

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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«23» декабря 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Торговенков Вячеслав Геннадьевич

1. Тема Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Обойма сальника штока амортизатора» в САД/САЕ - системах
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы _____.
3. Исходные данные для выполнения выпускной квалификационной работе Базовый технологический процесс изготовления детали, годовая программа выпуска 600000 штук в год, материал изделия сталь 08пс.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Анализ исходных данных технологического процесса, разработка технологического процесса, выбор оборудования и средств автоматизации, разработка эскизного проекта штампа, безопасность и экологичность объекта, экономическая часть.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала штамп для последовательной штамповки: план верха, план низа, разрез А-А, Разрез Б-Б; технологический процесс.

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль: А.Г. Егоров

«Экономическая эффективность»: Н.В. Зубкова

«Безопасность и экологичность»: П.А. Корчагин

7. Дата выдачи задания «30» января 2019 г.

Заказчик (указывается должность, место работы)

Ученая степень, ученое звание) _____

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

П.А. Путеев

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

В.Г. Торговенков

(И.О. Фамилия)

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)

УТВЕРЖДАЮ
Завкафедрой «СОМДиРП»
В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Торговенкова Вячеслава Геннадьевича
по теме: Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для
изготовления детали «Обойма сальника штока амортизатора» в САД/САЕ – системах

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Анализ исходных данных технологического процесса	02.04.2019	02.04.2019	выполнено	
Разработка технологического процесса	12.04.2019	12.04.2019	выполнено	
Выбор оборудования и средств автоматизации	22.04.2019	22.04.2019	выполнено	
Разработка эскизного проекта штампа	10.05.2019	10.05.2019	выполнено	
Безопасность и экологичность объекта	20.05.2019	20.05.2019	выполнено	
Экономическая часть	30.05.2019	30.05.2019	выполнено	

Руководитель выпускной квалификационной работы

(подпись) П.А. Путеев
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись) В.Г. Торговенков
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В бакалаврской работе разработана технологическая оснастка для пресс оборудования а так же процесс получения изделия типа «Обойма сальника штока амортизатора».

В работе представлены расчеты и их результаты в специальных программах в виде таблиц и рисунков, а также указаны источники и приложения. Выполнено исследование изделия на возможность изготовления и её технологичность, произведён сравнительный анализ базовой и проектируемой технологии изготовления детали, определены наиболее подходящие размеры исходной заготовки, посчитан КИМ, по каждой операции проектируемого варианта были определены энергосиловые параметры. Из доступных материалов выбран листовой металл, выбрано прессовое оборудование. Приведены точные размеры всех элементов конструкции штампа. В программе NX9 создана электронная модель детали, в работе представлен снимки созданные по ходу работы в программе. Графическая часть состоит из 6 чертежей.

В результате выполнения работы была создана штамповая оснастка, соответствующая всем требованиям. Все поставленные цели достигнуты.

ABSTRACT

This graduation work is about, the technological process and die tooling for the manufacture of parts of the "Shock absorber rod gland holder" type are developed.

The work presents calculations and results of work in special programs in the form of tables, figures, sources and applications. In the technological part of the work, the product was checked for manufacturability, a comparative analysis of the basic and projected manufacturing technology of the part was made, the most suitable dimensions of the initial workpiece were determined, the material utilization rate was calculated, and the power parameters were calculated for each operation of the designed version. The brand of sheet material and equipment was proposed. During the development of the stamp, the exact dimensions of all parts were calculated. In the NX9 program, an electronic model of the part has been created, the work presents images created during the course of work in the program. The graphic part consists of 6 drawings.

This result is consistent with all the requirements for the development of die tooling. The results showed that the aims and objectives of the bachelor's thesis were achieved.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Проверка электронной модели на технологичность.....	8
1.1 Требования к штампованным изделиям.....	8
1.2 Проверка модели при помощи NX9.0.....	9
1.3 Обзор текущего технологического процесса.....	12
1.4 Задача выпускной работы.....	14
2 Создание технологического процесса изготовления изделия....	15
2.1 Планировка нового технологического процесса.....	15
2.2 Определение размеров и формы заготовки.....	18
2.3 Расчет раскроя и коэффициента использования металла.....	19
2.4 Расчет энергосиловых величин штамповки.....	21
2.5 Расчет работы штамповки.....	33
3 Выбор оборудования и средств автоматизации.....	37
3.1 Подбор оборудования.....	37
3.2 Подбор средств автоматизации и его основные параметры.....	38
4 Создание штамповой оснастки.....	40
4.1 Конструкция штампа последовательного действия.....	40

4.2	Работа вытяжного штампа.....	41
4.3	Прочностные расчеты.....	41
4.4	Пружины и другие упругие элементы оснастки.....	43
4.5	Баланс и центр давления штампа.....	43
5	Проверка на безопасность и экологичность работы.....	44
5.1	Идентификация технологических параметров	44
5.2	Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	44
5.3	Меры предосторожности безопасности условий труда.....	45
5.4	Меры по обеспечению пожарной безопасности.....	46
5.5	Материальное обеспечение пожарной безопасности.....	47
5.6	Экологическая чистота объекта.....	48
6	Экономическая часть.....	52
6.1	Сравнительный анализ технологических вариантов.....	52
6.2	Коэффициенты производства.....	52
6.3	Техническая характеристика оборудования.....	54
6.4	Определение количества оборудования, штампов, рабочих-	

операторов	и	коэффициента
загрузки.....		55
6.5	Расчет	
	себестоимости.....	58
6.6	Экономическая эффективность разработанного процесса.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....		61
СПИСОК		ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ.....		62

ВВЕДЕНИЕ

Обработка металлов давлением (ОМД) широко используется в машиностроительном, авиационном, автомобилестроительном производстве и других производствах. С помощью ОМД можно:

- изготавливать детали сложной геометрической формы,
- упрочнять детали пластической деформацией при неизменности их массы,
- получать сложные поверхности детали,
- получать большое количество взаимозаменяемых деталей,
- прессовое производство имеет высокий уровень автоматизации вплоть до автономной работы, где на входе идет рулонный материал и на выходе готовые изделия,
- достичь высокого уровня КИМ (коэффициента использования материала),

Обработка металлов давлением включает в себя такие операции как прокатка, прессование, волочение, ковка, штамповка, листовая штамповка и их различные комбинации.

В автомобилестроении штамповкой получают как силовые элементы (каркасные детали) главным требованием, к которым относят жесткость и надежность работы, так и листовые детали (детали кузова) главным требованием, к которым относят чистоту поверхности и точность размеров. Главным инструментом в прессовом производстве является штамп, который выполняет формообразующую операцию. Штамп — это главная рабочая деталь прессовой машины, от качества которой зависит качество производимой продукции.

С развитием электроники и компьютерных программ проектирование штамповой оснастки полностью перешло в CAD/CAE системы (Computer-aided engineering/ Computer Aided Design), например в такие программы, как NX, Catia, AutoForm.

Целью дипломного проекта является снижение стоимости изготовления детали «Обойма сальника штока амортизатора» за счет изменения раскроя материала.

1 Проверка электронной модели на технологичность

1.1 Требования к штампованным изделиям

Перед созданием технологического процесса получения детали необходимо проверить модель на технологичность характеристик и параметров геометрии, пригодность материала, отклонения размеров, шероховатость, экономическую целесообразность и так далее, которые выражаются на возможности и удобстве изготовления изделия, а также на эксплуатационных качествах, ремонтпригодности и др. показателях.

«Листовые штампованные изделия должны соответствовать следующим требованиям:

- соответствие необходимой точности размеров;
- соответствие условиям эксплуатации, температурным и химическим требованиям;
- соответствие требуемой прочности, жесткости и твердости.

Основными показателями технологичности холодноштампованных изделий является:

- наименьший отход;
- наименьшее количество и трудоёмкость операций;
- отсутствие необходимости проводить дополнительную механическую обработку;
- универсальность в производстве;
- наименьшее количество оснастки при сокращении затрат и сроков подготовки производства;
- применение рабочей силы невысокой квалификации;
- увеличение производительности отдельных операций и цеха в целом;

- повышение стойкости штампов» [1].

1.2 Проверка модели при помощи NX9.0

Для проверки модели на технологичность была использована программа NX9.0, в частности её модуль HD3D. Электронная модель представлена на рисунке 1.1

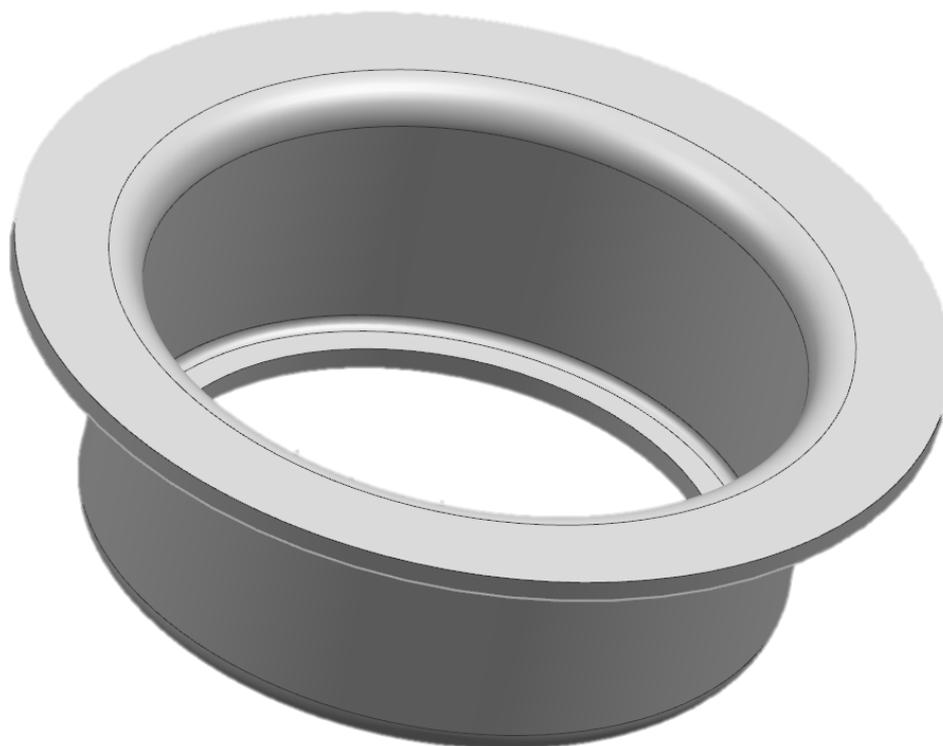


Рисунок 1.1 – Электронная модель изделия

Чертеж с размерами представлена на рисунке 1.2

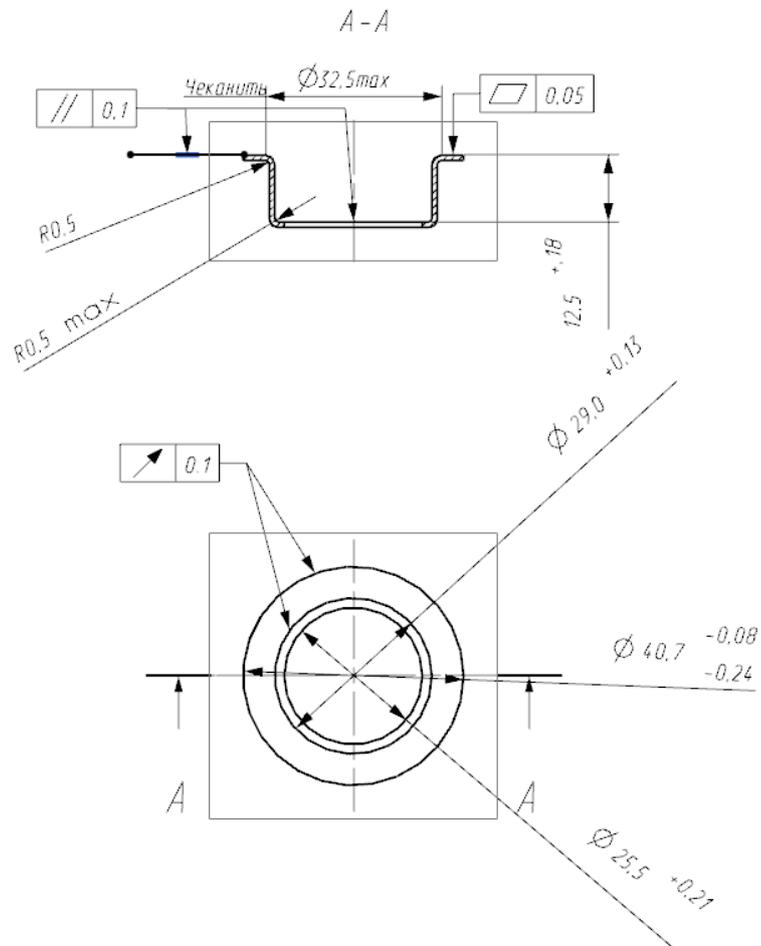


Рисунок 1.2 – Чертеж детали

Проверка модели была выполнена по следующим параметрам:

- на соответствие стандартным требованиям библиотеки NX
- на соответствие модулю анализа.

Проверив модель инструментом «Анализ-Проверка геометрии» недостатков не было выявлено (рисунок 1.3). Также модель успешно прошла проверку в модуле HD3D (рисунок 1.4).

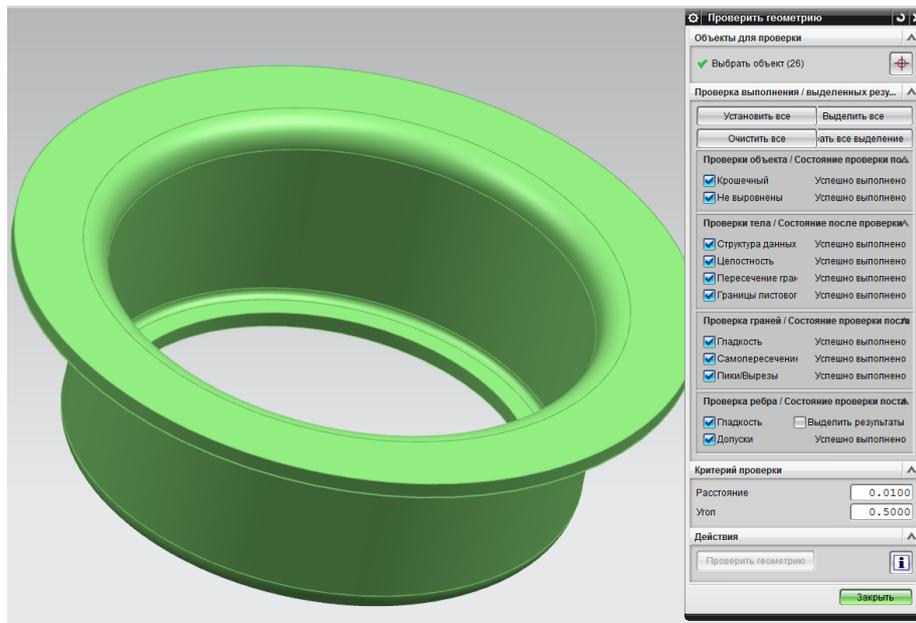


Рисунок 1.3 – Анализ геометрии математической модели детали

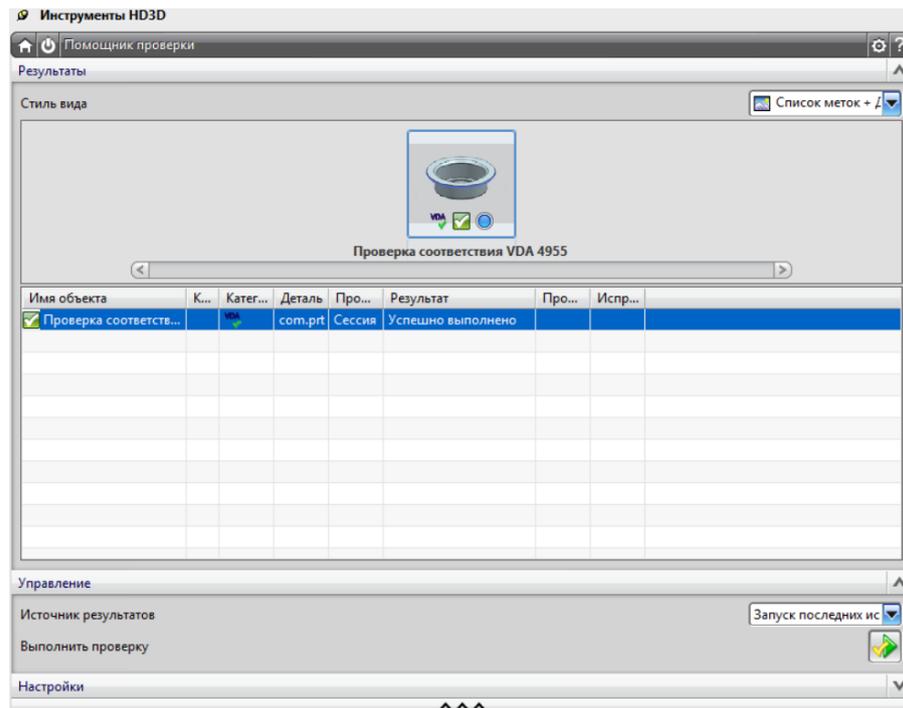


Рисунок 1.4 – Проверка HD3D

Результаты анализа говорят, что размеры и параметры модели соответствуют данным электронной базы NX9.0 стандарта VDA4955. После

проверки электронной модели, заготовки выполняемые по этой модели будут соответствовать требованиям точности размеров, их отклонениям, шероховатости, топологии.

1.3 Обзор текущего технологического процесса

Состав стали приведён в таблице 1.

Таблица 1. -Массовая доля основных химических элементов стали 08пс

C _(углерод)	Si _(кремний)	Mn _(марганец)	Ni _(никель)	S _(сер)	P _(фосфор)	Cr _(хром)	Cu _(медь)	As _(мышьяк)	Fe _(железо)
0.05-0.11%	0.03%	0.25-0.5%	0.25%	0.04%	0.035%	0,1%	0.25%	0.08%	98%

Данная сталь получила обширное применение. В промышленности её используют для изготовления целого ряда деталей, например, труб, вилок крепежных изделий, вспомогательных элементов.

Для изготовления детали «Обойма сальника штока амортизатора задней подвески» используется холоднокатанная лента 1,5*74, толщиной 1,5 мм и шириной 74 мм. Шаг подачи ленты 61 мм.

Процесс изготовления детали «Обойма сальника штока амортизатора задней подвески» в штампе состоит из 8 операций:

1. операция пробивка;
2. операция пробивка;
3. операция вырезка;
4. операция вытяжка;
5. операция правка;
6. операция пробивка;

7. операция вырубка;

1 Операция пробивки шагового отверстия. Выполняется на универсальном пресс автомате простого действия Mecfond с усилием 2 МН (рисунок 1.5). На торце ленты пробивается отверстие, в дальнейшем по пробитому отверстию будет контролироваться шаг ленты. Для следующей операции лента двигается на шаг.



Рисунок 1.5 – Универсальный пресс автомат простого действия Mecfond модель SC2-200-150-135

2 На 2 операции выполняется пробивка двух отверстий под ловители диаметром 10 мм.

3 На третий операции происходит вырезка формообразующих элементов в районе отверстий под ловители. Усилие пресса на данной операции 0,19 МН.

4 На 4 операции происходит главная рабочая операция - вытяжка из круглой заготовки. Пуансон диаметром 29 мм выполняет вытяжку ленты

на 15,7 мм. Радиус пуансона и матрицы 3,5 мм. Усилие прессы на данной операции 70 кН.

5 Операция правки, с усилием прессы 120 кН, уменьшает радиус матрицы и пуансона до 0,5 мм и уменьшает глубину детали до 12,6 мм. В итоге диаметр вытяжки становится 29,1 мм.

6 Заключительная операция пробивки конструкционного отверстия диаметром 25,6 мм на дне заготовке. Усилие прессы на данной операции составило 20 кН.

7 На 7 операции происходит последняя операция прессы вырубка всей детали, усилие на вырубку составило 40 кН.

1.4 Задача выпускной работы

Главная задача работы устранить все недостатки текущей технологии изготовления изделия с применением современных программ автоматизированного проектирования.

Задачи по улучшению технологии изготовления детали «Обойма сальника штока амортизатора задней подвески», выявленные анализом текущей технологии:

- проверить электронную модель детали на технологичность;
- создать новый технологический процесс;
- разработать конструкцию штампа последовательного действия;
- выбрать оборудование и средства автоматизации;
- выполнить проверку на безопасность и экологичность работы;
- рассчитать экономические параметры технологического процесса.

2 Создание технологического процесса изготовления изделия

2.1 Планировка нового технологического процесса

Новый технологический процесс (рисунок 2.1) более оптимальный, финансово менее затратный благодаря снижению числа брака. Он включает следующие решения. Для того чтобы добиться меньшего количества необходимых операций оптимальным решением будет объединить первую и вторую операцию в одну, поскольку в этих операциях происходит пробивка шагового отверстия и отверстий под ловители, то их возможно объединить применив более универсальную оснастку способную выполнять 2 пробивки за один ход на одной операции. Следующим изменением будет добавление новой операции вытяжки после 3-ей операции, необходимой для создания промежуточной заготовки с меньшей величиной деформации, в ходе которой пуансон диаметром 30 мм выполнит вытяжку ленты на 15,7 мм. Радиус пуансона и матрицы составит 4,5 мм. Усилие прессы на данной операции 70 кН. С меньшими углами пуансона и матрицы меньшее количество материала уйдет из нижней части заготовки к стенкам, от чего будет меньше напряжений в зоне перегиба. Это снизит вероятность разрыва материала и положительно скажется на стоимости работы штампа.

При составлении варианта технологического процесса следует учитывать следующие пункты, влияющие на его содержание:

- тип производства;
- вид детали, её особенности;
- толщина ленты, марка стали, анизотропия;
- технически-эксплуатационные свойства.

Предлагаемый технологический процесс имеет следующий вид:

1. операция пробивка;

Совмещённая операция пробивки шагового отверстия и 2-ух отверстий под ловители.

2. операция вырезка;

Вырезка 2-ух формообразующих контуров

3. операция вытяжка;

Предварительная вытяжка заготовки с радиусом пуансона и матрицы 4,5 мм.

4. операция вытяжка;

2-ая формоизменяющая операция, вытяжка с радиусом пуансона и заготовки 3,5 мм.

5. операция правка;

Правка радиусов матрицы и пуансона до требуемого значения.

6. операция пробивка;

Пробивка отверстия на дне заготовки.

7. операция вырубка;

Вырубка детали из ленты.

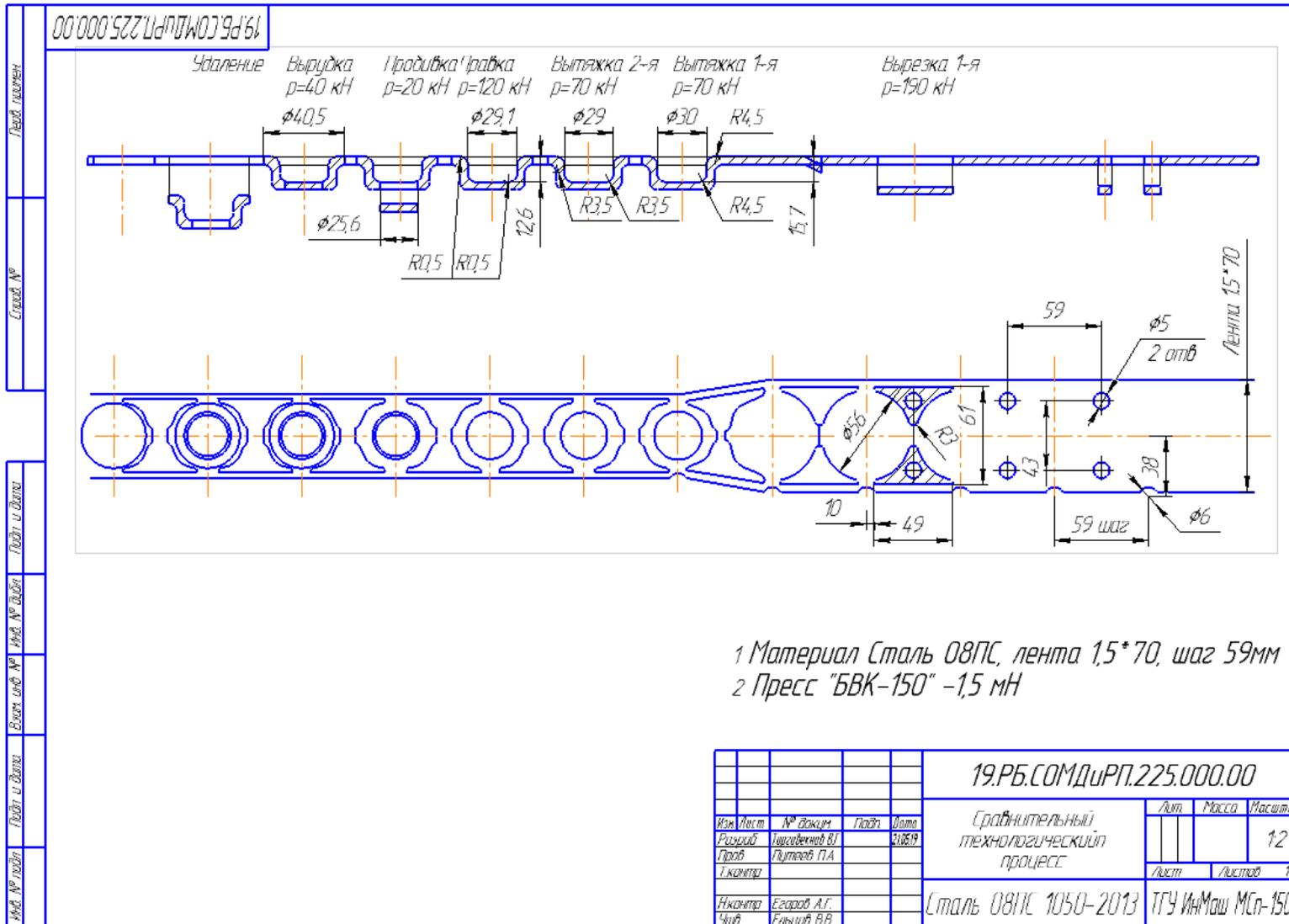


Рисунок 2.1 – Проектный технологический процесс

2.2 Определение размерности и формы заготовки

Для получения точного рационального раскроя необходимо подсчитать размеры исходной заготовки и определить её форму. В рамках данной бакалаврской работы, для создания заготовки будем использовать функционал NX 9.0. Результат операции «развертка тела» детали на рисунке 2.2.

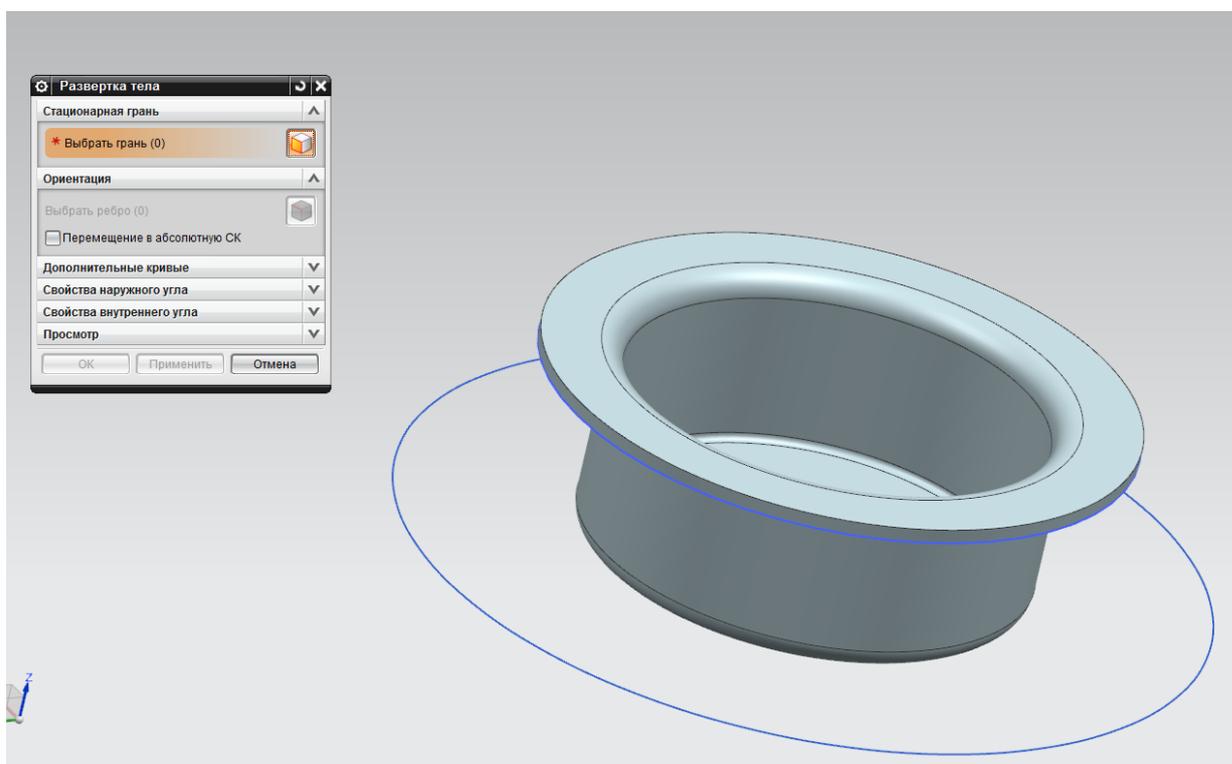


Рисунок 2.2 – Развертка детали

Заготовка имеет форму диска диаметром 56мм, имеет следующий вид (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Исходная заготовка

2.3 Расчет раскроя и коэффициента использования металла

В любом производстве, связанным с работой с металлическим прокатным листом, стремятся к безотходному производству. Высокий коэффициент использования металла и большой отход важный аспект экономической результативности предприятия. Чем меньше отхода, тем меньше необходимо усилия оборудования на то чтобы его удалить, меньше операций и, следовательно, уменьшение размеров штампа, упрощение его конструкции, снижение стоимости, а так же снижение логистической нагрузки на предприятие.

Добиться высокого значения коэффициента использования металла можно с помощью проектирования точного раскроя ленты. В данном случае необходимо определить величину перемычек и ширину прокатного листа.

С помощью функционала NX9.0 определяется площадь заготовки (рисунок 2.4).

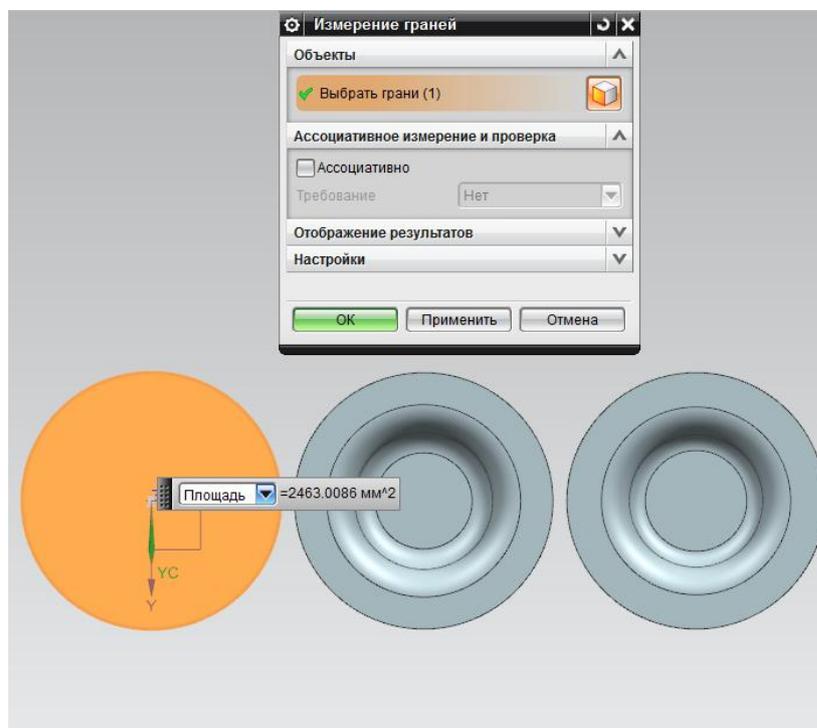


Рисунок 2.4 – Определение площади заготовки

В программе NX9.0 представлен новый вариант раскроя (рисунок 2.5).

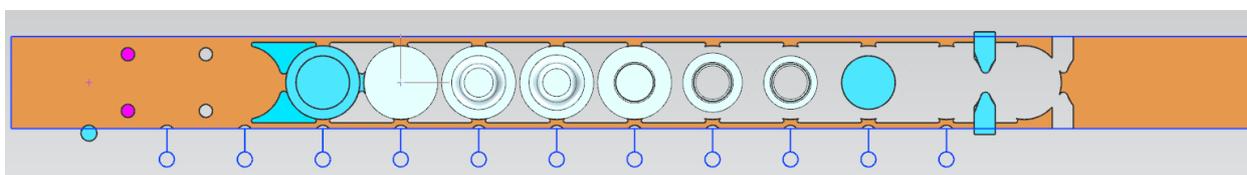


Рисунок 2.5 – Схема раскроя

$f_{\text{заг}}=2463 \text{ мм}^2$ – площадь заготовки.

Диаметр заготовки 56мм, учитывая процесс вытяжки, ширину ленты принимаем с запасом 14мм, 70мм. Величина перемычки 3 мм. Итого шаг подачи 59 мм.

Подсчитаем коэффициент использования металла по формуле:

$$\eta = (F_{\text{заг}}/B \cdot t) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где B – ширина ленты, 70 мм;

$F_{\text{заг}}$ – площадь заготовки, 2463 мм²;

t – шаг подачи, 59 мм.

$$\eta = (2463/70 \cdot 59) \cdot 100\% = 59,6\%.$$

В новом варианте раскроя за счет выбора оптимальной ширины ленты и меньшей величины перемычки КИМ составит 59%. Когда в предыдущем варианте он равнялся 54%. Поскольку годовая программа выпуска составляет 600 000 штук, то это даст большой экономический эффект. За те же средства мы имеем прирост на 30 000 штук.

2.4 Расчет энергосиловых величин штамповки

План нового технологического процесса представлен на рисунке 2.6.

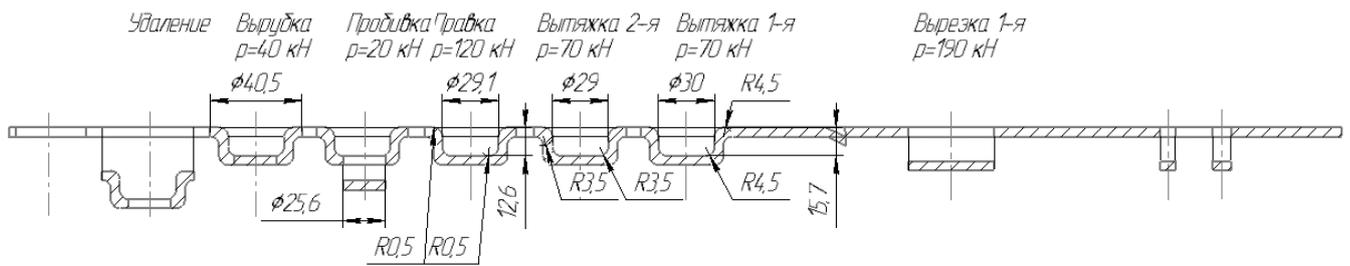


Рисунок 2.6 – План технологического процесса

Операции технологического процесса:

1. операция пробивка;
2. операция вырезка;
3. операция вытяжка;
4. операция вытяжка;
5. операция правка;
6. операция пробивка;
7. операция вырубка.

Рассмотрим подробнее каждую операцию, также подсчитаем необходимы усилия оборудования на каждой из них.

1 операция – Пробивка.

Пробивка в листе шагового отверстия и 2-ух отверстий под ловители диаметром 10 мм (рисунок 2.7).

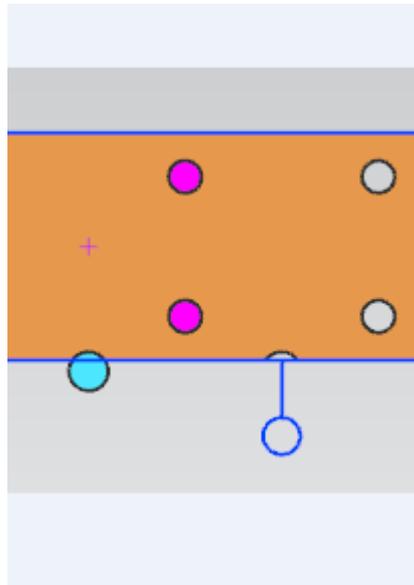


Рисунок 2.7 – Операция пробивки в NX9.0

Усилие пробивки двух отверстий под ловители вычисляем по формуле

$$P_{\text{проб}} = 2 \cdot L \cdot S \cdot Q_{\text{ср}} \cdot k \quad (2)$$

$$L = \pi d = 3,14 \cdot 10 = 31,4 \text{ мм};$$

где k – коэффициент запаса, 0,4;

L – длина режущей кромки, 31,4 мм;

S – толщина металла, 1,5 мм;

$Q_{\text{ср}}$ – удельное сопротивление металла, 0,25 кН/мм².

$$P_{\text{проб}} = 2 \cdot 31,4 \cdot 1,5 \cdot 0,25 \cdot 0,4 = 9,42 \text{ кН}$$

Усилие пробивки шагового отверстия вычисляем по той же формуле:

$$L = 3,14 \cdot 12 = 37,68 \text{ мм};$$

$$P = 37,68 \cdot 1,5 \cdot 0,25 \cdot 0,4 = 5,65 \text{ кН.}$$

Формула для расчета требуемой силы для проталкивания отхода:

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot P \cdot n \quad (3)$$

где $K_{\text{пр}}$ – постоянная величина, 0,1;

P – усилие на операции пробивки, 15,07 кН;

n – количество отхода в теле матрицы, 3;

$$P_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 15,07 \cdot 3 = 4,52 \text{ кН.}$$

Суммарное усилие необходимое для выполнения операции пробивка рассчитывается по следующей формуле:

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

$$P_{\text{общ}} = 942 + 565,2 + 452,16 = 19,6 \text{ кН}$$

2 операция – Вырезка.

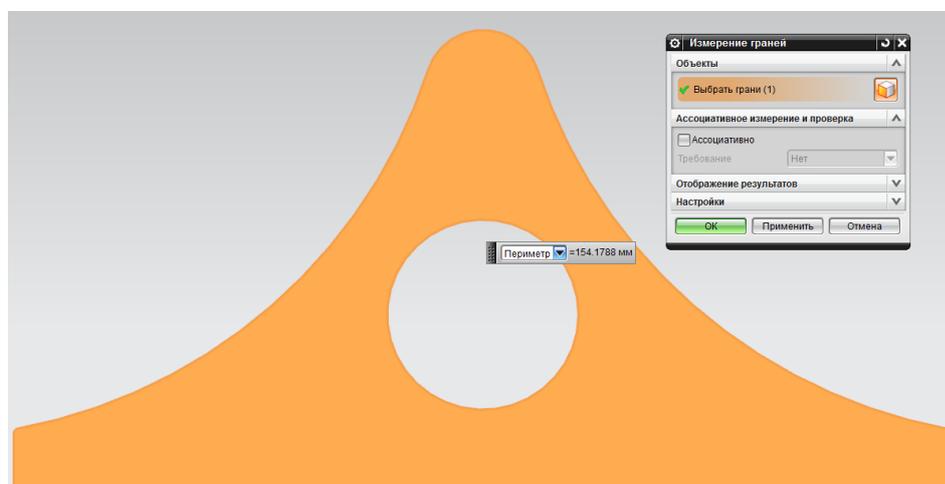


Рисунок 2.8 – Вырезка формообразующих контуров в NX9.0

Определяется усилие вырезки 2 формообразующих контуров по формуле:

$$P_{\text{выр}} = 2 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k \quad (5)$$

где k – коэффициент запаса, 1,6;

L – длина вырубаемого контура, определяем с помощью NX9 (рисунок 2.8), 154,18 мм;

S – толщина материала, 1,5 мм;

Q_B – сопротивление срезу, 0,25 кН /мм²

$$P_{\text{выр}} = 2 \cdot 154,18 \cdot 1,5 \cdot 0,25 \cdot 1,6 = 189,41 \text{ кН}$$

Расчёт усилия проталкивания отхода через матрицу по формуле:

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot P \cdot n \quad (6)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент проталкивания, 0,1;

P – усилие на операции вырубке, 46,254 кН;

n – количество отхода в теле матрицы, 2.

$$P_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 46,254 \cdot 2 = 9,25 \text{ кН}$$

Суммарное усилие, необходимое для выполнения операции пробивка, рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{проб}} + P_{\text{пр}} \quad (7)$$

$$P_{\text{общ}} = 189,41 + 9,25 = 198,66 \text{ кН}$$

3 операция – 1-ая вытяжка.

Вытяжка круглым пуансоном, диаметром 29 мм (рисунок 2.9).

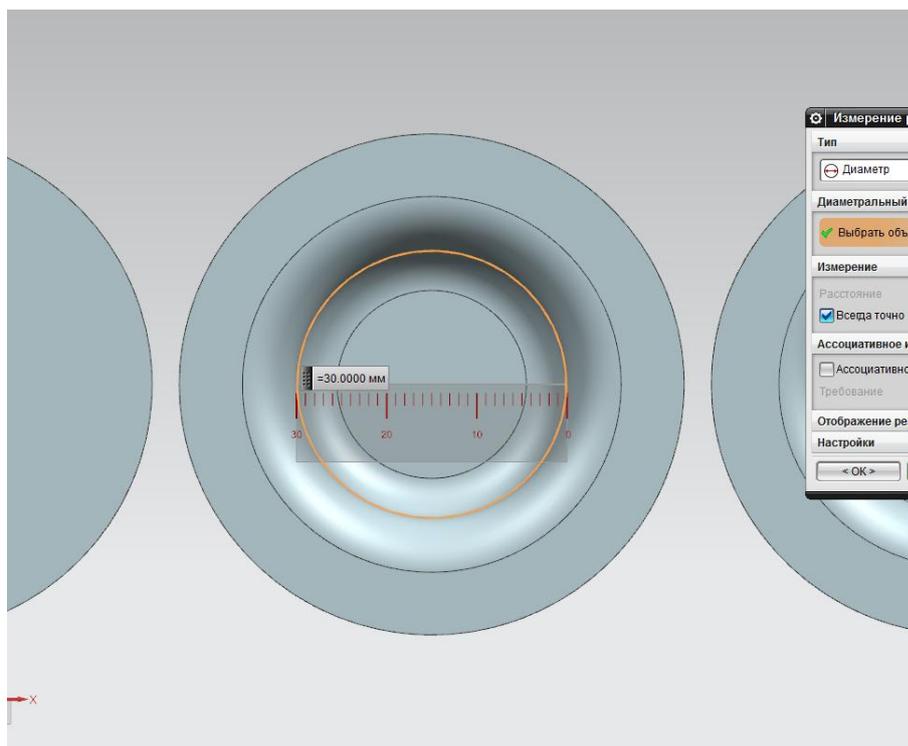


Рисунок 2.9 – 1-ая вытяжка в NX 9.0

Необходимое усилие для вытяжки заготовки на 15,7 мм можно вычислить по следующей формуле:

$$P_{\text{выт}} = L \cdot S \cdot \sigma_b \cdot k_h \quad (8)$$

где L – периметр вытягиваемой заготовки;

$$L = \pi d = 3,14 \cdot 30 = 94,2 \text{ мм};$$

S – толщина металла, 1,5 мм;

σ_b – предел прочности стали (08пс); 0,25 кН/мм²;

k_h – коэффициент описывающий вытяжку за один ход ползуна 1,5.

$$P_{\text{выт}} = 94,2 \cdot 1,5 \cdot 0,25 \cdot 1,5 = 63,585 \text{ кН}$$

Усилие прижима, необходимое для осуществления вытяжки рассчитывается по следующей формуле:

$$Q = F \cdot q \quad (9)$$

где F – площадь на которую давит прижим;

$$F = \pi r_1^2 - \pi r_2^2 = 3,14 \cdot (28)^2 - 3,14 \cdot (21)^2 = 1077,02 \text{ мм}^2;$$

q – давление прижима для мягких сталей.

$$Q = 1077,02 \cdot 0,2 = 2,15 \text{ кН}$$

Усилие снятия полосы с пуансона рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{сн}} = K_{\text{сн}} \cdot P, \quad (10)$$

где P – общее усилие, 65,7кН;

$K_{\text{сн}}$ – коэффициент, зависящий от типа штамповой оснастки и толщины металла. 0,06.

$$P_{\text{сн}} = 65,7 \cdot 0,06 = 3,9 \text{ кН}$$

Суммарное усилие нужное для выполнения операции вытяжки рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{сум}}=P_{\text{выт}}+Q+P_{\text{сн}} \quad (11)$$

$$P_{\text{сум}}=63,58+2,15+3,9=69,68\text{кН}$$

4 операция – 2-ая вытяжка (рисунок 2.10).

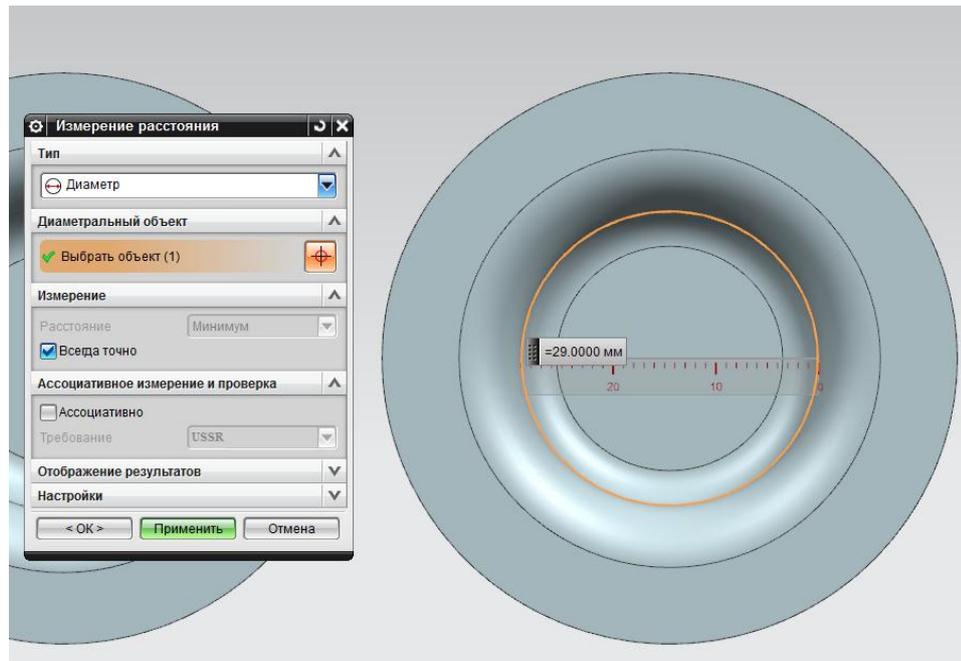


Рисунок 2.10 – 2-ая вытяжка в NX 9.0

Необходимое усилие для вытяжки заготовки можно вычислить по следующей формуле:

$$P_{\text{выт}} = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{в}} \cdot k_{\text{н}} \quad (12)$$

$$L = \pi d = 3,14 \cdot 29 = 91,06 \text{ мм};$$

где L – периметр вытягиваемой заготовки, 91,06 мм;

S – толщина металла, 1,5 мм;

$\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности стали (08пс);

k_h – коэффициент описывающий вытяжку за один ход ползуна 1,5.

$$P_{\text{вытяжки}} = 91,06 \cdot 1,5 \cdot 0,25 \cdot 1,5 = 61,46 \text{ кН}$$

Усилие прижима, необходимое для осуществления вытяжки рассчитывается по следующей формуле:

$$Q = F \cdot q \quad (13)$$

$$F = \pi r_1^2 - \pi r_2^2 = 3,14 \cdot (28)^2 - 3,14 \cdot (20,5)^2 = 1142,175 \text{ мм}^2$$

где F – площадь на которую давит прижим 1142,175;

q – давление прижима для мягких сталей. 0,2.

$$Q = 1142,175 \cdot 0,2 = 2,28 \text{ кН}$$

Усилие снятия полосы с пуансона рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{сн}} = K_{\text{сн}} \cdot P, \quad (14)$$

где P – общее усилие, 63,74кН;

$K_{\text{сн}}$ – коэффициент, зависящий от типа штамповой оснастки и толщины металла, 0,06.

$$P_{\text{сн}} = 63,74 \cdot 0,06 = 3,82 \text{ кН}$$

Суммарное усилие нужное для выполнения операции вытяжки рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{выт}} + Q + P_{\text{сн}} \quad (15)$$

$$P_{\text{сум}}=61,46+2,28+3,82=67,57\text{кН}$$

5 операция – правка.

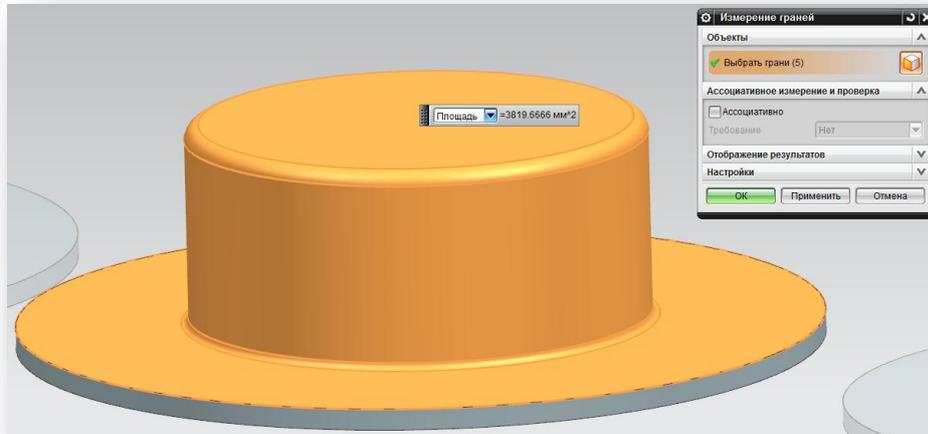


Рисунок 2.11 – Правка в NX9.0

Необходимое усилие для правки заготовки можно вычислить по следующей формуле:

$$P_{\text{прав}}=g \cdot F \quad (16)$$

где g – удельное усилие правки, $0,04 \text{ кН/мм}^2$;

Площадь поверхности определим в NX9.0 (рисунок 2.11), $3819,6\text{мм}^2$;

$$F=3819,6-S_{\text{пр}}=3819,6-1142,175=2677,425 \text{ мм}^2;$$

F – площадь проекции детали на пуансоне, $2677,425 \text{ мм}^2$.

$$P_{\text{прав}}=0,04 \cdot 2677,425=107\text{кН}$$

Усилие снятия полосы с пуансона рассчитываем по формуле:

$$P_{\text{сн}}=K_{\text{сн}} \cdot P, \quad (17)$$

где P – общее усилие, 107кН;

$K_{сн}$ – коэффициент, зависящий от типа штамповой оснастки и толщины металла. 0,06.

$$P_{сн}=107 \cdot 0,06=6,42 \text{кН}$$

Суммарное усилие, необходимое для выполнения операции правки, рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{сум}=P_{прав}+ P_{сн} \quad (18)$$

$$P_{сум}=107+6,42 =112 \text{кН}$$

6 операция – Пробивка.

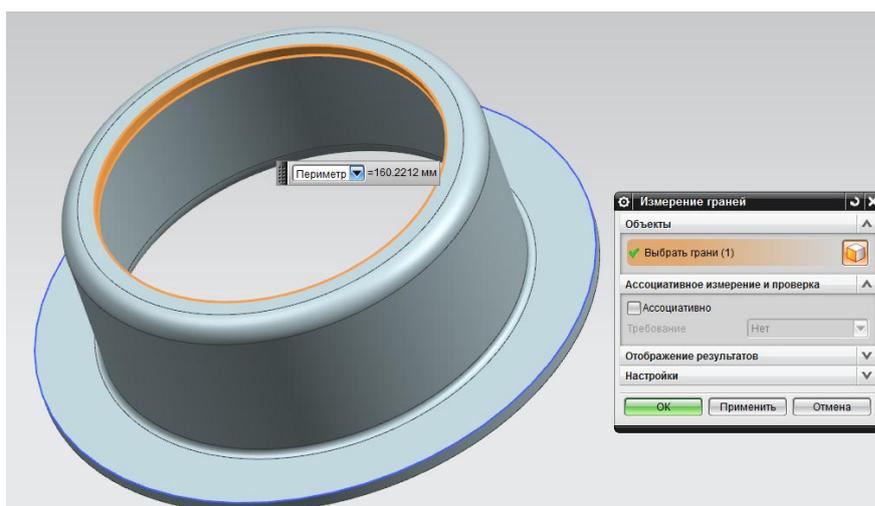


Рисунок 2.12 – Пробивка отверстия в NX9.0

Пробивка на дне заготовки отверстия рассчитывается по формуле.

$$P_{проб} = L \cdot S \cdot Q_{ср} \cdot k \quad (19)$$

где k – коэффициент запаса, 0,4;

L – длина вырубаемого контура, 160 мм, (рисунок 2.12);

S – толщина материала, 1,5 мм;

$Q_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу, 0,25 кН/мм².

$$P_{\text{проб}} = 160 \cdot 1,5 \cdot 0,25 \cdot 0,4 = 24 \text{ кН}$$

Расчёт усилия проталкивания отхода через матрицу по формуле:

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot P \cdot n \quad (20)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент проталкивания, 0,1;

P – усилие на операции пробивки, 24 кН;

n – количество отхода в теле матрицы, 1.

$$P_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 2400 \cdot 1 = 2,4 \text{ кН}$$

Суммарное усилие нужное для выполнения операции пробивка рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{проб}} + P_{\text{пр}} \quad (21)$$

$$P_{\text{общ}} = 2,4 + 24 = 26,4 \text{ кН}$$

7 операция – Вырубка.

Вырубка готового изделия диаметром 40,5 мм из ленты. Усилие вырубки рассчитываем по формуле:

$$P_{\text{выр}} = L \cdot S \cdot Q_{\text{ср}} \cdot k \quad (22)$$

где k – коэффициент запаса, 0,8;

$$L = \pi d = 3,14 \cdot 40,5 = 127,17 \text{ мм};$$

L – длина вырубаемого контура, 127,17 мм;

S – толщина материала, 1,5 мм;

$Q_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу, 0,25 кН/мм².

$$P_{\text{выр}} = 127,17 \cdot 1,5 \cdot 0,25 \cdot 0,8 = 38,15 \text{ кН}$$

Усилия снятия пуансона:

$$P_{\text{сн}} = K_{\text{сн}} \cdot P = 19 \cdot 0,07 = 2,67 \text{ кН}, \quad (23)$$

где $K_{\text{сн}} = 0,07$ – коэффициент, определенный от штампа и толщины материала.

Суммарное усилие на операции:

$$P_{\text{общ}} = 2,67 + 38,15 = 40,82 \text{ кН}$$

2.5 Расчет работы штамповки

Операция 1 – Пробивка.

Расчет работы на пробивку:

$$A = P \cdot S, \quad (24)$$

где $P = 19,2$ кН- усилие пробивки;

$S = 1,5$ мм – толщина металла.

$$A=19,2 \cdot 1,5=28,8 \text{ Дж}$$

Операция 2 – Вырезка.

Расчет работы на вырезку:

$$A=P \cdot S, \quad (25)$$

где $P=194,8 \text{ кН}$ – усилие вырезки;

$S = 1,5 \text{ мм}$ – толщина металла.

$$A=194,8 \cdot 1,5=292,2 \text{ Дж}$$

Операция 3 – Вытяжка.

Работа вытяжки:

$$A= P \cdot H, \quad (26)$$

где $P=68,3 \text{ кН}$ – усилие вытяжки;

$H = 15,7$ максимальная глубина вытяжки.

$$A= 68,3 \cdot 15,7=1072,31 \text{ Дж}$$

Операция 4 – Вытяжка.

Работа вытяжки:

$$A= P \cdot H \quad (27)$$

где $P=66,2 \text{ кН}$ – усилие пробивки;

$H=15,7\text{мм}$ – максимальная глубина вытяжки.

$$A=66,2 \cdot 15,7=1039,34\text{Дж}$$

Операция 5 – Правка.

Расчет работы на правку:

$$A = P \cdot H, \quad (28)$$

где $P = 123,3\text{кН}$ - усилие правки;

$H=15,7\text{мм}$ – максимальная глубина правки.

$$A = 123,3 \cdot 15,7 = 1937 \text{ Дж}$$

Операция 6 – Пробивка.

Расчет работы на пробивку:

$$A = P \cdot S, \quad (29)$$

где $P=23,5\text{кН}$ –усилие пробивки;

$S=1,5\text{мм}$ – толщина металла.

$$A = 23,5 \cdot 1,5 = 35,25 \text{ Дж}$$

Операция 7 – Вырубка.

$$A = P \cdot S \quad (30)$$

где $P = 40\text{кН}$ – усилие вырубки;

$S = 1,5$ мм толщина металла.

$$A = 40 \cdot 1,5 = 60 \text{ Дж}$$

3 Подбор оборудования и средств автоматизации

3.1 Подбор оборудования

Необходимое оборудование для изготовления детали подбирают по целому комплексу характеристик, некоторые из них:

- суммарная величина ЭСП всех операций;
- величина хода ползуна;
- размеры рабочего стола;
- тип производства;
- возможности автоматизации;
- характеристики оборудования по безопасности труда и классу экологичности;
- стоимость обслуживания оборудования.

Приняв во внимание все данные о величине производства и параметры изготовления детали, для данного технологического процесса выбираем пресс БВК-150. Характеристики пресса приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 –Характеристики БВК-150

Параметр	Величина
1	2
Усилие пресса, МН	1,5
Число ходов ползуна (бесступенчатая регулировка) ход/мин	40...190
Ход ползуна, мм	190
Регулировка закрытой высоты пресса, мм	140
Размеры подштамповой плиты стола, мм:	
-длина	1500
-ширина	1340

Продолжение таблицы 3.1

1	2
Подача ленты:	Двухвалковая с независимым приводом
Диаметр валков подачи, мм	160
Длина подачи на шаг, мм	0...999
Точность подачи, мм	$\pm 0,1$
Высота подачи над подштамповой плитой, мм	130 \pm 40
Регулировка подачи: – по высоте – по толщине ленты	Ручная автоматическая
Мощность привода, кВт	33
Габариты пресса, мм: – длина – ширина – высота	3276 1720 4700

3.2 Подбор средств автоматизации и основные параметры

Из методов автоматизации будем использовать следующее:

- 1) Разматывающее приспособление (рулонница);
- 2) Подающее приспособление;
- 3) Компенсатор петлевой;
- 4) Грейферные линейки;
- 5) Стол выкатной;
- 6) Механические руки;
- 7) Привод грейферных линеек.

Для увеличения производительности, а также ради техники безопасности готовые отштампованные изделия будут автоматически удаляться из ленты. Для этого используются специальные проталкивающие каналы в нижней плите, по которым изделия падают в тележку.

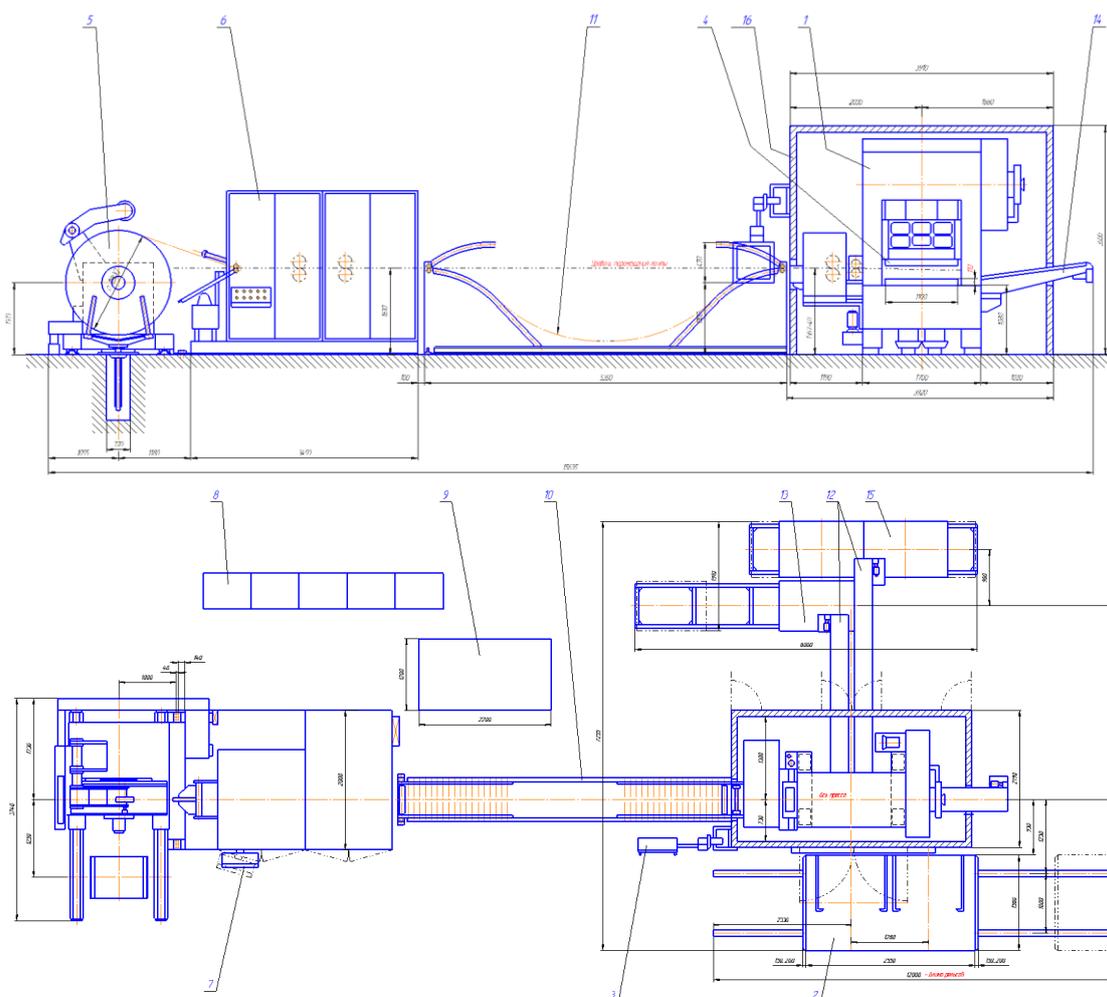
Пресс автомат будет получать ленту из питателя подающего устройства рулонницы, будут соединены с грейферными линейками, обеспечивающими правильную подачу ленты.

Грейферные линейки подразделяются на виды в зависимости от траектории движения:

1. Однокоординатные – в одно движение (возвратно – поступательные);
2. Двухкоординатные – два вида перемещения (поперечное и продольное);
3. Трехкоординатные – три вида движения (поперечное, вертикальное и продольное).

Для нашей ленты оптимальным будет выбор грейферного передающего устройства с двухкоординатной подачей.

Схема штамповочной линии показана на рисунке 3.1



3.1 – Схема штамповочной линии

4 Создание штамповой оснастки

4.1 Конструкция штампа последовательного действия

Из-за высокой стоимости штампа, а также стоимости его работы последовательную штамповку чаще используют для крупно серийного производства. Поскольку программа выпуска детали составляет 600 000 штук в год, то использование последовательной штамповки будет экономически выгодно и обосновано. Вытяжной штамп состоит из множества деталей, все они подразделяются на 2 группы.

1 группа рабочие элементы, непосредственно контактирующие с заготовкой и определяющие её деформацию и качество поверхности. К таким деталям предъявляют особые, высокие требования по точности изготовления и соответствия математической модели детали. К рабочим деталям относят матрицы; пуансоны; съёмники; прижимы.

2 группа конструкционные элементы, отвечают за фиксацию и правильную работу рабочих элементов, из основных требований к данным деталям можно отнести достаточно высокую массу для обеспечения устойчивости и баланса работы штампа. Так же к этому типу элементов относятся различные направляющие элементы.

«Все детали штампа подразделяются на стандартные и оригинальные. Детали первой категории регламентируются ГОСТом, серийное производство их уже налажено, поэтому использование стандартных деталей уменьшит стоимость штампа. Оригинальные детали учитывают особенности и требования данного технологического процесса, такие детали изготавливаются на заказ в штучных партиях, стоимость их очень высока, поэтому их количество стремятся минимизировать.» [2]

Для нашего технологического процесса спроектирован вытяжной штамп, конструкция которого включает следующие детали: верхняя и нижняя

плита, вытяжные и пробивные пуансоны и матрица, держатели, направляющие колонки и втулки, толкатели, хвостовик, ловители, выталкиватели, фиксаторы, прижимы, воронки, транспортные приливы.

4.2 Работа вытяжного штампа

Лента в рулоне подается в рулонницу, на ней она устанавливается на вращающемся валу. Конец рулона, пропуская через рейферные линейки, подаются в принимающее устройство, полоса вручную устанавливается на первой позиции для пробивки отверстия. При запуске прессы лента автоматически ориентируется, верхняя плита штампа начинает двигаться вниз. Пробивные пуансоны пробивают отверстия в полосе, а отрезной пуансон обрезает кромку заготовки. После происходит обрезка заготовки по длине и пробивка второго отверстия в полосе. Заготовка устанавливается на ловителях по пробитым отверстиям. Лента передвигается на один шаг (59 мм) и попадает в технологические операции.

Отходы от операции проходят через матрицу, и падая через воронку, попадают в контейнер. При вытяжке деталь остаётся на пуансоне, для её снятия используется отлипатель, после на следующей операции готовая деталь удаляется пневмодувом.

4.3 Прочностные расчеты

При работе необходимо наличие силового баланса, на рабочий инструмент могут приходиться большие нагрузки. Для предотвращения поломки инструмента, следует провести расчеты.

Формула для расчета на смятие головки пуансона:

$$\sigma_{\text{см}} = P/F \leq \sigma_{\text{см}}, \quad (31)$$

где $\sigma_{\text{см}}$ – напряжение смятия, МПа;

$$P = 19,59 / 2 = 9,79 \text{ кН};$$

P – усилие пробивки, 9,79 кН;

F – опорная поверхность головки пуансона, 314 мм^2 .

$$\sigma_{\text{см}} = 9,79 / 314 = 3,12 \text{ Па}$$

Напряжение меньше допустимого, условие соблюдается.

Наименьший усилие пуансона на сжатие рассчитывается:

$$\sigma_{\text{сж}} = P/f \leq [\sigma_{\text{сж}}] \quad (32)$$

где $\sigma_{\text{сж}}$ – напряжение сжатия;

f – наименьшая площадь сечения пуансона, 157 мм^2 ;

$[\sigma_{\text{сж}}]$ – допустимое напряжение на сжатие.

Напряжение в пуансоне составит:

$$\sigma_{\text{сж}} = 9,79 / 157 = 6,24 \text{ Па}$$

Напряжение сжатия меньше допустимого, условие сжатия выполнено.

Формула расчета режущих частей пуансона:

$$\sigma_{\text{р}} = P/F_{\text{усл}} \quad (33)$$

где P - усилие операции;

$F_{\text{усл}}$ - условная площадь при $\frac{S}{l}$.

$$\sigma_p = 9,79/84 = 11,66 \text{ Па}$$

Условие прочности выполняется.

4.4. Пружины и другие упругие элементы оснастки

Для прижима и съема детали используют пружины. Пружины в штампе представлены в толкателях и выталкивателях. Их подбирают по необходимому усилию снятия. Пружины подбирают с усилием 30% от усилия снятия. Характеристики применяемых пружин:

- а) усилие – 0,5 кН;
- б) высота сжатой пружины – 35 мм;
- в) рабочая деформация – 12,6 мм;
- г) диаметр – 20 мм.

4.5. Баланс и центр давления штампа

«Для равновесной работы штампа следует вырезаемый контур расположить на матрице так, чтобы центр давления совпадал с осью хвостовика. В ином случае в штамповой оснастке возникают перекосы, несимметричность зазора, износ направляющих, и, как следствие, поломка штампа. Нахождение центра имеет значение главным образом для сложных вырубных, пробивных и последовательных штампов.» [3]

Для осесимметричных изделий нет необходимости рассчитывать центр давления.

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Идентификация технологических параметров

В таблице 5.1 технологический паспорт объекта.

Таблица 5.1 – Технологический паспорт объекта

Технологический процесс.	Выполняемые операции.	Наименование должности рабочего.	Оборудование, устройство, приспособление.	«Материалы, вещества» [9].
Процесс изготовления детали типа «Обойма сальника штока амортизатора задней подвески»	Операции: 1 пробивка; 2 вырезка 3 вытяжка; 4 вытяжка; 5 правка; 6 пробивка; 7 вырубка	Оператор – штамповщик линии	Пресс-автомат, штамповая оснастка автоматизированная система.	Сталь 08пс

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

В таблице 5.2 проведена идентификация профессиональных рисков.

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственные или технологические операции, вид выполняемых работ.	Небезопасные и вредные промышленные факторы.	«Источник небезопасных либо вредных промышленных факторов.» [9]
1	2	3

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3
Движение зубчатых механизмов, ремней, цепей и вращение валов.	Физический повышенный уровень шума, вибрации.	Электродвигатель, механизмов Работа прессы. Воронки для удаления заготовки.
Работа прессы	Большой уровень вибрации	Подвижные плиты штампа
Загрузка ленты, разгрузка контейнеров с отходами и деталями.	Производственная травма	Прессовое оборудование, механизмы и устройства автоматизации

5.3 Меры предосторожности безопасности условий труда

В таблице 5.3 проведены методы и технические средства снижения негативного воздействия.

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения вредного и опасного воздействия производственных факторов

Небезопасные и вредные промышленные факторы.	Методы и средства защиты, устранения небезопасного и вредного промышленного фактора.	«СИЗ работника.» [9]
1	2	3
Повышенный уровень вибрации	Виброизоляция, правильный режим работы, изменения в фундаменте	Специальная обувь, беруши.

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3
Повышенный уровень шума	Смазка контактирующих частей прессы и штампа, средства индивидуальной защиты(беруши), изоляция отдельных источника шума	Беруши, каски или специальный головной убор
Недостаточная освещённость	Дополнительное освещение	Фонарики нагрудные, налобные
Повышенная запыленность	Проветривание помещения, вытяжка, средства защиты дыхания	Респираторы, полумаски
Вредное воздействие химических веществ	Контроль токсических веществ. Смена рабочей одежды, мытье рук с мылом	Респираторы, полумаски

5.4 Меры по обеспечению пожарной безопасности

В таблицах 5.4, 5.5 и 5.6 факторы, обеспечение и мероприятия.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожарной опасности	Опасные факторы пожара	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [9]
Прессовое производство	пресс автомат простого действия БВК-150	В, Д, Е	–открытый огонь; –повышенная температура воздуха; –нехватка кислорода в воздухе.	При появлении пожара, огонь распространяется на строительные материалы.

5.5 Материальное обеспечение пожарной безопасности

Таблица 5.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Подвижные средства пожаротушения	Стационарные системы пожаротушения	Автоматические средства	Противопожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарные инструменты	«Пожарная сигнализация, связь и оповещение» [9]
Ручные огнетушители	Специальные автомобили пожаротушения	Пожарные гидранты	Датчики дыма	Конусные ведра	Противогаз	Пожарные багры	Звуковое оповещение о пожаре
Песок	Пожарные мотопомпы	Пожаротушение газовыми средствами	Приемно-контрольный прибор	Рукава противопожарные	Носилки	Ручной топор	Световые указатели с табличкой «выход»
Кошма	Приспособленные технические средства	Пожаротушение порошковыми средствами	Тепловые датчики	Пожарные колонки	Защитный костюм	Лопата штыковая и совковая	Ручной пожарный вещатель

Таблица 5.6 – Противопожарные мероприятия.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Прессовое производство	<ul style="list-style-type: none"> –регулярное прохождение работников инструктажа –выполнять требования техники безопасности на рабочем месте; –строго следовать технологической карте; –обязательное наличие СИЗ в доступном месте; –планово проводить уборку рабочего помещения, следить за порядком во время работы; –не хранить горючих веществ на участках; –для хранения воспламеняемых веществ использовать специально-оборудованные склады. 	<ul style="list-style-type: none"> –хорошо подготовленные и инструктируемые работники; –жесткий контроль за системой пожаротушения; -исправность звуковой системы оповещения.

5.6 Экологическая чистота объекта

Крупные промышленные предприятия наносят ущерб экологии и здоровью человека. Необходимым является обеспечить минимальное воздействие оборудования на окружающую среду. Вредные факторы работы пресса приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Вредные проявления работы объекта

<p>«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [9]</p>	<p>«Структурные составляющие технического объекта, производственно - технологического процесса, энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [9]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в воздушную окружающую среду)» [9]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [9]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [9]</p>
<p>Листовая штамповка</p>	<p>Универсальный пресс автомат</p>	<p>Попадание в воздух вредных испарений отработанной смазки, масла; пыли</p>	<p>Утилизация использованных материалов, использованной смазки, при обслуживании агрегатов др процессов</p>	<p>Утилизация использованных материалов, использованной смазки</p>

В таблице 5.8 приведены меры по снижению вредного воздействия.

Таблица 5.8 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного воздействия объекта на окружающую среду

Возможные вредные воздействия	Принятый способ предотвращения
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу» [9]	Регулярное проветривание помещений, использование систем очистки
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу» [9]	Использовать замкнутый контур водоснабжения, оборудованный очистительными средствами.
«Мероприятия по снижению негативного человеческого воздействия на литосферу» [9]	Организованная уборка отходов с рабочих мест, складирование и вывоз и утилизация специализированными организациями, имеющим лицензии на работу с отходами

Выводы по разделу.

В данном разделе были приведены характеристики процесса разработки детали «Обойма сальника штока амортизатора», приведены операции, ответственные должности, требуемое оборудование, используемые материалы (таблица 5.1).

По процессу изготовления были выявлены различные профессиональные риски для рабочих при выполнении должностных работ. Идентифицированы следующие: повышенная вибрация, шум, возможный производственный травматизм, воздействие токсических испарений (таблица 5.2). Приведены мероприятия, для снижения профессиональных рисков, такие как: инструктаж по технике безопасности, применение средств автоматизации, смазка трущихся частей оборудования и штамповой оснастки, виброизоляция, контроль концентрации токсических веществ и т.д. Подобраны СИЗ для работников (таблица 5.3).

Приведены мероприятия по пожарной безопасности технического объекта. Приведен перечень необходимых технических средств обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.5). Приведены мероприятия по предотвращению пожара и необходимые требования по обеспечению пожарной безопасности (таблица 5.6).

Выполнена идентификация, влияющих на экологию технологических факторов (таблица 5.7) и приведены мероприятия по обеспечению максимальной экологичности технического объекта (таблица 5.8).

6 Экономическая часть

6.1 Сравнительный анализ технологических вариантов

В данном разделе проанализируем и сравним оба варианта технологического процесса. Тип проектного производства является серийным.

Базовый техпроцесс состоит из 7 операций и требует следующие оборудование: пресс простого действия Mecfond SC2-200-150-135.

Новый техпроцесс состоит из других 7 операций и требует следующие оборудование: пресс простого действия БВК-150.

6.2 Коэффициенты производства

Все коэффициенты для производства приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – исходные данные и коэффициенты производства

Параметр	Принятое обозначение	Величина
1	2	3
«Планируемое количество выпущенных изделий за год»[8]	N_z	600 000
«Затраченное время: -оборудованием -рабочими»[8]	Φ_z $\Phi_{z.p.}$	5472 1950
Показатель выполнения нормы	$K_{вн}$	1,09
«Показатель многостаночного обслуживания»[8]	$K_{мн}$	1,0
«Показатель времени, отведенного на отпуск рабочим»[8]	K_o	11,7

Продолжение таблицы 6.1

1		2	3	
Условие установки: - себестоимость - капитальные вложения		$K_{монт}$	1,1 0,25	
«Расходы на закупку одного килограмма материала»[8]		$\Phi_{ц}$	50,27	
«Стоимость одного килограмма отхода»[8]		$\Phi_{отх}$	4,98	
Масса заготовки		$M_з$	0,689	0,22
Масса отхода		$M_{отх}$	0,540	0,07
«Затраты, связанные с транспортировочно-заготовительными операциями»[8]		$K_{мз}$	1,05	
Коэффициент доплаты (от 3 до 5 разряда):				
а)	Зарплаты из почасового фонда	$K_{дон}$	1,08	
б)	Доплата за профмастерство	$K_{нф}$	1,1	
в)	Расходы связанные с условиями	K_y	1,1	
г)	Доплата за переработку	K_n	1,2	
д)	Награды, премии	$K_{мз}$	1,2	
е)	Соц. доплаты	K_c	1,15	
	Сумма: $K_{зпл} = K_{дон} \cdot K_{нф} \cdot K_y \cdot K_n \cdot K_{мз} \cdot K_c$	$K_{зпл}$	2,16	
«Показатель мощностной способности оборудования»[8]		K_m	0,9	
Показатель одновременной работы электродвигателя		K_e	0,7	
Общий коэффициент полезного действия электрической цепи		K_n	1,03	
Показатель временного ресурса оборудования		$K_{од}$	0,9	
Перепродажа, % стоимости: - станка - инструмент		B_p $B_{р.и.}$	5 15	

--	--	--

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3
«Величина амортизации»[8]	H_a	15
Показатель суммарных расходов (цеховых)	$K_{цех}$	1,92
«Почасовой тариф - рабочего, имеющего третий разряд - наладчика, имеющего пятый разряд»[8]	C_m	62,51 74,89
Затраты электрофикации, руб./кВт	$C_э$	2,44
Затраты на аренду земли, руб./м ²	$C_{пл}$	4500
Показатель эталонного использования	E_H	0,33

6.3 Техническая характеристика оборудования

Краткие характеристики оборудования базового и проектного варианта представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Данные оборудования

Наименование оборудования	Усилие, МН	Норма времени, мин		Мощность, M_y , кВт	Площадь S_y , м ²	Цена, руб.
		$t_{шт}$	$t_{маш}$			
Базовый вариант						
Месfond SC2-200-150-135	2	0,09	0,095	44	20	5600000
Проектный вариант						
БКВ-150	1,5	0,06	0,06	44	9	6000000

Базовый штамп последовательного действия:

1. Стойкость штампа $T_{и}^{шт}$ - 1 280 000 удара;
2. Стоимость штампа $C_{шт.}$ - 780 000 рублей.

Проектный штамп последовательного действия:

1. Стойкость штампа $T_{и}^{шт}$ - 1 460 000 удара;
2. Стоимость штампа $C_{шт.}$ - 690 000 рублей.

6.4 Определение количества оборудования, штампов, рабочих-операторов и коэффициента загрузки

В таблице 6.3 приведены необходимые расчёты.

Таблица 6.3 - Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки

Параметры	Необходимые подсчеты	Искомая величина	
		первый	второй
1	2	3	4
«Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.» [8]	$n_{об} = N_{г} \cdot t_{шт} / \Phi_{э} \cdot k_{вн} \cdot 60$ $n_{баз} = 600000 \cdot 0,09 / 5472 \cdot 1,09 \cdot 60 = 0,15 \approx 1$ $n_{нов} = 600000 \cdot 0,06 / 5472 \cdot 1,09 \cdot 60 = 0,1 \approx 1$	1	1

Продолжение таблицы 6.3

1	2	3	4
Коэффициент связанный загруженность ю оборудования	$K_3 = n_{об}^{расч} \cdot n_{об}^{прин}$ $K_3^{баз} = 0,15 \cdot 1 = 0,15$ $K_3^{нов} = 0,13 \cdot 1 = 0,13$	0,15	0,13
«Численность рабочих операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел» [8]	$P_{оп} = N_r \cdot t_{ш} \cdot (1 + K_0) / \Phi_{эр} \cdot k_{мо} \cdot 60$ $P_{оп} = 600000 \cdot 0,09 \cdot (1 + 0,117) / 1950 \cdot 1 \cdot 6$ $0 = 0,5 \approx 1 \cdot 3 \text{ смены} = 3$ $P_{оп} = 600000 \cdot 0,06 \cdot (1 + 0,117) / 1950 \cdot 1 \cdot 6$ $0 = 0,3 \approx 1 \cdot 3 \text{ смены} = 3$	3	3

Капитальные вложения в таблице 6.4

Таблица 6.4 – капитальных вложений, расчет

Параметр	Формулы и подсчеты	Искомая величина	
		первый	второй
1	2	3	4
Непосредственные вложения оборудование, руб.	$K_{об} = n_{об} \cdot Ц_{об} \cdot K_3$ $K_M^{баз} = 1 \cdot 5600000 \cdot 0,15 = 840000$ $K_M^{нов} = 1 \cdot 5600000 \cdot 0,13 = 728000$	840000	728000
«Вложения в ходе работы, руб.:			

Продолжение таблицы 6.4

1	2	3	4
Вложения которые пойдут на доставку и установку, руб.	$K_M = K_{об} \cdot K_{МОНТ}$ $K_M^{баз} = 840000 \cdot 0,25 = 210000$ $K_M^{НОВ} = 728000 \cdot 0,25 = 182000$	210000	182000
Вложения на штамповый инструмент, руб.	$K_{и} = T_{и}^{шт} + Ц_{шт}$ $K_{и}^{баз} = 1460000 + 690000 = 2150000$ $K_{и}^{НОВ} = 1280000 + 780000 = 2060000$	2150000	2060000
Вложения идущие на аренду площади, руб.	$K_{пл} = n_{об} \cdot S_y \cdot Ц_{пл} \cdot K_3$ $K_{пл}^{баз} = 1 \cdot 20 \cdot 4500 \cdot 0,15 = 13500$ $K_{пл}^{НОВ} = 1 \cdot 9 \cdot 4500 \cdot 0,13 = 5265$	13500	5265
Суммарные вложения, руб.	$K_{соп} = K_M + K_{и} + K_{пл}$ $K_{соп}^{баз} = 210000 + 2150000 + 13500 = 2373500$ $K_{соп}^{НОВ} = 182000 + 2060000 + 5265 = 2247265$	2373500	2247265
Все вложения вместе, руб.	$K_{общ} = K_{об} + K_{соп}$ $K_{общ}^{баз} = 840000 + 2373500 = 1651800$ $K_{общ}^{НОВ} = 728000 + 2247265 = 1451250$	3213500	2975265
Удельные вложения, руб.	$K_{уд} = K_{общ} / N_r$ $K_{уд.б.} = 3213500 / 600000 = 5,35$ $K_{уд.пр.} = 2975265 / 600000 = 4,95$	5,35	4,95

6.5 Расчет себестоимости

Расчет себестоимости представлен в таблице 6.5

Таблица 6.5 – Расчет себестоимости

Показатель	Расчет и формула	Искомая величина	
		первый	второй
1	2	3	4
Затраты стоимости	$3M=(M_3 \cdot \Pi_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot \Pi_{отх})$ $M^{баз} = 0,2 \cdot 30 \cdot 1,014 - 0,05 \cdot 10 = 5,584$ $M^{нов} = 0,2 \cdot 30 \cdot 1,014 - 0,05 \cdot 10 = 5,584$	5,584	5,584
Заработная плата	$3_{пл} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{эр} \cdot K_{зпл} \cdot K_3 / N_T$ $3_{пл}^{баз} = 3 \cdot 62,51 \cdot 1950 \cdot 6,83 \cdot 0,15 / 600000 = 0,62$ $3_{пл}^{нов} = 3 \cdot 62,51 \cdot 1950 \cdot 6,83 \cdot 0,13 / 600000 = 0,62$	0,62	0,53
Затраты на использование оборудования	$P_a^{баз} = [4900000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 6 \cdot 0,09 \cdot 1,3] / 5472 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100 = 0,96$ $P_a^{нов} = [4900000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 6 \cdot 0,09 \cdot 1,3] / 5472 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100 = 0,96$	0,96	0,96
Расходы на электричество	$P_э = M_y \cdot t_{маш} \cdot K_{од} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{п} \cdot \Pi_э / (КПД \cdot 60)$ $P_э^{баз} = 44 \cdot 0,095 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,44 / (54 \cdot 60) = 0,16$ $P_э^{нов} = 44 \cdot 0,095 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,44 / (59 \cdot 60) = 0,18$	0,16	0,18
Затраты на штамповую оснастку	$P_{и} = (\Pi_{шт} \cdot [1 - B_{ри}]) / T_{и}^{шт}$ $P_{и}^{баз.ср.} = 148755 \cdot ([1 - 0,15]) / 620000 = 0,22$ $P_{и}^{нов.ср.} = 178840 \cdot ([1 - 0,15]) / 770000 = 0,22$	0,22	0,22

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4
Затраты на эксплуатацию площадей	$P_{\text{пл}} = S_y \cdot n_{\text{об}} \cdot \Pi_{\text{пл}} \cdot K_3 / N_r$ $P_{\text{пл}}^{\text{баз}} = 20 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,15 / 600000 = 0,225$ $P_{\text{пл}}^{\text{нов}} = 9 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,13 / 600000 = 0,008$	0,225	0,008
Зарплата наладчика, руб.	$Z_{\text{нал}} = n_{\text{об}} \cdot C_r \cdot \Phi_{\text{эр}} \cdot K_{\text{зпл}} \cdot K_3 / (n_{\text{обсл}} \cdot N_r)$ $Z_{\text{нал}}^{\text{баз}} = 1 \cdot 62,51 \cdot 1950 \cdot 6,83 \cdot 0,15 / (1 \cdot 600000) = 0,2$ $Z_{\text{нал}}^{\text{нов}} = 1 \cdot 62,51 \cdot 1950 \cdot 6,83 \cdot 0,13 / (1 \cdot 600000) = 0,18$	0,2	0,18
Технологическая себестоимость, руб.	$C_{\text{тех}} = M + Z_{\text{пл}} + P_a + P_{\text{э}} + P_{\text{и}} + P_{\text{пл}} + Z_{\text{нал}}$ $C_{\text{тех}}^{\text{баз}} = 5,584 + 0,62 + 0,96 + 0,16 + 0,22 + 0,225 = 7,769$ $C_{\text{тех}}^{\text{нов}} = 5,584 + 0,53 + 0,96 + 0,18 + 0,22 + 0,008 + 0,18 = 6,627$	7,769	6,627
Расходы общепроизводственные	$P_{\text{цех}} = Z_{\text{пл}} \cdot K_{\text{цех}}$ $P_{\text{цех}}^{\text{баз}} = 0,62 \cdot 1,72 = 1,07$ $P_{\text{цех}}^{\text{нов}} = 0,53 \cdot 1,72 = 0,91$	1,07	0,91
Общепроизводственная себестоимость	$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}}$ $C_{\text{цех}}^{\text{баз}} = 7,769 + 1,07 = 8,839$ $C_{\text{цех}}^{\text{нов}} = 6,627 + 0,91 = 7,537$	8,839	7,537

6.6 Экономическая эффективность разработанного процесса

Последний пункт раздела. Подсчитан годовой эффект от внедрения проектного варианта и срок окупаемости. В таблице 6.6 приведены расчеты.

Таблица 6.6 – Экономическая эффективность

Показатель	Расчет и формула	Искомая величина	
Переведенные затраты себестоимости, руб.	$Z_{\text{пер}} = C_{\text{цех}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пер}}^{\text{баз}} = 8,839 + 0,33 \cdot 8,259 = 11,56$ $Z_{\text{пер}}^{\text{нов}} = 7,537 + 0,33 \cdot 7,259 = 9,93$	11,56	9,93
Годовой экономический эффект, руб.» себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_r = (Z_{\text{пер}}^{\text{баз}} - Z_{\text{пер}}^{\text{нов}}) \cdot N_r$ $\mathcal{E}_r = (11,56 - 9,93) \cdot 600000 = 978000$	978000	
Срок окупаемости кап. вложений, год» себестоимости, руб.	$T_{\text{ок}} = K^{\text{нов}}_{\text{и}} / \mathcal{E}_{\text{уг}}$ $T_{\text{ок}} = 1251900 / 781200 \approx 2$	2	
Условная годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{цех}}^{\text{баз}} - C_{\text{цех}}^{\text{нов}}) \cdot N_r$ $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (8,839 - 7,537) \cdot 600000 = 781200$	781200	

Вывод.

Запуск разработанной технологии будет экономически целесообразным, окупающим свои затраты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог по выполненной работе, определим степень решения задач, которые были поставлены в начале работы.

1) Анализ базового процесса и выявление недостатков. По результатам проверки электронной модели и анализа технологического процесса изготовления детали были выявлены все недостатки и недочеты базового процесса. Были предложены меры улучшения процесса производства детали. Задача выполнена в полной мере.

2) Разработан новый технологический процесс с учетом недостатков выявленными в базовом процессе. Подсчитаны и приведены все необходимые параметры усилий и работы. Задача выполнена в полной мере.

3) Разработана новая конструкция штампа, представлена электронная модель, по которой проведены и успешно выполнены все расчеты на соответствие условиям прочности.

4) Выбрано подходящее оборудование и приведены средства автоматизации, уменьшающие профессиональные риски и положительно сказывающихся на стоимости работы оборудования.

5) Проектный объект прошел все проверки на соответствие требованиям техники безопасности, благодаря принятым мерам.

6) По сравнению с базовым процессом получена экономия - так за те же затраты в год будет производиться на 30 000 деталей больше. Срок окупаемости более года.

Учитывая величину проделанной работы, можно говорить о полном выполнении всех поставленных задач и достижении цели работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скрипачев, А.В. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеев. – Тольятти: ТолПИ, 1992.
2. Почекуев, Е. Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер. - М: ДМК Пресс, 2012. - 331 с.: ил. - Библиогр. с. 328. - Предм.указ. с. 329-331.
3. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский– 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
4. Смолин, Е. Л. Основы конструирования штамповой оснастки: учеб. пособие для студентов заочной формы обучения / Е. Л. Смолин. Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.
5. Основы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]: учебник / под ред. А. П. Карпенко. - М: ИНФРА-М, 2015. - 329 с.
6. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка/ М.Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. – 432 с.
7. Иванов, И. И. Основы теории обработки металлов давлением: учебник / И. И. Иванов, А. В. Соколов, В. С. Соколов и др. – М.: Форум – Инфра-М, 2007. – 144 с.
8. Краснопевцева, И. В. Экономика машиностроительного производства: учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 148 с.
9. Шапорева, И. Л. Безопасность жизнедеятельности.: учеб.- метод. пособие / Л. Н. Горина, Н. Е. Данилина. – Тольятти: ТГУ, 2015. – 299 с.
10. Скворцов, Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки: конструкции и расчеты / Г. Д. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.

11. Норицын, И. А. Проектирование кузнечных и холодноштамповых цехов и заводов: учеб. пособие для вузов / И. А. Норицын, В. Я. Шехтер, А. М. Мансуров. – М. : Высш. шк., 1977. – 423 с.
12. Банкетов, А.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование/ А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
13. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением/ М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
14. Матвеев, А.Д. Ковка и штамповка : Справочник: В 4 т. Т. 4 Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева; Ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985 – 1987. – 544 с.
15. Канторович, Л. В. Рациональный раскрой промышленных материалов / Л. В. Канторович, В. А. Залгаллер. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Наука, 1971. – 300 с.
16. Норицын, И. А. Автоматизация и механизация технологических процессов ковки и штамповки: учеб. пособие для вузов / И. А. Норицын, В. И. Власов. – М.: Машиностроение, 1967. – 388 с.
17. Ключко, С.Л. Выпускная квалификационная работа / С.Л. Ключко, Учебное пособие. – Тольятти: ТолГУ, 2005.
18. Дорфман В. С. Современные материалы в автомобилестроении: Справочник. / В. С. Дорфман, Н. И. Летчфорд, Э. Н. Либерман и др.- Москва, Машиностроение, 1977 – 271с.
19. Кандаков, А. И. САПР Технологических процессов: учебник для 25 студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с.
20. Аверкиев, Ю. А. Технология холодной штамповки : учеб. для вузов / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
21. www.researchgate.net [электронный ресурс]
URL:[https://www.researchgate.net/publication/280682789_Prediction_of_crack_location_and_propagation_in_stretch_flanging_process_of_aluminum_](https://www.researchgate.net/publication/280682789_Prediction_of_crack_location_and_propagation_in_stretch_flanging_process_of_aluminum)

alloy_AA-5052_sheet_using_FEM_simulation 62 (дата обращения:
09.04.2019)

22. www.researchgate.net [электронный ресурс]-
URL:https://www.researchgate.net/publication/281442607_Influence_of_Blank_Holding_Force_on_Stretch_Flange_Forming_of_Aluminum_Alloy
(дата обращения: 10.04.2019)
23. www.researchgate.net [электронный ресурс]-
URL:https://www.researchgate.net/publication/316790812_A_study_on_sheet_metal_hole-flanging_process (дата обращения: 11.04.2019)
24. www.researchgate.net [электронный ресурс]-
URL:https://www.researchgate.net/publication/320990786_FEM_SIMULATION_OF_NONAXISYMMETRIC_STRETCH_FLANGE_FORMING_OF_ALUMINUM_ALLOY_5052_BASED_ON_SHELL_TYPE_ELEMENTS
(дата обращения: 12.04.2019)
25. www.researchgate.net [электронный ресурс]-
URL:https://www.researchgate.net/publication/307902238_Effect_of_process_parameters_on_deformation_behavior_of_AA_5052_sheets_in_stretch_flanging_process (дата обращения: 15.04.2019)