штамповки использовался метод конечных элементов.

В методе конечных элементов (МКЭ) структура модели представлена набором элементов, которые могут обрабатываться компьютером после того,

как будут разбиты на отдельные части. Основная задача метода конечных элементов заключается в анализе прочности и расчёте задач связанных с деформаций. Так же МКЭ используется для решения множества инженерных задач, таких как задача механики жидкости, сплошных сред, статики и динамики.

Метод конечных элементов является наиболее распространённым среди инструментов используемых для анализа характеристик конструкций, подвергаемых различным нагрузками. МКЭ даёт возможность решать задачи расчёт деталей сложной конструкции, посредством разбивания этих деталей на более мелкие части – конечные элементы.

После того как деталь была разбита на более мелкие элементы расчёты проводятся для отдельных конечных элементов. Точки, соединяющие элементы, называются узлами, и в совокупности образуют конечную элементную сетку.

Для решения задач связанных с методом конечных элементов используют разнообразные программы решатели. В данной ВКР рассматриваются программные продукты LS-PREPOST и LS-DYNA.

LS-PREPOST – программный продукт, предназначенный для создания конечно-элементной модели детали и инструмента. В функционал программы входит, такие важные функции, как задание материала испытуемого продукта, а так же задания всех необходимых условий, таких как расположения испытуемого тела в пространстве, редактирование сетки конечных элементов и геометрии заданных тел и непосредственно выбор моделируемого процесса. В данной ВКР будет рассмотрено несколько этапов работы с LS-PREPOST, а именно моделирования процесса многооперационной вытяжки. Для расчёта процесса созданную модель со всеми установленными данными импортируют в универсальный решатель подобных задач LS-DYNA.

LS-DYNA – многоцелевая программа использующая постановку метода конечных элементов, для расчёта динамических процессов (в том числе и процессов, приводящих в разрушению). Полностью автоматизированный

процесс решения задач, в совокупности с множеством функций по проверке получаемого решения, представляемых программой, позволяет инженерам успешно и без особых затруднений решать сложнейшие задачи, связанные с формированием металла (прокат, выдавливание, штамповка, литьё, вытяжка), анализ безопасности пассажира(используется для проверки взаимодействия подушки человека и виртуальной модели человека), резка металла, инженерный анализ изделий народного потребления, расчёт всевозможных ситуаций связанных с ударами.

Система LS-DYNA применяется в решениях задач холодной объёмной и листовой штамповки, моделирования процессов гибки, обрезки профиля различными видами ножей, вырубки заготовки в лентах, осадки заготовок.

5.3.2. Создание к-файла для параметров материала заготовки

Для расчета операции гибка необходимо было создать “к” –файл материала заготовки.

Материал заготовки – сталь 08Ю.

“к” – файл создавался в текстовом редакторе. Содержание “к” –файла представлено на рисунке 5.6.

```
*KEYWORD
*MAT_TRANSVERSELY_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC
$      MID      RO      E      PR      SIGY      ETAN      R      HLCID
      1 7.8E-09 19.00E+04      0.3      1.6644      10
*DEFINE_CURVE
10
0.0000,198.927
0.002,216.883
0.004,230.133
0.008,249.732
0.015,273.496
0.025,297.053
0.04,322.068
0.07,356.043
0.12,393.183
0.2,432.579
0.3,466.935
0.45,504.203
0.65,540.683
1.0000,586.892
1.5,634.06
*END
```

Рисунок 5.6 - Параметры стали 08Ю в к-файле

Название выбранного типа материала

TRANSVERSELY_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC тип 37.

Данный тип материала предназначен для проведения моделирования поведения анизотропных материалов в процессе листовой штамповки; дополнительно используется задающая кривая, определяющая зависимость между напряжением и деформацией, такой тип материала используется только для оболочечных элементов).

Знак «\$» означает, то, что значения, идущие после этого знака, никак не влияют на геометрию детали.

MID – уникальный числовой номер материала. Значение равно 1.

RO – плотность задаваемого материала. Значение равно 7.80E-09.

E – Модуль Юнга, в данном материале равен 18.00E+04.

PR – Коэффициент Пуансона, значение равно 0.3.

SIGY – предел текучести.

ETAN – модуль пластического упрочнения.

R – коэффициент анизотропии равный 1.

HLCID - кривая нагрузки, определяющей эффективный предел текучести по сравнению с эффективной пластической деформации. Номер кривой 10.

5.3.3. Алгоритм формирования расчетной конечно-элементной модели

Формирование расчетной конечно-элементной модели выполняется в соответствии со следующей последовательностью действий:

1. Импортируется геометрия заготовки, пуансона, матрицы и прижима в формате «iges» в программу LS-PREPOST.
2. Наносится конечно-элементная сетка на поверхность каждой геометрии.
Размер конечных элементов, для пуансона, матрицы и заготовки, равен 5.
Размер элементов, для прижима, равен 11.
3. Вносятся параметры заготовки (в разделе Blank):
 - Выбирается заготовка

- Задаётся тип материала
(TRANSVERSELY_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC тип 37.)
- Устанавливается толщина заготовки равная 1.5 мм

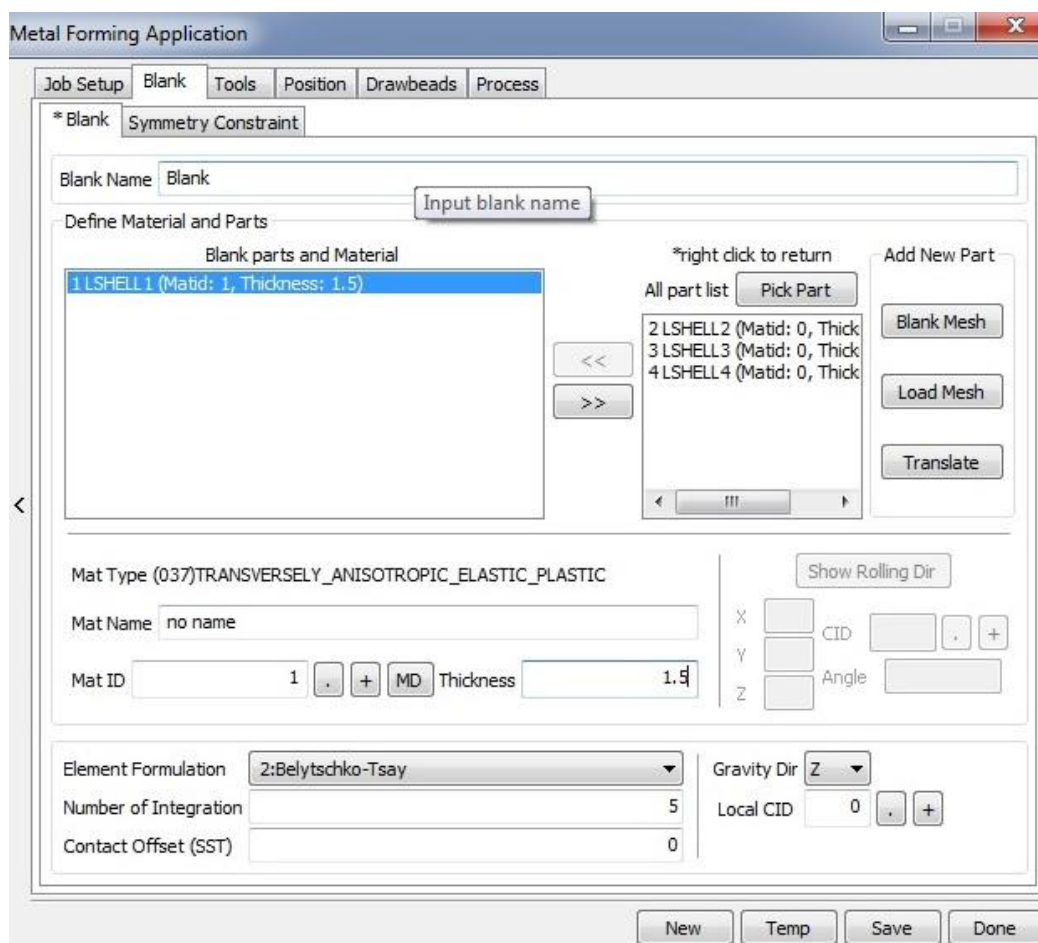


Рисунок 5.7 – Параметры заготовки

4. Задаётся рабочий инструмент (раздел tools):
 - выбираются заданные элементы сетки отдельно для каждого инструмента;
 - указывается положение каждого инструмента относительно заготовки (above - выше заготовки, below - ниже заготовки);
 - вносится коэффициент трения равный 0.125;
 - движение инструментов задается вдоль оси Z.

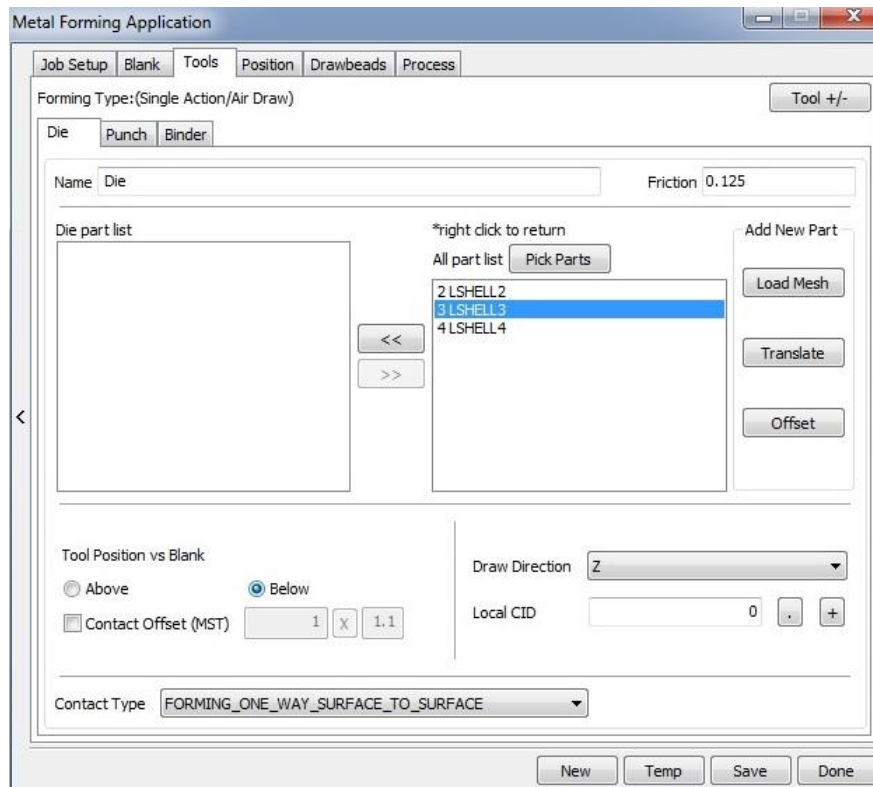


Рисунок 5.8 - Матрица (die)

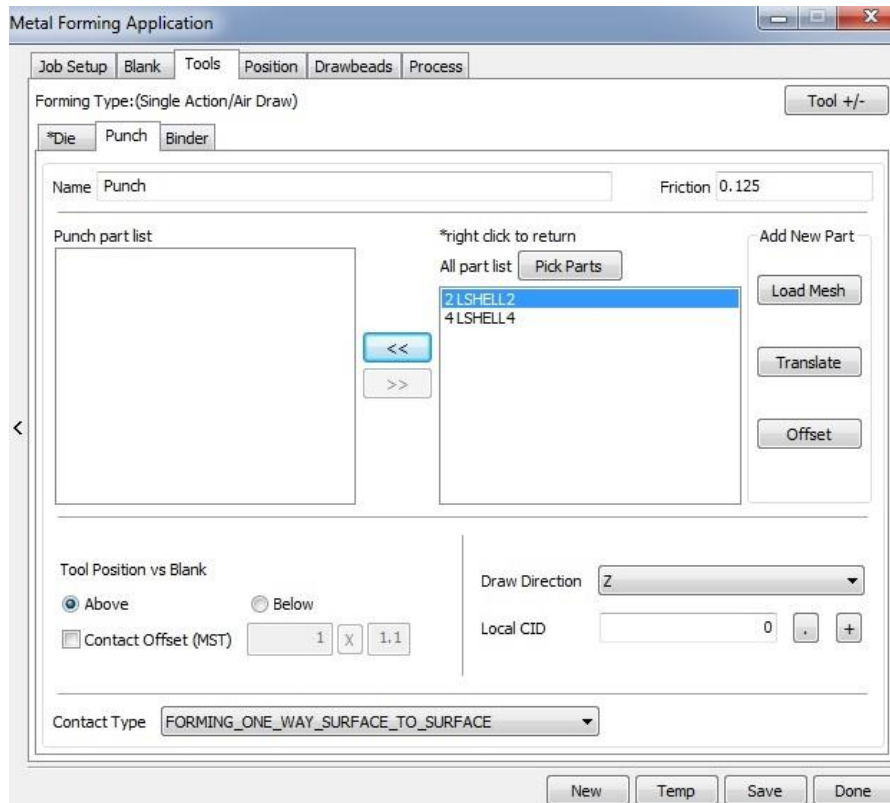


Рисунок 5.9 - Пуансон (punch)

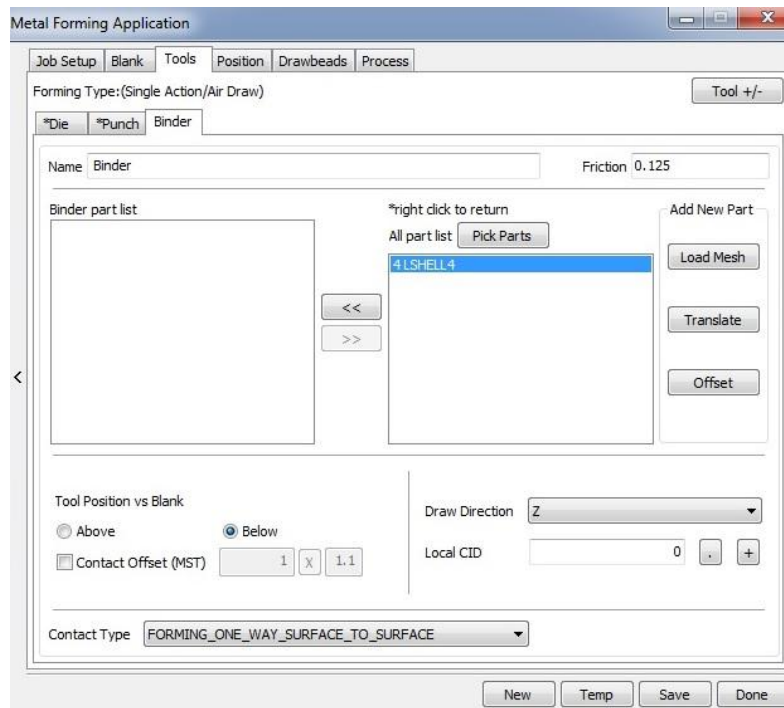


Рисунок 5.10 - Прижим (binder)

- В разделе Position, устанавливается расположение инструмента по оси Z. Выбирается AutoPosition, для автопозиционирования всех моделей в пространстве. После этого действия заготовку передвигать не рекомендуется, так как нарушится позиционирование детали.

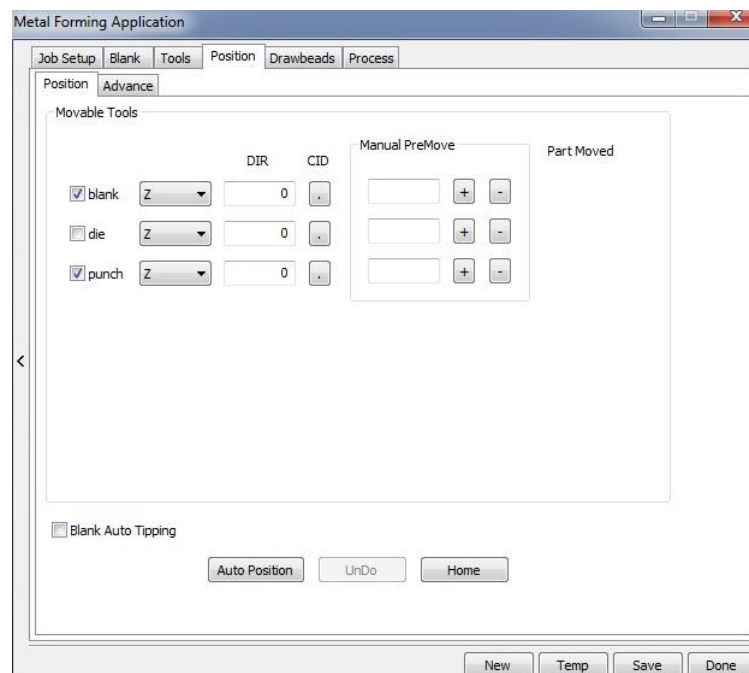


Рисунок 5.11 – Расположение инструмента

6. Вносятся параметры расчета (в разделе Process):

1. пуансон считается неподвижным (stationary);
2. матрица движется к пуансону с определенной скоростью;
3. прижим будет действовать на заготовку с усилием (force).

Сохраняем проект в файл isform.

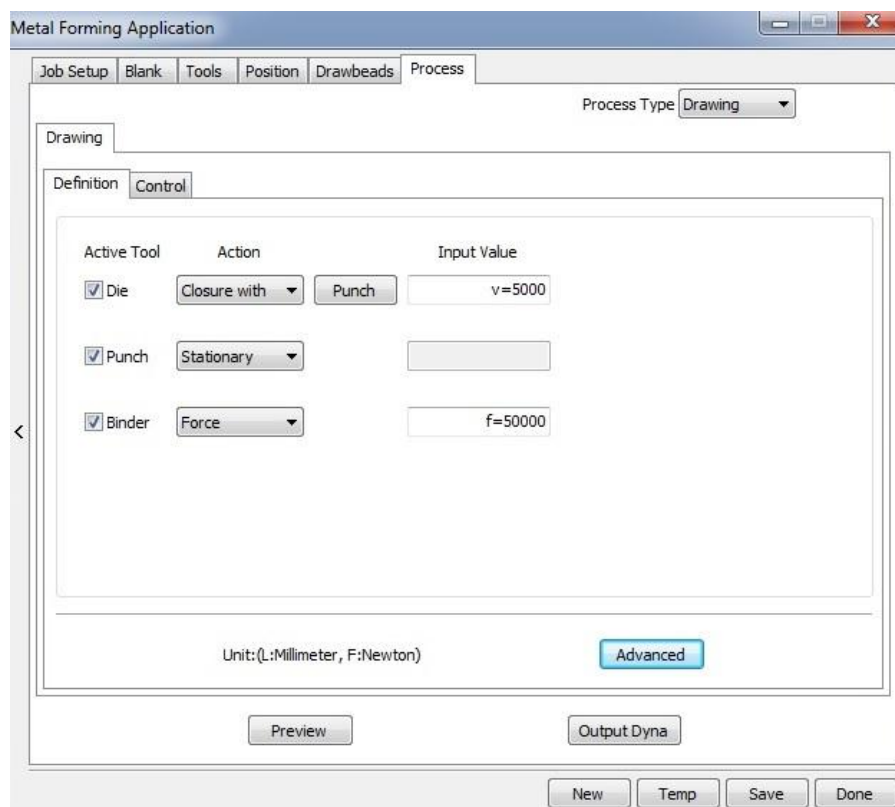


Рисунок 5.12 – Параметры расчета

7. Отправляем файл «isform» в программу LS-DYNA Manager, для расчета процесса гибки. После окончания расчета открываем в LS-Prepost файл «d3plot», для анализа полученного результата.

5.3.4. Анализ результатов расчета процесса гибки

Проведенный анализ полученных результатов в LS-Prepost позволил выполнить оценку процесса гибки по следующим параметрам:

- Утонение материала
- Напряжение (по Мизесу).
- Оценка формуемости по FLD-диаграмме

Анализ утонения (рисунок 5.13) показал максимальное утонение материала равное 11 процентам.

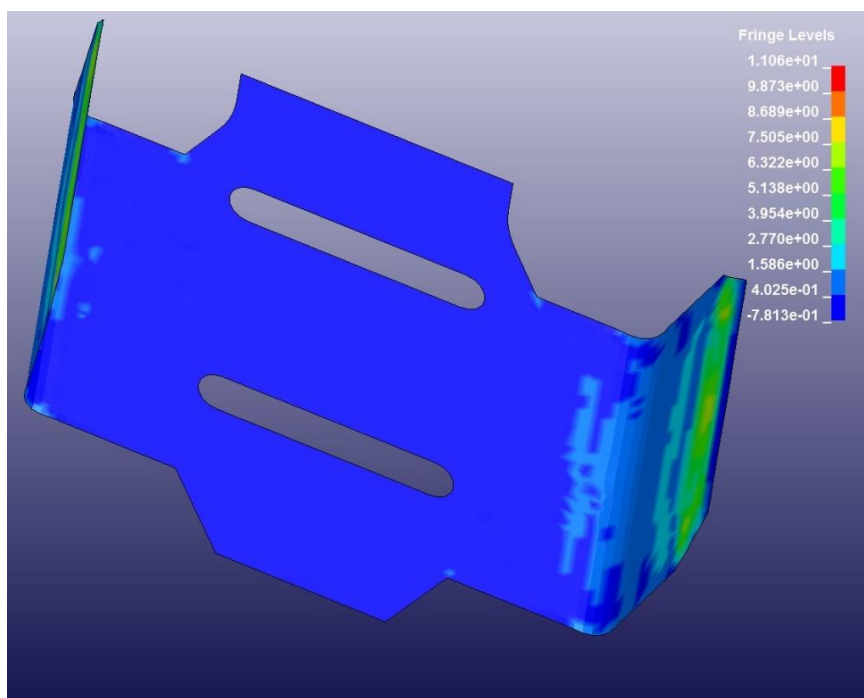


Рисунок 5.13 – Утонение материала

Рассмотрение полей распределения напряжений (по Мизесу) в модели показало максимальное его значение равное 692 МПа (рисунок 5.14).

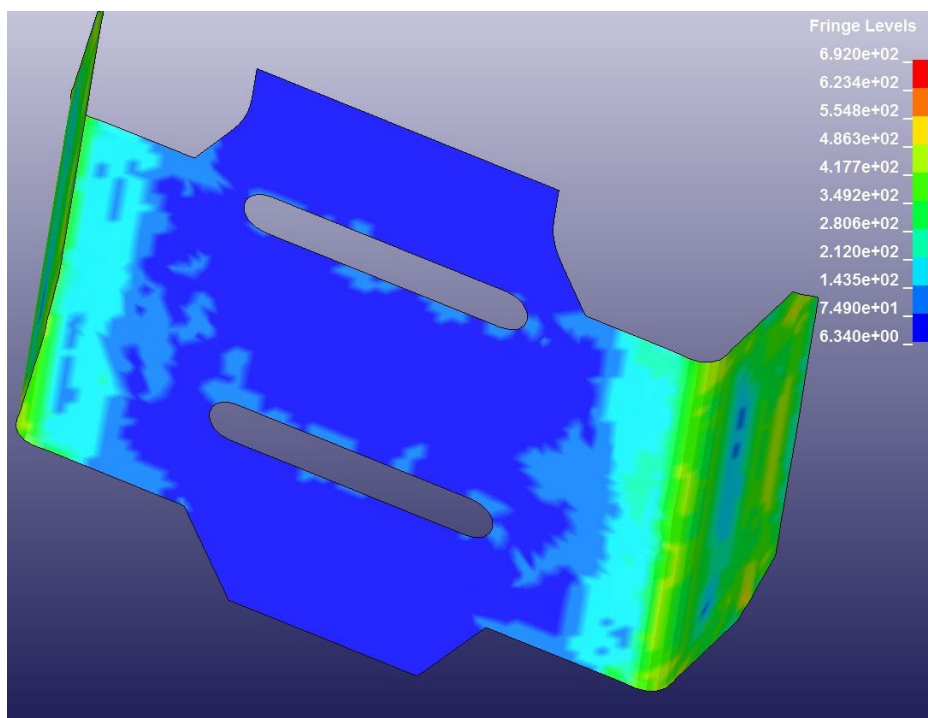


Рисунок 5.14 – Напряжение (по Мизесу)

По FLD-диаграмме (рисунок 5.15) видно, что разрывы, гофры, складки в модели отсутствуют.

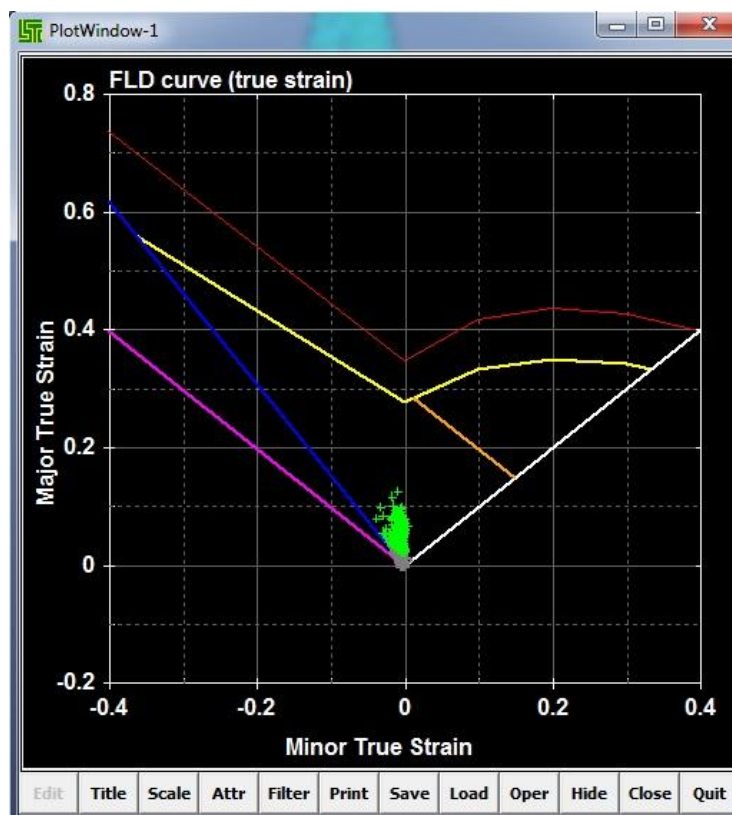


Рисунок 5.15 – FLD-диаграмма

6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА

6.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых операций

Идентифицируем опасные и вредные производственные факторы

Таблица 6.1 – Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологические операции	Должность работника, выполняющего технологические операции	Оборудование	Материал
1	Штамповка	Обрезка и пробивка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
2	Штамповка	Обрезка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
3	Штамповка	Гибка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
4	Штамповка	Гибка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
5	Штамповка	Пробивка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
6	Штамповка	Гибка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
7	Штамповка	Гибка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
8	Штамповка	Гибка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б
9	Штамповка	Вырубка	Оператор штампа	Пресс «БВК-150» 1.5МН	ст. х/к 08Ю ОСВ–II–Б

6.2. Идентификация опасных и вредных производственных факторов прессового производства

Идентификация всех опасных и вредных факторов, имеющих на производстве.

Таблица 6.2 – Опасные и вредные факторы

№п/п	Производственно–технологические и эксплуатационно–технологические операции, виды выполняющихся работ	Опасные и вредные производственные факторы	Источники опасных и вредных производственных факторов
1	Загрузка заготовок и укладка в тары после обрабатывания на прессе	Возможность пореза	Острые кромки, заусенцы заготовок
2	Работа на прессе БВК-150	Производственный шум в цехе и повышенная вибрация	Прессовый и кузнечный цех
3	Движение погрузчиков	Пыль и газы в воздухе рабочего места	Движение погрузчиков, вибрация, металлорежущие станки
4	В крупном цехе	Плохая освещенность рабочего места	Освещение недостаточно мощное
5	Работа с оборудованием	Повышенное напряжение в электрических цепях, замыкание.	Электродвигатель прессы, электрические приводы, проводка
6	Длительная загрузка и укладка заготовок	Нервно–психическая перегрузка	Однообразная работа
7	Длительная загрузка и укладка заготовок	Физическая перегрузка	Нахождение в одном положении

6.3. Мероприятия по разработке безопасных условий труда

Таблица 6.3 – Организационно–технические методы и технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасные и вредные производственные факторы	Организационно–технический метод и технических средств защиты, снижение, устранение опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты работников
1	Подвижная часть оборудования и острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхностях заготовок	–защитное ограждение штампового пространства со стороны фронта и тыла пресса; –сигнал (звуковой) перед пуском; –предохранительное устройство, останавливающее привод при перегрузке; –пульт включения пресса (с двух рук); –автоматизация технологического процесса работы с заготовками.	–костюмы хлопчатобумажные; –кожаные рукавицы; –береты или косынки (хлопчатобумажные); –фартуки; – хлопчатобумажные нарукавники; – защитные очки; –защита рук от масла с помощью пасты «Айро».
2	Производственный шум в цехе и повышенная вибрация	–смазывание трущихся частей пресса; –замена зубчатых передач на передачи с шевронным зацеплением; –применение виброизоляционных фундаментов пресса.	Беруши, ушные вкладыши и наушники.
3	Пыль и газы в воздухе рабочего места	Приточно–вытяжная вентиляция, совмещенная с воздушной системой отопления	Респиратор, полумаска
4	Плохая освещенность на рабочем месте	Расчет и проектирование достаточного освещения	–
5	Повышенное напряжение в электрических цепях, замыкание.	Подключение оборудования к общему контуру заземления.	Прорезиненная или резиновая обувь, перчатки
6	Нервно–психическая перегрузка	Технические перерывы в течение рабочей смены, минуты эмоциональной разгрузки	–
7	Физическая перегрузка	Технические перерывы в течение рабочей смены, разминка	–

6.4. Обеспечение пожаробезопасности на производственном участке

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок	Производственное оборудование	Классификации пожара	Опасный фактор пожара	Сопутствующие проявление фактора пожара
1	Листовая штамповка	Пресс «БВК-150»	В, D, E	–пламя и искры; –тепловой поток; –повышенная температура окружающей среды; –пониженная концентрация кислорода; –снижение видимости в дыму.	Образование в процессе пожара осколков, части разрушившегося строительного сооружения, энергетического оборудования, технологических установок, производственных и инженерно–технологических оборудований.

Таблица 6.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарные инструменты	Пожарная сигнализация, связь и оповещение
Огнетушитель	Пожарный автомобиль	Водяная установка системы пожаротушения	Дымчатый датчик	Рукав пожарный	Противогаз	Пожарные багры	Оповещение о пожаре (звуковые, речевые)
Песок	Пожарная мотопомпа	Газовая установка системы пожаротушения	Тепловой датчик	Пожарные инвентари	Носилки	Пожарный топор	Световой указатель «ВЫХОД»
Кошма	Приспособленные технические средства (тягач, прицеп и трактор).	Порошковая установка системы пожаротушения	Приёмно-контрольный прибор	Колонки пожарные	Костюм защитный	Лопата штыковая	Ручной пожарный извещатель

Таблица 6.6 – Организационные (организационно–технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименования технологических процессов	Наименования организационно–технических мероприятий	Предъявляемое требование по обеспечению пожарной безопасности
Листовая штамповка	<ul style="list-style-type: none"> –обучения персонала требованию ПБ; –соблюдения техник безопасности; –соблюдения последовательности и алгоритма технологических процессов; –наличие первичных средств пожаротушения; –своевременные уборки промасленных ветошей с рабочих мест; –ограничения взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте; –хранения взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ. 	<ul style="list-style-type: none"> –квалифицированность персонала; –обеспечение защитой в помещениях системами обнаружения пожара, оповещение и эвакуация; –наличия систем пожаротушения.

6.5. Экологическая экспертиза объекта, антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименования технических объектов, производственно–технологических процессов	Структурная составляющая технического объекта, производственно–технологических процессов энергетической установки, транспортных средств и т.п.	Негативные воздействия технических объектов на атмосферу	Негативные воздействия технических объектов на гидросферу	Негативные воздействия технических объектов на литосферу
Движение погрузчиков	Транспортные средства на дизельном топливе	Загазованность воздуха	–	–
Производственные и потребительские отходы	Промасленные ветоши, отработанное масло	–	Загрязнения водных источников тяжёлыми металлами и токсинами	Загрязнения почв, грунтовой воды

Таблица 6.8 – Разработанные организационно–технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименования технических объектов	Движение погрузчиков	Производственные и потребительские отходы	
		Промасленные ветоши	Отработанное масло
Мероприятие по снижению негативных антропогенных воздействий на атмосферу	Замена транспортного средства на дизельном топливе, транспортом на электрическом аккумуляторе	–	–
Мероприятие по снижению негативных антропогенных воздействий на гидросферу	–	Полная утилизация	Полные или частичные восстановления качества отработанных масел с целью повторных использований по прямому назначению

Продолжение таблицы 6.8

Мероприятие по снижению негативных антропогенных воздействий на литосферу	–	Полная утилизация	Полные или частичные восстановления качества отработанных масел с целью их повторных использований по прямому назначению
---	---	-------------------	--

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

1.В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса листовой штамповки, перечислены технологические операции, должности работников, инженерно–техническое оборудование, расходные материалы (таблица 6.1).

2.Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки. Идентифицированы опасные и вредные производственные факторы (таблица 6.2).

3.Разработаны организационно–технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 6.3).

4.Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 6.6).

5.Идентифицированы экологические факторы (таблица 6.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 6.8).

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов

В данной части выпускной квалификационной работы необходимо провести сравнительный экономический анализ двух вариантов изготовления изделия «Кронштейн крепления основного глушителя». В существующем технологическом процессе для изготовления изделия проводится 10 операций. В проектном технологическом процессе сокращается количество операций. Также изменяется раскрой материала, и экономия, в основном, происходит за счет уменьшения отходов.

Расчетные данные

1. Эффективный фонд времени работы оборудования (7.1):

$$\Phi_{\text{Э}} = (D_{\text{раб}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пред}} \cdot T_{\text{сокр}}) \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.п}}), \quad (7.1)$$

Где $D_{\text{раб}}$ – это рабочие дни;

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

$D_{\text{пред}}$ – это предпраздничные дни;

$T_{\text{сокр}}$ – это сокращение времени в предпраздничный день;

S – это число смен;

$k_{\text{р.п}}$ – коэффициент, время на ремонт оборудования.

$$\Phi_{\text{Э}} = (247 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 2 \cdot (1 - 0,05) = 3745 \text{ ч.}$$

2. Эффективный фонд времени рабочих (7.2):

$$\Phi_{\text{э.р.}} = 30\% \cdot \Phi_{\text{Э}}, \quad (7.2)$$

где $\Phi_{\text{Э}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования.

$$\Phi_{\text{э.р.}} = 30\% \cdot 3745 = 1124 \text{ ч.}$$

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

Таблица 7.1 – Общие исходные данные

№	Показатели	Обозначение	Значение	
1.	Выпуск деталей в год, шт.	$N_{Г}$	120000	
2.	Эффективное время работы, час: - оборудование - рабочий	$\Phi_{Э}$	3745	
		$\Phi_{Э.Р.}$	1124	
3.	Коэффициент на выполнение нормы	$K_{ВН}$	1,1	
4.	Коэффициент на многостаночное обслуживание	$K_{МН}$	1,0	
5.	Коэффициент на потерю времени из за отпуска рабочих, %	$K_{О}$	11,8	
6.	Коэффициент монтажа: - себестоимость - капитальные вложения	$K_{МОНТ}$	1,1	
			0,1	
7.	Стоимость материала, руб./кг.	$\Pi_{М}$	48	
8.	Стоимость отходов (материал), руб./кг	$\Pi_{ОТХ}$	2	
9.	Вес заготовки, кг.	$M_{З}$	0,113	0,097
10.	Вес отходов (материал), кг.	$M_{ОТХ}$	0,059	0,043
11.	Коэффициент на затраты транспортно – заготовительные	$K_{ТЗ}$	1,014	
12.	Коэффициент доплаты (от 3 до 5 разряда):			
А)	Часовой фонд зарплаты	$K_{ДОП}$	1,08	
Б)	Профессионализм	$K_{ПФ}$	1,16	
В)	Рабочие условия	$K_{У}$	1,12	
Г)	Ночные и вечерние часы работы	$K_{Н}$	1,2	
Д)	Премия	$K_{ПР}$	1,1	
Е)	Социальные нужды	$K_{С}$	1,262	
	Итого: $K_{ЗПЛ} = K_{Д} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{У} \cdot K_{Н} \cdot K_{ПР} \cdot K_{С}$	$K_{ЗПЛ}$	6,922	
13.	Коэффициент по мощности (загрузка оборудования)	$K_{М}$	0,8	
14.	Коэффициент по времени (загрузка оборудования)	$K_{В}$	0,7	
15.	Коэффициент на потерю в сети	$K_{П}$	1,03	
16.	Коэффициент на работу электродвигателей одновременно	$K_{ОД}$	0,8	
17.	Реализация, %: от Ц: - оборудования - штампа	$V_{Р}$	5	
		$V_{Р.И.}$	15	
18.	Норма амортизация, %	$N_{А}$	6	

Продолжение таблицы 7.1

19.	Общепроизводственные (цеховых) расходы	$K_{\text{ЦЕХ}}$	1,72
20.	Тарифная ставка, руб./час: - рабочий (3 разряд) - наладчик (5 разряд)	$C_{\text{Т}}$ $C_{\text{Т}}$	66,71 79,89
21.	Стоимость, электроэнергия, руб./кВт	$\text{Ц}_{\text{Э}}$	2,435
22.	Стоимость, площадь, руб./м ²	$\text{Ц}_{\text{Пл}}$	4500
23.	Экономическая эффективность	$E_{\text{н}}$	0,33

Таблица 7.2 – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/п	Наименование	Усилие оорудован ия Р, МН	Нормы времени, мин.		Мощность оборудова ния $M_{\text{у}}$, кВт	Площадь оборудова ния $S_{\text{у}}$, м ²	Стоимость оборудовани я, руб.
			$T_{\text{шт}}$	$T_{\text{маш}}$			
	Существующий						
1	БВК-150	1,5	0,019	0,015	112	110	7140403
	Проектный						
1	БВК-150	1,5	0,019	0,015	112	110	7140403

Таблица 7.3 – Исходные данные о штамповой оснастке

№	Наименование	Стойкость штамповой оснастки ударов $T_{\text{и.шт.}}$	Стоимость штамповой оснастки $\text{Ц}_{\text{шт}}$, руб.
	Существующий вариант		
1	Штамп для обрезки	600000	38500
2	Штамп для пробивки	200000	40000
3	Штамп для обрезки	600000	36000
4	Штамп для гибки	1000000	40000
5	Штамп для гибки	1000000	40000
6	Штамп для пробивки	200000	45000
7	Штамп для гибки	1000000	40000
8	Штамп для гибки	1000000	40000
9	Штамп для гибки	1000000	40000
10	Штамп для вырубки	600000	45000
	Проектный вариант		
1	Штамп для обрезки-пробивки	200000	28500
2	Штамп для обрезки	600000	26000
3	Штамп для гибки	1000000	35000
4	Штамп для гибки	1000000	35000
5	Штамп для пробивки	200000	40000
6	Штамп для гибки	1000000	35000
7	Штамп для гибки	1000000	35000
8	Штамп для гибки	1000000	35000
9	Штамп для вырубки	600000	40000

7.3. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки

Таблица 7.4 – Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	Число оборудования, нужное для выполнения программы выпуска в год, шт.	$N_{об} = t_{шт} \times N_{Г} / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60)$ $n_{об}^{сущ} = 0,019 \cdot 120000 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,009 \approx 1$ $n_{об}^{пр} = 0,019 \cdot 120000 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,009 \approx 1$	1	1
2	Коэффициент загрузки оборудования	$K_3 = n_{об.}^{Расч} / n_{об.}^{Пр}$ $K_3^{сущ} = 0,009 / 1 = 0,009$ $K_3^{пр} = 0,009 / 1 = 0,009$	0,009	0,009
3	Количество рабочих-операторов, нужное для выполнения программы деталей в год, чел.	$P_{оп} = [t_{шт} \times N_{Г} \cdot (1 + K_0/100)] / (\Phi_{Эр} \times K_{МН} \times 60)$ $P_{оп}^{сущ} = [0,019 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8/100)] / (124 \cdot 1 \cdot 60) = 0,04 \approx 1 \cdot 1_{оп} \cdot 2_{см} = 2$ $P_{оп}^{пр} = [0,019 \cdot 120000 \cdot (1 + 11,8/100)] / (124 \cdot 1 \cdot 60) = 0,04 \approx 1 \cdot 1_{оп} \cdot 2_{см} = 2$	2	2
4	Количество штампов для выполнения программы в год, шт.	$n_{штамп} = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $n_{шт}^{обр} = 120000 / 600000 = 0,2 \approx 1$ $n_{шт}^{гиб} = 120000 / 1000000 = 0,12 \approx 1$ $n_{шт}^{проб} = 120000 / 200000 = 0,6 \approx 1$ $n_{шт}^{выр} = 120000 / 600000 = 0,2 \approx 1$	10	9

7.4. Расчет капитальных вложений

Таблица 7.5 – Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	Капитальные вложения, которые вкладываются в оборудование, руб.	$K_{\text{ОБ}} = n_{\text{ОБ}} \times \Pi_{\text{ОБ}} \times K_3$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{сущ}} = 1 \cdot 7140403 \cdot 0,009 = 64264$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{пр}} = 1 \cdot 7140403 \cdot 0,009 = 64264$	64264	-
2	Дополнительные капвложения, руб. :			
А.	Доставка и монтаж оборудования, руб.	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ}} \times K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{сущ}} = 64264 \cdot 0,1 = 6426,4$ $K_{\text{М}}^{\text{пр}} = 64264 \cdot 0,1 = 6426,4$	6426,4	-
Б.	Штамповая оснастка, руб.	$K_{\text{И}} = \Pi_{\text{ШТ}} \times n_{\text{ШТ}}$ $K_{\text{И}}^{\text{сущ}} = 38500 + 40000 + 36000 + 40000 + 40000 + 45000 + 40000 + 40000 + 40000 + 45000 = 404500$ $K_{\text{И}}^{\text{пр}} = 28500 + 26000 + 35000 + 35000 + 40000 + 35000 + 35000 + 35000 + 40000 = 309500$	404500	309500
В.	Производственная площадь, руб.	$K_{\text{ПЛ}} = n_{\text{ОБ}} \times S_{\text{У}} \times \Pi_{\text{ПЛ}} \times K_3$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{сущ}} = 1 \cdot 110 \cdot 4500 \cdot 0,009 = 4455$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{пр}} = 1 \cdot 110 \cdot 4500 \cdot 0,009 = 4455$	4455	4455
	Итого	$K_{\text{СОП}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{ПЛ}}$ $K_{\text{СОП}}^{\text{сущ}} = 6426,4 + 404500 + 4455 = 4055881,4$ $K_{\text{СОП}}^{\text{пр}} = 0 + 309500 + 4455 = 309500$	405588	309500
3	Общие капвложения, руб.	$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{СОП}}$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{сущ}} = 64264 + 405588 = 469852$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{пр}} = 309500$	469852	309500
4	Капитальные вложения (удельные), руб.	$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{УД}}^{\text{сущ}} = 469852 / 120000 = 3,9$ $K_{\text{УД}}^{\text{пр}} = 309500 / 120000 = 2,6$	3,9	2,6

7.5. Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

Таблица 7.6 – Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	Материальные расходы, руб.	$M = (M_3 \times \Pi_M \times K_{T3}) - (M_{OTX} \times \Pi_{OTX})$ $M^{сущ} = (0,113 \cdot 48 \cdot 1,014) - (0,059 \cdot 2) = 5,4$ $M^{пр} = (0,097 \cdot 48 \cdot 1,014) - (0,043 \cdot 2) = 4,64$	5,38	4,64
2	Зарплата рабочим-операторам, руб.	$З_{ПЛ} = P \times C_T \times \Phi_{ЭР} \times K_{ЗПЛ} \times K_3 / N_{Г}$ $З_{ПЛ}^{сущ} = 2 \cdot 66,71 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,009 / 120000 = 0,08$ $З_{ПЛ}^{пр} = 2 \cdot 66,71 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,009 / 120000 = 0,08$	0,08	0,08
3	Расходы на амортизацию и эксплуатацию оборудования, руб.	$P_A = [(\Pi_{ОБ} \times (1 - B_p)) \times H_A \times t_{ШТ} \times 1,3] / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60 \times 100)$ $P_A^{сущ} = [(7140403 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 6 \cdot 0,019 \cdot 1,3] / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) = 0,04$ $P_A^{пр} = [(7140403 \cdot (1 - 0,05)) \cdot 6 \cdot 0,019 \cdot 1,3] / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) = 0,04$	0,04	0,04
4	Затраты на электроэнергию, руб.	$P_{Э} = (M_y \times t_{МАШ} \times K_{ОД} \times K_M \times K_{В} \times K_{П} \times \Pi_{Э}) / (КПД \times 60)$ $P_{Э}^{сущ} = (112 \cdot 0,015 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,435) / (0,75 \cdot 60) = 0,04$ $P_{Э}^{пр} = (112 \cdot 0,015 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,435) / (0,75 \cdot 60) = 0,04$	0,04	0,04

Продолжение таблицы 7.6

5	Расходы на амортизацию штамповых инструментов, руб.	$P_{И} = (\Pi_{штг} \cdot [1 - B_{р.и.}]) / T_{и.штг.}$ $P_{И}^{обр} = (385000 \cdot [1 - 0,15]) / 600000 = 0,55$ $P_{И}^{проб} = (400000 \cdot [1 - 0,15]) / 200000 = 1,7$ $P_{И}^{обр} = (360000 \cdot [1 - 0,15]) / 600000 = 0,51$ $P_{И}^{гиб} = (400000 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000 = 0,55$ $P_{И}^{проб} = (450000 \cdot [1 - 0,15]) / 200000 = 1,91$ $P_{И}^{выр} = (450000 \cdot [1 - 0,15]) / 600000 = 0,64$ $P_{И}^{(обр-проб)} = (285000 \cdot [1 - 0,15]) / 200000 = 1,21$ $P_{И}^{обр} = (260000 \cdot [1 - 0,15]) / 600000 = 0,37$ $P_{И}^{гиб} = (350000 \cdot [1 - 0,15]) / 1000000 = 0,3$ $P_{И}^{проб} = (400000 \cdot [1 - 0,15]) / 200000 = 1,7$ $P_{И}^{выр} = (400000 \cdot [1 - 0,15]) / 600000 = 0,57$ $P_{(И.обш)}^{сущ} = 7,01$ $P_{(И.обш)}^{пр} = 5,35$	0,701	0,535
6	Затраты на производственную площадь, руб.	$P_{пл} = S_{у} \times n_{об} \times \Pi_{пл} \times K_3 / N_{г}$ $P_{пл}^{сущ} = 110 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,009 / 120000 = 0,037$ $P_{пл}^{пр} = 110 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,009 / 120000 = 0,037$	0,037	0,037
7	Зарплата наладчикам, руб.	$З_{нал} = (n_{об} \times C_{т} \times \Phi_{эр} \times K_{зпл} \times K_3) / (n_{обсл} \times N_{г})$ $З_{нал}^{сущ} = (1 \cdot 79,89 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,009) / (0,5 \cdot 120000) = 0,09$ $З_{нал}^{пр} = (1 \cdot 79,89 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,009) / (0,5 \cdot 120000) = 0,09$	0,09	0,09
8	Технологическая себестоимость, руб.	$C_{тех} = M + З_{пл} + P_{а} + P_{э} + P_{и} + P_{штг} + З_{нал}$ $C_{тех}^{сущ} = 5,38 + 0,08 + 0,04 + 0,04 + 0,701 + 0,037 + 0,09 = 6,37$ $C_{тех}^{пр} = 4,64 + 0,08 + 0,04 + 0,04 + 0,535 + 0,037 + 0,09 = 5,46$	6,37	5,46
9	Общие затраты на производстве, руб.	$P_{цех} = З_{пл} \times K_{цех}$ $P_{цех}^{сущ} = 0,08 \cdot 1,72 = 0,14$ $P_{цех}^{пр} = 0,08 \cdot 1,72 = 0,14$	0,14	0,14
10	Общая себестоимость производственная (цеховая), руб.	$C_{цех} = P_{цех} + C_{тех}$ $C_{цех}^{сущ} = 0,14 + 6,37 = 6,5$ $C_{цех}^{пр} = 0,14 + 5,46 = 5,6$	6,5	5,6

7.6. Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта

Таблица 7.7 – Экономическая эффективность

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
Условная экономия в год от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{цех}}^{\text{сущ}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (6,5 - 5,6) \cdot 120000 = 108000$	108000	
Приведенные затраты, руб.	$З_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$ $З_{\text{пр}} = 6,5 + 0,33 \cdot 3,9 = 7,79$ $З_{\text{пер}}^{\text{пр}} = 5,6 + 0,33 \cdot 2,6 = 6,46$	7,79	6,46
Экономический эффект в год, руб.	$\mathcal{E}_{\text{г}} = (З_{\text{пер}}^{\text{сущ}} - З_{\text{пер}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{г}} = (7,79 - 6,46) \cdot 120000 = 159600$	159600	
Окупаемость, год	$T_{\text{ок}} = K_{\text{и}}^{\text{пр}} / \mathcal{E}_{\text{уг}}$ $T_{\text{ок}} = 309500 / 108000 = 2,8 \approx 3$	3	

Вывод

В результате внедрения нового технологического процесса изготовления изделия «Кронштейн крепления основного глушителя» себестоимость продукта уменьшилась с 6,5 рублей до 5,6 рублей, т.е. на 0,9 рублей (13.8%) за счет изменения раскроя материала в проектном технологическом процессе.

Экономический эффект за год после внедрения нового технологического процесса составил 159600 рублей, срок окупаемости штамповой оснастки составил 3 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе (ВКР) был разработан технологический процесс изготовления изделия «Кронштейн крепления основного глушителя». Были сделаны основные расчеты для разработанного технологического процесса. Выбрано оборудование для производства рассматриваемого изделия. Проведены требуемые прочностные и конструкторские расчеты. Проведен САЕ-анализ операции «Гибка». В результате проведенного моделирования, были получены данные об утонение материала, данные пластичности Мизеса, а так же была получена FLD-диаграмма, по которой было выявлено, что во время гибки разрывов в модели нет. Проведен анализ опасных и вредных факторов, имеющих место на участке изготовления изделия, а также разработан перечень мероприятий по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду. Рассчитана себестоимость изготовления изделия и условно-годовая экономика от внедрения нового раскроя материала и усовершенствование технологического процесса. На основании всех проделанных расчетов и исследований, делаем вывод о том, что цель данной ВКР достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Blister, W. Institute of Materials Science, Savanoriu //W. Blister, Lithuania SAE Technical Paper 973245 1996
2. Kaunas, J. Faculty of Design and Technologies, University of Technology// J. Kaunas, SAE Technical Paper 980437 1997
3. Keeler, S., Determination of Forming Limits in Automotive Stampings//S. Keeler, SAE Technical Paper 650535, 1965.
4. Nakagawa, N. Finite Element Simulation of Stamping a Laser-Welded Blank / N. Nakagawa, S. Ikura, F. Natsumi, N. Iwata // SAE Technical Paper. № 930522, 1993.
5. Nakamachi, E. Wagoner, R., Development of FEM for Sheet Metal Stamping//E. Nakamachi, R. Wagoner, SAE Technical Paper 880528, 1988.
6. Александрова, Н. В. Расчет затрат на изготовление и производство продукции/Н.В. Александрова, Метод. указание. Тольятти: ТГУ, 2002.
7. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке.– 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979.
8. Григорьев, Л.Л. Холодная штамповка: Справочник / Л.Л. Григорьев, К.М. Иванов, Э.Е. Юргенсон; Под ред. Л.Л. Григорьева. – СПб.: Политехника, 2009.
9. Горина, Л.Н. Инженерные расчеты уровней опасных и вредных производственных факторов / Л.Н. Горина, В.Е. Ульянова, М.И. Фесина. Учебное пособие – Тольятти: ТГУ, 2005.
- 10.Зубцов, М.Е. Листовая штамповка/М.Е. Зубцов, – Л.: Машиностроение, 1980.
11. Килов, А.С. Килов, К.А. Листовая штамповка / А.С. Килов, К.А. Килов, Учебное пособие: Получение заготовок из листового материала и гнутые профили: - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004.
- 12.Попов, Е.А. Теория листовой штамповки / Е.А. Попов, – Л.: Машиностроение, 1973.

13. Ключко, С.Л. Выпускная квалификационная работа / С.Л. Ключко, Учебное пособие. – Тольятти: ТолГУ, 2005.
14. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. Справочник – Машиностроение, 1979.
15. Скворцов, Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки / Г.Д. Скворцов. М.: Машиностроение, 1974
16. Скрипачев, А.В. Матвеев И.Н. Технологичность листовых штампованных деталей / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеев, Методические указания по технологии листовой штамповки. – Тольятти: ТолПИ, 1992.
17. Скрипачев, А.В. Листовая штамповка облицовочных деталей / А.В. Скрипачев. Учебное пособие – Тольятти: ТолПИ, 2006.
18. Скрипачев, А.В. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Технология листовой штамповки». Вытяжка / А.В. Скрипачев. Справочник – Тольятти: ТолПИ, 1992.
19. Ширяев, Е.В. Проектирование технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой/Е.В. Ширяев, Учебное пособие. М.: ГОУ ВПО "МАТИ" - Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского, 2008 г.
20. Якуничев, Е.В. Технология холодной штамповки / Е.В. Якуничев, Сборник задач. – Тольятти: ТолПИ, 1991.
21. Банкетов, А.Н. Бочаров, Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование / А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, – М.: Машиностроение, 1982.
22. Скрипачев, А.В. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеев. – Тольятти: ТолПИ, 1992.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
			17.БР.СОМДyP.574.61.00.000	Сборочный чертеж			
<u>Детали</u>							
Состав №		1	17.БР.СОМДyP.574.61.00.001	Плансон	1		
		2	17.БР.СОМДyP.574.61.00.002	Держатель	1		
		3	17.БР.СОМДyP.574.61.00.003	Опора	2		
		4	17.БР.СОМДyP.574.61.00.004	Плансон	2		
		5	17.БР.СОМДyP.574.61.00.005	Вставка плиты	1		
		6	17.БР.СОМДyP.574.61.00.006	Плансон	1		
		7	17.БР.СОМДyP.574.61.00.007	Прокладка	2		
		8	17.БР.СОМДyP.574.61.00.008	Плансон 1 гудки	1		
		9	17.БР.СОМДyP.574.61.00.009	Опора	1		
		11	17.БР.СОМДyP.574.61.00.011	Плансон	1		
		12	17.БР.СОМДyP.574.61.00.012	Держатель	1		
		13	17.БР.СОМДyP.574.61.00.013	Выталкиватель	1		
		14	17.БР.СОМДyP.574.61.00.014	Плансон 4 гудки	1		
		15	17.БР.СОМДyP.574.61.00.015	Опора	1		
		16	17.БР.СОМДyP.574.61.00.016	Плансон 5 гудки	1		
		17	17.БР.СОМДyP.574.61.00.017	Опора	1		
		18	17.БР.СОМДyP.574.61.00.018	Держатель	1		
		19	17.БР.СОМДyP.574.61.00.019	Плансон	1		
		21	17.БР.СОМДyP.574.61.00.021	Опора	1		
		22	17.БР.СОМДyP.574.61.00.022	Лоток	1		
				17.БР.СОМДyP.574.61.00.000			
	Изд. №	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Последовательный штамп
Разраб.		Захаров М. В.					
Проф.		Шенбергер П. Н.					
Н.контр.		Виткалов В. Г.					
	Утв.	Ельчаев В. В.					
						Лист 1 Листов 4 ТГУ, ИМ, гр. МСБ-1301 Формат А4	

Формат		Зона	№	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
			23	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.023	Уголок	2		
			24	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.024	Подъемник	2		
			25	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.025	Подкладка	1		
			26	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.026	Плансон 3 гребки	1		
			27	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.027	Прижим	1		
			28	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.028	Секция матрицы	1		
			29	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.029	Секция матрицы	1		
			31	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.031	Подкладка	1		
			32	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.032	Секция матрицы	1		
			33	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.033	Секция матрицы	1		
			34	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.034	Подкладка	1		
			35	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.035	Секция матрицы	2		
			36	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.036	Секция матрицы	1		
			37	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.037	Противоотжим	4		
			38	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.038	Секция матрицы	1		
			39	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.039	Подкладка	1		
			41	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.041	Прижим	1		
			42	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.042	Секция матрицы	1		
			43	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.043	Секция матрицы	1		
			44	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.044	Секция матрицы	1		
			45	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.045	Подкладка	1		
			46	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.046	Секция съемника	1		
			47	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.047	Секция съемника	1		
			48	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.048	Секция съемника	1		
			49	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.049	Секция съемника	1		
			51	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.051	Секция съемника	1		
			52	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.052	Секция съемника	1		
			53	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.053	Секция съемника	1		
			54	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.054	Плансон	1		
			55	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.055	Подставка	1		
			56	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.056	Прокладка	1		
			57	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.057	Плансон	1		
№ п/п	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.000		Лист
								2

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		58	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.058	Подставка	1	
		59	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.059	Прокладка	1	
		61	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.061	Обойма матрицы	1	
		62	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.062	Скоба	2	
		63	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.063	Пуансон 2 гребки	2	
		64	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.064	Скоба	2	
		65	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.065	Скоба	6	
		66	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.066	Пуансон правки	2	
		67	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.067	Пуансон	1	
		68	17.БР.СОМДиРП.574.61.00.068	Подкладка	1	
				Стандартные изделия		
		4		Опора $\phi 14 \times 34$	1	
		70		Ловитель $\phi 11 \times 32$	6	
		71		Пакет пружин	26	
		72		Отлипател	14	
		73		Пружина $16 \times 2 \times 522$ ГОСТ 18793-80	1	
		74		Пружина $22 \times 3.5 \times 74.2$ ГОСТ 18793-80	10	
		75		Подъемник $l=68$	8	
		76		Ролик $l=80$	3	
		77		Ролик	2	
		78		Контр приспособ.	1	
		79		Ограничитель	8	
		80		Отлипател $\phi 12$	2	
		81		Пружина $12 \times 1.6 \times 29.8$ ГОСТ 18793-80	2	
		82		Пружка M14x15	2	
		83		Ограничитель	6	
		84		Ограничитель	6	
		85		Штифт 10п6x40	55	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

17.БР.СОМДиРП.574.61.00.000

Лист
3

Копировал

Формат А4

