

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 «Поперечина пола средняя»

Студент(ка)

А.В. Павлов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Т.С. Пчелинцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

К.Ш.Нуров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

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

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

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «СОМДиРП»

_____ В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Павлов Андрей Владимирович

1. Тема: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Поперечина пола средняя»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы _____

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) безопасность и экологичность технического объекта; 6) технико-экономическое обоснование проекта.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала: сравнительный технологический процесс (А0 – 1 лист), комплекс оборудования (А0 – 1 лист), штамп для вытяжки: разрезы А-А, Б-Б, Г-Г (А0 – 1 лист), штамп для вытяжки: разрез В-В (А1 – 1 лист), штамп для вытяжки: план низа (А0 – 1 лист).

6. Консультанты по разделам И.В. Краснопевцева, К.Ш. Нуров

7. Дата выдачи задания « ____ » _____ 2016 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

Т.С. Пчелинцева

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

А.В. Павлов

(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
(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Студента: Павлова Андрея Владимировича

по теме: «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки

для изготовления детали «Поперечина пола средняя»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Анализ технологических показателей исходных данных	21.03.2016	21.03.2016	Выполнено	
Разработка технологического процесса изготовления детали	01.04.2016	01.04.2016	Выполнено	
Выбор оборудования, средств механизации или автоматизации	15.04.2016	15.04.2016	Выполнено	
Разработка конструкция	03.05.2016	03.05.2016	Выполнено	

штамповой оснастки				
Безопасность и экологичность технического объекта	12.05.2016	12.05.2016	Выполнено	
Технико- экономическое обоснование проекта	26.05.2016	26.05.2016	Выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы
Задание принял к исполнению

Т.С. Пчелинцева

(И.О. Фамилия)

А.В. Павлов

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект посвящен разработке технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Поперечина пола средняя». Разработанный технологический процесс позволяет снизить трудоемкость получения детали за счет автоматизации работ путем перевода процесса изготовления на многопозиционный пресс-автомат.

Определены недостатки базовой технологии изготовления детали «Поперечина пола средняя», позволившие сформулировать цель и задачи работы.

Проведен анализ технологичности детали. Разработан проектный вариант технологического процесса. Определены его энергосиловые параметры. Осуществлен выбор оборудования, а именно многопозиционный пресс-автомат. Предложены средства автоматизации технологического процесса изготовления детали. Выполнена разработка конструкции штамповой оснастки для операции вытяжка.

Рассмотрены условия труда на проектном участке штамповки, позволившие установить меры по охране труда. Выполнено технико-экономическое обоснование проектного варианта технологического процесса.

Объем записки составил 73 страниц. Графический материал представлен на 4 листах формата А0 и 1 листе формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1. Анализ технологических показателей исходных данных.....	10
1.1. Анализ технологичности детали.....	10
1.2. Анализ возможных технологических процессов изготовления детали.....	15
1.3. Задачи дипломного проекта.....	20
2. Технологическая часть.....	21
2.1. Схема предлагаемого технологического процесса.....	21
2.2. Определение формы и размеров заготовки.....	22
2.3. Проектирование рационального раскроя, определение коэффициента использования металла.....	27
2.4. Расчет энерго-силовых параметров операций техпроцесса.....	28
3. Выбор оборудования, средств механизации или автоматизации.....	35
3.1. Выбор типа, расчет основных параметров, определение основных технических характеристик.....	35
3.2. Выбор средств механизации или автоматизации, определение основных технических характеристик.....	37
3.3. Описание работы штамповочной линии, планировка участка штамповки.....	39
4. Конструкторская часть.....	42
4.1. Состав и конструкция штамповой оснастки.....	42
4.2. Описание работы штамповой оснастки.....	44
4.3. Прочностные расчеты деталей штампа.....	45
4.4. Определение числа и расположения упругих элементов.....	47
4.5. Определение центра давления штампов.....	48
4.6. Определение исполнительных размеров инструмента.....	49
5. Безопасность и экологичность технического объекта.....	50
5.1. Технологическая характеристика объекта.....	50

5.2. Идентификация профессиональных рисков.....	50
5.3. Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	51
5.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта...	52
5.5. Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	55
6. Техничко-экономическое обоснование проекта	58
6.1. Сравнительная характеристика вариантов.....	58
6.2. Калькуляция на штамп для вытяжки.....	58
6.3. Исходные данные для расчета параметров эффективности внедрения новой технологии.....	59
6.4. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численности рабочих-операторов и необходимого числа штампов.....	61
6.5. Расчет капитальных вложений.....	63
6.6. Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.....	64
6.7. Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов.....	66
6.8. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта.....	67
Заключение.....	69
Используемая литература.....	70
Декларация об отсутствии плагиата.....	73

ВВЕДЕНИЕ

Листовая штамповка является видом обработки металлов давлением, в который включен ряд технологических процессов, за счет которых из плоской заготовки получают плоское или объемное изделие [1 - 10].

Технологическими преимуществами листовой штамповки являются:

- изготовление деталей сложной формы, получение которых иными способами не представляется возможным;
- получение одновременно легких, прочных и жестких деталей;
- изготовление готовых деталей, для которых не требуется дополнительная механическая обработка;
- получение широкой номенклатуры изделий, в том числе сложной пространственной формы [1 - 10].

К экономическим преимуществам листовой штамповки можно отнести:

- высокий коэффициент использования металла;
- высокая производительность (например, при использовании совмещенных и последовательных операций штамповки);
- низкая стоимость получаемых деталей;
- высокая стойкость оснастки (например, при сравнении с процессом горячей объемной штамповки) [1 - 16].

Процессы листовой штамповки характеризуются применением средств автоматизации, механизации и роботизации на этапах изготовления детали. Применение перечисленных средств позволяет увеличить производительность труда и качество получаемых деталей или полуфабрикатов, а также уменьшить вероятность травмирования работников [1].

Использование автоматических линий для процессов листовой штамповки позволяет осуществлять совместную работу прессового оборудования и средств автоматизации, предназначенных, например, для укладки и ориентации

заготовки, перемещения ее между штампами, а также удаления готовой детали или отхода из зоны штамповки) [17 - 19].

Средства автоматизации могут входить в состав прессового оборудования, например, они могут быть интегрированы в конструкцию многопозиционных пресс-автоматов. Такой способ объединения позволяет получать высокую производительность при штамповке, благодаря минимизации потерь времени на передачу заготовок между штампами и укладку полуфабрикатов. Потери времени исключаются также при монтаже и смене штампов. Размещение всех штампов на общем столе многопозиционного пресс-автомата приводит к повышению точности штамповки [17 - 19].

Целью дипломного проекта является снижение трудоемкости за счет автоматизации технологического процесса изготовления детали «Поперечина пола средняя» путем перевода изготовления детали на многопозиционный пресс-автомат.

1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1. Анализ технологичности детали

Деталь «Поперечина пола средняя» (рисунки 1.1-1.2) относится к группе кузовных деталей, что не задает особых требований к качеству ее поверхности.

Однако, возникают требования к жесткости данной детали, т.к. она является каркасной деталью автомобиля. Достижение необходимых параметров жесткости обеспечивается пространственной формой самой детали, а именно:

- наличием фланцев с обеих сторон по всей длине детали;
- изгибом в продольном направлении;
- наличием формованных выступов, отверстий и т.д.

Подходящим материалом для изготовления данной детали является кузовная сталь 08Ю класса ОСВ (для особо сложной вытяжки), которая широко используется при штамповке кузовных каркасных деталей автомобиля. Толщина материала задается величиной $S = 1,5$ мм.

Проанализируем требования к детали при выполнении штамповочных операций. Для этого изучим техническую документацию: чертеж детали (рисунки 1.1 - 1.2), схему существующей базовой технологии (рисунки 1.5 – 1.10).

Базовая технология изготовления детали «Поперечина пола средняя» сформирована из шести операций, а именно:

- Резка заготовок из рулона (1.5).
- Вытяжка-формовка (рисунок 1.6).
- Обрезка (рисунок 1.7).
- Правка-фланцовка (рисунок 1.8).
- Пробивка отверстий (рисунок 1.9).
- Клиновья пробивка отверстий (рисунок 1.10).

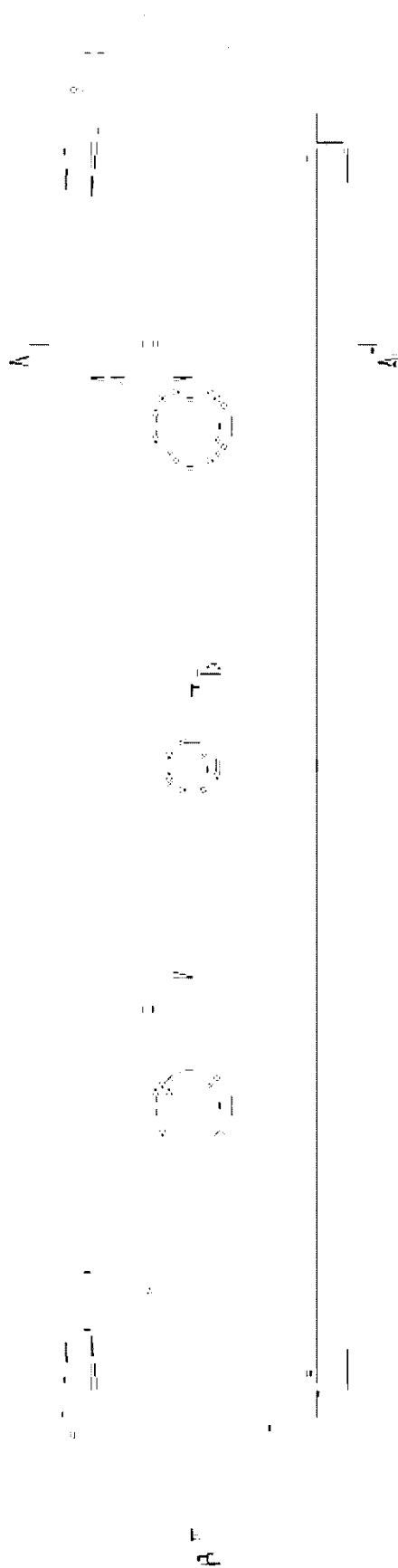


Рисунок 1.1 – Эскиз детали «Поперечина пола средняя» (повернуто)

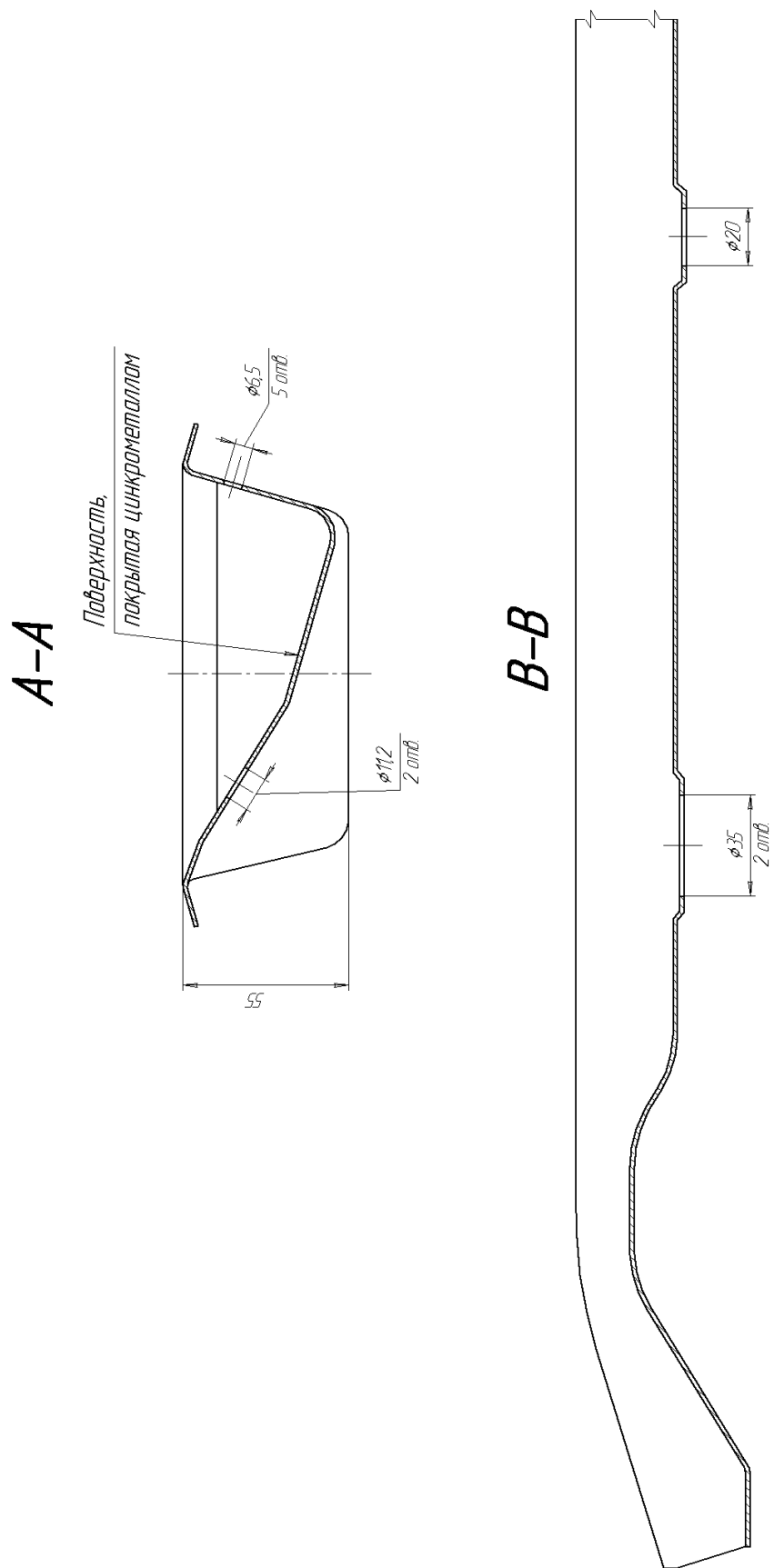


Рисунок 1.2 - Эскиз детали «Поперечина пола средняя». Разрезы А-А, В-В (повернуто)

Подробное рассмотрение особенностей данных операций пойдет в следующих подразделах дипломного проекта.

Технологические требования на процесс вытяжки-формовки делали:

- Контур вытяжки является симметричным относительно поперечной оси детали (рисунок 1.1), что положительно сказывается на конструкции штампа для вытяжки.
- Стенки детали, получаемые вытяжкой, располагаются под наклоном, образуя с фланцем тупой угол (рисунок 1.3). Такая конфигурация полуфабриката положительно влияет на процесс вытяжки. Радиусы закруглений между фланцем и стенками отвечают условию минимально-допустимого радиуса: $R \geq 3 \cdot S$ [2]. Данный радиус детали R равен 6 мм при толщине материала 1,5 мм.
- Все элементы конструкции, выполненные формовкой, являются технологичными. Например, глубина трех круглых формовок незначительная - 2 мм (рисунок 1.4).

Технологические требования на процесс вырубки-пробивки:

- Деталь не содержит отверстий сложной формы.
- Диаметры пробиваемых отверстий больше минимально допустимого ($d_{\min} = 1,5$ мм для стали с пределом прочности $\sigma_b < 350$ Мпа [2]). Для данной детали пробиваются отверстия диаметром от 6,5 до 35 мм (рисунок 1.2).
- Значительные расстояния между отверстиями позволяют выполнять их одновременную пробивку. При толщине материала 1,5 мм минимальное допустимое расстояние между одновременно пробиваемыми отверстиями определяется по формуле [2]:

$$a \geq (2,0 \dots 3,0) \cdot S. \quad (1.1)$$

Для данной детали: $a = 3 \dots 4,5$ мм. Минимальное расстояние между отверстиями 20 мм, что удовлетворяет условию (1.1).

- Отсутствуют узкие и длинные прорезы. Минимально допустимое значение радиуса закруглений при вырубке определяется по формуле [2]:

$$R \geq 0,35 \cdot S. \quad (1.2)$$

Для данной детали допустимый радиус равен 0,525 мм. Минимальный радиус – 3 мм. Данная проверка подтверждает, что вырубаемый контур технологичен.

Технологические требования на процесс гибки-фланцовки:

- Минимальный радиус гибки (фланцовки) для материала толщиной 1,5 мм определяется из условия [2]:

$$R \geq 2 \cdot S. \quad (1.3)$$

Минимально допустимый радиус гибки (фланцовки) для данной детали равен 3 мм. Минимальный радиус гибки – 4 мм. Таким образом, условие выполняется.

- Для исключения искажения формы пробитого отверстия при гибке-фланцовке принимают расстояние от центра радиуса изгиба до края пробитого отверстия, исходя из условия [2]:

$$A \geq 2 \cdot S. \quad (1.4)$$

Расстояние от краев отверстий, расположенных в бортах детали, до линии фланцовки приблизительно равно 12 мм, что отвечает условию (1.4).

- Наименьшая высота отгибаемой полки или ширина фланца должны отвечать условию [2]:

$$h \geq 3 \cdot S. \quad (1.5)$$

При фланцовке данной детали получают полки величиной $h = 15$ мм, что отвечает условию (1.5) с допустимым значением 4,5 мм.

Проведенный анализ детали «Поперечина пола средняя» позволил установить ее соответствие требованиям технологичности, которые

предъявляются к конструкциям, изготавливаемым процессами холодной листовой штамповки.

1.2. Анализ возможных технологических процессов изготовления детали

Базовая технология изготовления детали «Поперечина пола средняя» состоит из следующих операций:

1. Заготовительная операция – **резка рулона** (операция 10): вначале рулон шириной 1400 мм режется на карточки с шагом 1100 мм (получают карточки 1400 x 1100 мм), а затем из каждой карточки получают 5 заготовок размером 1100 x 280 мм. Раскрой материала прямой однорядный (рисунок 1.5). Операции резки выполняются на автоматических ножницах «Пас-Коэлфид»..

Последующие операции осуществляются на кривошипных прессах «Инноченти», объединенных в механизированную штамповочную линию, а именно, первый пресс усилием 6,5 МН, остальные – 4 МН. К первому прессу нарезанные заготовки подаются с помощью погрузчика.

2. **Вытяжка** глубиной 55 мм и **формовка** трех круглых участков – операция 20 (рисунок 1.6). Здесь и далее полуфабрикат после удаления из рабочей зоны попадает на ленточный транспортер, который переносит ее к следующему прессу (усилием 4 МН).
3. **Обрезка** по контуру (рисунок 1.7) – операция 30.
4. **Правка-фланцовка**, при которой отгибаются два продольных фланца и выполняется правка (доработка) формы нескольких участков - операция 40 (рисунок 1.8).
5. **Пробивка** группы отверстий – операция 50 (рисунок 1.9).
6. **Клиновья пробивка** отверстий – операция 60 (рисунок 1.10).

Анализ базового технологического процесса позволил выделить следующие его недостатки:

- Значительная доля времени уходит на транспортировку заготовок между операциями, медленно осуществляется укладка полуфабрикатов в штампы.
- Используется несколько прессов и большое число рабочих-штамповщиков, что снижает экономическую эффективность производства (большие затраты на электроэнергию, на заработную плату и т.д.).
- При вытяжке-пробивке отсутствует надежная фиксация прямоугольной заготовки.
- Процесс обрезки по контуру является нерациональным – в отход уходит много металла, что существенно снижает коэффициент использования материала (КИМ).
- Ручная укладка заготовки в штампы часто приводит к ее сдвигу, что сказывается на качестве детали.
- Условия труда рабочих тяжелые, являются достаточно опасными, большой риск травматизма; монотонный труд штамповщиков приводит к эмоциональной усталости.

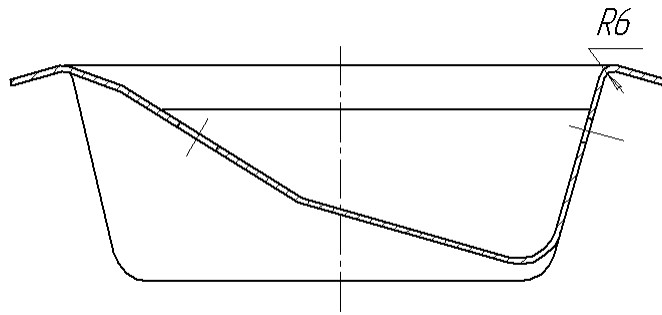


Рисунок 1.3 - Анализ технологичности детали. Разрез А-А

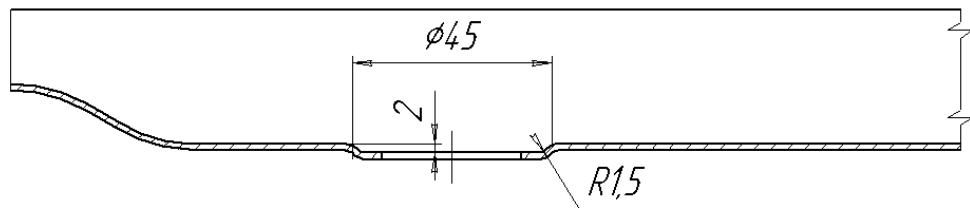


Рисунок 1.4 - Анализ технологичности детали. Разрез в зоне формовки

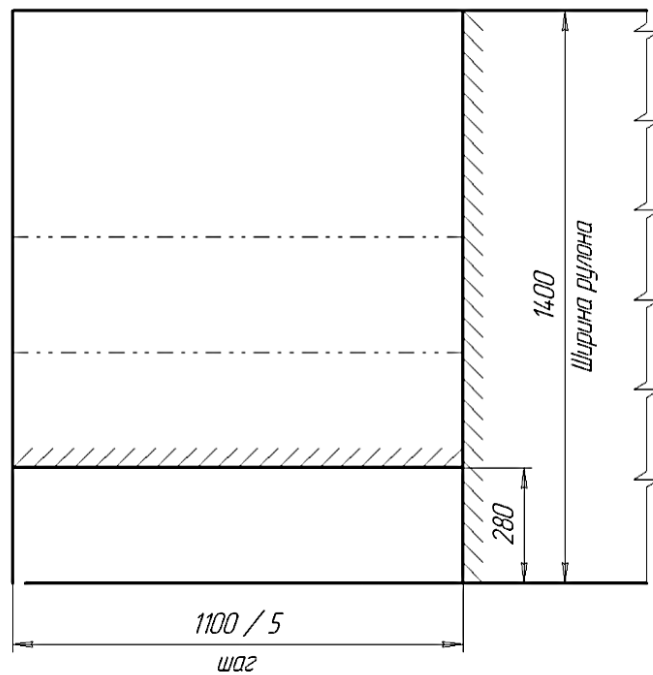
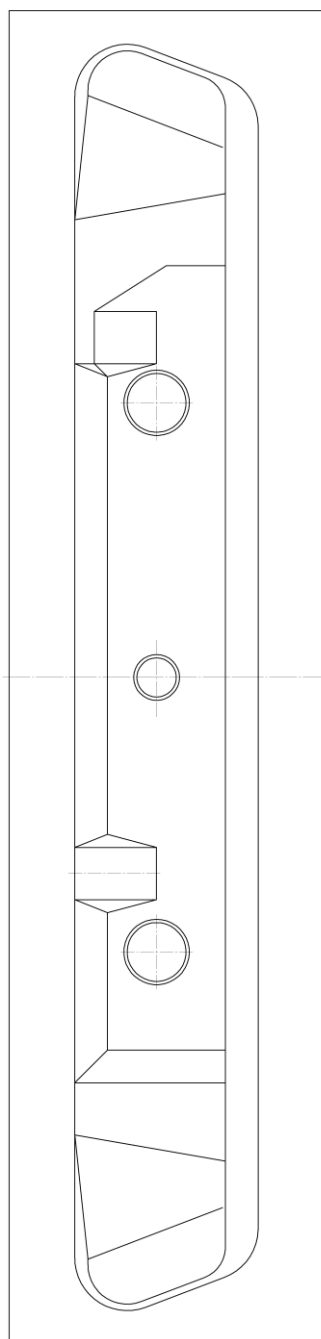


Рисунок 1.5 - Резка карточек и заготовок



Исходная заготовка

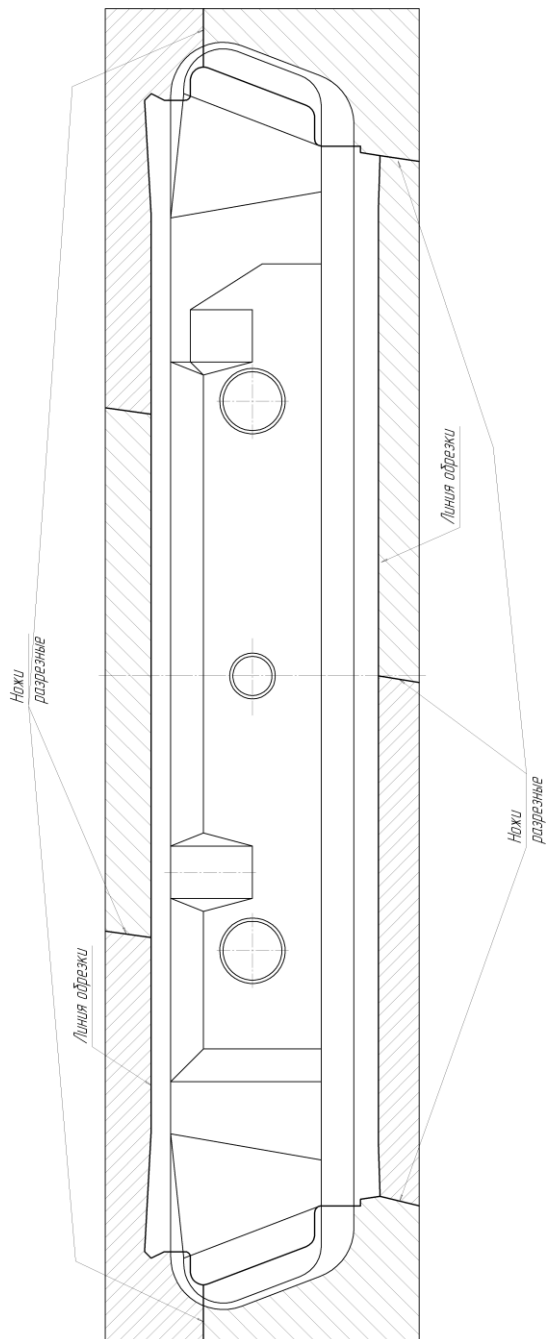


Рисунок 1.6 - Операция «Вытяжка»

Рисунок 1.7 - Операция «Обрезка»

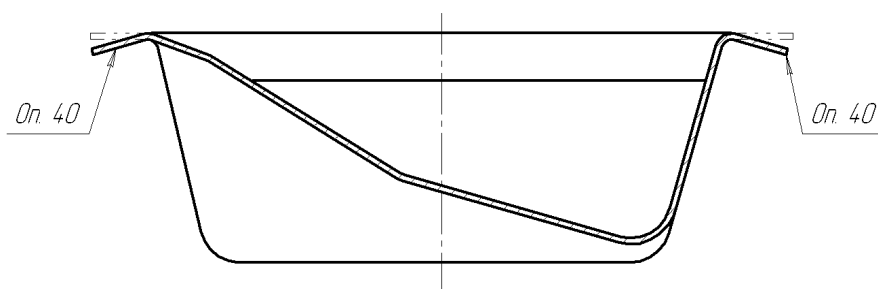


Рисунок 1.8 - Операция «Правка-фланцовка»

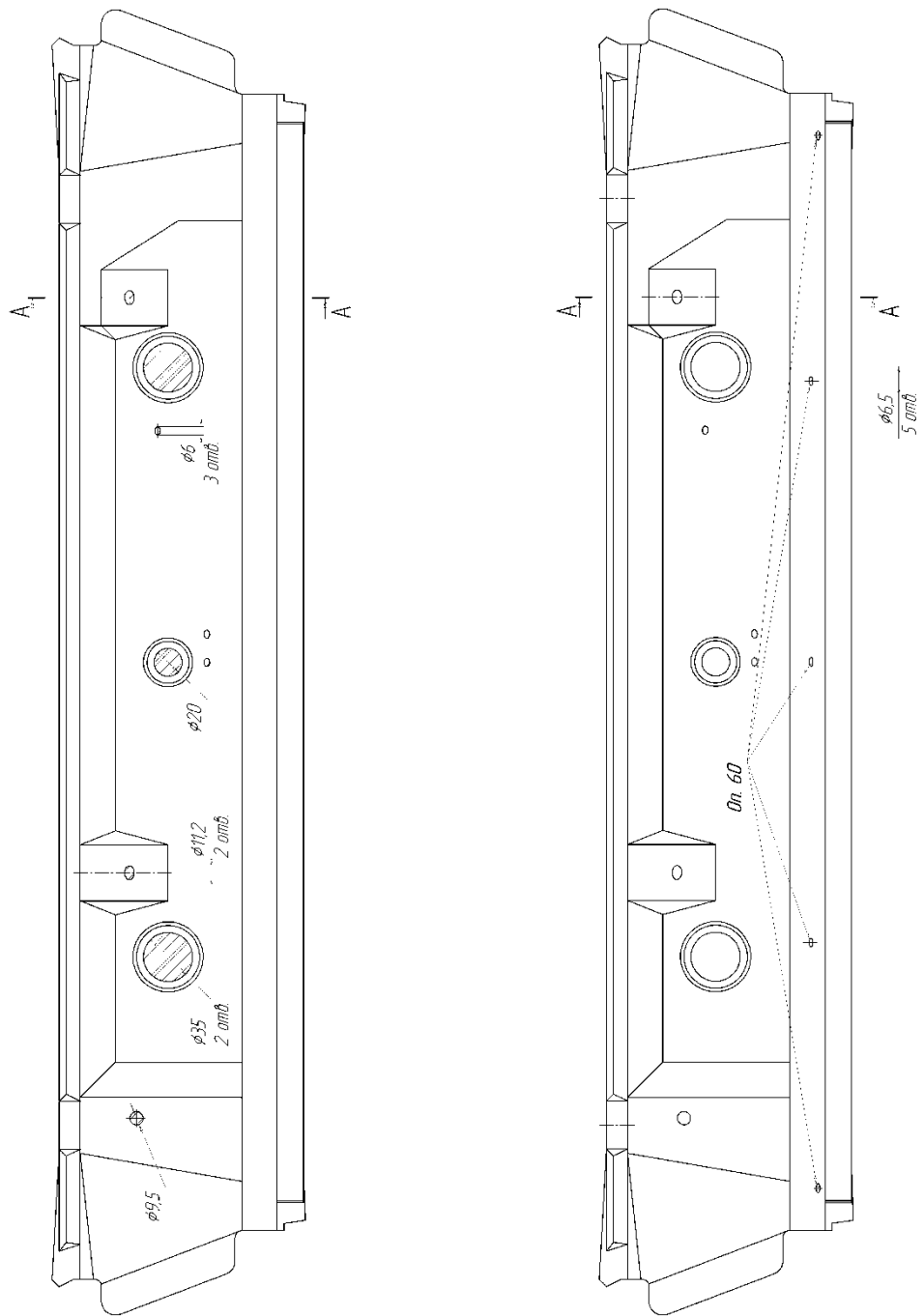


Рисунок 1.9 - Операция «Пробивка отверстий»

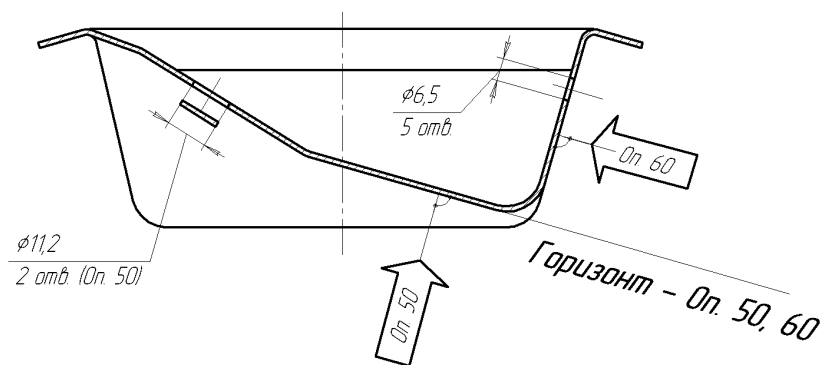


Рисунок 1.10 - Операция «Клиновая пробивка отверстий»

1.3. Задачи дипломного проекта

Выявленные недостатки базовой технологии позволили установить необходимость автоматизации технологического процесса изготовления детали «Поперечина пола средняя» путем перевода изготовления детали на многопозиционный пресс-автомат.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Разработать новый технологический процесс, в котором будут учтены недостатки базового технологического процесса.
2. Рассчитать форму и размеры исходной заготовки для расчета КИМ.
3. Вычислить новые энергосиловые параметры штамповки.
4. Выбрать подходящее по расчетам оборудование (пресс) и средства автоматизации для изготовления детали по предлагаемой схеме.
5. Разработать новую конструкцию вытяжного штампа, учитывая более точную фиксацию заготовки в этом штампе (по сравнению со старой технологией).
6. Осуществить прочностные расчеты деталей разработанного штампа.
7. Проанализировать условия труда на выбранном оборудовании и разработать комплекс мероприятий и предложений по их улучшению.
8. Определить экономический эффект от внедрения новой технологии.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Схема предлагаемого технологического процесса

В проектном варианте технологического процесса основные штамповочные операции будет выполнять многопозиционный пресс-автомат. Основная особенность в работе этого оборудования – загрузка прессы заготовками и передача заготовок между позициями происходит при помощи средств автоматизации (например, грейферной подачи).

Предварительно оставляем прежние размеры исходной заготовки (карточки 1100×280 мм). В продолжении работы будет выполнено уточнение этих параметров.

В базовом варианте технологии заготовительный этап резки заготовок производился отдельно от остальных штамповочных операций. Не меняем этого, т.к. разница в производительности между заготовительным этапом и прессом-автоматом станет меньше, чем в базовом варианте техпроцесса. Планируем использовать для резки заготовок из рулона то же оборудование – гильотинные ножницы «Пас-Коэлфид», которые работают в автоматическом режиме, совместно с разматывающим и подающим устройствами.

Рассмотрим схему предлагаемого технологического процесса.

На первой операции (операция 10) из рулона вырубается карточки, а из них нарезаются заготовки (рисунок 2.1). Штучные заготовки укладывают в тару и транспортируют либо на штамповку (к прессу-автомату), либо на склад (так называемый «технологический задел»).

Укладчики заготовок закладывают доставленные к прессу-автомату заготовки из тары в автоматическое устройство загрузки (питатель штучных заготовок), которое подает заготовку в зону действия грейферных линеек. Одновременно происходит контроль сдвоенности заготовок (сдвоенная заготовка удаляется в специальную тару). Грейферные линейки за несколько шагов переносят заготовку в рабочую зону прессы-автомата, где выполняются остальные штамповочные операции (5 операций). Будем шифровать эти

операции 20.1 – 20.5 (в отличие от старого техпроцесса), т.к. они выполняются на одном оборудовании.

Вначале выполняется вытяжка и одновременная формовка трех круглых участков - операция 20.1 (рисунок 2.2). На следующую позицию заготовка передается грейферными линейками.

Третья операция технологического процесса (операция 20.2) – обрезка: полученный после вытяжки полуфабрикат (вытяжной переход) обрезается по контуру (рисунок 2.3).

На четвертой операции (операция 20.3) выполняется правка (доработка для соответствия чертежу детали) отдельных участков детали, и одновременная фланцовка – загиб двух продольных фланцев детали по прямой линии (по всей длине) на небольшой угол (рисунок 2.4).

Пятая операция (операция 20.4) – пробивка круглых отверстий: двух отверстий диаметром 35 мм, одного диаметром 20 мм, одного диаметром 9,5 мм, трех отверстий диаметром 6 мм и двух – диаметром 11,2 мм (рисунок 2.5).

Шестая завершающая операция (операция 20.5) – клиновая пробивка. Получают пять круглых отверстий диаметром 6,5 мм (рисунок 2.5).

Затем отштампованные детали грейферными линейками выводятся из рабочей зоны пресс-автомата и передаются на транспортер (или склиз), откуда детали перемещаются на позицию укладки в тару.

2.2. Определение формы и размеров заготовки

Расчет размеров исходной заготовки будет осуществлен на основании формы вытяжного перехода, т.к. операция «Вытяжка» является основной операцией при изготовлении объемной детали.

Для определения формы и размеров заготовки определяется длина наибольшего продольного и поперечного сечений для объемной детали. При этом будем считать, что деформация заготовки в вытяжном штампе идет без

утолнения (толщина стали везде постоянна). Кроме того, к найденным размерам предполагаемой заготовки необходимо будет прибавить перемычки для качественной вырубki заготовок из рулона.

Для упрощения получения заготовок из рулона, их укладки и транспортировки будет использована прямоугольная заготовка. В этом случае раскрой не всегда будет рациональным. Поэтому, при определении формы заготовки стремятся приблизить ее к форме теоретической развертки детали.

Деталь «Поперечина пола средняя» получена вытяжкой без утолнения стенок. Таким образом, расчет размеров заготовки выполняется по равенству площадей поверхности заготовки и готовой детали.

Определяются длины максимальных сечений по чертежу вытяжного перехода: в продольном и поперечном направлениях.

Определяется длина наибольшего продольного сечения (рисунок 2.6), используя опции программы «Компас-График»:

$$\ell_{\text{прод.}} \approx 2 \cdot (\ell_1 + \dots + \ell_{23}), \quad (2.1)$$

где

$\ell_1 \dots \ell_{23}$ – длины участков сечения:

$\ell_1 = 16,5$ мм; $\ell_2 = 5$ мм; $\ell_3 = 3,5$ мм; $\ell_4 = 5,5$ мм; $\ell_5 = 12$ мм; $\ell_6 = 12,5$ мм; $\ell_7 = 6,5$ мм; $\ell_8 = 17$ мм; $\ell_{10} = 35$ мм; $\ell_{11} = 3,5$ мм; $\ell_{12} = 64$ мм; $\ell_{13} = 22,5$ мм; $\ell_{14} = 28,5$ мм; $\ell_{15} = 21$ мм; $\ell_{16} = 7,5$ мм; $\ell_{17} = 21,5$ мм; $\ell_{18} = 38$ мм; $\ell_{19} = 3,5$ мм; $\ell_{20} = 46$ мм; $\ell_{21} = 161$ мм; $\ell_{22} = 4$ мм; $\ell_{23} = 18$ мм.

Рассчитывается величина продольного сечения в соответствии с формулой (2.1):

$$\ell_{\text{прод.}} \approx 2 \cdot (\ell_1 + \dots + \ell_{23}) \approx 1095 \text{ (мм)}.$$

Округляется полученное значение в большую сторону:

$$L_{\text{ПРОД.}} = 1100 \text{ мм.}$$

Аналогичным образом определяются длины двух поперечных сечений (рисунок 2.7):

$$\ell_{\text{попер1}} = \ell_1 + \dots + \ell_{17} \approx 275 \text{ мм;}$$

$$\ell_{\text{попер2}} = (\ell_1 + \dots + \ell_6) + (\ell_{18} + \dots + \ell_{22}) + (\ell_{12} + \dots + \ell_{17}) \approx 299 \text{ мм.}$$

Исходная заготовка будет прямоугольной (рисунок 2.1). При нахождении длины сечений учитывались технологические припуски, не относящиеся к сечению готовой детали (после вытяжки припуски обрезаются). От общей длины сечения они составляют порядка 60 мм. Поэтому, ширину листовой заготовки берем не по максимальному сечению, а средней между $\ell_{\text{попер1}}$ и $\ell_{\text{попер2}}$: $L_{\text{ПОПЕР.}} = 275 \dots 299 \approx 280 \text{ мм.}$

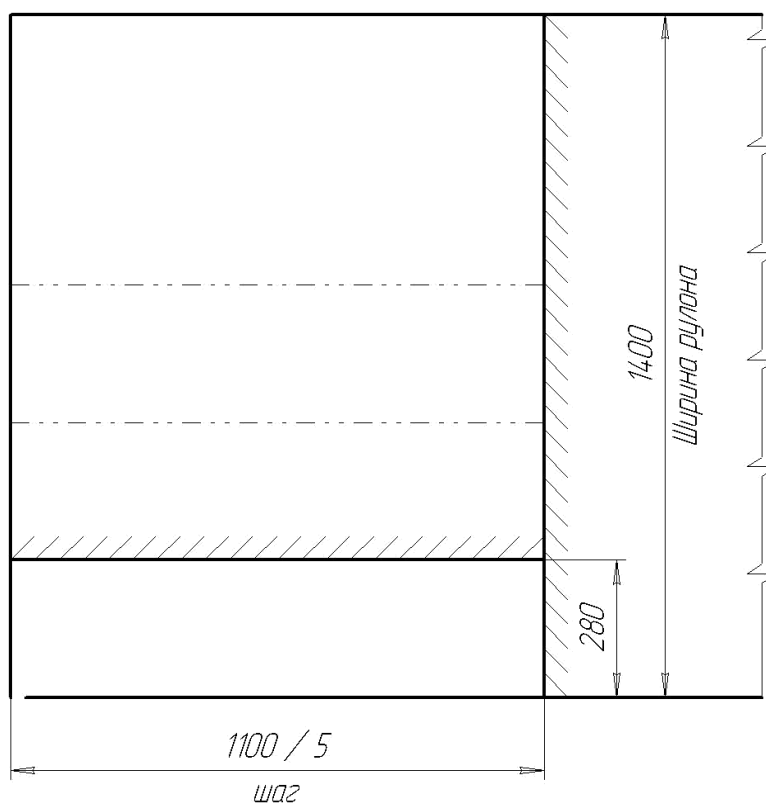
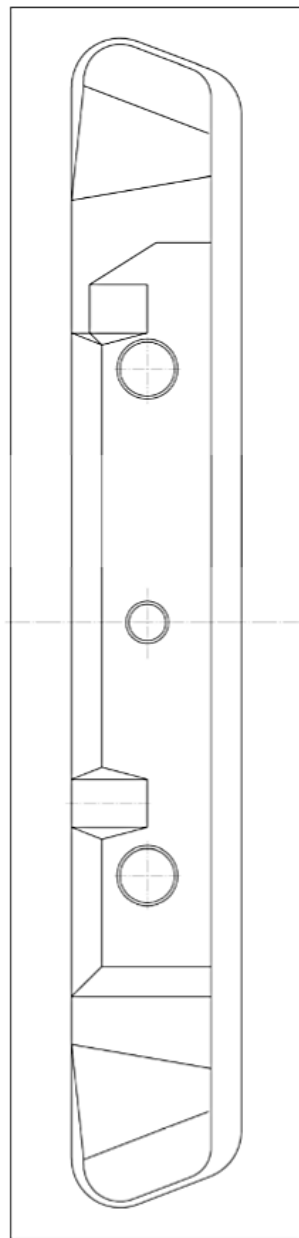
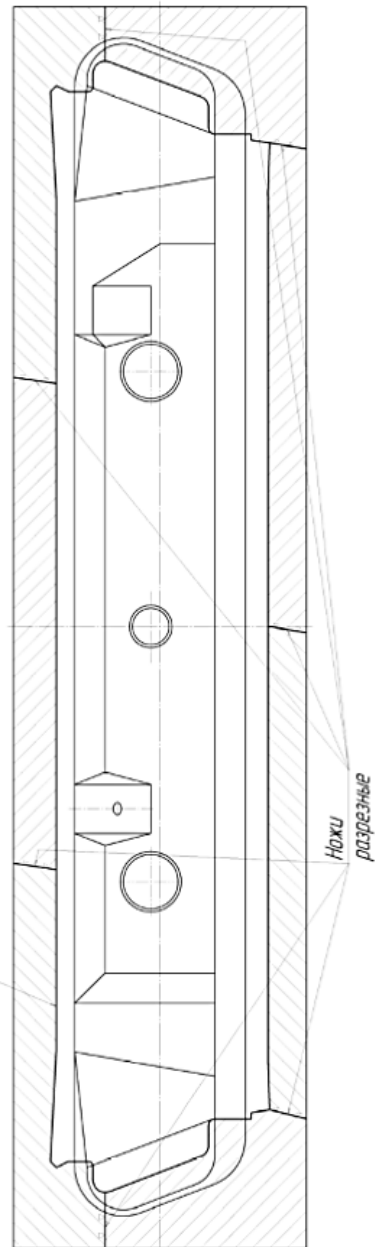


Рисунок 2.1 - Резка карточек и заготовок (предварительный вариант)



Исходная заготовка



Линия обрезки

Нажи разрезные

Рисунок 2.2 - Операция «Вытяжка»

Рисунок 2.3 - Операция «Обрезка»

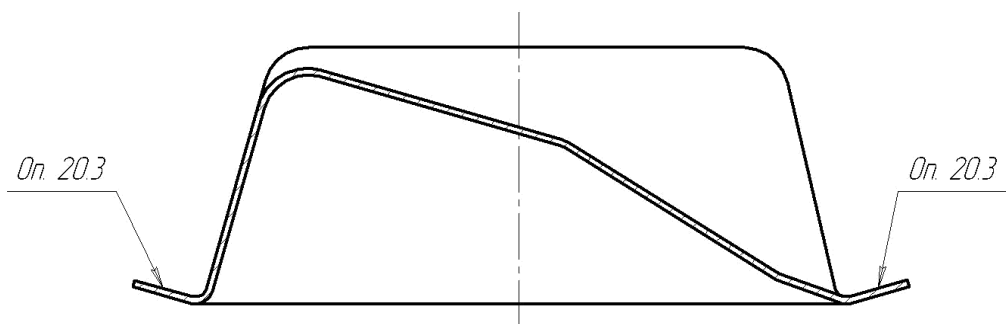


Рисунок 2.4 - Операция «Правка и фланцовка»

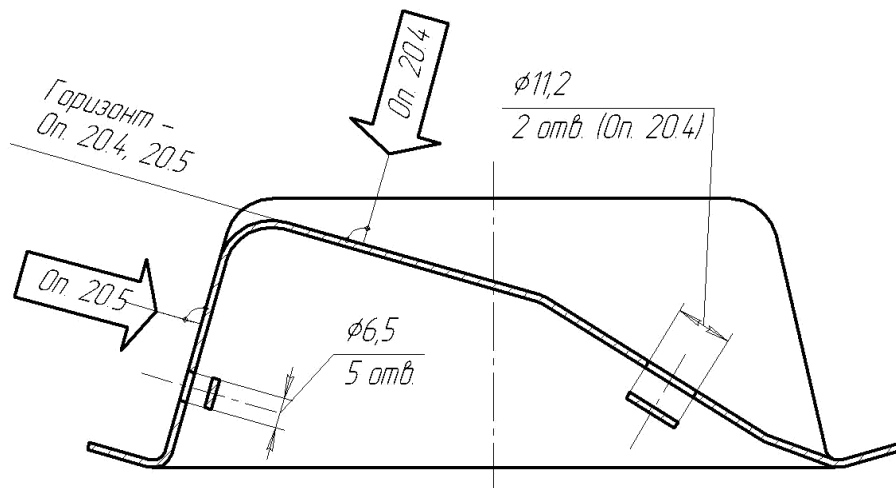


Рисунок 2.4 - Операция «Пробивка отверстий»

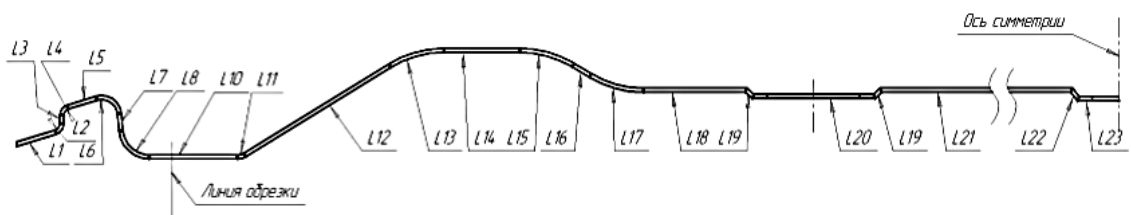


Рисунок 2.5 – Наибольшее продольное сечение вытяжного перехода

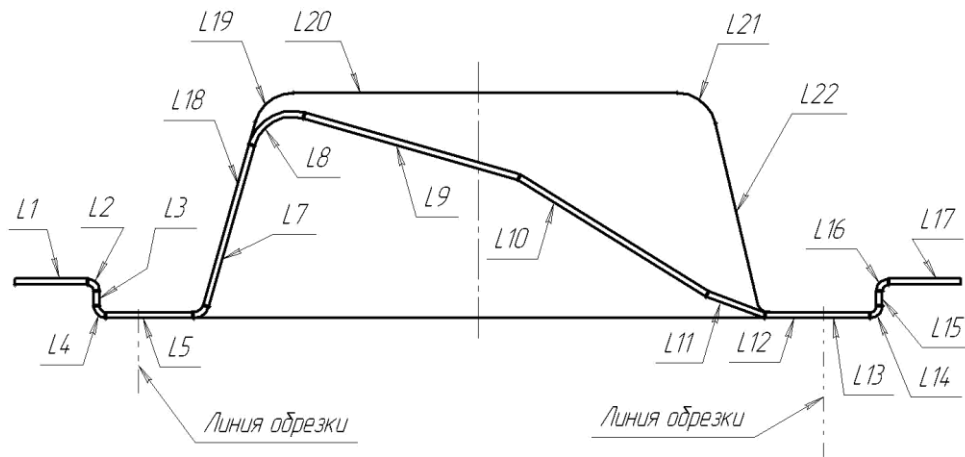


Рисунок 2.6 – Наибольшее продольное сечение вытяжного перехода

2.3. Проектирование рационального раскроя, определение коэффициента использования металла

Для изготовления «Поперечины пола средней» исходный материал – рулонная сталь (лента) с резкой на карточки. Из различных вариантов раскроя [2] выбираем самый подходящий для прямоугольных заготовок – прямой однорядный раскрой без наклона – расположение карточек в ленте однорядное прямое (без наклона) поперек ленты (рисунок 2.1).

Форма исходной заготовки и тип раскроя рулона в предлагаемом технологическом процессе не отличаются от формы заготовки и типа раскроя в существующем базовом технологическом процессе, поэтому коэффициент использования материала (КИМ) остается таким же. Определяется КИМ:

Размеры карточки: $B \times H = 280 \times 1100$ мм (см. раздел 2.2).

Определим массу карточки (1 листовой заготовки):

$$M = B \times H \times S \times \rho, \quad (2.2)$$

где

ρ – плотность материала, г/мм³; $\rho = 7,8$ г/мм³;

S – толщина карточки, мм; $S = 1,5$ мм.

Определяется масса карточки по формуле (2.2):

$$M_{\text{заг.}} = 280 \cdot 1100 \cdot 1,5 \cdot 7,8 = 3604 \text{ (г)} = 3,6 \text{ (кг)}.$$

Масса готовой детали: $M_{\text{дет.}} = 2,25$ кг (взято из чертежа детали).

Коэффициент использования металла определяется из соотношения [2]:

$$\eta = M_{\text{дет.}} / M_{\text{заг.}} \quad (2.3)$$

Рассчитывается коэффициент использования металла для проектного варианта технологического процесса: $\eta = 2,25 / 3,6 = 0,624 = 62,4 \%$.

2.4. Расчет энерго-силовых параметров операций техпроцесса

2.4.1. Определение усилия при резке заготовок

Усилие резки заготовок определяется по формуле [2]:

$$P = K \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S, \quad (2.4)$$

где

K – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла по толщине, а также затупление режущих кромок), $K = 1,2$;

$\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу, для стали 08Ю при $S = 1,5$ мм: $\sigma_{\text{ср}} = 220 \dots 280$ МПа [2];

S – толщина материала, $S = 1,5$ мм.

L – длина контура резки, $L = B = 1100$ мм – ширина карточки.

$P_{\text{РЕЗКИ}} = 1,2 \cdot 280 \cdot 1100 \cdot 1,5 = 554,4$ (кН).

2.4.2. Определение усилия и работы при вытяжке

Вместе с вытяжкой выполняется формовка трех круглых участков.

1) Усилие вытяжки определяется по формуле, используемой для определения усилия вытяжки деталей коробчатой формы [2]:

$$P_1 = (2A + 2B - 1,72 \cdot R) \cdot \sigma_B \cdot S \cdot K_H, \quad (2.5)$$

где

σ_B – предел прочности металла, для стали 08Ю при толщине $S = 1,5$ мм: $\sigma_B = 26 \dots 33$ кг/мм² = 260...330 Мпа [2];

A, B – размеры проема матрицы, мм; $A \approx 950$ мм; $B \approx 140$ мм;

R – радиус углового закругления проема, мм; $R = 40$ мм.

K_H – коэффициент формы, зависящий от геометрии детали: h / B и R / B (h – глубина вытяжки наибольшая; $h \approx 55$ мм). $K_H \approx 0,8$ при $h / B = 55/140 = 0,39$ и $R / B = 40/140 = 0,29$ [2]:

Итоговое усилие вытяжки рассчитывается в соответствии с формулой (2.5):

$$P_1 = (2 \cdot 950 + 2 \cdot 140 - 1,72 \cdot 40) \cdot 30 \cdot 1,5 \cdot 0,8 = 76009 \text{ (кгс)} = 760,0 \text{ (кН)}.$$

Далее определяется усилие прижима, составляющее 15...30% от усилия вытяжки: $P_2 = (0,15 \dots 0,30) \cdot P_1 = (0,15 \dots 0,3) \cdot 760 = 114 \dots 228$. Принимаем значение $P_2 = 228$ кН.

Суммарное усилие вытяжки:

$$P_{\text{ВЫТЯЖКИ}} = P_1 + P_2 = 760 + 228 = 988 \text{ (кН)}.$$

2) Усилие формовки определяется по формуле [2]:

$$P = F \cdot S^2 \cdot K, \quad (2.6)$$

где

F – площадь штампуемого рельефа: $F \approx 2 \cdot (\pi \cdot 45^2 / 4) + (\pi \cdot 35^2 / 4) \approx 4143 \text{ (мм}^2\text{)}$;

S – толщина материала: $S = 1,5 \text{ мм}$;

K – коэффициент формовки; $K = 5 \dots 15 \text{ кг/мм}^4$.

Усилие формовки равно:

$$P_{\text{ФОРМОВКИ}} = 4143 \cdot 1,5^2 \cdot 5 = 46612 \text{ (кгс)} \approx 466 \text{ (кН)}.$$

Суммарное операционное усилие:

$$P = P_{\text{ВЫТЯЖКИ}} + P_{\text{ФОРМОВКИ}} = 988 + 466 = 1454 \text{ (кН)}.$$

3) Определяется работа, затрачиваемая на вытяжку [2]:

$$A = C \cdot P \cdot H / 1000 \quad (2.7)$$

где

C = 0,6...0,8 – коэффициент [2];

H – глубина вытяжки, $H = 55 \text{ мм}$;

P – усилие вытяжки, кг.

Работа, затрачиваемая на вытяжку равна:

$$A_{\text{ВЫТЯЖКИ}} = 0,8 \cdot 98800 \cdot 55 / 1000 = 4346 \text{ (кг} \cdot \text{м)} \approx 43,5 \text{ (кДж)}.$$

2.4.3. Определение усилия и работы при обрезке контура

Усилие обрезки определяется по формуле (2.4). Длина контура резки равна (рисунок 2.7):

$$L_{\text{ОБРЕЗКИ}} = 2 \cdot (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \dots + \ell_{10}) + 9 \cdot L_{\text{НОЖ}} = 2450 \text{ мм.}$$

$\ell_1 = 350 \text{ мм; } \ell_2 = 90 \text{ мм; } \ell_3 = 35 \text{ мм; } \ell_4 = 15 \cdot 3 + \pi; \ell_5 = \pi \cdot 10/2 = 16 \text{ мм; } \ell_6 = 80 \text{ мм; } \ell_7 = 20 \text{ мм; } \ell_8 = \ell_5; \ell_9 = 45 \text{ мм; } \ell_{10} = 400 \text{ мм; } L_{\text{НОЖ}} \approx 35 \text{ мм.}$

Усилие при обрезке контура равно:

$$P_{\text{ОБРЕЗКИ}} = 1,2 \cdot 28 \cdot 2450 \cdot 1,5 = 123480 \text{ (кгс)} \approx 1235 \text{ (кН).}$$

Работа резания определяется по следующей формуле [2]:

$$A = \lambda \cdot P \cdot S / 1000, \quad (2.8)$$

где

λ – коэффициент [2]; при $S > 1,0 \text{ мм}$ и $\sigma_{\text{ср}} < 35 \text{ кг/мм}^2$: $\lambda = 0,85 \dots 0,75$;

P – суммарное усилие резания, кгс; $P = P_{\text{ОБРЕЗКИ}}$;

S – толщина материала, мм.

Работа резания при обрезке контура равна:

$$A = 0,8 \cdot 123480 \cdot 1,5 / 1000 = 148,2 \text{ (кг}\cdot\text{м)} \approx 1482 \text{ (Дж).}$$

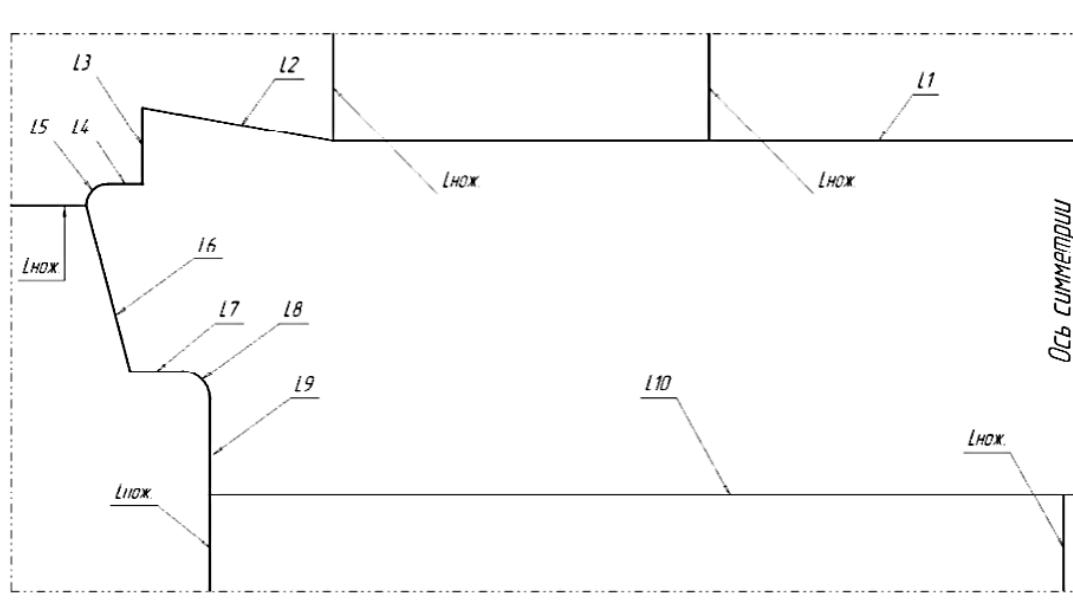


Рисунок 2.7 – Длина контура обрезки

2.4.4. Определение усилия и работы при правке-фланцовке

Определяются усилие и работа при продольной фланцовке и правке (доработке) формы фланцев.

1) Усилие фланцовки рассчитывается по формуле, используемой для нахождения усилия одноугловой гибки [2].

$$P \approx 1,25 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_B \cdot K_G, \quad (2.9)$$

где

B – длина фланца: $B = B_1 + B_2 \approx 880 + 805 = 1685$ мм; B_1, B_2 - продольные фланцы детали;

σ_B – предел прочности: для стали 08Ю принимаем $\sigma_B = 300$ МПа;

K_G – коэффициент гибки, зависит от геометрии пуансона и матрицы (от R_{Π} и R_M) и толщины материала; принимаем $K_G = 0,1$ [2].

Усилие фланцовки равно:

$$P_{\text{ФЛАНЦОВКИ}} = 1,25 \cdot 1685 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 0,1 = 9462 \text{ (кгс)} \approx 95 \text{ (кН)}.$$

2) Усилие правки определяется по приближенной формуле [2]:

$$P = p \cdot F, \quad (2.10)$$

где

F – площадь поверхности, подвергаемая правке, мм^2 ; правятся 4 участка сложной формы, полученные после вытяжки: $F = 2 \cdot (20 \cdot 120) + 2 \cdot (25 \cdot 30) \approx 6170$ (мм^2);

p – давление штампа, $\text{кгс}/\text{мм}^2$; $p = 15 \dots 20 \text{ кгс}/\text{мм}^2 = 150 \dots 200$ МПа [2].

Усилие правки равно:

$$P_{\text{ПРАВКИ}} = p \cdot F = 15 \cdot 6170 = 92550 \text{ (кгс)} \approx 926 \text{ (кН)}.$$

Суммарное операционное усилие:

$$P = P_{\text{ФЛАНЦОВКИ}} + P_{\text{ПРАВКИ}} = 95 + 926 = 1021 \text{ (кН)}.$$

3) Определяется работа, затрачиваемая на фланцовку:

$$A = P_{\text{ФЛАНЦОВКИ}} \cdot h / (2 \cdot 1000), \quad (2.11)$$

где

h - перемещение пуансона; $h = l_0 + r_{\Pi} + r_M = 10 + 5 + 5 = 20$ (мм);

l_0 – глубина матрицы;

r_{Π}, r_M – радиусы кромок пуансона и матрицы.

Работа, затрачиваемая на фланцовку равна:

$$A_{\text{ФЛАНЦОВКИ}} = 9462 \cdot 20 / 2000 = 94,6 \text{ (кгс} \cdot \text{м)} \approx 95 \text{ (Дж)}.$$

4) Определяется работа, затрачиваемая на правку формы:

$$A_{\text{ПРАВКИ}} = R_{\text{ПРАВКИ}} \cdot \lambda \cdot S / 1000, \quad (2.12)$$

где

$R_{\text{ПРАВКИ}}$ – усилие правки;

$\lambda = 0,7 \dots 0,6$ [2] – коэффициент, зависящий от $\sigma_{\text{ср}}$ и S ; S – толщина материала.

Работа, затрачиваемая на правку формы равна:

$$A_{\text{ПРАВКИ}} = 94210 \cdot 0,7 \cdot 1,5 / 1000 = 94,7 \text{ (кгс}\cdot\text{м)} = 947 \text{ (Дж)}.$$

2.4.5. Определение усилия и работы при пробивке отверстий

Определяются усилие и работа при пробивке группы круглых отверстий: $\emptyset 9,5$ (1 отв.); $\emptyset 20$ мм (1 отв.); $\emptyset 6$ мм (3 отв.); $\emptyset 11,2$ мм (2 отв.); $\emptyset 35$ мм (2 отв.).

Усилие пробивки определяется по формуле (2.4). Длина контура (периметр пробиваемых отверстий):

$L_{\text{ПРОБИВКИ}} = l_1 + l_2 + 3 \cdot l_3 + 2 \cdot l_4 + 2 \cdot l_5 = \pi \cdot (9,5 + 20 + 3 \cdot 6 + 2 \cdot 11,2 + 2 \cdot 35) \approx 475$ мм, где l_1 – периметр отверстия $\emptyset 9,5$ мм; l_2 – отв. $\emptyset 20$ мм; l_3 – отв. $\emptyset 6$ мм; l_4 – отв. $\emptyset 11,2$ мм; l_5 – отв. $\emptyset 35$ мм.

Усилие пробивки равно:

$$R_{\text{ПРОБИВКИ}} = 1,2 \cdot 475 \cdot 1,5 \cdot 28 = 23756 \text{ (кгс)} \approx 238 \text{ (кН)}.$$

Определяется дополнительное технологическое усилие, необходимое для снятия заготовки с пробивных пуансонов и для проталкивания отходов сквозь матрицу.

Усилие снятия [2]:

$$R_{\text{СН}} = K_{\text{СН}} \cdot R_{\text{ПРОБИВКИ}}, \quad (2.13)$$

где

$K_{\text{СН}}$ – коэффициент снятия; для $S = 1,5$ мм: $K_{\text{СН}} = 0,2 \dots 0,6$ [2];

Усилие снятия равно:

$$R_{\text{СН}} = 0,03 \cdot 238 \approx 7 \text{ (кН)}.$$

Усилие проталкивания [2]:

$$P_{\text{ПР}} = K_{\text{ПР}} \cdot P_{\text{ПРОБИВКИ}} \cdot n, \quad (2.14)$$

где

$K_{\text{ПР}}$ – коэффициент проталкивания, $K_{\text{ПР}} = 0,05 \dots 0,10$ [2];

n – количество отходов, застрявших в шейке матрицы, $n = 3$.

Усилие проталкивания равно:

$$P_{\text{ПР}} = 0,1 \cdot 238 \cdot 3 = 72 \text{ (кН)}.$$

Определяется суммарное технологическое усилие на этом этапе:

$$P = P_{\text{ПРОБ.}} + P_{\text{СН}} + P_{\text{ПР}} = 238 + 7 + 72 \approx 317 \text{ (кН)}.$$

Работа резания на этапе пробивки определяется по формуле (2.8):

$$A = 0,8 \cdot 23756 \cdot 1,5 / 1000 = 29,7 \text{ (кг·м)} \approx 297 \text{ (Дж)}.$$

2.4.6. Усилие и работа при клиновой пробивке

Величина усилия будет определяться по формулам, которые использовались для нахождения усилия обычной пробивки:

Усилие пробивки рассчитывается по формуле (2.4). Длина контура пробивки равна: $L_{\text{пробивки}} = 5 \cdot \pi \cdot D = 5 \cdot \pi \cdot 6,5 = 61,3$ (мм).

Усилие пробивки равно:

$$P_{\text{ПРОБ.}} = 1,2 \cdot 28 \cdot 61,3 \cdot 1,5 = 3096 \text{ (кгс)} \approx 31 \text{ (кН)}.$$

Кроме операционного усилия пробивки определяется дополнительное технологическое усилие, необходимое для снятия заготовки с пробивных пуансонов и для проталкивания отходов сквозь матрицу.

Усилие снятия рассчитывается по формуле (2.13):

$$P_{\text{СН}} = 0,03 \cdot 31 \approx 1 \text{ (кН)}.$$

Усилие проталкивания определяется по формуле (2.14):

$$P_{\text{ПР}} = 0,10 \cdot 31 \cdot 3 \approx 9 \text{ (кН)}.$$

Определяем суммарное технологическое усилие на этом этапе:

$$P = P_{\text{ПРОБ.}} + P_{\text{СН}} + P_{\text{ПР}} = 31 + 1 + 9 = 41 \text{ (кН)}.$$

Работа резания, устанавливаемая по формуле (2.8), на этапе клиновой пробивки составляет:

$$A = 0,8 \cdot 3096 \cdot 1,5 / 1000 = 3,9 \text{ (кг}\cdot\text{м)} \approx 39 \text{ (Дж)}.$$

2.4.7. Определение суммарных значений усилия и работы

Определяется сумма усилий на всех операциях, кроме резки заготовок (операция 10), для установления энерго-силовых параметров необходимого оборудования (многопозиционного прессы-автомата). Также необходимо вычислить суммарное значение работы, которую должен выполнить пресс при одновременной реализации всех рассчитанных операций.

Суммарное усилие на всех операциях определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{СУММ.}} = P_{\text{Оп.20.1}} + P_{\text{Оп.20.2}} + P_{\text{Оп.20.3}} + P_{\text{Оп.20.4}} + P_{\text{Оп.20.5}}. \quad (2.15)$$

$$P_{\text{СУММ.}} = 1454 + 1235 + 1037 + 317 + 41 = 4084 \text{ (кН)} = 4,1 \text{ (МН)}.$$

Суммарная работа на всех операциях определяется по формуле:

$$A_{\text{СУММ.}} = A_{\text{ВЫТЯЖКИ}} + A_{\text{ОБРЕЗКИ}} + A_{\text{ПРОБИВКА-ФЛАНЦОВКА}} + A_{\text{ПРОБ.}} + \quad (2.16) \\ + A_{\text{КЛИН_ПРОБ.}}$$

$$A_{\text{СУММ.}} = 43460 + 1482 + (95+947) + 297 + 39 = 46320 \text{ (Дж)} = 46,3 \text{ (кДж)}.$$

3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1. Выбор типа, расчет основных параметров, определение основных технических характеристик

Подбор прессы по усилию выполняется, исходя из рассчитанного полного усилия. В общем случае номинальное усилие прессы определяется по формуле [2]:

$$P_{\text{ПРЕССА}} = 1,5 \cdot P_{\Sigma}, \quad (3.1)$$

где

P_{Σ} - полное технологическое усилие;

1,5 – коэффициент запаса для учета возможных факторов при выполнении техпроцесса. Например, при замене материала изделия на более прочный или имеющий большую толщину, при потере на трение в направляющих деталях штампа и т.д.

Таким образом, рекомендуемое усилие прессы для автоматической многопозиционной штамповки (операции 20.1 – 20.5) будет равно:

$$P_{\text{ПРЕССА}} = 1,5 \cdot 4,1 = 6,15 \text{ (МН)}.$$

Выбор оборудования осуществляем с учетом имеющегося на производстве парка прессов, что повышает коэффициент загрузки (K_3) выбранного оборудования и улучшает экономические показатели производства.

Для первой операции предлагаемого проектного технологического процесса (Операция 10 – резка заготовок) остается то же оборудование, которое использовалось в существующем базовом варианте – автоматические ножницы «Пас-Коэлфид». Ножницы работают совместно с автоматическим разматывающим устройством (рулонницей), правильной машиной (для правки широкого рулона) и валковой подачей рулона в зону обработки.

Для остальных операций выбор прессового оборудования проводится среди многопозиционных прессов-автоматов. Подходящим по технологическому усилию является пресс-автомат модели MW-1000 (“Muller Weingarten”) усилием 10 МН.

Однако, габариты штампуемой детали «Поперечина пола средняя» превышают размеры рабочего пространства пресса MW-1000. Поэтому подбирается более крупный пресс. По этому параметру подходит пресс-автомат MW-1700 (“Muller Weingarten”) усилием 17 МН (рисунки 3.1 – 3.2).

В состав технологической линии пресса MW-1700 входит подающее устройство для штучных заготовок – питатель с пневматическими присосами, что является преимуществом, т.к. в проектом технологическом процессе штамповка деталей производится из карточек. От питателя до первой позиции пресса штучные заготовки передвигаются на магнитном транспортере. Перед подачей в штамп заготовки попадают в зону смазки, что является необходимым в случае глубокой вытяжки.

Пресс-автомат MW-1700 оборудован механизмом грейферной подачи заготовок. Перемещение заготовки с позиции на позицию осуществляется автоматически при помощи трех-координатных грейферных линеек. Пресс имеет 6 позиций штамповки, что подходит для проектной технологии. Характеристики выбранного пресс-автомата приведены в таблице 3.1.

3.2. Выбор средств механизации или автоматизации, определение основных технических характеристик

К средствам автоматизации проектируемого технологического процесса можно отнести устройство для захвата штучных заготовок, а также систему грейферной передачи заготовок [17-19].

Листозагрузочное устройство (питатель) имеет пневматический захват (присосы). Сложная пространственная форма детали определяет выбор трехкоординатной грейферной подачи. В результате применения питающего

устройства и грейферных линеек снижается трудоемкость изготовления детали, освобождается несколько операторов-штамповщиков, которые были задействованы в базовом варианте технологического процесса. Далее представлена техническая характеристика трехкоординатной грейферной подачи (таблица 3.2) и устройства подвода листов для многопозиционного прессы MW-1700 (таблица 3.3).

Таблица 3.1 - Технические характеристики многопозиционного прессы MW-1700:

Максимальное усилие ползуна перед нижней мертвой точкой	17000 кН
Максимальное усилие ползуна на каждой стороне под точками подвески	8500 кН
Количество точек подвески ползуна	4
Число ходов в минуту на холостом ходу, бесступенчато-регулируемое	10...18
Количество рабочих позиций	6
Ход ползуна	650 мм
Диапазон регулировки ползуна	100 мм
Максимальная закрытая высота	1360 мм
Площадь ползуна (ширина × глубина)	6000 × 2100 мм
Площадь стола (ширина × глубина)	6000 × 2000 мм
Усилие пневматической подушки (позиции 1-3)	1000 кН
Усилие пневматической подушки (позиции 4-6)	500 кН
Путь пневматической подушки на каждой позиции	150 мм
Ширина листовой заготовки	300...1600 мм
Длина листовой заготовки	150...700 мм
Толщина листовых заготовок	0,5...3,0 мм

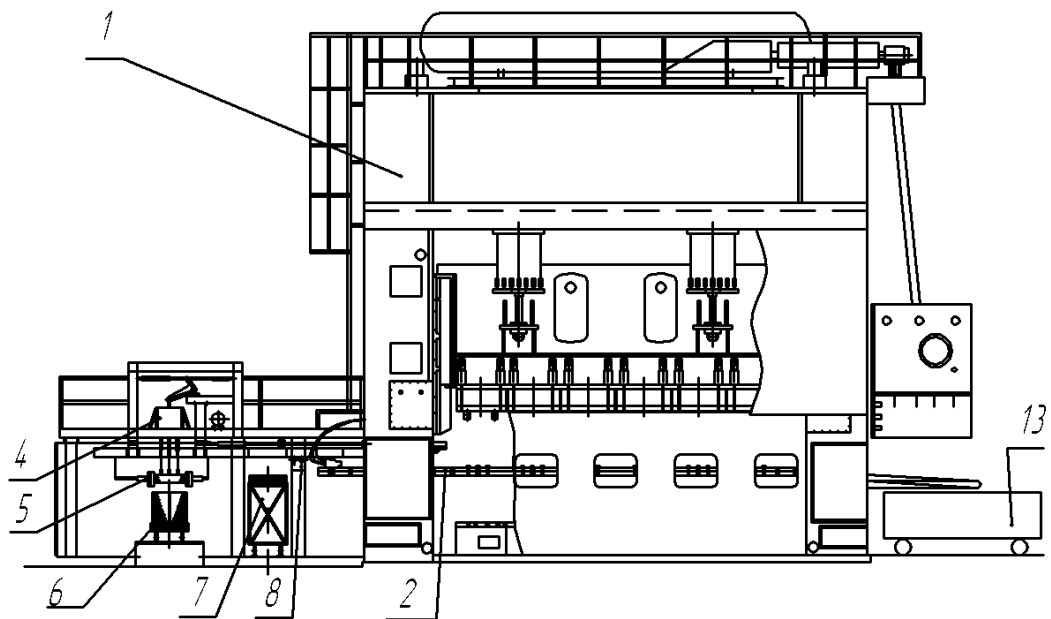


Рисунок 3.1 - Многопозиционный пресс-автомат Muller Weingarten – 1700

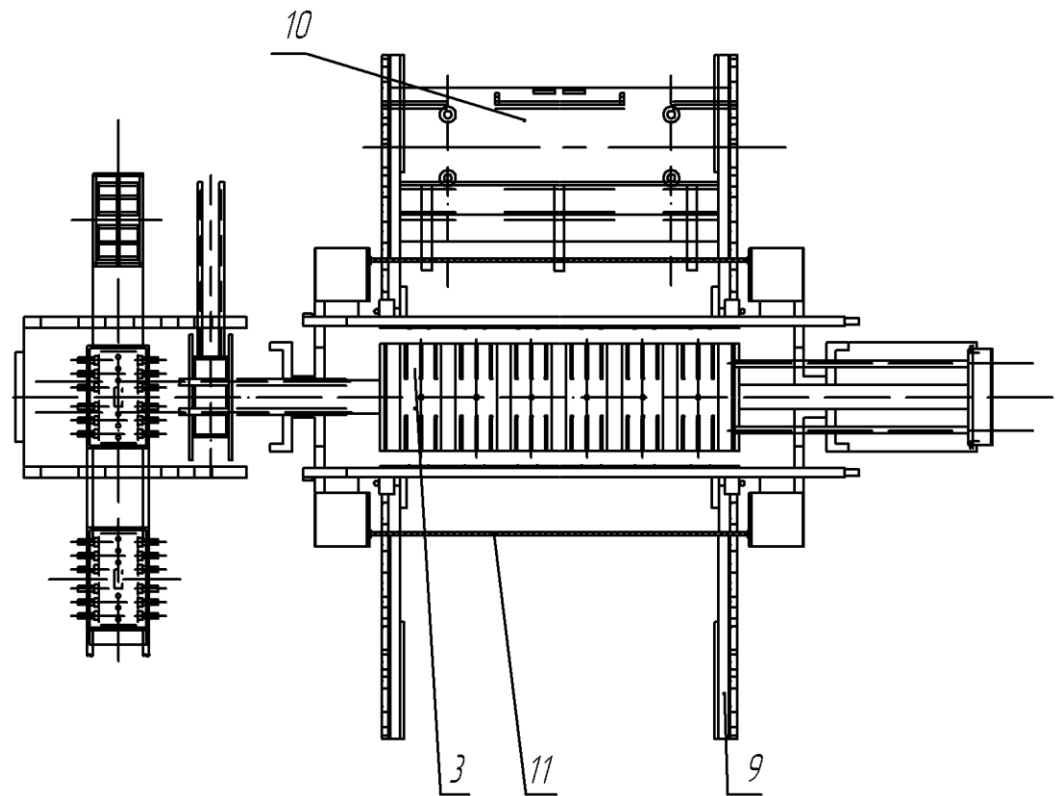


Рисунок 3.2 - Многопозиционный пресс-автомат Muller Weingarten – 1700 (вид сверху)

Таблица 3.2 - Техническая характеристика трехкоординатной грейферной подачи

Ход продольного перемещения линеек, мм (расстояние между штамповочными позициями прессы)	1000
Ход поперечного перемещения линеек, мм	250
Ход вертикального перемещения линеек, мм	150
Расстояние между линейками (в сомкнутом состоянии), мм	1000...2020
Профиль грейферной линейки, мм	160 × 160
Число ходов (ход/мин)	18

Таблица 3.3 - Технические характеристики устройства подвода листов для многопозиционного прессы MW-1700

Масса стопы максимальная, кг	1800
Вес заготовок максимальный, кг	10
Высота стопы заготовок, мм	300...500
Точность ориентации, мм	± 2,5

3.3. Описание работы штамповочной линии, планировка участка штамповки

Автоматическая линия с прессом-автоматом Muller Weingarten 1700 (рисунок 3.1) состоит из следующих модулей:

- 1 – пресс-автомат MW-1700;
- 2 – грейферные линейки;
- 3 – позиция (штамп) вытяжки;
- 4 – листоагрузчик;
- 5 – магнитные «распушители»;
- 6 – тележка для заготовок;

- 7 – тележка для сдвоенных заготовок;
- 8 – устройство смазки;
- 9 – рельсы направляющие (для выкатного стола прессы);
- 10 – болстер (выкатной стол);
- 11 – кожух звукоизолирующий (подъемные ворота);
- 12 – маркетные подушки прессы (пневмоцилиндры);
- 13 – отводной транспортер;
- 14 – тара для деталей.

Процесс работы штамповочной линии начинается с устройства загрузки листовых заготовок (4), которое пневмозахватом (присосами) берет заготовки из тары (6). Листоагрузчик оснащен приспособлением для разделения сдвоенных (слипшихся) заготовок – магнитными «распушителями» (5). Далее по магнитному транспортеру заготовки следуют к прессу. Датчик контроля сдвоенной заготовки определяет пригодность заготовки – сдвоенные (слипшиеся) заготовки удаляются из потока в специальную тару (7). Затем заготовка проходит этап технологической смазки (8). Грейферное устройство (2) на входе прессы осуществляет подачу листовой заготовки в рабочую зону прессы на первую штамповочную позицию (3) и перемещение заготовки между позициями пресс-автомата.

Во время штамповки подъемные ворота (11) находятся в нижнем положении, выполняя роль звукопоглощающего кожуха и защитного ограждения. При ремонте или при переналадке прессы подъемные ворота подняты – выкатной стол-болстер (10) по рельсам (9) перемещается на позицию замены штампов. Например, для переналадки автоматической линии при установке штампов для другого технологического процесса.

Отход, получаемый при штамповке (при обрезке), удаляется по специальным склизам в боковые стороны от прессы, падает в люки и попадает на транспортеры, расположенные в подвальном помещении. Отход, получаемый при пробивке отверстий, удаляется «на провал» под пресс, далее направляется в

люки и попадает на транспортеры в подвальном помещении. На выходе из пресса-автомата установлен транспортер (13), который перемещает отштампованные детали на позицию ручной укладки в тару.

4. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

Необходимость разработки штамповой оснастки появилась по причине замены оборудования и возникших требований к штампам при работе со средствами автоматизации. В данной части дипломного проекта будет выполнена разработка конструкции вытяжного штампа.

4.1. Состав и конструкция штамповой оснастки

Вытяжной штамп содержит плиты низа (поз. 8) и верха (поз.1), к которым присоединены основные детали штампа.

К плите низа крепится цельный вытяжной пуансон (поз. 9) штифтами (диаметра 16 мм) и винтами (М16). На плите низа расположен прижим (поз. 14), который приводится в движение с помощью 12 толкателей (поз. 205), работающих от маркетных шпилек.

Вертикальный ход прижима (62 мм) ограничивается 4 цилиндрическими ограничителями хода (поз. 210), которые крепятся в вертикальных приливах плиты низа.

Для точного перемещения прижима относительно плиты низа предусмотрены 8 пар направляющих планок (поз. 215, 216), которые закреплены попарно на прижиме и вертикальных приливах нижней плиты. На прижиме установлены и закреплены секции прижима (поз. 18, 19, 20, 25, 26, 29, 30), которые вместе образуют вокруг пуансона прижимную поверхность с тормозными порогами.

На прижиме находятся 4 подпружиненных подъемника (поз. 21, 22, 27, 28) с ходом равным 62 мм. Их назначение – после вытяжки поднять отштампованную заготовку на уровень подхода грейферных леек. Вертикальный ход 4 подъемников ограничен 4 скобами (поз. 12). В каждой скобе предусмотрен горизонтальный цилиндрический ограничитель (поз. 13), который используется при транспортировке штампа: ограничители перемещаются в

скобах в направлении к пуансону и фиксируются в этом положении полушайбой (поз. 208), препятствуя вертикальному перемещению 4 подъемников.

Фиксация заготовки производится при помощи 6 фиксаторов (поз. 4), закрепленных на прижиме и на секциях прижима.

К плите верха крепятся секции вытяжной матрицы (крепление осуществляется теми же элементами, что и для пуансона – фиксация штифтами ($\varnothing 12 \times 50$) и крепеж винтами ($M12 \times 60$). В полости матрицы предусмотрены 2 секции (поз. 36, 37), предназначенные для формовки донной части заготовки в процессе вытяжки. В секциях выполнены отверстия для отвода воздуха из полости матрицы.

В плите верха установлены 4 отлипателя (поз. 6, 44), которые имеют вертикальный ход 10 мм за счет разжатия пружин (поз. 202). Отлипатели проходят сквозь донные секции внутрь полости матрицы. Их назначение - выталкивание отштампованной заготовки из матрицы.

Ориентация плит верха и низа относительно друг друга выполняется при помощи нескольких пар направляющих призм (поз. 214, 216) шириной 140 мм. Призмы закреплены в плитах.

Также в штампе предусмотрены цилиндрические ограничители закрытой высоты (4 шт.) для предотвращения возможных поломок штампа. Ограничители расположены на поверхности прижима. В аварийной ситуации (например, при отсутствии заготовки в штампе) происходит контакт ограничителей с поверхностью плиты верха, что предотвращает нежелательный контакт рабочих частей штампа.

Для возможности транспортировки штампа в плитах верха и низа предусмотрены по 4 грузовых прилива.

Для крепления штампа к столу пресса в плите низа предусмотрены 4 паза. Штампы, работающие в многопозиционном прессе, должны быть точно ($\pm 0,01$ мм) установлены относительно друг друга на единой монтажной плите пресса. Особенность крепежа таких штампов: перед крепежом плиты низа к столу пресса, плиту фиксируют на монтажной плите пресса штифтами. Для этого в

плите низа выполняем 2 отверстия диаметром 40 мм под штифты. Плита верха крепится к ползуну прессы при помощи специальных пневматических захватов, ускоряющих процесс крепления.

4.2. Описание работы штамповой оснастки

Подача заготовки в штамп осуществляется с помощью грейферных линейек. Прижим находится в верхнем положении. Заготовка попадает на поверхность 4 подпружиненных подъемников, которые также находятся в верхнем положении. Фиксация заготовки выполняется за счет 6 фиксаторов. Опускание ползуна прессы приводит к перемещению подъемников и их заходу в тело прижима. Маркетные шпильки и прижим опускаются (усилие ползуна превышает усилие прижима).

Выполняется контакт заготовки и пуансона. Начинается операция вытяжки. Дальнейшее опускание ползуна приводит к смыканию верхней и нижней частей штампа. Таким образом, вытяжка завершена.

Подъем ползуна позволяет перемещаться толкателям с помощью пневмоподушки через маркетные шпильки. Прижим начинает подниматься.

Удаление полуфабриката из матрицы осуществляется за счет отлипателей, расположенных в вытяжной матрице, под действием пружин.

Одновременно вертикально поднимаются 4 подъемника в результате разжима пружин. Подъемники перемещают отштампованную деталь вверх на уровень транспортировки.

Отштампованная заготовка расположена на поверхности подъемников. Далее подходят грейферные линейки, и заготовка переносится на следующую позицию штамповки.

4.3. Прочностные расчеты деталей штампа

Прочностной расчет на прочность будет выполнен для пробивного пуансона, предназначенного для получения отверстия диаметром 6,5 мм и установленного в клиновом штампе. Выбор данного типа инструмента для проведения расчета обусловлен значительными нагрузками на режущие кромки пуансона при пробивке отверстий.

4.3.1. Расчет опорной поверхности пуансона на смятие

Расчет опорной поверхности пуансона на смятие осуществляется для исключения вдавливания ее в поверхность плиты.

Определение максимального напряжения на опорной поверхности пуансона диаметром 6,5 мм выполняется по формуле [2]:

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

где

P – усилие, необходимое для пробивки отверстия, Н;

F – опорная поверхность головки, мм².

Величина P определяется по формуле (2.4):

$$P = 1,2 \cdot (3,14 \cdot 6,5) \cdot 1,5 \cdot 29 = 14,2 \text{ (кН)}.$$

Значение опорной поверхности головки (с формой в виде круга диаметром 12 мм) устанавливается в соответствии с формулой:

$$F = \pi d^2 / 4. \quad (4.2)$$

$$F = 3,14 \cdot 12^2 / 4 \approx 113 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Значение напряжения смятия будет равно

$$\sigma_{\text{см}} = 1420 / 113 \approx 126 \text{ МПа}.$$

Таким образом, расчетное напряжение смятия превышает допустимое [$\sigma_{\text{см}}$] = 100 Мпа, что обосновывает установку закаленной стальной подкладки под опорную поверхность пуансона.

4.3.2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении

Расчет максимального напряжения в опасном сечении пуансона выполняется по формуле [2]:

$$\sigma_{сж} = P / f \leq [\sigma_{сж}], \quad (4.3)$$

где

P – технологическое усилие на операции (расчитано в п. 4.3.1);

f – площадь рабочей части пуансона (см. формулу 4.2).

$$f = 3,14 \cdot 6,5^2 / 4 = 33,5 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Значение сжимающего напряжения будет равно:

$$\sigma_{сж} = 1420 / 33,5 = 42,7 \text{ (кг/мм}^2\text{)} = 427 \text{ (Мпа)}.$$

Таким образом, расчетное сжимающее напряжение не превышает допустимое $[\sigma_{сж}] = 1600 \text{ Мпа}$, что говорит о достаточной прочности пуансонов, предназначенных для пробивки отверстий диаметром 6,5 мм.

4.3.3. Выбор материалов для изготовления деталей штампа

Результат выбора материалов для изготовления деталей штампа представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Материалы для изготовления деталей вытяжного штампа

Деталь штампа	Материал	Рекомендуемая твердость	Термическая обработка
1	2	3	4
Пуансон вытяжной	Сталь 40Л	НВ 210...260	ХТО поверхностного слоя
Секции и вставки матрицы	X12M1	HRC 55...59	Закалка до получения указанной твердости
Прижим	Сталь 40Л	HRC 32...37	
Плиты верха, низа	Ст 3 сп	-	
Плиты подкладные	Сталь 40Х	HRC 46...51	

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Ограничитель хода	Сталь 45	HRC 42...46	
Скобы-ограничители	Сталь 19 ХГН	HRC 48...54	
Отлипатель	Сталь 40Х	HRC 42...46	
Топитель	Сталь У8А	HRC 51...55	
Держатели, втулки, гайки	Сталь 45	HRC 32...37	
Толкатели маркетные	Сталь 45	HRC 47...51	
Планки направляющие	Сталь 20	HRC 60...64	Цементация на глубину H= 0,5...0,8 мм
Фиксаторы	Сталь 45	HRC 47...51	
Ограничители высоты цилиндрические (ГОСТ 18803-80)	Сталь 45	HRC 37...42	

4.4. Определение числа и расположения упругих элементов

В рамках данного дипломного проекта будет описан процесс выбора пружин (рисунок 4.1, поз. 202) для перемещения отлипателей (рисунок 4.1, поз. б).

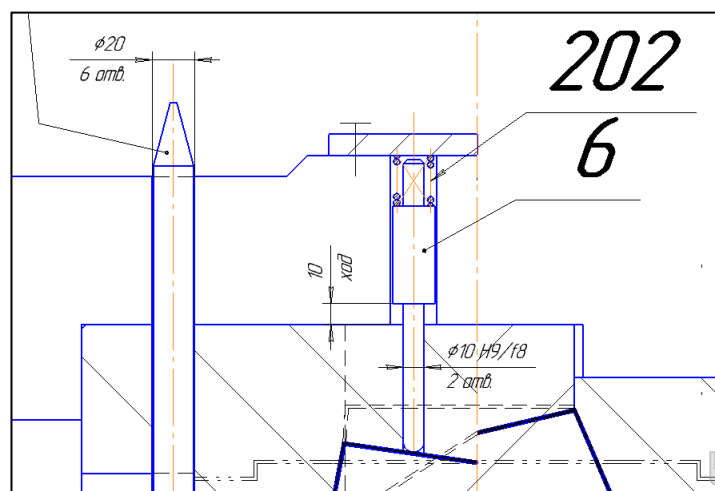


Рисунок 4.1 – Фрагмент верхней части вытяжного штампа

За счет данных пружин выполняется выталкивание заготовки из полости матрицы. Величина усилия выталкивания зависит от технологического усилия операции формовки. Ранее проведенный расчет (см. пункт 2.4.3) позволил установить усилие формовки: $P_{\text{ФОРМОВКИ}} = 466$ кН.

Решаем, что общее усилие пружин, направленное на выталкивание из матрицы, будет составлять 0,1...0,2% от величины $P_{\text{ФОРМОВКИ}}$:

$$P_{\text{ВЫТАЛКИВ.}} = 0,015 \cdot 466 = 0,75 \text{ (кН)}.$$

При конструировании штампа решено использовать 4 пружины для 4 отлипателей с ходом 10 мм. С учетом этого подбираем пружины сжатия. Усилие одной пружины:

$$P_{\text{ПРУЖ.}} = P_{\text{ВЫТАЛКИВ.}} / 4 = 0,75 / 4 \approx 0,19 \text{ (кН)}.$$

Выбираем пружину с силой $P = 0,19$ кН (ГОСТ 18793-80). Геометрические размеры выбранной пружины приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Геометрические размеры выбранной пружины

Параметр пружины	Обозначение параметра	Величина параметра, в мм
Наружный диаметр	D	20
Рабочий ход пружины	F ₂	15,05
Диаметр проволоки	d	2,5
Шаг пружины	t	5,74
Высота в свободном состоянии	H ₀	39,7

4.5. Определение центра давления штампа

Для исключения перекосов, несимметричности зазора между пуансоном и матрицей, износа направляющих необходимо центр вытяжного контура совместить с центральной осью штампа.

Заготовка детали «Поперечина пола средняя» является прямоугольной (1100 × 280 мм), т.е. условно симметричной. Контур вытяжки является почти симметричным относительно поперечной оси. Располагаем вытяжной переход симметрично относительно центральной оси штампа, что не создаст перекос при вытяжке, либо он будет минимален (в допустимых пределах).

4.6. Определение исполнительных размеров инструмента

Рассчитаем исполнительные размеры пуансонов и матриц, используемых при пробивке отверстия диаметром 6,5 мм. Расчет диаметра пуансона выполняется по формуле [2]:

$$d_{\text{П}} = (d_{\text{Отв}} + \Delta)^{-\delta}, \quad (4.4)$$

где

Δ – допуск на отверстие, назначенный по 14-му качеству ($\pm j_s 14/2$); $\Delta = \pm 0,045$ мм;

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

Диаметр пуансона в соответствии с формулой (4.4) равен:

$$d_{\text{П}} = (10 + 0,045)^{-0,009} = 10,045^{-0,009} \text{ (мм)}.$$

Расчет диаметра матрицы выполняется по формуле [2]:

$$d_{\text{М}} = (d_{\text{П}} + Z)^{+\delta}, \quad (4.5)$$

где

Z – двусторонний зазор резания; $Z = 0,15$ мм (10% от толщины S);

δ – допуск на изготовление матрицы по качеству H7; $\delta = + 0,015$ мм.

Диаметр матрицы в соответствии с формулой (4.5) равен:

$$d_{\text{М}} = (10,045 + 0,15)^{+0,015} = 10,195^{+0,015} \text{ (мм)}.$$

5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

5.1. Технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта [20]

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технолог. процесс, операцию	Оборудование, технич. устройство, приспособление	Материалы, вещества
1.	Изготовление детали «Поперечина пола средняя»	Холодная листовая штамповка	Штамповщик	Пресс-автомат, штамповая оснастка	Сталь 08Ю класса ОСВ

5.2. Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3	4
1.	Работа пресс-автомата, штамповой оснастки	Повышенный уровень вибрации	Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции
2.	Работа электродвигателя, кулачковых, зубчатых механизмов и пневмосистемы пресс-автомата. Удаление деталей и отходов по склизам. Работа штампов. Осуществление штамповочных операций	Повышенный уровень шума	Электродвигатель, кулачковые, зубчатые механизмы и пневмосистема пресс-автомата. Склизы для деталей и отходов. Работа штампов. Штамповочные операции

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4
3.	Погрузочные, транспортные, разгрузочные работы.	Производственный травматизм	Прессовое оборудование, механизмы и устройства автоматизации, их незащищенные подвижные части. Транспорт
4.	Перемещение подвижных частей оборудования и штамповой оснастки	Токсическое воздействие	Смазка подвижных частей оборудования и штамповой оснастки

5.3. Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1.	Повышенный уровень вибрации	Регламентированный режим работы, изменение в конструкции фундамента, прогрессивное оборудование, виброизоляция	-
2.	Повышенный уровень шума	Смазка трущихся частей оборудования и штампа, средства индивидуальной защиты, использование прогрессивного оборудования, герметизация источника шума	Ушные вкладыши («беруши»), наушники

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
3.	Производственный травматизм	Инструктаж по технике безопасности, автоматизация и механизация, двойная изоляция токоведущих частей, расположение токоведущих частей на недоступной высоте, защитные ограждения штампового пространства: с фронта пресса – фотоэлементы, останавливающие пресс в случае пересечения каким-либо предметом светового луча; с тыла – механическая решетка, переносной пульт включения муфты и тормоза пресса, расположенный на расстоянии 1,0-1,5 м от пресса, кнопки аварийного останова на пульте управления загрузчиком для быстрой остановки всей линии, встроенная предохранительная муфта отключает автоматическую линию в случае перегрузки или при заклинивании грейферной подачи	Спец. костюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на утолщённой подошве, защитные рукавицы
4.	Токсическое воздействие	Контроль концентрации токсических веществ. По окончании рабочей смены обязательно снять спецодежду, умыться, вымыть руки теплой водой с мылом или принять душ.	Респираторы, полумаски

5.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1.	Автоматизированная линия	Пресс-автомат	В, Е	Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных	Вынос (замыкание) высокого электрического

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
				продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)	напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные сред-ва пожаротушения	Стац. установ-ки системы пожаротушения	Сред-ва пожар-ной автома-тики	Пожар-ное оборудо-вание	Средства индив. защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожар-ные сигнала-ция, связь и опове-щение
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители	Пожарные автомоб или	Водяные установ-ки систем пожаротушения	Дымо-вые датчики	Рукава пожар-ные	Противо-газы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
Песок	Пожарные мото-помпы	Газовые установ-ки систем пожаротушения	Тепло-вые датчики	Пожар-ный инвен-тарь	Носилки	Пожарные топоры	Свето-вые указа-тели «ВЫХОД»
Кошма	Приспосо-бленные технич. спец.	Порошк. Установ-ки систем	Прием-но-контроль-ные	Колонка пожар-ная	Защитные костюмы	Лопаты штыковые	Ручные пожар-ные извещатели

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8
	средства (тягачи, прицепы и т.д)	пожаротушения	приборы				

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

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

5.5. Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно- технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно- технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Холодная листовая штамповка детали «Поперечина пола средняя»	Пресс-автомат, штамповая оснастка	Интенсивное выделение вредных испарений, газов отработанной смазки, масла и скопление пыли	Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов, при замене масла в технологических агрегатах и ряде подобных случаев	

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

Наименование технического объекта	Холодная листовая штамповка детали «Поперечина пола средняя»
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления детали «Поперечина пола средняя», перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое оборудование, применяемые материалы (таблица 5.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки детали «Поперечина пола средняя», видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенный уровень вибрации и шума, производственный травматизм, токсическое воздействие (таблица 5.2).

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно инструктаж по технике безопасности, применение средств автоматизации и механизации, смазка трущихся частей оборудования и штамповой оснастки, изменение в конструкции фундамента, виброизоляция, контроль концентрации

токсических веществ и т.д. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.6).

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

6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

6.1. Сравнительная характеристика вариантов

Базовым вариантом техпроцесса является изготовление детали на штамповочной линии, состоящей из 5 кривошипных прессов «Инноченти»: первый пресс усилием 6,5 МН, остальные – усилием 4 МН. Передачу заготовок между прессами выполняют транспортеры. Предварительно на заготовительной операции рулон разрезается на карточки; операции резки выполняются на автоматических гильотинных ножницах Н3218.

Предлагаемая технология изготовления состоит из тех же 5 операций, для выполнения которых используется пресс-автомат “Мюллер Вайнгартен” усилием 17 МН. Предварительно на заготовительной операции также производится резка рулона на карточки. Операции резки выполняются на автоматических ножницах Н3218. Раскрой аналогичен базовому варианту.

6.2. Калькуляция на штамп для вытяжки

Таблица 6.1 – Расчет затрат на изготовление и содержание штамповой оснастки

№	Наименование	Обозначение	Доля основной зарплаты, %	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
1	Основные материалы (в т.ч. транспортные расходы)	М	-	59920
2	Основная зарплата: $Z_{пл}^{осн} = C_T \cdot T_n / ч$ (трудоемкость $T = 688$ часов; тарифная ставка $C_T = 101,79$ руб/ч.)	$Z_{пл}^{осн.}$	-	70032
3	Расходы на социальные нужды	Сс	27%	18909
4	Расходы на содержание оборудования	РСО	147,18%	103072
5	Цеховые расходы	Р цех	130,39%	91314

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5
6	Итого: цеховая себестоимость изготовления штампа	С цех	-	343247

6.3. Исходные данные для расчета параметров эффективности внедрения новой технологии

Таблица 6.2 – Общие исходные данные

№	Показатель	Обозначение	Значение
1	2	3	4
1.	Годовая программа выпуска, шт	Ng	205900
2.	Эффективный фонд времени, час: 1) Оборудования 2) Рабочего	Фэ Фэ.р.	3890 1673
3.	Коэффициент выполнения норм	Квн	1,10
4.	Коэффициент многостаночного обслуживания	Кмн	1,0
5.	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	Ко	11,8
6.	Коэффициент монтажа	К _{МОНТ}	1,1
7.	Масса заготовки, кг	Мз	3,733
8.	Цена материалов, руб./кг	Цм	21,50
9.	Масса отходов, кг	Мотх	1,483
10.	Цена отходов (3,2% от Цм), руб./кг	Цотх	0,65
11.	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Ктз	1,05
12.	Часовая тарифная ставка : Рабочих-операторов 3 разряда Рабочих-наладчиков 5 разряда	Ст	42,17 58,49
13.	Коэффициенты доплат по зараб. плате:		
а)	До часового фонда зарплаты	К _{ДОП}	1,10
б)	За профессиональное мастерство	К _{ПФ}	1,15
в)	За условия труда	Ку	1,12
г)	За вечерние и ночные часы	Кн	1,20
д)	Премияльные	Кпр	1,15
е)	На социальное страхование	Кс	1,27
	Итого общий коэф-нт доплат $K_{ЗПЛ} = K_{Д} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{У} \cdot K_{Н} \cdot K_{ПР} \cdot K_{С}$	К _{ЗПЛ}	2,48
14.	Выручка от реализации, %:		

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
	- изношенного оборудования - изношенного штампа	Вр Вр.и.	5 15
15.	Норма амортизации, %	На	8
16.	Цена электроэнергии, руб./кВт.ч	Цэ	1,42
17.	Цена произв. Площади, руб./м ²	Цпл	4500
18.	Коэффициент цеховой	К _{ЦЕХ}	2,28

Таблица 6.3 - Эксплуатационные данные оборудования

Наименование прессового оборудования			Инноченти Инн650	Инноченти Инн400	Пресс-автомат MW-1700
Норма штучного времени на операцию	t _{шт}	мин	0,120	0,112	0,085
Норма машинного времени на операцию	t _{маш}	мин	0,090	0,075	0,067
Установленная мощность электродвигателей станка	M _у	кВт	40	36	200
Площадь, занятая машиной	S _{уд}	м ²	20	16	50
Цена единицы оборудования	Ц _{об}	руб.	565000	448550	1255000 0
Выручка от реализации изношенного оборудования (5%)	В _р	руб.	28250	22428	627500
Норма обслуживания станков одним наладчиком	n _{обсл}	n	4	4	0,5
Коэффициент полезного действия	КПД		0,75	0,75	0,70

Таблица 6.4 - Исходные данные для оснастки

Наименование штампа	Стойкость штампа	Цена штампа
	$T_{шт.}$, ударов	$C_{шт.}$, руб.
1	2	3
Базовый вариант (Инн 650 - Инн 400)		
1. Штамп для вытяжки	65000	288521
2. Штамп для обрезки	65000	273583
3. Штамп для правки-фланцовки	65000	289520
4. Штамп для пробивки	65000	266012
5. Штамп для клиновой пробивки	65000	311495
Предлагаемый вариант (MW-1700)		
1. Штамп для вытяжки	110000	343247
2. Штамп для обрезки	110000	329118
3. Штамп для правки-фланцовки	110000	319808
4. Штамп для пробивки	110000	298822
5. Штамп для клиновой пробивки	110000	358964

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

Таблица 6.5 - Расчет необходимого количества оборудования, коэффициента его загрузки, численности рабочих-операторов и необходимого числа штампов

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1.	Количество оборудования, необходимое	$n_{об} = t_{шт.} \cdot N_{Г} / (\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60)$ $n_{об}^{Баз-10} = 0,120 \cdot 205900 / (3890 \cdot 1,2 \times 60) = 0,115 \rightarrow 1$	5*	1

1	2	3	4	5
	для выпуска годовой программы, шт.	$n_{об}^{Баз-20-60} = 0,112 \cdot 205900 / (3890 \times 1,2 \cdot 60) = 0,106 \rightarrow 1$ $n_{об}^{Проект} = 0,085 \cdot 205900 / (3890 \cdot 1,2 \times 60) = 0,080 \rightarrow 1$		
*Для выполнения базового варианта техпроцесса требуется 5 прессов.				
2.	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об.РАСЧ.} / n_{об.ПРИН.}$ $K_3^{Базовый-10} = 0,115 / 1$ $K_3^{Базовый-20-60} = 0,106 / 1$ $K_3^{Проект} = 0,080 / 1$	0,115 0,106	0,080
3.	Численность рабочих, необходимых для выпуска годовой программы деталей, чел.	$P_{ОП} = [t_{шт} \cdot N_{Г} \cdot (1 + K_{О}/100)] / (\Phi_{ЭФ} \cdot K_{МН} \cdot 60)$ $P_{ОП}^{Баз10} = [0,120 \cdot 205900 / (1673 \times 1 \cdot 60)] \times (1 + 11,8 / 100) = 0,422 \rightarrow 1$ $P_{ОП}^{Баз20-60} = [0,112 \cdot 205900 / (1673 \cdot 1 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,388 \rightarrow 1$ $P_{ОП}^{Проект} = [0,085 \cdot 205900 / (1673 \cdot 1 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,524 \rightarrow 1$	14**	10**
**1) базовый вариант технологии: 7 чел. × 2 смены = 14 чел. (штамповщики – 5 чел.; укладка деталей – 2 чел.); 2) проектный вариант: 4 чел. × 2 смены = 8 чел. (операторы и укладчики).				
4.	Число штампов для выпуска годовой программы	$n_{штамп} = N_{Г} / T_{и.шт.}$		
	1) Вытяжка	$n_{шт}^{баз} = 205900 / 65000 \rightarrow 4$ $n_{шт}^{проект} = 205900 / 110000 \rightarrow 2$	4	2
	2) Обрезка	$n_{шт}^{баз} = 205900 / 65000 \rightarrow 4$ $n_{шт}^{проект} = 205900 / 110000 \rightarrow 2$	4	2
	3) Правка-фланцовка	$n_{шт}^{баз} = 205900 / 65000 \rightarrow 4$ $n_{шт}^{проект} = 205900 / 110000 \rightarrow 2$	4	2
	4) Пробивка	$n_{шт}^{баз} = 205900 / 65000 \rightarrow 4$ $n_{шт}^{проект} = 205900 / 110000 \rightarrow 2$	4	2
	5) Клиновья пробивка	$n_{шт}^{баз} = 205900 / 65000 \rightarrow 4$ $n_{шт}^{проект} = 205900 / 110000 \rightarrow 2$	4	2

6.5. Расчет капитальных вложений

Таблица 6.6 - Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1.	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{\text{ОБ.}} = n_{\text{ОБ.}} \cdot C_{\text{ОБ.}} \cdot K_3$ $K_{\text{ОБ.}}^{\text{Баз}} = 1 \cdot 565000 \cdot 0,115 + 4 \cdot 448550 \cdot 0,106$ $K_{\text{ОБ.}}^{\text{Проект}} = 1 \cdot 1255000 \cdot 0,080$	250075	1004000
2.	Сопутствующие капитальные вложения:			
	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ.}} \cdot K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{Базовый}} = 250075 \cdot 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{Проект}} = 1004000 \cdot 0,1$	25008	100400
	Затраты на штампы, руб.	$K_{\text{И}} = C_{\text{ШТ}} \cdot n_{\text{ШТ}}$ $K_{\text{И}}^{\text{Базовый}} = 4 \cdot (288521 + 289520 + 273583 + 266012 + 311495)$ $K_{\text{И}}^{\text{Проект}} = 2 \cdot (343247 + 329118 + 319808 + 298822 + 358964)$	5716524	<u>3299918</u>
	Затраты на произв. площадь, руб.	$K_{\text{ПЛ}} = n_{\text{ОБ.}} \cdot S_{\text{УУ}} \cdot C_{\text{ПЛ.}} \cdot K_3$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{Баз}} = (4 \cdot 16 \cdot 0,106 + 1 \cdot 20 \cdot 0,115) \cdot 4500$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{Проект}} = 1 \cdot 50 \cdot 0,080 \cdot 4500$	53425	18000
	Итого (руб.)	$K_{\text{СОП}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{ПЛ}}$ $K_{\text{СОП.}}^{\text{Базовый}} = 25008 + 5716524 + 53425$ $K_{\text{СОП.}}^{\text{Проект}} = 100400 + 3299918 + 18000$	5794957	3418318
3.	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ.}} + K_{\text{СОП}}$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{Базовый}} = 250075 + 5794957$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{Проект}} = 1004000 + 3418318$	6045032	4422318
4.	Удельные капитальные вложения, руб.	$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{УД}}^{\text{Базовый}} = 6045032 / 205900$ $K_{\text{УД}}^{\text{Проект}} = 4422318 / 205900$	29,36	21,48

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5
5.	Дополн. кап.вложения, руб.	$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ}}^{\text{Проект}} - K_{\text{ОБЩ}}^{\text{Базовый}}$ $K_{\text{ДОП}} = 4422318 - 6045032$	0	

6.6. Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Таблица 6.7 - Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1.	Основные материалы за вычетом отходов, руб.	$M = (M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{\text{отх}} \cdot Ц_{\text{отх}})$ $M = (3,733 \cdot 21,50 \cdot 1,05) - (1,483 \cdot 0,60)$	83,38	
2.	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$З_{\text{ПЛ}} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{\text{Э.Р.}} \cdot K_{\text{ЗПЛ}} \cdot K_3 / N_{\Gamma}$ $З_{\text{ПЛ}}^{\text{Баз}} = 14 \cdot 42,17 \cdot 1673 \cdot 2,48 \cdot 0,106 / 205900$ $З_{\text{ПЛ}}^{\text{Проект}} = 8 \cdot 42,17 \cdot 1673 \cdot 2,48 \cdot 0,080 / 205900$	1,26	0,54
3.	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования, руб.	$P_A = [(Ц_{\text{ОБ}} \cdot (1 - B_p)) \cdot N_A \cdot t_{\text{ШТ}} \cdot 1,3] / (\Phi_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}} \cdot 60 \cdot 100)$ $P_A^{\text{Баз}} = ((4 \cdot 448550 + 565000) \cdot 1,1 - 22428) \cdot 10 \cdot 0,112 \cdot 1,3 / (3890 \cdot 1,2 \times 60 \cdot 100)$ $P_A^{\text{Проект}} = (1 \cdot 12550000 \cdot 1,1 - 627500) \times 10 \cdot 0,085 \cdot 1,3 / (3890 \cdot 1,2 \cdot 60 \cdot 100)$	0,01	0,03

Продолжение таблицы 6.7

1	2	3	4	5
4.	Расходы на электро-энергию, руб.	$P_{\text{Э}} = M_{\text{У}} \cdot t_{\text{МАШ}} \cdot K_{\text{ОД}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} \cdot \text{Ц}_{\text{Э}} /$ $/ (K_{\text{ПД}} \cdot 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{Базовый}} = (4 \cdot 36 \cdot 0,075 + 40 \cdot 0,090) \times$ $\times 0,075 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,04 \cdot 1,42 /$ $(0,75 \cdot 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{Проект}} = 200 \cdot 0,067 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,04 \times$ $\times 1,42 / (0,70 \cdot 60)$	0,35	0,52
5.	Расходы на штампы, руб.	$P_{\text{И}} = (\text{Ц}_{\text{ШТ}} - \text{В}_{\text{Р.И.}}) / T_{\text{И. ШТ.}}$		
	1) вытяжка	$P_{\text{И}}^{\text{Баз}} = (288521 - 43278) / 65000$ $P_{\text{И}}^{\text{Проект}} = (343247 - 51487) / 110000$	3,77	2,65
	2) обрезка	$P_{\text{И}}^{\text{Баз}} = (273583 - 41037) / 65000$ $P_{\text{И}}^{\text{Проект}} = (329118 - 49368) / 110000$	3,58	2,54
	3) правка-фланцовка	$P_{\text{И}}^{\text{Баз}} = (289520 - 43428) / 65000$ $P_{\text{И}}^{\text{Проект}} = (319808 - 47971) / 110000$	3,79	2,47
	4) пробивка	$P_{\text{И}}^{\text{Баз}} = (266012 - 39902) / 65000$ $P_{\text{И}}^{\text{Проект}} = (298822 - 44823) / 110000$	3,48	2,31
	5) пробивка клиновья	$P_{\text{И}}^{\text{Баз}} = (311495 - 46724) / 65000$ $P_{\text{И}}^{\text{Проект}} = (358964 - 53845) / 110000$	4,07	2,78
	Итого, руб.		18,69	12,75
6.	Содержание и эксплуатация произв. площадей, руб.	$P_{\text{ПЛ}} = S_{\text{уд}} \cdot n_{\text{Об}} \cdot \text{Ц}_{\text{ПЛ}} \cdot K_3 / N_{\Gamma}$ $P_{\text{ПЛ}}^{\text{Баз}} = (20 \cdot 1 \cdot 0,115 + 16 \cdot 4 \cdot 0,106) \cdot 4500$ $/ 205900$ $P_{\text{ПЛ}}^{\text{Проект}} = 50 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,080 / 205900$	0,18	0,17
7.	Расходы на зарплату наладчика, руб.	$Z_{\text{НАЛ}} = n \cdot \text{Ст} \cdot \Phi_{\text{Э.Р.}} \cdot K_{\text{ЗПЛ}} \cdot K_3 /$ $/ (n_{\text{ОбС}} \cdot N_{\Gamma})$ $Z_{\text{НАЛ}}^{\text{Баз}} = (1 \cdot 0,115 + 4 \cdot 0,106) \cdot 58,49 \times$	0,03	0,02

Продолжение таблицы 6.7

1	2	3	4	5
		$\times 1673 \cdot 2,48 / (4 \cdot 205900)$ $Z_{НАЛ}^{Проект} = 1 \cdot 0,080 \cdot 58,49 \cdot 1673 \cdot 2,48 /$ $/ (0,5 \cdot 205900)$		
8.	Технологич. себестоимость изготовления детали, руб.	$C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ} + P_A + P_{И} + P_{ПЛ} + Z_{НАЛ}$ $C_{ТЕХ}^{Баз} = 83,38 + 1,26 + 0,01 + 0,35 +$ $+ 18,69 + 0,18 + 0,03$ $C_{ТЕХ}^{Проект} = 83,38 + 0,54 + 0,03 + 0,52 +$ $+ 12,75 + 0,17 + 0,02$	103,90	97,41
9.	Цеховые расходы, руб.	$P_{ЦЕХ} = Z_{ПЛ} \cdot K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ}^{Баз} = 1,26 \cdot 2,28$ $P_{ЦЕХ}^{Проект} = 0,54 \cdot 2,28$	2,87	1,23
10	Цеховая себестоимость, руб.	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^{Баз} = 2,87 + 103,90$ $C_{ЦЕХ}^{Проект} = 1,23 + 97,41$	106,77	98,64

6.7. Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов

Таблица 6.8 - Структура себестоимости продукции сравниваемых вариантов

№	Наименование затрат	Сумма, руб.		Доля в %	
		Базовый	Проект	Базовый	Проект
1	2	3	4	5	6
1	Основные материалы за вычетом отходов	83,38	83,38	75,2	85,7
2	Зарплата рабочих-операторов	1,26	0,54	1,2	0,6
3	Затраты на амортизацию и текущий ремонт оборудования	0,01	0,03	0,05	0,05
4	Расходы на электроэнергию	0,35	0,52	0,4	0,7

Продолжение таблицы 6.8

1	2	3	4	5	6
5	Расходы на штамповый инструмент	18,69	12,75	20,8	11,6
6	Содержание и эксплуатация производств. площадей	0,18	0,17	0,2	0,3
7	Расходы на зарплату наладчика	0,03	0,02	0,05	0,05
8	Технологическая себестоимость	103,90	97,41	97,7	98,9
9	Цеховые расходы	2,87	1,23	2,3	1,1
10	Цеховая себестоимость	106,77	98,64	100	100

6.8. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

Таблица 6.9 - Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта

№	Показатель	Расчет и формула	Значение	
			Базовый	Проект
1	2	3	4	5
1	Приведенные затраты на единицу изделия, руб.	$Z_{\text{пр ед}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пр ед}}^{\text{Баз}} = 106,77 + 0,33 \cdot 29,36$ $Z_{\text{пр ед}}^{\text{Проект}} = 98,64 + 0,33 \cdot 21,48$	116,46	98,57
2	Годовой экономический эффект, руб.	$\Delta_{\Gamma} = (Z_{\text{пр}}^{\text{Базовый}} - Z_{\text{пр}}^{\text{Проект}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\Delta_{\Gamma} = (116,46 - 98,57) \cdot 205900$	3683733	
3	Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\Delta_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Баз}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Пр}}) \cdot N_{\Gamma}$ $\Delta_{\text{УГ}} = (106,77 - 98,64) \cdot 205900$	1673967	

Продолжение таблицы 6.9

1	2	3	4
4	Срок окупаемости новых штампов, лет	$T_{ок} = K_{и}^{Проект} / Э_{уг}$ $T_{ок} = 3299918 / 1673967$	≈ 2

В результате внедрения нового технологического процесса изготовления детали «Поперечина пола средняя» цеховая себестоимость изготовления единицы изделия снизилась с 106,77 руб. до 98,64 руб. (уменьшилась на 7,6%).

Причины снижения себестоимости:

- 1) уменьшение трудоемкости: с 0,120 мин. до 0,085 мин.;
- 2) уменьшение расходов на штамповую оснастку: с 18,69 до 12,75 руб. (за счет повышения стойкости штампов в 2 раза при использовании прогрессивного точного оборудования – пресса-автомата MW-1700).

Экономический эффект при программе выпуска 205900 деталей от внедрения нового техпроцесса составляет 3,68 млн. рублей, при сроке окупаемости капитальных вложений (на новый штамповый инструмент) в течение 2 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте были разработаны технологический процесс и штамповая оснастка для изготовления детали «Поперечина пола средняя». Совершенствование технологии было выполнено за счет перевода процесса изготовления этой детали на многопозиционный пресс-автомат.

Для предлагаемого технологического процесса были определены: схема процесса, форма и размеры заготовки, коэффициент использования металла.

Выбрано технологическое оборудование – пресс-автомат MW-1700 и средства автоматизации. Сформирована автоматическая линия, позволяющая изготавливать детали из штучных листовых заготовок. Спроектирован участок штамповки.

Выполнена разработка конструкция штамповой оснастки для вытяжной операции. Проведены требуемые прочностные расчеты, определено число и расположение упругих элементов, установлен центр давления штампа, рассчитаны размеры инструмента, подобраны материалы для изготовления деталей штампа.

Проведен анализ опасных и вредных факторов на участке изготовления детали, разработан перечень мероприятий по их устранению/ уменьшению.

Таким образом, автоматизация технологии изготовления детали позволяет снизить производственные затраты. Использование более прогрессивного оборудования – пресс-автомата, имеющего высокую точность и плавность при работе, позволяет снизить себестоимость изготовления детали по предлагаемой технологии на 7,5%. Годовой экономический эффект от снижения себестоимости составит около 2,7 млн. руб. Капитальные вложения в новые штампы окупятся в течение 2 лет.

На основании всех проделанных расчетов и обоснований, делаем вывод – цель дипломного проекта достигнута.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ширяев, Е.В. Проектирование технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой: учеб. пособие / Е.В. Ширяев, С.В. Сухов, М.В. Жаров. - Москва: ГОУ ВПО "МАТИ" - Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского, 2008. - 191 с.
2. Справочник по холодной штамповке / под ред. В.П. Романовского. - Л.: Машиностроение, 1979. - 520 с.
3. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка / М.Е. Зубцов. - Л.: Машиностроение, 1980. 432 с.
4. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / под общ. ред. Л. И. Рудмана. - Москва: Машиностроение, 1988. - 495 с.
5. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
6. Нефедов, А. П. Конструирование и изготовление штампов: из опыта Горьковского автомобильного завода / А. П. Нефедов. - Москва: Машиностроение, 1973. - 408 с.
7. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / ред. совет: Е. И. Семенов [и др.]; ред. тома А. Д. Матвеев [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1987. - 544 с.
8. Скворцов, Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки: конструкции и расчеты / Г. Д. Скворцов. - Москва: Машиностроение, 1972. - 359 с.
9. Справочник конструктора штампов для холодной штамповки / под ред. В.М. Аникина, Ю.С. Лукашина. - М.: Машиностроение, 1960. – 296 с.
10. Аверкиев, Ю.А. Технология холодной штамповки: учебник для вузов по спец. "Машины и технология обраб. металлов давлением" и "Обраб. металлов давлением" / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев. - Москва: Машиностроение, 1989. - 303, [1] с.

11. Lovell, M. Increasing formability in sheet metal stamping operations using environmentally friendly lubricants / M. Lovell, C.F. Higgs, P. Deshmukh, A. Mobley // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2006. - № 177. С. 87 – 90.
12. Ahmetoglu, M. Improvement of part quality in stamping by controlling blank-holder force and pressure / M.A. Ahmetoglu, T. Altan, G.L. Kinzel // *Journal of Materials Processing Technology*. – 1992. - № 33. С. 195 - 214.
13. Ohata, T. Development of optimum process design system for sheet fabrication using response surface method / T. Ohata, Y. Nakamura, T. Katayama, E. Nakamachi // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2003. - № 143. С. 667 - 672.
14. Pereira, M. P. Contact pressure evolution at the die radius in sheet metal stamping / M. P. Pereira, J. L. Duncan, W. Yan, B.F. Rolfe // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2009. - № 209. С. 3532–3541.
15. Lovell, M.R. Characterization of interfacial friction in coated sheet steels: influence of stamping process parameters and wear mechanisms / M.R Lovell, Z. Deng // *Tribology International*. - 2002. - № 35. С. 85–95.
16. Палей, М. М. Технология производства приспособлений, пресс-форм и штампов / М. М. Палей. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Машиностроение, 1979. - 293 с.
17. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
18. Попов, Е. А. Технология и автоматизация листовой штамповки: учеб. для вузов / Е. А. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин. - Изд. 2-е, стер.; Гриф МО. - Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 479 с.
19. Розен, Г. М. Механизация и автоматизация листовой штамповки в автомобилестроении / Г. М. Розен, А. А. Убрятов, А. А. Петин. - Москва: Машиностроение, 1983. - 327 с.

20. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: уч.-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 22 с.