



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.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Романов А. М.

1.Тема Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Раковина умывальника» изделия авиационной промышленности.

2.Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы июнь 2017.

3.Исходные данные к выпускной квалификационной работе «Раковина умывальника».

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) 1. Анализирование исходных данных, 2. Разработка технологической части, 3. Выбор оборудования, 4. Конструирование штамповой оснастки, 5. САЕ-анализ вытяжного перехода в ПО «LS-DYNA», 6. Безопасность и экологичность технического объекта, 7. Экономика.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала Презентационные материалы, штамповая оснастка.

6. Консультанты по разделам 1. Безопасность и экологичность технического объекта (И. В. Дерябин). 2. Экономика (И.В. Краснопевцева) 3. Нормоконтроль (В.Г. Виткалов)

7. Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заказчик

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

Руководитель выпускной  
квалифицированной работы

\_\_\_\_\_ Е. Л. Смолин  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ А. М. Романов  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тольяттинский государственный университет»

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

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_ »

20 \_\_\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Студент Романов Анатолий Михайлович  
по теме Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Раковина умывальника» изделия авиационной промышленности.

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Анализирование исходных данных	07.05.17	09.05.17	выполнено	
2. Разработка технологической части	09.05.17	11.05.17	выполнено	
3. Выбор оборудования	13.05.17	16.05.17	выполнено	
4. Конструирование штамповой оснастки	17.05.17	20.05.17	выполнено	
5. САЕ-анализ вытяжного перехода в ПО «LS-DYNA»	21.05.17	25.05.17	выполнено	
6. Безопасность и экологичность	27.05.17	30.05.17	выполнено	
7. Экономика	01.06.17	04.06.17	выполнено	
8. Выполнение чертежей по технологичности	06.06.17	11.06.17	выполнено	
9. Выполнение чертежей штампа	13.06.17	17.06.17	выполнено	
10. Подготовка к защите	20.06.17 – 29.06.17		выполнено	

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Е. Л. Смолин

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А. М. Романов

(И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

The final qualifying work consists of an explanatory note on 72 pages, introduction, including 26 figures, 17 tables, the list of 20 references including 5 foreign sources and 1 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

This final qualifying work is devoted to technological process development and die tooling design for producing the product "Sink" to be installed in the transport aircraft IL-76MD-90A. The aim of the work is to change the shape of the work piece to reduce the cost of the product.

This work may be divided into several logically connected parts which are: technological, economic, occupational safety.

The general part of the final qualifying work gives details about technology of manufacturing the product. The results of energy-power parameters calculations for each operation of the technological project are given. According to these parameters the equipment necessary for product manufacturing was also selected.

The issues of high labour input and large economic costs of production are highlighted in project's special part. The solution to these problems is presented.

This paper also presents a CAE(Computer-AidedEngineering)-analysis of the operation of drawing that was implemented in the software "LS-DYNA". CAE systems perform a variety of tasks on calculation of stress, deformation, heat transfer and other parameters. As a result of this analysis, data about the thinning of the metal during drawing, the Mises plasticity were obtained and also FLD diagram, which revealed no breaks in the model during the extraction was obtained.

## АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалифицированной работе был разработан технологический процесс и спроектирована штамповая оснастка для изготовления изделия «Раковина», устанавливаемая на транспортном самолете Ил-76МД-90А.

При рассмотрении технологического процесса производства изделия «Раковина» были найдены недостатки. В технологической части данной работы проведена проверка изделия на технологичность, определены формы и размеры заготовки, КИМ, рассчитаны энергосиловые параметры для каждой операции изготовления изделия. После всех требуемых расчетов было выбрано необходимое оборудование, применяемое для изготовления рассматриваемого изделия. Была сконструирована штамповая оснастка. В части по безопасности и экологичности были составлены методы по охране труда. В экономике показан расчет себестоимости производства рассматриваемого изделия «Раковина». Были рассчитаны капиталовложения для производства рассматриваемого изделия по существующей и проектной технологиям, а так же было проведено их сравнение.

Пояснительная записка состоит из 70 страниц. Графическая часть состоит из 6 листов.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1.АНАЛИЗИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....	9
1.1.Анализирование технологичности .....	9
1.2.Анализирование существующей технологии изготовления изделия .....	13
1.3.Минусы имеющейся технологии .....	13
1.4.Задачи ВКР .....	14
2.РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ .....	15
2.1.Проектный технологический процесс .....	16
2.2.Расчет размеров и определение формы заготовки .....	17
2.3.Рациональный раскрой, определение КИМ .....	19
2.4.Расчет ЭСП .....	20
3.ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ .....	24
3.1.Выбор оборудования для изготовления изделия .....	24
3.2.Средства механизации и автоматизации .....	26
3.3.Штамповочная линия, участок штамповки .....	27
4.КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ .....	28
4.1.Конструкция вытяжного штампа .....	28
4.2.Работа штампа .....	30
4.3.Расчет на прочность .....	31
4.4.Упругие элементы в штамповой оснастке .....	32
4.5.Центр давления в штамповой оснастке .....	34
4.6.Размеры инструмента .....	34
5.САЕ-АНАЛИЗ ВЫТЯЖНОГО ПЕРЕХОДА В ПО «LS-DYNA» .....	36
5.1.Основы САЕ-анализа в ПО «LS-DYNA» .....	36
5.2.Анализ процесса вытяжки .....	38
5.3.Моделирование процесса вытяжки в LS-DYNA .....	42
6.БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА .....	49
6.1.Технологическая характеристика объекта .....	49
6.2.Идентификация профессионального риска .....	49
6.3.Снижение профессионального риска .....	50

6.4.Пожарная безопасность объекта.....	52
6.5.Экологическая безопасность объекта .....	54
7.ЭКОНОМИКА .....	57
7.1.Сравнение существующего и проектного технологических вариантов....	57
7.2.Число оборудования, коэффициент загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки .....	58
7.3.Необходимое количество оборудования, коэффициент загрузки, численность рабочих-операторов и штамповой оснастки.....	60
7.4.Капиталовложения .....	61
7.5.Себестоимость продукции и сравнение вариантов .....	62
7.6.Показатель экономической эффективности проектного варианта .....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	
ПРИЛОЖЕНИЕ	

## ВВЕДЕНИЕ

Штамповка листового металла является важным процессом для производства из-за его высокой скорости производства и низкой стоимости. Это технология используется в автомобильной, аэрокосмической и других отраслях промышленности [15].

В технологическом отношении с помощью штамповки листового металла можно решить следующие задачи:

1. «получать детали сложных форм, изготовление которых невозможно, или затруднено другими методами» [1];
2. «создавать прочные и жесткие, но легкие конструкции деталей при небольшом расходе материала» [1];
3. «получать детали с достаточно высокой точностью размеров, при этом максимально сократить или убрать последующую механическую обработку» [1].

В экономическом отношении штамповка листового металла имеет преимущество по следующим пунктам:

1. «малое количество используемого материала» [1];
2. «высокая производительность оборудования, с применением механизации и автоматизации технологических процессов» [1];
3. «массовый выпуск и низкая стоимость изделий» [1].

В данном проекте проведена разработка технологического процесса изготовления изделия «Раковина» устанавливаемая на транспортном самолете Ил-76МД-90А, проведен экономический анализ, были разработаны мероприятия по безопасности и экологичности проекта.

Целью данной ВКР будет состоять из снижения себестоимости изготовления изделия, которое осуществляется за счет введения нового раскроя на его изготовление, путем изменения формы заготовки, а так же



замена, существующей недолговременной свинцово-цинковой, штамповой оснастки на долговременную.

## 1. АНАЛИЗИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

### 1.1. Анализирование технологичности

«В требованиях, предъявляемые к технико-экономическим показателям, важное место занимает вопрос о технологичности изделия» [3].

Технологичность изделия зависит от рационального выбора материала. Выбор материала определяют многочисленные факторы (рисунок 1.1).

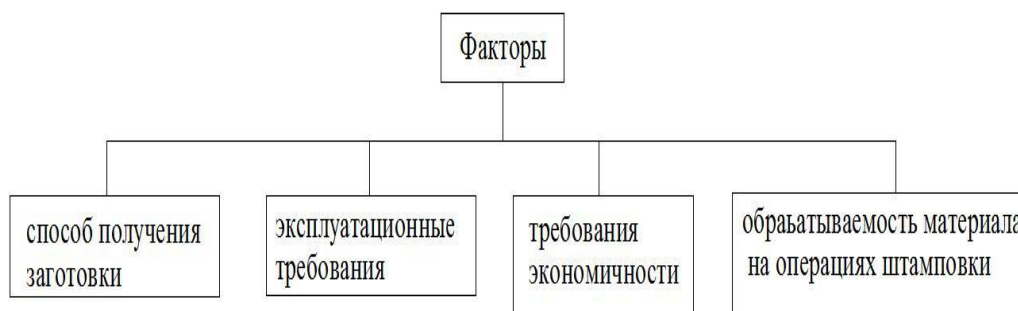


Рисунок 1.1 – Факторы влияющие на выбор материала

К основным показателям технологичности штампованных изделий относятся (рисунок 1.2).

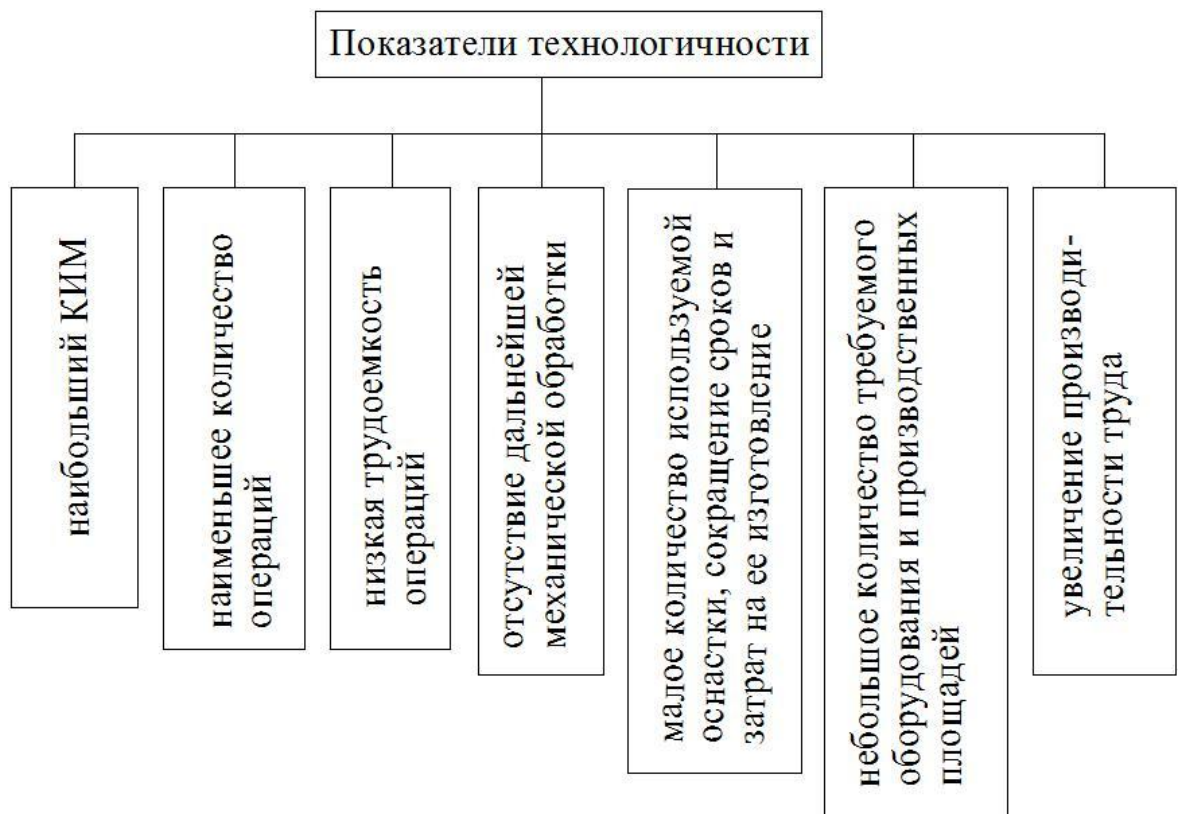


Рисунок 1.2 – Показатели технологичности

«Основным результативным показателем технологичности является себестоимость штампованного изделия» [3].

К данному изделию предъявляются следующие требования:

- «соответствие размеров изделия размерам на чертеже» [1];
- «упругие деформации должны быть минимальны» [1];
- «конструкция изделия должна быть технологична» [1].

Операция 10: вырубка заготовки (рисунок 1.3)

Операция 20: производится вытяжка (рисунок. 1.4)

Операция 30: производится обрезка, пробивка, формовка (рисунок. 1.5)

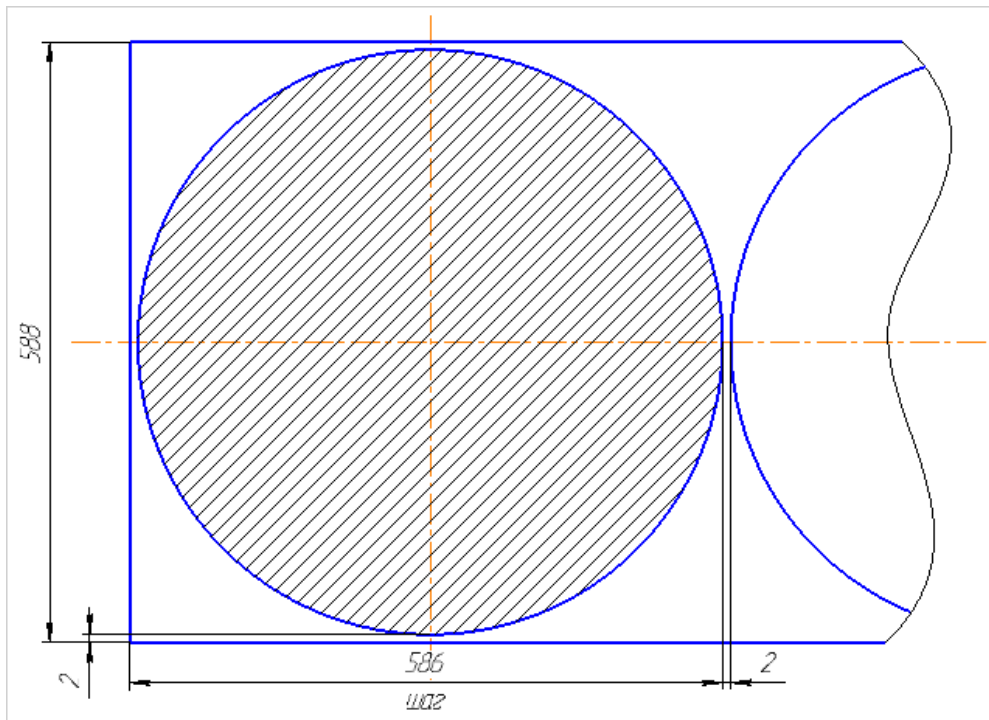


Рисунок 1.3 – Вырубка заготовки

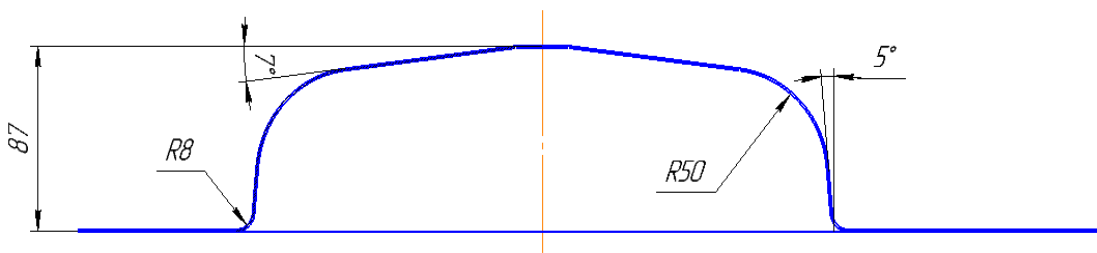


Рисунок 1.4 – Вытяжка

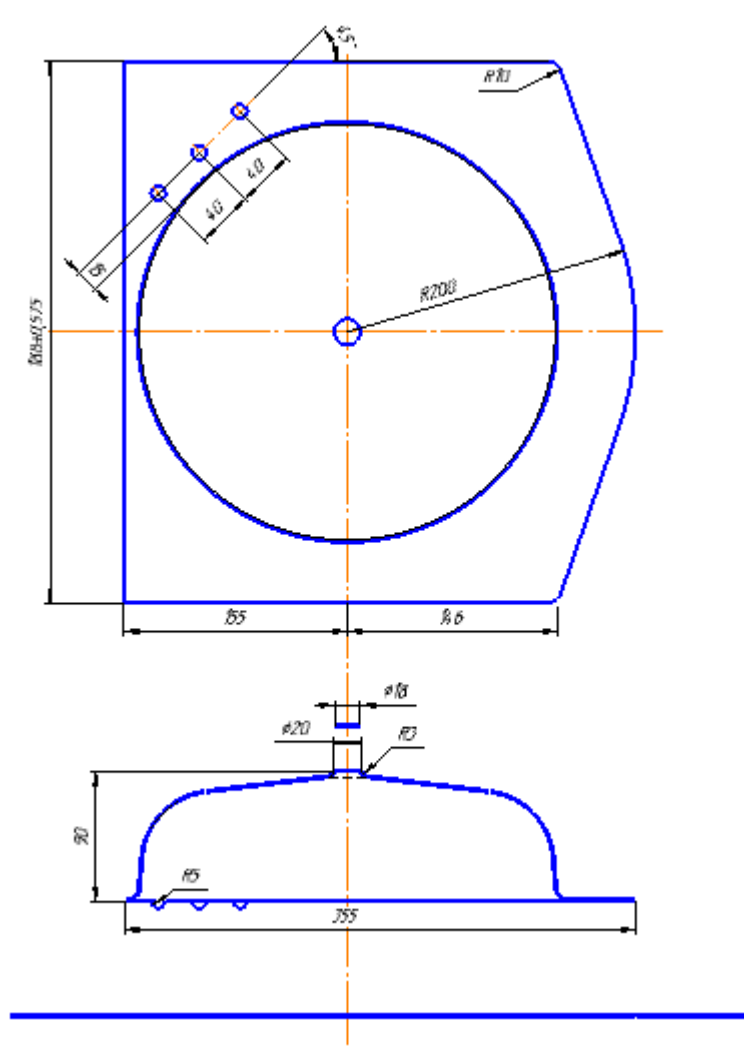


Рисунок 1.5 – Обрезка, пробивка, формовка

«При конструировании рассматриваемого изделия были предусмотрены следующие пункты» [3]:

- «по возможности минимальная глубина формообразования» [3];
- «максимально возможные радиусы сопряжения вертикальных стенок изделия с дном и фланцами» [3];
- «максимально возможные радиусы сопряжения боковых стенок (в углах), образующих контур вытяжного перехода изделия в плане» [3];
- «отдельным участкам изделия были приданы более плавные формы» [3];

– «вытяжка изделия производится за одну операцию» [3].

Из этих пунктов следует, что данное изделие сравнительно просто в изготовлении

## 1.2. Анализирование существующей технологии изготовления изделия

В существующем технологическом процессе изделие «Раковина» изготавливают тремя операциями. Каждая операция выполняется на отдельном прессе.

Вырубка заготовок: эта операция выполняется на прессе RUE-160, усилие которого 1,6 МН, КИМ при этой операции равен 0,77. Заготовки закладываются в штамп вручную. Производительность: 500 шт/час.

Вытяжка, формовка, обрезка, пробивка: эти операции также выполняются на прессе RUE-160. Заготовка закладывается в рабочую зону вручную. Количество готовых изделий получаемых на выходе: 60 шт/час.

Удаление изделий производится с помощью пневматического привода.

Общее количество готовых изделий получаемых на выходе: 60 шт/час.

## 1.3. Минусы имеющейся технологии

Существующая технология изготовления «Раковины» имеет следующие недостатки:

1. нерациональное использование материала, на выходном этапе получается большое количество отходов металла;

2. штамповка проводится на временных свинцово-цинковых штампах, которые после некоторого времени работы деформируются, и для их восстановления необходимы дополнительные затраты.

Чтоб избавиться от выявленных недостатков, необходимо решить ряд задач, позволяющих комплексно избавиться от недостатков существующего технологического процесса.

#### 1.4.Задачи ВКР

По выявленным недостаткам существующего технологического процесса, можно сформулировать следующие задачи:

- Усовершенствование технологии изготовления изделия;
- Конструирование долговременных штампов;
- уменьшить себестоимость изготовления изделия после усовершенствования процесса его изготовления;
- разработать мероприятия по охране труда.

## 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

«Под технологичностью, детали следует понимать такое сочетание основных элементов ее конструкции, которое наиболее просто обеспечивает ее изготовление и высокие качества эксплуатации. Конфигурация детали должна быть такой, чтобы количество отходов при штамповке — вырубке было минимальным, по возможности простой, без резких переходов, узких и длинных открытых прорезей и консольных участков» [6].

«При конструировании деталей, получаемых вытяжкой, следует стремиться к простоте и симметричности конструктивных форм деталей и плавному сопряжению всех элементов; основное внимание должно быть обращено на правильный выбор радиусов сопряжения дна, стенок и фланцев, соотношение размеров, характеризующих поперечное сечение и высоту вытягиваемой детали, в случае сложной детали – ее контура» [6].

«В технологический процесс изготовления детали включают: последовательность изготовления деталей по операциям; последовательность участков, на которых изготавливаются детали; указание основного, необходимого и вспомогательного оборудования; указание оснастки (штампов, приспособлений и инструмента); пооперационные нормы времени; общие данные о детали (номер, количество на изделие, материал и пр.)» [6].

«При составлении технологического процесса изготовления деталей из листового материала учитывают ряд факторов, влияющих на выбор варианта штамповки, а именно: конфигурацию и размеры детали; марку и толщину материала; точность изготовления и качество отделки поверхности детали; объем производственного задания и размер отдельной партии; общую производственную обстановку: сроки подготовки производства» [6].

## 2.1. Проектный технологический процесс

Проектный технологический процесс будет состоять из 3-х операций (рисунок 2.1). Для повышения технологичности изготовления рассматриваемого изделия, в качестве заготовки было решено взять фасонную заготовку вместо стандартной круглой. Фасонные заготовки изготавливаются из заранее заготовленных листов толщиной 1 мм сталь 12Х18Н10Т. Остальные операции предполагается выполнять по отдельности:

Операция 10: Вырубка фасонной заготовки

Операция 20: Вытягивание

Операция 30: Обрезка, пробивка, формовка.

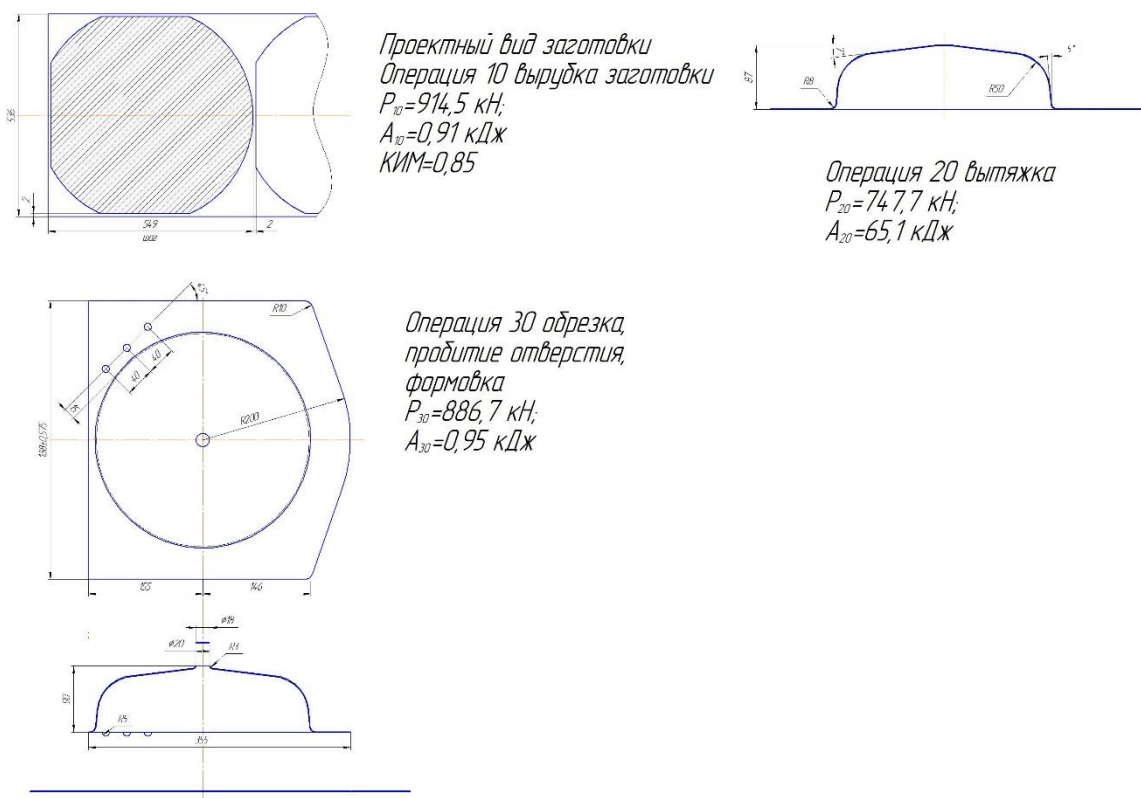


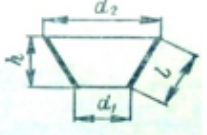
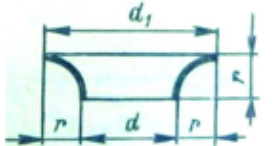
Рисунок 2.1 – Технологический процесс



## 2.2. Расчет размеров и определение формы заготовки

Чтобы определить размеры заготовки, делим изделие на несколько простых геометрических форм (рисунок 2.2) и рассчитываем площади их поверхностей. Для расчетов используем формулы расчета площадей, которые даны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Площади поверхности простых геометрических форм [1]

№	Форма поверхности	Эскиз	Площадь поверхности F
1	Кольцо		$\frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)$
2	Усеченный конус		$\frac{\pi l}{2}(d_2 + d_1)$
3	Четверть сферического кольца (выпуклая)		$\frac{\pi}{4}(2\pi dr + 8r^2)$
4	Четверть сферического кольца (вогнутая)		$\frac{\pi}{4}(2\pi d_1 r - 8r^2)$

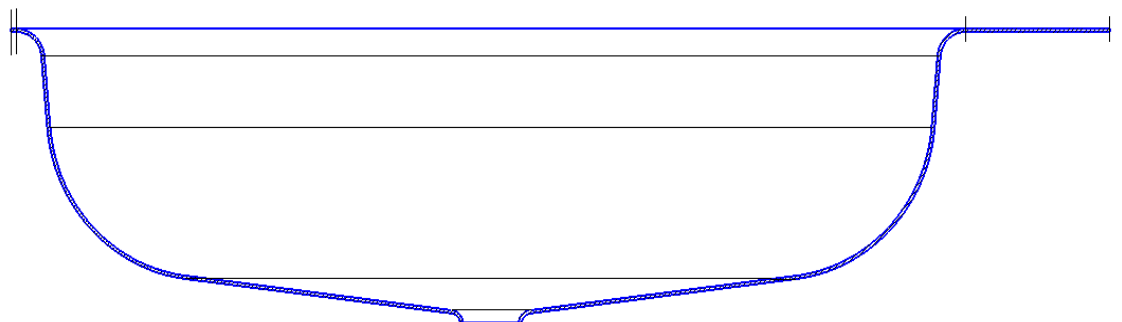


Рисунок 2.2 – Деление на простые геометрические формы

Рассчитываем площадь каждой поверхности:

$$F_1 = \frac{\pi}{4} d_2^2 - d_1^2 , \quad (2.1)$$

$$F_1 = \frac{\pi}{4} 310^2 - 306,66^2 = 1616,821 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} 2\pi d_1 r - 8r^2 , \quad (2.2)$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} 2\pi \cdot 306,66 \cdot 8 - 8 \cdot 8^2 = 11692,26 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = \frac{\pi l}{2} d_2 + d_1 , \quad (2.3)$$

$$F_3 = \frac{3,14 \cdot 22,13}{2} 290,73 + 286,86 = 20067,845 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = \frac{\pi}{4} 2\pi d r + 8r^2 , \quad (2.4)$$

$$F_4 = \frac{\pi}{4} 2\pi \cdot 198 \cdot 51 + 8 \cdot 51^2 = 82449,68 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = \frac{\pi l}{2} d_2 + d_1 , \quad (2.5)$$

$$F_5 = \frac{3,14 \cdot 87,17}{2} 198 + 26 = 30556,04 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = \frac{\pi}{4} 2\pi d_1 r - 8r^2 , \quad (2.6)$$

$$F_6 = \frac{\pi}{4} 2\pi \cdot 26 \cdot 3 - 8 \cdot 3^2 = 313,659 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = \frac{\pi}{4} d_2^2 - d_1^2 , \quad (2.7)$$

$$F_7 = \frac{\pi}{4} 500^2 - 310^2 = 120811,5 \text{ мм}^2$$

Находим суммарную площадь заготовки:  $F = 267508 \text{ мм}^2$

Рассчитываем диаметр заготовки (2.8):

$$D = 1,13 \sqrt{\sum F} , \quad (2.8)$$

$$D = 1,13 \sqrt{267508} = 584 \text{ мм}^2$$

Для повышения КИМ было решено изменить существующую круглую заготовку на фасонную, которая показана на рисунке 2.3. И после

выполнения анализа данной заготовки, который показан в разделе 5 данной ВКР, был сделан вывод, что данная заготовка подходит для производства рассматриваемого изделия.

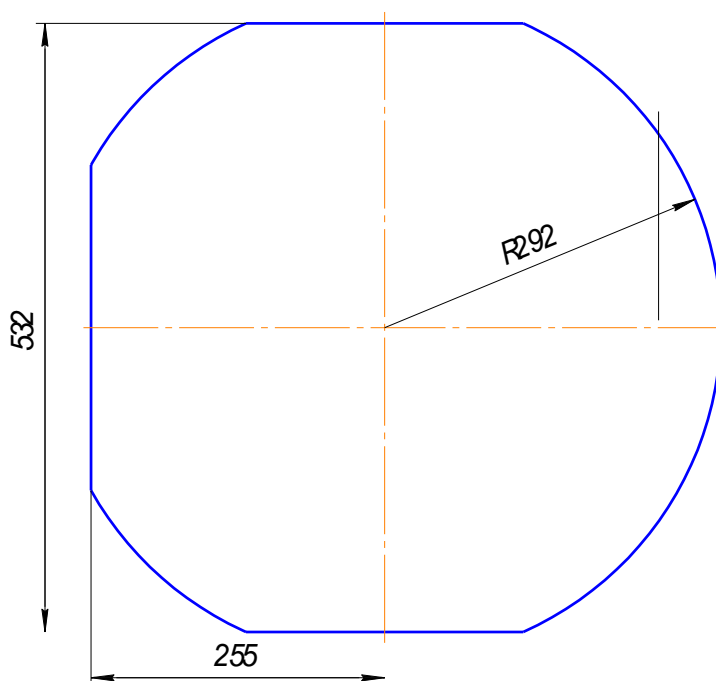


Рисунок 2.3 – Заготовка

### 2.3.Рациональный раскрой, определение КИМ

Раскрой материалов - это важная операция, от которой зависит расход материала и плановость в работе.

«Раскрой материала, зависит в основном от конструкции штампуемого изделия. Основной характеристикой экономичности раскроя, является коэффициент использования материала  $\eta$ , рассчитываемый по формуле (2.9) представляющий собой отношение полезной площади детали  $F_0$  к площади заготовки  $F_3$  для изготовления этой детали при вырубке, т. е.» [6].

$$\eta = \frac{F_0}{F_3} 100\% \quad (2.9)$$

Исходный материал: лист, сталь 12Х18Н10Т, толщина листа 1,0 мм, ширина 536 мм, шаг –549 мм.

$$\eta = \frac{252323,902}{295336} \cdot 100\% = 85\%$$

Для изготовления изделия используется 85% металла заготовки.

## 2.4. Расчет ЭСП

Проектные операции:

1. вырубка заготовки;
2. вытяжка;
3. обрезка, пробитие отверстия, формовка.

Операция 1.

Определим усилие, необходимое для вырубки заготовки

$$P_{\text{ср}} = LS\sigma_{\text{ср}}k, \quad (2.10)$$

«где  $k=1,2$  – коэффициент запаса» [1];

« $L$  – длина вырубаемого контура, мм» [1];

« $S$  – толщина материала, мм» [1];

« $\sigma_{\text{ср}}=46$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_{\text{ср}}$  - сопротивление срезу» [1].

$$P = 1807 \cdot 1 \cdot 46 = 814,6 \text{ кН}$$

Усилие, требуемое для осуществления снятия:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}}P, \quad (2.11)$$

где  $P$  - полное усилие вырубки, кН;

« $k_{\text{сн}}$  – коэффициент, определяемый в зависимости от типа штампа и толщины материала,  $k_{\text{сн}}=0,06$ » [1].

$$P_{\text{сн}} = 0,06 \cdot 814,6 = 48,88 \text{ кН}$$

Усилие, требуемое для осуществления проталкивания:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}}P, \quad (2.12)$$

«Где  $k_{пр}$  – коэффициент, устанавливающий соотношение между  $P_{пр}$  и  $P$ ,  $k_{пр}=0,07$ » [1].

$$P_{пр} = 0,07 \cdot 814,6 = 51,02 \text{ кН}$$

Общее суммарное усилие

$$P_{общ} = 814,596 + 48,876 + 51,022 = 914,494 \text{ кН}$$

Работа при вырубке

$$A = \frac{PS}{1000}, \quad (2.13)$$

Где  $P$  – полное усилие вырубки, кН;

$S$  – толщина материала, мм.

$$A = \frac{914,494 \cdot 1}{1000} = 0,914 \text{ кДж.}$$

Операция 2.

Усилие вытяжки:

$$P = \pi d_k S \sigma_b k_\phi, \quad (2.14)$$

где  $d_k$  – меньший диаметр конического изделия, мм;

$S$  – толщина материала, мм;

$\sigma_b = 54 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $\sigma_b$  – предел прочности;

$k_\phi = 0,85$ .

$$P = 3,14 \cdot 285 \cdot 1 \cdot 54 \cdot 0,85 = 402,544 \text{ кН}$$

Усилие прижима для вытяжки:

$$Q = Fq, \quad (2.15)$$

где  $F$  – площадь заготовки под прижимом,  $\text{мм}^2$ ;

$q = 0,19 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $q$  – среднее давление прижима

$$Q = 185358 \cdot 0,19 = 35218 \text{ кгс} = 345,137 \text{ кН}$$

Общее суммарное усилие вытяжки:

$$P_{общ} = P + Q = 402,544 + 345,137 = 747,681 \text{ кН}$$

Работа при вытяжке:

$$A = \frac{Ph}{1000}, \quad (2.16)$$

где  $P$  – усилие вытяжки, кН;

$h$  – глубина вытяжки, мм.

$$A = \frac{747,681 \cdot 87}{1000} = 65,047 \text{ кДж.}$$

Операция 3.

Усилие обрезки (2.10):

$$P_{\text{ср}} = 1368 \cdot 1 \cdot 46 \cdot 1,2 = 75513 \text{ кгс} = 740,033 \text{ кН}$$

Усилие, требуемое для осуществления снятия(2.11):

$$P_{\text{сн}} = 0,06 \cdot 740,03 = 44,4 \text{ кН}$$

Усилие, требуемое для осуществления проталкивания(2.12):

$$P_{\text{пр}} = 0,07 \cdot 740,033 = 51,802 \text{ кН}$$

Общее суммарное усилие на обрезку:

$$P_0 = 740,033 + 44,402 + 51,802 = 836,237 \text{ кН}$$

Работа при обрезке (2.13):

$$A_0 = \frac{836,237 \cdot 1}{1000} = 0,836 \text{ кДж}$$

Усилие, необходимое для пробивки отверстия (2.10):

$$P_{\text{ср}} = 56,52 \cdot 1 \cdot 46 \cdot 1,2 = 3120 \text{ кгс} = 30,575 \text{ кН}$$

Усилие, требуемое для осуществления снятия(2.11):

$$P_{\text{сн}} = 0,06 \cdot 30,58 = 1,84 \text{ кН}$$

Усилие, требуемое для осуществления проталкивания(2.12):

$$P_{\text{пр}} = 0,07 \cdot 30,575 = 2,14 \text{ кН}$$

Общее суммарное усилие на пробивку отверстия:

$$P_{\text{п}} = 30,575 + 1,835 + 2,14 = 34,55 \text{ кН.}$$

Работа при пробивке отверстия (2.13):

$$A_{\text{п}} = \frac{34,55 \cdot 1}{1000} = 0,035 \text{ кДж}$$

Усилие формовки трех выдавок:

$$P_{\text{ф}} = 3LS\sigma_{\text{в}}k, \quad (2.17)$$

где  $L$  – длина выдавок, мм;

$k=1$ ,  $k$  – коэффициент, зависящий от ширины и глубины рифта.

$\sigma_B = 54 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $\sigma_B$  – предел прочности.

$$P_\phi = 3 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 54 \cdot 1 = 1620 \text{ кгс} = 15,876 \text{ кН}$$

Работа при формовке (2.16):

$$A_\phi = \frac{15,876 \cdot 5}{1000} = 0,079 \text{ кДж}$$

Полное суммарное усилие затрачиваемое на третью операцию:

$$P_\Sigma = P_o + P_\pi + P_\phi = 836,237 + 34,55 + 15,876 = 886,663 \text{ кН}$$

Работа затрачиваемая на третью операцию:

$$A_\Sigma = A_o + A_\pi + A_\phi = 0,836 + 0,035 + 0,079 = 0,95 \text{ кДж}$$

### 3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

При выборе прессы принимают к сведению следующие основные пункты:

а) «тип прессы и величина хода ползуна должны соответствовать технологической операции» [4];

б) «номинальное усилие прессы должно быть больше усилия, требуемого для штамповки» [4];

в) «пресс должен обладать достаточной жесткостью, а для разделительных операций – также повышенной точностью направляющих» [4];

г) «закрытая высота прессы должна быть одинаково или больше закрытой высоты штампа» [4];

д) «габаритные размеры стола и ползуна прессы должны давать возможность установки и закрепления штампов и подачу заготовок» [4];

е) «число ходов прессы должно обеспечивать достаточно высокую производительность изготовления деталей» [4];

ж) «удобство и безопасность обслуживания прессы должны соответствовать требованиям безопасности» [4].

«Из этого можно сделать вывод, что основными механическими параметрами для выбора прессы являются: усилие, работа, жесткость, величина хода, закрытая высота и размеры стола прессы» [4].

#### 3.1. Выбор оборудования для изготовления изделия

Выбор оборудования был сделан по следующим основным техническим параметрам (рисунок 3.1)





Рисунок 3.1 – Технические параметры

Проверяем по усилию с помощью поправочного коэффициента:

$$P = P_{\Sigma} \cdot K_{\text{попр}}, \quad (3.1)$$

«где  $P_{\Sigma}$  – суммарное усилие операций, производимых на данном оборудовании, кН» [1];

$K_{\text{попр}}$  – поправочный коэффициент;  $K_{\text{попр}} = 1,5$

$$P = 747,7 \cdot 1,5 = 1122 \text{ кН} = 1,122 \text{ МН}$$

Для производства изделия выбираем пресс К18014. Технические характеристики показаны в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики прессы К 18014

Характеристика	Значение
Номинальное усилие прессы, МН	1,6
Ход ползуна, мм	220
Размер стола прессы	1000×670
Число ходов ползуна, ход/мин	50
Усилие пневмоподушки, МН	0,125
Ход пневмоподушки, мм	90

### 3.2. Средства механизации и автоматизации

«Автоматизация в штамповочном производстве может в несколько раз увеличить производительность труда, а также может обеспечить полную безопасность работы на прессах» [1].

«При ручной подаче заготовок и ручном удалении изделий и отходов число ходов прессы используется лишь на двадцать пять процентов, а иногда меньше этого. При полной автоматизации работы коэффициент использования числа ходов прессы достигает ста процентов, хотя абсолютное число используемых ходов за рабочую смену несколько ниже предельно возможного из-за потерь времени на перестановку штампов, заправку ленты и т. п. и составляет от девяноста процентов. Кроме того, автоматизация процесса штамповки позволяет увеличить номинальное число ходов прессы без его модернизации на тридцать процентов, а с модернизацией в два-три раза» [1].

«Но когда полная автоматизация в листовой штамповке затруднительна, следует применять простейшую механизацию вспомогательных работ — подачи заготовок и удаления изделий и отходов» [1].

Производство рассматриваемого изделия мелкосерийно и экономически не выгодно внедрять полную автоматизацию процесса штамповки. Целесообразно применить незначительную механизацию.

### 3.3. Штамповочная линия, участок штамповки

«Во время планировки цехов для штамповки должны предусмотрены некоторые пункты: площадь около прессы для укладки заготовок, готовых деталей и отходов, а также необходимые проходы и проезды для транспортировки штампов и заготовок (готовых деталей) с помощью транспортных средств» [1].

«Общую площадь холодноштамповочного цеха принято подразделять на производственную и вспомогательную. К производственной относится площадь, занимаемая прессами, механизмами, инвентарем, проходами и проездами между прессами, местами для складывания заготовок, деталей и отходов» [1].

«Вспомогательные площади, включают в себя склады, железнодорожные пути, главные проезды и вспомогательные участки» [1].

Так как производство рассматриваемого изделия мелкосерийно, то применение автоматической штамповочной линии экономически не целесообразно. Штамповка каждой операции производится отдельно друг от друга на разных прессах.

## 4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

«При конструировании штамповой оснастки необходимо чтоб обеспечивалось надежная и правильная соосность пуансонов и матриц. Кроме того, детали штамповой оснастки, которые подвергаются деформации должны быть достаточно прочными, а штамп в целом - достаточно жестким. Иначе штампуемые изделия могут получиться разностенными, неконцентричными, с отклонениями по толщине, дна и стенок» [4].

«Главное требование, предъявляемое к штамповой оснастке– полное соответствие технологическому процессу» [1].

По назначению штамповые оснастки классифицируются по операциям, выполняемых на этих штампах (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Классификация штампов

### 4.1. Конструкция вытяжного штампа

Штамп — инструмент, состоящий из большого количества деталей, при помощи которых выполняются операции. Все детали штампа делятся на две группы: технологического назначения и конструктивного. Первые непосредственно участвуют в выполнении операции, т. е. контактируют с металлом заготовки. Вторые обеспечивают надежную фиксацию и работу деталей первой группы. К первой группе относятся рабочие части (пуансоны, матрицы), прижимы, выталкиватели, съемники, фиксаторы, упоры, ловители,

направляющие. Ко второй группе относятся плиты (верхняя, нижняя, монтажная, промежуточные), направляющие элементы, колонки, втулки, призмы, планки, крепежные изделия (винты, штифты, шплинты), держатели пуансонов, матриц, обоймы, траверсы, ограничители хода подвижных частей штампа, упругие элементы. Независимо от принадлежности деталей к той или иной группе, они делятся на стандартные и оригинальные. Стандартные — детали, у которых типоразмеры, форма, материал регламентируются ГОСТом. Оригинальные - это детали, разработанные конструктором».

В данной работе разработана штамповая оснастка для обратной вытяжки (рисунок 4.2). В такой компоновке.

Пуансон (5) с крепежными отверстиями в теле пуансона, закреплен на нижней плите с помощью винтов и штифтов и во время рабочего хода он неподвижен.

Цельная матрица (4) с крепежными отверстиями, закреплена к монтажной плите (3) с помощью винтов и штифтов.

Для фиксации заготовки в штампе используются фиксаторы (12) по наружному контуру, установленные с тыла штампа и слева.

В качестве направляющих элементов, используются колонки (8) и втулки (9). Втулки (9) запрессованы в держатели втулок (10), которые закреплены к верхней плите (1) с помощью винтов и штифтов.

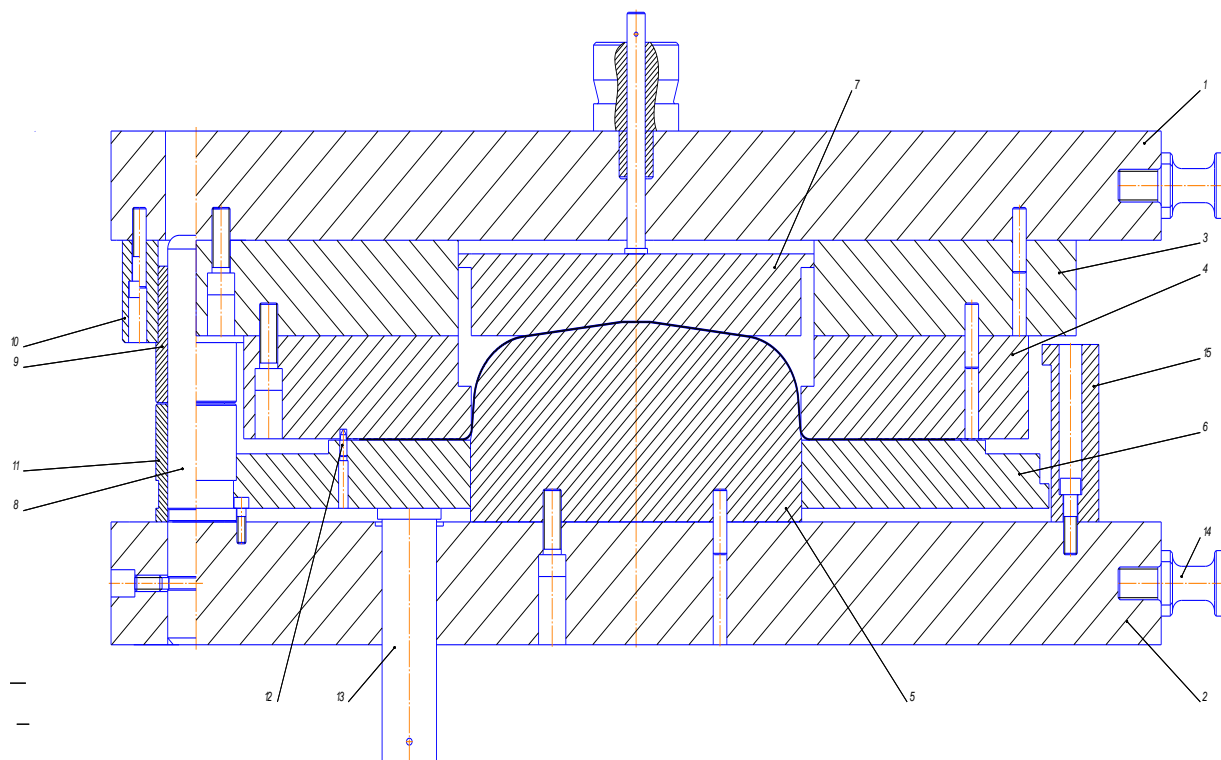
Верхняя (1) и нижняя (2) плиты штамповой оснастки крепятся к столу и ползуну прессы с помощью Т-образных пазов.

В качестве ограничителей закрытой высоты штампа были выбраны втулочные ограничители (11).

Ограничителями хода прижима были выбраны ограничительные скобы (15).

Для создания усилия прижима и для снятия изделия с пуансона используются толкатели (13), действующие на прижим-съемник (6) с помощью пневматического привода.

В качестве транспортных элементов используются грузовые винты (14). Основные характеристики деталей штампа изложены в спецификации (Приложение).



1 – плита верхняя; 2 – плита нижняя; 3 – монтажная плита;  
4 – матрица; 5 – пуансон; 6 – прижим-съемник; 7 – прижим;  
8 – направляющая колонка; 9 – направляющая втулка; 10 – держатель; 11 –  
втулочный ограничитель; 12 – фиксатор; 13 – толкатель; 14 – грузовой винт;  
15 – скоба ограничительная

Рисунок 4.2 – Штамп вытяжки в разрезе

#### 4.2. Работа штампа

На штампе, который описан в пункте 4.1, штамповка производится в следующей последовательности:

1. Заготовка подается в ручную в штамп;
2. прижим-съемник (6) находится в верхнем положении, на него укладывается заготовка и упирается в фиксаторы (12);

3. при рабочем ходе ползуна верхняя половина штампа начинает двигаться вниз;
4. происходит обтягивание заготовки на пуансон (5), идет вытяжка;
5. ползун поднимает верхнюю половину штампа;
6. пневматический привод приводит в движение толкатели (13) и прижим-съемник (6), осуществляется снятие изделия с пуансона (5).

### 4.3. Расчет на прочность

Рассчитаем на прочность пуансоны для формовки выдавок.

1. Расчет на смятие (4.1):

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

«где P – усилие формовки» [1],

P=1620 кгс;

«F – опорная поверхность головки пуансона, мм<sup>2</sup>».[1]

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} = 200,96 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{1620}{200,96} = 8,06 \text{ кгс/мм}^2$$

«Т.к. рассчитанное напряжение близко по своему значению к допустимому, то под опорную головку пуансонов ставим подкладные плитки, которые увеличивают площадь распределения нагрузки» [1].

2. Расчет на сжатие (4.2):

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{f} \leq [\sigma]_{\text{сж}}, \quad (4.2)$$

«где f – площадь наименьшего сечения пуансона» [1], мм<sup>2</sup>

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ мм}^2$$

« $\sigma_{\text{сж}}$  – допускаемое напряжение на сжатие,  $\sigma_{\text{сж}} = 160 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ » [1].

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{1620}{78,5} = 20,64 \text{ кгс/мм}^2$$

«Сжимающее напряжение составило меньше допускаемого, следовательно условие прочности на сжатие удовлетворяется» [1].

3. Расчет на продольный изгиб (4.3):

$$l = 4,43 \frac{EJ}{nP}, \quad 4.3$$

«где E – модуль упругости, кгс/см<sup>2</sup> ( $2,2 \cdot 10^6$ )» [1];

«J – момент инерции сечения, см<sup>4</sup>» [1];

«n – коэффициент безопасности» [1].

$$l = 4,43 \frac{2,2 \cdot 10^6 \cdot 0,05}{4 \cdot 1620} = 18,25 \text{ см}$$

#### 4.4. Упругие элементы в штамповой оснастке

«При конструировании штамповой оснастки для листовой штамповки бывает есть необходимость применения упругих элементов в качестве привода. К этим элементам относятся пружины, резина, а также полиуретан, сжатый воздух и жидкость» [8].

«Буфер как принадлежность прессы, является наиболее совершенным универсальным устройством (по сравнению с индивидуальными буферами в штампах), который широко используют для привода деталей в нижней части штампа. В большинстве случаев буферы прессов выполняют с постоянным усилием, составляющим в среднем до двадцати процентов номинального усилия прессы, что трудно обеспечить пружинами и другими индивидуальными средствами. Особенно широко применяют буферы для



привода прижимов выталкивателей и съемников формоизменяющих штампов. Передаточным звеном между плитой (тарелкой) буфера и подвижной деталью штампа служат толкатели (шпильки буферные) без буртика и с буртиком. Обычно толкатели с буртиком являются постоянной принадлежностью штампа. Они не вынимаются при его хранении. Если плита буфера находится ниже подштамповой плиты прессы, то толкатели с буртиком затрудняют хранение и установку штампа. Выступая из нижней плиты на некоторую величину, они препятствуют установке штампа в вертикальном (рабочем) положении. Поэтому толкатели с буртиком следует использовать в штампах небольших габаритных размеров, установка которых на прессах не является сложной операцией, а хранение осуществляется преимущественно в один ряд на стеллажах. Толкатели с буртиком используют также в штампах средних габаритных размеров при условии, что плита буфера в верхнем крайнем положении устанавливается заподлицо с верхней плоскостью подштамповой плиты. Толкатели без буртика применяют в крупно- и среднегабаритных штампах, устанавливаемых на прессах с тарелками буфера, расположенными ниже подштамповой плиты. При транспортировке и хранении штампов такие толкатели или оставляют в прессе или прикрепляют к штампу гибкой связью, используя просверленные в них отверстия.

В представленном вытяжном штампе упругие элементы, рассмотренные выше, не используются. Вместо этих элементов используются толкатели, которые с помощью пневматического привода прессы, прижимают заготовку, а после вытяжки снимают изделие с пуансона»[8].

#### 4.5. Центр давления в штамповой оснастке

«Для правильной работы пресса и штампа центр давления следует совместить с осью ползуна, что обеспечивается расположением хвостовика в верхней плите, чтобы его ось проходила через центр давления штампа. В противном случае появляется некоторый изгибающий момент, в результате которого происходит перекосяк ползуна, износ направляющих пресса и штампа, а иногда и одностороннее срезание рабочих кромок матрицы или пуансона. Последнее явление характерно главным образом для открытых штампов без направляющих колонок или плит» [1].

«Для правильной работы штамповой оснастки следует заготовку расположить на матрице так, чтобы центр давления совпадал с осью хвостовика. Иначе в штампе возникают перекосяки, несимметричность зазора, износ направляющих, а возможно и поломка штампа» [1].

Так как рассматриваемое в этой работе изделие осесимметричное и осевая линия изделия совпадает с осью хвостовика, то рассчитывать центр давления штампа нет необходимости.

#### 4.6. Размеры инструмента

«Износ пуансона осуществляется в сторону уменьшения его диаметра, поэтому из всех возможных вариантов размер пуансона назначают максимальным» [1].

«Матрица изнашивается в сторону увеличения диаметра, поэтому размер матрицы назначают минимальным из всех возможных вариантов в зависимости от допуска на размер отверстия» [1].

Рассматриваемая в данной работе вытяжка проводится с допуском по внутреннему размеру  $d + \Delta$ .

Расчёт исполнительных размеров пуансона и матрицы производим по формулам (4.4) и (4.5)

Исполнительные размеры матрицы:

$$d_M = d + z + \delta_M, \quad (4.4)$$

где  $d_M$  – исполнительный размер матрицы, мм;

$z$  – номинальный диаметральный зазор между пуансоном и матрицей, мм;

« $\delta_M$  - допуск на изготовление матрицы, мм» [1];

« $d$  – номинальный размер внутренней размер, мм» [1].

$$d_M = (292 + 2)^{+0,10} = 294^{+0,10}$$

Исполнительные размеры пуансона:

$$d_{\Pi} = d - \delta_{\Pi}, \quad (4.5)$$

«где  $d_{\Pi}$  – исполнительный размер пуансона, мм» [1];

« $\delta_{\Pi}$  - допуск на изготовление пуансона, мм» [1].

$$d_{\Pi} = 292_{-0,070}$$

## 5. САЕ-АНАЛИЗ ВЫТЯЖНОГО ПЕРЕХОДА В ПО «LS-DYNA»

### 5.1. Основы САЕ-анализа в ПО «LS-DYNA»

САЕ(Computer-Aided Engineering) – программные системы позволяющие понять, как поведёт себя в реальных условиях сформированная 3D модель изделия. САЕ системы выполняют ряд разнообразных задач по расчёту напряжений, деформаций, теплообмена и других параметров сплошных сред. Благодаря широкому перечню возможностей и широкому выбору программного обеспечения САЕ системы нашли себе применение во многих отраслях промышленности. САЕ технология, заключающаяся в применении компьютерного программного обеспечения для анализа САД геометрии продукта и испытания его при заданных условиях для улучшения и оптимизации конструкции как самого продукта, так и его инструмента. При помощи САЕ можно проводить множество операций, такие как: [25]

- «стресс анализ компонентов и узлов на основе методов конечных элементов» [25];
- «термические исследования» [25];
- «кинематическое исследование» [25];
- «оптимизацию продуктов или процессов» [25].

В основе своей работы они используют различные математические расчёты, такие как метода конечных элементов, метода конечных разностей, метод конечных объёмов. В данной выпускной квалификационной работе, для анализа процесса листовой штамповки использовался метод конечных элементов.

В методе конечных элементов структура модели представлена набором элементов, которые могут обрабатываться компьютером после того, как будут разбиты на отдельные части. Основная задача метода конечных элементов заключается в анализе прочности и расчёте задач связанных с

деформаций. Так же МКЭ используется для решения множества инженерных задач, таких как задача механики жидкости, сплошных сред, статики и динамики.

Метод конечных элементов является наиболее распространённым среди инструментов используемых для анализа характеристик конструкций, подвергаемых различным нагрузками. МКЭ даёт возможность решать задачи расчёт деталей сложной конструкции, посредством разбивания этих деталей на более мелкие части – конечные элементы.

После того как деталь была разбита на более мелкие элементы расчёты проводятся для отдельных конечных элементов. Точки, соединяющие элементы, называются узлами, и в совокупности образуют конечную элементную сетку.

Для решения задач связанных с методом конечных элементов используют разнообразные программы решатели. В данной работе рассматривается программный продукт LS-PREPOST и LS-DYNA.

LS-PREPOST – программный продукт, предназначенный для создания конечно-элементной модели детали и инструмента. В функционал программы входит, такие важные функции, как задание материала испытываемого продукта, а так же задания всех необходимых условий, таких как расположения испытываемого тела в пространстве, редактирование сетки конечных элементов и геометрии заданных тел и непосредственно выбор моделируемого процесса. В данной дипломной будет рассмотрено несколько этапов работы с LS-PREPOST, а именно моделирования процесса многооперационной вытяжки. Для расчёта процесса созданную модель со всеми установленными данными импортируют в универсальный решатель подобных задач LS-DYNA.

LS-DYNA – многоцелевая программа использующая постановку метода конечных элементов, для расчёта динамических процессов ( в том числе и процессов, приводящих в разрушению). Полностью автоматизированный процесс решения задач, в совокупности с множеством функций по проверке

получаемого решения, представляемых программой, позволяет инженерам успешно и без особых затруднений решать сложнейшие задачи, связанные с формированием металла (прокат, выдавливание, штамповка, литьё, вытяжка), анализ безопасности пассажира( используется для проверки взаимодействия подушки человека и виртуальной модели человека ), резка металла, инженерный анализ изделий народного потребления, расчёт всевозможных ситуаций связанных с ударами.

Система LS-DYNA применяется в решениях задач холодной объёмной и листовой штамповки, моделирования процессов гибки, обрезки профиля различными видами ножей, вырубки заготовки в лентах, осадки заготовок.

## 5.2. Анализ процесса вытяжки

Процесс вытяжки изделия в данной работе является исследовательским и поэтому не имеет привязки к конкретному оборудованию.

Формирование 3 D геометрии заготовки и инструмента производилось в программном продукте SIEMENS NX 9.0. по модели изделия.(Рисунок 5.1)

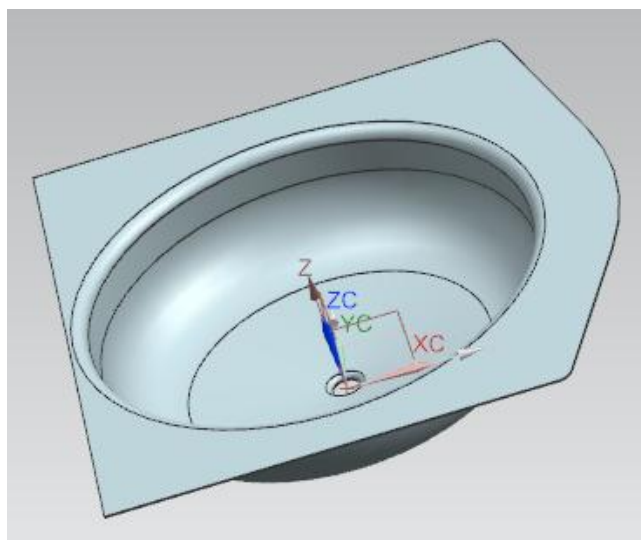


Рисунок 5.1 – Готовая 3D-модель изделия

Для исследования выбираем фасонную заготовку в место круглой. 3D-модель, которой изображен на рисунке 5.2.

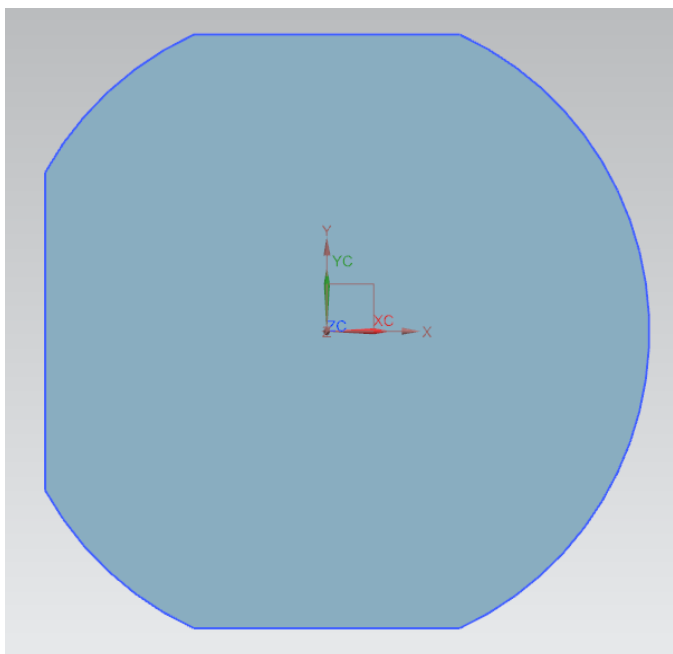


Рисунок 5.2 – Заготовка

Для операции вытяжки понадобилось построить необходимый инструмент, а именно:

- пуансон (рисунок 5.3);
- прижим (рисунок 5.4);
- матрица (рисунок 5.5).

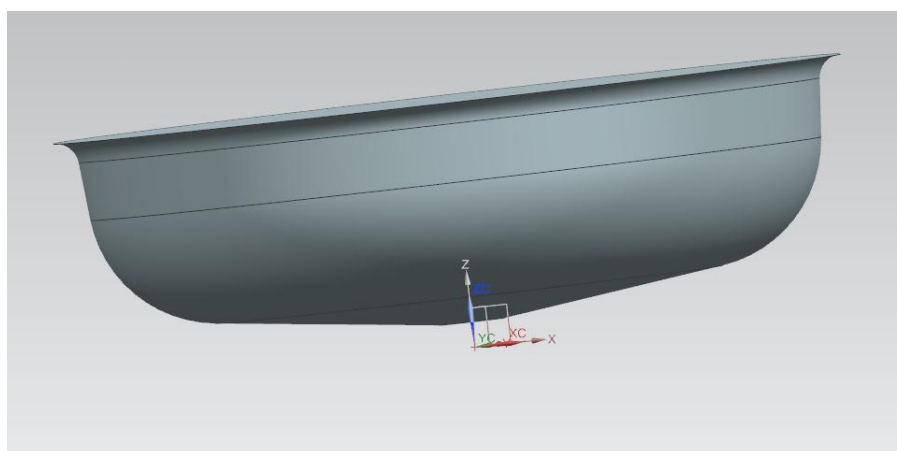


Рисунок 5.3 – Пуансон

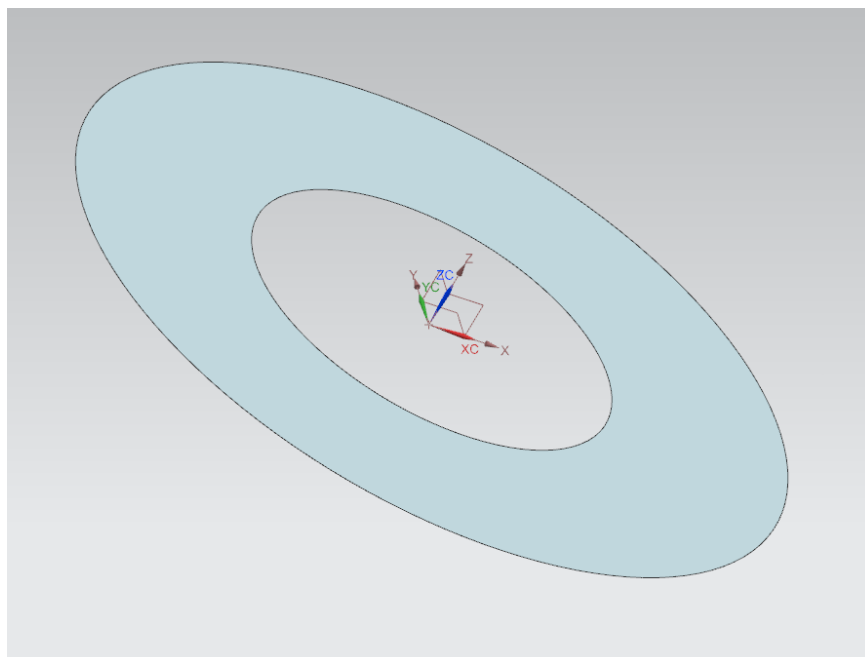


Рисунок 5.4 – Прижим

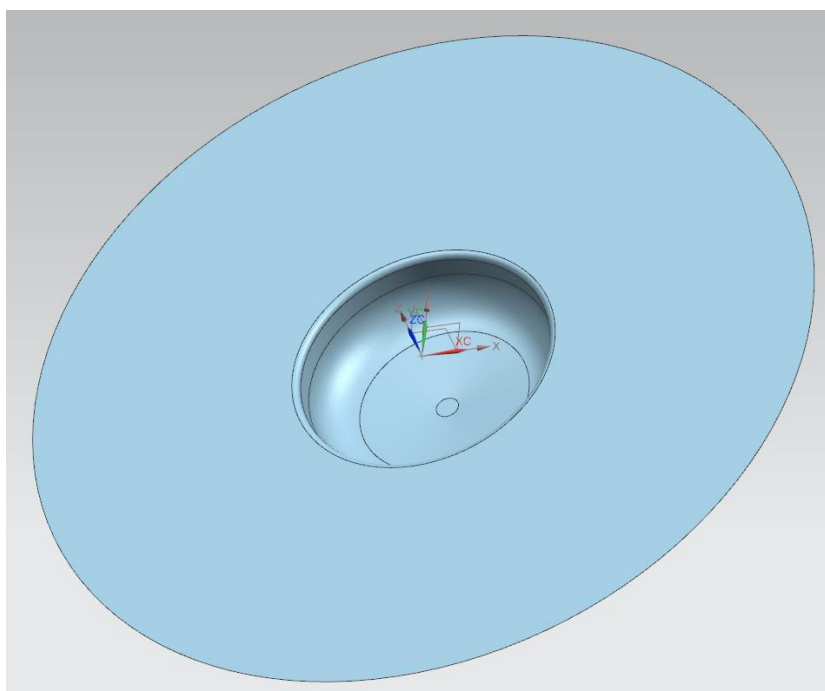


Рисунок 5.5 – Матрица

Все смоделированные элементы экспортируются в формате IGES в программу LS-PREPOST, для последующей обработки, создания элементной сетки и расчёта процесса.



Так же для расчета вытяжного перехода необходимо было создать «к» – файл материала заготовки.

Материал заготовки – нержавеющая сталь 12Х18Н10Т.

«к» – файл создавался в «Текстовом редакторе». (Рисунок 5.6)

```
*KEYWORD
*MAT_TRANSVERSELY_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC
$      MID      RO      E      PR      SIGY      ETAN      R      HLCID
      1 7.8E-09 18.00E+04      0.3      1      10
*DEFINE_CURVE
10
0.0000,370
0.002,387.252
0.004,402.577
0.008,429.066
0.015,466.652
0.025,508.869
0.04,558.062
0.07,630.545
0.12,715.605
0.2,811.085
0.3,898.028
0.45,995.709
0.65,1094.39
1,1223.35
1.5,1359.23
*END
```

Рисунок 5.6 – «к»-файл

Знак «\$» означает, то, что значения, идущие после этого знака, никак не влияют на геометрию детали.

MID – уникальный числовой номер материала. Значение равно 1

RO – плотность задаваемого материала. Значение равно 7.80E-09

E – Модуль Юнга, в данном материале равен 18.00E+04

PR – Коэффициент Пуансона, значение равно 0.3

SIGY – предел текучести. В данном материале не указан

ETAN–модуль пластического упрочнения, для данного материала не указан.

R – Коэффициент анизотропии. Значение 1

HLCID - Кривая нагрузки, определяющей эффективный предел текучести по сравнению с эффективной пластической деформации. Номер кривой 10.

### 5.3. Моделирование процесса вытяжки в LS-DYNA

1. Импорт геометрии заготовки, пуансона, матрицы и прижима в формате «iges» в программу LS-PREPOST.
2. Наносится конечно-элементная сетка на поверхность каждой геометрии. Размер конечных элементов, для пуансона, матрицы и заготовки, равен 5. Размер элементов, для прижима, равен 11
3. Вносятся параметры заготовки (раздел Blank) :
  - выбирается заготовка (позиция 1, рисунок 5.7)
  - задаётся тип материала (позиция 2, рисунок 5.7)
  - Устанавливается толщина заготовки равное 1 мм (позиция 3, рисунок 5.7)

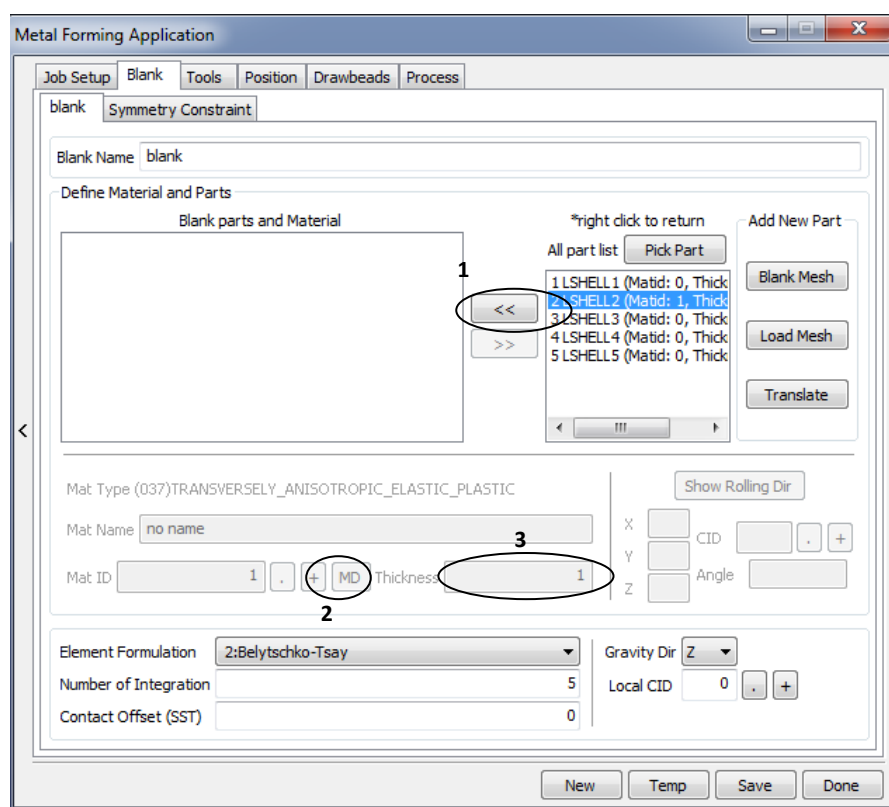


Рисунок 5.7 – Раздел «Blank»

#### 4. Задаётся рабочий инструмент (раздел tools):

- выбираются заданные элементы сетки отдельно для каждого инструмента (позиция 1 рисунки 5.8-5.10);
- выбирается положение каждого инструмента относительно заготовки (above-выше заготовки, below-ниже заготовки). (Позиция 2, рисунки 5.8-5.10);
- коэффициент трения равен 0.125 (позиция 3, рисунки 5.8-5.10);
- движение инструментов происходит вдоль оси Z (позиция 4, рисунки 5.8-5.10).

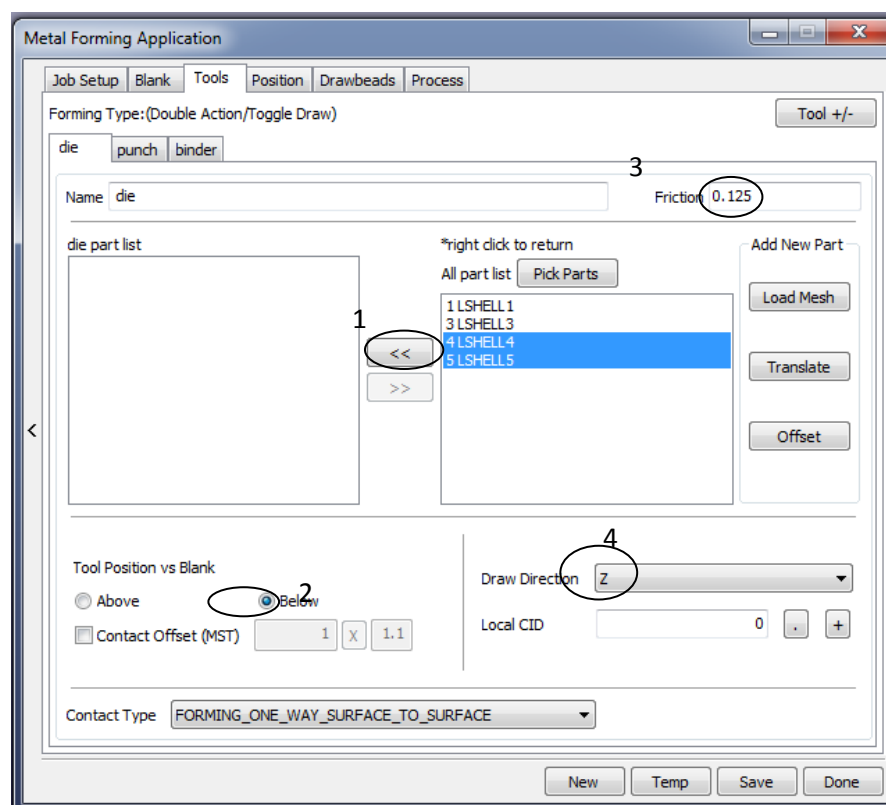


Рисунок 5.8 – Выбор матрицы

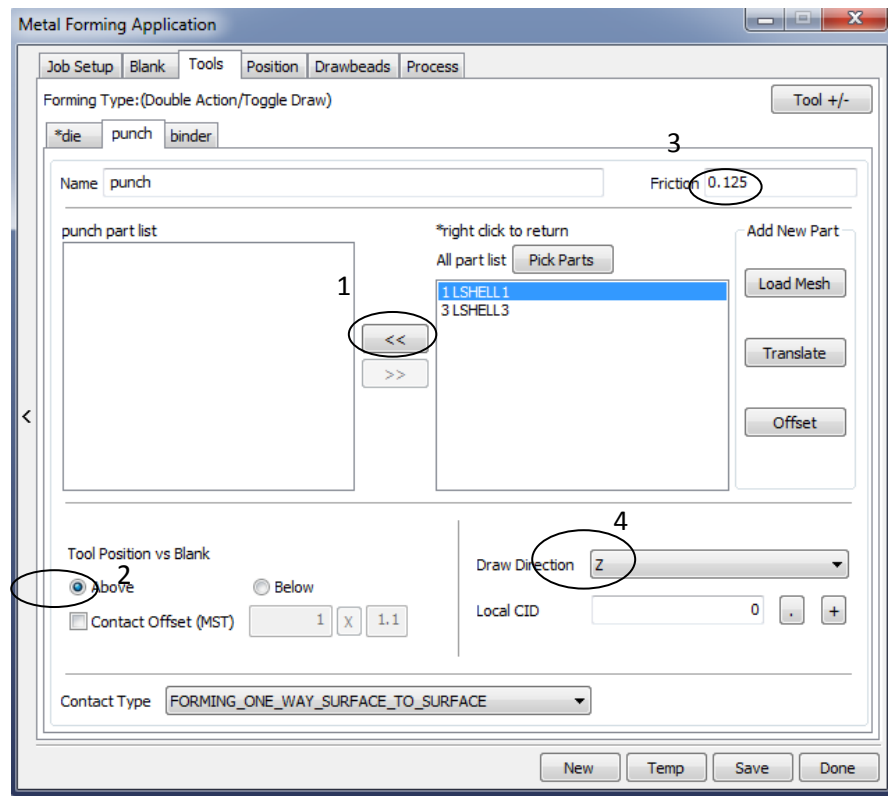


Рисунок 5.9 – Выбор пуансона

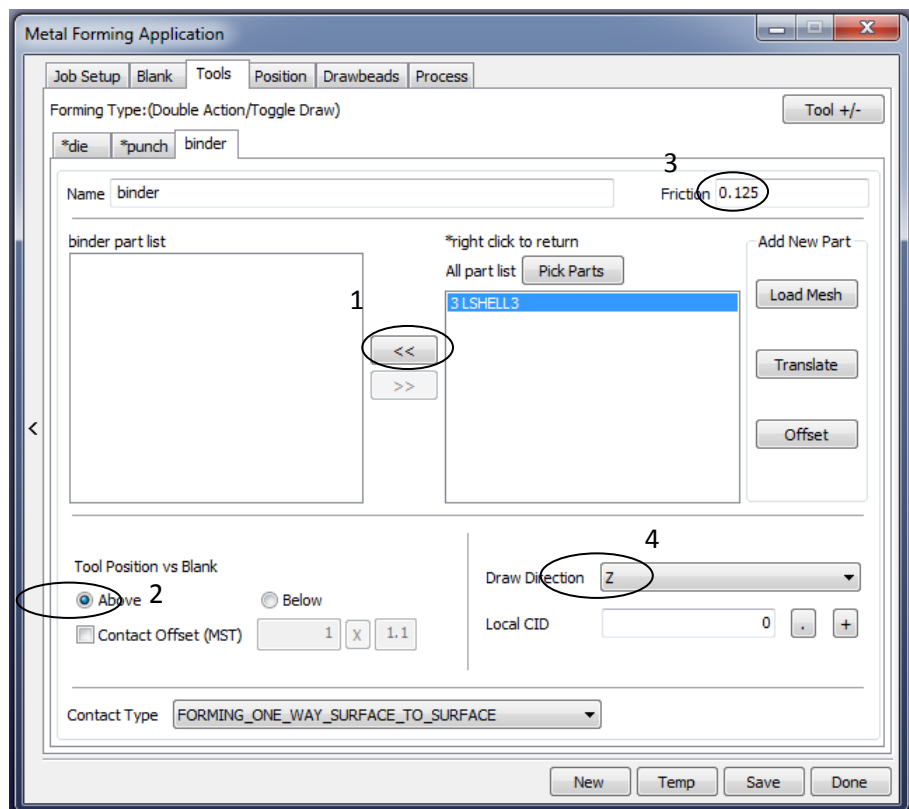


Рисунок 5.10 – Выбор прижима

5. В разделе Position, устанавливается расположение инструмента по оси Z. (позиция 1 рисунок 5.11). Выбирается AutoPosition (позиция 2, рисунок 5.11), для автопозиционирования всех частей в пространстве. После этого действия заготовку передвигать не рекомендуется, так как нарушится позиционирование детали.

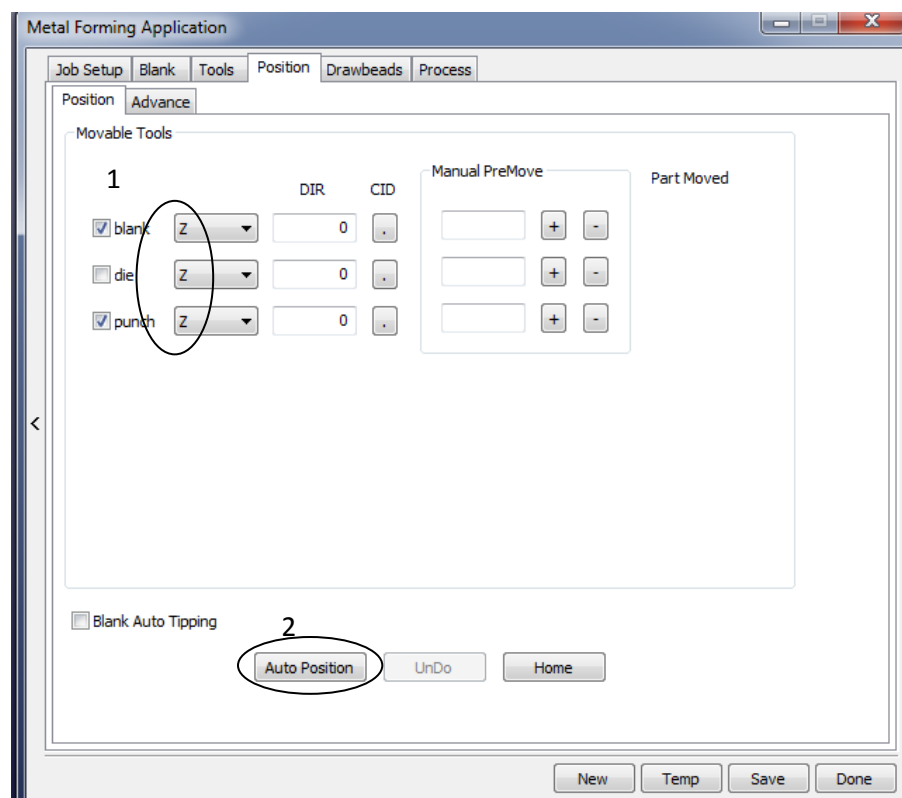


Рисунок 5.11 – Расположение инструмента

6. Устанавливается сам процесс операции, в данном случае, вытяжка (drawing). Раздел Process. (позиция 1 рисунок 5.12)

Здесь задается то, что:

- матрица будет неподвижной (stationary), (позиция 2, рисунок 5.12);
- пуансон движется к матрице с определенной скоростью (позиция 3, рисунок 5.12);

– прижим будет действовать на заготовку с усилием (force), равное 61000 кг (позиция 4, рисунок 5.12).

Сохраняем процесс в файл isform (позиция 5, рисунок 5.12)

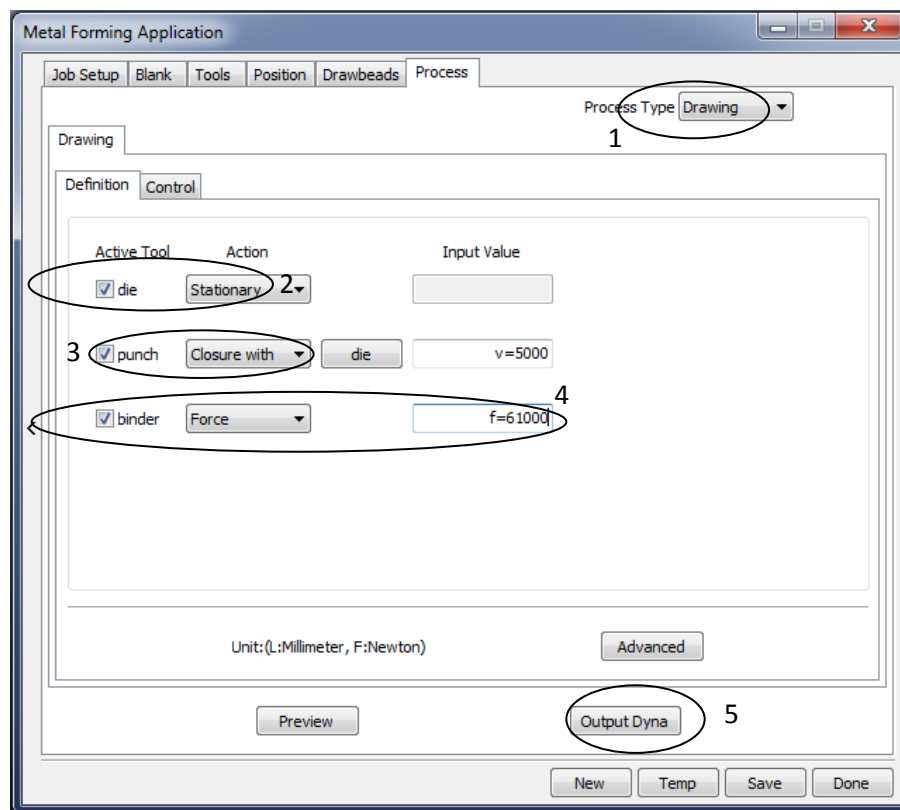


Рисунок 5.12 – Процесс операции

7. Отправляем файл «isform» в программу LS-DYNAManager, для расчета процесса вытяжки. После окончания расчета открываем, в LS-Prepost, файл «3dplot», для анализа полученного результата. После анализа получили результаты:

- утонения в процентах (рисунок 5.13);
- условия пластичности Мизеса (рисунок 5.14);
- FLD- диаграммы (рисунок 5.15).

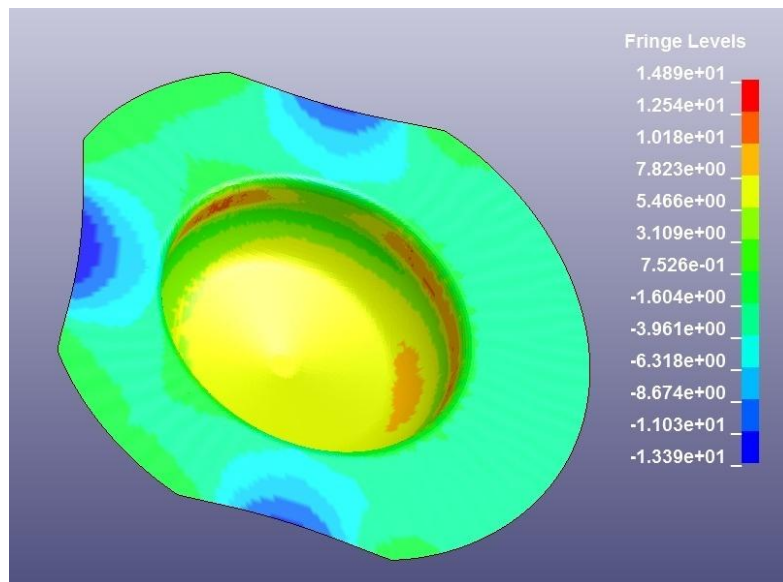


Рисунок 5.13 – Утонение в процентах

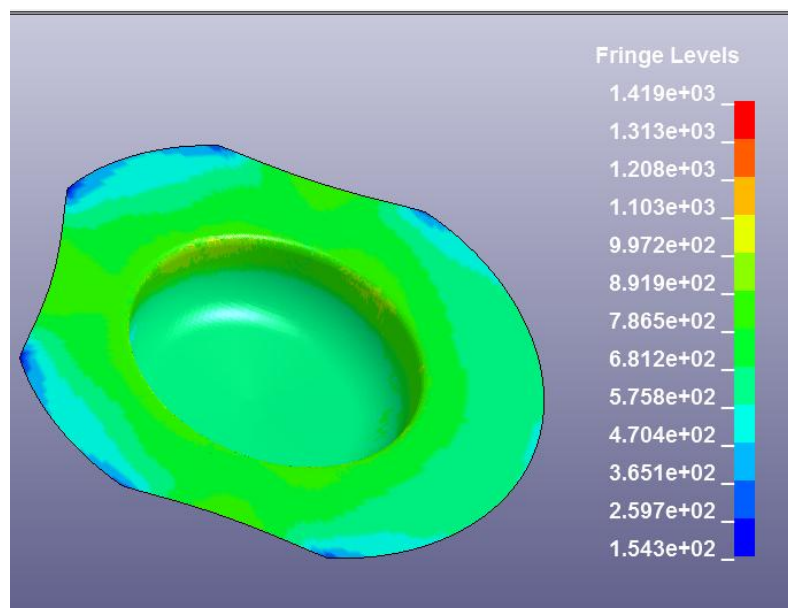


Рисунок 5.14 – Условие пластичности Мизеса

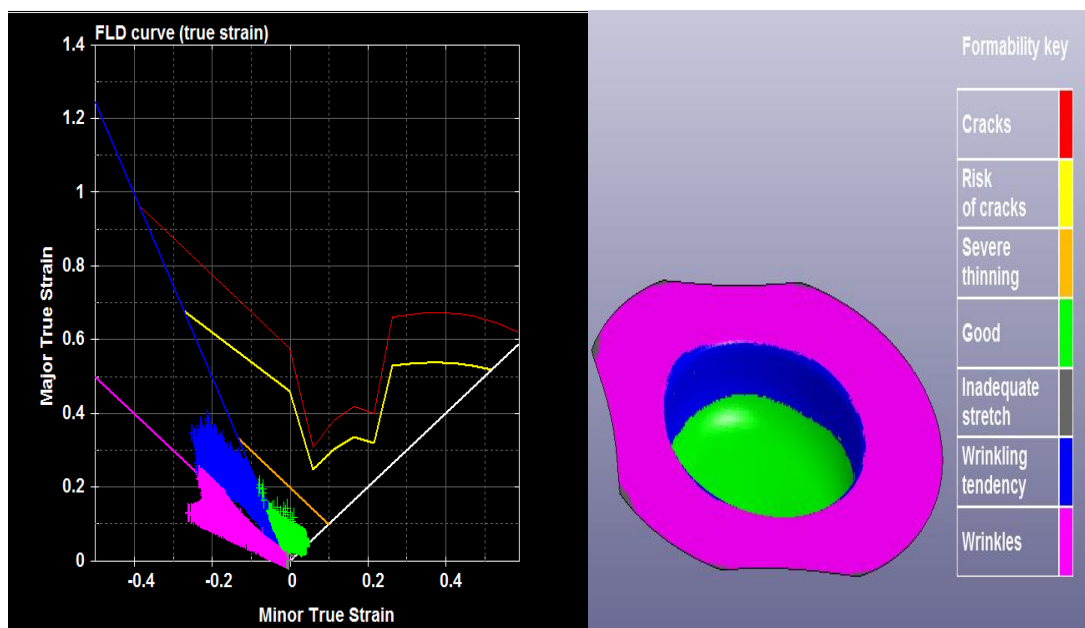


Рисунок 5.15– FLD-диаграмма

По полученным результатам видно, что разрывов в модели нет. Из этого следует, что выбранная фасонная заготовка подходит для изготовления рассматриваемого изделия.



## 6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

### 6.1. Технологическая характеристика объекта

Таблица 6.1 – Технологический паспорт объекта

« № п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества [12]»
1.	Изготовление изделия «Раковина»	Вырубка, вытягивание, обрезка, пробивка, формовка	Штамповщик	Кривошипный пресс К18014	Сталь 12Х18Н10Т

### 6.2. Идентификация профессионального риска

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков.

«№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора [12]»
1	Работа прессы К18014	«Физический-повышенный уровень вибрации». [12]	«Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции». [12]
2	Погрузка, транспортировка,	Острые кромки, заусенцы и	«Прессы, механизмы и устройства прессы и

продолжение таблицы 6.2

	разгрузочная работа	шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	штампов, их незащищенные подвижные части, транспорт». [12]
3	«Перемещение подвижных частей оборудования и штамповой оснастки». [12]	«Химические и токсические воздействия». [12]	«Смазка подвижных частей оборудования, штамповой оснастки и заготовок». [12]

### 6.3. Снижение профессионального риска

Таблица 6.3–Организационно-технические методы и способы устранения опасных и вредных производственных факторов.

«№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника [12]»
1	Повышенная вибрация	Регламентированные режимы работы, изменения в конструкциях фундаментов.	-
2	Повышенная шумность в помещении	«Смазывание трущихся частей штампа, средство индивидуальной защиты, шумоизоляция». [12]	«Ушной вкладыш, наушники» [12]
3	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	«Инструктаж по техники безопасности, автоматизация и механизация, изоляция токоведущих частей, и	«Спецкостюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на

продолжение таблицы 6.3

		расположение их на недоступной высоте, Ограждения штамповочного пространства прессы - фотоэлементами, останавливающими пресс в случае пересечения каким-либо предметом светового луча, механической решеткой, переносным пультом включения муфты и тормоза прессы, кнопки аварийного останова на пульте управления загрузчиком, встроенная предохранительная муфта отключает автоматическую линию в случае заклинивания грейферной подачи». [12]	утолщенной подошве, защитные рукавицы». [12]
4	Токсические воздействия	«Контроль концен. токсич. в-в. По окончании раб. смены снять спецодежду, умыться, вымыть руки с мылом или принять душ». [12]	«Респиратор, маска

#### 6.4. Пожарная безопасность объекта

Таблица 6.4 –Классы и опасные факторы пожара.

«№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара [12]»
1	Механизированный участок штамповки	Кривошипный пресс К18014	В, Е	«Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму».[12]	«Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества».[12]

Таблица 6.5 - Средства для предотвращения пожаров на производстве

«Первич ные средства пожарот ушения	Мобильн ые средства пожароту шения	Стацион арные установ ки системы пожарот ушения	Средства пожарной автоматики	Пожар ное оборуд ование	Средств а индивид уальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизир ованный и немеханизи рованный)	Пожарн ые сигнали зация, связь и оповещ ение [12]».
Огнету шитель	Пожарны й	Водяная установ	Дымовой датчик	Пожар ный	Противо газ	Пожарный багор	Опове щатель

продолжение таблицы 6.5

	автомобиль	ка системы пожаротушения		рукав			о пожаре
Песок	Пожарная мотопомпа	Газовая установка системы пожаротушения	Тепловой датчики	Пожарный инвентарь	Носилка	Пожарный топор	Световой указатель "ВЫХОД"
Кошма	Приспособленное спец. средство	Порошковая установка системы пожаротушения	Приемный контрольный прибор	Колонка пожарная	Защитный костюм	Лопата штыковая	Ручной пожарный извещатель

Таблица 6.6 – Мероприятия для обеспечения пожарной безопасности.

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта»	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты [12]»
Листовая штамповка деталей	«Обучение персонала требования ПБ; соблюдение техники безопасности; соблюдение последовательности алгоритма технологического процесса; наличие средств пожаротушения; своевременная уборка»	«Квалифицированный персонал; обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара; оповещения и эвакуации; наличие систем пожаротушения». [12] «ФЗ-123 Федеральный закон технический регламент (О

продолжение таблицы 6.6

	промасленной ветоши с рабочего места; ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте; хранение взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ». [12]	требованиях пожарной безопасности)». [12] «ГОСТ 12.1.018-93. ССБТ. Пожаровзрыво безопасность статического электричества. Общие требования»
--	--	---

6.5. Экологическая безопасность объекта

Таблица 6.7– Негативные экологические факторы объекта

«Наименование технического объекта, производственно - технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно - технологического процесса, энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу [12]»
Листовая штамповка	Кривошипный пресс К18014	«Интенсивное выделение вредных испарений, газов отработанной смазки, масла и скопление пыли». [12]	«Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов, при замене масла в технологических агрегатах и ряде подобных случаев». [12]	«Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов». [12]

Таблица 6.8 – Разработанные мероприятия для снижения антропогенного воздействия объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Листовая штамповка
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу». [12]	«Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха». [12]
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу». [12]	«Использование очистных сооружений для сточных вод». [12]
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу». [12]	«Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами». [12]

## Вывод:

В данном разделе ВКР приведена характеристика технологического изготовления изделия «Раковина», перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое оборудование, применяемые материалы (табл. 6.1).

«Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу листовой штамповки изделия «Раковина», видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенный уровень вибрации и шума, производственный травматизм, токсическое воздействие (табл.6.2). Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно инструктаж по технике безопасности, применение средств автоматизации и механизации, смазка трущихся частей оборудования и штамповой оснастки, изменение в конструкции фундамента, виброизоляция, контроль концентрации токсических веществ и т.д. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (табл. 6.3)». [12]

«Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация классов пожара и опасных факторов пожара и разработка средств и мер обеспечения пожарной безопасности (табл. 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (табл. 6.6)». [12]

«Идентифицированы технологические факторы (табл. 6.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (табл. 6.8)». [12]



## 7. ЭКОНОМИКА

### 7.1. Сравнение существующего и проектного технологических вариантов

В данной части ВКР необходимо провести сравнительный экономический анализ двух вариантов изготовления изделия «Раковина». В существующем технологическом процессе для изготовления изделия используют недолговременный свинцово-цинковый штамп и производят штамповку на кривошипном прессе RUE-160с усилием 1,6 МН. В проектном технологическом процессе разработан долговременный штамп и для изготовления был выбран другой кривошипный пресс К18014 с усилием 1,6 МН. Также изменяется раскрой материала, и экономия, в основном, происходит за счет экономии материала.

#### Расчетные данные

1. Эффективный фонд времени работы оборудования (7.1):

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

где  $D_{\text{раб}}$  – рабочие дни;

$T_{\text{см}}$  – продолжительность смены;

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

$T_{\text{сокр}}$  – сокращение в предпраздничный день;

$S$  – количество смен;

$k_{\text{р.п}}$  – коэффициент, учитывающий время на ремонт оборудования.

$$\Phi_{\text{Э}} = 247 \cdot 8 - 5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot (1 - 0,05) = 3745 \text{ ч.}$$

2. Эффективный фонд времени рабочего (7.2):

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

где  $\Phi_{\text{Э}}$  – эффективный фонд времени работы оборудования.

$$\Phi_{\text{Э.р.}} = 30\% \cdot 3745 = 1124 \text{ ч.}$$

7.2. Число оборудования, коэффициент загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки

Таблица 7.1 – Общие исходные данные

№	Показатели	Обозначение	Значение	
1.	Количество выпускаемых деталей в год, шт.	N	60000	
2.	Эффективное время работы, час: - оборудования - рабочего	$\Phi_{\text{Э}}$ $\Phi_{\text{Э.Р.}}$	3745 1124	
	Коэффициенты:			
3.	Выполнения норм	$K_{\text{ВН}}$	1,1	
4.	Многостаночного обслуживания	$K_{\text{МН}}$	1,0	
5.	Потери времени на отпуск работников, %	$K_{\text{О}}$	11,8	
6.	Коэффициент монтажа: - в расчете себестоимости - в расчете капиталовложениях	$K_{\text{МОНТ}}$	1,1 0,1	
7.	Стоимость металла, руб./кг.	$\Pi_{\text{М}}$	235	
8.	Стоимость отхода (металл), руб./кг	$\Pi_{\text{ОТХ}}$	7,52	
9.	Масса заготовки, кг.	$M_{\text{З}}$	2,09	1,96
10.	Масса отходов, кг.	$M_{\text{ОТХ}}$	0,78	0,66
11.	Транспортно – заготовительных расходов	$K_{\text{ТЗ}}$	1,014	
12.	Коэффициенты доплат			
А)	До часового фонда зарплаты	$K_{\text{ДОП}}$	1,08	
Б)	За профессионализм	$K_{\text{ПФ}}$	1,16	
В)	За условия труда	$K_{\text{У}}$	1,12	
Г)	За вечерние и ночные часы	$K_{\text{Н}}$	1,2	
Д)	Премии	$K_{\text{ПР}}$	1,1	
Е)	На социальные нужды	$K_{\text{С}}$	1,262	
	Общий коэффициент $K_{\text{ЗПЛ}} = K_{\text{Д}} \cdot K_{\text{ПФ}} \cdot K_{\text{У}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{С}}$	$K_{\text{ЗПЛ}}$	6,922	
	Коэффициенты:			
13.	Загрузки оборудования по мощности	$K_{\text{М}}$	0,8	
14.	Загрузки оборудования по времени	$K_{\text{В}}$	0,7	
15.	Потерь в сети	$K_{\text{П}}$	1,03	
16.	Одновременной работы электродвигателей	$K_{\text{ОД}}$	0,8	
17.	Выручка от реализации, %:от Ц: - изношенного оборудования - изношенного штампа	$V_{\text{Р}}$ $V_{\text{Р.и.}}$	5 15	
18.	Амортизация, %	На	6	

Продолжение таблицы 7.1

19.	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	$K_{ЦЕХ}$	1,72
20.	Часовая тарифная ставка, руб./час: - 3 разряд рабочего - 5 разряд наладчика	$C_T$ $C_T$	66,71 79,89
21.	Стоимость электроэнергии, руб./кВт	$Ц_э$	2,435
22.	Стоимость площади, руб./м <sup>2</sup>	$Ц_{пл}$	4500
23.	Норматив экономической эффективности	$E_H$	0,33

Таблица 7.2 – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Усилие, МН	Норма времени, мин.		Мощность $M_y$ , кВт	Площадь $S_y$ , м <sup>2</sup>	Цена, руб.
			$t_{шт}$	$t_{маш}$			
	Существующий вариант						
1	RUE-160	1,6	0,090	0,080	25	16	400000
	Проектный вариант						
1	К 18014	1,6	0,060	0,070	30	16	350000

Таблица 7.3 – Исходные данные о штамповой оснастке

№	Наименование штампа	Стойкость штампа $T_{и.шт.}$ , ударов	Цена штампа $Ц_{шт.}$ , руб.
	Существующий вариант		
1	Штамп для вытяжки	15000	100000
2	Штамп вырубки	400000	250000
3	Штамп обрезки-пробивки, формовки	400000	350000
	Проектный вариант		
1	Штамп для вытяжки	300000	285000
2	Штамп вырубки	400000	260000
3	Штамп обрезки-пробивки, формовки	400000	350000

7.3.Необходимое количество оборудования, коэффициент загрузки, численность рабочих-операторов и штамповой оснастки.

Таблица 7.4 – Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1.	«Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.».[11]	$n_{об} = t_{шт} \times N_{Г} / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60)$ $n_{об}^{сущ} = 0,090 \cdot 60000 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,03 \approx 1$ $n_{об}^{пр} = 0,060 \cdot 60000 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60) = 0,02 \approx 1$	1	1
2.	«Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции». [11]	$K_3 = n_{об}^{Расч} / n_{об}^{Прин.}$ $K_3^{сущ} = 0,03 / 1 = 0,03$ $K_3^{пр} = 0,02 / 1 = 0,02$	0,03	0,02
3.	«Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.».[11]	$P_{оп} = [t_{шт} \times N_{Г} \cdot (1 + K_0 / 100)] / (\Phi_{Эр} \times K_{МН} \times 60)$ $P_{оп}^{сущ} = \frac{0,090 \cdot 60000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{1124 \cdot 1 \cdot 60} = 0,09 \approx 1 \cdot 1_{оп} \cdot 2_{см} = 2$ $P_{оп}^{пр} = \frac{0,060 \cdot 60000 \cdot 1 + \frac{11,8}{100}}{1124 \cdot 1 \cdot 60} = 0,06 \approx 1 \cdot 1_{оп} \cdot 2_{см} = 2$	2	2
4.	«Число штампов для выпуска годовой программы, шт.».[11]	$n_{штамп} = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $n_{шт}^{выт.сущ} = 60000 / 15000 = 4$ $n_{шт}^{выт.пр} = 60000 / 300000 = 0,2 \approx 1$ $n_{шт}^{выр} = 60000 / 400000 = 0,15 \approx 1$ $n_{шт}^{обр} = 60000 / 400000 = 0,15 \approx 1$	4	1

## 7.4. Капиталовложения

Таблица 7.5 – Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	«Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.».[11]	$K_{\text{ОБ}} = n_{\text{ОБ}} \times C_{\text{ОБ}} \times K_3$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{сущ}} = 1 \cdot 400000 \cdot 0,03 = 12000$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{пр}} = 1 \cdot 350000 \cdot 0,02 = 7000$	12000	7000
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
А.	«Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.».[11]	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ}} \times K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{сущ}} = 12000 \cdot 0,1 = 1200$ $K_{\text{М}}^{\text{пр}} = 7000 \cdot 0,1 = 700$	1200	700
Б.	«Затраты на штамповую оснастку, руб.».[11]	$K_{\text{И}} = C_{\text{ШТ}} \times n_{\text{ШТ}}$ $K_{\text{И}}^{\text{сущ}} = 310000 + 250000 + 350000 = 910000$ $K_{\text{И}}^{\text{пр}} = 285000 + 260000 + 350000 = 895000$	910000	895000
В.	«Затраты на производственную площадь, руб.».[11]	$K_{\text{ПЛ}} = n_{\text{ОБ}} \times S_{\text{У}} \times C_{\text{ПЛ}} \times K_3$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{сущ}} = 1 \cdot 16 \cdot 4500 \cdot 0,03 = 2160$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{пр}} = 1 \cdot 16 \cdot 4500 \cdot 0,02 = 1440$	2160	1440
	Итого	$K_{\text{СОП}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{ПЛ}}$ $K_{\text{СОП}}^{\text{сущ}} = 1200 + 910000 + 2160 = 913360$ $K_{\text{СОП}}^{\text{пр}} = 700 + 895000 + 1440 = 897140$	913360	897140
3	«Общие капитальные вложения, руб.» [11]	$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{СОП}}$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{сущ}} = 12000 + 913360 = 925360$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{пр}} = 7000 + 897140 = 904140$	925360	904140
4	«Удельные капвложения, руб.» [11]	$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{УД}}^{\text{сущ}} = 925360 / 60000 = 15,4$ $K_{\text{УД}}^{\text{пр}} = 904140 / 60000 = 15,1$	15,4	15,1

## 7.5. Себестоимость продукции и сравнение вариантов

Таблица 7.6 – Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	«Материальные затраты, руб.». [11]	$M = (M_3 \times \Pi_M \times K_{ТЗ}) - (M_{ОТХ} \times \Pi_{ОТХ})$ $M^{сущ} = 2,09 \cdot 235 \cdot 1,014 - 0,78 \cdot 7,52 = 492,2$ $M^{пр} = 1,96 \cdot 235 \cdot 1,014 - 0,66 \cdot 7,52 = 462,1$	492,2	462,1
2	«Зарплата рабочих-операторов, руб.». [11]	$З_{ПЛ} = P \times C_T \times \Phi_{ЭР} \times K_{ЗПЛ} \times K_3 / N_{Г}$ $З_{ПЛ}^{сущ} = 2 \cdot 66,71 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,03 / 60000 = 0,52$ $З_{ПЛ}^{пр} = 2 \cdot 66,71 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,02 / 60000 = 0,31$	0,52	0,31
3	«Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования, руб.». [11]	$P_A = [(\Pi_{Об} \times (1 - B_p)) \times N_A \times t_{шт} \times 1,3] / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60 \times 100)$ $P_A^{сущ} = 400000 \cdot 1 - 0,05 \cdot 6 \cdot 0,090 \cdot 1,3 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) = 0,011$ $P_A^{пр} = 350000 \cdot 1 - 0,05 \cdot 6 \cdot 0,060 \cdot 1,3 / (3745 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 100) = 0,006$	0,011	0,006
4	«Расходы на электроэнергию, руб.». [11]	$P_{Э} = (M_y \times t_{маш} \times K_{Од} \times K_M \times K_B \times K_{П} \times \Pi_{Э}) / (КПД \times 60)$ $P_{Э}^{сущ} = (25 \cdot 0,08 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,435) / (0,75 \cdot 60) = 0,05$ $P_{Э}^{пр} = (30 \cdot 0,08 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,03 \cdot 2,435) / (0,75 \cdot 60) = 0,06$	0,05	0,06
5	«Затраты на амортизацию штамповый инструмент, руб.». [11]	$P_{И} = (\Pi_{шт} \cdot [1 - B_{р.и.}]) / T_{и.шт.}$ $P_{И}^{выт.сущ} = (100000 \cdot 1 - 0,15) / 15000 = 5,67$ $P_{И}^{выт.пр} = (285000 \cdot 1 - 0,15) / 300000 = 0,81$ $P_{И}^{выр.сущ} = (250000 \cdot 1 - 0,15) / 400000 = 0,53$	6,9	2,1

продолжение таблицы 7.6

		$P_{И}^{выр.пр} = (260000 \cdot 1 - 0,15) / 400000 = 0,55$ $P_{И}^{обр} = (350000 \cdot 1 - 0,15) / 400000 = 0,74$ $P_{И.общ}^{сущ} = 6,9$ $P_{И.общ}^{пр} = 2,1$		
6	«Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.».[11]	$P_{ПЛ} = S_y \times n_{ОБ} \times Ц_{ПЛ} \times K_3 / N_{Г}$ $P_{ПЛ}^{сущ} = 16 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,03 / 60000 = 0,036$ $P_{ПЛ}^{пр} = 16 \cdot 1 \cdot 4500 \cdot 0,02 / 60000 = 0,024$	0,036	0,024
7	«Зарплату наладчика, руб.».[11]	$З_{НАЛ} = (n_{ОБ} \times C_T \times \Phi_{ЭР} \times K_{ЗПЛ} \times K_3) / (n_{ОБСЛ} \times N_{Г})$ $З_{НАЛ}^{сущ} = (1 \cdot 79,89 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,03) / (0,5 \cdot 60000) = 0,62$ $З_{НАЛ}^{пр} = (1 \cdot 79,89 \cdot 1124 \cdot 6,922 \cdot 0,02) / (0,5 \cdot 60000) = 0,41$	0,62	0,41
8	«Технологическая себестоимость, руб.».[11]	$C_{ТЕХ} = M + 3_{ПЛ} + P_A + P_{Э} + P_{И} + P_{ПЛ} + 3_{НАЛ}$ $C_{ТЕХ}^{сущ} = 492,2 + 0,52 + 0,011 + 0,05 + 6,9 + 0,036 + 0,62 = 500,34$ $C_{ТЕХ}^{пр} = 462,1 + 0,31 + 0,006 + 0,06 + 2,1 + 0,024 + 0,41 = 465,01$	500,34	465,01
9	«Общепроизводственные расходы, руб.».[11]	$P_{ЦЕХ} = 3_{ПЛ} \times K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ}^{сущ} = 0,52 \cdot 1,72 = 0,89$ $P_{ЦЕХ}^{пр} = 0,31 \cdot 1,72 = 0,53$	0,89	0,53
10	«Общепроизводственная (цеховая) себестоимость, руб.».[11]	$C_{ЦЕХ} = P_{ЦЕХ} + C_{ТЕХ}$ $C_{ЦЕХ}^{сущ} = 0,89 + 500,34 = 501,23$ $C_{ЦЕХ}^{пр} = 0,53 + 465,01 = 465,54$	501,23	465,54

## 7.6. Показатель экономической эффективности проектного варианта

Таблица 7.7 – Экономическая эффективность

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
«Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.». [11]	$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{уг}} &= (C_{\text{пех}}^{\text{сущ}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}} \\ \mathcal{E}_{\text{уг}} &= 501,23 - 465,54 \\ &\quad \cdot 60000 \\ &= 2141400 \end{aligned}$	2141400	
«Переведенные затраты, руб.». [11]	$\begin{aligned} \mathcal{Z}_{\text{пр}} &= C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}} \\ \mathcal{Z}_{\text{пер}}^{\text{сущ}} &= 501,23 + 0,33 \cdot 15,4 \\ &= 506,31 \\ \mathcal{Z}_{\text{пер}}^{\text{пр}} &= 465,54 + 0,33 \cdot 15,1 \\ &= 470,52 \end{aligned}$	506,31	470,52
«Годовой экономический эффект, руб.». [11]	$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{г}} &= (\mathcal{Z}_{\text{пер}}^{\text{сущ}} - \mathcal{Z}_{\text{пер}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}} \\ \mathcal{E}_{\text{г}} &= 506,31 - 470,52 \\ &\quad \cdot 60000 \\ &= 2147400 \end{aligned}$	2147400	
«Срок окупаемости кап. вложений, год». [11]	$\begin{aligned} T_{\text{ок}} &= K_{\text{и}}^{\text{пр}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} \\ T_{\text{ок}} &= \frac{895000}{2141400} = 0,42 \approx 1 \end{aligned}$	1	



#### Вывод:

В результате разработки нового технологического процесса изготовления изделия «Раковина» себестоимость продукции снизилась с 501,23 рублей до 465,54 рублей, т.е. на 35,69 рублей (7,12%) за счет изменения раскроя материала в проектном технологическом процессе, также замена недолговременного штампа вытяжки на долговременный.

Годовой экономический эффект от внедрения нового технологического процесса составил 2147400 рублей, при сроке окупаемости штамповой оснастки в течение 1 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной ВКР был разработан технологический процесс изготовления изделия «Раковина».

Были сделаны основные расчеты для разработанного технологического процесса.

Было выбрано оборудование для производства рассматриваемого изделия.

Разработана долговременная штамповая оснастка для операции вытяжка. Проведены требуемые прочностные и конструкторские расчеты.

Был проведен САЕ – анализ вытяжного перехода. В результате проведенного моделирования, были получены данные об утонении металла во время вытяжки, данные пластичности Мизеса, а так же была получена FLD диаграмма, по которой было выявлено, что во время вытяжки разрывов в модели нет.

Был произведен анализ опасных и вредных факторов, имеющих место на участке изготовления изделия, а также разработан перечень мероприятий по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду.

Рассчитана себестоимость изготовления рассматриваемого изделия и условно-годовая экономия от внедрения нового раскроя материала и конструирования долговременной штамповой оснастки.

На основании всех проделанных расчетов и исследований, делаем вывод о том, что цель данной ВКР достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке[Текст] / В.П. Романовский– 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
2. Норицын, И.А. Проектирование кузнечных и холодноштамповых цехов и заводов[Текст]: учеб. пособие для вузов / И.А. Норицын, В.Я. Шехтер, А.М. Мансуров. – М. : Высш. шк., 1977. – 423 с.
3. Скрипачев, А.В. Технология изготовления облицовочных деталей автомобиля [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.В. Скрипачев. – Тольятти: ТГУ, 2004. – 94 с.
4. Шухов, Ю.В. Холодная штамповка [Текст]: учеб. для индивидуально-бригадной подгот. рабочих на производстве / Ю.В. Шухов, С.А. Еленев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1972. – 207 с. : ил.; 22 см.
5. Канторович, Л.В. Рациональный раскрой промышленных материалов[Текст]: Л.В. Канторович, В.А. Залгаллер. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Наука, 1971. – 300 с.: ил.
6. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка[Текст]: М.Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. – 432 с.: ил.
7. Смолин, Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки [Текст]: учеб. пособие для студентов заочной формы обучения / Е.Л. Смолин. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.
8. Скворцов, Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки[Текст]: конструкции и расчеты / Г.Д. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
9. Аверкиев, Ю.А. Технология холодной штамповки[Текст]: учеб. для вузов / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.

10. Малов, А.Н. Технология холодной штамповки [Текст]: А.Н. Малов – М.: Машиностроение, 1969. – 568 стр.
11. Краснопевцева, И.В. Экономика машиностроительного производства [Текст]: учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 148 с.
12. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Текст]: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти: ТГУ, 2016. – 51 с.
13. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением [Текст]: М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
14. Банкетов А.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование [Текст]: А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
15. 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. – Тольятти: ТГУ, 2014. - 230 с. : ил.
16. Акулович, Л. М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. - Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2016. - 488 с. : ил.
17. Муромцев Д. Ю. Математическое обеспечение САПР [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 464 с. : ил.
18. Автоматизированное проектирование технологической оснастки для холодной штамповки : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В. В. Морозов [и др.] ; под ред. В. В. Морозова . - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 343 с. : ил.

19. Константинов И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением [Электронный ресурс] : учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников. - 2-е изд., стер. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 488 с. : ил.
20. V. Vohnout, Jianhui Shang and G.S. Daehn, "Improved Formability by Control of Strain Distribution in Sheet Stamping using Electromagnetic Impulses", Proceedings of the 1st International Conference on High Speed Forming, March 31- April 1, Dortmund, Germany, pp. 211-221, (2004).
21. G. S. Daehn, Jianhui Shang and V. Vohnout, "Electromagnetically Assisted Sheet Forming: Enabling Difficult Shapes and Materials by Controlled Energy Distribution", Proceedings from Energy Efficient Manufacturing Processes, March 2-6, San Diego, C.A. pp. 117-128, (2003)
22. Giardini, C, Ceretti, E., Conti, C., A study of an application of double sheet hydro forming, ESAFORM 2004, pp 563–566, Trondheim, Norway, 2004.
23. Situ, Q., Jain, M., Bruhis, M., A New Approach to Obtain Forming Limits of Sheet Materials, ESAFORM 2006, pp. 299–302, Glasgow, United Kingdom, April 26–28, 2006.
24. Takuda, H, Forming Limit Prediction of Sheet Metals by Means of Some Criteria for Ductile Fracture, ESAFORM 2003, pp. 171–174, Salerno, Italy, April 28–30, 2003.
25. LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME II March 2001

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
А0			17.БР.СОМДyРП.582.6100.000СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
	1		17.БР.СОМДyРП.582.6100.001	Плита верхняя Сталь 3	1	
	2		17.БР.СОМДyРП.582.6100.002	Плита нижняя Сталь 3	1	
	3		17.БР.СОМДyРП.582.6100.003	Монтажная плита Сталь 40Х	1	
	4		17.БР.СОМДyРП.582.6100.004	Матрица Х12М	1	HRC 58...62
	5		17.БР.СОМДyРП.582.6100.005	Пуансон Х12М	1	HRC 58...62
	6		17.БР.СОМДyРП.582.6100.006	Прижим-съёмник Сталь 45	1	HRC 40...45
	7		17.БР.СОМДyРП.582.6100.007	Прижим Сталь 45	1	HRC 40...45
<u>Стандартные изделия</u>						
	8			Колонка $\phi 50 \times 300$ ГОСТ 13119-81	2	
	9			Втулка $\phi 71 \times 100$ ГОСТ 13121-83	2	
	10			Держатель $\phi 130 \times 75$	2	
	11			Ограничитель $\phi 71 \times 86$ ГОСТ 18802-80	2	
	12			Фиксатор $\phi 6,3 \times 20$ ГОСТ 18775-80	4	
	13			Толкатель $\phi 48 \times 187$ ГОСТ 18780-80	7	42...46 HRC
	14			Винт М24	8	HВ 105...149
			<b>17.БР.СОМДyРП.582.6100.000</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Романов А. М.			Лит.	Лист
Пров.		Смолин Е. Л.				1
Н.контр.		Виткалов В. Г.			Листов	
Утв.		Ельцов В. В.			2	
<b>Штамп вытяжки</b>					ТГУ, ИМ гр. МСБ-1301	
Копировал					Формат А4	

