

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

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

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Машины и технология обработки металлов давлением

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Проект автоматизированного проектирования изделия, технологического процесса и штамповой оснастки для детали «Кронштейн крепления ремня безопасности» в САД/САЕ

Студент(ка)

Е.А. Смирнова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.В. Скрипачев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Н.В. Андрюхина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2018г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В бакалаврской работе разработан технологический процесс моделирования листовой штамповки детали «Кронштейн крепления ремня безопасности», с помощью САД-системы SIEMENS NX 9.0 PLM Software. CAE-анализ осуществлен с помощью AutoForm^{Plus} R7. Расчет упругого пружинения производился в программном комплексе AutoForm^{Plus} R7.

В технологической части произведен анализ технологичности и геометрии детали, анализ базовой технологии, определены размеры заготовки с помощью одношагового анализа формуемости, выявлены слабые стороны в базовой технологии изготовления детали, определен коэффициент использования металла и вычислены энергосиловые параметры для каждой операции.

В инженерном анализе произведен расчет упругого пружинения и описан процесс моделирования операций для детали.

В конструкторской части спроектирована электронная геометрическая модель штамповой оснасти. Для штамповой оснасти были определены размеры рабочих частей и их материалы.

На основе результатов моделирования, а также на основе аналитических расчетов были определены параметры технологического процесса, которые позволили подобрать соответствующее оборудование и средства автоматизации.

Так же рассмотрена безопасность и экологичность проекта, а также осуществлено его экономическое обоснование.

Объем пояснительной записки включает 71 страницу, объем графического материала 6 листов, количество иностранных источников 5.

ABSTRACT

In the bachelor's thesis a technological process of modeling the sheet stamping of the " Bracket of fastening of a seat belt " part was developed, For developing the SIEMENS NX 9.0 PLM Software CAD system was used. CAE analysis is performed using AutoForm ^ Plus R7. The springback was calculated in the software complex AutoForm ^ Plus R7.

In the technological part, an analysis of the fabricability and geometry of the piece is made, analysis of the basic technology is performed, the dimensions of the workpiece are determined with the help of a one-step formability, shortcomings in the basic manufacturing technology of the piece are revealed, the metal recovery is determined, and the energy-power parameters for each operation are calculated.

In the engineering analysis, the springback is calculated and the process of modeling operations for the part is described.

In the design part, an electronic geometric model of die tooling is designed. For die tooling, the dimensions of the working parts and their materials were determined.

Based on the results of the simulation, and also on the basis of analytical calculations, the parameters of the technological process were determined, which allowed selecting the appropriate equipment and automation means.

The safety and environmental friendliness of the project was also considered, as well as its ROI study.

The bachelor's thesis 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.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. Анализ технологических исходных данных.....	7
1.1. Анализ технологичности и геометрии детали	7
1.2. Анализ базовой технологии изделия	14
1.3. Выявление недостатков базовой технологии изготовления детали	14
1.4. Задачи выпускной квалификационной работы.....	15
Глава 2. Разработка технологического процесса	16
2.1. Порядок действий технологического процесса.....	16
2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки	17
2.3. Проектирование рационального раскроя металла и определение коэффициента использования металла (КИМ)	21
2.4. Нахождение энергосиловых параметров штамповки	22
Глава 3. Инженерный анализ напряженно-деформированного состояния детали.....	42
3.1. Создание проекта в AutoForm ^{plus} R7.....	31
3.2. Результаты моделирования процессов штамповки в AutoForm ^{plus} R7....	36
3.3. Расчет упругого пружинения	38
Глава 4. Выбор оборудования и средств автоматизации	41
4.1. Основные технические характеристики оборудования. Выбор механических параметров оборудования	41
4.2. Подбор необходимых средств автоматизации. Описание принципа действия их работы	42
4.3. Схема работы линии.....	44
Глава 5. Разработка конструкции штамповой оснастки	45
5.1. Описание и работа комбинированного штампа	45
5.2. Прочностные расчеты и выбор материалов деталей штампов	47
5.3. Нахождение расчетов на прочность головки пуансона.....	48
5.4. Идентификация исполнительных габаритных размеров элементов	49
5.5. Определение центра давления штампа.....	50
Глава 6. Безопасность и экологичность объекта.....	51
6.1. Технологическое описание рабочего места.....	51

6.2. Идентификация опасных и вредных производственных факторов прессового производства	52
6.3. Мероприятия для безопасных условий труда.....	53
6.4. Обеспечение пожаробезопасности на производственном участке	54
6.5. Технические средства обеспечения пожарной безопасности	55
Глава 7. Экономическая эффективность.....	60
7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов	60
7.2. Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов.....	60
7.3. Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки.....	62
7.4. Расчет капитальных вложений	64
7.5. Расчет себестоимости выпускаемой продукции по сравниваемым вариантам	65
7.6. Расчет экономического эффекта проектного варианта.....	67
Заключение	69
Список использованной литературы и источников.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование является неотъемлемой частью любого инженерного проекта. Оно позволяет облегчить создание, модернизировать, изменить создаваемую конструкцию, не используя физическую модель. Основу моделирования составляет формирование геометрической модели объекта, как правило, в виде наглядного графического изображения – чертежа. Создание и исследование геометрической модели, то есть процесс геометрического моделирования, может происходить в разных формах. Различают двумерную и трехмерную технологии геометрического моделирования. Явное различие твердотельного моделирования от двумерного черчения – это построение трехмерной компьютерной модели проектируемого изделия, а также удобство внесения изменений в трехмерную модель, после этого чертежи не нужно формировать заново.

Трехмерное моделирование является основной современного производства.

Автоматизация проектирования реализуется с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР). Таким образом, автоматизированное проектирование – технология, состоящая в использовании САПР. САПР объединяет в едином комплексе технические средства, математическое, программное, методическое, информационное, организационное обеспечения, характеристики и параметры которых определяются задачами проектирования и конструирования. Реализация возможностей математического моделирования средствами САПР повышает эффективность инженерных разработок в целом, позволяет экспериментировать с математической моделью, получать результаты возможно более точные, во много раз быстрее и дешевле.

Цель выпускной квалификационной работы бакалавра состоит в том, чтобы снизить себестоимости производства детали за счет изменения размера заготовки и внедрения технологии спаренной штамповки.

1. Анализ технологических исходных данных

1.1 Анализ технологичности и геометрии изделия

«Под технологичностью изделия следует понимать конструкцию, состоящую из простых сборочных единиц, удобных для выполнения работ по их сборке, и деталей, форма которых является наиболее простой и позволяющей при изготовлении использовать высокопроизводительные способы получения заготовок и механической обработки»[3].

Технологичность изделия проверяется с помощью методов традиционного анализа и соответствующей проверки в системах автоматизированного проектирования (рис. 1.1).

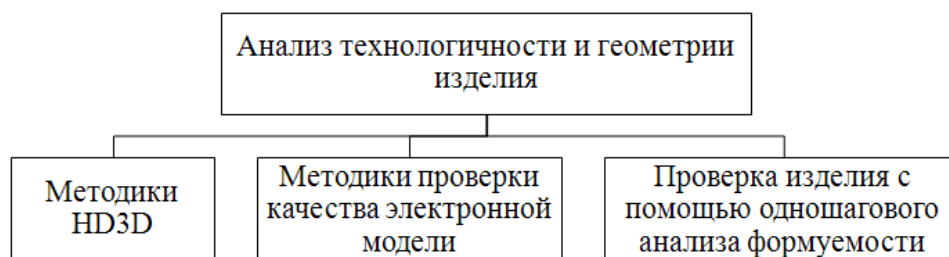


Рис.1.1- Схема традиционного анализа технологичности и геометрии изделия в системах автоматизированного проектирования

Традиционный анализ технологичности изделия содержит список требований, определяющих геометрию конкретного изделия как технологичного.

Характерность электронной геометрической модели «Кронштейн крепления ремня безопасности» (рис.1.2), изготавливаемой листовой штамповкой, связана с отсутствием последующей механической обработки, соответствие конструкции назначению и условиям эксплуатации, а также обеспечение необходимой прочности и жесткости.

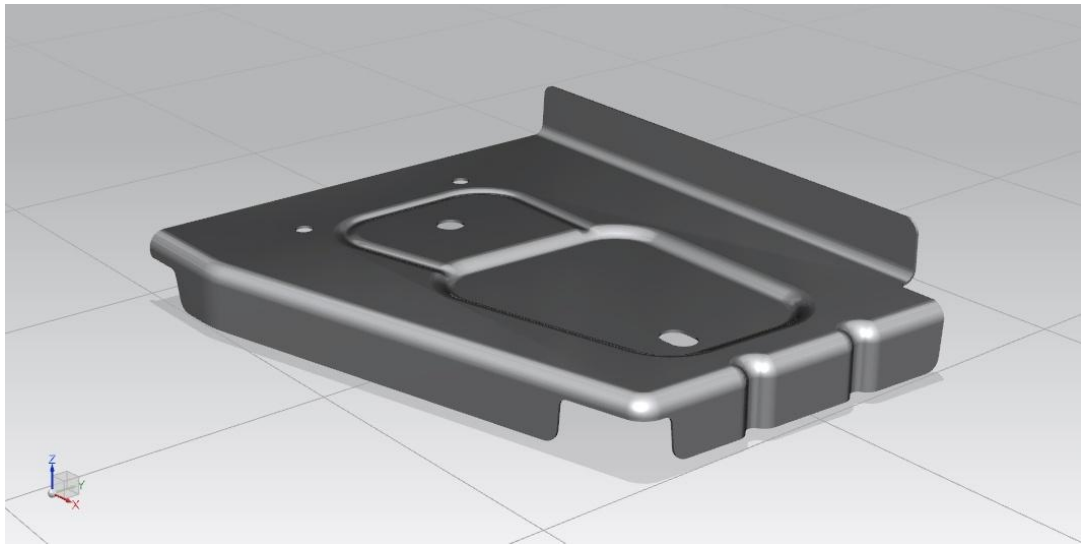


Рис.1.2 - Электронная геометрическая модель детали «Кронштейн крепления ремня безопасности»

Применение методик HD3D.

Использование САПР для проверки технологичности предполагает применение специализированных модулей, например, таких как HD3D для САПР NX Siemens PLM Software.

Одна из функций данного модуля – обеспечение визуальных методов проверки качества геометрии изделия по ряду показателей. Например, вывод окна отчета значений и расположения граней с минимальным радиусом (рис.1.3)

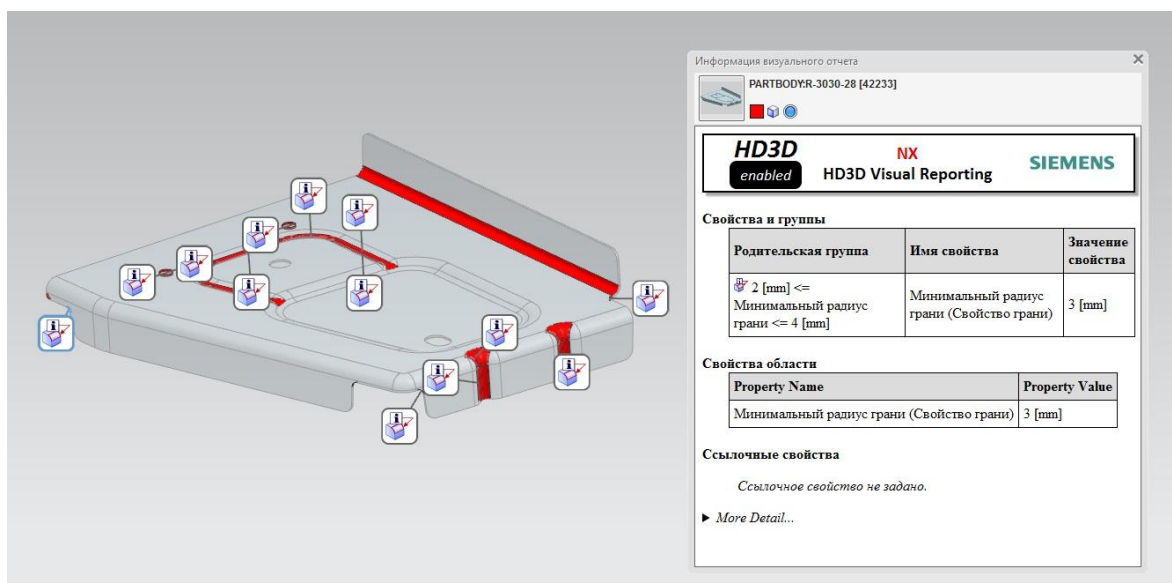


Рис.1.3 - Значение и расположение граней с минимальным радиусом

Второй этап проверки можно произвести с помощью технологии HD3D. В палетте выбирается инструмент «Помощник проверки».

К примеру, для проверки электронных моделей выбираются следующие критерии: длина полки (рис.1.4); зазор инструмента (рис.1.5); пики/вырезы (рис.1.6); самопересечения (рис.1.7); непрерывность (рис.1.8);

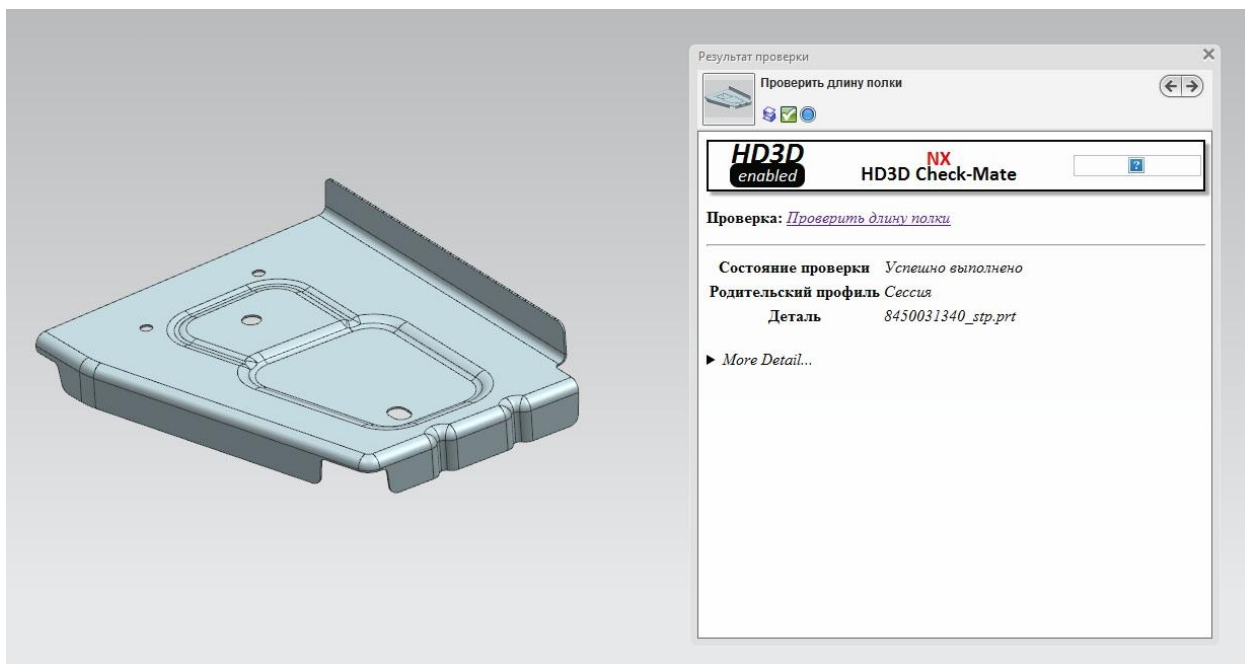


Рис.1.4 - Проверка длины полки

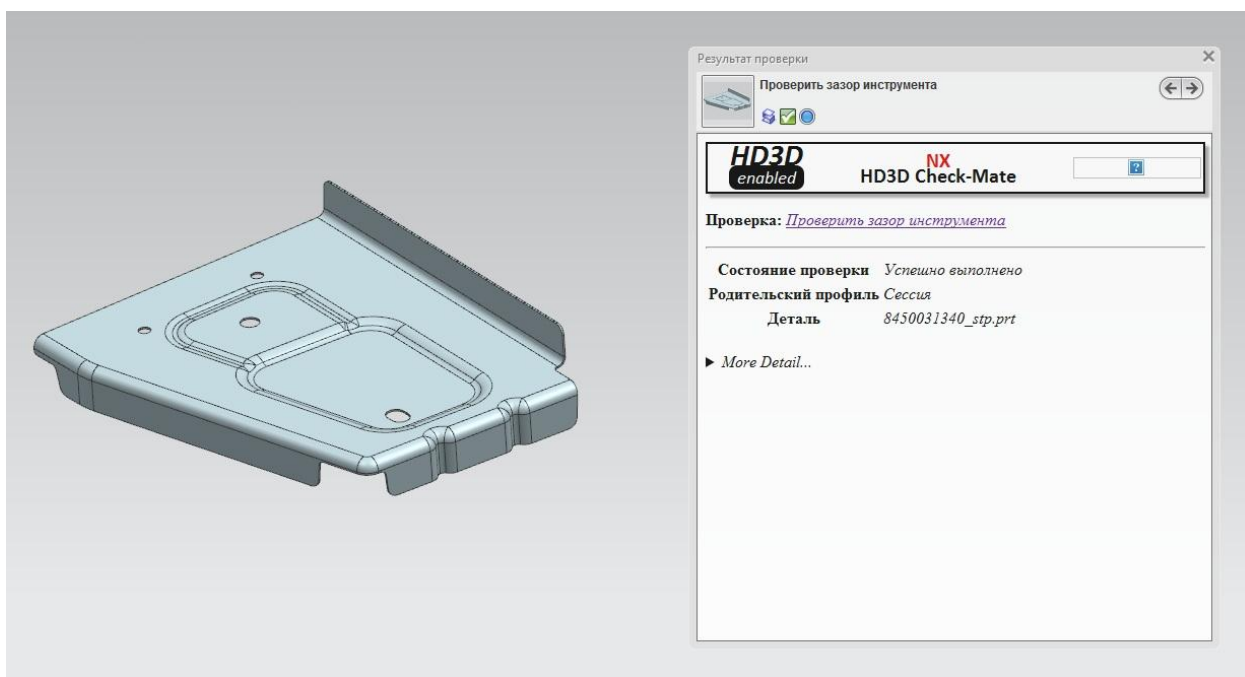


Рис.1.5 - Проверка зазора инструмента

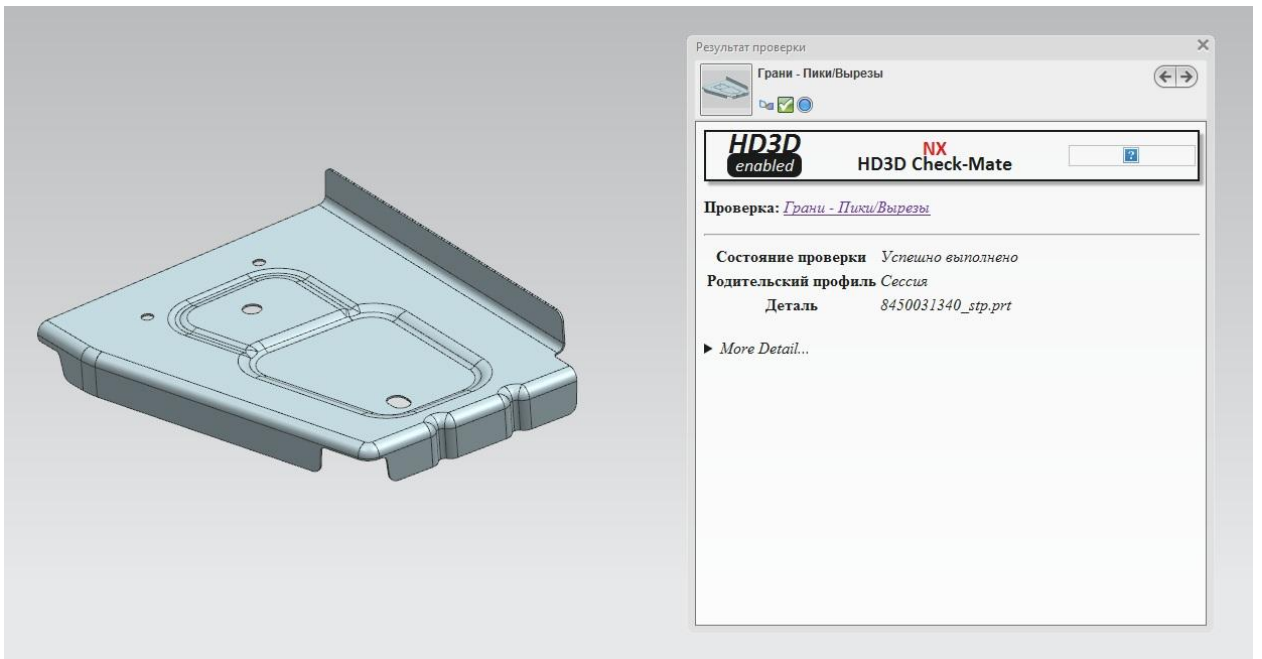


Рис.1.6 - Проверка пиков/вырезов

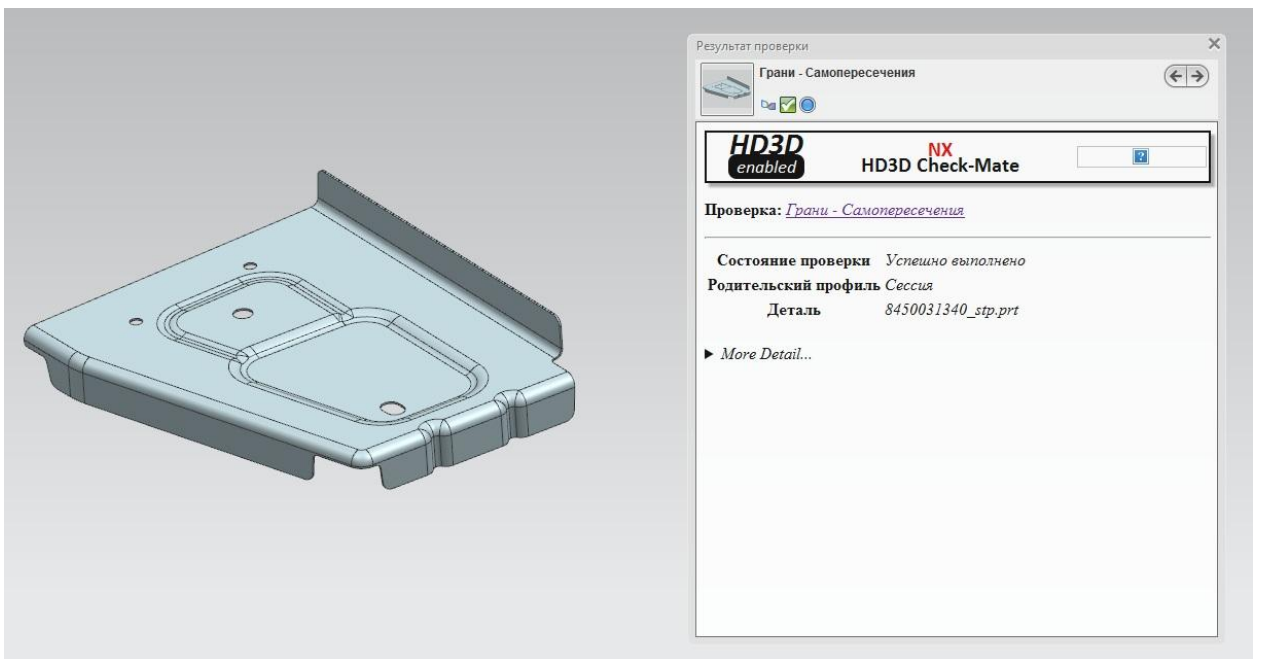


Рис.1.7 - Проверка на самопересечение

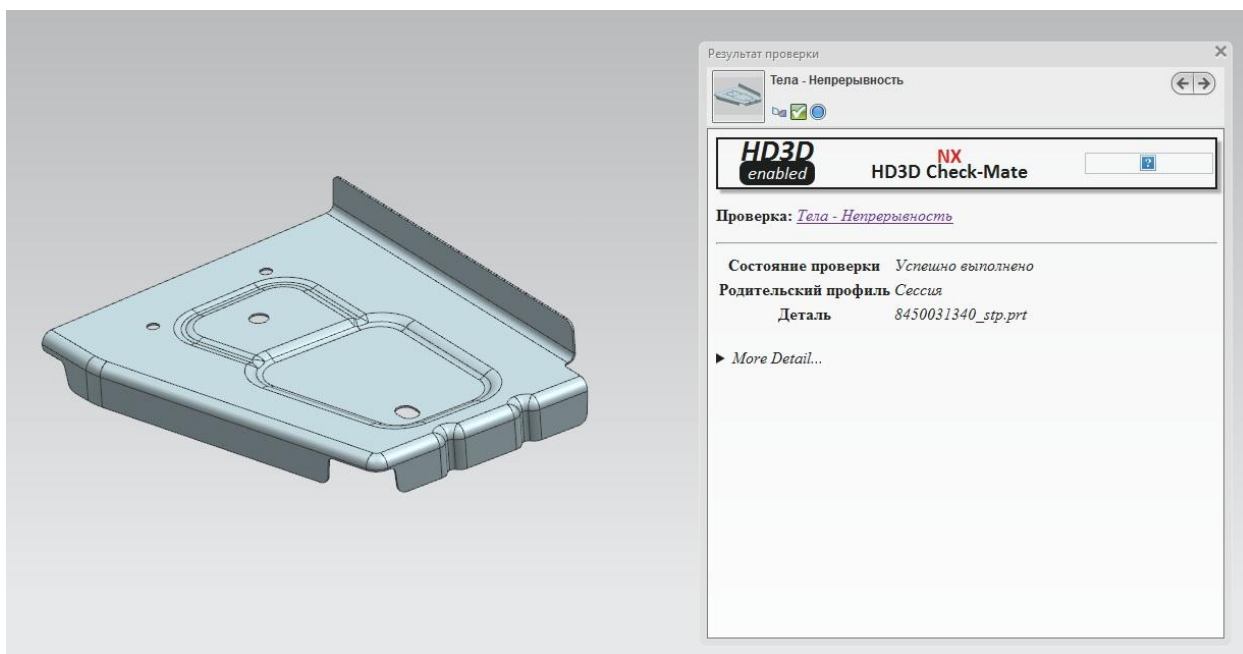


Рис.1.8 - Проверка на непрерывность

Применение методик проверки качества электронной модели.

Для оценки качества электронных моделей изделия для успешного их применения для анализа в САЕ или построения рабочих деталей штампа может быть использован инструмент «Проверить геометрию» (рис.1.9)

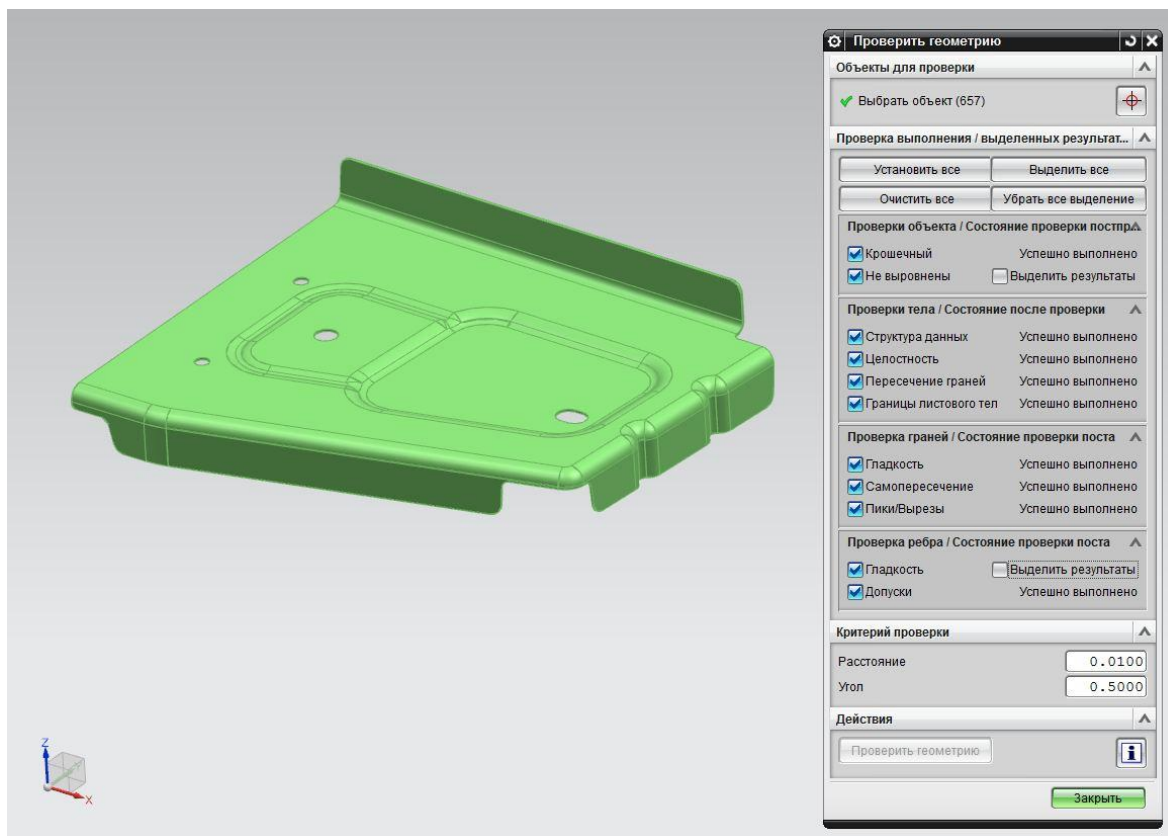


Рис.1.9 - Анализ геометрии электронной модели

В итоге одношаговый анализ выявил, что данная математическая модель не имеет в себе несоответствий.

В результате проверки качества электронная геометрическая модель не содержит дефекты геометрии: разрывы, пересечения граней, самопересечение, целостность, допуски.

Проверка изделия с помощью одношагового анализа формуемости.

Третий этап проверки на технологичность использует возможности функционала одношагового анализа формуемости NX 9.0. Проверка осуществляется на базе метода конечных элементов с помощью одношагового решателя. Он позволяет за короткое время выполнить расчеты и с оптимальной точностью спрогнозировать показатели технологичности изделия и вычислить начальные размеры заготовки.

Одношаговый решатель позволяет рассчитать: утолщения и утонения (рис.1.10); напряжения (рис.1.11) ;деформацию (рис.1.12) , которые могут возникнуть в процессе штамповки.

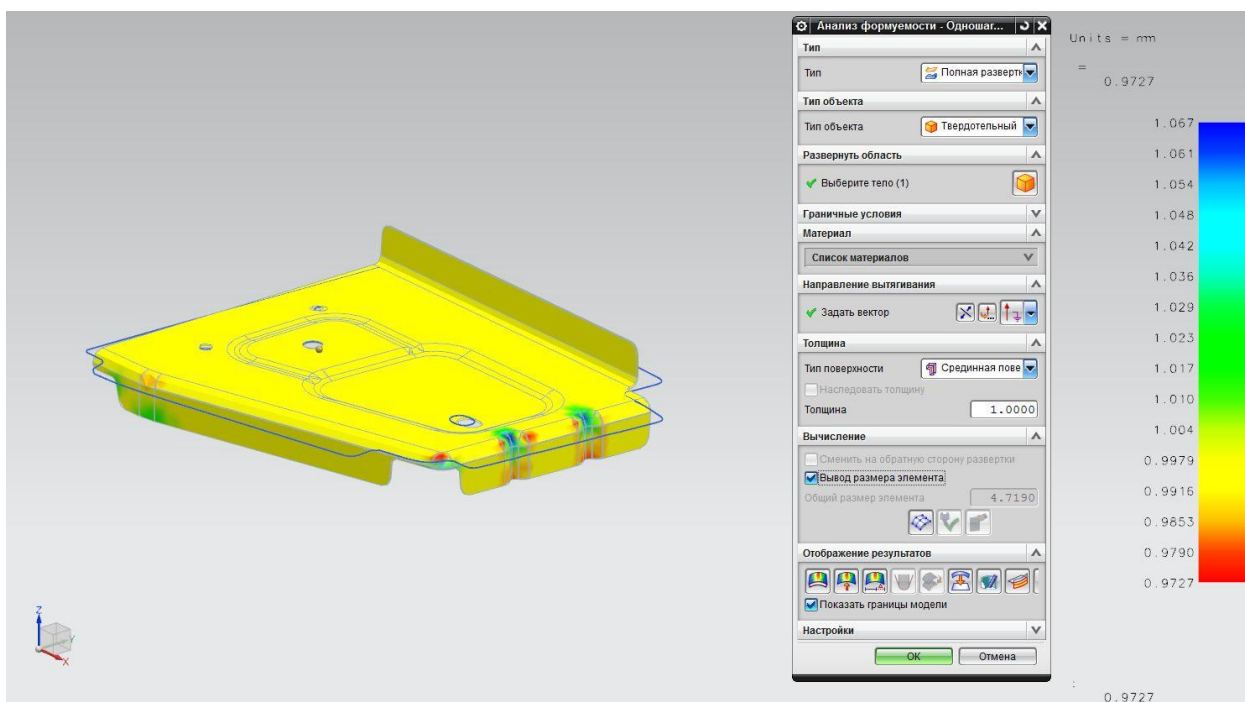


Рис.1.10 - Анализ формуемости - утолщения и утонения

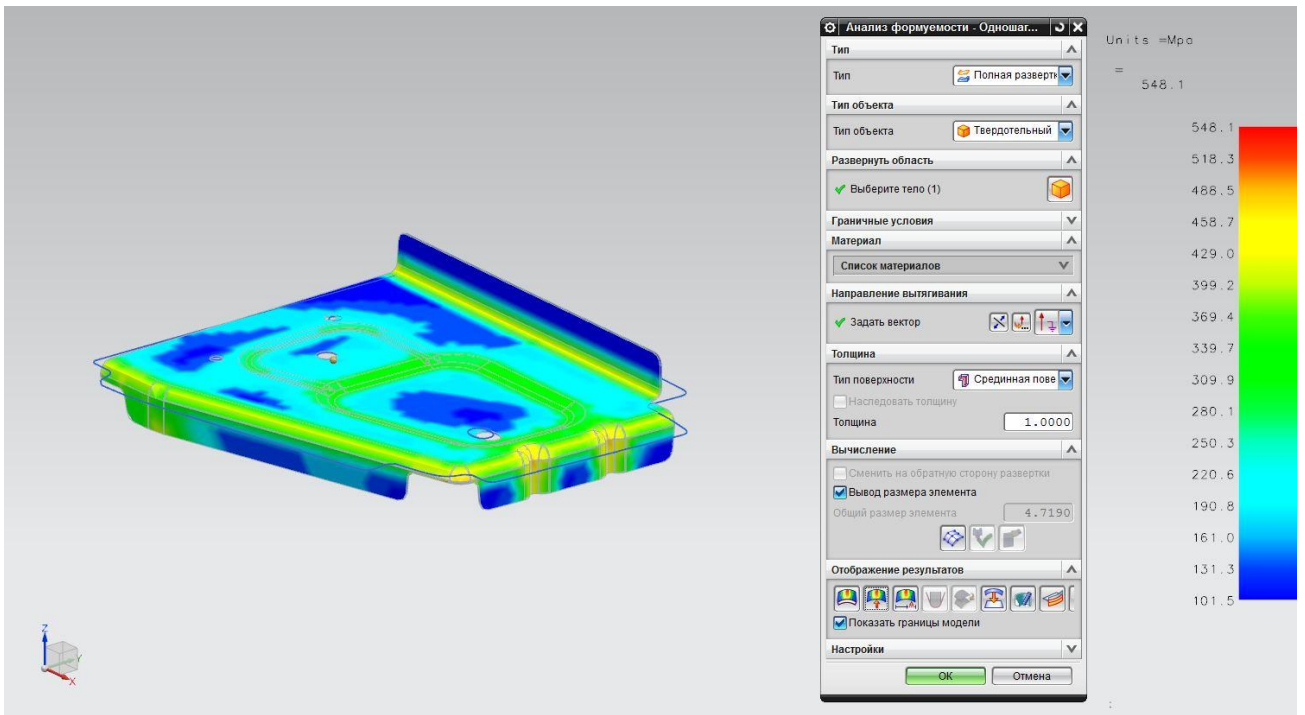


Рис.1.11 - Анализ формуемости - деформации

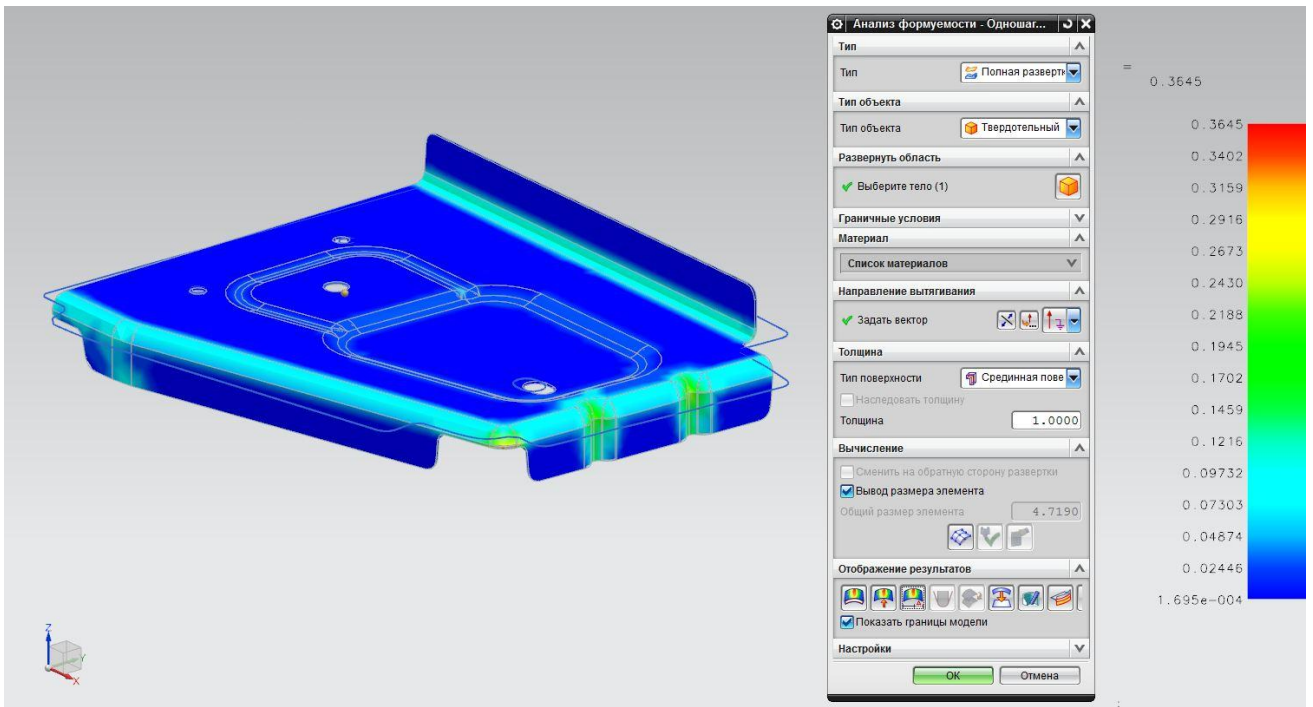


Рис.1.12 - Анализ формуемости - напряжения

1.2 Анализ базовой технологии изделия

Для производства детали «Кронштейн крепления ремня безопасности» машиностроительные предприятия используют следующую последовательность технологических операций (табл. 1.1)

Таблица 1.1- Технологические операции

№ операции	Название операции
10	Формовка
20	Обрезка по контуру
30	Пробивка отверстий
40	Фланцовка

Таблица 1.2 - Описание технологического процесса

Операция	Описание
Формовка	Формовка происходит на кривошипном прессе « <i>Erfurt PKZZ –III 250/2500</i> », усилием 2,5МН.
Обрезка по контуру	Фиксация выполняется при помощи пружин. После опускается инструмент для резки, выполняющий обрезку по контуру.
Пробивка отверстий	Пробивка отверстий выполняется на прессе « <i>Erfurt PKZZ –III 250/2500</i> ».
Фланцовка	Загиб фланцев производится с трех сторон: по двум противоположным боковым сторонам и передней части детали.

1.3 Выявление недостатков базовой технологии изготовления

При исследовании базовой технологии процесса изготовления детали типа «Кронштейн крепления ремня безопасности» обнаружилось определенные недостатки данной технологии:

1. исходная заготовка детали имеет большие размеры;
2. штамповка левой и правой деталей происходит на разных линиях.

1.4 Задачи выпускной квалификационной работы

Выявленные недостатки базового технологического процесса детали «Кронштейн крепления ремня безопасности» позволяют выделить следующие задачи по усовершенствованию данной технологии:

1. создать электронную геометрическую модель детали «Кронштейн крепления ремня безопасности»;
2. проанализировать базовую технологию изготовления;
3. определить энергосиловые параметры процесса штамповки;
4. выполнить анализ нового технологического процесса в программе *AutoForm*;
5. назначить оборудование и ввести средства автоматизации;
6. предложить план конструкции комбинированного штампа;
7. выполнить описание безопасности проекта и определить его экономическую эффективность.

В проектом технологическом процессе выполняются исследования по уменьшению затрат на производство детали без замены оборудования. Изменяется тип раскроя заготовки и производится внедрение спаренной штамповки из-за чего и осуществляется экономия материала.

2. Разработка технологического процесса

Разработка технологического процесса листовой штамповки заключается в том чтобы:

1. определить формы и размеры заготовки;
2. установить характер, количество и последовательность операций;
3. установить тип, мощность и габариты оборудования.

Разрабатывая технологический процесс, необходимо оценивать с экономической точки зрения совокупность всех планируемых операций. Технологический процесс должен обеспечить наименьшую себестоимость детали.

2.1 Порядок действий технологического процесса

Предлагаемый усовершенствованный технологический процесс существенно не изменяет порядок изготовления детали, он выполняется в такой же последовательности, но с использованием спаренной штамповки.

Расчетный вариант изготовления детали подразумевает следующие факты:

1. все операции будут выполняться на том же оборудовании;
2. применение спаренной штамповки;
3. использование комбинированного штампа.

В данном технологическом процессе разработано изготовление детали «Кронштейн крепления ремня безопасности» и была предложена более рациональная заготовка вместе с ее раскроем.

Перед тем как заготовки попадут на пресс, необходимо разрезать листы из материала сталь 08пс толщиной 1мм на заготовки размером 520×245. После этого заготовки укладываются в тару, затем загружаются в пресс.

Новый технологический процесс будет включать следующую последовательность операций, приведенных в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Описание нового технологического процесса

№	Операция	Описание операции
10	Формовка	На первой операции происходит изменение формы плоской заготовки, при котором внешний контур изделия остается неизменным.
20	Обрезка по контуру, пробивка отверстия в перемычке	Вторая операция включается в себя обрезку за контуру и пробивку отверстия.
30	Отрезка, пробивка отверстий	На третьей операции выполняется отрезка отхода и пробивка круглых отверстий и отверстия овальной формы.
40	Фланцовка	На последней финишной операции происходит загиб фланцев с трех сторон: по двум противоположным боковым сторонам и передней части детали.

2.2 Определение формы и размеров исходной заготовки

Снижение отходов в холодной листовой штамповке имеет важное значение. Для того чтобы рационально использовать материал рекомендуется изменить размер заготовки. Размер начальной заготовки равен 520×245.

Габаритные размеры заготовки можно определить несколькими вариантами .

Численный вариант определения габаритов заготовки.

Для численного метода необходимо воспользоваться САД-системой. NX позволяет проверять конструкцию деталей в соответствии с возможностями производства, используя анализ качества данных, анализ формуемости и формы развертки заготовки. Возможности одношагового анализа формуемости позволяют анализировать и строить промежуточные

формы и формы развертки заготовок для сложных деталей произвольной формы.

С помощью анализа формуемости была получена развертка заготовки детали «Кронштейн крепления ремня безопасности» (рис.2.1).

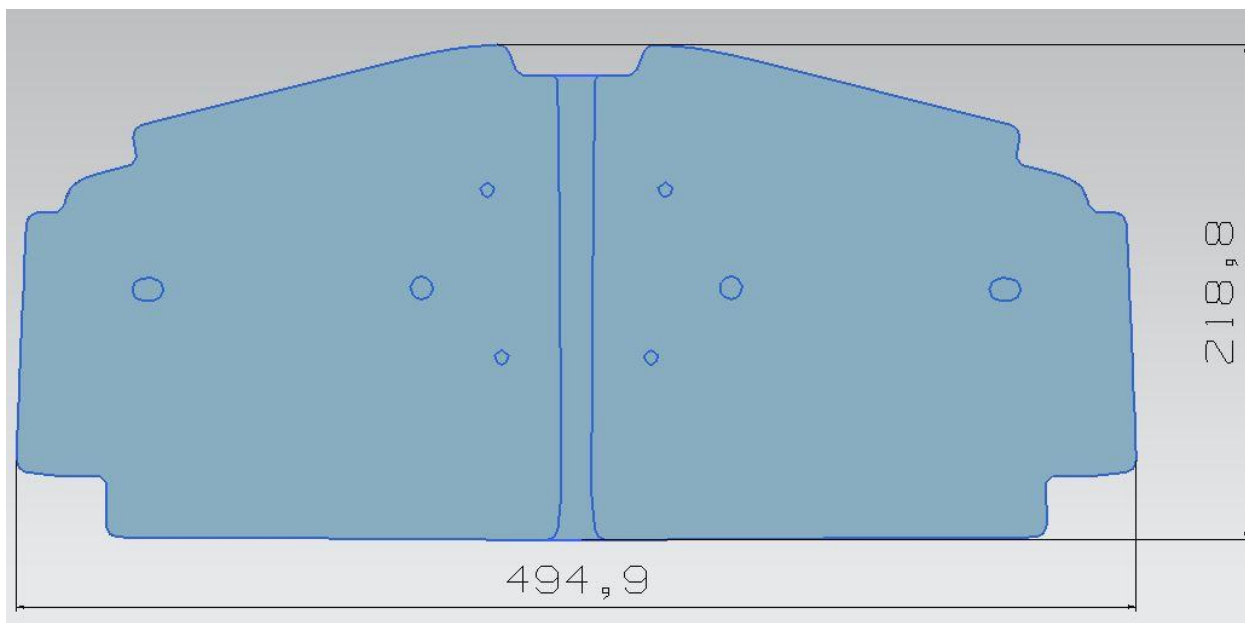


Рис.2.1 - Развертка заготовки детали «Кронштейн крепления ремня безопасности»

С помощью опции измерения расстояния были рассчитаны размеры длины и ширины развертки:

$$t_{\text{попереч}} = 218,8 \text{ мм}$$

$$t_{\text{прод}} = 494,9 \text{ мм}$$

Для технологических припусков ширины добавляется 12%:

$$T = 218,8 + (218,8 \cdot 0,12) = 245 \text{ мм} \quad \square$$

Из рассчитанного значения рекомендуется принять ширину заготовки в 245мм.

Для технологических припусков длины добавляется 5%:

$$T = 494,9 + (494,9 \cdot 0,05) = 519 \text{ мм} \quad \square$$

Из вычисленного значения рекомендуется принять длину заготовки в 520мм.

В результате, габаритные размеры заготовки 520×245мм(рис.2.2).

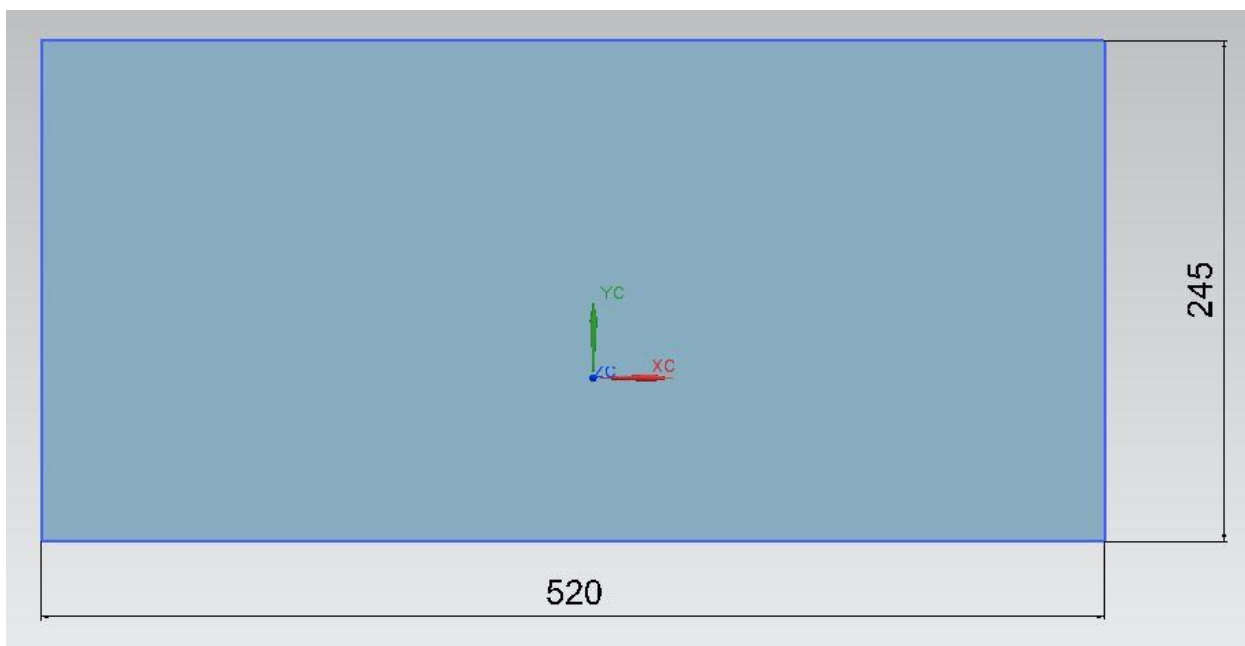


Рис.2.2 – Конечный вид заготовки, полученный численным методом Аналитический метод.

Для измерения длины поперечного и продольного разрезов, применяется функция в NX «Анализ – измерения тел». Измерение продольного разреза (рис.2.3) и измерение поперечного разреза (рис.2.4).

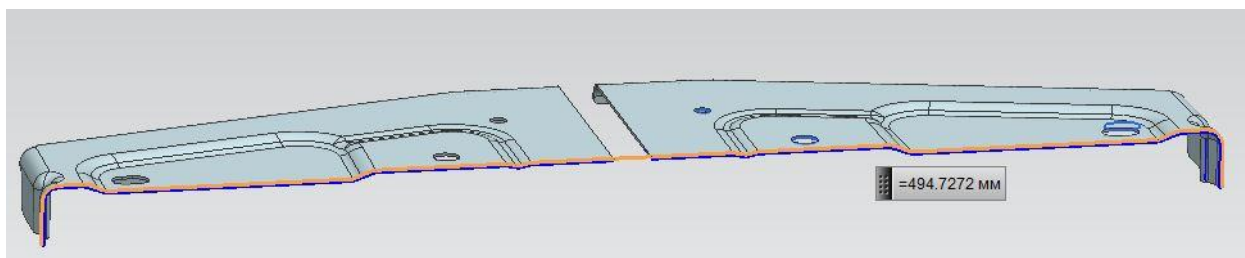


Рисунок 2.3 – Продольный разрез детали

$$T = 494,7 \text{ мм}$$

Для технологических припусков прибавим 5% в длину:

$$T = 494,7 + (494,7 \cdot 0,05) = 519 \text{ мм} \quad \square$$

Исходя из результатов измерения длина заготовки равна 520 мм.

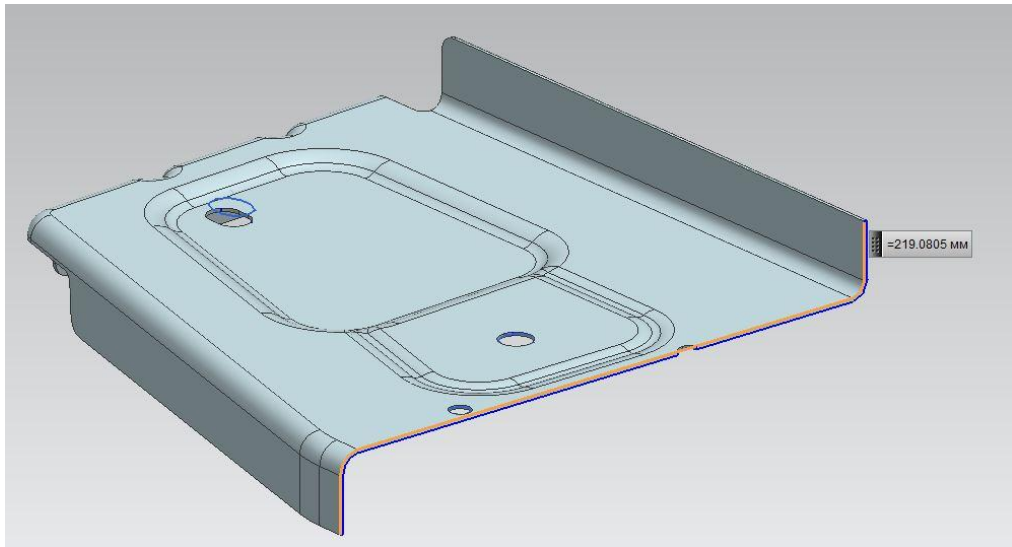


Рис.2.4 – Поперечный разрез детали

$$T = 219,1 \text{ мм}$$

Для технологических припусков прибавим 12% в ширину:

$$T = 219,1 + (219,1 \cdot 0,12) = 245 \text{ мм} \quad [7]$$

Исходя из результатов измерения ширина заготовки равна 245 мм.

В результате, габаритные размеры заготовки 520×245мм(рис.2.5).

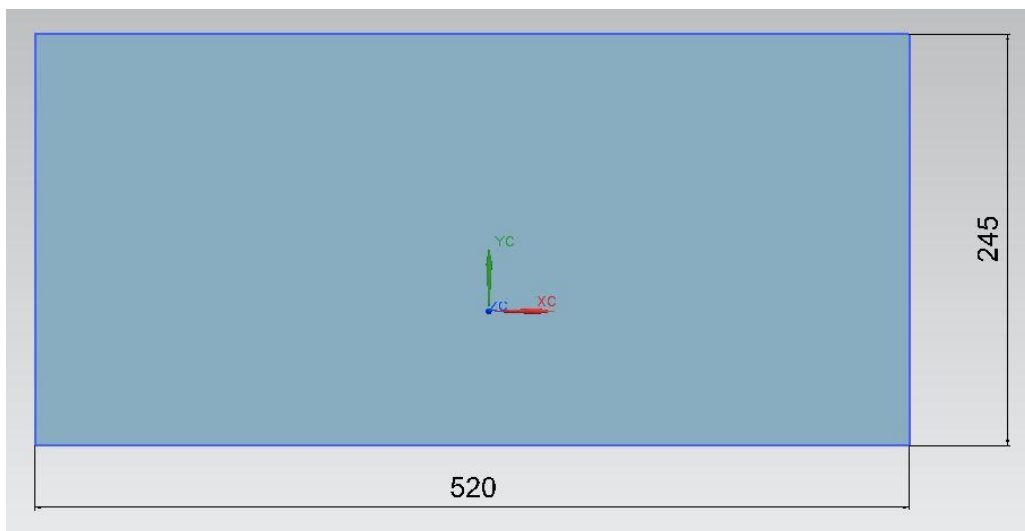


Рис.2.5 – Конечный вид заготовки, полученный аналитическим методом

2.3 Проектирование рационального раскроя материала и определение коэффициента использования металла

Рациональный раскрой металла характеризуется коэффициентом использования материала. Целью спаренной штамповки также является повышение показателей использования металла заготовки

Выполнение измерения площади развертки выполняется в NX с помощью «Анализ – измерение тел»(рис.2.6).«Анализ-измерение тел» используется для расчета объема, массы, площади поверхности, центра масс и веса выбранных тел.

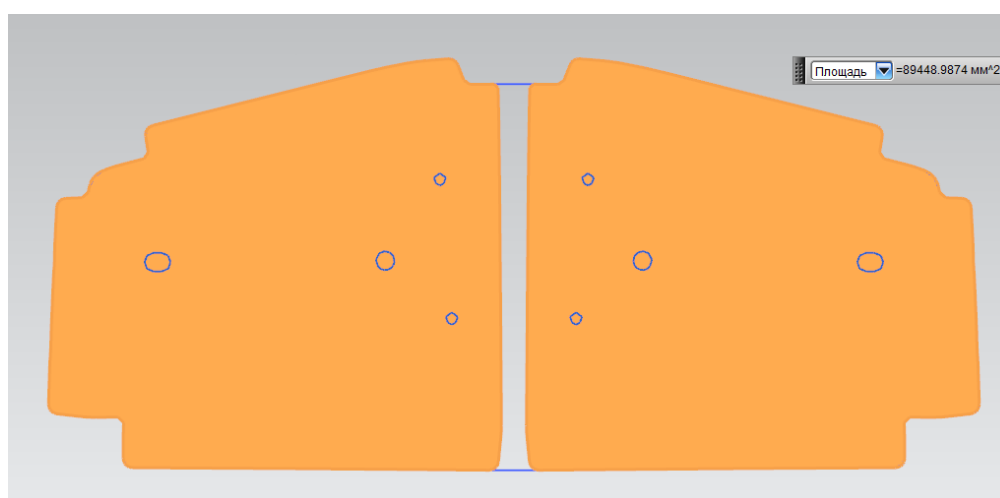


Рис.2.6 – Площадь развертки детали

Коэффициент использования материала (КИМ) определяется через площадь по формуле:

$$\eta = \frac{F_{дет}}{F_{заг}} \times 100\% \quad (2.1)$$

где $F_{дет} = 89449$ - площадь развертки детали, мм²;

$F_{заг} = 127400$ - площадь заготовки, мм².

$$\eta = \frac{F_{дет}}{F_{заг}} \times 100\% = \frac{89449}{127400} \times 100\% = 70\%$$

КИМ определяется через массу по формуле:

$$\eta = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} \times 100\% \quad (2.2)$$

где $m_{дет} = 0,7$ - масса детали, кг;

$m_{заг} = 1$ - масса заготовки, кг.

$$\eta = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} \times 100\% = \frac{0,7}{1} \times 100\% = 70\%$$

КИМ составляет 70%, а в базовом варианте 65%.

2.4 Нахождение энергосиловых параметров штамповки

Таблица 2.2. Исходные данные

Название	Индекс	Значение	Единицы измерения
Толщина материала	S	1	мм
Коэффициент, учитывающий возможное отклонение по толщине штампуемого материала	k	1,3	–
Сопротивление резу для стали 08пс	$\sigma_{ср}$	28	$\frac{кгс}{мм^2}$
Предел прочности для стали 08пс	σ_{ϵ}	33	$\frac{кгс}{мм^2}$
Площадь штампуемого рельефа	F	28523	мм ²
Коэффициент формовки	$k_{форм}$	1	–
Глубина формовки	h	3	мм
Площадь прижима	$F_{приж}$	17814	мм ²

Продолжение таблицы 2.2

Название	Индекс	Значение	Единицы измерения
Удельное усилие прижима	q	0,2	–
Справочный коэффициент	c	0,7	–
Табличный коэффициент	x	0,5	–
Коэффициент снятия	$k_{сн}$	0,07	–
Коэффициент проталкивания	$k_{прот}$	0,1	–
Высота фланца	$h_{фланц}$	17	мм

Таблица 2.3 – Расчет энергосиловых параметров операций

№ операции	Операция	Значения неизвестных параметров	Расчетные формулы		Полученный результат
10	Формовка	L=954мм	Усилие формовки	$P_{форм} = L \cdot S \cdot \sigma_{\sigma} \cdot k_{форм}$ $P_{форм} = 954 \cdot 1 \cdot 33 \cdot 1$	308кН
			Усилие прижима	$Q = F_{приж} \cdot q$ $Q = 17814 \cdot 0,2$	35кН
			Общее усилие	$P_{общ} = P_{форм} + Q$ $P_{общ} = 308 + 35$	343кН
			Работа формовки	$A = c \cdot \frac{P_{общ} \cdot h}{1000}$ $A = 0,7 \cdot \frac{343 \cdot 3}{1000}$	0,7кДж

Продолжение таблицы 2.3

№ операции	Операция	Значения неизвестных параметров	Расчетные формулы		Полученный результат
20	Обрезка по контуру	L=446мм	Усилие обрезки	$P = L \cdot S \cdot \sigma_{cp} \cdot k$ $P = 446 \cdot 1 \cdot 28 \cdot 1,3$	160кН
			Работа обрезки	$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}$ $A = 0,5 \cdot \frac{160 \cdot 1}{1000}$	0,08кДж
	Пробивка отверстия	L=30мм	Усилие пробивки	$P_{проб} = L \cdot S \cdot \sigma_{cp} \cdot k$ $P_{проб} = 30 \cdot 1 \cdot 28 \cdot 1,3$	11кН
			Усилие снятия	$P_{сн} = k_{сн} \cdot P_{проб}$ $P_{сн} = 0,07 \cdot 11$	0,8кН
			Усилие проталкивания	$P_{прот} = k_{прот} \cdot P_{проб}$ $P_{прот} = 0,1 \cdot 11$	1,1кН
			Общее усилие	$P_{общ} = P_{проб} + P_{сн} + P_{прот}$ $P_{общ} = 11 + 0,8 + 1,1$	12,9кН
			Работа пробивки	$A = x \cdot \frac{P_{общ} \cdot S}{1000}$ $A = 0,5 \cdot \frac{12,9 \cdot 1}{1000}$	0,01кДж

Продолжение таблицы 2.3

№ операции	Операция	Значения неизвестных параметров	Расчетные формулы		Полученный результат
30	Отрезка	L=374мм	Усилие отрезки	$P_{отрез} = L \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot k$ $P_{отрез} = 374 \cdot 1 \cdot 28 \cdot 1,3$	134кН
			Работа отрезки	$A = x \cdot \frac{P \cdot S}{1000}$ $A = 0,5 \cdot \frac{134 \cdot 1}{1000}$	0,1кДж
	Пробивка отверстий	L=20,5мм	Усилие пробивки 4-х отверстий \varnothing 6,5 мм	$P_{проб} = L \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot k$ $P_{проб} = 4 \cdot 20,5 \cdot 1 \cdot 28 \cdot 1,3$	29кН
			Усилие снятия	$P_{сн} = k_{сн} \cdot P_{проб}$ $P_{сн} = 0,07 \cdot 29$	2кН
			Усилие проталкивания	$P_{прот} = k_{прот} \cdot P_{проб}$ $P_{прот} = 0,1 \cdot 29$	2,9кН
			Общее усилия пробивки 4-х отверстий диаметром 6,5 мм	$P_{общ} = P_{проб} + P_{сн} + P_{прот}$ $P_{общ} = 29 + 2 + 2,9$	33,9кН
			Работа пробивки 4-х отверстий \varnothing 6,5 мм	$A = x \cdot \frac{P_{общ} \cdot S}{1000}$ $A = 0,5 \cdot \frac{33,9 \cdot 1}{1000}$	0,02кДж

Продолжение таблицы 2.3

№ операции	Операция	Значения неизвестных параметров	Расчетные формулы		Полученный результат
30	Пробивка отверстий	L=31,4мм	Усилие пробивки 2-х отверстий Ø10мм	$P_{проб} = 2 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot k$ $P_{проб} = 2 \cdot 31,4 \cdot 1 \cdot 28 \cdot 1,3$	22кН
			Усилие снятия	$P_{сн} = k_{сн} \cdot P_{проб}$ $P_{сн} = 0,07 \cdot 22$	1,54кН
			Усилие проталкивания	$P_{прот} = k_{прот} \cdot P_{проб}$ $P_{прот} = 0,1 \cdot 22$	2,2кН
			Общее усилия пробивки 4-х отверстий Ø 6,5 мм	$P_{общ} = P_{проб} + P_{сн} + P_{прот}$ $P_{общ} = 22 + 1,54 + 2,2$	25,74кН
			Работа пробивки 2-х отверстий Ø10 мм	$A = x \cdot \frac{P_{общ} \cdot S}{1000}$ $A = 0,5 \cdot \frac{25,74 \cdot 1}{1000}$	0,01кДж

Продолжение таблицы 2.3

№ операции	Операция	Значения неизвестных параметров	Расчетные формулы		Полученный результат
30	Пробивка отверстий	L=39,4мм	Усилие пробивки овального отверстия	$P_{проб} = L \cdot S \cdot \sigma_{cp} \cdot k$ $P_{проб} = 39,4 \cdot 1 \cdot 28 \cdot 1,3$	14кН
			Усилие снятия	$P_{сн} = k_{сн} \cdot P_{проб}$ $P_{сн} = 0,07 \cdot 14$	0,9кН
			Усилие проталкивания	$P_{прот} = k_{прот} \cdot P_{проб}$ $P_{прот} = 0,1 \cdot 14$	1,4кН
			Общее усилие	$P_{общ} = P_{проб} + P_{сн} + P_{прот}$ $P_{общ} = 14 + 0,9 + 1,4$	16,3кН
			Работа пробивки овального отверстия	$A = x \cdot \frac{P_{общ} \cdot S}{1000}$ $A = 0,5 \cdot \frac{16,3 \cdot 1}{1000}$	0,01кДж

Продолжение таблицы 2.3

№ операции	Операция	Значения неизвестных параметров	Расчетные формулы		Полученный результат
40	Фланцовка	L=724мм	Усилие фланцовки	$P_{\text{фланц}} = 1,25 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{с}} \cdot k$ $P_{\text{фланц}} = 1,25 \cdot 724 \cdot 1 \cdot 33 \cdot 1,3$	380кН
			Усилие прижима	$P_{\text{приж}} = F \cdot q$ $P_{\text{приж}} = 17814 \cdot 0,2$	35кН
			Общее усилие	$P_{\text{общ}} = P_{\text{фланц}} + P_{\text{приж}}$ $P_{\text{общ}} = 380 + 35$	415кН
			Работа фланцовки	$A = c \cdot \frac{P_{\text{общ}} \cdot h_{\text{фланц}}}{1000}$ $A = 0,7 \cdot \frac{415 \cdot 17}{1000}$	5кДж

Таблица 2.4 –Общие значение усилия и работы для операций

№ операции	Название операции	Усилие, Р		Работа, А	
		Значение	Единицы измерения	Значение	Единицы измерения
10	Формовка	343	кН	0,7	кДж
	Обрезка по контуру, пробивка отверстия в перемычке	173	кН	0,09	кДж
20	Отрезка, пробивка отверстий	210	кН	0,14	кДж
	Фланцовка	415	кН	5	кДж

3. Инженерный анализ напряженно – деформированного состояния детали

«Система *AutoForm*- это разработка компании *AutoForm Engineering*. Самая популярная система в всемирной автомобильной промышленности и листоштамповочном производстве в силу сочетания скорости работы, удобства использования и точности достижения результатов. Специализирована для:

1. анализа штампуемости детали;
2. совершенствования геометрии вытяжных переходов и заготовки;
3. улучшения раскроя листа;
4. компьютерной проверки штампов и техпроцессов листовой штамповки.

Пакет *AutoForm* значителен специализированным программным обеспечением для совершенствования технологического процесса листовой штамповки. *AutoForm* создан для анализа операций вытяжки и гибки, используемых в автомобильной промышленности. При моделировании процесса штамповки *AutoForm* выполняет автоматическую адаптацию сетки в процессе анализа, что позволяет точно описать геометрию электронной модели и получить точные результаты»[16].

3.1 Создание проекта в *AutoForm^{plusR7}*

В программе *NX 9.0* была создана электронная геометрическая модель детали «Кронштейн крепления ремня безопасности» с использованием панели инструментов «Поверхности» (рис.3.1).

Модель сохранена в формате IGES (Initial Graphics Exchange) для импортирования в программу *AutoForm^{plusR7}*.

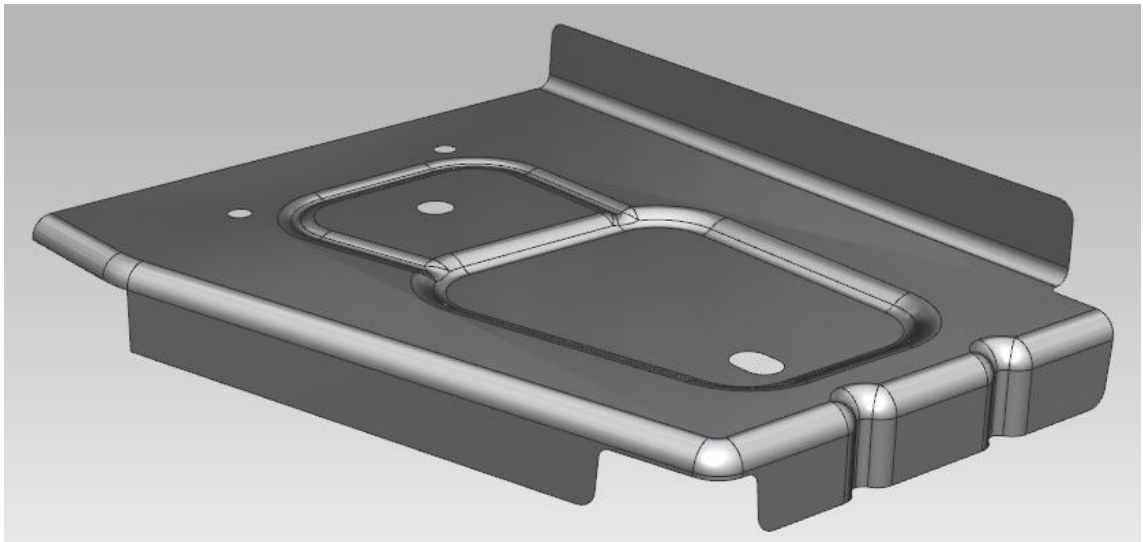


Рис.3.1- Электронная геометрическая модель детали «Кронштейн крепления ремня безопасности», созданная с помощью поверхностей

После импортирования 3D модели во вкладке *Part*→*Material*→*Add a material* (рис.3.2) выбирается материал и задается толщина листа:

1. материал детали: зарубежный аналог марки стали 08пс- DC04;
2. толщина: 1мм.

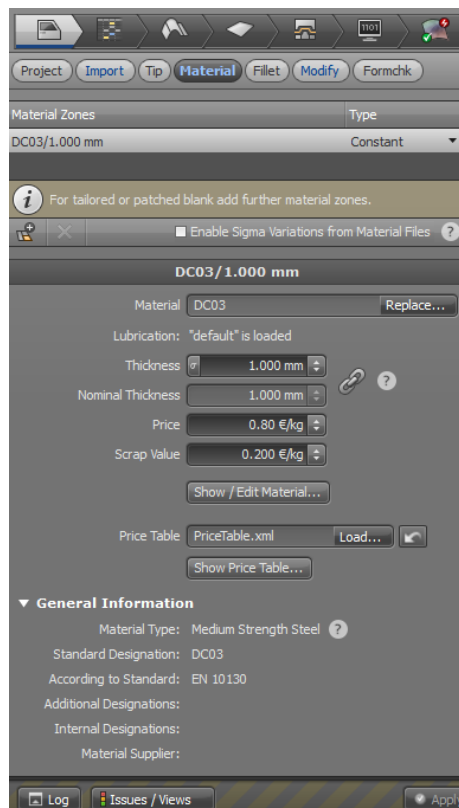


Рис.3.2 - Выбор материала и толщина

Во вкладке *Plan* создается план процесса (в данном случае выбирается вытяжка (*draw*), обрезка (*trim*), формообразование(*form trim*)) (рис.3.3).

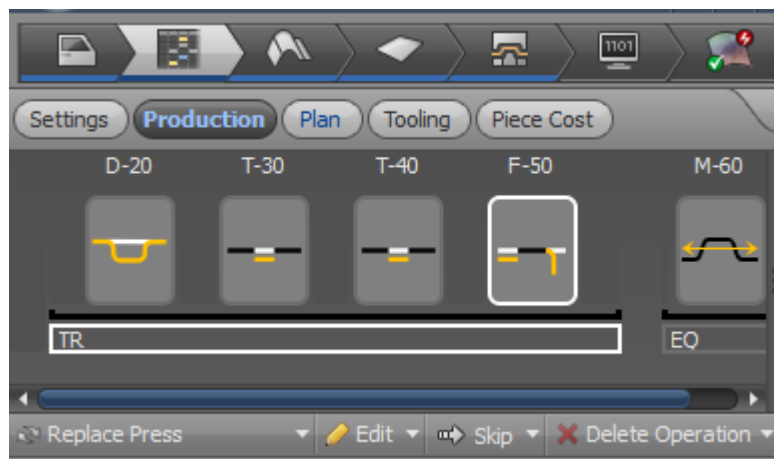


Рис.3.3 - Операции процесса

Во вкладке *Die Face* создается штамп для формовки (матрица, прижим и пуансон) (рис.3.4).

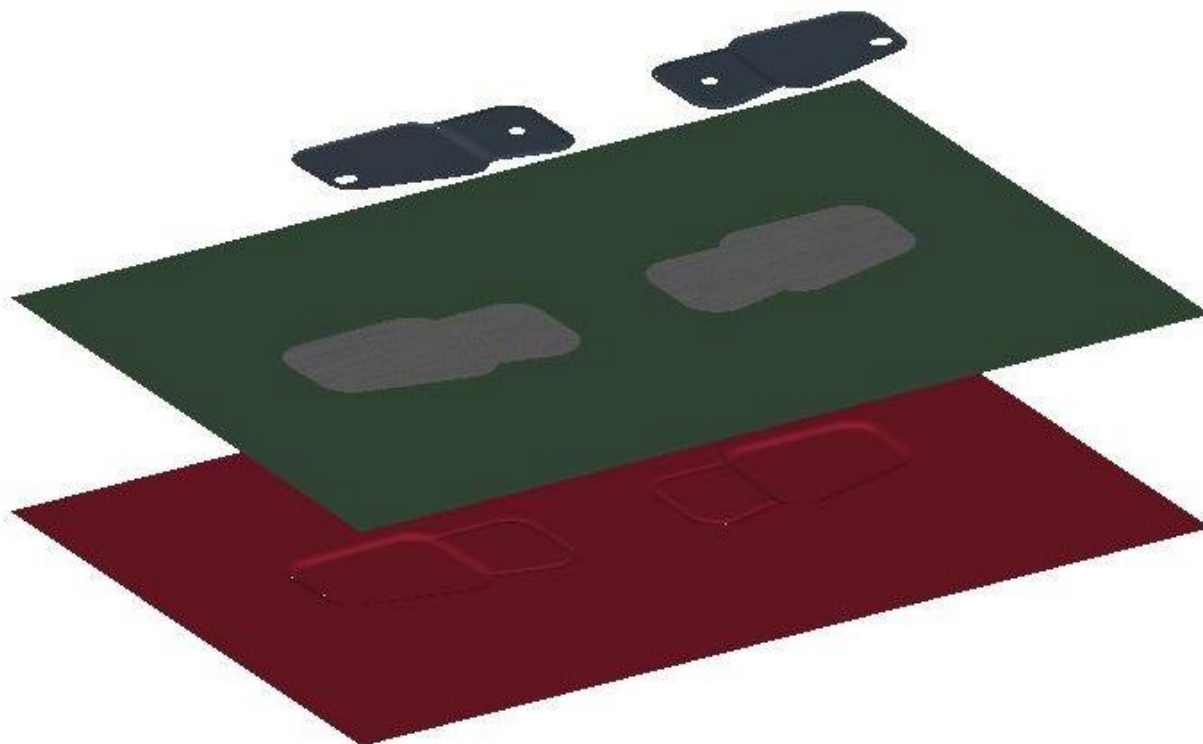


Рис.3.4-Формообразующий инструмент

Во вкладке *Blank* задается заготовка для формовки (рис.3.5)

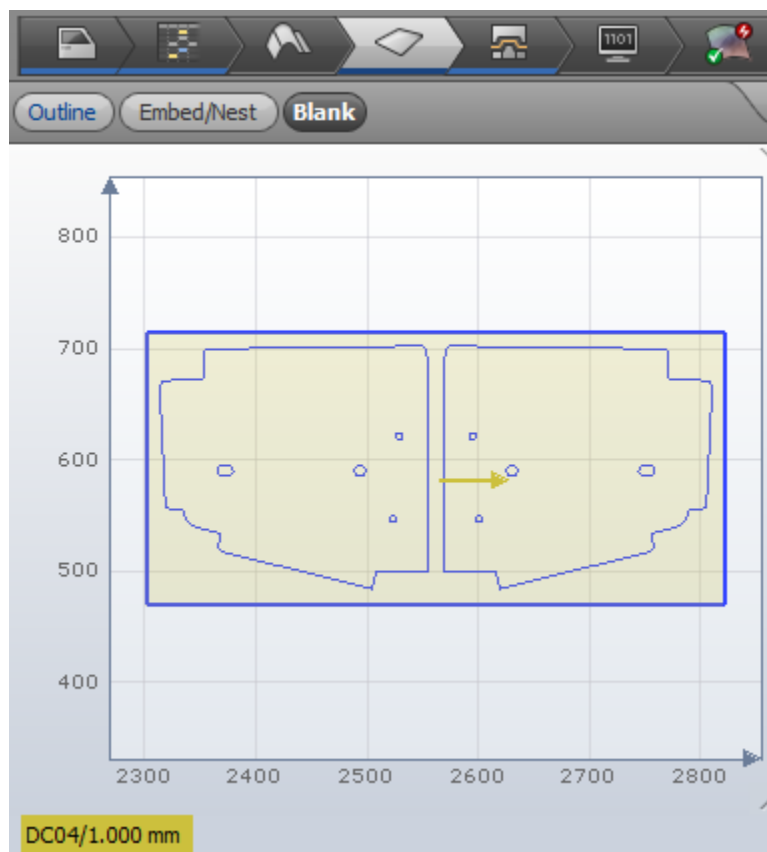


Рис.3.5-Заготовка для формовки

Во вкладке *Die Face* создается рабочий инструмент для обрезки по контуру (рис.3.6).

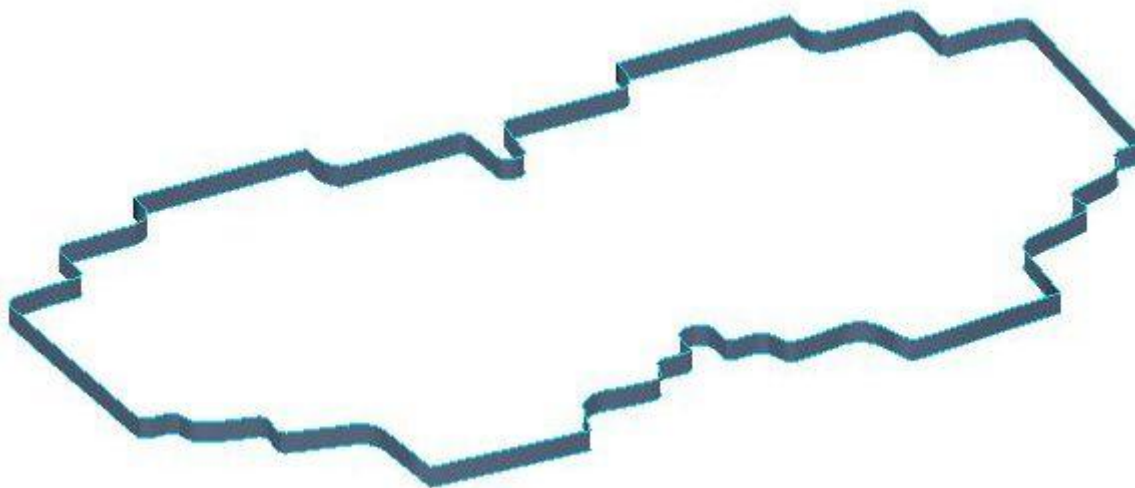


Рис.3.6- Рабочий инструмент для обрезки по контуру

Во вкладке *Die Face* создается рабочий инструмент для обрезки и пробивки отверстий (рис.3.7).

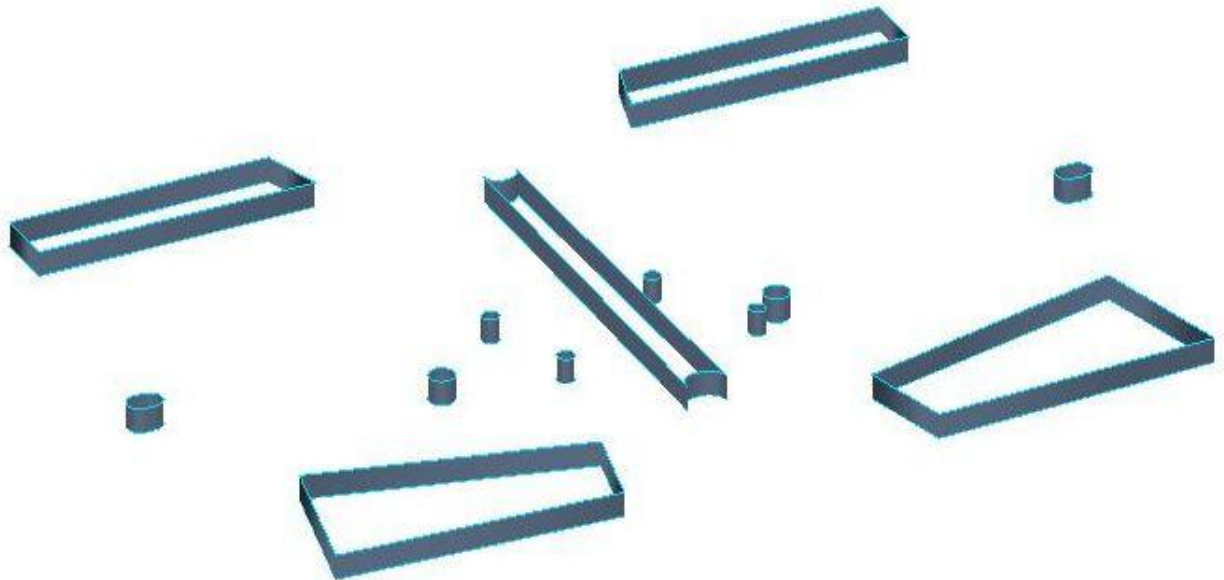


Рис.3.7- Рабочий инструмент для операций отрезки и пробивки отверстий

Во вкладке *Die Face* создается рабочий инструмент для фланцовки (рис.3.8).

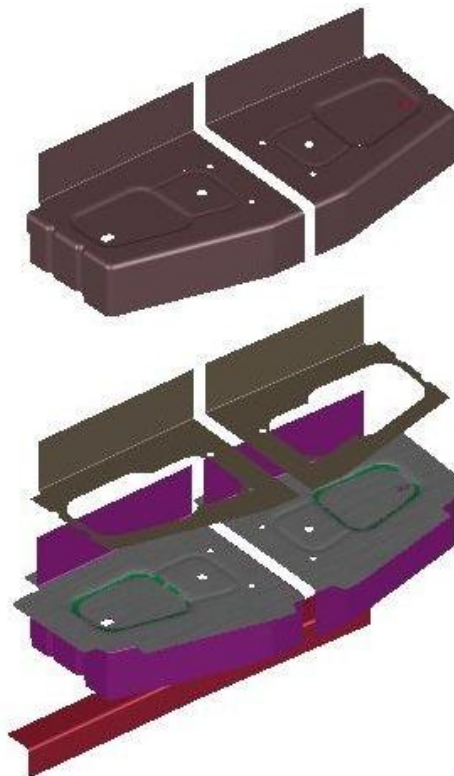


Рис.3.8- Инструмент для фланцовки

Во вкладке *Simulation* запускается расчет операций.

3.2 Результат моделирования процессов в *AutoForm[^] plusR7*

Результат моделирования процессов представлен на рис.3.9

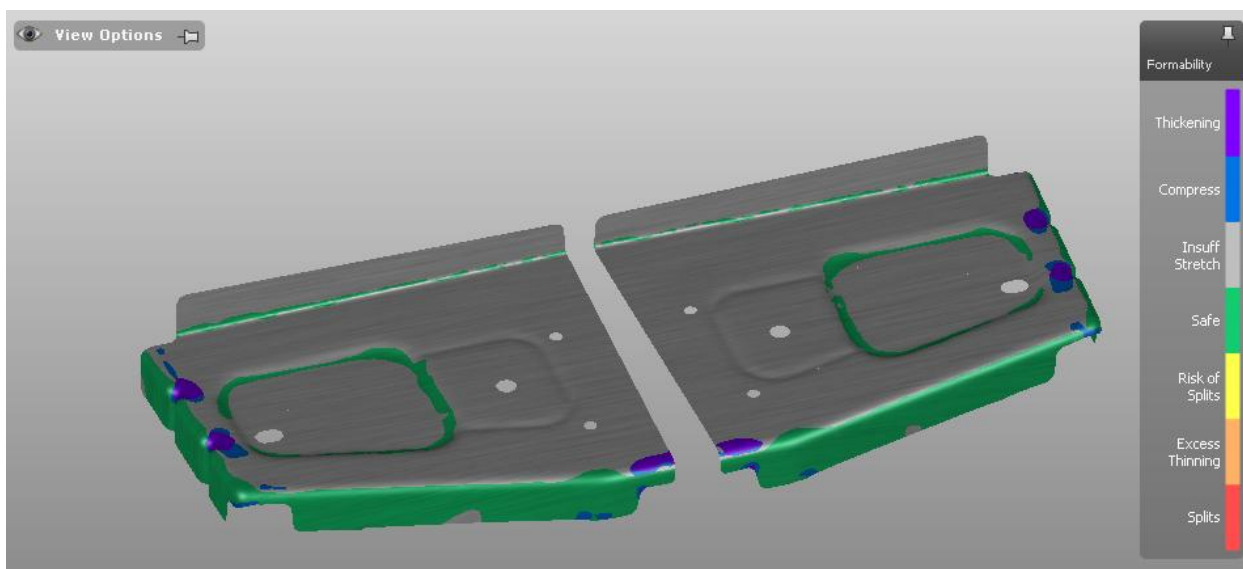


Рис.3.9- Результат моделирования

Splits: Область, в которой наступает (происходит) разрыв. Эта область лежит выше правой предельного формоизменения применяемого материала.

Excessive thinning: В этой области утонение материала больше, чем предварительно заданное максимально допустимое утонение (по умолчанию этот показатель для стали составляет 30 %)

Risk of splits: В этой области существует опасность возникновения трещин. По умолчанию эта область охватывает зону от кривой предельного формоизменения и на 20 % ниже неё.

Safe: Все области, не содержащие изъянов (разрывы, складки, слишком большое утонение, недостаточное растяжение, опасность разрывов).

Insufficient Stretch: Области с недостаточным растяжением (по умолчанию 2%).

Compress: Области с опасностью возникновения складок. Эта область располагается по своим деформациям под диаграммой предельного формоизменения в зоне одноосного сжатия.

Thickening: Области, в которых ожидается складкообразование. Эта область располагается по своим деформациям ниже диаграммы предельного

формоизменения в зоне чистой вытяжки.

График на FLD (рис.3.10) отображает кривую предельного формоизменения (FLC), определяющую деформации, превышение которых вызывает появление разрывов в листовом материале. На эту диаграмму наносятся значения деформаций, рассчитанных при моделировании во всех конечных элементах. По диаграмме можно визуально судить о наличии разрывов и устойчивости процесса. Если значения деформаций во всех элементах находятся ниже FLC, то это означает, что процесс формоизменения проходит стабильно, без образования разрывов.

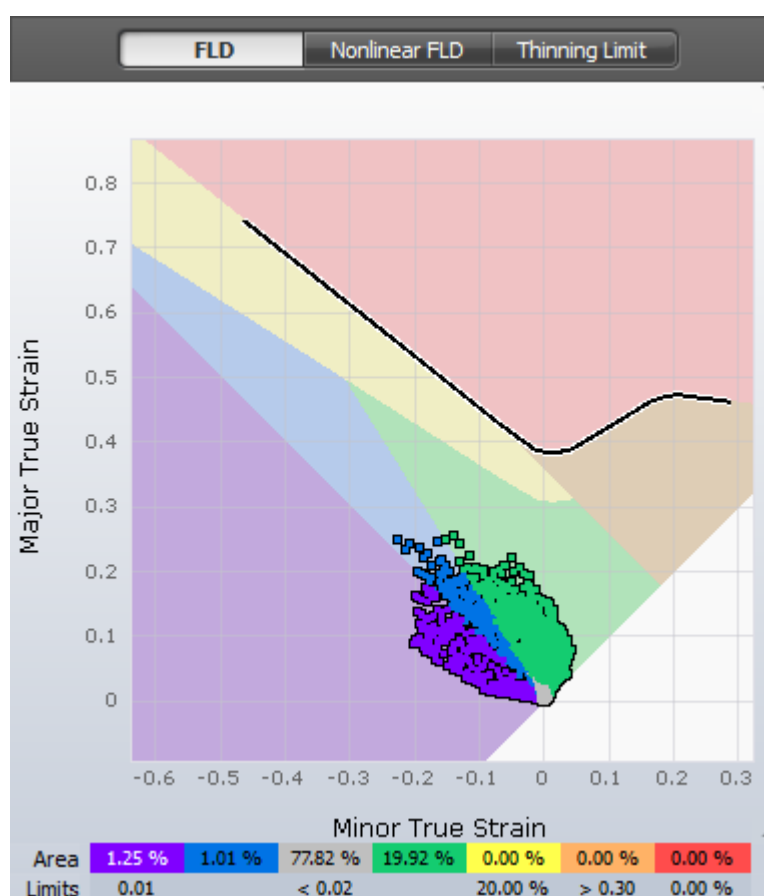


Рис.3.10-График на FLD

На рисунке 3.11 указано что максимальное утонение составляет около -30% от исходной толщины.

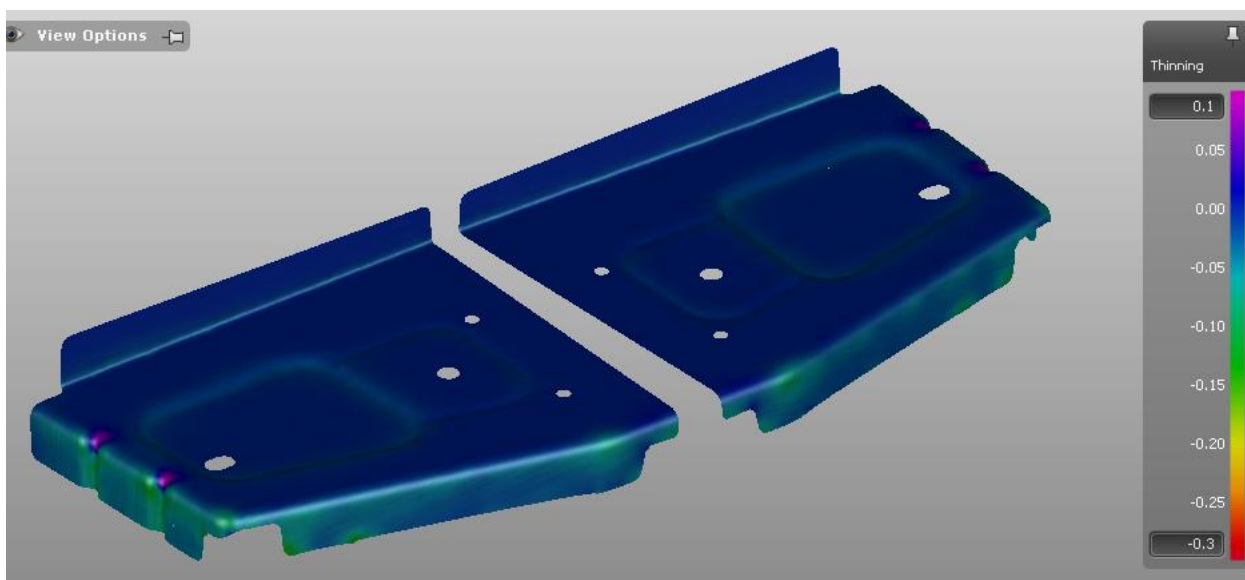


Рис.3.11- Изменение толщины (*Thickness* (утонение))

AutoForm предоставляет возможность отображать распределение пластических деформаций (рис.3.12).

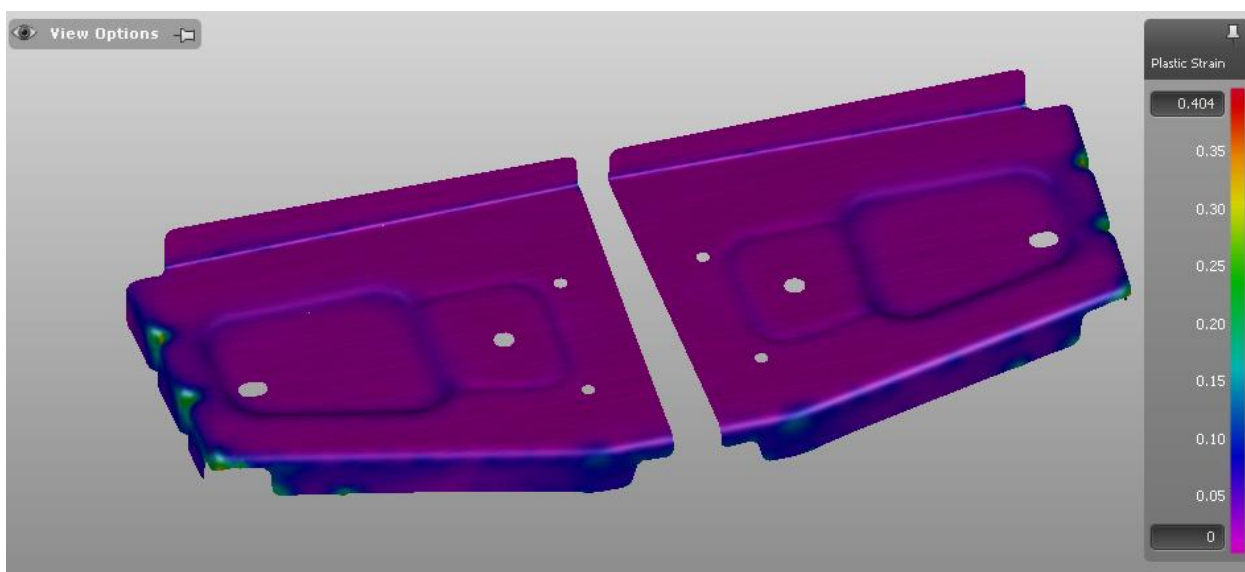


Рис.3.12- Пластические деформации (*Plastic Strain*)

3.3 Расчет упругого пружинения

«Масштабное применение высокопрочных сталей вызывает необходимость по-новому проектировать детали, разрабатывать технологические процессы и планировать производство»[8]. Решением всех перечисленных проблем является компьютерное моделирование. В данном разделе произведен расчет упругого пружинения в *AutoForm* .

Точность получения детали оценивается по результатам смещения изделия. В случае свободного пружинения определяются смещения относительно ссылочной геометрии готового изделия. Результат расчета представлен на рисунке 3.13

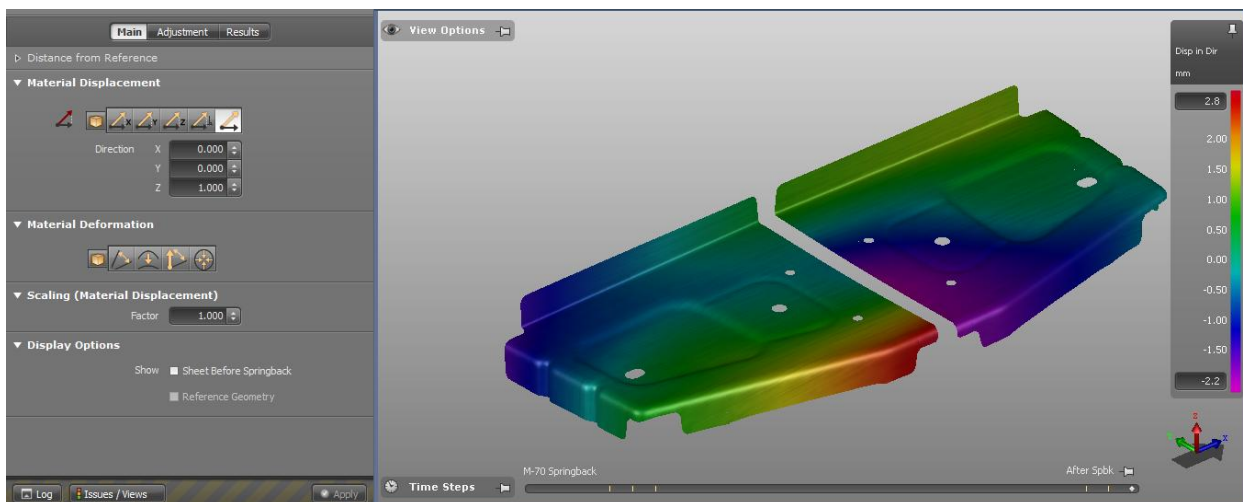


Рис.3.13– Поле распределения величины пружинения

На рисунке 3.14 представлено изменение угла после извлечения детали из штампа (максимальный угол составляет $2,74^\circ$).

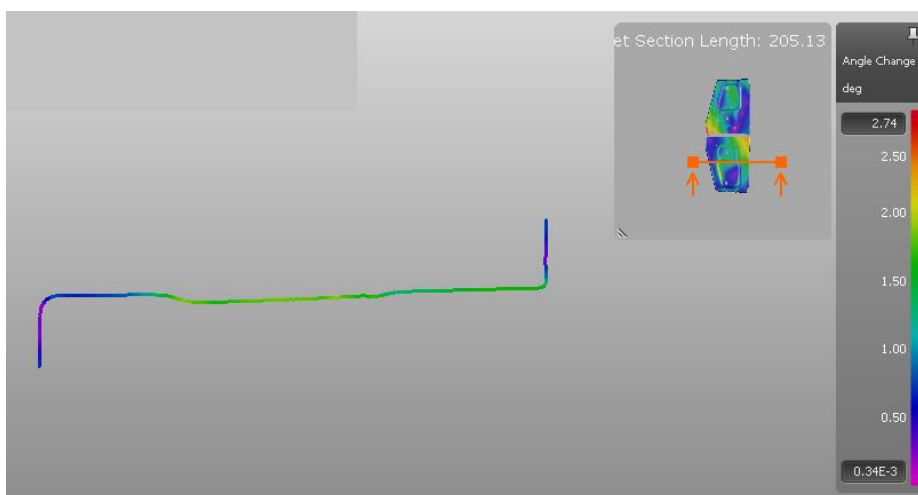


Рис.3.14– Изменение угла вследствие упругого пружинения

На рисунке 3.15 представлена величина перемещения пружинения в разрезе (серый цвет – положение детали в штампе; цветное поле – значения пружинения после извлечения из штампа). Величина перемещения составляет $\pm 0,005$ мм от номинального положения детали.

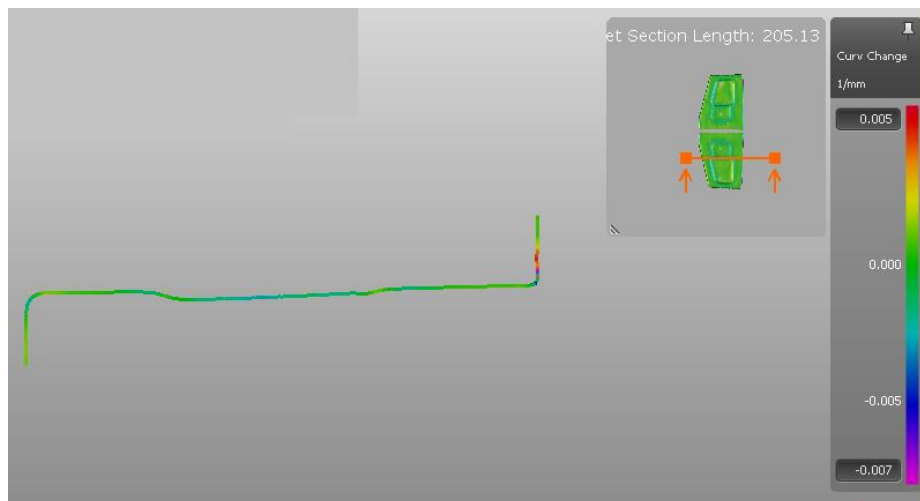


Рис.3.15– Перемещение пружинения

4. Выбор оборудования и средств автоматизации

4.1. Основные технические характеристики оборудования. Выбор размера и механических параметров оборудования

Выбирать оборудование нужно по максимальному усилию, рассчитанному на операциях, а также с использованием инженерного анализа процессов листовой штамповки в *AutoForm[^] plusR7*.

Усилие совмещенных операций при аналитическом расчете приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1- Общее усилие совмещенных операций

№ операций	Название операций	Общее усилие, P(МН)
10	Формовка Обрезка по контуру, пробивка отверстия в перемычке	0,8
20	Отрезка, пробивка отверстий Фланцовка	0,9

В аналитическом расчете усилие операции 10 составляет $P_{10} = 0,8\text{МН}$, а в результате моделирования в *AutoForm[^] plusR7* общее усилие $P_{10} = 0,78\text{МН}$. Общее усилие полученное с помощью *AutoForm[^] plusR7* практически совпадает с усилием, полученным аналитическим расчетом. Общее усилие операции 20 равно $P_{20} = 0,9\text{МН}$, а в результате моделирования в *AutoForm[^] plusR7* общее усилие $P_{20} = 0,9\text{МН}$. Общее усилие третьей и четвертой полученное с помощью *AutoForm[^] plusR7* полностью совпадает с усилием, полученным аналитическим расчетом.

Исходя из значения усилия выбран пресс *Erfurt PKZZ –III 250/2500* (табл.4.2).

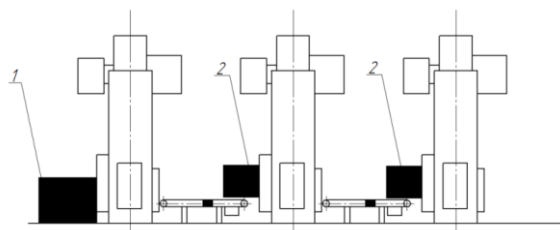
Таблица 4.2-Основные характеристики прессы *Erfurt PKZZ –III 250/2500*

№	Наименование параметров	Величины	Единицы измерения
1	Сила ползуна	2,5	МН
2	Ход ползуна	400	мм
3	Число ходов в минуту	20-25	
4	Максимальная глубина вытяжки	160	мм
5	Число холостых ходов ползуна	12	мин ⁻¹
6	Длина стола	2500	мм
7	Ширина стола	1400	мм
8	Количество рабочих частей	3	

4.2 Подбор необходимых средств автоматизации. Описание принципа их работы

В условиях массового производства, где используют механические или гидравлические прессы увеличить производительность труда и повысить безопасность можно как заменой оборудования на более современный аналог, так и модернизацией уже имеющихся прессов. Покупка нового, более технологического прессы требует хорошего финансового и экономического обоснования, а вот внедрение элементов автоматизации позволит достичь ожидаемых результатов за более скромные средства.

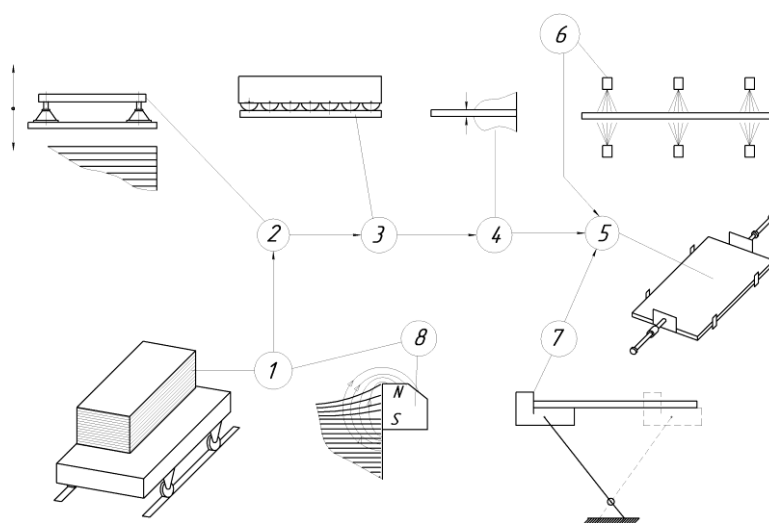
В данном случае для линии *Erfurt PKZZ –III 250/2500* необходимо внедрить загрузочное устройство и магнитное загрузочное устройство (рис.4.1)



1-загрузочное устройство; 2- магнитное загрузочное устройство.

Рис.4.1-Схема линии прессов

В качестве загрузочного устройства используется автоматический листозагрузчик. Схема работы автоматического листозагрузчика показана на рис.4.2.



1-накопитель; 2-подъемник; 3-транспортирующий механизм;
4-устройство для контроля слипшихся заготовок; 5-предзагрузочная позиция;
6-устройство для нанесения смазки; 7-досылатель;8- магнитный распушитель

Рис.4.2- Схема работы автоматического листозагрузчика

В качестве магнитного загрузочного устройства внедряются механические руки с магнитными захватами.

Механические подающие руки применяют для автоматической подачи мелких и средних листовых заготовок в случае невозможности перемещения их в одной плоскости. Механическая рука состоит из захватного органа, механизмов подъема и горизонтального перемещения захвата и механизма отделения заготовки от захвата.

Производительность механической руки зависит от размеров подаваемых ею заготовок, их конфигурации, от способа загрузки заготовок, а также от конструктивных особенностей обслуживаемого пресса и штампов.

На рисунке 4.4 показана схема линии *PKZZ –III 250/2500*.

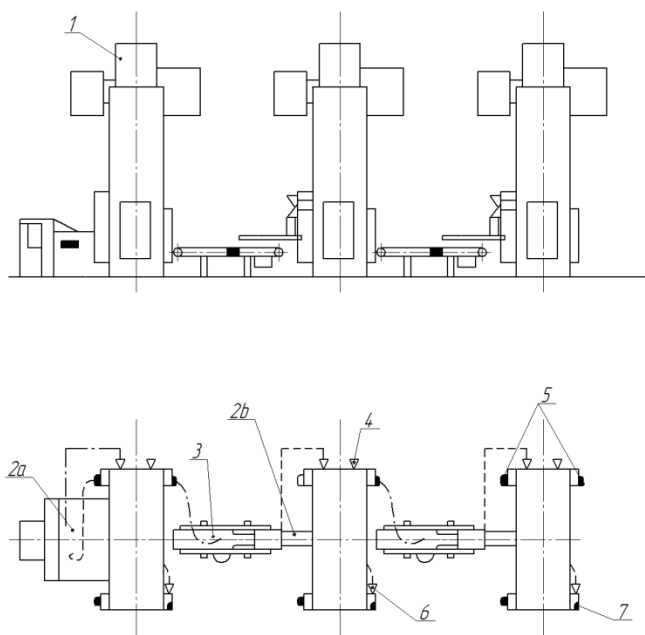


Рис.4.4- Схема линии *PKZZ –III 250/2500*

4.3 Схема работы линии

Заранее вырубленные штучные заготовки загружаются в листоагрузчик *2a*, после заготовки поступают на пресс, затем после выполнения операции полуфабрикат, с помощью ленточного транспортера *3* перемещается на следующую позицию, механическая рука с магнитными захватами *2b* подает полуфабрикат в штамп прессы.

5. Разработка конструкции штамповой оснастки

5.1 Описание и работа комбинированного штампа

Проектирование электронной геометрической модели комбинированного штампа выполнено в программном комплексе NX9.0.

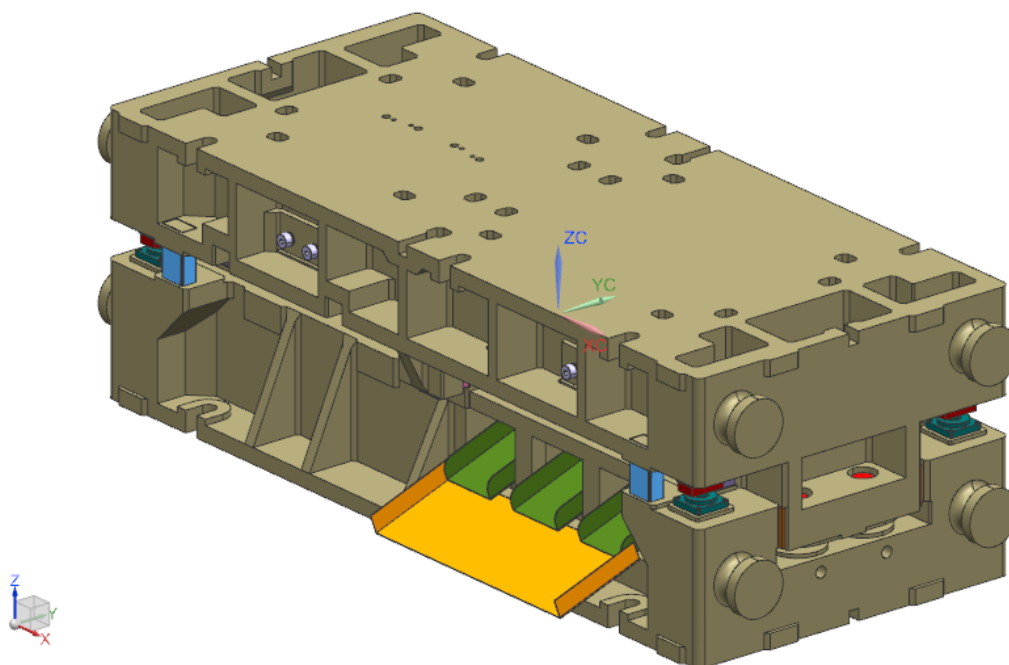


Рис.5.1-Электронная геометрическая модель комбинированного штампа

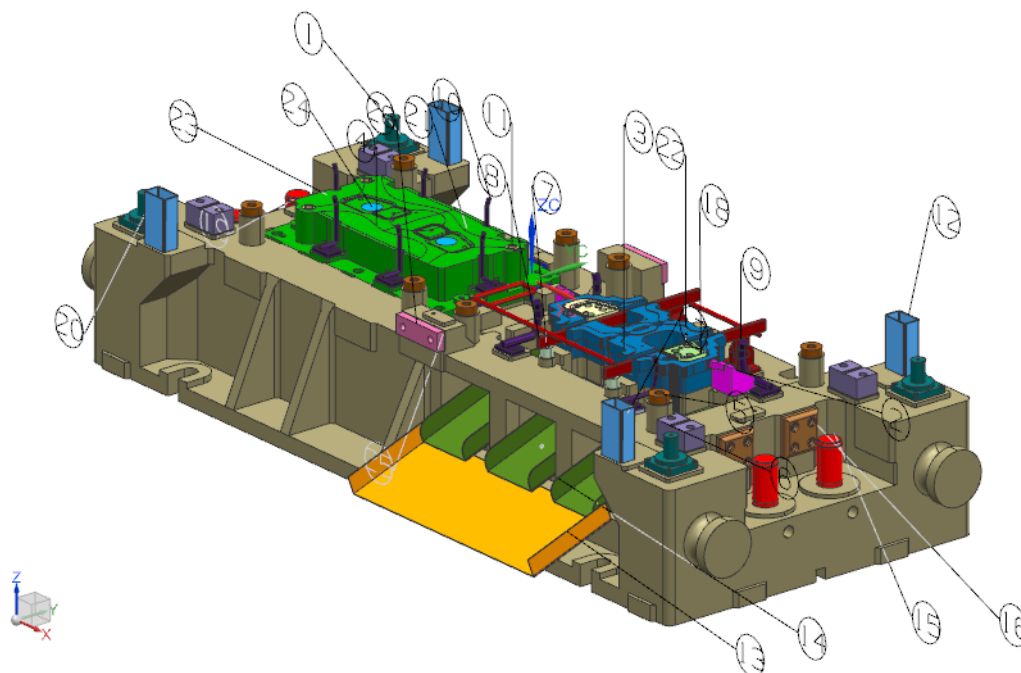


Рис.5.2-Электронная модель, описывающая геометрическую форму нижней половины штампа

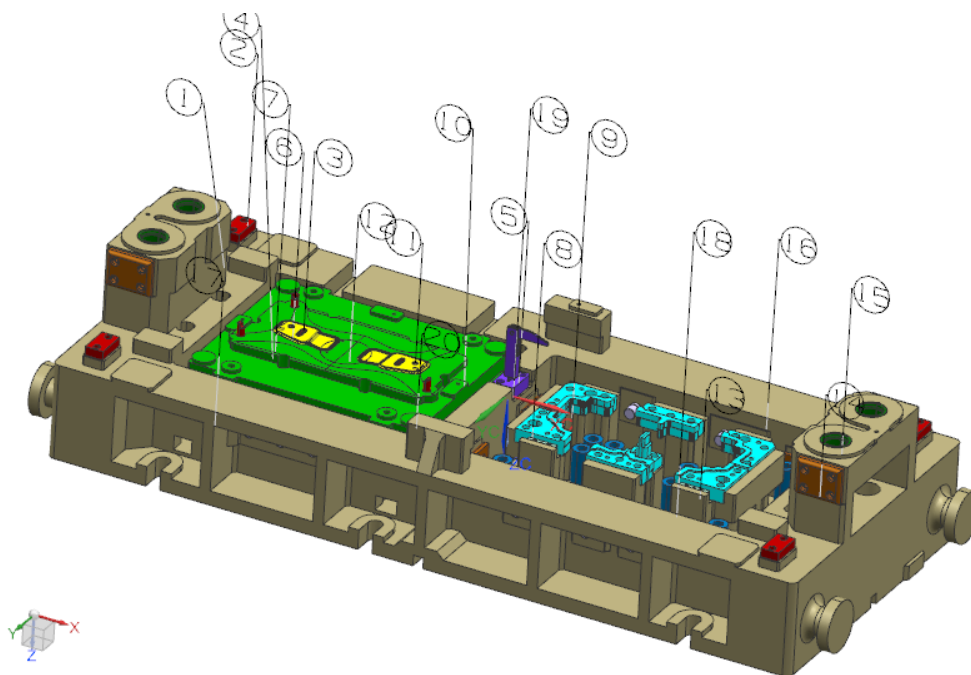


Рис.5.3-Электронная модель, описывающая геометрическую форму верхней половины штампа

Элементы штамповой оснастки для верхней и нижней половины приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1-Элементы комбинированного штампа для формовки и обрезки по контуру

Название	Элементы комбинированного штампа
Верхняя половина	<ul style="list-style-type: none"> - Пуансон - Прижим - Плиты - Приливы для отвода воздуха - Планки и плитки - Винты и штифты - Адаптер - Пружины - Ножницы
Нижняя половина	<ul style="list-style-type: none"> - Матрица - Нижняя плита - Система выталкивания - Приливы - Тормозные пороги - Винты и штифты - Адаптер - Инструмент для обрезки

Комбинированные штампы служат для одновременного выполнения двух операций за один ход ползуна прессы. В процессе работы комбинированного штампа выполняется формовка и обрезка по контуру. На первой операции происходит изменение формы плоской заготовки, при котором внешний контур изделия остается неизменным. Вторая операция включается в себя обрезку по контуру и пробивку отверстия. Первая и вторая операции совмещены.

5.2 Прочностные расчеты и выбор материалов деталей штампов

В штампах для холодной штамповки только формообразующие детали, т. е. пуансон и матрицу, изготавливают из инструментальной стали. В качестве материала для формообразующих деталей штампов применяют инструментальные стали, твердые сплавы, пластмассы и другие материалы.

Углеродистые инструментальные стали У7, У8, У9 и У10 пониженной прокаливаемости используют для изготовления матриц и пуансонов штампов для холодной штамповки, имеющих простую форму их рабочего контура.

Пуансоны и матрицы штампов для холодной штамповки более сложной формы делают из сталей марок Х, 9ХС, ХВГ, ХГС. Пуансоны и матрицы штампов для холодной штамповки весьма сложной формы изготавливают из сталей марок Х12Ф, Х12Т, Х12М высокой прокаливаемости. Эти стали, близкие по своим свойствам к быстрорежущим сталям, содержат около 1% углерода, 12% хрома и около 1% ванадия (титана или молибдена), характеризуются высокими прочностью, износостойкостью, теплостойкостью (около 500°С). Важным достоинством сталей высокой прокаливаемости являются малая деформация и, следовательно, сохранение размеров их рабочего контура при закалке.

В таблице 5.2 приведены необходимые материалы для рабочих частей штампа.

Таблица 5.2- Материалы штамповой оснастки

Наименование оснастки	Материал	Твердость	Обработка
Пуансоны	Сталь У10А	58-60HRC	Отжиг
Матрицы	Сталь 20Х	59-63HRC	Цементирование
Секции матриц	X12M1	59-63HRC	Цементирование
Плита верха	Сталь 45	58-60HRC	Цементирование
Нижняя плита	Чугун	59-63 HRC	Отжиг
Адаптер	Чугун ХФ	58-60HRC	Отжиг
Плитки направляющие	Сталь 20Х	58-60HRC	Цементирование
Направляющие	Сталь 45	59-63HRC	Цементирование
Прижимные секции	X12M1	59-63HRC	Цементирование
Шпонки	Сталь 45	32-39 HRC	Цементирование

5.3 Нахождение расчетов на прочность головки пуансона

Прочностному расчету подлежат пуансоны предназначенные для пробивки отверстий. На операции 30 происходит пробивка отверстий. Для выполнения выбираем пуансон с наименьшим диаметром.

Расчет на прочность головки пуансона диаметром $d=6,5$ мм

Таблица 5.3- Исходные данные

Обозначение	Название	Значение	Единицы измерения
F	Опорная поверхность пуансона	5,1	мм ²
P	Усилие пробивки	2957	кгс / мм ²
$\sigma_{см}$	Допускаемое напряжение при смятии	165	кгс / мм ²
E	Модуль упругости	$2 \cdot 10^3$	МПа
d	Диаметр пробиваемого отверстия	6,5	мм
n	Коэффициент безопасности	3	-

В таблице 5.4 произведены и показаны расчеты на прочность головки пуансона $d=6,5$ мм.

Таблица 5.4- Расчеты на прочность

Параметр	Формула и расчет	Результат	Вывод
Вычисление опорной поверхности пуансона на смятие	$\sigma_{см} = \frac{P}{F}$ $\sigma_{см} = \frac{29,5 \cdot 10^3}{5,1 \cdot 10^{-4}}$	57МПа	-
Главная поверхность пуансона	$F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ $f = \frac{6,5^2 \cdot 3,14}{4}$	5,1 мм ²	-
Вычисление пуансона на сжатие в наименьшем сечении	$\sigma_{сж} = \frac{P}{f}$ $\sigma_{см} = \frac{29,5 \cdot 10^3}{5,1 \cdot 10^{-4}}$	57МПа	57кгс/мм ² < 165кгс/мм ² Условие прочности на сжатие удовлетворяет
Вычисление свободной длины пуансона на продольный изгиб	$l = \sqrt[4]{\frac{E \cdot I}{n \cdot P}}$ $l = \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 0,029}}$	0,096м	-
Момент инерции	$I = \frac{d^4 \cdot \pi}{4}$ $I = \frac{6,5^4 \cdot 3,14}{4}$	1,4 · 10 ⁻⁹ мм ⁴	-

5.4 Идентификация исполнительных габаритных размеров элементов

Расчет надлежащих габаритных размеров пуансона для пробивки отверстия диаметром $d = 10$ мм

Таблица 5.5- Расчет исполнительных размеров пуансона

Для отверстия $d = 10^{+0,1}$	$A_{п} = \text{A} + \Delta_{\text{дп}} = \text{A} + 0,1_{-0,027} = 10,1_{-0,027}$ мм
Размер отверстия (матрицы)	$A_{м} = \text{A} + \Delta_{\text{м}} = 10,14^{+0,027}$ мм

5.5 Определение центра давления штампа

Расчет центра давления штампа представлен в таблице 5.6

Таблица 5.6-Расчет центра давления штампа

Наименование	Формула	Результат
Центр давления штампа	$X_c = \frac{x_1 \cdot P_1 + x_2 \cdot P_2}{P_1 + P_2}$ <p>x_1, x_2- абсциссы центров тяжести; P_1, P_2-усилие.</p> $X_c = \frac{525 \cdot 0,8 + 1575 \cdot 0,9}{0,8 + 0,9}$	1050мм

6. Безопасность и экологичность объекта

6.1 Технологическое описание рабочего места

Прессовое производство (ПрП) располагается в отдельном здании, где находятся специализированные склады для приема, хранения и выдачи металла, а также цехи для крупной, средней и мелкой штамповки. В ПрП размещены заготовительные отделения, хранилища для штампов и необходимых приспособлений, а также хранилище готовой продукции. В здании также находятся производственное помещение изготовления штампов, цехи по ремонту и транспортно-складских операций. Производственная площадь ПрП составляет около 300 тысяч м².

На одной второй площади прессового производства, размещены два помещения, расположенных ниже уровня земли, под первым этажом площадью 27000м² и 18000м² для установки в них уборочных транспортеров отходов. Перекрытие собрано частично из железобетонных плит, выдерживающих нагрузку 10 т/м² уложенных по балкам и деревянных щитов.

В помещениях цехов поддерживается определенная температура и влажность воздуха, также для удаления мелких твёрдых частиц и газообразных продуктов размещают установки местной вентиляции

Изготовление детали выполняется на участке штамповки, где установлена линия прессов *PKZZ-III 250/2500* усилием 2,5 МПа. Линия обслуживается персоналом, состоящим из двух операторов. Поставка заготовок к линии прессов выполняется с помощью погрузчика. Перемещение заготовок осуществляется с помощью ленточного транспортера.

Таблица 6.1- Технологический паспорт объекта

№ п/п	Процесс	Технологическая процедура, вид работ	Наименование должности работника	Оборудование	Материалы
1	Штамповка	Формовка; обрезка по контуру, пробивка отверстия в перемычке	Оператор по штамповке	Пресс« <i>Erfurt PKZZ –III 250/2500</i> », усилием 2,5МН	ст. х/к 08пс ОСВ–II–Б
2	Штамповка	Отрезка, пробивка отверстий; фланцовка	Оператор по штамповке	Пресс« <i>Erfurt PKZZ –III 250/2500</i> », усилием 2,5МН	ст. х/к 08пс ОСВ–II–Б

6.2 Выявление опасных и вредных производственных факторов прессового производства

Безопасность условий трудовой деятельности на рабочем месте трактуется наличием опасных и вредных производственных факторов, появляющихся в ходе выполнения операций технологического характера или других видов деятельности. Вместе с ними принимаются сопутствующие факторы: физические, химические, биологические и психофизиологические. Химические факторы включают пыль, токсичные и ядовитые газы, жидкости. Биологические факторы: микро и макро организмы. К психофизиологическим относят физические перегрузки и нервно-психические перегрузки. К физическим факторам относятся механизмы, вибрация, акустические колебания, электромагнитные излучения, электрический ток, пониженная или повышенная температура.

Опасные и вредные факторы, имеющиеся на производстве представлены в таблице 6.2

Таблица 6.2- Идентификация профессиональных рисков

№	Технологическая операция	Рискованный и ненадежный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного фактора, представляющую угрозу для здоровья
1	Укладка заготовок	Острые кромки, заусенцы, углы полуфабрикатов	Заусенцы, кромки листа или заготовки
2	Движущиеся механизмы	Углекислый газ, дым, пыль	Шум двигателя, перемещение транспорта, работа оборудования
3	Работа с прессом	Высокий уровень шума, вибраций	Прессовое производство
4	Работа с электрооборудованием	Вероятность короткого замыкания, в результате которого рабочий может пострадать	Приводы, провода, электродвигатель машин
5	Работа в цехе с огромным помещением	Недостаточное освещение, пыль	Недостаточное количество световых элементов
6	Длительная физическая нагрузка, однообразный труд	Физическая перегрузка организма, утомление организма	Положение тела не меняется за работой (статическое положение тела)

6.3 Мероприятия для безопасных условий труда на производстве

Охрана труда - система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Цель: вооружить будущих специалистов как теоретическими, так и практическими знаниями, необходимыми для творческого решения вопросов, связанных с эксплуатацией и созданием новых технологий и техники, исключающих производственный травматизм и профессиональную заболеваемость.

Таблица 6.3-Мероприятия, направленные на снижение и ликвидацию профессиональных рисков

№	Вредный и/или опасный производственный фактор	Мероприятия по снижению производственного фактора	Средства индивидуальной защиты(СИЗ) работника
1	Чрезмерный уровень шума и вибраций	Применение смазывающих материалов, изоляционных	Беруши, защитные вкладыши
2	Высокое загрязнение воздуха пылью и газам	Установка вытяжки, вентиляции, ежедневная уборка рабочего места	Предметы защиты дыхательных органов
3	Малая освещенность рабочего помещения	Применение дополнительного освещения	—
4	Физические и нервные перегрузки человеческого организма	Выделение рабочему технических перерывов	—
5	Подвижные части оборудования в производственном цехе	Двуручное управление оборудованием	Предмет защиты для глаз, нарукавники, костюм из хлопка, ботинки кожаные
6	Повышенный уровень напряжения	Заземление оборудования	Перчатки, сделанные из резины

6.4 Обеспечение пожаробезопасности на производственном участке

Противопожарные нормы должны соблюдаться при проектировании зданий и сооружений, а также на производственных участках.

Противопожарное состояние производственных участков обеспечивается и контролируется заведующим участка, который несет за это персональную ответственность. Заведующий участка проводит с персоналом работающим на производственном участке, занятия по правилам пожарной безопасности.

Производство должно быть обеспечено противопожарным оборудованием и инвентарем.

Материал, используемый для штамповки (ст. х/к 08пс ОСВ–II–Б), по степени горючести относится к трудно сгораемым материалам, что дает возможность отнести ПМШ в соответствии СНиП 21–01–97 по

взрывопожарной опасности к категории Д (несгораемые материалы и вещества в холодном состоянии).

Таблица 6.4- Идентификация опасных факторов пожара

№ п/п	Подразделение, участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок листовой штамповки	Пресс« <i>Erfurt PKZZ –III 250/2500</i> »	В, D, E	Искры, огонь, отсутствие видимости при повышенной концентрации дыма, высокая температура оснастки, предметов, а также производственного оборудования.	Электрический ток, который появляется из-за высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, огнетушащие вещества, части разобранных оборудования.

6.5. Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Для того чтобы обеспечить пожарную безопасность представлена система необходимых мер, которые необходимо знать и соблюдать (табл.6.5).

Таблица 6.5-Выбор средств пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители порошковые, пенные	Специальные пожарные автомобили	Водохимические системы	Извещатели пожарные	Покрывала для изоляции очага возгорания	Респираторы	Пожарный крюк	GSM приборы, извещатели пожарные
Песок, земля	Пожарные мотопомпы	Аэрозольные системы пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарные краны	Носилки	Пожарные ломы	Голосовое оповещение
Войлок	Приспособленные технические средства (тягачи, прицепы и трактора).	Комбинированные системы пожаротушения	Системы передачи извещений о пожаре	Генераторные огнетушители аэрозольные	Каска	Гидравлические ножницы для резки арматуры	Приборы приемно-контрольные

Таблица 6.6 – Мероприятия по проведению пожарной безопасности

Название производственной операции	Организационно–технические мероприятия	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Листовая штамповка	1) обучение сотрудников промышленной безопасности; 2) проведение техники безопасности для персонала; 3) соблюдение техники безопасности персоналом; 4) наличие необходимых средств для устранения пожара; 5) постоянная уборка рабочего помещения и чистка оборудования; 6) минимальное наличие легковоспламеняющихся материалов на рабочем месте; 7) хранение возгораемых веществ согласно требованиям промышленной безопасности.	1) подготовленный к пожарным ситуациям персонал; 2) наличие пожарной сигнализации; 3) наличие средств для устранения пожара.

При холодной штамповке технологический процесс не производит значительного воздействия на внешнюю среду. Основные меры по экологической безопасности должны быть нацелены на совершенствование контроля за процессом уничтожения отработанных технологических материалов.

Таблица 6.7- Определение экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно–технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно–технологического процесса энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Движение погрузчика или другого промышленного транспорта	Топливо	Выхлопные газы, дым	–	–
Отходы в производстве	Использованное масло, смазка и т.п.	–	Загрязнение рек отходами	Пропитывание почвы тяжелыми отходами

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

Наименование технического предмета	Движение транспорта	Отходы производства и потребления	
		Производственный инвентарь	Масленные отходы
Способ для снижения отрицательного антропогенного воздействия на атмосферу	Замена промышленного транспорта с двигателем внутреннего сгорания на электрокары	–	–
Наименование технического предмета	Движение транспорта	Производственный инвентарь	Масленные отходы
Способ для снижения вредного человеческого фактора на гидросферу	–	Ликвидирование (сжигание в специальных печах)	Переработка использованного масла для вторичного использования

Продолжение таблицы 6.8

Наименование технического предмета	Движение транспорта	Отходы производства и потребления	
		Производственный инвентарь	Масленные отходы
Способ для снижения вредного человеческого фактора на литосферу	–	Ликвидирование (сжигание в специальных печах)	Переработка использованных масел для вторичного использования в различных целях

Заключение по разделу

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» представлена референция технологического процесса листовой штамповки, сделан перечень технологических операций, должностей работников, инженерно–технического оборудования, необходимые расходные материалы (табл.6.1).

2. Проведена процедура проверки профессиональных рисков по выполняемому технологическому процессу штамповки. Определены опасные и вредные производственные факторы (табл.6.2).

3. Созданы организационно–технические процедуры, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков. Выбраны средства индивидуальной защиты для рабочего персонала (табл.6.3).

4. Подобраны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности объекта. Проведена процедура проверки класса пожара и опасных факторов пожара и разрабатывание методов и мер обеспечения пожарной безопасности (табл.6.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (табл.6.5). Выбраны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (табл.6.6).

5. Определены экологические факторы (табл.6.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности объекта (табл.6.8)

7. Экономическая часть

7.1 Сравнительный анализ технологических вариантов

Таблица 7.1- Анализ сравнения

Существующий вариант	Проектируемый вариант
<p>Технологический процесс для левой и правой деталей «Кронштейн крепления ремня безопасности» включает следующие операции :формовка; обрезка по контуру; пробивка отверстий и фланцовка. Операции выполняются на линии прессов «<i>Erfurt PKZZ –III 250/2500</i>».</p> <p>Тип производства- серийный.</p>	<p>В технологическом процессе изменяется раскрой материала, с более рациональными размерами. Производится внедрение спаренной штамповки , а также применение комбинированного штампа.</p>

7.2 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Таблица 7.2- Основные данные

Показатели	Индекс	Значение	
Годовой план выпуска, шт	N_r	100000	
Эффективный фонд времени работы: оборудования рабочего	$\Phi_{\text{Э}}$	3636	
	$\Phi_{\text{Э,Р}}$	1091	
Коэффициент, характеризующий перевыполнение нормированной трудоемкости операции	$K_{\text{ВН}}$	1,1	
Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{\text{МН}}$	1,0	
Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	K_0	11,8	
Коэффициент монтажа: – в расчете себестоимости – в расчете капитальных вложениях	$K_{\text{МОНТ}}$	1,1	
		0,1	
Стоимость материала, руб./кг.	Ц_M	37	
Стоимость отходов (металл), руб./кг	$\text{Ц}_{\text{ОТХ}}$	5,8	
Масса заготовки, кг.	M_3	0,5	0,45

Продолжение таблицы 7.2

Показатели	Индекс	Значение	
Масса отходов, кг.	$M_{\text{ОТХ}}$	0,15	0,1
Коэффициент транспортно – заготовительных расходов	$K_{\text{ТЗ}}$	1,05	
Коэффициенты доплат по заработной плате			
До часового фонда зарплаты	$K_{\text{ДОП}}$	1,08	
За профессиональное мастерство	$K_{\text{ПФ}}$	1,16	
За условия труда	$K_{\text{У}}$	1,2	
За вечерние и ночные часы	$K_{\text{Н}}$	1,1	
Премияльные	$K_{\text{ПР}}$	1,2	
На социальные нужды	$K_{\text{КС}}$	1,27	
Общий коэффициент доплат $K_{\text{ЗПЛ}} = K_{\text{ДОП}} \cdot K_{\text{ПФ}} \cdot K_{\text{У}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{С}}$	$K_{\text{ЗПЛ}}$	2,52	
Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_{\text{М}}$	0,8	
Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{\text{В}}$	0,7	
Коэффициент потерь в сети	$K_{\text{П}}$	1,03	
Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{\text{ОД}}$	0,81	
Выручка от реализации, %: от Ц: – изношенного оборудования – изношенного штампа	$V_{\text{Р}}$ $V_{\text{Р.И}}$	5 15	
Норма амортизации, %	$H_{\text{а}}$	9	
Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	$K_{\text{ЦЕХ}}$	1,72	
Часовая тарифная ставка, руб./час: – 3 разряд рабочего – 5 разряд наладчика	$C_{\text{Т}}$ $C_{\text{Т}}$	68,72 79,98	
Цена электроэнергии, руб./кВт	$\text{Ц}_{\text{Э}}$	3,25	
Цена площади, руб./м ²	$\text{Ц}_{\text{ПЛ}}$	4500	
Норматив экономической эффективности	$E_{\text{Н}}$	0,38	

№ п/ п	Наименование оборудования	Усилие, (МН)	Норма времени, (мин)		Мощность М _у , (кВт)	Площадь S _у , (м ²)	Цена, руб.
			t _{шт}	t _{маш}			
1	<i>Erfurt</i>	2,5	0,112	0,078	30	30	4500000

Рис.7.1 – Эксплуатационные данные оборудования

Таблица 7.3 – Исходные данные о штамповой оснастке

№	Наименование штампа	Стойкость штампа T _{шт} ^{шт} , ударов	Цена штампа Ц _{шт} , руб.
Оснастка для базового варианта			
10	Штамп для формовки	500000	100800
20	Штамп для обрезки и пробивки	500000	138150
30	Штамп для пробивки и обрезки	500000	127500
40	Штамп для фланцовки	500000	175600
Оснастка для проектного варианта			
10	Комбинированный штамп для формовки, обрезки и пробивки	1200000	238950
20	Комбинированный штамп для пробивки и обрезки, фланцовки	1000000	303100

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

Таблица 7.4-Фонд эффективного рабочего времени и оборудования

Наименование	Расчетная формула	Итог
Эффективный фонд времени работы оборудования	$\Phi_{\text{Э}} = (D_{\text{раб}} \times T_{\text{см}} - D_{\text{пред}} \times T_{\text{сокр}}) \times C \times (1 - k_{\text{р.п.}})$ <p>где $D_{\text{раб}} = 247$ – рабочие дни; $T_{\text{см}} = 8$ – продолжительность смены; $D_{\text{пред}} = 5$ – количество предпраздничных дней; $T_{\text{сокр}} = 8$ – количество сокращенных дней; $C=2$ – количество рабочих смен; $k_{\text{р.п.}} = 0,061$ – коэффициент, учитывающий время на ремонт оборудования.</p>	3636 ч

Продолжение таблицы 7.4

Наименование	Формула	Итог
Эффективный фонд рабочего времени	$\Phi_{\text{Э.Р}} = 30\% \times \Phi_{\text{Э}}$, где $\Phi_{\text{Э}}$ - фонд эффективного времени работы оборудования	1091 ч

Таблица 7.5- Расчет требуемого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих–операторов и штамповой оснастки

№	Параметры	Расчетные формулы	Результат	
			Базовый	Проектный
1	Число оборудования, необходимого для годовой производственной программы выпуска, (ст.)	$n_{\text{об.расч}} = \frac{N_{\Gamma} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot k_{\text{В.Н}} \cdot 60}$ $n_{\text{об}}^{\text{сущ}} = \frac{100000 \cdot 0,112}{3636 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,05 \approx 1$ $n_{\text{об}}^{\text{сущ}} = \frac{100000 \cdot 0,112}{3636 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,05 \approx 1$	1	1
2	Показатель загрузки оборудования выполнением этой операции	$k_3 = \frac{n_{\text{об.расч}}}{n_{\text{об.прин}}}$ $k_3^{\text{сущ}} = \frac{0,05}{1} = 0,05$ $k_3^{\text{пр}} = \frac{0,05}{1} = 0,05$	0,05	0,05
3	Состав рабочих–операторов, необходимых для годовой производственной программы выпуска, (чел.)	$P_{\text{ОП.РАСЧ}} = \frac{N_{\Gamma} \cdot t_{\text{шт}} \cdot \left(1 + \frac{K_0}{100}\right)}{\Phi_{\text{ЭФ.Р}} \cdot k_{\text{МО}} \cdot 60}$ $P = \frac{100000 \cdot 0,112 \cdot \frac{11,8}{100}}{1091 \cdot 1 \cdot 60} = 0,02 \approx 1 \cdot 1_{\text{оп}} \cdot 2_{\text{см}} = 2$ $P = \frac{100000 \cdot 0,112 \cdot \frac{11,8}{100}}{1091 \cdot 1 \cdot 60} = 0,02 \approx 1 \cdot 1_{\text{оп}} \cdot 2_{\text{см}} = 2$	2	2

Продолжение таблицы 7.5

№	Параметры	Расчетные формулы	Результат	
			Базовый	Проектный
4	Требуемое число штампов для выпуска годовой программы, (шт.)	$n_{\text{штамп}} = \frac{N_{\Gamma}}{T_{\text{и.шт}}}$ $n_{10}^{\text{сущ}} = \frac{100000}{500000} = 0,2 \approx 1$ $n_{20}^{\text{сущ}} = \frac{100000}{500000} = 0,2 \approx 1$ $n_{30}^{\text{сущ}} = \frac{100000}{500000} = 0,2 \approx 1$ $n_{40}^{\text{сущ}} = \frac{100000}{500000} = 0,2 \approx 1$ $n_{10,20}^{\text{пр}} = \frac{100000}{1200000} = 0,08 \approx 1$ $n_{30,40}^{\text{пр}} = \frac{100000}{1000000} = 0,1 \approx 1$	2	2

7.4 Расчет капитальных вложений

Таблица 7.6– Расчет капитальных инвестиций

№	Показатели	Формулы	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Вложения в оборудование, (руб.)	$K_{\text{ОБ}} = n_{\text{ОБ}} \cdot C_{\text{ОБ}} \cdot K_3$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{сущ}} = 1 \cdot 4500000 \cdot 0,05$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{пр}} = 1 \cdot 4500000 \cdot 0,05$	225000	225000
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
А	Транспортные и монтажные затраты для оборудования, (руб.)	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ}} \cdot K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{сущ}} = 225000 \cdot 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{пр}} = 225000 \cdot 0,1$	22500	22500

Продолжение таблицы 7.6

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
Б	Ресурсы затраченные на штамповую оснастку, (руб.)	$K_{И} = Ц_{ШПГ} \cdot n_{ШПГ}$ $K_{И}^{сущ} = 100800 + 138150 + 127500 + 175600$ $K_{И}^{пр} = 238950 + 303100$	512050	542050
В	Ресурсы затраченные на производственную площадь, (руб.)	$K_{ПЛ} = n_{ОБ} \cdot S_{У} \cdot Ц_{ПЛ} \cdot K_{З}$ $K_{ПЛ}^{сущ} = 1 \cdot 30 \cdot 4500 \cdot 0,05$ $K_{ПЛ}^{сущ} = 1 \cdot 30 \cdot 4500 \cdot 0,05$	6750	6750
Итого		$K_{СОП} = K_{М} + K_{И} + K_{ПЛ}$	541300	571300
3	Общие капвложения, (руб.)	$K_{ОБЩ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$	766300	796300
4	Удельные капвложения, (руб.)	$K_{УД} = K_{ОБЩ} / N_{Г}$	7,7	7,9

7.5 Расчет себестоимости выпускаемой продукции по сравниваемым вариантам

Таблица 7.7- Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Затраты на приобретение сырья для создания готовой продукции, руб.	$M = (M_{З} \cdot Ц_{М} \cdot K_{ТЗ}) - (M_{ОТХ} \cdot Ц_{ОТХ})$ $M^{сущ} = (0,5 \cdot 37 \cdot 1,05) - (0,15 \cdot 5,8)$ $M^{пр} = (0,45 \cdot 37 \cdot 1,05) - (0,1 \cdot 5,8)$	18,5	16,9
2	Заработная плата рабочих– операторов, руб.	$З_{ПЛ} = \frac{P \cdot C_{Т} \cdot \Phi_{ЭР} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_{З}}{N_{Г}}$ $З_{ПЛ}^{сущ} = \frac{2 \cdot 68,72 \cdot 1091 \cdot 2,52 \cdot 0,05}{100000}$ $З_{ПЛ}^{пр} = \frac{2 \cdot 68,72 \cdot 1091 \cdot 2,52 \cdot 0,05}{100000}$	0,2	0,2

Продолжение таблицы 7.7

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
3	Расходы на амортизацию и эксплуатацию оборудования, руб.	$P_A = \frac{(I_{\text{ОБ}} \cdot (-B_p)) \cdot H_A \cdot t_{\text{ШТ}} \cdot 1,3}{\Phi_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}} \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^{\text{сущ}} = \frac{4500000 \cdot (-0,05) \cdot 9 \cdot 0,112 \cdot 1,3}{3636 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$ $P_A^{\text{пр}} = \frac{4500000 \cdot (-0,05) \cdot 9 \cdot 0,112 \cdot 1,3}{3636 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100}$	0,23	0,23
4	Затраты на электрическую энергию, руб.	$P_{\text{Э}} = \frac{M_y \cdot t_{\text{МАШ}} \cdot K_{\text{ОД}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} \cdot \text{Ц}_{\text{Э}}}{\text{КПД} \cdot 60}$ $P_{\text{Э}}^{\text{сущ}} = \frac{30 \cdot 0,112 \cdot 0,81 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,25}{0,75 \cdot 60}$ $P_{\text{Э}}^{\text{пр}} = \frac{30 \cdot 0,112 \cdot 0,81 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 3,25}{0,75 \cdot 60}$	0,1	0,1
5	Расходы на амортизацию штамповый инструмент, руб.	$P_{\text{И}} = \frac{\text{Ц}_{\text{ШТ}} \cdot (-B_{\text{РИ}})}{T_{\text{И.ШТ}}}$ $P_{\text{И}}^{\text{сущ}} = \frac{512050 \cdot (-0,15)}{2000000}$ $P_{\text{И}}^{\text{пр}} = \frac{542050 \cdot (-0,15)}{2200000}$	0,21	0,2
6	Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{\text{ПЛ}} = \frac{S_y \cdot n_{\text{ОБ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ПЛ}} \cdot K_3}{N_{\Gamma}}$ $P_{\text{ПЛ}}^{\text{сущ}} = \frac{30 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,05}{100000}$ $P_{\text{ПЛ}}^{\text{пр}} = \frac{30 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,05}{100000}$	0,07	0,07
7	Заработная плата наладчика, руб.	$Z_{\text{НАЛ}} = \frac{n_{\text{ОБ}} \cdot C_{\text{Т}} \cdot \Phi_{\text{ЭР}} \cdot K_{\text{ЗПЛ}} \cdot K_3}{n_{\text{ОБСЛ}} \cdot N_{\Gamma}}$ $Z_{\text{НАЛ}} = \frac{1 \cdot 79,98 \cdot 1091 \cdot 2,52 \cdot 0,05}{1 \cdot 100000}$	0,1	
8	Сумма затрат на осуществление технологического процесса, руб.	$C_{\text{ТЕХ}} = M + Z_{\text{ПЛ}} + P_A + P_{\text{Э}} + P_{\text{И}} + P_{\text{ПЛ}} + Z_{\text{НАЛ}}$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{сущ}} = 18,5 + 0,2 + 0,23 + 0,1 + 0,21 + 0,07 + 0,1$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{пр}} = 16,9 + 0,2 + 0,23 + 0,1 + 0,2 + 0,07 + 0,1$	19,41	17,8

Продолжение таблицы 7.7

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
9	Общие производственные расходы, руб.	$P_{\text{ЦЕХ}} = Z_{\text{ПЛ}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}}$ $P_{\text{ЦЕХ}}^{\text{сущ}} = 0,2 \cdot 1,72$ $P_{\text{ЦЕХ}}^{\text{пр}} = 0,2 \cdot 1,72$	0,34	0,34
10	Общая производственная (цеховая) себестоимость, руб.	$C_{\text{ЦЕХ}} = P_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ТЕХ}}$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{сущ}} = 0,34 + 19,41$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{пр}} = 0,34 + 17,8$	19,75	18,14

7.6 Расчет экономической эффективности проектного варианта

Таблица 7.8 – Экономические выгоды производства

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Базовый	Проектный
1	Условно-годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{сущ}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\Gamma} = (19,75 - 18,14) \cdot 100000$	161000	
2	Сумма себестоимости текущих расходов и капитальных вложений, руб.	$Z_{\text{ПР}} = C_{\text{ЦЕХ}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}$ $Z_{\text{ПР}}^{\text{сущ}} = 19,75 + 0,38 \cdot 7,7$ $Z_{\text{ПР}}^{\text{пр}} = 18,14 + 0,38 \cdot 7,9$	22,6	21,1
3	Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\Gamma} = (Z_{\text{ПР}}^{\text{сущ}} - Z_{\text{ПР}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\Gamma} = (22,6 - 21,1) \cdot 100000$	150000	
4	Период окупаемости капитальных вложений, год	$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{И}}^{\text{пр}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}}$	1,5	

Заключение по разделу:

1. Внедрение спаренной штамповки и комбинированных штампов позволит увеличить мощность производства и уменьшить себестоимость изделия «Кронштейн крепления ремня безопасности» с 18,5 до 16,9 рублей , то есть на 1,6 рублей , что составляет 9% от существующей стоимости детали.
2. Разность между результатами существующего проекта и нового произведенного (экономический эффект) составляет 161000 рублей, при периоде времени окупаемости оснастки в течение 1,5 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выпускной квалификационной работы можно сделать следующие выводы:

1. Произведено исследование базового технологического процесса производства детали», с использованием CAD-системы SIEMENS NX 9.0 PLM Software;
2. Разработан новый технологический процесс, в котором определена более рациональная заготовка, определен КИМ и подсчитаны энергосиловые параметры, внедрена спаренная штамповка;
3. Выполнен инженерный анализ в программном комплексе AutoForm^{Plus} R7. Выявлено напряженно -деформированное состояние для всех выполняемых операций;
4. Подобрано необходимое оборудование для производства детали, внедрены средства автоматизации;
5. Спроектирована электронная геометрическая модель комбинированного штампа и эскизный проект штампа;
6. Описаны необходимые мероприятия по охране труда и экологической безопасности на производстве;
7. Технологический процесс изготовления детали рассмотрен с экономической точки зрения: рассчитаны стоимость изготовления и окупаемость нового оборудования.

Предложенные в выпускной работе рекомендации по решению выявленных проблем производства детали помогут снизить величину расходов на изготовление детали типа «Кронштейн крепления ремня безопасности»

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

1. American Journal of Mechanical and Industrial Engineering 2016; 1(3): 31-37
2. Akshay Vaishnav1.et. al. Int. Journal of Engineering Research and Applications www.ijera.com ISSN: 2248-9622, Vol. 6, Issue 5, (Part - 4) May 2016, pp.58-66
3. Gryguc , S.K. Shaha, S.B. Behraves, H. Jahed , M. Wells , and B. Williams Department of Mechanical & Mechatronics Engineering, University of Waterloo, 200 University Ave W, Waterloo, ON N2L 3G1, CANADA
4. Reprinted from Mechanical Engineers' Handbook, 2nd ed., Wiley, New York, 1998, by permission of the publisher.
5. Sigvant M, Pilthammar J, Hol J, Wiebenga J H, Chezan T, Carleer B and van den Boogard T 2016 Friction and lubrication modeling in sheet metal forming simulations of a Volvo XC90 inner door Proc. IDDRG 2016 (Linz, Austria)
6. Аркулис, Г. Э. Теория пластичности / Г. Э. Аркулис, В. Г. Дорогобид. – М.: Металлургия, 1987. – 352 с.
7. Быков В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1989. 255 с.
8. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1996. – 156с.
9. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
10. 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
11. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением. -М.: Металлургия, 1978. - 357 с.

12. Данилов Ю.В., Артамонов В.А. Практическое использование NX. М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с
13. Дубровский В.В. Представление знаний в автоматизированных системах проектирования М., 1989.-56с.
14. Егоров С.А. Холодная штамповка. - М.: Высшая школа, 1988. - 271 с.
15. Кандаков А. И. САПР Технологических процессов: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с
16. Мещерин В. Т. Листовая штамповка, Атлас схем. М., 1975, 100 с.
17. Малов А.Н. Технология холодной штамповки – М.: Машиностроение, 1969. – 568 стр.
18. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. – М.: Машиностроение, 1976. – 560 с.
19. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 568 с.
20. Смолин Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки: учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.
21. Схиртладзе А.Г. Автоматизированное проектирование штампов. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. 284 с.
22. Суворов И.К. Обработка металлов давлением. - М.: Высшая школа, 1973. - 384 с.
23. Сегерлинд М. Применение метода конечных элементов. М.: Мир 1979 392 с.
24. Челищев Б.Е. и др. Автоматизация проектирования технологий в машиностроении. –М.: машиностроение. 1987.-264с
25. Шухов, Ю. В. Холодная штамповка учеб. для индивидуально-бригадной подгот. рабочих на производстве / Ю. В. Шухов, С.