

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(направленность (профиль/специализация))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Фиксатор привода» в CAD/CAE-системах

Студент	<u>Я.В. Павлухин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>П.А. Путеев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.Н. Брега</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе разработан технологический процесс и штамповая оснастка для изготовления детали типа «Фиксатор привода».

Данная тема актуальна для штамповых производств.

Целью данной бакалаврской работы является снижение себестоимости изготовления детали «Фиксатор привода» за счёт изменения технологического процесса и снижения расхода материала.

В данной работе представлены таблицы, источники, и расчеты. Предложены марка листового материала, оборудование. При разработке штампа были рассчитаны размеры всех деталей. Описаны действия и нормативы по технике безопасности, воздействие производства на окружающую среду. Также произведен расчет экономической части по применению оборудования.

Объем пояснительной записки и объем графического материала удовлетворяет всем требованиям. Все расчеты проведены в соответствии с методическими указаниями к бакалаврской работе.

ABSTRACT

In This bachelor's work presents the technological process development and die tooling for the "Lock drive" manufacture of parts type are developed.

This topic is relevant for stamp production.

The purpose of this bachelor's work is to reduce the cost of parts "Lock drive" manufacturing by changing the process and reducing material consumption.

This paper presents tables, sources, and calculations. The brand of sheet material and equipment are proposed. In the dimensions of all parts for stamp were calculated development. It describes the actions and safety standards, the impact of production on the environment, the calculation of the economic part of the use of equipment.

The volume of the explanatory note and the volume of graphic material meets all requirements. All calculations are carried out in accordance with the guidelines for bachelor work

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Анализ технологических исходных данных для изделия.....	7
1.1 Анализ технологичности изделия.....	7
1.2 Анализ базового процесса изготовления детали.....	10
1.3 Задачи ВКР.....	11
2 Разработка технологической части ВКР.....	13
2.1 Схема предлагаемого техпроцесса.....	13
2.2 Определение размеров и формы исходной заготовки.....	14
2.3 Проверка напряжений и толщины детали.....	15
2.4 Создание рационального раскроя и расчёт КИМ.....	16
2.5 Расчёт энергосиловых параметров.....	17
2.6 Определение работы для операций.....	22
3 Выбор средств автоматизации и оборудования.....	25
3.1 Технические характеристики оборудования и выбор типоразмера ..	25
3.2 Основные характеристики и выбор средств автоматизации.....	27
4 Создание конструкции штамповой оснастки.....	28
4.1 Работа штамповой оснастки и её конструкция.....	28
4.2 Расчёты прочности инструментов штампа и выбор материалов для штампа.....	30
4.3 Определение рабочих и несущих деталей штампа.....	33
4.4. Характеристика исполняющих размеров инструмента.....	33
5 Экологичность и безопасность проекта.....	34
5.1 Описание выполняемых операций, рабочего места и оборудования	34
5.2 Диагностика нежелательных и тяжёлых опасностей на производстве	34
5.3 Безопасность положения для условий труда.....	36
5.4 Пожарная безопасность производства.....	37

5.5 Экология пресового производства, неблагоприятное воздействие на окружающую среду и процедуры её безопасности.....	40
6 Раздел экономики	43
6.1 Сопоставление оборудования	43
6.2 Коэффициент производства	43
6.3 Техническая характеристика оборудования	46
6.4 Данные о штампе	46
6.5 Определение численности рабочих, штампа, коэффициента загрузки.....	47
6.6 Определение эффективности капитальных вложений.....	50
6.7 Расчёт себестоимости по двум вариантам.....	51
6.8 Итог проектируемого варианта.....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	57

ВВЕДЕНИЕ

Обработка металлов давлением (ОМД) может являться одним из наиболее передовых технологических процессов производства.

При помощи ОМД можно:

- изготовить детали сложной геометрической формы;
- получить сложные криволинейные поверхности детали;
- получить большое число взаимозаменяемых деталей;

-прессовое производство имеет большой уровень автоматизации даже до автономной работы, где на входе идёт рулонный материал и на выходе готовые изделия;

- достигнуть высокого уровня коэффициента использования материала.

В ОМД есть множество операций, таких как прокатка, штамповка, волочение, прессование, ковка, листовая штамповка и различные комбинации.

Целью данной бакалаврской работы является совершенствование процесса получения детали типа фиксатор привода за счёт изменения технологического процесса, средств автоматизации и снижения расхода материала.

1 Анализ технологических исходных данных для изделия

1.1 Анализ технологичности изделия

Прежде чем создать техпроцесс для получения детали необходимо провести проверку модели на технологичность её характеристик, пригодности материала, отклонений размеров, экономической целесообразности и других параметров, которые влияют на возможность изготовления изделия, а также на её эксплуатационные качества.

К штампованным изделиям предъявляются следующие требования:

- необходимое соблюдение точности размеров;
- соответствие условиям эксплуатации;
- соответствие требуемой прочности и твердости.

К основным показателям технологичности относятся:

- наивысший показатель использования металла;
- минимальное количество и небольшая трудоемкость операций;
- отсутствие дальнейшей механической обработки;
- низкое число оснастки, уменьшение затрат на ее изготовление;
- возрастание эффективности труда.

Во избежание дефектов электронной модели детали нужно произвести проверку качества детали (рисунок 1.1) на стадии электронной модели, также с помощью инструмента «Черчение» в NX 9.0 был сделан чертёж трёх видов детали (рисунок 2.2). Вначале выявляются дефекты и неточности геометрии

детали, а потом электронную модель редактируют под параметры необходимых стандартов, которые предъявляются к листовым телам NX9.0.

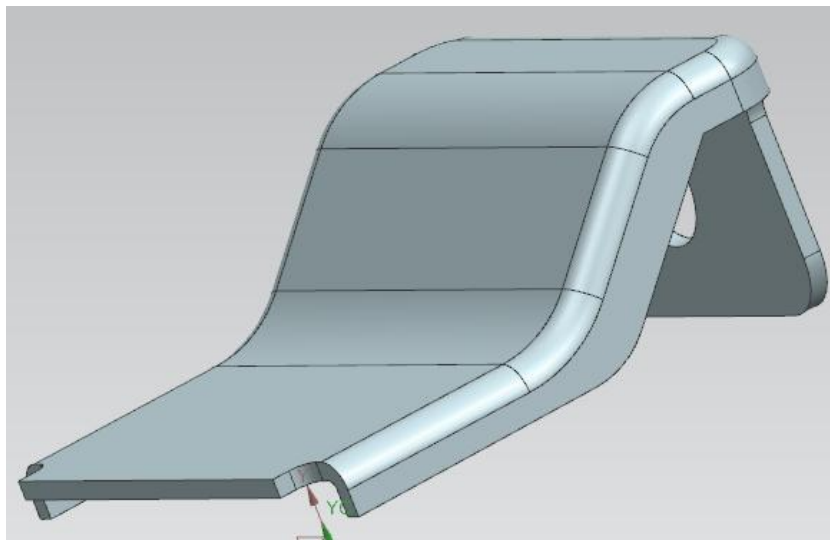


Рисунок 1.1 – Электронная модель исходной детали

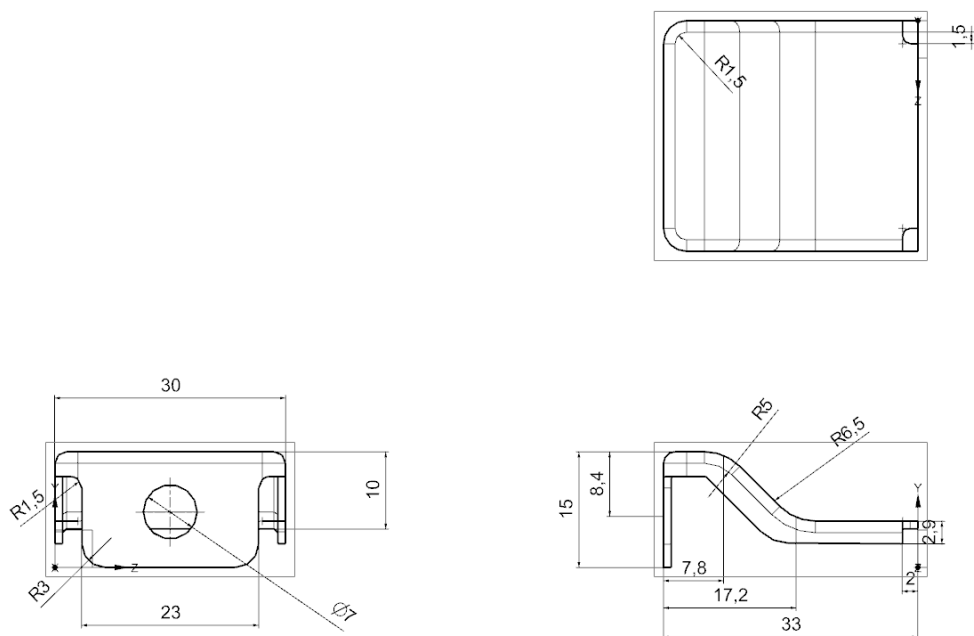


Рисунок 1.2 – Чертеж исходной детали

Чтобы проверить модель на технологичность, воспользуемся инструментом «hd3d» из программы NX 9.0.

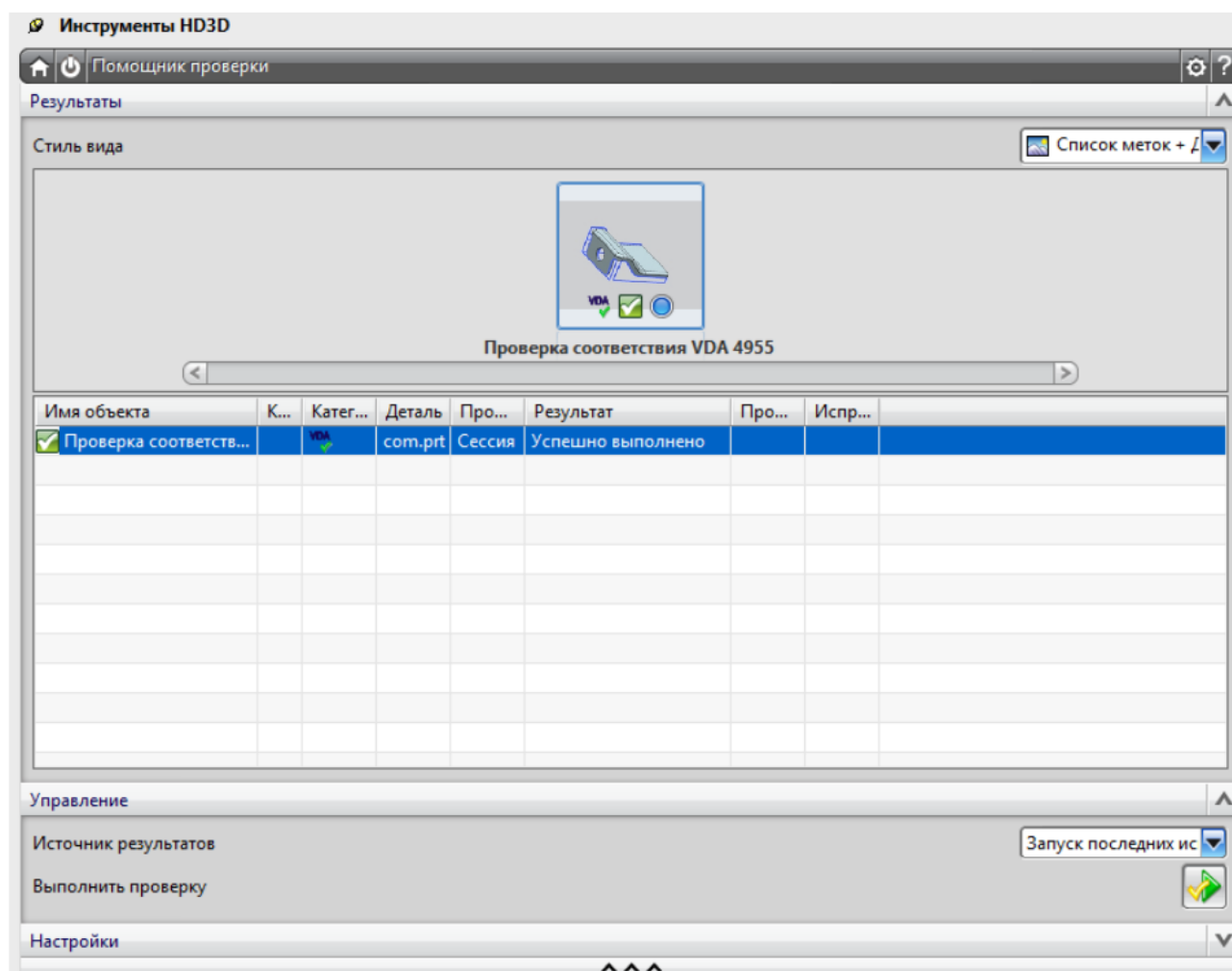


Рисунок 1.3 – Проверка детали в hd3d

Была проведена проверка детали в инструменте «hd3d», в ходе проверки по параметрам: разрывы геометрии, радиусы и т.д., нарушений не было выявлено.

Более эффективная проверка электронной модели была произведена для выявления дефектов линий с помощью инструмента «проверка геометрии». После проверки, дефектов не было выявлено (рисунок 1.3).

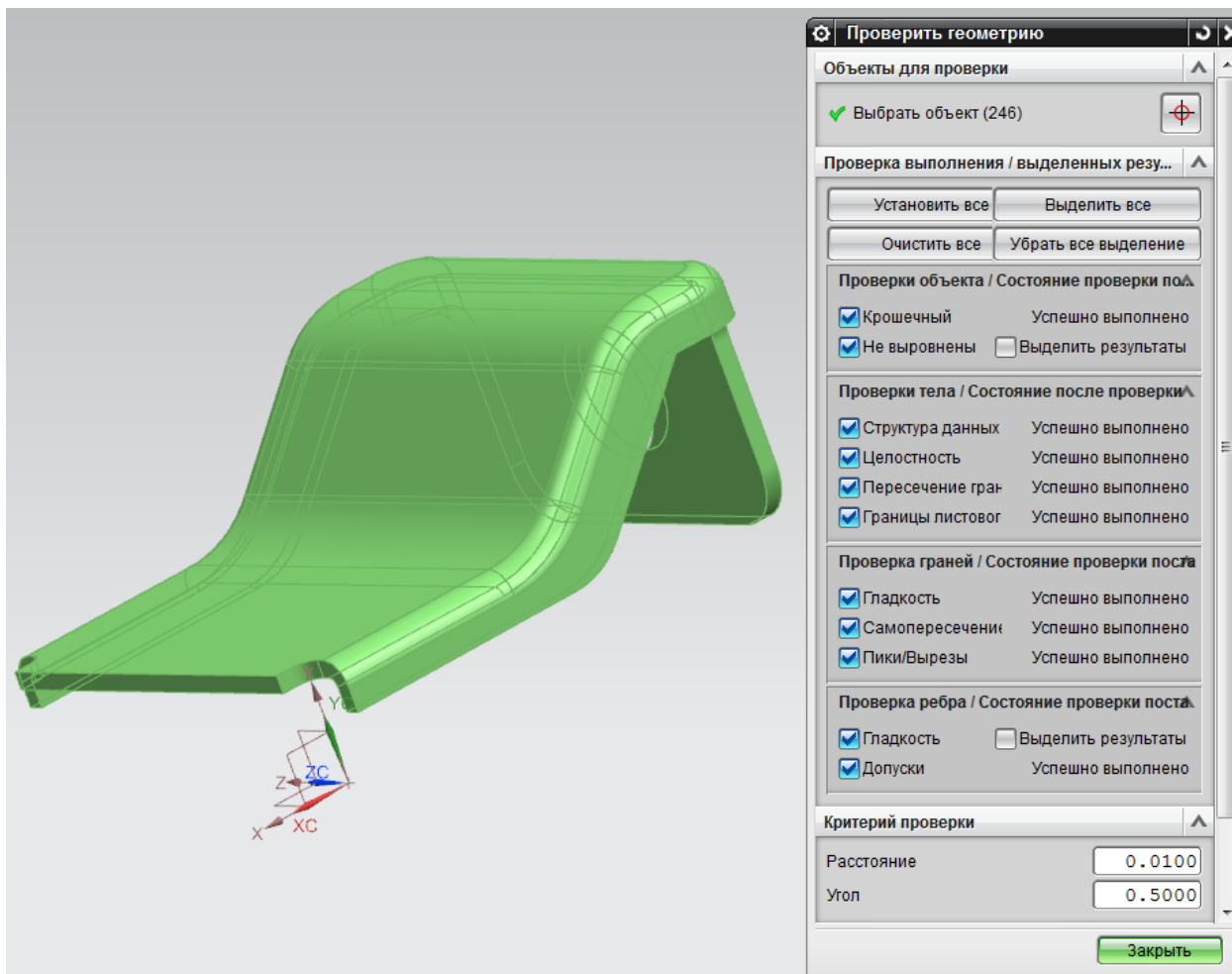


Рисунок 1.4 – Анализ геометрии ЭМ изделия

Проверив все возможные размеры с помощью данного инструмента, можно сделать вывод, что ЭМ изделия по всем её параметрам совпадает с данными электронной базы NX9.0.

По результатам проверки электронной модели изделия, получена заготовка листового тела без дефектов, наложенных поверхностей, разрывов, гладкости поверхности и других нарушений.

1.2 Анализ базового процесса изготовления изделия

Для создания детали «Фиксатор привода» выполняются несколько операций базовой технологии:

10.Пробивка;

20.Пробивка;

30.Вырубка;

40.Вытяжка;

50.Отделение.

Операция 10 – Пробивка

Пробиваются паз и три отверстия в полосе.

Операция 20 – Пробивка

Пробиваются ещё два отверстия.

Операция 30 – Вырубка

Производится вырубка заготовки из полосы.

Операция 40 – Вытяжка

Происходит вытягивание листовой заготовки.

Операция 50 – Разделение

Производится отделение заготовки от полосы.

1.3 Задачи ВКР

При исследовании исходной технологии изготовления детали «Фиксатор привода», были выявлены следующие недостатки: низкий КИМ, большой размер ленты. Для устранения перечисленных недостатков необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести анализ технологических исходных данных для детали;
- 2) определить технологичность детали;

- 3) выбрать средства автоматизации и оборудование;
- 4) разработать оснастку для последовательной штамповки;
- 5) проанализировать безопасность проекта и его рентабельность;
- 6) провести расчёт экономической эффективности.

2 Разработка технологической части ВКР

2.1 Схема предлагаемого техпроцесса

10.Пробивка;

20.Пробивка;

30.Вырубка;

40.Вытяжка;

50.Разделение.

В исследованном техпроцессе построения детали «Фиксатор привода», заготовка была усовершенствована и выбран более рациональный для неё раскрой.

Данный техпроцесс состоит из пяти операций. Изделия будут изготавливаться из стальной полосы толщиной 1 мм и маркой стали 08Ю. Операции планируется выполнить на одном и том же прессе, который работает вместе с системами автоматизации.

На первой стадии делается пробивка паза для контроля шага и трёх отверстий диаметром 7 мм

На второй стадии пробиваются два отверстия для облегчения дальнейшей вырубке детали.

На третьей стадии происходит вырубка полосы из ленты, убираются отходы.

На четвёртой стадии происходит главная операция по изменению формы детали.

На пятой стадии деталь отделяется от ленты.

2.2 Определение размеров и формы исходной заготовки

Начальная величина заготовки детали «Кронштейн крепления» составляет 36x50 мм.

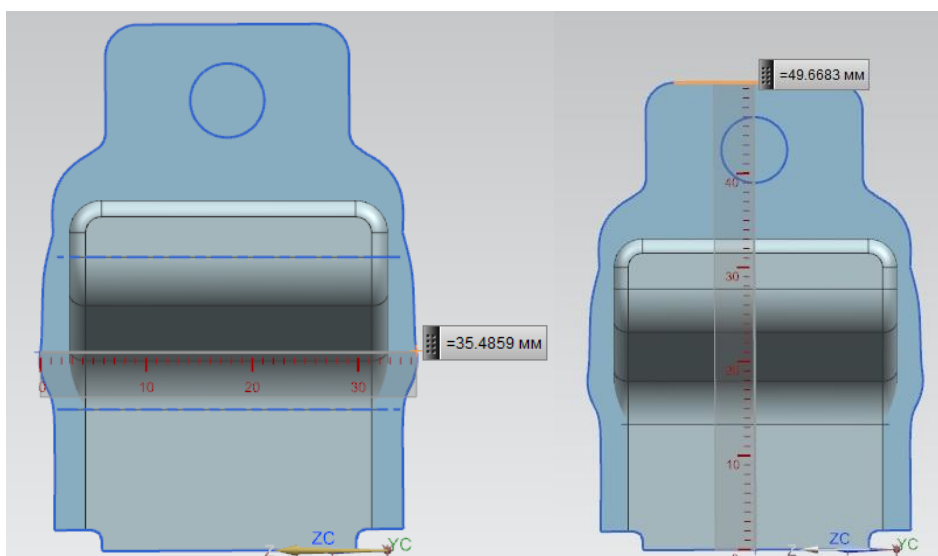


Рисунок 2.1 – Развёртка детали при анализе формуемости

С помощью инструмента «Одношаговый анализ» были подсчитаны размеры с учётом утонения.

$$L_d = 49,9 \text{ мм};$$

$$L_{ш} = 35,5 \text{ мм}.$$

С помощью инструмента «Простая длина» были измерены основные размеры заготовки без учёта утонения.

$$L_d = 49,7 \text{ мм};$$

$$L_{ш} = 36,3 \text{ мм}.$$

Изначально исходя из размеров заготовки, деталь была больше, но после измерения размеров детали с помощью специальных инструментов, было выявлено, что деталь оказалась меньше. Итоговый размер детали 36,3x49,7мм.

2.3 Проверка напряжений и толщины детали

Была проведена проверка детали на напряжения (рисунок 2.2), на диаграмме можно увидеть, что наибольшие напряжения происходят в местах сгиба детали.

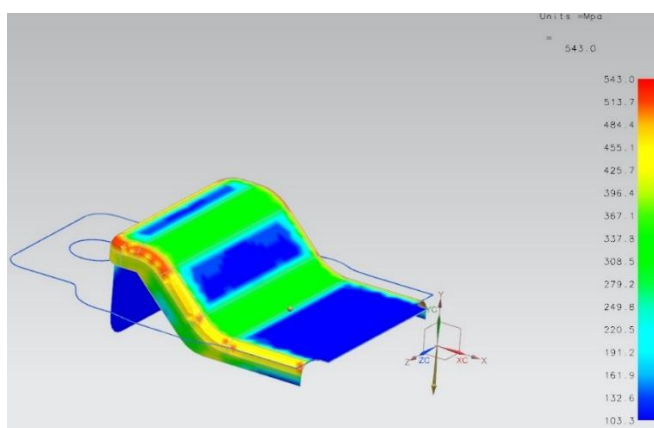


Рисунок 2.2 – Проверка напряжений

При проведении проверки толщины детали (рисунок 2.3) стало видно, что утолщения у детали практически нет, в некоторых местах сгибов присутствует утонение, а в основном толщина детали находится в пределах нормы.

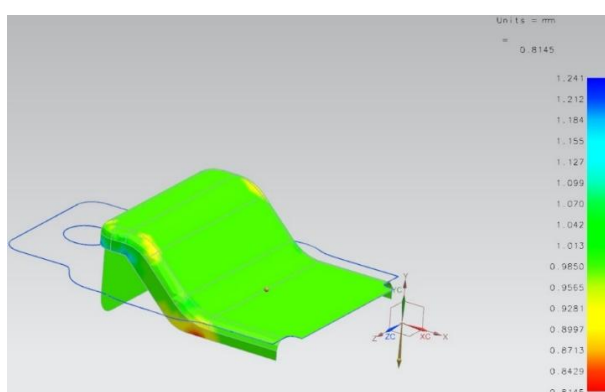


Рисунок 2.3 – Проверка толщины

2.4 Создание рационального раскроя и расчёт КИМ

На крупном производстве для изготовления деталей, должно быть экономное использование металла и это играет важную роль. Такую экономию можно достигнуть, благодаря рациональному использованию материала и за счёт увеличения КИМ (коэффициента использования материала).

С помощью инструмента «Измерение граней» в программе NX 9.0, был определён размер площади заготовки.

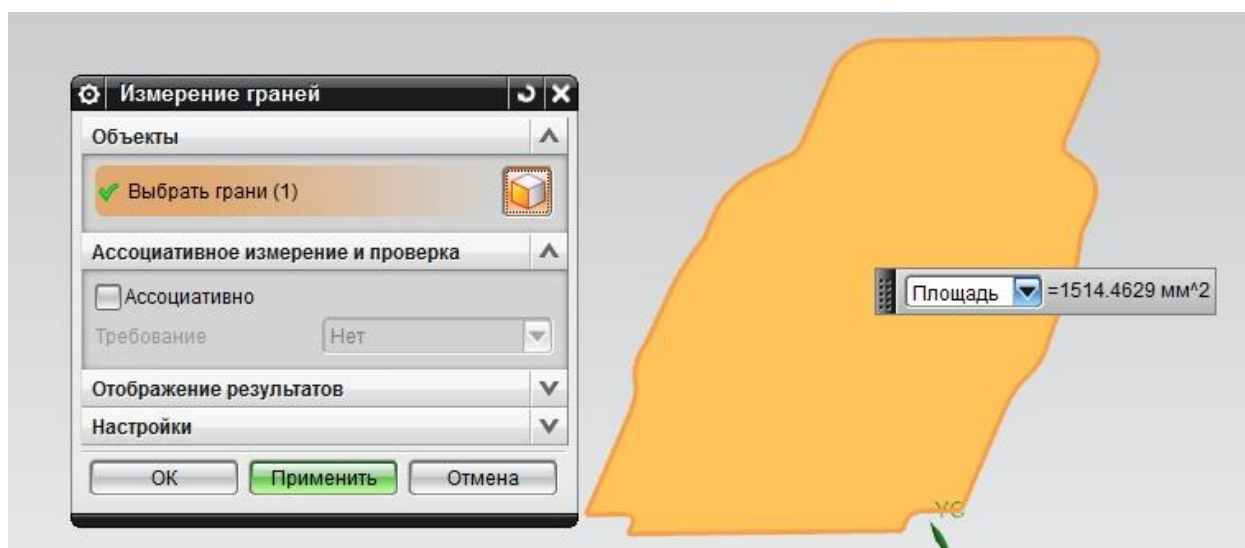


Рисунок 2.4 – Измерение площади

$$F_{\text{заг}} = 1514.46 \text{ мм}^2 \text{ - площадь заготовки.}$$

Заготовка располагается параллельно подаче полосы. В полосе заготовка будет расположена в два ряда. Ширина полосы будет равна ширине исходной заготовки, т.е. равной 120 мм.

Найдём КИМ по формуле:

$$\eta = (F_{\text{заг}}/B \cdot t) \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где $F_{\text{заг}}$ – площадь заготовки 1514,46;

B – ширина ленты, 113 мм;

t – шаг подачи, 39 мм;

$$\eta = (2F_{\text{заг}}/B \cdot t) \cdot 100\%, (2 \cdot 1514,46/113 \cdot 39) \cdot 100\% = 64\%.$$

В данном варианте коэффициент использования (КИМ) составил 64%, а в исходном варианте КИМ был равен 58%.

2.5 Расчёт энергосиловых параметров

В начале нужно рассчитать усилия для операций:

Первая операция – это пробивка трёх отверстий и паза, усилие для неё рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{пр2}} = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot k, \quad (2.2)$$

где L - длина пробиваемого контура, 21,98 ;

S – толщина материала, 1 мм;

$\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление резу, 25 кН/мм²;

k – коэффициент запаса, 0,4.

Длина пробиваемого контура находится по формуле:

$$L_{\text{окр}} = \pi d \quad (2.3)$$

где π – число пи, 3,14;

d – диаметр отверстия, 7.

$$L_{\text{окр}}=3,14 \cdot 7=21,98 \text{ мм}$$

Для получения трёх отверстий:

$$P_{\text{отв}}=3 \cdot (21,98 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 0,4)=65,9 \text{ кН}$$

Для паза:

$$P_{\text{паз}}=10 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 0,4 =10 \text{ кН}$$

Определим усилие, нужное для снятия полосы с пуансона:

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

где $k_{\text{сн}}$ – коэф-т, зависящий от толщины металла и типа штамповой оснастки, 0,07.

Для трёх отверстий:

$$P_{\text{сн}}=0,07 \cdot 65,9=4,61 \text{ кН}$$

Для паза:

$$P_{\text{сн}}=0,07 \cdot 10=0,7 \text{ кН}$$

Определение усилия, которое нужно для проталкивания детали сквозь матрицу:

$$P_{\text{пр}}=k_{\text{пр}} \cdot P \cdot n, \quad (2.5)$$

где $k_{пр}$ – коэф-т проталкивания, 0,1;

P – усилие для пробивки;

n – кол-во отходов.

Для трёх отверстий:

$$P_{пр} = 0,1 \cdot 65,9 \cdot 3 = 19,77 \text{ кН}$$

Для паза:

$$P_{пр} = 0,1 \cdot 10 \cdot 1 = 1 \text{ кН}$$

Определение общего усилия, которое затрачено на операцию:

$$P_{общ} = 65,9 + 10 + 4,61 + 0,7 + 19,77 + 1 = 101,08 \text{ кН}$$

Вторая операция – это пробивка двух отверстий для дальнейшей вырубке детали:

$$P_{проб} = L \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot k, \quad (2.6)$$

где L - длина пробиваемого контура, 14 ;

S – толщина материала, 1 мм;

$\sigma_{ср}$ – сопротивление резу, 25 кН/мм²;

k – коэффициент запаса, 0,4.

$$P_{проб} = 14 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 0,4 = 14 \text{ кН}$$

Определение усилия, нужного для снятия полосы с пуансона:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P, \quad (2.7)$$

где $k_{сн}$ – коэф-т, зависящий от толщины металла и типа штамповой оснастки, 0,07.

$$P_{сн}=0,07 \cdot 14=0,98 \text{ кН}$$

Определим усилие, которое нужно для проталкивания детали через матрицу:

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P \cdot n, \quad (2.8)$$

где $k_{пр}$ – коэф-т проталкивания, 0,1;

P – усилие для пробивки, 14;

n – кол-во отходов, 2.

$$P_{пр} = 0,1 \cdot 14 \cdot 2=2,8 \text{ кН}$$

Определение общего усилия, которое затрачено на операцию:

$$P_{общ}=14+0,98+2,8=17,78 \text{ кН}$$

Третья операция – это вырубка заготовки, она определяется по формуле:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot k, \quad (2.9)$$

где L - длина пробиваемого контура, 47,6;

S – толщина материала, 1 мм;

$\sigma_{ср}$ – сопротивление резу, 25 кН/мм²;

k – коэффициент запаса, 0,4.

$$P = 47,6 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 0,4=47,6 \text{ кН}$$

Четвёртая операция – это вытяжка детали, определяется по формуле:

$$P = \Pi \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k_h, \quad (2.10)$$

где Π – периметр вытягиваемой детали, 837 мм;

S – толщина материала, 1 мм;

σ_B – предел прочности стали 08Ю, 30;

k_h – коэффициент, который описывает вытяжку, 1,5.

$$P = 837 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 1,5 = 376 \text{ кН}$$

Усилие прижима, которое нужно для вытяжки:

$$Q = F \cdot q, \quad (2.11)$$

где F – площадь на которую осуществляется давление прижима, 102 мм²;

q – давление прижима, 0,2.

$$Q = 102 \cdot 0,2 = 20,4 \text{ кН},$$

Суммарное усилие, которое необходимо для вытяжки детали:

$$P_{\text{общ}} = 376 + 20,4 = 396,4 \text{ кН}$$

Пятая операция – отделение детали от полосы, вычисляется по формуле:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{cp} \cdot k, \quad (2.12)$$

где L - длина пробиваемого контура, 24 мм;

S – толщина материала, 1 мм;

$\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление резу, 25 кН/мм²;

k – коэффициент запаса, 0,4.

$$P = 24 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 0,4 = 230,4 \text{ кН}$$

Общее усилие для всех операций вычисляется по формуле:

$$P_{\text{сум}} = 101,08 + 17,78 + 47,6 + 396,4 + 230,4 = 792,86 \text{ кН}$$

2.6 Определение работы для операций

Первая операция – пробивка отверстий и паза.

Работа, которая нужна для пробивки отверстий и паза, вычисляется по формуле:

$$A = x \cdot (P \cdot h / 1000), \quad (2.13)$$

где P – усилие пробивки;

h – толщина материала, 1 мм;

x – коэффициент, 0,6.

Для отверстий:

$$A = 0,6 \cdot (65,9 \cdot 1 / 1000) = 0,039 \text{ кДж}$$

Для паза:

$$A = 0,6 \cdot (10 \cdot 1 / 1000) = 0,006 \text{ кДж}$$

Общая работа:

$$A_{\text{общ}} = 0,039 + 0,006 = 0,045 \text{ кДж}$$

Вторая операция – пробивка двух отверстий.

Работа, которая нужна для пробивки двух отверстий, рассчитывается по формуле:

$$A = x \cdot (P \cdot h / 1000), \quad (2.14)$$

где P – усилие пробивки, 14 кН;

h – толщина материала, 1 мм;

x – коэффициент, 0,6.

$$A = 0,6 \cdot (14 \cdot 1 / 1000) = 0,008 \text{ кДж}$$

Третья операция – вырубка детали.

Работа, которая нужна для вырубки детали, рассчитывается по формуле:

$$A = x \cdot (P \cdot S / 1000), \quad (2.15)$$

где P – усилие вырубки, 47,6 кН;

S – толщина материала, 1 мм;

x – коэффициент, 0,6.

$$A = 0,6 \cdot (47,6 \cdot 1 / 1000) = 0,028 \text{ кДж}$$

Четвёртая операция – вытяжка детали.

Работа, которая нужна для вытяжки детали, вычисляется по формуле:

$$A = C \cdot (P \cdot h / 1000), \quad (2.16)$$

где P – усилие вытяжки, 376 кН;

h – толщина материала, 1 мм;

C – коэффициент, 0,8.

$$A = 0,8 \cdot (376 \cdot 1 / 1000) = 0,3 \text{ кДж}$$

Пятая операция – отделение детали.

Работа, которая нужна для отделения детали, рассчитывается по формуле:

$$A = x \cdot (P \cdot h / 1000), \quad (2.17)$$

где P – усилие пробивки, 230,4 кН;

h – толщина материала, 1 мм;

x – коэффициент, 0,6.

$$A = 0,6 \cdot (230,4 \cdot 1 / 1000) = 0,14 \text{ кДж}$$

Общая работа для всех операций рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{сум}} = 0,045 + 0,008 + 0,028 + 0,3 + 0,14 = 0,521 \text{ кДж}$$

3 Выбор средств автоматизации и оборудования

3.1 Технические характеристики оборудования и выбор типоразмера

Оборудование для технологических операций выбирается исходя из следующих требований:

1) максимальное усилие, которое выдаётся прессом должно быть больше, чем общее усилие, требуемое для штамповки;

2) ход ползуна должен соответствовать технологическим требованиям для производства детали;

3) оборудование должно обладать малой упругой деформацией, а для разделительных операций требуется высокая точность направляющих пресса;

4) размеры рабочих поверхностей пресса должны обеспечить возможность закрепления и установки штамповой оснастки, позволять беспрепятственному удалению отхода и готовой продукции, подачу заготовок;

5) число хода ползуна должно обеспечить объем, который необходим для производимой продукции;

б) работа на штамповом оборудовании должна соответствовать условиям техники безопасности.

Прессовое оборудование выбирается исходя из максимального усилия, затраченного на выполнение всех операций. Именно по нему подбирается пресс с наибольшим усилием. Наибольшее номинальное усилие пресса может обеспечивать большую жесткость и уменьшение пружинения станины, а соответственно больший срок службы штамповой оснастки.

В данной бакалаврской работе все операции выполняются на одном прессе, поэтому нужно рассчитать номинальное усилие для каждой операции:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{проб1}} \cdot 1,5 = 101,08 \cdot 1,5 = 151,62 \text{ кН}$$

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{проб2}} \cdot 1,5 = 17,78 \cdot 1,5 = 26,67 \text{ кН}$$

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{выр}} \cdot 1,5 = 47,6 \cdot 1,5 = 71,4 \text{ кН}$$

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{выт}} \cdot 1,5 = 396,4 \cdot 1,5 = 594,6 \text{ кН}$$

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{отд}} \cdot 1,5 = 230,4 \cdot 1,5 = 345,6 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = 151,62 + 26,67 + 71,4 + 594,6 + 345,6 = 1189,89 \text{ кН}$$

Для того чтобы осуществить данный технологический процесс можно воспользоваться прессом «Мекфонд». Характеристики прессы приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – характеристики прессы – автомата Mecfond SC2

Характеристики	Значения
Усилие прессы, МН	2
Число хода ползуна, ход/мин	30 ... 220
Шаг (ход) ползуна	200
Регулирование скрытой высоты прессы, мм	155
Размерность плиты стола под штампом, мм	
- ширина	1340
- длина	1500
Впуск (подача) ленты:	двухвалковая с независимым механизмом
Диаметр вала впуска (подачи), мм	170
Протяжённость подачи на один шаг, мм	0...998
Чёткость подачи, мм	+/- 0,1
Вышина подачи над подшипниковой панелью(плитой), мм	120 +/- 50
Регулирование подачи:	
-по высоте	ручное
-по глубине ленты	автоматическое
Мощность основного привода, кВт	33
Размеры прессы, мм:	
-длина	3276

-ширина	1720
-высота	4700

2.2 Основные характеристики и выбор средств автоматизации

В состав пресс-автомат Mecfond SC2 входит правильно-смазывающее устройство, автоматизированная рулонница, петле-образователь прессы двух кривошипного типа с валковой подачей, рольганги, два транспортёра: для отходов и для готовой продукции, ножницы, которые режут отходы на мерные длины.

Работа пресс-автомата происходит следующим образом:

Правильно-смазывающее устройство проводит материал через 8 валков, у которых есть собственный привод, объединённый со скоростями разматывающего механизма.

Разматывающий механизм имеет регулируемую спираль для подачи ленты, имеет наблюдательную систему, с помощью которой возможно корректировать скорость подачи ленты. Выравненная лента подвергается деформации в петле-образователе в упругой зоне. Петле-образователь является накопителем ленты для прерывистой подачи её во внутрь штампа. При входе в пресс-автомат присутствует валковая подача, которая обеспечивает высокую точность подачи. У верхнего валка есть возможность отходить кверху при высоте ленты.

Пресс-автомат обладает автоматическими зажимами верхних составляющих штампа, что позволяет быстро переналадить штамп.

4 Создание конструкции штамповой оснастки

4.1 Работа штамповой оснастки, её конструкция и состав

Штамповка в сложном штампе позволяет использовать меньше оборудования, для неё достаточно одного пресса, сокращение расходов на транспортировку и переналадку оборудования, использование меньшего штата рабочих.

Как и любой технологический процесс штамп должен соответствовать условиям требуемой формы и сохранности данной заготовки, также должен обеспечивать нужную эффективность и надежность работы.

Разработанный штамп должен нормально работать и для этого нужно, чтобы в матрице пуансон находился с определенным зазором. Текущий зазор должен располагаться равномерно по рабочему контуру матрицы. Если толщина листа из которого рубят заготовку будет меньше, то и размер зазора будет меньше. Следовательно, все размеры профиля пуансона всегда меньше соответствующих размеров профиля матрицы на определённую величину зазора. Преимущественно рабочий контур одной из сопрягаемых деталей изготавливается по размерам чертежа с нужной точностью, а другую деталь изготавливают по первому, придерживаясь требуемого зазора. Наряду с этим вначале происходит обработка того профиля из двух соединённых профилей, который более технологичен. Наладку самого штампа производят слесарным способом.

Конструкция штампа зависит от следующих основных факторов:

- размеры и конфигурация штампуемого (деформируемого) контура;
- последовательность и наименование всех операций;
- название оснастки, на которую будет установлен штамп;
- экономическая эффективность производства.

Штамп представляет собой набор связанных между собой плит и разных узлов, сделанный для определённого типа оборудования. Кроме того штамп имеет свои определённые размеры по стандарту, определённый ход и высоту. Штамп, разработанный для прессы «Мекфонд SC2» предназначен для вытяжки, пробивки, вырубки и разделения состоит из верхней и нижней плит, которые соединены между собой направляющими втулками и колонками, верхних накладок, которые крепятся к верхней плите и пазов для закрепления на самом оборудовании и плите съёмника.

Инструмент для работы состоит из формоизменяющего и разделяющего. Разделяющие инструменты: пуансоны для разделения и пробивной пуансон. Для изготовления данной небольшой детали плиты в штампе достигают определённой высоты, именно поэтому матрицы будут запрессованы в матрицедержатели, которые винтами прикреплены к нижней плите.

Для фиксации ленты внутри штампа были разработаны ловители. Основное предназначение ловителей – это гарантирование точности шага подачи ленты.

Как работает штамп:

Работа штампа заключается в следующем: подача валков передвигает ленту на шаг 39 мм в штамповую область, где осуществляются технологические операции. Пуансон установленный в пуансоно-держатель, должен быть закреплен на верхней плите. К самой нижней плите штифтами и винтами неподвижно крепится сама матрица. Перемещение прижима блокируется ограничивающими скобами. У пружин усилие затяжки регулируется гайками. Блокираторы, которые закреплены на самом прижиме, нужны для того, чтобы зафиксировать заготовку при вырубке и дальнейшего снятия её с ловителя, зафиксированного винтом на матрице.

Штамп устанавливают на плиту прессы под штампом и закрепляют болтами через пазы в нижней плите штампа. Плита (верхняя) закрепляется на ползуне прессы.

Окончательное описание работы штампа. Полоса подается на позицию пробивки. При движении верхней части штампа вниз пуансоны делают первую операцию, пробиваются четыре отхода на одном шаге. Затем после удаления отхода идет вторая операция пробивки, заготовки подаются на позицию данной операции, где два пуансона пробивают отверстия для облегчения последующей вырубки. В дальнейшем при передвижении верхней части штампа вниз пробивные пуансоны производят вырубку двух заготовок. После чего на следующей операции при помощи формоизменяющих инструментов происходит вытяжка двух заготовок. На последней операции с помощью пуансонов производится отделение заготовки от полосы. Сформированная деталь падает на провал.

4.2 Расчёты прочности инструментов штампа и выбор материалов для штампа

Производится расчёт на прочность пуансонов для пробивки отверстий. При создании пуансона с малым отверстием, нужно провести его проверку на прочность.

Для диаметра отверстия 7 мм можно рассчитать опорную поверхность пуансона:

$$\sigma_{см} = P_{проб}/F, \quad (4.1)$$

где $\sigma_{см}$ - напряжение смятия опорной поверхности, МПа;

$P_{проб}$ - усилие пробивки, 65,9 кН;

F – поверхность опоры пуансона, $1,13 \cdot 10^{-4}$ мм².

Формула для напряжения смятия:

$$\sigma_{см} = 0,0659/0,000113=58,3 \text{ МПа}$$

Заданное требование будет выполнено, т.к. $58,3 \leq 100 \text{ МПа}$.

Разрез пуансона на сжатие:

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

где $\sigma_{сж}$ - напряжение (сжатия), МПа;

f - площадь самого меньшего сечения для пуансона, $1,26 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^2$;

$[\sigma_{сж}]$ - допустимое напряжение для сжатия, МПа, $\sigma_{сж} = 1600 \text{ МПа}$.

В итоге напряжение сжатия составит:

$$\sigma_{сж} = 0,0659/0,0000126=523,2 \text{ МПа}$$

Зажимающее напряжение $\sigma_{сж} = 523,2 \text{ МПа} < [1600] \text{ МПа}$, условие будет выполнено.

Длину пуансона можно рассчитать по формуле:

$$l = 4.43 \cdot (E \cdot I) / n \cdot P, \quad (4.3)$$

где E – упругость, $2,2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$;

I - момент инерции у сечения;

n - коэф-т безопасности; 2.

Расчёт момента инерции сечения:

$$I = 0,05 \cdot d^4, \quad (4.4)$$

где d – диаметр пуансона в меньшем сечении, м;

$$I = 0,05 \cdot 0,007^4 = 1,2 \cdot 10^{-10}$$

$$l = 4.43 \cdot (2,2 \cdot 10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-10}) / 2 \cdot 0,0659 = 0,088 \text{ м}$$

В проектном варианте будет выбран пуансон длиной 50 мм, это означает что все положения выполнены $50 \text{ мм} < 88 \text{ мм}$.

Для того чтобы выбрать марку стали штампа и его оснастки, присутствуют некоторые требования. Поскольку на рабочей поверхности будет собрано высокое напряжение, следовательно лучше выбрать подходящий материал с высокой твердостью и стойкостью. По данным методических пособий для режущих инструментов можно выбрать следующие материалы:

а) для рабочих инструментов в штампе, это ножи и пуансоны рекомендовано выбрать марки сталей У10А, Х12Ф1, У10, HRC59-60

б) для вытяжных групп в штампе рекомендовано выбрать марки сталей Х12, ВК8, У10А, HRC 61-63.

Марки сталей, которые выбраны для остальной оснастки в штампе:

-для плит блока - сталь 40, 50;

-для пружин - сталь 40;

-для держателей пуансонов и матриц - сталь 35, 40;

-для прижима-съемника - сталь 40, 45(твердость HRC 50–54);

-для ловителей - сталь 45 (твердость HRC 50–54)

4.3 Определение несущих и рабочих деталей штампа

Рабочие детали штампов можно разделить на две категории, это несущие и технологические, которые напрямую соприкасаются с изготавливаемым изделием. Технологические детали – это пуансоны, матрицы, ловители, прижимы, ножи, упоры, направляющие. Несущие детали – это хвостовики, крепежи, колонки, ограничители хода, пакеты пружин, втулки.

4.4 Характеристика исполняющих размеров инструмента

Для определения исходных размеров матриц и пуансонов следует изначально точно узнать размеры штампуемой детали и определить износостойкость штампа. Чтобы изготовить изделие с точными размерами, необходимо произвести расчёт зазоров и припусков на рабочие величины штампа, для того чтобы определить правильные допуски и гарантию приемлемых зазоров. Чтобы определить исходные размеры штампа целесообразно рассмотреть припуски на износ, который имеет зависимость от точности штампуемой детали.

Во время проектирования матриц и пуансонов допуски не должны превышать допуски на зазор. Обычно допуски берут по второму классу точности при вырубании контура из тонких материалов (S до 4 мм); при $S > 4$ мм и для крупных деталей берут по третьему классу точности. При вырубании фигурного контура уже при $S > 3$ мм можно брать по третьему классу точности. При пробивании отверстия в соответствии с толщиной материала принимают допуск по второму и третьему классам точности. По методичкам и

ГОСТам допуски выбираются в зависимости от класса точности и стандартных размеров матриц и пуансонов.

5 Экологичность и безопасность проекта

5.1 Описание выполняемых операций, рабочего места и оборудования

Штамповое производство должно размещаться в отдельном корпусе, где и цехи средней, крупной и мелкой штамповки со складскими помещениями для штамповой оснастки, а также склады где хранится металл и производимая продукция. Технологический документ объекта приведён в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технологический документ объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника, выполняющего операцию	Оборудование	Материал
Штампование	Пробивка	Оператор	Пресс «Mecfond SC2»	Сталь 08Ю
Штампование	Пробивка	Оператор	Пресс «Mecfond SC2»	Сталь 08Ю
Штампование	Вырубка	Оператор	Пресс «Mecfond SC2»	Сталь 08Ю
Штампование	Вытяжка	Оператор	Пресс «Mecfond SC2»	Сталь 08Ю
Штампование	Отделение	Оператор	Пресс «Mecfond SC2»	Сталь 08Ю

5.2. Диагностика нежелательных и тяжёлых опасностей на прессовом производстве

Основной причиной данных опасностей могут являться электромеханический и механический виды травматизма с различными уровнями тяжести. Травматизм (электромеханический) возможно получить при неправильном использовании электрооборудования и несоблюдением инструкции по электробезопасности. Травматизм (механический) возможно получить при несоблюдении инструкции по безопасному движению и несоблюдении правил безопасности использованием режущих инструментов. Опасные и вредные факторы приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Опасные и вредные факторы

Эксплуатационно– технологическая операция и/или вид выполняемых работ	Вредные производственные факторы	Источники вредного производственного фактора
Транспортировка готовой продукции в тару.	Заостренные ребра заготовок, грубая поверхность материала	Заостренные ребра грубая поверхность,
Выполнение работы на станке	Низкая шумоизоляция и увеличенная вибрация	Кузница и пресса
Передвижение в цехах мультикаров и погрузчиков	Задымленность цеха	Передвижение автотранспорта
В рабочих помещениях(цеха)	Недостаточность света	Электроприборы с низкой мощностью
Выполнение работ на оборудовании	Опасность при повышенной вероятности получения травм рабочему, увеличенное напряжение электронной цепи	Электродвигатели станка, электронасосы
Безотрывная транспортировка в ручную заготовок	Возможная раздражительность	Однообразие на производстве

Безотрывная транспортировка изделий и станков в ручную	Высокие силовые нагрузки	Неизменное положение тела
--	--------------------------	---------------------------

5.3 Безопасность положения для условий труда

Характерной организацией всех рабочих является ознакомление со всеми инструкциями и правилами производства.

Первоначальный инструктаж проводится для всех без исключения рабочих вновь устроившихся на предприятие, даже независимо от образования полученного ранее, разряда и профессии. Первый инструктаж проводят на рабочем месте, с закреплением старшего рабочего для того чтобы ознакомиться со спецификами работы. Второй инструктаж проводится для всех работников на производстве не зависимо от образования полученного ранее, разряда и профессии один раз в году. Внеплановый инструктаж может проводиться, если на производстве один из рабочих получает травму. Все без исключения инструктажи регистрируются в обязательном порядке в типовых документах. Организационные средства для сокращения нежелательных производственных факторов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Организационные средства для сокращения нежелательных производственных факторов

Вредные производственные факторы	Технические методы и средства защиты для устранения опасного производственного фактора	Средства для индивидуальной защиты работников
1	2	3

Грубая поверхность материала, динамические части станков, заостренные ребра заготовок	–инструменты для безопасной транспортировки заготовок; –спец. перекрытия станка для защиты рабочего; –сигналы предупреждения перед каждым началом работы	–защитный брезентовый фартук; –рукавицы комбинированные; –костюм х/б; –очки защитные; –брезентовые нарукавники.
---	--	---

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3
Низкая шумоизоляция у прессов и увеличенная вибрация	–оснащение станка виброизоляционными приспособлениями; –замена рабочих запчастей станка; –смазка подшипников и рабочих частей станка.	Противошумные наушники, беруши
Задымленность цехов	Неправильное выполнение работ по вентиляционной системе организации подрядчика	Фильтрующие полумаски, респираторы
Недостаточность света в цехе	Замена освещения в цехах	-
Работа на дефектном оборудовании	Ремонт заземления, устранение неполадок в электрической сети.	Рукавицы диэлектрические, ботинки диэлектрические
Раздражительность рабочих	Промежуток времени отдыха между рабочим временем и операциями	-
Силовые нагрузки	Временная передышка рабочих направленная на заминку	-

5.4 Снабжение производства по пожарной безопасности

Пожарная безопасность представляет собой набор общих правил, зная которую человек значительно снижает вероятность возникновения несчастных случаев связанных с появлением пожара. Если человек применяет на практике правила электробезопасности, он тем самым заблаговременно предупредит и в итоге избежать пожара.

Для обеспечения содержания цехов при полном выполнении технологического процесса, а также работоспособности средств их противопожарной защиты в соответствии с требованиями технической и проектной документации, необходимо обеспечивать выполнение правил пожарной безопасности, которые утверждены в установленном порядке, по СНиП 21–01–97 и в том числе ППБ01, а также не допустить изменений объёмно-планировочных, конструктивных и инженерно-технических решений без проекта, который разработан в соответствии с действующими нормами и утвержденного в установленном порядке.

Материал для изготовления штампа (сталь 08Ю) по воспламеняемости имеет степень трудносгораемого. По этому признаку можно сослаться на СНиП 21–01–97, и определить категорию Д. Распознавание опасных факторов и классов пожара, технические средства для обеспечения пожаробезопасности и противопожарные мероприятия приведены в таблицах 5.4, 5.5, 5.6.

Таблица 5.4 – Распознавание опасных факторов и классов пожара

Подразделение, участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Проявления факторов пожара
------------------------	--------------	--------------	------------------------	----------------------------

Цех для штамповки	Пресс «Мекфонд»	В, Д, Е	<ul style="list-style-type: none"> -выделение токсичных газов; -острая нехватка кислорода в воздухе; -резкое падение видимости -открытый огонь; -повышенный температурный режим. 	<p>Когда появляется пожар, огонь начинает распространяться на кровлю, строительные материалы, а также электроустановки, малогабаритного оборудования.</p>
-------------------	-----------------	---------	---	---

Таблица 5.5 – Технические средства для обеспечения пожаробезопасности

Средства для тушения пожара	Мобильные средства для тушения пожара	Стационарные установки для тушения пожара	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства для спасения людей при пожаре	Пожарные инструменты	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Порошковые огнетушители ОП2, ОП4; углекислотные огнетушители	Насосы и автоцистерны	Установки пожаротушения	Пожарные средства извещения	Пожарный кран, стволы рукавные разветвители	Само-спасатели для защиты зрения и органов дыхания	Специальные конусные ведра	Радиосвязь, телефоны общего и специального назначения
Немеханизированные инструменты, находящиеся на пожарных щитках	Аварийно-спасательные автомобили	Воздушно-водяные системы	Пожарные приборы управления	Пожарные гидранты	Специальная огнестойкая накидка	Пожарные лестницы	Таблички, сирены, светозвуковые устройства
Противопожарные полотна	Пожарный трактор, мотопомпы	Дренчирные установки	Пожарные технические средства оповещения и управления эвакуацией	Модульная установка для тушения пожара	Портативный изолирующий дыхательный аппарат	Стальные пожарные ломы	Извещатель температурный

Таблица 5.6 – Противопожарные мероприятия

Название технологического участка	Нарвание видов, которые реализуются организационно–техническими мероприятиями	Требования по обеспечению пожарной безопасности и реализуемые эффекты
Цех для штамповки	строгое соблюдение техпроцесса; исполнение техники безопасности на рабочем месте; обязательное наличие первичных средств пожаротушения; обязательное прохождение работников противопожарного инструктажа; не допускается загрязненная ветошь на рабочем месте, вовремя проводить уборку масляных отходов; не допускается складирование горючих веществ на участках.	строгий контроль за системой пожаротушения; наличие звуковой системы оповещения; хорошо обученные и инструктируемые работники.

5.5 Экология прессового производства, неблагоприятное воздействие на окружающую среду и процедура по ее безопасности

Производство, в котором происходит техпроцесс по холодной штамповке, не оказывает значительного воздействия на экологию. Важными направлениями экологии прессового производства считается: разработка нового оборудования и усовершенствование техпроцессов; выбросы отходов в окружающую среду и вредных примесей; не утилизируемые отходы заменяются на утилизируемые; применение средств защиты окружающей среды и дополнительных методов; токсичные отходы заменяются на нетоксичные; получения вторичного сырья. Распознавание экологических факторов технического объекта и мероприятия, которые необходимы для

снижения негативного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду приведены в таблицах 5.7 и 5.8

Таблица 5.7 – Распознавание экологических факторов технического объекта

Наименование производственно–технологического процесса	Структурные составляющие производственно–технологического процесса энергетической установки, технического объекта, транспортного средства	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Передвижение в цехах погрузчиков и мультикаров	Работа транспорта на дизельном топливе	Задымленность цеха	-	-
Смет с территории, производственный мусор	Промасленный текстиль, моторные масла отработанные, металлическая стружка.	Загрязнение воздуха в атмосфере	Изменение целостности природных комплексов и ландшафтов	Отчуждение земель для промышленного производства

Таблица 5.8 – Мероприятия по снижению негативного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Название технического объекта	Прессовое производство (сооружения, цеха)
1	2
Специальные мероприятия по снижению негативного воздействия на атмосферу	Опасные выхлопы работающего транспорта на дизельном топливе, которые приводят к повреждению озонового слоя атмосферы. Для высокой эффективности очищения выбросов нужно применять аппараты многоступенчатой очистки, а также заменить топливо на электрические аккумуляторные батареи для автотранспорта.

Продолжение таблицы 5.8

1	2
Специальные мероприятия по снижению негативного воздействия на гидросферу	Изменение качества воды, которое вызвано загрязнением промышленных стоков, нефтепродуктов, тяжелых металлов и радиоактивных соединений. Желательно использовать водо-сберегающие технологии, перейти на многократное использование воды, исключить питьевую воду из промышленного использования, обеспечить отдельную подачу воды для разных бытовых нужд, устранить утечки, установить экономическую обоснованную цену, уменьшить потери воды
Специальные мероприятия по снижению негативного воздействия на литосферу	К загрязнению почвы приводят отбросы производства и отходы, газодымовые выбросы предприятия, промышленные отходы. Желательно создать специально отведенные места для утилизации отходов, которые не влияют на жизнь окружающей среды, осуществить повышение уровня технической оснащенности промышленности, усовершенствовать технологии производства.

Итоги раздела «Экологичность и безопасность объекта».

В данном разделе были приведены и описаны характеристики работы на прессовом производстве, его технологические процессы, обязанности сотрудников предприятия и возможное оборудование. Были рассмотрены нежелательные и тяжелые опасности на производстве, и предотвращения производственных травм. Были представлены обязательные правила для организации рабочих, а именно ведение документации и изучение инструкций. Рассмотрена необходимость обеспечения работников индивидуальной и бесплатной выдачей специальных средств защиты. Была показана экология прессового производства, рассмотрены неблагоприятные воздействия на окружающую среду, а также процедуры по её безопасности. Разработаны положения для содержания противопожарной защиты в соответствии с требованиями технической и проектной документации на них, присвоен класс точности пожаров, приведены примеры обеспечения всеми средствами пожаротушения, защиты и оповещения.

6 Раздел экономики

6.1 Сопоставление оборудования

Сравнительная характеристика двух вариантов: для базового варианта мною выбран пресс «Мекфонд». На нем производится автоматизированная штамповка. Производство крупносерийное. Условия труда нормированное рабочее время. Система оплаты труда повременная форма. Для проектируемого варианта выбран пресс «Мекфонд». На нем производится автоматизированная штамповка. Производство крупносерийное. Условия труда нормальные. Сдельно-премиальная система оплаты труда.

6.2 Коэффициент производства

Себестоимость предприятия содержит коэффициенты на понесенные расходы, в него входят:

1. Итоговый план продукции - 800 000 шт;
2. Продолжительность рабочего времени, единица измерения, час:
 - оборудование -2030;
 - рабочего – 914;
3. Показатели выполнения норм $K_{вн}=1,1$;
4. Процесс обслуживания, для большого количества станков $K_{мн} - 1,0$;
5. Показатель отсутствия работника во время отпуска, в процентном соотношении $K_0 - 11,8\%$;
6. Величина монтажа, при себестоимости $K_{мот} -1,1$ и капитального вложения $K_{мот} - 0,25$;

7. Стоимость материала, единица измерения в рубли на килограмм C_M -
50,27;

8. Стоимость отхода, единица измерения в рубли на килограмм $C_{отх}$ -
1,145;

9. Готовая масса заготовки, единица измерения килограммы $M_{з.баз}$ -
0,590, $M_{з.пр}$ - 0,310;

10. Готовая масса отходов, единица измерения килограммы
 $M_{отх.баз}$ =0,230, $M_{отх.пр}$ =0,09;

11. Показатель расходов на транспорт, $K_{тз}$ -1,035 - 1,05;

12. Дополнительная надбавка заработной платы, по разрядам от третьего
до пятого:

Часовой фонд оплаты труда, $K_{доп}$ - 1,08;

За профессионализм на рабочем месте, $K_{пф}$ - 1,01;

Условия оплаты труда, K_y - 1,08;

Ночные условия труда, K_n - 1,1;

Премия на хорошую работу, $K_{пр}$ - 1,1;

Выплаты по социальным нуждам, K_c - 1,3;

Итог дополнительных надбавок по зарплате $K_{зпл}$ - 2,51;

13. Показатель по мощности загружаемого оборудования, K_m - 0,7;

14. Показатель по времени загружаемого оборудования, K_b - 0,6;

15. Величина потери в сети, K_n - 1,03;

16. Показатель рабочего времени электроустановок, $K_{од}$ - 0,9 - 1;

17. Доход от реализации продукции, в процентном соотношении:

На износ оборудования V_p - 5

На износ штампа $V_{p.и} - 15$;

18. Амортизация, $H_a - 18$;

19. Показатель общепроизводственных расходов $K_{цех} - 2,5$;

20. Тарифная ставка (часовая, дневная, ночная, вечерняя), единица измерения рубль на час, для рабочего $C_T - 84,31$, для наладчика $C_T-90,73$, для инструментальщика $C_T-84,31$;

21. Стоимость электроэнергии $Ц_э - 5$ руб./кВт;

22. Стоимость помещения, единица измерения рубль на квадратный метр $Ц_{пл} - 4200$;

23. Норма экономических показателей, $E_n - 0,33$.

Все необходимые данные об оборудовании были приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Данные об оборудовании

Название оборудования	Усилие МН	Норма времени, мин		Мощность M_y , кВт	Площадь $S_y, м^2$	Цена, руб
		$t_{шт}$	$t_{маш}$			
Базовый вариант						
Ножницы Н3222 для резки полосы	4	0,028	0,009	40	30	340000
Ножи Н3222	4	0,028	0,009	40	30	340000
Пресс-автомат FT3-70	5	0,112	0,085	95	110	3500000
Проектный вариант						
Пресс Мекфонд SC2	2	0,06	0,017	33	12	550000

Пресс-автомат Мекфонд SC2	2	0,09	0,034	33	16	1500000
------------------------------	---	------	-------	----	----	---------

6.3 Техническая характеристика оборудования

Для базового варианта пресс «FT3-70»: с усилием 1850 кН. Нормой времени на $T_{шт}$ -0,112, на $T_{маш}$ -0,085, с мощностью 95 кВт, занимаемой площадью в 110 м², и стоимостью в 3 500 000 рублей. Для проектного варианта пресс «Мекфонд»: с усилием 1960 кН. Нормой времени на $T_{шт}$ -0,09, на $T_{маш}$ -0,028, с мощностью 33 кВт, занимаемой площадью в 16 м², и стоимостью в 1 500 000 рублей.

6.4 Данные о штампе

Исходные данные о штампе в базовом и проектном варианте приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Данные о штампе в базовом и проектном варианте

Название штампа	Стойкость штампа $T_{шт}$, ударов	Цена штампа $C_{шт}$, руб
Базовый вариант		
Штамп для вытяжки	750000	690845
Штамп для пробивки	300000	492850
Штамп для обрезки	300000	417657
Штамп для гибки – правки	650000	685317
Проектный вариант		
Штамп для пробивки	500000	492855
Штамп для вырубки-пробивки	650000	390000

Штамп для вырезки	400000	465872
Штамп для вытяжки	750000	565760
Штамп для обрезки	350000	417567

6.5 Определение количества рабочих, штамповой оснастки, коэффициента загрузки

Рабочий фонд для оборудования рассчитывается по формуле:

$$\Phi_э = D_{\text{раб}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пред}} \cdot T_{\text{сокр}} \cdot C \cdot 1 - B, \quad (6.1)$$

где $D_{\text{раб}}$ – рабочие дни;

$T_{\text{см}}$ – длительность смены;

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

$T_{\text{сокр}}$ – сокращённые дни;

C – число смен;

B – коэф-т, который учитывает время на ремонт оснастки.

$$\Phi_э = 247 \cdot 8 - 8 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 - 0,05 = 2030$$

Рабочий фонд для оборудования:

$$\Phi_{\text{эп}} = \Phi_{\text{э}} \cdot 30\%, \quad (6.2)$$

$$\Phi_{\text{эп}} = 2030 \cdot 30\% = 914$$

Расчёты с помощью специальных формул необходимого числа оборудования приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Расчёт необходимого числа оборудования

Наименование показателя	Расчёты и расчётные формулы	Показатель	
		Базовый	Проектный
1	2	3	4
Необходимое число оборудования	$n_{\text{об}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot N_{\Gamma}}{\Phi_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}} \cdot 60}$ $n_{\text{об}}^{\text{б}} = \frac{0,028 \cdot 800000}{2030 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,16 \cong 1$ $n_{\text{об}}^{\text{б}} = \frac{0,112 \cdot 800000}{2030 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,66 \cong 1$ $n_{\text{об}}^{\text{п}} = \frac{0,06 \cdot 800000}{2030 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,36 \cong 1$ $n_{\text{об}}^{\text{п}} = \frac{0,09 \cdot 800000}{2030 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,54 \cong 1$	1 1	1 1
Коэф-т выполнения операций оборудованием	$K_3 = \frac{n_{\text{об}}^{\text{расч}}}{n_{\text{об}}^{\text{прин}}}$ $K_3^{\text{б}} = \frac{0,16}{1} = 0,16$	0,16 0,16	

	$K_3^6 = \frac{0,16}{1} = 0,16$ $K_3^6 = \frac{0,66}{1} = 0,66$ $K_3^6 = \frac{0,36}{1} = 0,36$ $K_3^6 = \frac{0,54}{1} = 0,54$	0,66	0,36
			0,54

Продолжение таблицы 6.3

1	2	3	4
Расчёт количества операторов-рабочих	$P_{оп} = \frac{t_{шт} \cdot N_{г} \cdot 1 + \frac{K_0}{100}}{\Phi_{эп} \cdot K_{мин} \cdot 60}$ $P_{оп}^6 = \frac{0,028 \cdot 800000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{914 \cdot 1 \cdot 60} = 0,048 \cong 1$ $P_{оп}^6 = \frac{0,028 \cdot 800000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{914 \cdot 1 \cdot 60} = 0,048 \cong 1$ $P_{оп}^6 = \frac{0,112 \cdot 800000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{914 \cdot 1 \cdot 60} = 0,19 \cong 1 * 2$ $= 2$ $P_{оп}^{пр} = \frac{0,06 \cdot 800000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{914 \cdot 1 \cdot 60} = 0,103 \cong 1$ $P_{оп}^{пр} = \frac{0,09 \cdot 800000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{914 \cdot 1 \cdot 60} = 0,15 \cong 1 * 2$ $= 2$	1 1 2	1 2
Расчёт количества штамповой оснастки	$n_{шт} = \frac{N_{г}}{T_{и}}$ $n_{шт}^6 = \frac{800000}{750000} = 1,06 \cong 1$ $n_{шт}^6 = \frac{800000}{300000} = 2,6 \cong 3$ $n_{шт}^6 = \frac{800000}{300000} = 2,6 \cong 3$	1 3 3	1

	$n_{шт}^б = \frac{800000}{650000} = 1,23 \cong 1$		2
	$n_{шт}^{пр} = \frac{800000}{500000} = 1,6 \cong 2$		1
	$n_{шт}^{пр} = \frac{800000}{650000} = 1,23 \cong 1$		2
	$n_{шт}^{пр} = \frac{800000}{400000} = 2 \cong 2$		1
	$n_{шт}^{пр} = \frac{800000}{750000} = 1,06 \cong 1$		2
	$n_{шт}^{пр} = \frac{800000}{350000} = 2,28 \cong 2$		

6.6 Определение эффективности капитальных вложений

Расчёты всех капитальных вложений по оборудованию приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Расчёт капитальных вложений

Наименование показателей	Формулы и расчёты	Итоговые показатели	
		Базовый	Проектный
1	2	3	4
Капитальное вложение в оборудование, руб.	$K_{об} = n_{об} \cdot Ц_{об} \cdot K_з$ $K_{об.баз1} = 1 \cdot 340000 \cdot 0,16 = 54400$ $K_{об.баз2} = 1 \cdot 3500000 \cdot 0,66 = 2310000$ $K_{об.пр1} = 1 \cdot 550000 \cdot 0,36 = 198000$ $K_{об.пр2} = 1 \cdot 1500000 \cdot 0,54 = 810000$ Итого:	54400 2310000 2364400	198000 810000 1008000
Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
Доставка и монтаж оборудования, руб.	$K_м = K_{об} \cdot K_{монт}$ $K_м = 2364400 \cdot 0,25 = 591100$ $K_м = 1008000 \cdot 0,25 = 252000$	591100	252000

Расходы на оснастку, руб.	$K_{и.} = C_{шт} \cdot n_{шт}$		
	$K_{и.баз1} = 690845 \cdot 1 = 690845$		
	$K_{и.баз2} = 492850 \cdot 3 = 1478550$		
	$K_{и.баз3} = 417657 \cdot 3 = 1252971$		
	$K_{и.баз4} = 685317 \cdot 1 = 685317$		
	$K_{и.пр1} = 492855 \cdot 2 = 985710$		
	$K_{и.пр2} = 390000 \cdot 1 = 390000$		
	$K_{и.пр3} = 465872 \cdot 2 = 931744$		
	$K_{и.пр4} = 565760 \cdot 1 = 565760$		
	$K_{и.пр5} = 417567 \cdot 2 = 835134$		
Итого:		4107683	3708348

Продолжение таблицы 6.4

1	2	3	4
Расходы на рабочую площадь, руб.	$K_{пл} = n_{об} \cdot C_{пл} \cdot K_3 \cdot S_y$ $K_{пл.баз1} = 1 \cdot 4200 \cdot 0,16 \cdot 30 = 20160$ $K_{пл.баз2} = 1 \cdot 4200 \cdot 0,66 \cdot 110 = 304920$ $K_{пл.пр1} = 1 \cdot 4200 \cdot 0,36 \cdot 12 = 18144$ $K_{пл.пр2} = 1 \cdot 4200 \cdot 0,54 \cdot 16 = 36288$ Итого:	20160 304920 325080	 18144 36288 54432
Итоговая сумма	$K_{соп} = K_m + K_{и.} + K_{пл}$ $K_{соп.баз} = 591100 + 4107683 + 325080$ $K_{соп.пр} = 252000 + 3708348 + 54432$	5023863 	4014780
Суммирование общего вложения	$K_{общ} = K_{об} + K_{соп}$ $K_{общ.баз} = 2364400 + 5023863$ $K_{общ.пр} = 565200 + 4014780$	7388263 	4579980
Удельное вложение	$K_{уд} = \frac{K_{общ}}{N_r}$ $K_{уд.баз} = \frac{7388263}{800000}$ $K_{уд.пр} = \frac{4579980}{800000}$	9,23 	5,72

6.7 Расчёт себестоимости по двум вариантам

Расчёты себестоимости по двум вариантам (базового и проектного) представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Расчёт себестоимости

Наименование расчётов	Расчёты и расчётные формулы	Итоговые показатели	
		Базовые	Проектные
1	2	3	4

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4
Расчёт материальных затрат	$M = M_3 \cdot C_M \cdot K_{ТЗ} - M_{отх} \cdot C_{отх}$ $M_{баз} = 0,590 \cdot 50,72 \cdot 1,035 - 0,230 \cdot 1,145$ $M_{пр} = 0,310 \cdot 50,72 \cdot 1,035 - (0,09 \cdot 1,145)$	30,71	16,17
Расчёт зарплаты рабочих	$Z_{пл} = \frac{C_T \cdot P \cdot \Phi_{эр} \cdot K_{зпл} \cdot K_3}{N_T}$ $Z_{пл}^{баз.3р} = \frac{84,31 \cdot 2 \cdot 914 \cdot 2,51 \cdot 0,16}{800000}$ $Z_{пл}^{баз.5р} = \frac{90,73 \cdot 2 \cdot 914 \cdot 2,51 \cdot 0,66}{800000}$ $Z_{пл}^{пр.3р} = \frac{84,31 \cdot 1 \cdot 914 \cdot 2,51 \cdot 0,36}{800000}$ $Z_{пл}^{пр.5р} = \frac{90,73 \cdot 2 \cdot 914 \cdot 2,51 \cdot 0,54}{800000}$ <p>Итого:</p>	0,077 0,343	0,087 0,281
		0,420	0,368

Расчёт затрат на использование оборудования	$P_a = \frac{C_{об} \cdot B_p \cdot H_a \cdot t_{шт} \cdot 1,3}{\Phi_{э} \cdot K_{вн} \cdot 60 \cdot 100}$		
	$P_a^{баз} = \frac{340000 \cdot 0,95 \cdot 18 \cdot 0,028 \cdot 1,3}{2030 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$		0,01
	$P_a^{баз} = \frac{3500000 \cdot 0,95 \cdot 18 \cdot 0,112 \cdot 1,3}{2030 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$		0,65
	$P_a^{пр} = \frac{550000 \cdot 0,95 \cdot 18 \cdot 0,06 \cdot 1,3}{2030 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$		0,054
	$P_a^{пр} = \frac{1500000 \cdot 0,95 \cdot 18 \cdot 0,09 \cdot 1,3}{2030 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$		0,223
	Итого:		0,660
Расчёт расходов на электричество	$P_{э} = \frac{M_y + t_{маш} + K_{од} + K_M + K_B + K_{п} + C_{э}}{КПД \cdot 60}$		
	$P_{э}^{баз} = \frac{40 + 0,009 + 0,9 + 0,7 + 0,6 + 1,03 + 5}{0,8 \cdot 60}$		1,005
	$P_{э}^{баз} = \frac{95 + 0,085 + 0,9 + 0,7 + 0,6 + 1,03 + 5}{0,8 \cdot 60}$		2,152
	$P_{э}^{пр} = \frac{33 + 0,017 + 0,9 + 0,7 + 0,6 + 1,03 + 5}{0,8 \cdot 60}$		0,86
	$P_{э}^{пр} = \frac{33 + 0,034 + 0,9 + 0,7 + 0,6 + 1,03 + 5}{0,8 \cdot 60}$		0,172
	Итого:		3,157

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4
Расчёт затрат на штамповое производство	$P_{и} = \frac{C_{шт} \cdot 1 - B_{р.и}}{T_{и}}$		
	$P_{и}^{баз} = \frac{690845 \cdot 1 - 0,15}{750000}$		0,783
	$P_{и}^{баз} = \frac{492850 \cdot (1 - 0,15)}{300000}$		1,396
	$P_{и}^{баз} = \frac{417657 \cdot (1 - 0,15)}{300000}$		1,183
	$P_{и}^{баз} = \frac{685317 \cdot (1 - 0,15)}{650000}$		0,896
	$P_{и}^{пр} = \frac{492855 \cdot (1 - 0,15)}{500000}$		0,817
	$P_{и}^{пр} = \frac{390000 \cdot (1 - 0,15)}{650000}$		0,495
			0,959

	$P_{и}^{пр} = \frac{465872 \cdot (1 - 0,15)}{400000}$ $P_{и}^{пр} = \frac{565760 \cdot (1 - 0,15)}{750000}$ $P_{и}^{пр} = \frac{417567 \cdot (1 - 0,15)}{350000}$ <p>Итого:</p>	4,258	0,621 1,004 3,896
Расчёт затрат на эксплуатацию площади	$P_{пл} = \frac{S_y \cdot n_{об} \cdot Ц_{пл} \cdot K_z}{N_r}$ $P_{пл}^{баз1} = \frac{30 \cdot 1 \cdot 4200 \cdot 0,16}{800000}$ $P_{пл}^{баз2} = \frac{110 \cdot 1 \cdot 4200 \cdot 0,66}{800000}$ $P_{пл}^{пр1} = \frac{12 \cdot 1 \cdot 4200 \cdot 0,36}{800000}$ $P_{пл}^{пр2} = \frac{16 \cdot 1 \cdot 4200 \cdot 0,54}{800000}$ <p>Итого:</p>	0,0252 0,381	0,0227 0,0453 0,0680
Расчёт заработной платы наладчика	$З_{нал} = \frac{C_T \cdot \Phi_{эр} \cdot n_{об} \cdot K_{зпл} \cdot K_z}{n_{обс} \cdot N_r}$ $З_{нал}^{баз 5р.} = \frac{90,73 \cdot 914 \cdot 1 \cdot 2,51 \cdot 0,36}{1 \cdot 800000}$ $З_{нал}^{пр 5р.} = \frac{84,31 \cdot 914 \cdot 1 \cdot 2,51 \cdot 0,16}{1 \cdot 800000}$	0,093	0,038

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4
Расчёт технологической себестоимости	$C_{тех} = M + З_{пл} + P_a + P_э + P_{и} + P_{пл} + З_{нал}$ $C_{тех}^{баз} = 30,71 + 0,420 + 0,660 + 3,127 + 4,258 + 0,406 + 0,093 = 39,67$ $C_{тех}^{пр} = 16,17 + 0,368 + 0,277 + 1,032 + 3,896 + 0,0680 + 0,038 = 21,85$	39,67	21,85
Расчёт общепроизводственных расходов	$P_{цех} = З_{пл} \cdot K_{цех}$ $P_{цех}^{баз} = 0,420 \cdot 2,5 = 1,05$ $P_{цех}^{пр} = 0,368 \cdot 2,5 = 0,92$	1,05	0,92
Расчёт общепроизвод	$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех}$ $C_{цех}^{баз} = 39,67 + 1,05 = 40,72$	40,72	

твенной себестоимости	$C_{\text{цех}}^{\text{пр}} = 21,85 + 0,92 = 22,77$		22,77
--------------------------	---	--	-------

6.8 Итог проектируемого варианта

Таблица 6.6 – Расчёт экономической эффективности

Наименование показателей	Формулы и расчёты	Итоговые показатели	
		Базовые	Проектные
1	2	3	4
Затраты на оборудование и рабочих, руб.	$Z_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пр}}^{\text{баз}} = 40,72 + 0,33 \cdot 9,23$ $Z_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 22,77 + 0,33 \cdot 5,72$	43,76	24,65
Экономия в год от уменьшения себестоимости	$\mathcal{E}_{\text{уг}} = C_{\text{цех}}^{\text{баз}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}} \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (40,72 - 22,77) \cdot 800000$	1436000	
Сроки окупаемости	$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{и.пр}}}{\mathcal{E}_{\text{уг}}}$ $T_{\text{ок}} = \frac{3708348}{1436000} = 0,37$	$\cong 1$	

Продолжение таблицы 6.6

1	2	4
Годовая экономия	$\mathcal{E}_{\text{г}} = Z_{\text{пр}}^{\text{баз}} - Z_{\text{пр}}^{\text{пр}} \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{г}} = 43,76 - 24,65 \cdot 800000$	1528800

Заключение

В результате разработки новой проектной технологии для изготовления детали «Фиксатор привода» при сравнении двух вариантов можно увидеть, что в проектируемом варианте себестоимость составила 21,85 рублей, а базовом варианте себестоимость составляла 39,67 рублей, по итогу выгода составила 17,82 рублей, что в процентах составило 41%.

Прибыль от внедрения разработанного проекта составила 1436000 рублей, при сроке окупаемости в течении года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предложенной бакалаврской работе был разработан технологический процесс и штамповая оснастка для изготовления детали «Фиксатор привода».

1. Исследован изначальный техпроцесс, дана характеристика детали и найдены недостатки в базовой технологии.

2. Проанализирован предлагаемый процесс, определена форма и размеры исходной заготовки, спроектирован рациональный раскрой материала позволяющий увеличить КИМ.

3. Применен способ автоматизированного проектирования в системе NX 9.0, с помощью которого разработаны технологические операции для изготовления детали «Фиксатор привода».

4. Выбран пресс «Мекфонд» и средства автоматизации по техническим характеристикам.

5. Спроектирована конструкция штампа для последовательной штамповки, определены материалы.

6. В проекте были рассмотрены мероприятия по технике безопасности на производстве, изложены мероприятия по охране труда.

7. В экономическом разделе рассчитана себестоимость на выпуск детали «Фиксатор привода», приведены сравнения по базовой и проектной технологии, определен экономический эффект внедрения нового проекта, по итогам себестоимости в процентном отношении на 41%.

Из всей проделанной работы, в которой были представлены расчеты, выбор, сравнения, можно подвести итог, что цель бакалаврской работы достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ragab Kamal F. Usama. Umer. Computer Aided Design of the Die-Set for Sheet Metal Punching and Blanking Dies / F.Ragab Kamal Abdel-Magied, Hussein Mahamed, Jaber E. Abu Qudeiri; King Saud University, 2014

2. Alexandru B. Methods of Optimization of Sheet Metal Forming Processes Concerning The Reduction Of Spring back Chirita / B. Alexandru The Annals Of “Dunărea De Jos” University Of Galați Fascicle V, Technologies In Machine Building, 2009

3. Hazra. S., Revealing the mechanical and microstructural performance of multiphase steels during tensile, forming and flanging operations / S. Hazra, Panos Eftghmiadis, Clough A., Shollock B. ; The University of Warwick, 2017

4. Dwivedi, J.P. Spring back Analysis in Sheet Metal Forming Using Modified Ludwik StressStrain Relation Sanjay Kumar Patel, Radha Krishna Lal/ J. P. Dwivedi, and V. P. Singh– ISRN Mechanical Engineering Volume 2013. Waluyo Adi Siswanto, Agus Dwi Anggono, 2Badrul Omar, and Kamaruzaman Jusoff - The Scientific World Journal Volume 2014.

5. Carleer, B.D. Friction and lubrication modelling in sheet metal forming: Influence of lubrication amount, tool roughness and sheet coating on product quality / B.D Carleer, Hol J., Wiebenga J.H.; University of Twente, 2017.

6. Морозов, В.В. Автоматизированное проектирование технологической оснастки для холодной штамповки: учеб.пособие для студентов вузов, обуч.по направлению "Конструкторско-технол.обеспечение машиностр.пр-в" / В.В. Морозов [и др.]; под ред. В. В.Морозова. - Гриф УМО. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. - 343 с.

7. Схиртладзе, А.Г. Автоматизированное проектирование штампов: учеб.пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 288 с.

8. Агарков, А. П. Управление качеством: учебник / А.П. Агарков. - Москва: Дашков и К°, 2014. - 204 с.

9. Акулович, Л. М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: учеб.пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. - Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2016. - 488 с.

10. Берлинер, Э. М. САПР технолога машиностроителя: учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва: Форум: ИНФРА-М, 2015. - 336 с.

11. Константинов, И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением: учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников. - 2-е изд., стер. - Москва: ИНФРА-М, 2016. - 488 с.

12. Муромцев, Д. Ю. Математическое обеспечение САПР: учеб.пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. - Изд. 2-е, перераб.и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 464 с.

13. Огаджанян, О. И. Гидравлический привод штамповочного оборудования: метод.разработка к выполнению самостоятельных работ и проведению практ.и лаб. занятий по дисциплинам «Кузнечноштамповочное оборудование» и «Гидропривод в машиностроении» / О. И. Огаджанян, Н. Н. Молюкова. - Липецк: Липец. гос. техн.ун-т: ЭБСАСВ, 2015. - 33 с.

14. Карпенко, А.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник / под ред. А. П. Карпенко. - Москва: ИНФРА-М, 2015. - 329 с.

15. Почекуев, Е. Н. Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой: метод. пособие / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф.

"Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 230 с.

16.Почекуев, Е. Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер. - Москва: ДМК Пресс, 2012. - 331 с.: ил. - Библиогр. с. 328.

17.Почекуев, Е. Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер. - Москва: ДМК Пресс, 2012. - 331 с.

18.Почекуев, Е. Н. Основы методов автоматизированного проектирования штампов листовой штамповки в САПР: метод.пособие / Е. Н. Почекуев; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 158 с.

19.Почекуев, Е. Н. Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой: метод.пособие / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 230 с.

20.Почекуев, Е. Н. Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой: метод, пособие / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 230 с.

21.Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 568 с.

22.Скрипачев, А. В. Вытяжка листового материала: метод.пособие / А. В. Скрипачев; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка

материалов давлением и родственные процессы". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2016. - 51 с.

23.Сухов, С. В. Основы проектирования технологий листовой штамповки: учеб.пособие / С. В. Сухов, А. В. Соколов, М. В. Жаров. - Москва: ИНФРА-М, 2015. - 124 с.

24.Фетисова, Т. С.Проектирование литьевых форм для изготовления пластмассовых изделий: учеб.пособие / Т. С. Фетисова; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2013. - 101 с.