

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

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

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(профиль)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Разработка технологического процесса и эскизного проекта  
штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн крепления  
переднего крыла боковой верхний» в САД/САЕ–системах

Студент(ка)

В.В. Коновалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

П.А. Путеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Дерябин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Н.В. Яценко

(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 2017

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

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

УТВЕРЖДАЮ  
Завкафедрой «СОМДиРП»  
\_\_\_\_\_  
(подпись) В.В. Ельцов  
(И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент \_\_\_\_\_ Коновалов Вадим Витальевич \_\_\_\_\_

1. Тема Разработка технологического процесса и эскизного проекта штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн крепления переднего крыла» в САД/САЕ – системах
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Базовый технологический процесс изготовления детали, годовая программа выпуска 200000 штук год, материал изделия сталь 08Ю
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Анализ технологических исходных данных, Разработка технологического процесса, Инженерный анализ напряженно–деформированного состояния детали при операции вытяжки, Выбор оборудования и средств автоматизации, Разработка штампа для вытяжки, Безопасность и экологичность объекта, Экономическая часть
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала План верха, план низа, разрез штампа А–А, разрез штампа Б–Б, сравнение технологического процесса, инженерный анализ
6. Консультанты по разделам \_\_\_\_\_ И. В. Дерябин,  
\_\_\_\_\_ И.В. Краснопевцева, \_\_\_\_\_ В.Г. Виткалов
7. Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

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

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

П.А. Путеев  
(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

В.В. Коновалов  
(И.О. Фамилия)

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

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

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «СОМДиРП»

\_\_\_\_\_ В.В. Ельцов  
(подпись) (И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

*КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН*

*выполнения выпускной квалификационной работы*

*Студента:* \_\_\_\_\_ *Коновалов Вадим Витальевич*

*по теме:* «Разработка технологического процесса и эскизного проекта штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн крепления переднего крыла боковой верхний» в САД/САЕ–системах»

<i>Наименование раздела работы</i>	<i>Плановый срок выполнения раздела</i>	<i>Фактический срок выполнения раздела</i>	<i>Отметка о выполнении</i>	<i>Подпись руководител я</i>
Анализ технологических показателей исходных данных	15.02.17			
Разработка технологического процесса изготовления детали	2.03.17			

Инженерный анализ напряженно–деформированного состояния детали при операции вытяжки	17.03.17			
Выбор оборудования, средств механизации или автоматизации	5.04.17			
Разработка эскизного проекта конструкция штамповой оснастки	20.04.17			
Безопасность и экологичность технического объекта	4.05.17			
Технико–экономическое обоснование проекта	25.05.17			

*Руководитель выпускной  
квалификационной работы*

\_\_\_\_\_  
*(подпись)*

*П.А. Путеев*

\_\_\_\_\_  
*(И.О. Фамилия)*

*Задание принял к исполнению*

\_\_\_\_\_  
*(подпись)*

*В.В. Коновалов*

\_\_\_\_\_  
*(И.О. Фамилия)*

## ABSTRACT

The graduation project consists of an explanatory note on \_\_ pages, introduction, including \_\_ figures, \_\_ tables, and the list of \_\_ references including \_\_ foreign sources and \_\_ appendices, and the graphic part on \_\_ A1 sheets.

The title of the graduation project is front fender extra bracket. The object of the technological process design of sheet metal through CAD systems SIEMENS NX 9.0 PLM software and CAE systems LS-PREPOST and LS-DYNA.

The issues of allowance, material saving, performance are highlighted in the project's general part.

We first discuss the method for auto components parts design such as analysis of basic technological. Then we calculate energy-power parameters for each operation of the technological project are given. The second we selected the necessary equipment according to these parameters for product manufacturing. During the research when technological design CAD projects were estimated by above mentioned criteria. Economical analysis proved that one of the designs is more efficient by 7-10%. The modern technological analysis shows stress, deformation, heat transfer and other parameters. As a result of this analysis, data about the thinning of the metal during drawing and the Mises plasticity were obtained, show special FLD diagram.

At the end of the graduation work we give information of advantages and disadvantages each project of these car parts. The technological process efficiency was proved with this research.

## АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалифицированной работе был представлен технологический процесс моделирования листовой штамповки для детали «Кронштейн крепления» с помощью программных продуктов САД системы SIEMENS NX 9.0 Software и в САЕ системах.

В технологической части работы сделана проверка изделия на технологичность, потом произведен анализ базовой технологии изготовления элемента, сформулированы формы и размеры начальной заготовки, коэффициент использования металла, также еще были рассчитаны энергосиловые параметры для каждой операции проектной технологии. Разработана математическая модель штамповой оснастки. Затем в работе сделан подбор оборудования и средств автоматизации, показаны их технические параметры и характеристики. Для изготовления штамповой оснастки были найдены размеры для рабочих частей и их материалы для изготовления, которые заведомо прошли термическую обработку. В одном из разделов представлен комплекс мероприятий по охране труда. Так же неотъемлемой задачей была экономика, где рассчитана себе стоимость изготовления рассматриваемого изделия «Кронштейн крепления переднего крыла боковой верхний». Установлен денежный капитал для ее производства по базовым и проектным технологиям, проделаны их сравнения.

Объем пояснительной записки составляет \_\_\_ страниц, объем графического материала \_\_\_ листов, зарубежных источников \_\_\_.

## СОДЕРЖАНИЕ

ABSTRACT .....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....	10
1.1. Разбор технологии детали.....	10
1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали .....	12
1.3. Выявление недостатков базовой технологии изготовления детали .....	14
1.4. Задачи ВКР .....	14
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	15
2.1. Порядок действий технологического процесса.....	15
2.4 Нахождение энергосиловых параметров штамповки.....	21
3. ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО – ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛИ ПРИ ОПЕРАЦИИ ВЫТЯЖКИ .....	26
3.1. Конструирование деталей штампа в виде математических моделей.....	26
3.2. Подготовительный этап моделей к компьютерному анализу.....	26
3.3. Создание сетки конечных элементов и ввод исходных данных для анализа .....	27
3.4. Расчет и вывод полученных данных.....	28
4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	32
4.1. Основные технические характеристики оборудования           Выбор его размера и механических параметров.....	32
4.2. Подбор необходимых средств автоматизации. Описание принципа действия их работы .....	34
4.3. Схема работы автоматической линии .....	36
При правильной организации рабочего места и всего трудового техпроцесса заложен успех высокой производительности, труда и работы. ....	36
5. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ.....	37
5.1. Описание и работа вытяжного штампа .....	37
5.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей штампов Рабочие части штампа подвергаются постоянной нагрузке. Особое внимание нужно уделить на зоны с концентрацией напряжений (углубление, формы, выступ). Поэтому к прижиму и матрицы предъявляются высокие требование по материалу который должен быть износостойчив к истиранию и должен быть высокой твердости, прочности. ....	40

5.3. Идентификация центрального давления штампа .....	43
5.4. Идентификация исполнительных габаритных размеров элементов .....	43
6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА .....	44
6.1. Технологическое описание на рабочего места .....	44
6.2. Вредные производственные факторы прессового производства.....	45
6.3. Комплекс мероприятий по безопасным условиям труда на производстве. 46	
6.4. Обеспечение пожаробезопасности внутри помещения .....	48
6.5. Снабжение объекта для экологической безопасности.....	51
7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	54
Штамповая оснастка обрезная и пробивная .....	56
Штамповая оснастка гибочная .....	56
Штамповая оснастка обрезная и пробивная .....	56
Штамповая оснастка обрезная и пробивная .....	56
Штамповая оснастка гибочная .....	56
Штамповая оснастка обрезная и пробивная .....	57
7.3 Расчет надлежащего числа оборудования для выполнения работы, коэффициента загрузки, количества рабочих и штампов .....	57
7.4 Расчет капитальных вложений .....	58
7.5 Подсчет себестоимости выпускаемой продукции по сравниваемым вариантам .....	59
7.6 Расчет экономического эффекта проектного варианта.....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	63



## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день обработка материалов давлением является самой прогрессивной, высокотехнологичной в процессе производства. У нее есть ряд преимуществ как в техническом процессе, так и в экономическом плане по сравнению с другими видами обработки материалов.

Технологическая принадлежность в ОМД:

1. Получение деталей непростых форм и объемов, приготовление которых усложнено;
2. Формировать в легкой конструкции необходимую жесткость и прочность детали.
3. Производить детали точных размеров и высокого качества поверхности без последующих добавочных операций механической обработки.

В экономическом эквиваленте ОМД содержит следующие преимущества:

1. Умеренные отходы и целесообразное использование материала;
2. Быстрое изготовление деталей;
3. При многочисленном производстве относительно низкая цена производимой детали.

Для более экономически выгодного производства операции ОМД выполняются автоматизированными роботами.

Методы холодной штамповки распадается на две основные линии:

1. Разделяющие операции такие как резка, пробивка, вырубка. Работа которых заключается в отделении отхода от изделия.
2. Формообразующие операции - это вытяжка, гибка, формовка. Их задача в том, чтобы изменить пространственную форму заготовки.

Задачей выпускной квалифицированной работы является исследование снижения себестоимости производства детали за счет построения наилучшего размера заготовки и преобразования раскроя.

# 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1. Разбор технологии детали

Инженер-технолог, который отвечает за правильность работы штамповки, принимает ответственные решения, связанные с технологичностью изготовления изделия и рентабельности производства. Через некоторое время он обсуждает дальнейшие действия с инженером-конструктором для выявления изменений в геометрии детали. А так же он отслеживает качество геометрии электронной модели (ЭМ), распознает элементы изделия, соответствующие параметрам листового тела, тестирует деталь на штампуемость.

Особенность ЭМ детали (рисунок 1.1.), получаемой листовой штамповкой, непосредственно связано с организации труда и закупки оборудования на предприятии. Для выявления дефектов электронной модели изделия, а затем и их устранения, предлагается протестировать качество ЭМ. На первом этапе нужно пройти проверку геометрии исходной модели изделия. Затем, на втором шаге установить соответствие ЭМ детали требованиям, представленным к листовым телам NX, с помощью которых можно изготовить штамповкой.

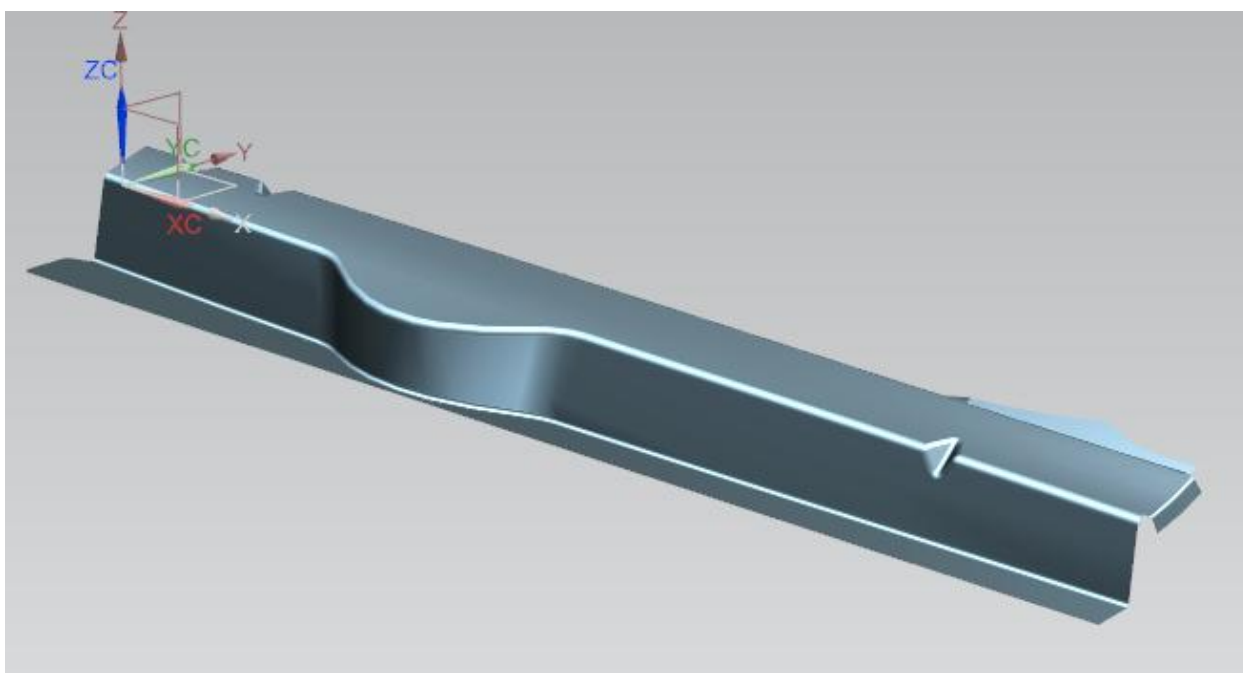


Рисунок 1.1 – Электронная модель детали

Наиболее точная проверка ЭМ может быть проведена для распознавания дефектов линии и поверхностей благодаря программе NX 9.0. Меню, затем «Анализ» и «Проверка геометрии» (рисунок 1.3)

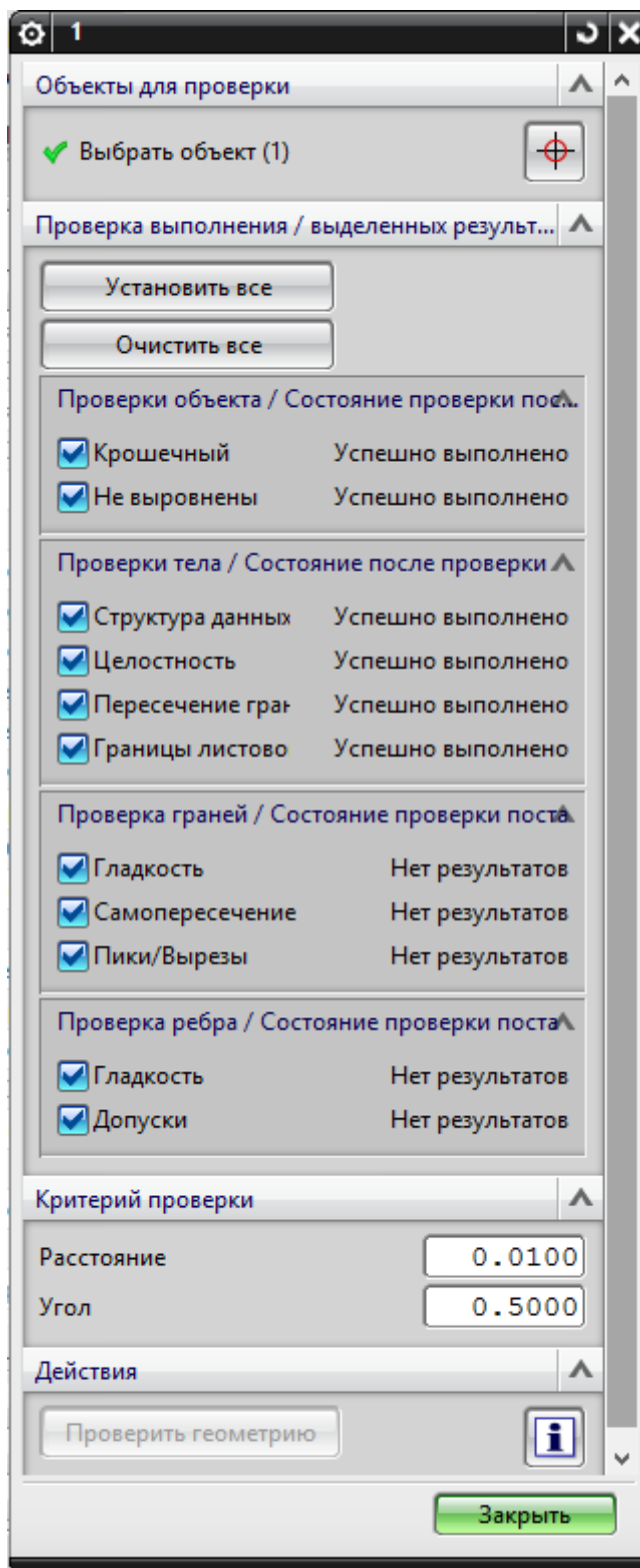


Рисунок 1.3 Анализ геометрии электронной математической модели

Результаты анализа показали, что эта модель не содержит в себе отклонений по форме и размерам в согласовании с установленными настройками данного окна.

В результате контроля на качество ЭМ листового тела не будет содержать дефекты геометрии: разрывы, пересечения поверхностей граней, нарушения топологий и др.

#### 1.2. Анализ базовой технологии изготовления детали

Стандартная технологическая процедура изготовления детали «Кронштейн переднего крыла боковой верхней» содержит следующие операции (таблица 1.1)

Таблица 1.1 - Технологические операции.

Номер операции	Наименование операции
10	Вытяжка
20	Обрезка
30	Правка
40	Обрезка и пробивка
50	Гибка
60	Пробивка и клиновья обрезка

Таблица 1.2 - Описание технологического процесса.

Операция	Описание
Вытяжка	<p>Операция выполняется на многопозиционном прессе «Muller-Weingarten-1000», усилием 10МН.</p> <p>Заготовки загружаются в магазин многопозиционного прессы, оттуда подаются с помощью шибера в зону действия захватов грейферной подачи. За один ход ползуна вытягивается одна заготовка. Каждая операция производится на отдельном участке оборудования. В момент подъема ползуна пружины в грейферном механизме сближают линейки с призмами, обеспечивая захват заготовок. После этого происходит продольное перемещение линеек от рычага, в результате которого заготовки переносятся с позиции на позицию.</p>
Обрезка	<p>После вытяжки заготовки следующий шаг обрезка технологического фланца. Фиксация производится за счет пружин. Затем опускается инструмент для резки, который выполняет необходимую работу.</p>
Правка	<p>Правка на прессе «MW-1000». Операция выполняется после обрезки, при этом во фланце сглаживаются края заготовки.</p>
Обрезка и пробивка	<p>Обрезка фланца происходит по контуру детали на оборудовании фирмы «Muller Weingarten-1000», с усилием 10МН. Пробивается отверстие диаметром 22,5мм в верхней части детали.</p>
Гибка	<p>Выполняется угловая гибка полуфабриката. Операция выполняется на прессе «MW-1000», с усилием 10МН. Изменяется форма фланца. Деталь принимает окончательный вид.</p>
Пробивка и клиновья обрезка	<p>Совершается клиновья обрезка полуфабриката. Затем следует пробить 9 отверстий во фланце диаметром 15 мм. Данная операция совершается на оборудовании фирмы Muller Weingarten-1000», с усилием 10МН.</p>

### 1.3. Выявление недостатков базовой технологии изготовления детали

Когда исследовалась базовая технология процесса изготовления детали «Кронштейн крепления переднего крыла боковой верхней», то открылись некоторые минусы этой технологии:

- 1) маленький процент применения материала;
- 2) исходная заготовка имеет большие габариты

### 1.4. Задачи ВКР

Перечисляя все минусы базового производства изделия «Кронштейн крепления», мы можем выделить следующие задачи по усовершенствованию этой технологии:

1. смоделировать 3D модель изделия «Кронштейн крепления»;
2. проверить анализ базовой технологии;
3. найти параметры раскроя;
4. установить энергосиловые параметры;
5. сделать анализ созданного техпроцесса в программах САЕ;
6. определить вид оборудования и средства автоматизации;
7. представить план конструкции штампа для вытяжки;
8. сделать обзор безопасности проекта и определение его экономичности.

В проектном технологическом процессе происходят исследования по убавлению затрат на производство приспособления на том же оборудовании с тем же усилием. Меняется тип раскроя заготовки, за счет чего и происходит экономия материала.

## 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### 2.1. Порядок действий технологического процесса.

Расчетный вариант изготовления детали подразумевает некоторые факты, что все штамповочные операции будут выполняться на том же оборудовании с тем же усилием, а именно это пресс-автомат MW – 1000.

В представленном технологическом процессе разработано изготовление детали «Кронштейн крепления» и бала предложена более рациональная заготовка вместе с ее раскроем.

Прежде чем заготовка попадет на пресс, ее следует разрезать на листы. Затем их следует уложить в тару, где она непосредственно загружается в пресс.

На первом шаге будет производиться вытяжка заготовки. Листы из материала сталь холоднокатаная 08Ю шириной 200мм подается с шагом 1050 мм на линию.

На втором шаге происходит частичная обрезка, закрепление заготовки осуществляется грифельными линейками. На третьем шаге происходит правка заготовки. Устраняются дефекты заготовки в виде вогнутости, выпуклости, волнистости и коробления. На последующем этапе окончательная обрезка технологического фланца и пробивка центрального отверстия в верхней части детали. На пятом этапе заготовка гнется под углом. На финальном шаге производится клиновая обрезка и пробивка отверстий, где полученная деталь принимает окончательный вид.

Предложенный технический процесс будет иметь следующий вид последовательности операций:

Таблица 2.1- Новый технический процесс

№	Выполняемая операция
10	Вытяжка
20	Обрезка
30	Правка

Продолжение таблицы 2.1

№	Выполняемая операция
40	Обрезка и пробивка
50	Гибка
60	Клиновья обрезка

## 2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки

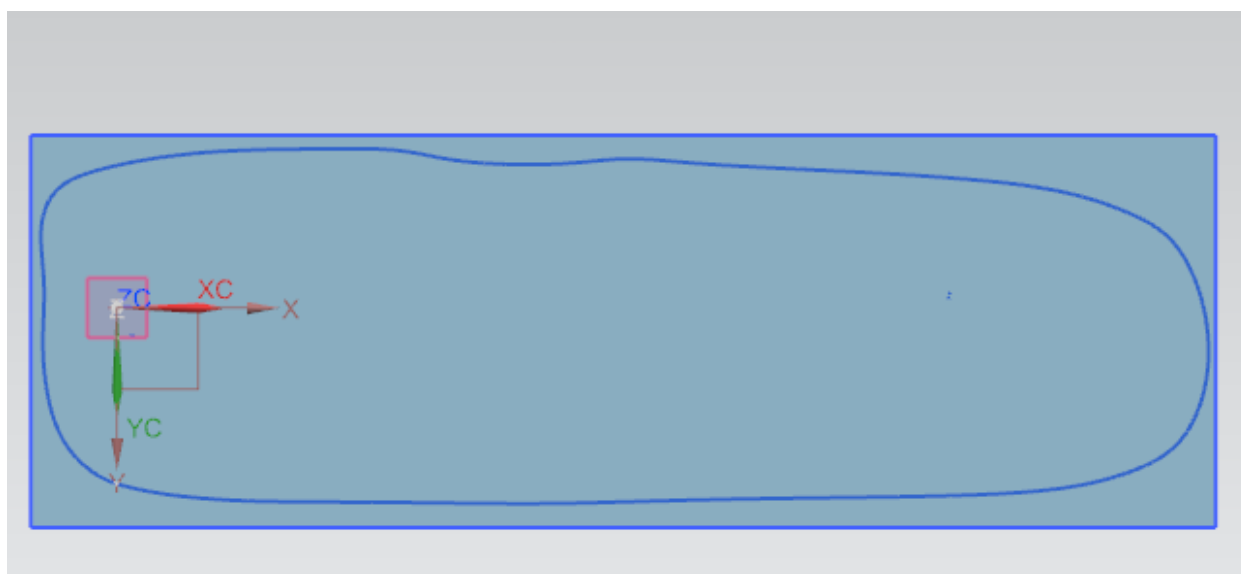
Чтобы сэкономить материал и более рационально его использовать, предлагается изменить размер исходной заготовки. Габариты начальной заготовки составляют 220x1050 мм.

Габаритные размеры заготовок будут предложенными следующими путями:

- 1) Численный;
- 2) Аналитический;

Численный метод:

Численный метод подразумевает использование CAD продукта. С этой задачей нам поможет специальная программа NX, которая содержит функцию «Анализ формуемости – одношаговый», где показана модель развертки (рисунок 2.1)





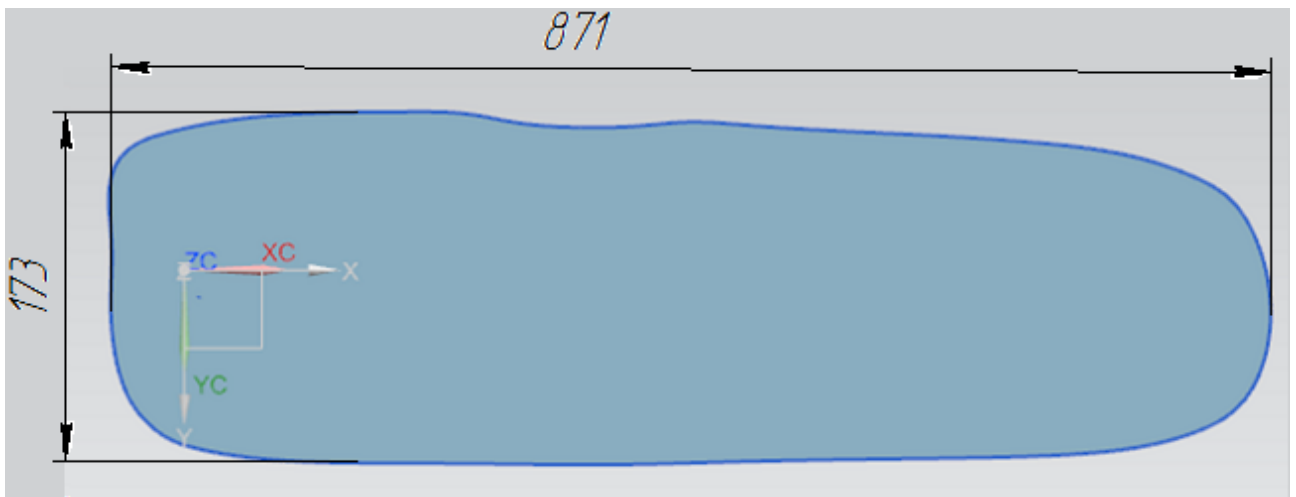


Рисунок 2.1 – полученная развертка, после анализа

Воспользуемся инструментами данной программы и рассчитаем некоторые данные по длине и ширине.

$$t_{\text{попер}} = 173\text{мм}$$

$$t_{\text{прод}} = 871\text{мм}$$

Для технологических припусков прибавим 15% в ширину:

$$T = 173 + 173 \cdot 0,15 = 199\text{мм}$$

Из полученного значения принимаем ширину заготовки в 200мм.

Для технологических припусков прибавим 20% в длину:

$$T = 871 + 871 \cdot 0,2 = 1045\text{мм}$$

Из полученного значения принимаем ширину заготовки в 1045мм.

Сделаем вывод, что у заготовки габаритные размеры будут 200мм (рисунок 2.2)

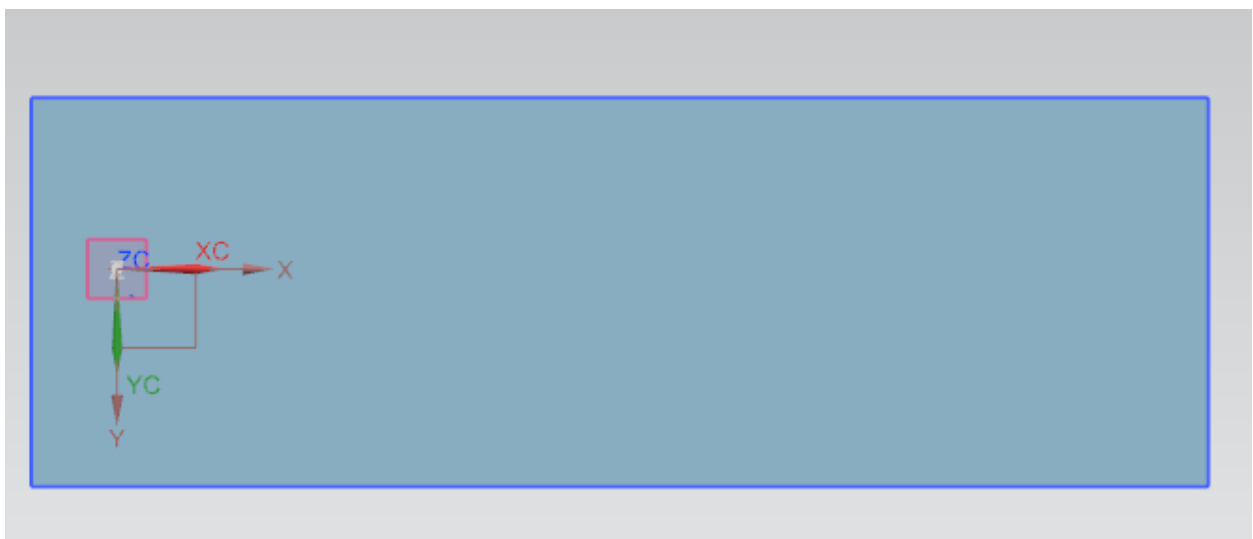


Рисунок 2.2 – Окончательный вид заготовки

Аналитический метод:

Для того чтобы измерить длину поперечного и продольного вертикального разреза, воспользуемся функцией в NX «Анализ – измерения тел» (рисунок 2.3), (рисунок 2.4).

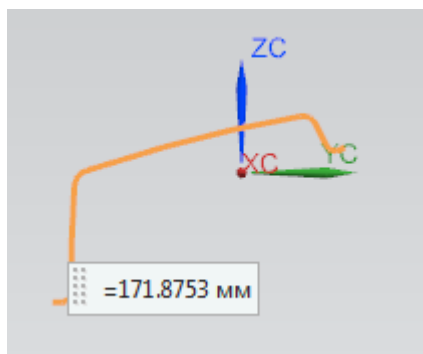


Рисунок 2.3 – Поперечный разрез изделия

$$T = 171 \text{ мм}$$

Для технологических припусков прибавим 15% в ширину:

$$T = 171 + 171 \cdot 0,15 = 195 \text{ мм}$$

Подведя итог, можно сказать, что из размеров детали, ширина заготовки будет 200мм.



Рисунок 2.4 – Продольный разрез изделия

$$T = 868 \text{ мм}$$

Для технологических припусков прибавим 15% в длину:

$$T = 868 + 868 \cdot 0,2 = 1044 \text{ мм}$$

Из вывода можно сказать, что из размеров детали, длина заготовки будет 1050мм.

Следовательно, делаем вывод по заготовке, что ее размеры будут 1050x200мм (Рисунок 2.2).

### 2.3. Проектирование рационального раскроя металла и определение коэффициента использования металла (КИМ)

При больших объемах производства, даже самая малая часть такая как уменьшение отходов материала, может произвести к колоссальной экономической выгоде производства.

«Большое значение имеют в холодной листовой штамповке - экономия металла и уменьшение отходов, а именно в массовом производстве и крупносерийном, так как при широких масштабах производства даже самая малая часть экономии металла на одном изделии или операции даёт в сумме большую экономию» [15].

«Раскрой листового металла на штучные заготовки и полосы является первой операцией, связанной с потерями металла в виде обрезков и неиспользуемых отходов. При раскрое листов необходимо руководствоваться следующими правилами:» [15].

- 1) «Резку заготовок производить по тщательно разработанным раскройным картам, учитывающим наиболее полное использование материала» [15].
- 2) «При резке крупных заготовок в серийном производстве применять комбинированный раскрой при наилучшем использовании материала и соблюдении комплектности заготовок» [15].
- 3) «Резку узких полос производить вдоль листа, так как при этом из каждой полосы получается большее количество деталей и уменьшается количество концевых отходов полосы» [15].
- 4) «Как правило, желательно резать широкие, а не узкие полосы, так как при этом требуется меньшее количество резов, а также меньший

шаг подачи при штамповке; кроме того, обычно уменьшаются потери на концевые отходы» [15].

- 5) «В массовом производстве крупных деталей заказывать специальные мерные листы, кратные двум или более заготовкам» [15].
- 6) «В массовом производстве небольших деталей заменять листовой материал холоднокатаной лентой» [15].
- 7) «Нарезать заготовки для деталей, подвергаемых гибки, желательно с учётом направления волокон проката» [15].
- 8) «При резке на ножницах применять специальные устройства, облегчающие настройку и повышающие точность реза» [15].

«Различные способы раскроя полосового материала по экономичности и величине технологических отходов могут быть разделены на три вида:» [15].

- 1) «раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму;» [15].
- 2) «малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка;» [15].
- 3) «безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путём прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек» [15].

Чтобы провести замер площади развертки, обратимся в NX «Анализ – измерение тел».

$$F_{\text{заготовки}} = 279544 \text{мм}^2$$

Коэффициент использования материала рассчитаем по следующей формуле:

$$\eta = \frac{F_{\text{заг}}}{K+M} \times 100\% \quad (1)$$

$K = 200 \text{мм}$  – ширина ленты;

$M = 1050\text{мм}$  – шаг подачи;

$$\eta = \frac{279544}{200} \times 1050 \times 100\% = 73\%$$

Коэффициент использования материала равен 73%, а до этого в базовом варианте было 65%.

#### 2.4 Нахождение энергосиловых параметров штамповки

Таблица 2.1 – Исходные табличные значения

Индекс	Значение коэффициентов
P	27746мм – периметр заготовки
S	1мм – высота листа
$\sigma_B$	29 кгс/мм <sup>2</sup> – предел прочности для стали 08Ю
$k_h$	1.50 – коэффициент для вытяжки
F	296133мм <sup>2</sup> – площадь заготовки
q	0,2 кгс/мм <sup>2</sup> – удельное давление
C	0.8 – справочный коэффициент
h	80мм – глубина вытяжки
$\rho$	7кгс/мм <sup>2</sup> – давление для правки
$\sigma_{ср}$	25 $\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ –сопротивление резу для стали 08Ю
$k_{сн}$	0,07 – коэффициент снятия
$k_{прот}$	0,1- коэффициент проталкивания отхода
$L_1$	2394 мм – длина линии реза первой обрезки
$L_2$	2094 мм – длина линии реза второй обрезки
B	710мм – суммарная длина контура гибки

Продолжение таблицы 2.1

Индекс	Значение коэффициентов
$k_{гиб}$	0,18 – коэффициент для двух угловой гибки
$F_{деф}$	50435мм <sup>2</sup> – площадь деформируемых участков

Таблица 2.2 – Расчетные формулы для вытяжки

Операция	Расчетные формулы	Полученный результат
Усилие вытяжки	$P_B = P_{выт} \times S \times \sigma_B \times k_h$ $P_B = 27746 \times 1 \times 29 \times 1,5$	6241кН
	$Q = F \times q$ $Q = 296133 \times 0,2$	581кН
	$P_{сум} = P_B + Q$ $P_{сум} = 6241 + 581$	6822кН
Работа вытяжки	$A = C \times \frac{P \times h}{1000}$ $A = 0,8 \times \frac{6822 \times 80}{1000}$	436кДж

Таблица 2.3 – Расчет обрезки технологического фланца по контуру

Операция	Расчетные формулы	Полученный результат
Усилие резки	$P_{ср} = L_1 \times S \times \sigma_{ср} \times k$ $P_{ср} = 2394 \times 1 \times 25 \times 1,3$	763кН
Работа резки	$A = x \times \frac{P \times S}{1000}$ $A = 0,5 \times \frac{763 \times 1}{1000}$	0.38кДж

Таблица 2.4 – Расчет правки на фланце от перетяжного ребра

Операция	Расчетные формулы	Полученный результат
Усилие правки	$P_{\text{правки}} = \rho \times F_{\text{деф}}$ $P_{\text{правки}} = 7 \times 50435$	1102 кН
	$P_{\text{прижима}} = 10\% \times P_{\text{правки}}$ $P_{\text{прав}}^{\text{сум}} = 1102 + 110$	110кН 1202кН
Работа правки	$A = \frac{P \times S}{1000}$ $A = \frac{1202 \times 1}{1000}$	1,2 кДж

Таблица 2.5 – Расчет второй обрезки фланца изделия

Операция	Расчетные формулы	Полученный результат
Усилие обрезки	$P_{\text{ср}} = L_2 \times S \times \sigma_{\text{ср}} \times k$ $P_{\text{ср}} = 2094 \times 1 \times 25 \times 1,3$	763кН
Работа обрезки	$A = x \times \frac{P \times S}{1000}$ $A = 0,5 \times \frac{763 \times 1}{1000}$	0.38кДж
Усилие на пробивку 1 отверстия	$P_{\text{отв}}^1 = \pi \times d \times S \times \sigma_{\text{ср}}$ $P_{\text{отв}}^1 = 3,14 \times 22,5 \times 1 \times 25$	176кН
Усилие снятия с пуансона	$P_{\text{сн}}^1 = k_{\text{сн}} \times P$ $P_{\text{сн}}^1 = 0,07 \times 22.5$	1,57кН
	$P_{\text{прот}}^1 = k_{\text{прот}} \times P \times n$ $P_{\text{прот}}^1 = 0,1 \times 22,5 \times 1$	2,25кН

	$P_{об}^{пр1} = P + P_{сн} + P_{прот}$ $P_{об}^{пр1} = 176 + 1,57 + 2,25$	180кН
--	---	-------

Продолжение таблицы 2.6

Операция	Расчетные формулы	Полученный результат
Работа на пробивку 1 отверстия	$A = X \times \frac{P \times S}{1000}$	0.09кДж

Таблица 2.6 - Расчет гибки заготовки по всей ее длине

Операция	Расчетные формулы	Полученный результат
Усилие гибки	$P_{гиб} = 2 \times B \times k \times S \times \sigma_B$ $P_{гиб} = 2 \times 710 \times 0,18 \times 1 \times 29$	72,7 кН
Работа гибки	$A = \frac{P \times S}{1000}$ $A = \frac{72,7 \times 1}{1000}$	0,07кДж

Таблица 2.7 – Расчет пробивки отверстий

Операция 60 – Пробивка. Клиновая обрезка.

Операция	Расчетные формулы	Полученный результат
Усилие пробивки	$P = L \times S \times \sigma_{ср} \times k$ $P = 135 \times 1 \times 25 \times 1,3$	4382кН
	$P_{сн}^2 = k_{сн} \times P$ $P_{сн}^2 = 0,07 \times 4382$	307 кН
	$P_{прот}^2 = k_{прот} \times P \times n$ $P_{прот}^2 = 0,1 \times 4382 \times 9$	3243 кН



	$P_{\text{сумм}}^{\text{пр2}} = P + P_{\text{сн}} + P_{\text{прот}}$ $P_{\text{сумм}}^{\text{пр2}} = 4382 + 307 + 3243$	7322 кН
--	---	---------

Продолжение таблицы 2.7

Операция	Расчетные формулы	Полученный результат
Работа пробивки	$A = X \times \frac{P \times S}{1000}$ $A = 0,5 \times \frac{7322 \times 1}{1000}$	3,6 кДж

### 3. ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО – ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛИ ПРИ ОПЕРАЦИИ ВЫТЯЖКИ

Чтобы провести инженерный анализ напряжённо-деформированного состояния детали для операции вытяжки я воспользовался следующими программами: NX 9.0, LS – Pre Post 2.5 и LS – Dyna Manager.

#### 3.1. Конструирование деталей штампа в виде математических моделей

С помощью специального программного продукта автоматизированного моделирования NX 9.0 были созданы тела заготовки, прижима, матрицы, пуансона. Геометрия этих рабочих поверхностей инструмента была получена с использованием WAVE-технологий (вспомогательного эффективного метода проектирования сборок с сохранением предыдущих связей между объектами и телами). Рабочие инструменты и заготовка были ориентировочно направлены относительно друг друга.

#### 3.2. Подготовительный этап моделей к компьютерному анализу

Тела и объекты, созданные в программе NX 9.0, были экспортированы в специальный формат IGES. Для этой операции потребовался инструмент – «Ассоциативные копии», все поверхности твердых тел инструмента были скопированы, обрезаны их большие высоты для уменьшения площади расчета объекта и конечно–элементной сетки. Далее используем вкладку «Файл», пункт «Экспорт» и экспортируем поверхности в отдельную папку на этом же уровне (рис.3.1).

«Затем запустив программу для CAE анализа LS–PrePost 2.4 с помощью функции «Import» были импортированы ранее полученные данные в IGES файлы. В окне LS–PrePost 2.4 будет показана геометрия заготовки и рабочих инструментов. [6].

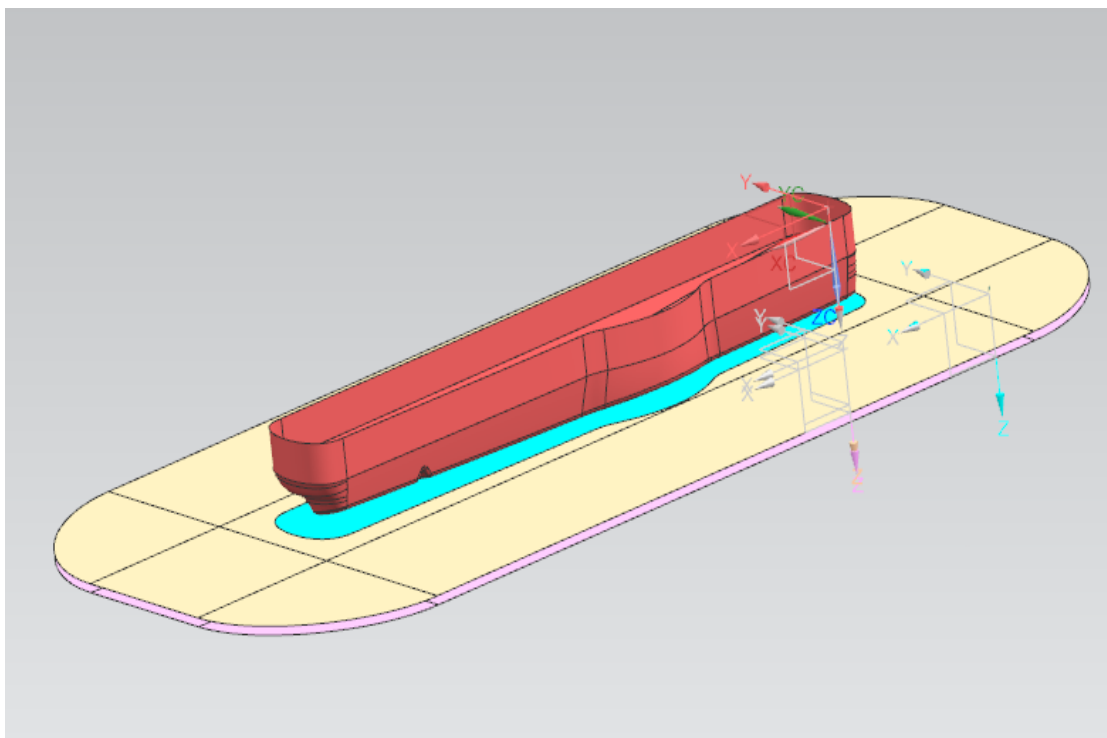


Рисунок 3.1 – Ассоциативные копии всех поверхностей заготовки и рабочего инструмента

### 3.3. Создание сетки конечных элементов и ввод исходных данных для анализа

В результате полученной геометрии тела наносится конечно–элементная сетка для всех изделий. На рабочих частях и на заготовке для наиболее точного анализа задается сетка с более мелким шагом.

Заполняются данные заготовки с помощью выбора функции «Blank»: материал сталь 08Ю и толщина 1мм. Задается в программе инструмент «Tool» который ориентируется на рабочий инструмент, а затем и на заготовку. Благодаря вспомогательной функции «Position», также используем операцию Forming которая выполняет функцию «Process». В результате мы получаем к–файл, описывающий весь процесс вытяжки от начала и до конца (рисунок 3.2).

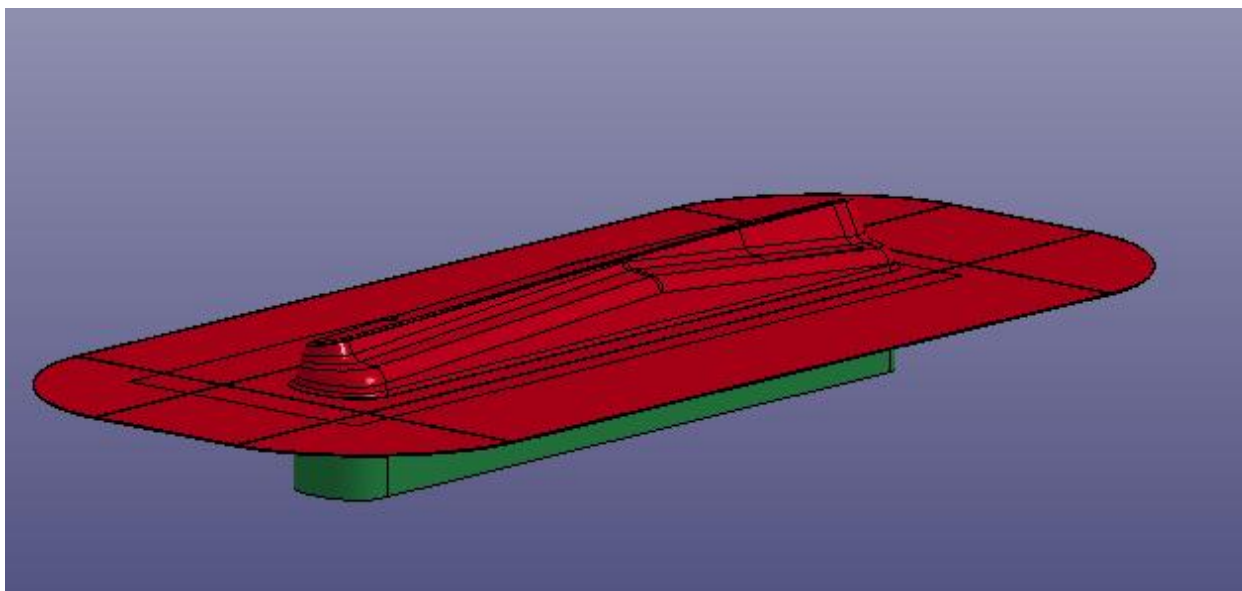


Рисунок 3.2 - Элементная сетка на инструментах

#### 3.4. Расчет и вывод полученных данных

Включаем программу LS-Dyna Manager. С помощью функции «Start LS-Dyna analysis» загружаем ранее полученный нами k-файл. Далее запускаем расчёт и ждем некоторое время. В файле d3plot отображаются готовые результаты расчета операции вытяжки. Благодаря инструментам «LS-Dyna Binary Plot» и программным продуктам LS-PrePost можно посмотреть результаты полученных вычислений (рисунок 3.3, рисунок 3.4).

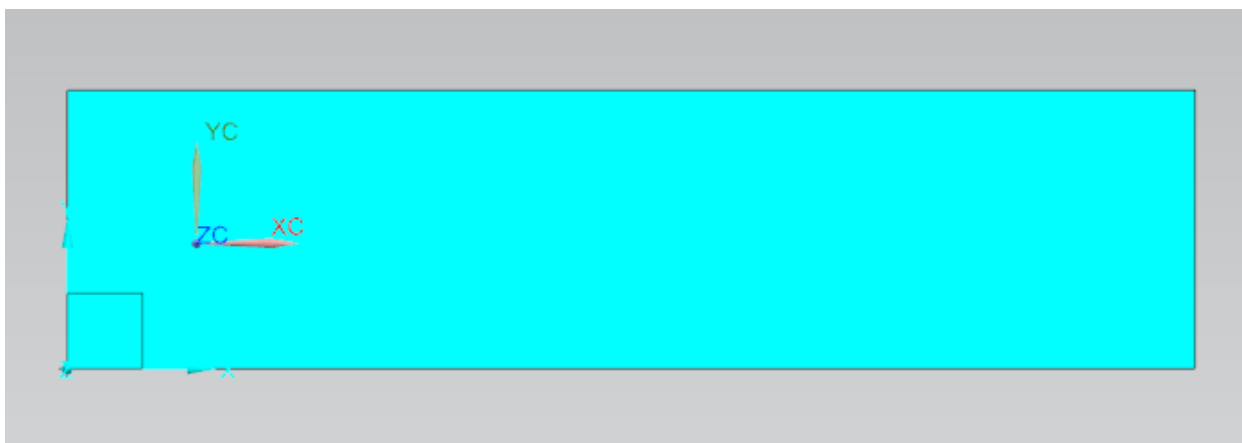


Рисунок 3.3 – Предлагаемая заготовка под деталь

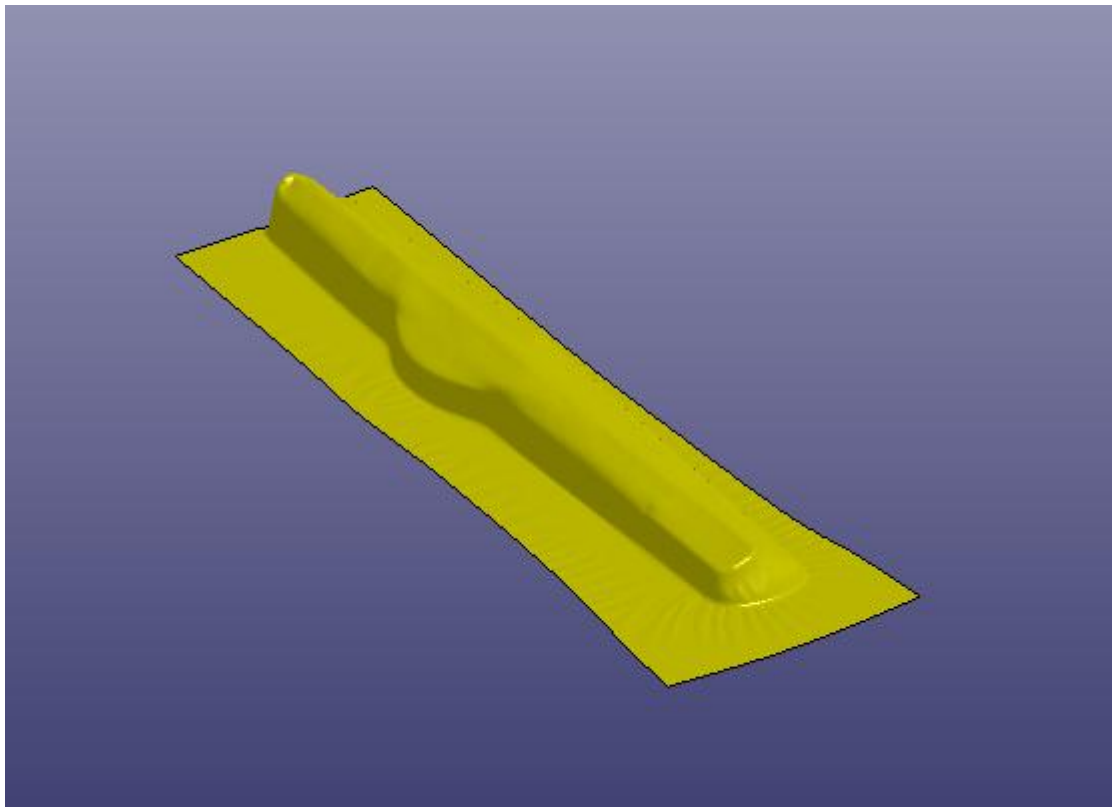


Рисунок 3.4 – Полученная деталь

«Также LS–PrePost 2.4, позволяет проанализировать полученные результаты» [6] (рисунок 3.5, рисунок 3.6, рисунок 3.7).

LSFORM - FORMING PROCESS  
Time = 0.0646, #nodes=172815, #elem=170519  
Contours of % Thickness Reduction- based on current z-strain  
min=-15.3665, at elem# 77906  
max=19.1523, at elem# 169025

Fringe Levels  
1.915e+01  
1.570e+01  
1.225e+01  
8.797e+00  
5.345e+00  
1.893e+00  
-1.559e+00  
-5.011e+00  
-8.463e+00  
-1.191e+01  
-1.537e+01

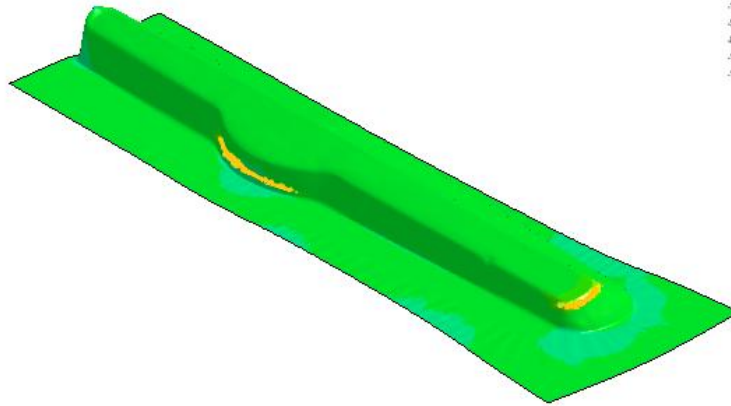


Рисунок 3.5 – «Анализ на утонение» [6].

LSFORM - FORMING PROCESS  
Time = 0.0646, #nodes=172815, #elem=170519  
Contours of % Thickness Reduction- based on current z-strain  
min=-15.3665, at elem# 77906  
max=19.1523, at elem# 169025

Fringe Levels  
1.915e+01  
1.570e+01  
1.225e+01  
8.797e+00  
5.345e+00  
1.893e+00  
-1.559e+00  
-5.011e+00  
-8.463e+00  
-1.191e+01  
-1.537e+01

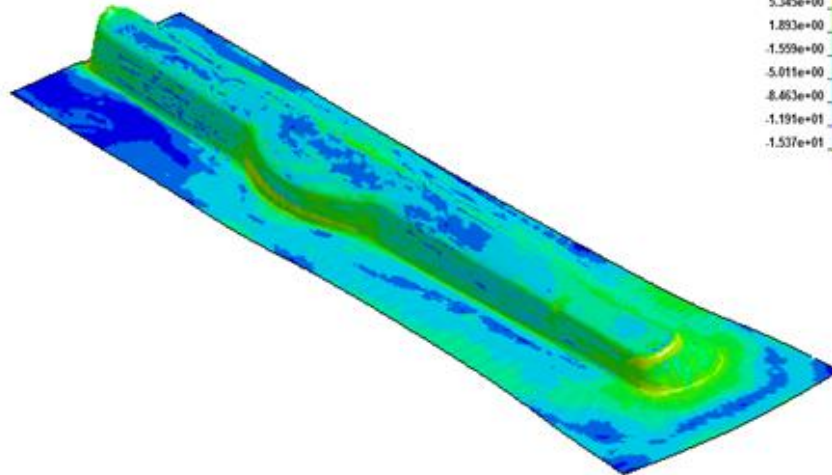


Рисунок 3.6 – «Анализ пластической деформации» [6].

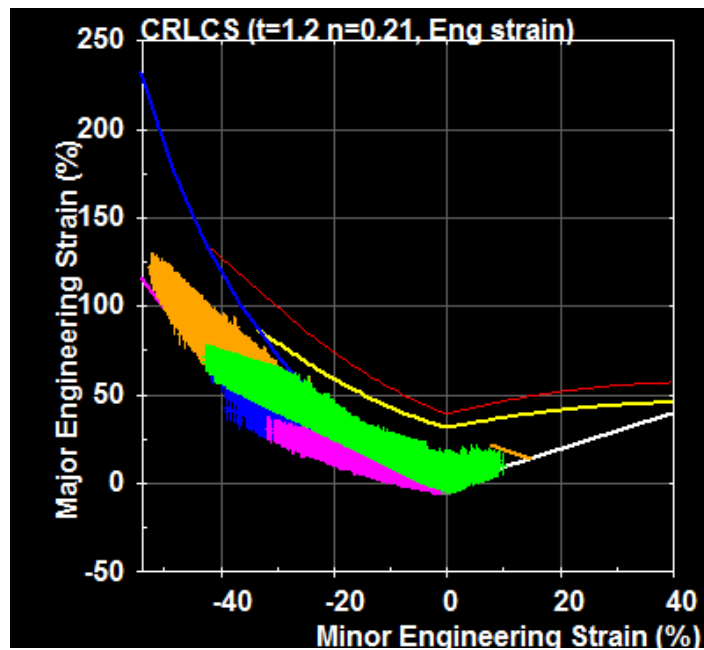


Рисунок 3.7 – «График FLD–диаграммы» [6].

После всех проведенных анализов по проектному варианту можно сделать вывод, что утонение стенок составляет 3.2%. Это значение допустимо по отношению к изделию из материала Ст08Ю т.к. предел этого материала в 25%.

## 4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

### 4.1. Основные технические характеристики оборудования

#### Выбор его размера и механических параметров

«Чтобы выбрать необходимый пресс, нужно исходить из следующих требований»: [17].

1. «тип прессы и величина хода ползуна должны соответствовать технологической операции»; [17].
2. «номинальное усилие прессы должно быть больше усилия, требуемого для штамповки»; [17].
3. «мощность прессы должна быть достаточной для выполнения работы, необходимой для данной операции»; [17].
4. «пресс должен обладать достаточной жесткостью (малой упругой деформацией), а для разделительных операций — также повышенной точностью направляющих»; [17].
5. «закрытая высота прессы должна соответствовать или быть больше закрытой высоты штампа»; [17].
6. «габаритные размеры стола и ползуна прессы должны давать возможность установки и закрепления штампов и подачи заготовок, а отверстие в столе прессы — позволять свободное проваливание штампуемых деталей (при штамповке «на провал»)); [17].
7. «число ходов прессы должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки»; [17].
8. «в зависимости от рода работы должно быть предусмотрено наличие специальных устройств и приспособлений (буфера, выталкиватели, механизмы подачи и т. п.)»; [17].
9. «удобство и безопасность обслуживания прессы должны соответствовать требованиям техники безопасности»; [17].

«Таким образом, основными механическими параметрами для выбора прессы являются: усилие, работа, жесткость, величина хода, закрытая высота и



размеры стола пресса» [17].

Подбирать оборудование следует по максимальному усилию, рассчитанному на операциях. В основном берется пресс с большим усилием, чем необходимо. Это нужно для того, повысить жесткость и уменьшить пружинение станины. Которая влияет в первую очередь на наибольшую стойкость, долговечность штампов. Запас усилия предотвращает штамп от поломки т.е. деформирования рабочих частей при попадании заготовки толщина которая больше, чем необходима, что имеет важное значение для гибки с калибровкой, объемной и рельефной штамповки.

$$P_{\text{сум}} = 9967 \text{кН} \approx 10 \text{МН}$$

Пресс Muller Weingarten 1000 оборудован грейферным механизмом подачи заготовок. В процессе производства перетаскивание заготовки происходит автоматически при помощи грейферных линеек. Все перечисленные характеристики выбранного пресс-автомата соответствуют расчетным и технологическим показателям.

Описание главных характеристик «MW-1000» 10МН

1. Сила ползуна = 10МН
2. Ход ползуна = 550мм
3. Максимальное усилие на каждой операции = 4МН
4. Расстояние между позициями = 600мм
5. Регулировка зоны движения ползуна = 80мм
6. Глубина вытяжки = 150мм
7. Рабочая поверхность = 1200мм
8. Минимальные размеры заготовки = 150x300мм
9. Максимальные размеры заготовки 500x1100мм
10. Число ходов в минуту = 12-25
11. Количество рабочих частей = 7
12. Мощность электродвигателя = 110кВт

#### 4.2. Подбор необходимых средств автоматизации. Описание принципа действия их работы

Для улучшения производственных и экономических показателей применяют автоматизацию листовой штамповки, которая так же позволяет увеличить производительность труда и обеспечить безопасность рабочего места. В результате использования автоматизация уменьшает потребность в производственных площадях, высвобождает руки. При автоматизации производства рабочий не связан и процессом работы машины, и его роль заключается в том, чтобы наблюдать за работой оборудования.

Если использовать не автоматизируемую линию, то нерациональное применение высокопроизводительного прессового оборудования достигает 10-15% производства, а то и меньше от номинального числа ходов. А если применять ручную подачу заготовки, то число ходов пресса достигает примерно на 20-30%. При полной укомплектованной линии автоматизации число ходов достигает 80-90%. Остальные проценты приходятся на переналадку оборудования, т.е. замену штампа. Один из недостатков автоматизации является остановка всей линии по причине выхода из строя одного станка или пресса.

Для подачи заготовок в рабочую зону инструмента используются некоторые типы автоматических устройств, которые зависят от вида и размера материала:

1. Материал в рулоне – при помощи специальных вспомогательных устройств крючкового и валкового механизма производится подача;
2. Поштучные заготовки – грейферные линейки или гидра-пневматический механизм;
3. Листовой штамповочный материал – лист загрузочные машины;

В данном случае целесообразно следует применить грейферные подачи. На универсальных блоках со сменными пакетами штампов используют этот механизм для группы деталей с одинаковыми по конфигурациями,

технологиями и близкими по размерам друг к другу. В грейферных подачах есть захватный орган, который бывает двух типов: толкающим или клещевым и именно он обеспечивает одновременное перемещение нескольких деталей. В первом типе перемещение заготовок с позиции погрузки на рабочую часть и между рабочими операциями осуществляется подвижными продольно-поперечными планками, соединенные жестко между собой. Поперечные планки являются в роли толкателей, а крайние представляют собой направляющие. Для перемещения заготовок возвратно-поступательное движение планок происходит в неодинаковых, параллельных между собой плоскостях, а именно при рабочем ходе планки перемещаются в вдоль плоскости штамповки, а при холостом ходе пресса они приподнимаются и возвращаются в исходное положение.

При клещевом захвате грейферные планки со специальными захватами для перемещения заготовок совершают возвратно поступательное движение в двух направлениях. Первое направление для захвата и освобождения заготовок – поперек направления подачи. А второе для перемещения захваченных заготовок и возвращения их в исходное положение – вдоль направления подачи.

В грейферных подачах используются гидравлический, пневматический приводы, и также привод от ползуна пресса. В качестве преобразующего механизма применяют реечные, рычажные и клиновые механизмы.

Таблица 4.1 - Основные характеристики грейферного механизма

Начальное положение грейферных линеек	600 - 1320мм
Горизонтальная длинна хода	180мм
Вертикальная длинна хода	120мм
Длинна от наивысшей точки верхней кромки передвижного стола до низа грейфер, линеек	575мм

#### Продолжение таблицы 4.1

Максимальная масса захвата	120кг
----------------------------	-------

#### 4.3. Схема работы автоматической линии

При правильной организации рабочего места и всего трудового техпроцесса заложен успех высокой производительности, труда и работы.

Заранее вырубленные полуфабрикаты загружаются в магазин, откуда шибером подаются в зону действия захватов грейферной подачи. Возвратно-поступательное движение шибера совершается сообща с грейферными линейками от траверсы.

Захват заготовок осуществляется призмами, смонтированными на линейках. Эти линейки в пазах траверс перемещаются на встречу друг другу с помощью пружин. Возврат линеек в начальное положение реализовывается от клиньев, которые зафиксированы на ползуне пресса. Затем клинья раздвигают каретки с закрепленными на них линейками. Продольное перемещение линеек производится рычагом, вращающимся на оси кронштейна, который крепится к станине пресса. Рычаг производит движение от торцевого кулачка, подкрепленного на валу пресса. Когда верхний конец рычага насакивает на кулачок, нижний конец рычага действует на траверсу и предоставляет требуемое движение линеек.

## 5. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

### 5.1. Описание и работа вытяжного штампа

Схема штампа для вытяжки элемента «Кронштейн крепления переднего крыла боковой верхней» состоит из нижней и верхней части (рисунок 5.1, рисунок 5.2, рисунок 5.3).

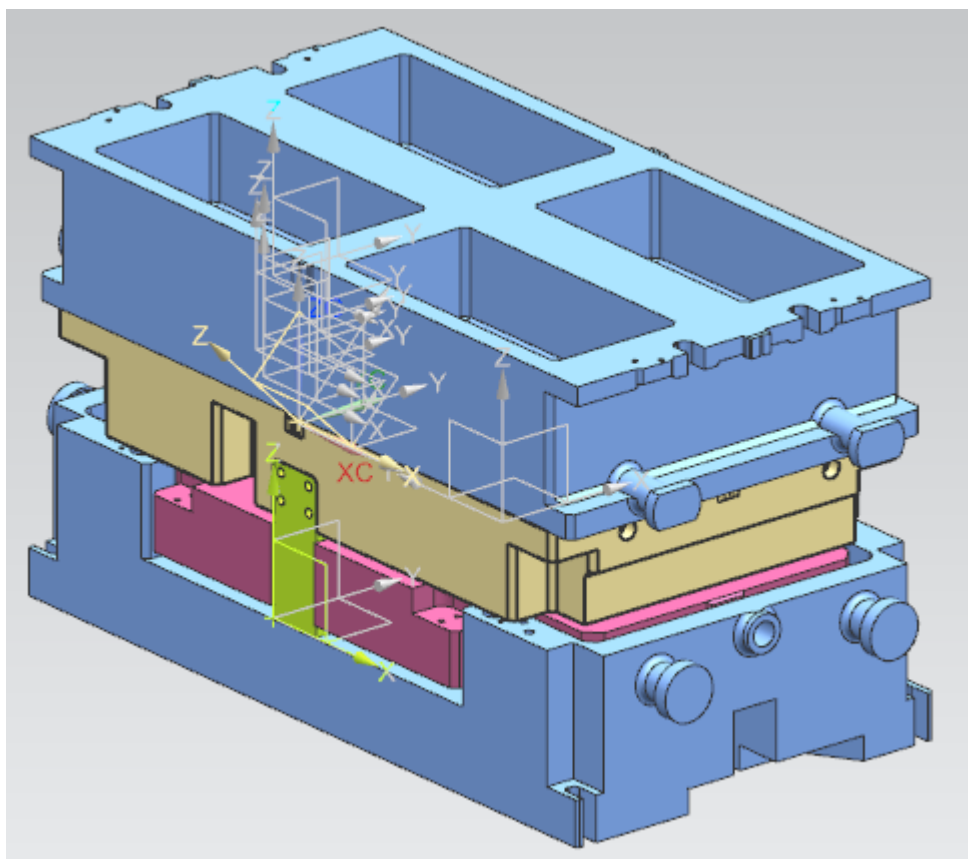


Рисунок 5.1 – Изометрия предварительного плана штамповой оснастки

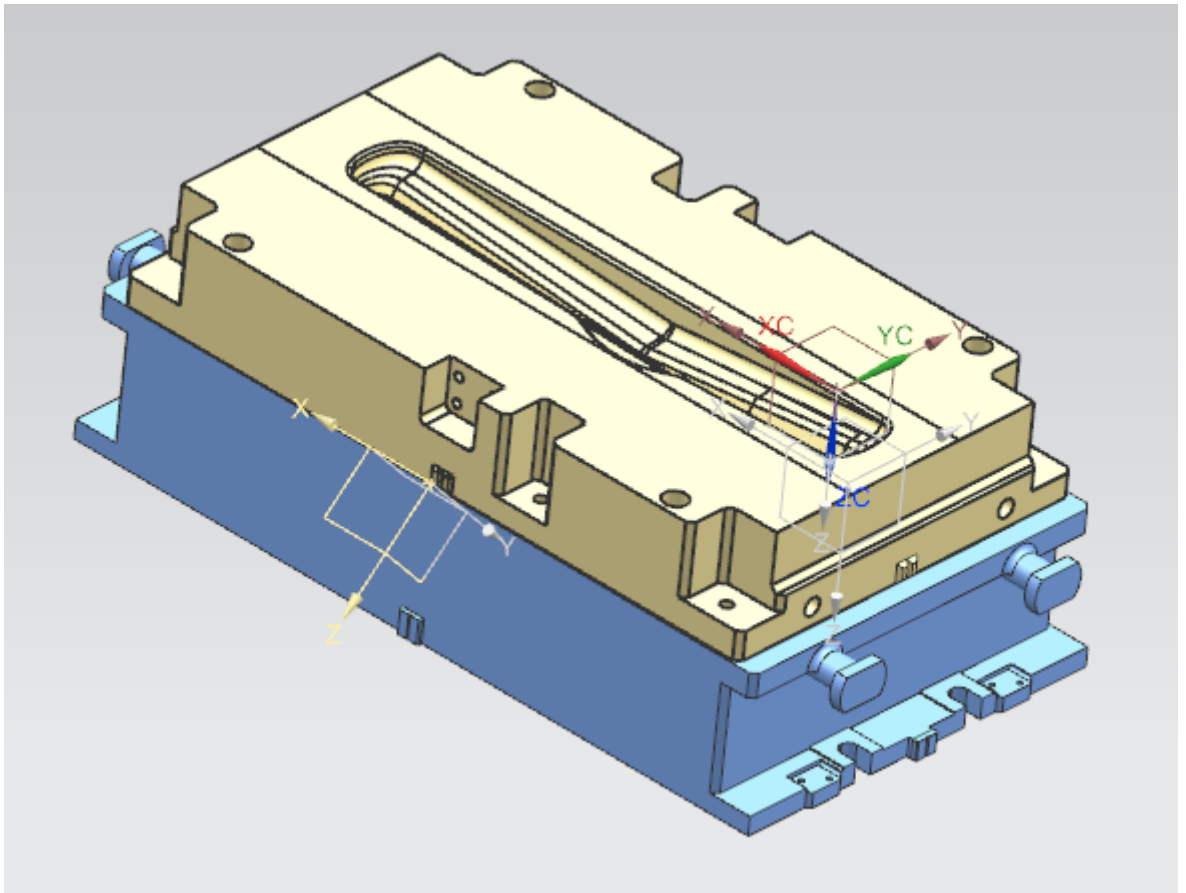


Рисунок 5.2 – Изометрия верхней части предварительного плана  
штамповой оснастки

Верхняя часть включает в себя следующие элементы: плита верхняя и матрица. Матрица выполнена прокатом и закалена. На ней закреплены клыки для размещения направляющих планок и плиток. Данные детали крепятся винтами и штифтами. Вставка матрицы размещена в верхней части плиты. С помощью винтов и штифтов происходит закрепление этих деталей.

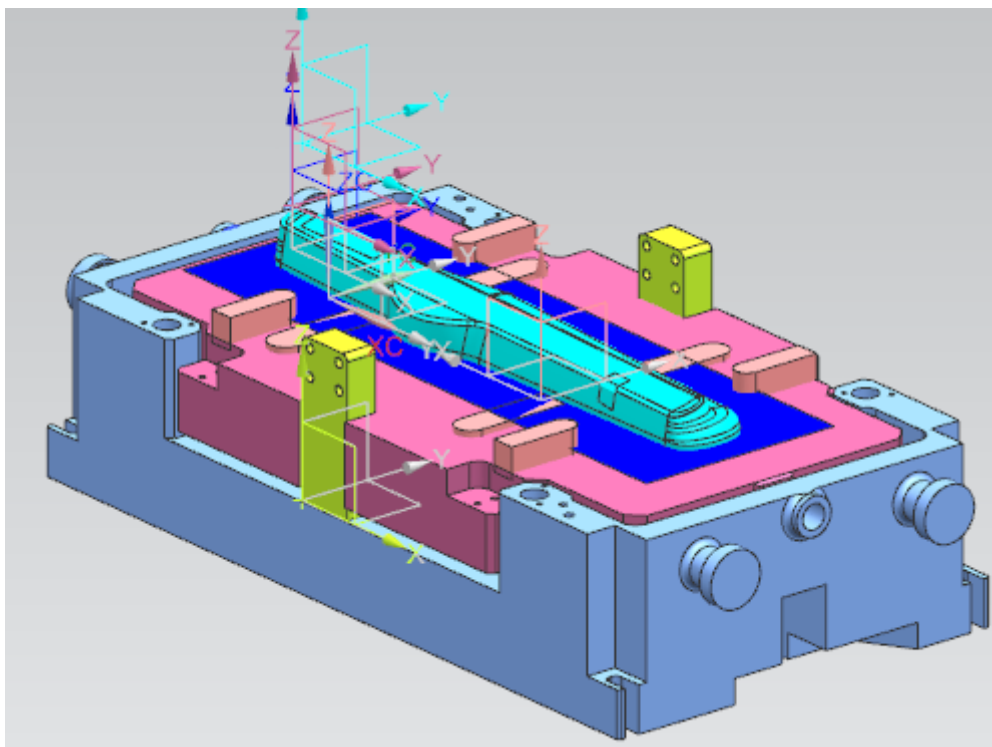


Рисунок 5.3 – Изометрия нижней части эскизного проекта штамповой оснастки

Нижняя часть содержит следующие элементы: прижим, пуансон, нижнюю плиту и систему выталкивания. Пуансон форме отливки совмещает приливы для размещения направляющих планок, закрепленные винтами и штифтами. С помощью толкателей в штампе, прижим начинает движение на его теле выполняются приливы для направляющих планок и еще прикреплены фиксаторы заготовки. Между тем в нижней плите выполняются карманы для клыков матрицы верхней плиты. В этих клыках размещаются направляющие плитки.

Погрузчик доставляет необходимое количество заготовок к нашему оборудованию. Порезанный лист позиционируется при помощи специальных фиксаторов. Затем совершается вытяжка заготовки. После завершения операции грейферные линейки подхватывают полуфабрикат на кладут его на обрезку. Следующий шаг правка заготовки. После правки следует пробить отверстие диаметром 22,5 в верхней части заготовки и обрезать остатки

металла. Далее изделие гнется под определенным углом для придания жесткости. И затем пробиваются отверстия во фланце и происходит клиновидная обрезка. Благодаря рейферным линейкам готовая деталь падает на ленточный транспортер, где после чего укладчик складывает их в тару.

## 5.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей штампов

Рабочие части штампа подвергаются постоянной нагрузке. Особое внимание нужно уделить на зоны с концентрацией напряжений (углубление, формы, выступ). Поэтому к прижиму и матрице предъявляются высокие требования по материалу который должен быть износостойчив к истиранию и должен быть высокой твердости, прочности.

Чугуны ЧРТД и ХФ рекомендуется применять в качестве рабочих частей для вытяжных штампов. В очень редких случаях используют стали Х12М1 с азотированием поверхности. Больше всего контактирует друг с другом прижим и матрица, поэтому следует изготавливать эти детали из более легированного чугуна ХРТД. Допускается изготовление пуансона из чугуна ХФ

Применяемый материал основных деталей штампа показан в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Материалы, используемые для производства деталей штампа для обратной вытяжки

Наименование детали	Применяемый материал	Твердость материала
Плита верхняя	Сталь 45	59–63
Прижим	Чугун СЧ30	59-63
Плита быстрого крепления пуансона	Сталь 5	59–63
Пуансон	Сталь У10А	59-63
Матрица	Сталь 20Х	59–63
Адаптер	Чугун ХФ	59-63
Упоры	Сталь 20Х	32-37
Плита низа	Чугун	59-63
Направляющие	Сталь 45	59–63
Направляющие плитки	Сталь 20Х	59–63
Направляющие планки	Сталь 20Х	59–63



Продолжение таблицы 5.1

Наименование детали	Применяемый материал	Твердость материала
Шпонки	Сталь 45	32–37
Цилиндрический ограничитель высоты	Сталь 45	59–63

Расчету на прочность в основном подлежат наиболее нагруженные части: пробивные пуансоны небольших размеров. Рассмотрим операцию 60, где идет пробивка отверстий.

«Установлено, что при пробивке отверстий, размеры которых соизмеримы с толщиной металла, локальная удельная нагрузка на режущие кромки пуансона в два раза больше, чем на режущей кромке вырубной матрицы» [15].

Чтобы произвести прочностной расчет, выбираем такой пуансон, диаметр которого самый наименьший, чтобы пробить отверстие в детали  $D=15$  мм.

5.2.1. Нахождение расчетов на прочность головки пуансона

Таблица 5.2 – Справочные и табличные данные

Индекс	Описание	Значение
P	Усилие пробивки	6444кгс/мм <sup>2</sup>
$[\sigma_{сж}]$	Допускаемое напряжение на смятие	160кгс/мм <sup>2</sup>
D	Диаметр отверстия	15мм
E	Модуль упругости	$2,2 \times 10^3$ МПа
n	Коэффициент безопасности	3

Таблица 5.3 - Прочностные расчеты

	Вычисляем по формуле	Полученный результат
Расчет опорной поверхности пуансона на смятие	$\sigma_{см} = \frac{P}{F}$ $\sigma_{см} = \frac{64,4 \times 10^3}{176 \times 10^{-4}}$	36,59МПа
Главная поверхность пуансона	$F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ $F = \frac{15^2 \cdot 3,14}{4}$	179,625мм <sup>2</sup>
Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении	$\sigma_{сж} = \frac{P}{f} \leq [\sigma_{сж}]$ $\sigma_{сж} = \frac{64,4 \times 10^3}{176 \times 10^{-4}}$	36,59 ≤ 160кгс/мм <sup>2</sup>
Расчет свободной длины пуансона на продольный изгиб	$l = \sqrt[4.43]{\frac{E \times I}{n \times P}}$ $l = \sqrt[4.43]{\frac{2,2 \times 10^3 \times 3,9 \times 10^{-9}}{3 \times 0,036}}$	0,093м
Момент инерции	$I = \frac{D^4 \times \pi}{4}$ $I = \frac{0,0015^4 \times 3,14}{4}$	3,9 × 10 <sup>-9</sup> мм <sup>4</sup>

Исходя, из расчетов можно сделать следующий вывод, что  $\sigma_{сж}$  меньше  $[\sigma_{сж}]$  допустимого, а это означает, условие на прочность сжатия удовлетворяется. Из условий на продольный изгиб в моем предлагаемом технологическом процессе наблюдается, длина пуансона 78мм < 93 мм, следовательно, оно выполняется.

Из расчетов видно, что проектный пуансон достаточно прочен, чтобы пробить отверстие D=15 мм.

### 5.3. Идентификация центрального давления штампа

В проектном и базовом варианте центр давления вытяжного штампа одинаков с осью. Из этого следует вывод, что не требуется производить расчеты.

### 5.4. Идентификация исполнительных габаритных размеров элементов

«При определении исполнительных размеров пуансонов и матриц для разделительных операций следует исходить из размеров штампуемого изделия, его точности и характера износа инструмента. Для получения штампуемого изделия с заданной степенью точности необходимо предусмотреть правильный выбор зазоров и допусков на рабочие размеры штампа. При этом допуски на рабочие размеры пуансонов и матриц должны задаваться в таких пределах, чтобы они обеспечили получение оптимальных зазоров» [15].

Необходимо рассчитать надлежащие габаритные размеры пуансона, чтобы пробить отверстие 22,5 мм:

Отверстие $d = 22,5^{+0,1}$	$A_n = A + \Delta_{-\delta_{\Pi}} = 22,5 + 0,1_{-0,027}$ $= 22,6_{-0,027} \text{ мм}$
Полученный размер отверстия (матрицы)	$A_m = A + \Delta^{+0,027} = 22,64^{+0,027} \text{ мм}$

## 6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА

### 6.1. Технологическое описание на рабочего места

Прессовое производство представляет собой целый взаимосвязанный процесс, которому требуются отдельные площади, чтобы поместить габаритное оборудование. Это производство включает в себя мелкую штамповку, среднюю штамповку и крупную штамповку. Внутри этого корпуса так же располагается отделение для заготовок, отделение со складом для штампов и их приспособлений, отделение хранения металлопрокатных рулонов и отделение для содержания готовой продукции. Дополнительно в корпусе располагаются цех по производству штамповой оснастки, цех для починки оборудования, цех транспортно-складских операций.

Разработку и организацию, выполнение технологических процессов в цехах и на участках необходимо проводить в соответствии с нормативными требованиями. Санитарных правил организации технологических процессов и гигиенических требований к оборудованию. По всему прессовому производству в помещениях должна поддерживаться оптимальная температура для выполнения работ. Ее предельные отклонения: в зимнее время до  $+8^{\circ}\text{C}$ , в летний период до  $25^{\circ}\text{C}$ .

В цехе установлено оборудование «Muller Weingarten» с общим усилием в 10МН. Загрузка заготовок осуществляется с помощью погрузчика, перетаскивание заготовок происходит за счет грейферного механизма. Процесс полностью автоматизирован.

Таблица 6.1- технологический паспорт объекта

№	Технологическое действие	Технологическая процедура, вид проводимых работ	Обозначение работника, который выполняет операцию	Приспособление, техника, оснастка, машина	Материалы для использования
10	Штамповка	Вытяжка	Оператор по штамповке	Пресс «MW-1000» 10МН	ст. х/к 08Ю ОСВ-П-Б
20	Штамповка	Обрезка фланца	Оператор по штамповке	Пресс «MW-1000» 10МН	ст. х/к 08Ю ОСВ-П-Б
30	Штамповка	Правка	Оператор по штамповке	Пресс «MW-1000» 10МН	ст. х/к 08Ю ОСВ-П-Б
40	Штамповка	Обрезка пробивка	Оператор по штамповке	Пресс «MW-1000» 10МН	ст. х/к 08Ю ОСВ-П-Б
50	Штамповка	Гибка	Оператор по штамповке	Пресс «MW-1000» 10МН	ст. х/к 08Ю ОСВ-П-Б
60	Штамповка	Пробивка, клиновья обрезка	Оператор по штамповке	Пресс «MW-1000» 10МН	ст. х/к 08Ю ОСВ-П-Б

## 6.2. Вредные производственные факторы прессового производства

Самыми небезопасными производственными факторами являются механизмы и машины, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, режущие инструменты, вращающиеся приспособления. Производственные факторы могут приводить к снижению трудоспособности и профессиональным заболеваниям. Основной причиной травматизма рабочего является несоблюдения правил охраны труда. В целях обеспечения безопасности на рабочем месте создается служба охраны труда. Ее цель свести к минимуму вероятность поражения или заболевания работающего персонала при максимальной производительности труда.

Подчеркнем основные факторы, которые представляют угрозу для здоровья работника в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Опасные и связанные с риском факторы

№п/п	Производственно-технологическая операция, деятельность на рабочем месте	Рискованный и ненадежный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного фактора, представляющую угрозу для здоровья
1	Когда загружается и укладывается заготовка в тару, которая обработалась прессом	Острые углы заготовки, заусенцы и шероховатость поверхности полуфабрикатов	Заостренные кромки, заусенцы заготовки
2	При работе с прессом	Высокий уровень шума на рабочем месте и масляная аэрозоль	Прессовое и кузнечное производство
3	Движущийся транспорт (погрузчики)	Выброс углекислого газа, дыма.	Движение транспорта, шум двигателя, работа режущего оборудования
4	В цехах с большим помещением	Малая освещенность помещения, скопление пыли	Недостаточное количество световых элементов
5	При работе с электрооборудованием	Высокий ток в цепи, если произойдет замыкание, то может пострадать человек	Электродвигатели прессов и молотов, провода и электрические привода.
6	За долгой укладкой заготовок	Перегрузка нервной системы работника	Однотипность труда
7	При длительной нагрузке и монотонности работы	Физические перегрузки на организм человека	Положение тела не меняется за работой

### 6.3. Комплекс мероприятий по безопасным условиям труда на производстве.

Таблица 6.3 Организационно–технические пути и технические приспособления (механизмы) для минимизации негативного воздействия на организм человека на производстве

№ п/п	Опасный и неблагоприятный фактор, находящийся на рабочем месте	Организационно–технические способы и технические средства защиты, уменьшения, ликвидации опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенный уровень электромагнитных излучений	–защитные сооружения –экранизированные источники излучения –установление санитарно-защитной зоны –поглощение или уменьшение образования зарядов статического электричества	–костюм противоманнитный; –перчатки противоманнитные; –берет защитный – поглощающий фартук; -защитный комбинезон
2	Повышенная загазованность воздуха	–установка вентиляции –своевременная уборка и проветривание помещения.	-марлевые влажные повязки -респираторы
3	Высокий уровень вибрации и шума	Нормированный сменный график, использование вибро и шумо изоляционных материалов	Специальная рабочая одежда с виброгасительными элементами - амортизирующая обувь
4	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Установка дополнительного освещения  Смена старых осветительных элементов, на новые	–

Продолжение таблицы 6.3

№ п/п	Опасный и неблагоприятный фактор, находящийся на рабочем месте	Организационно–технические способы и технические средства защиты, уменьшения, ликвидации опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
5	Нервные перегрузки, утомлённость	Короткие технические перерывы в течение рабочего дня	–
6	Физические перегрузки при транспортировке заготовок	Каждые 2-2,5ч технический перерыв 15мин для отдыха	–

6.4. Обеспечение пожаробезопасности внутри помещения

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок листовой штамповки	Пресс «MW-1000»	В, D, E	–открытое пламя; –токсичные продукты горения; –высокая температура –задымленность.	падающие части строительных конструкций, агрегатов, установок и т.п.



Таблица 6.5 – Необходимые технические средства по обеспечению пожарной безопасности.

Первоначальные средства пожаротушения	Переносные средства пожаротушения	Стабильные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Противопожарный материал	Пожарные самолеты	Установки тушения распыленной и мелкодисперсной водой	Автоматические установки пожарной сигнализации	Стволы пожарные	Самоспасатель	Пожарные ломы	Пожарные извещатели (автоматические, тепловые)
Ящики с песком	Пожарные поезда	Установки водопенного тушения	Автоматические установки пожаротушения	Водопенное оборудование	Каски	Пожарные крюки	Светодиодные таблички «ЭВАКУАЦИОННЫЙ ВЫХОД»
Асбестовое полотно	Автомобиль порошкового тушения	Пенные установки и системы для пожаротушения	Системы Голосового уведомления эвакуации людей при пожаре	Пожарные гидранты	Скафандры	Ножницы гидравлические	Ультразвуковые пожарные извещатели

Таблица 6.6 – Мероприятия по проведению пожарной безопасности.

Маркировка технологического процесса, оборудование тех процесса	Различные виды мероприятий, реализуемые на предприятии (организационно-технические)	Необходимые требования по сохранению пожарной безопасности
Холодная штамповка (Листовая штамповка)	<ul style="list-style-type: none"> <li>–учение персонала по предмету ПБ;</li> <li>–следовать инструкции по технике безопасности;</li> <li>–соблюдение верного порядка; действий в технологическом процессе;</li> <li>–присутствие первичного оборудования для предотвращения пожара;</li> <li>–плановая уборка рабочего места и оборудования;</li> <li>–минимизация горючих и взрывоопасных материалов на месте работы;</li> <li>–укрытие горючих и взрывоопасных материалов, компонентов согласно требованиям по ПБ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>–подготовленный персонал;</li> <li>–наличие звуковых систем, оповещений при пожаре, а также плана по эвакуации;</li> <li>–должны быть установлены средства по пожаротушению.</li> </ul>

## 6.5. Снабжение объекта для экологической безопасности

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Маркировка технологического объекта	Неотъемлемые составляющие технического процесса на предмет энергетической установки, транспорта, средства механизации т.п.	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Вредное воздействие технического объекта на гидросферу	Отрицательное воздействие технического объекта на литосферу
Передвижение транспорта	Машина, работающая на дизельном топливе	Выбросы углекислого газа, задымленность	–	–
Отходы на производстве	Промасленный инвентарь, отработанное масло.	–	Загрязнение рек и водоемов отходами и токсинами	Загрязнение почвы и водных ресурсов

Таблица 6.8 – Разработанные организационно–технические мероприятия по уменьшению вредного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Маркировка технического предмета	Движение транспорта	Отходы производства и потребления	
		Производственный инвентарь	Масленные отходы
Комплекс мероприятий по уменьшению отрицательного антропогенного воздействия на атмосферу	Замета автотранспорта с двигателем внутреннего сгорания на электрокары	–	–

Продолжение таблицы 6.8

Маркировка технического предмета	Движение транспорта	Производственный инвентарь	Масленные отходы
Комплекс мероприятий по уменьшению вредного человеческого фактора на гидросферу	–	Полное уничтожение (сжигание в специальных машинах или печах)	Переработка отработанных масел частичная или полная (регенерация) с целью их вторичного использования для различных целях
Комплекс мероприятий по уменьшению вредного человеческого фактора на литосферу	–	Полное уничтожение (сжигание в специальных машинах или печах)	Переработка отработанных масел частичная или полная (регенерация) с целью их вторичного использования для различных целях

В этом разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» обозначена характеристика по технологическому процессу листовой штамповки, представлены все технологические операции работников, инженерно–техническое оборудование, и расходный материал, требующийся для производства (таблица 6.1).

Приведена перечень всех профессиональных заболеваний и рисков по конструктивному технологическому процессу для детали «Кронштейн крепления». К вредным производственным факторам относятся: шумы, вибрации, загазованность, физические перегрузки и острые кромки, заусенцы на заготовках. (таблица 6.2).

Разработан комплекс мероприятий по уменьшению профессиональных травм и рисков: инструктаж по охране труда, применены средства автоматизации и компьютеризации, применены специальные материалы виброизолирующие и шумоизолирующие для данного вида работ.

Чтобы защитить работников, подобраны средства индивидуальной защиты (таблица 6.3).

Разработан комплекс мероприятий по пожарной защите технического объекта. Обнаружен класс пожара, его вредные воздействия и предложены способы по обеспечению защиты пожарной безопасности (таблица 6.4). Для обеспечения пожарной безопасности описана система необходимых мер, которые нужно знать и соблюдать (таблица 6.5). Представлен комплекс мероприятий, направленный на сохранение пожарной безопасности (таблица 6.6).

Найдены факторы по уменьшению вредного антропогенного воздействия на экологию (таблица 6.7) представлены мер для поддержания чистоты окружающей среды на техническом объекте (таблица 6.8).

## 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 7.1 Сравнительный анализ технологических вариантов

В исходном варианте весь технологический процесс: вытяжка, обрезка правка, гибка, пробивка изделия «Кронштейн переднего крыла боковой верхний» проходит на многопозиционном прессе MW-1000 усилие которым обладает оборудование равно 10 МН. В проектном технологическом процессе проводятся исследования по уменьшению затрат на изготовление детали. В нем штампы более устойчивы к нагрузкам, а значит потребуются меньше финансов на их ремонт. Меняется способ раскроя материала, он становится более рациональным, в нем минимизировано число отходов. С помощью этого способа приобретаем положительный экономический эффект.

#### Расчетные данные

1. Полезное время работы оборудования в год (7.1):

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

$D_{\text{раб}}$  – количество рабочих дней

$T_{\text{см}}$  - продолжительность рабочей смены

$D_{\text{пред}}$  – дни перед праздниками

$T_{\text{сокp}}$  – сокращенный день перед праздниками

$C$  – общее число смен

$k_{\text{р.п}}$  – коэффициент, который учитывает затраченное время на починку оборудования

$$\Phi_{\text{Э}} = 247 \cdot 8 - 5 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1 - 0,061 = 3635 \text{ ч.}$$

2. Полезное время который затратит рабочий (7.2):

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

$$\Phi_{\text{Э.р.}} = 0.3 \times 3635 = 1090 \text{ ч.}$$

7.2. Расчет числа оборудования для выполнения работ, коэффициента его загрузки, необходимое количество рабочих-операторов и число единиц штамповой оснастки

Таблица 7.1 – Общие исходные данные

№	Начальные данные	Индекс	Значение	
А.	Годовая программа выпуска (шт.)	$N_{г}$	200000	
Б.	Полезное количество времени работы (час) - оборудования - работника	$\Phi_{э}$	3635	
		$\Phi_{э,р}$	1090	
В.	Производительность нормы	$K_{вн}$	1,1	
Г.	Производительность многостаночного обслуживания	$K_{мн}$	1,0	
Д.	Производительность времени на отпуск работников, %	$K_{о}$	11,8	
Е.	Производительность монтажных работ: - при расчете себестоимости - при расчете капитальных вложениях	$K_{монт}$	1,1	
			0,1	
Ё.	Закупочная стоимость материала (руб./кг)	$\Pi_{м}$	52	
Ж.	Стоимость отходов (руб./кг)	$\Pi_{отх}$	3,50	
З.	Масса заготовки (кг)	$M_{з}$	3,1	2,75
И.	Масса отходов (кг)	$M_{отх}$	1,35	0,87
Й.	Производительность транспортировки и заготовительных операций	$K_{тз}$	1,030	
К.	Коэффициенты дополнительных выплат по заработной плате от 3 разряда по 5			
1.	Часового фонд заработной платы	$K_{доп}$	1,14	
2.	Стаж и квалифицированность рабочего	$K_{пф}$	1,21	
3.	Условий труда рабочего	$K_{у}$	1,22	
4.	Ночных и вечерних часов работы	$K_{н}$	1,4	
5.	Премияльные	$K_{пр}$	1,2	
6.	Социальных нужд и услуг	$K_{с}$	1,45	
Л.	Суммарная производительность доплат $K_{зпл} = K_{д} \cdot K_{пф} \cdot K_{у} \cdot K_{н} \cdot K_{пр} \cdot K_{с}$	$K_{зпл}$	4,09	
М.	Производительность загрузки оборудования по мощности	$K_{м}$	0,8	
Н.	Производительность загрузки оборудования по времени	$K_{в}$	0,7	
О.	Производительность потери в сети	$K_{п}$	1,03	
П.	Производительность синхронной работы электродвигателей	$K_{од}$	0,81	

Продолжение таблицы 7.1

№	Начальные данные	Индекс	Значение
Р.	Прибыль от продаж % от Ц: - изношенных оборудования - изношенного штампа	$V_p$ $V_{p,и}$	5 15
С.	Производительность амортизации, %	$H_a$	8
Т.	Показатель расходов на цеха	$K_{цех}$	1,75
У.	Часовая тарифная ставка, руб./час: - 3 разряд рабочего - 5 разряд наладчика	$C_T$ $C_T$	72,84 90,26
Ф.	Стоимость тарифа по электроэнергии, (руб./кВт)	$Ц_э$	3,25
Х.	Аренда одного квадратного метра в помещении (руб./м <sup>2</sup> )	$Ц_{пл}$	4500
Ц.	Производительность экономической эффективности	$E_H$	0,42

Таблица 7.2 – Небольшое описание оборудования

№ п/п	Производственное оборудование	Усилие (МН)	Временной норматив (мин).		Мощность $M_y$ (кВт)	Площадь $S_y$ (м <sup>2</sup> )	Стоимость (руб.)
			$t_{шт}$	$t_{маш}$			
	Существующий и проектный вариант						
1	MW-1000	10	0,043	0,035	110	50	9900000

Таблица 7.3 – Начальные данные по штамповой оснастке

№	Наименование штампов	Стойкость штампа $T_{шт}$ (ударов)	Цена штампа $Ц_{шт}$ (руб.)
Оснастка исходного варианта			
10	Штамповая оснастка вытяжная	500000	757000
20	Штамповая оснастка обрезающая	400000	614000
30	Штамповая оснастка правочная	400000	592000
40	Штамповая оснастка обрезающая и пробивная	500000	614000
50	Штамповая оснастка гибочная	500000	725000
60	Штамповая оснастка обрезающая и пробивная	500000	602000
Оснастка проектного варианта			
10	Штамповая оснастка вытяжная	500000	757000
20	Штамповая оснастка обрезающая	400000	614000
30	Штамповая оснастка правочная	400000	592000
40	Штамповая оснастка обрезающая и пробивная	500000	614000
50	Штамповая оснастка гибочная	500000	725000



Продолжение таблицы 7.3

Оснастка проектного варианта			
60	Штамповая оснастка обрезающая и пробивная	500000	602000

7.3 Расчет надлежащего числа оборудования для выполнения работы, коэффициента загрузки, количества рабочих и штампов

Таблица 7.4 – Расчет необходимого числа оборудования, коэффициентов, численности рабочих и штампов

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Начальный	Расчетный
1	Необходимое число оборудования, для выполнения годовой программы выпуска (ст.)	$n_{об} = t_{шт} \times N_{Г} / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60)$ $n_{об}^{сущ} = 0,043 \cdot 200000 / (3635 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,03 \approx 1$ $n_{об}^{пр} = 0,043 \cdot 200000 / (3635 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,03 \approx 1$	1	1
2	При выполнении работы расчет коэффициента загрузки оборудования	$K_3 = n_{об}^{расч} / n_{об}^{прин.}$ $K_3^{сущ} = 0,03 / 1 = 0,03$ $K_3^{пр} = 0,03 / 1 = 0,03$	0,03	0,03
3	Необходимое количество работников, для выполнения годовой программы деталей (чел.)	$P_{оп} = [t_{шт} \times N_{Г} \cdot (1 + K_о / 100)] / (\Phi_{Эр} \times K_{МН} \times 60)$ $P_{оп}^{сущ} = \frac{0,043 \cdot 200000 \cdot (1 + \frac{11,8}{100})}{1090 \cdot 1 \cdot 60}$ $= 0,14 \approx 1 \cdot 60 \cdot 2см = 12$	12	12

Продолжение таблицы 7.4

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Начальный	Расчетный
4	Необходимое количество штамповой оснастки для выполнения годовой программы выпуска (шт.)	$n_{\text{штамп}} = N_{\text{Г}}/T_{\text{и.шт.}}$		
		$n_{\text{шт.оп.1}} = \frac{200000}{500000} = 0,4 \approx 1$	1.00	1.00
		$n_{\text{шт.оп.2}} = \frac{200000}{400000} = 0,4 \approx 1$	1.00	1.00
		$n_{\text{шт.оп.3}} = \frac{200000}{400000} = 0,4 \approx 1$	1.00	1.00
		$n_{\text{шт.оп.4}} = \frac{200000}{500000} = 0,4 \approx 1$	1.00	1.00
		$n_{\text{шт.оп.5}} = \frac{200000}{500000} = 0,4 \approx 1$	1.00	1.00
		$n_{\text{шт.оп.6}} = \frac{200000}{500000} = 0,4 \approx 1$	1.00	1.00

7.4 Расчет капитальных вложений

Таблица 7.5 – Расчет капиталовложений

№	Числовой показатель	Расчетные числа и формулы	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	Сумма капитальных вложений на покупку в оборудование (руб.)	$K_{\text{ОБ}} = n_{\text{ОБ}} \times C_{\text{ОБ}} \times K_3$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{сущ}} = 1 \cdot 9900000 \cdot 0,03 = 297000$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{пр}} = 1 \cdot 9900000 \cdot 0,03 = 297000$	297000	297000
2	Дополнительные расходы для производства (руб.)			
А.	Производственные расходы на доставку и установку оборудования (руб.)	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ}} \times K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{сущ}} = 297000 \cdot 0,1 = 29700$ $K_{\text{М}}^{\text{пр}} = 297000 \cdot 0,1 = 29700$	29700	29700

Продолжение таблицы 7.5

2		Дополнительные расходы для производства (руб.)		
Б.	Производственные расходы на штампы (руб.)	$K_{И} = Ц_{ШТГ} \times n_{ШТГ}$ $K_{И}^{сущ} = 800000 + 2000000$ $= 2800000$ $K_{И}^{пр} = 800000 + 2000000$ $= 2800000$	280000 0	280000 0
В.	Производственные расходы на аренду помещения (руб.)	$K_{ПЛ} = n_{ОБ.} \times S_{у.} \times Ц_{ПЛ} \times K_3$ $K_{ПЛ}^{сущ} = 1 \cdot 50 \cdot 4500 \cdot 0,03$ $= 6750$ $K_{ПЛ}^{пр} = 1 \cdot 50 \cdot 4500 \cdot 0,03$ $= 6750$	6750	6750
Г	Сумма всех расходов	$K_{СОП} = K_{М} + K_{И} + K_{ПЛ}$ $K_{СОП}^{об} = 29700 + 2800000$ $+ 7650$ $= 2837850$	283785 0	283785 0
3	Совокупность капитальных вложений (руб.)	$K_{ОБЩ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$ $K_{ОБЩ}^{сущ} = 297000 + 2837850$ $= 3134350$ $K_{ОБЩ}^{пр} = 297000 + 2837850$ $= 3134350$	313435 0.00	313435 0.00
4	Удельные капитальные вложения (руб.)	$K_{уд} = K_{ОБЩ} / N_{Г}$ $K_{уд}^{сущ} = 3134350 / 200000$ $= 15,6$ $K_{уд}^{пр} = 3134350 / 200000$ $= 15,6$	15,6	15,6

7.5 Подсчет себестоимости выпускаемой продукции по сравниваемым вариантам

Таблица 7.6 – Расчет себестоимости готового изделия по сравниваемым вариантам

№	Описание производственных затрат	Расчетные показатели и формула	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	Производственные материальные расходы (руб.)	$M = (M_3 \times Ц_{М} \times K_{ТЗ}) - (M_{ОТХ} \times Ц_{ОТХ})$ $M^{сущ} = 3,1 \cdot 52 \cdot 1,030 -$ $1,35 \cdot 3,50 = 161,3$ $M^{пр} = 2,75 \cdot 52 \cdot 1,014 -$ $0,87 \cdot 3,50 = 144,2$	161,3	144,2

Продолжение таблицы 7.6

№	Описание производственных затрат	Расчетные показатели и формула	Существующий	Проектный
2	Производственные выплаты рабочим (руб.)	$Z_{ПЛ} = P \times C_T \times \Phi_{ЭР} \times K_{ЗПЛ} \times K_3 / N_{Г}$ $Z_{ПЛ}^{сущ} = 14 \cdot 72,84 \cdot 1090 \cdot 4,09 \cdot 0,03 / 200000 = 0,5$ $Z_{ПЛ}^{пр} = 14 \cdot 72,84 \cdot 1090 \cdot 4,09 \cdot 0,03 / 200000 = 0,5$	0,68	0,68
3	Расходы, связанные с амортизацией и эксплуатацией оборудования (руб.)	$P_A = \frac{C_{об} \times (1 - B_p)^n \times H_A \times t_{шт} \times 1,3}{(\Phi_э \times K_{ВН} \times 60 \times 100)}$ $P_A^{сущ} = \frac{9900000 \cdot (1 - 0,05)^8 \cdot 0,043 \cdot 1,3}{(3536 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)} = 0,161$ $P_A^{пр} = \frac{9900000 \cdot (1 - 0,15)^8 \cdot 0,043 \cdot 1,3}{(3536 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100)} = 0,161$	0,161	0,161
4	Расходование капитала на электроэнергию (руб.)	$P_э = \frac{(M_y \times t_{маш} \times K_{од} \times K_M \times K_B \times K_{П} \times C_э)}{(КПД \times 60)}$ $P_э^{сущ} = \frac{(110 \times 0,035 \times 0,8 \times 0,7 \times 0,81 \times 1,03 \times 3,25)}{(0,70 \times 60)} = 0,05$ $P_э^{пр} = \frac{(110 \cdot 0,035 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,81 \cdot 1,03 \cdot 3,25)}{(0,70 \cdot 60)} = 0,05$	0,13	0,13

Продолжение таблицы 7.6

№	Описание производственных затрат	Расчетные показатели и формула	Существующий	Проектный
5	Затраты на амортизацию штамповый инструмент (руб.)	$P_{И} = (Ц_{ШТ} \times 1 - B_{P,И}) / T_{И,ШТ}$ $P_{И}^{выт.сущ} = (757000 \cdot 1 - 0,15) / 500000 = 1,3$ $P_{И}^{обр.сущ} = (614000 \cdot 1 - 0,15) / 400000 = 1,3$	1,3	1,3
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей (руб.)	$P_{ПЛ} = S_y \times n_{ОБ} \times Ц_{ПЛ} \times K_3 / N_{Г}$ $P_{ПЛ}^{сущ} = 50 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,03 / 200000 = 0,033$ $P_{ПЛ}^{пр} = 50 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,03 / 200000 = 0,033$	0,033	0,033
7	Зарплата наладчика (руб.)	$З_{НАЛ} = (n_{ОБ} \times C_T \times \Phi_{ЭР} \times K_{ЗПЛ} \times K_3) / (n_{ОБСЛ} \times N_{Г})$ $З_{НАЛ}^{сущ} = (1 \cdot 90,26 \cdot 1090 \cdot 4,09 \cdot 0,03) / (1 \cdot 200000) = 0,60$ $З_{НАЛ}^{пр} = (1 \cdot 90,26 \cdot 1090 \cdot 4,09 \cdot 0,03) / (1 \cdot 200000) = 0,60$	0,60	0,60
8	Технологическая себестоимость (руб.)	$C_{ТЕХ} = M + 3_{ПЛ} + P_A + P_{Э} + P_{И} + P_{ПЛ} + 3_{НАЛ}$ $C_{ТЕХ}^{сущ} = 161,3 + 0,68 + 0,161 + 0,13 + 1,3 + 0,03 + 0,6 = 164,05$ $C_{ТЕХ}^{пр} = 144,2 + 0,68 + 0,161 + 0,13 + 1,3 + 0,03 + 0,6 = 147,10$	164,05	147,10
9	Общепроизводственные расходы (руб.)	$P_{ЦЕХ} = 3_{ПЛ} \times K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ}^{сущ} = 0,68 \cdot 1,75 = 1,19$	1,19	1,19
10	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость (руб.)	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^{сущ} = 1,19 + 164,05 = 165,24$ $C_{ЦЕХ}^{пр} = 1,19 + 147,10 = 148,29$	165,24	148,29

## 7.6 Расчет экономического эффекта проектного варианта

Таблица 7.7 – Экономическая выгода производства

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
Приблизительная экономия за год от снижения себестоимости изделия (руб.)	$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{пех}}^{\text{сущ}} - C_{\text{пех}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 165,24 - 148,29 \cdot 200000 = 3390000$	3390000	
Сумма производственных затрат (руб.)	$Z_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пер}}^{\text{сущ}} = 165,24 + 0,42 \cdot 15,6 = 171,79$ $Z_{\text{пер}}^{\text{пр}} = 148,29 + 0,42 \cdot 15,6 = 154,6$	171,79	154,6
Годовой экономический эффект (руб.)	$\mathcal{E}_{\text{г}} = (Z_{\text{пер}}^{\text{сущ}} - Z_{\text{пер}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{г}} = 171,79 - 154,6 \cdot 200000 = 3438000$	3438000	
Срок окупаемости капиталовложений в производство (год)	$T_{\text{ок}} = K_{\text{и}}^{\text{пр}} / \mathcal{E}_{\text{уг}}$ $T_{\text{ок}} = \frac{2800000}{3438000} = 0,81 \approx 1$	1	

В результате исследования проектной технологии изготовления изделия «Кронштейн переднего крыла боковой верхний» себестоимость продукции снизилась с 171,79 рублей до 154,6 рублей, т.е. на 17,19 рублей (10,01%) за счет изменения раскроя материала в проектом технологическом процессе. Годовой экономический эффект от внедрения нового технологического процесса составил 3438000 рублей, при сроке окупаемости штамповой оснастки в течение 1 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной ВКР был исследован и разработан технологический процесс для детали «Кронштейн переднего крыла боковой верхний», а также была проведена проверка изделия на технологичность.

1. Были произведены расчеты начальной технологии изготовления детали, найдены её недостатки.
2. Определены оптимальные размеры проектной заготовки, найден коэффициент использования металла, также определены энергосиловые параметры на каждую операцию проектной технологии.
3. Произведён инженерный анализ напряженно – деформированного состояния детали при операции вытяжки при помощи программного продукта LS–Dyna, выведены результаты анализа.
4. Разработан технологический проект и эскизный проект штамповой оснастки вытяжного штампа для изготовления детали «Картер масляный» с использованием средств автоматизации проектирования NX 9.0.
5. Далее в работе был произведён выбор требуемого технологического оборудования и средств автоматизации, приведены их технические характеристики. По штамповой оснастке были определены исполнительные размеры рабочих частей штампа, выбраны материалы и способы термообработки деталей штампов.
6. В пояснительной записке изложены мероприятия по охране труда. В экономической части была рассчитана себестоимость изготовления и размер уставного капитала детали «Кронштейн крепления».
7. В результате исследования детали «Кронштейн крепления» себестоимость снизилась с 76,83 рублей до 71,89 рублей, т.е. на 4,94 рубля. (6.4%)

На основании всех проделанных расчетов и исследований можно подвести итог, что цель данной ВКР достигнута

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. An Expert System Framework for Design of Bending, 2012, Deepak Panghal, S. Kumar <http://www.sapub.org/global/showpaperpdf.aspx?doi=10.5923/j.ajis.20120207.02>
2. CAD/CAM and Die Face Design in Sheet Metal Forming, 2006, D. J. Schaeffler, E. J. Vineber [http://www.asminternational.org/web/fas/technical-resources1/-/journal\\_content/56/10192/ASMHBA0005150/PUBLICATION;jsessionid=7B4126585CFADB4BBA83DCC2D01AD585?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view](http://www.asminternational.org/web/fas/technical-resources1/-/journal_content/56/10192/ASMHBA0005150/PUBLICATION;jsessionid=7B4126585CFADB4BBA83DCC2D01AD585?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view)
3. Computer-aided structural design of drawing dies for stamping processes based on functional features, 2008, B. T. Lin, M. R. Chang, H. L. Huang, C. Y. Liu <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00170-008-1670-7.pdf>
4. Development and Manufacture of Dies for Car Body Production, 1997, K.Siegert, T. Altan, T. Nakagawa, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607608798>
5. Expert System Applications in Sheet Metal Forming, 2010, R. Ganesh Narayanan, <http://www.intechopen.com/books/expert-systems/expert-system-applications-in-sheet-metal-forming>
6. 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 . - Предм. указ.: с. 329-331. - Прил.: с. 305-327. - ISBN 978-5-94074-858-8 : 665-00.
7. Берлинер Э. М. САПР технолога машиностроителя [Электронный ресурс] : учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2015. - 336 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-043-6.



8. В. Таратынов. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2015. - 288 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-042-9.
9. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: уч. методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти изд-во ТГУ, 2016
10. Сухов С. В. Основы проектирования технологий листовой штамповки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. В. Сухов, А. В. Соколов, М. В. Жаров. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 124 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010615-1.
11. Нефедов, А.П. Конструирование и изготовление штампов: из опыта Горьковского автомобильного завода / А.П. Нефедов. – Москва: Машиностроение, 1973.– 408 с.
12. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1974 – 318 с.
13. Скрипачев А.В. Технологичность листовых штампованных деталей. Методические указания по технологии листовой штамповки / А.В. Скрипачев, И.Н. Матвеев. – Тольятти: ТолПИ, 1992.
14. Смолин Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки: учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.
15. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 568 с.
16. Экономика машиностроительного производства: Учебно–методическое пособие к выполнению курсовой работы / Составил Н.В.Александрова – Тольятти: ТГУ, 2007.–19 с.
17. Якуничев Е.В. Технология холодной штамповки. Сборник задач. – Тольятти: ТолПИ, 1991.
18. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов по специальности «Машины и технология

обработки металлов давлением» и «Обработка металлов давлением». – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.

19. Владимиров В.М. Изготовление штампов и пресс-форм. – М.: Машиностроение, 1981. – 431 с.

20. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.

21. Константинов И. Л.  
Кузнечно-штамповочное производство [Электронный ресурс] : учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников. - 2-е изд. - Москва : ИНФРА-М ; Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. - 464 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009455-7.

22. Почекуев Е. Н. Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-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. : ил. - Библиогр.: с. 228. - ISBN 978-5-8259-0766-6 : 1-00.

23. Иванов И. С.  
Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. С. Иванов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 198 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006705-6.

24. Лахтин. Конструкционные материалы и термическая обработка сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 1984 – 370 с.

25. Малов А.Н. Технология холодной штамповки – М.: Машиностроение, 1969. – 568 стр.

## ПРИЛОЖЕНИЯ