



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ  
Завкафедрой «СОМДиРП»

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

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

Студент Гарифуллин Р.Р.

1.Тема Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн растяжки подвески» легкового автомобиля.

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

3.Исходные данные к выпускной квалификационной работе «Кронштейн растяжки подвески» легкового автомобиля.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)1. Исследование исходных данных, 2. Исследование улучшенной технологии изготовления детали, 3. Выбор оборудования, 4. Разработка конструкции штампа, 5. Использование CAD/CAE технологий для анализа процессов ОМД, 6. Безопасность и экологичность технического объекта, 7. Экономическая часть.

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

6. Консультанты по разделам1. Безопасность и экологичность технического объекта (И. В. Дерябин) 2.Экономическая часть (И.В. Краснопевцева) 3.Нормоконтроль (В.Г.Виткалов)

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

Заказчик

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

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

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

Задание принял к исполнению

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ  
Завкафедрой «СОМДиРП»  
\_\_\_\_\_ В.В. Ельцов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения бакалаврской работы**

Студента Гарифулина Романа Равильевича  
по теме Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Кронштейн растяжки подвески» легкового автомобиля

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Исследование исходных данных	07.05.17	09.05.17	выполнено	
2. Разработка улучшенной технологии изготовления детали	09.05.17	11.05.17	выполнено	
3. Выбор оборудования	13.05.17	16.05.17	выполнено	
4. Разработка конструкции штампа	17.05.17	20.05.17	выполнено	
5. Использование САД/САЕ технологий для анализа процессов ОМД	21.05.17	25.05.17	выполнено	
6. Безопасность жизнедеятельности	27.05.17	30.05.17	выполнено	
7. Экономическая часть	01.06.17	04.06.17	выполнено	
8. Подготовка чертежей по технологии	06.06.17	11.06.17	выполнено	
9. Подготовка чертежей оснастки	13.06.17	17.06.17	выполнено	
10. Подготовка к защите	20.06.17 – 29.06.17		выполнено	

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Е.Л.Смолин  
(И.О. Фамилия)

Р.Р. Гарифуллин  
(И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

The topic of the graduation project is «Design and development of the technological process of producing «Suspension brace bracket» component ».

The graduation project consists of an explanatory note on 85 pages, introduction, including 28 figures, 16 tables, the list of 20 references including 5 foreign sources and 3 appendices, and the graphic part on 7 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the conversion of the component manufacturing technological process to a KP-300 press transfer line.

In project's technological part the manufacturability of the component is tested, the shapes and dimensions of the component blank, and the utilization rate of the metal are defined, the energy-power parameters for the process design operations are calculated. Then the required technological equipment was selected and its technical characteristics were presented. Taking into consideration the die tooling, the strength analysis of the stamp components was conducted, the required dimensions of the die working parts and the center of stamp pressure were defined.

The method of constructing cyclic graphs for the transfer line performance optimization on the basis of the multi-position press machine was considered.

The working conditions at the designed punching area were analyzed and safety arrangements were suggested, as well as the analysis of the project sustainability.

In the economical part the component cost was calculated; the amount of investment for its production using the underlying technology and process design was determined; the comparative analysis of them was carried out.

## АННОТАЦИЯ

В выпускной квалификационной работе разработан технологический процесс и конструкция штамповой оснастки для изготовления детали “Кронштейн растяжки подвески”.

В работе сделан перевод технологического процесса изготовления детали с традиционного оборудования на пресс-автомат КП-300.

В технологической части работы проведена проверка детали на технологичность, определены формы и размеры исходной заготовки, коэффициент использования металла, рассчитаны энергосиловые параметры по операциям проектной технологии. Далее произведён выбор требуемого технологического оборудования и приведены его технические характеристики. По штамповой оснастке проведён прочностной расчёт деталей штампа, определены исполнительные размеры рабочих частей штампа и центр давления штампа.

Рассмотрена методика построения цикловой диаграммы для оптимизации работы автоматической линии на базе многопозиционного пресс-автомата.

Проанализированы условия труда на спроектированном участке штамповки и изложены меры по охране труда, а также проведен анализ экологичности проекта.

В экономической части рассчитана себестоимость детали. Определены размеры капиталовложений для ее производства по существующей и проектной технологии, сделан их сравнительный анализ.

Объём пояснительной записки составляет 85 страниц, объём графического материала – 7 листов.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1.АНАЛИЗИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....	9
1.1.Анализирование технологичности .....	9
1.2.Анализирование существующей технологии изготовления изделия .....	12
1.3.Минусы существующей технологии .....	15
1.4.Задачи ВКР .....	15
2.РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ .....	17
2.1.Проектный технологический процесс .....	17
2.2.Расчет размеров и определение формы заготовки .....	18
2.3.Рациональный раскрой, определение КИМ .....	21
2.4.Описание технологического процесса .....	23
2.5.Расчет ЭСП .....	25
3.ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ .....	31
3.1.Выбор оборудования для изготовления изделия .....	31
3.2.Средства механизации и автоматизации .....	35
3.3.Штамповочная линия, участок штамповки .....	36
4.КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ .....	38
4.1.Конструкция гибочного штампа .....	38
4.2.Выбор материалов и расчеты деталей штампа на прочность .....	42
4.3.Упругие элементы в штамповой оснастке .....	44
4.4.Центр давления в штамповой оснастке .....	46
4.5.Размеры инструмента .....	47
5.САЕ-АНАЛИЗ ВЫТЯЖНОГО ПЕРЕХОДА В ПО «LS-DYNA» .....	49
5.1.Основы САЕ-анализа в ПО «LS-DYNA» .....	49
5.2.Анализ процесса вытяжки .....	49
5.3.Моделирование процесса вытяжки в LS-DYNA .....	52
6.ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЕКТА .....	60
6.1.Технологическая характеристика объекта .....	60
6.2.Идентификация профессиональных рисков .....	60
6.3.Снижение профессионального риска .....	61
6.4.Пожарная безопасность объекта .....	63

6.5.Экологическая безопасность объекта .....	66
7.ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	69
7.1.Сравнительный анализ технологических вариантов.....	69
7.2.Определение необходимых единиц оборудования, коэффициентов, числа работников и оснастки штампа.....	70
7.3.Расчет необходимых единиц оборудования, коэффициентов, числа работников и оснастки штампа.....	72
7.4.Расчет капитальных вложений .....	73
7.5.Расчет себестоимости изделия по сравниваемым вариантам.....	74
7.6.Расчет экономического показателя проектного варианта .....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	

## ВВЕДЕНИЕ

«Процессы листовой штамповки получили широкое применение в различных областях промышленности, благодаря высокой производительности и экономической эффективности.

Холодная листовая штамповка является одним из наиболее прогрессивных технологических методов производства деталей, она имеет ряд преимуществ перед другими видами обработки металлов, как в техническом, так и в экономическом отношении.

В техническом отношении холодная штамповка позволяет:

- 1) получать детали весьма сложных форм, изготовление которых другими методами обработки или невозможно, или затруднительно;
- 2) создавать прочные и жёсткие, но лёгкие по массе конструкции деталей при небольшом расходе металла;
- 3) получать взаимозаменяемые детали с достаточно высокой точностью размеров, преимущественно без последующей механической обработки;

В экономическом отношении холодная штамповка обладает следующими преимуществами:

- 1) экономным использованием материала и сравнительно небольшими отходами, в некоторых случаях производится безотходная штамповка;
- 2) весьма высокой производительностью оборудования, с применением механизации и автоматизации производственных процессов;
- 3) массовым выпуском и низкой стоимостью изготавливаемых изделий.

[1]».

Цель данной работы – снижение себестоимости изготовления детали за счет автоматизации технологического процесса.



# 1. АНАЛИЗИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1. Анализирование технологичности

«К основным показателям технологичности штампованной детали относятся:

- наибольший коэффициент использования материала (КИМ);
- наименьшее количество и низкая трудоемкость операций;
- отсутствие последующей механической обработки детали;
- наименьшее количество требуемого оборудования и производственных площадей;
- наименьшее количество оснастки и низкие затраты на ее изготовление;
- высокий показатель производительности труда [1]».

Для анализа технологичности будем использовать чертеж детали (рисунок 1.1) и схему технологических переходов (рисунки 1.3 – 1.6).

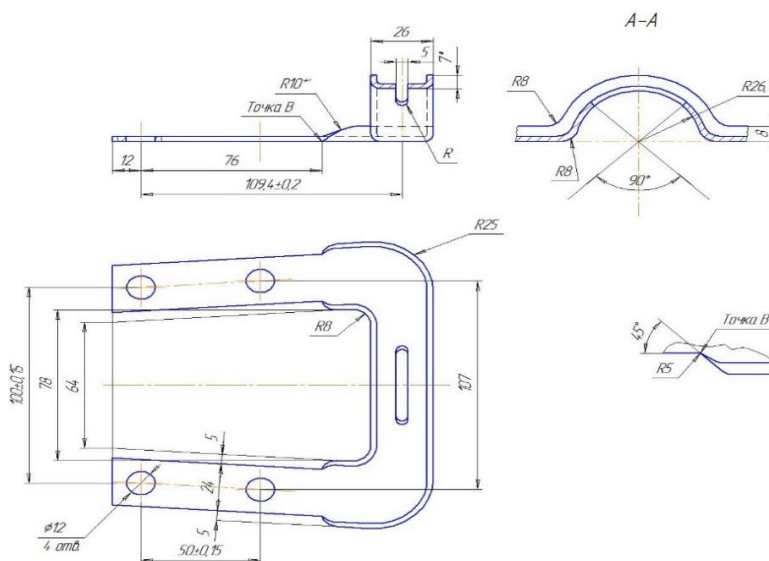


Рисунок 1.1- Кронштейн растяжки подвески

При анализе видно, что «Кронштейн растяжки подвески» имеет непростую пространственную форму, но без сложных конструктивных элементов. Данная деталь относится к несущим узлам каркаса автомобиля. Форма детали должна обеспечивать жесткость конструкции.

Для изготовления «Кронштейна растяжки подвески» используется пластичная сталь марки 08Ю, толщина стали – 2,5 мм.

Существующая технология изготовления детали спроектирована с учетом требования наименьшего количества оснастки (штампов). Действительно, деталь существует в левом и правом исполнении, однако для их изготовления используют один комплект штампов, т.к. штамповка проводится над спаренной заготовкой, включающей в себя оба варианта исполнения детали. Это положительно сказывается на технологичности.

«Кронштейн растяжки подвески» штампуется за несколько этапов. На выполнение каждого из них накладываются индивидуальные требования, соблюдение которых способствует качественному выполнению штамповочной операции. Для проведения детального анализа технологичности рассмотрим все операции техпроцесса и проведем анализ технологичности их выполнения.

1) Требования к детали при вырубке-пробивке:

- «контур вырубki (см. существующую технологию изготовления) отвечает требованиям технологичности: отсутствуют нежелательные при вырубке сложные контуры с узкими и длинными вырезами;

- пробиваемые отверстия  $\varnothing 12$  мм (рисунок 1.1) находятся на достаточном расстоянии от кромки заготовки: допускается при соотношении  $d > 5 \cdot S$  располагать отверстия на расстоянии от края  $A_{\min} = 0,8 \cdot S = 0,8 \cdot 2,5 = 2,0$  мм, а в нашем случае  $A \approx 6$  мм; отверстие овальной формы  $5 \times 43$  мм также лежит на достаточном расстоянии от вырубаемого контура;

- расстояние между отверстиями для пластичных материалов не должно быть меньше  $a_{\min} = S = 2,5$  мм, конструкция данной детали

соответствует этому требованию:  $a \approx 38$  мм между краями круглых отверстий (рисунок 1.1);

- наименьший размер пробиваемых отверстий при значении предела прочности стали  $\sigma_B = 300$  МПа должен составлять  $d_{\min} = 1,5$  мм; в нашем случае отверстия имеют  $\varnothing 12$  мм (рисунок 1.2);

- размеры отверстия овальной формы также технологичны:  $5 \times 43$  мм; радиус закруглений  $R = 2,5$  мм является кратным ширине овала (рисунок 1.2)[1].

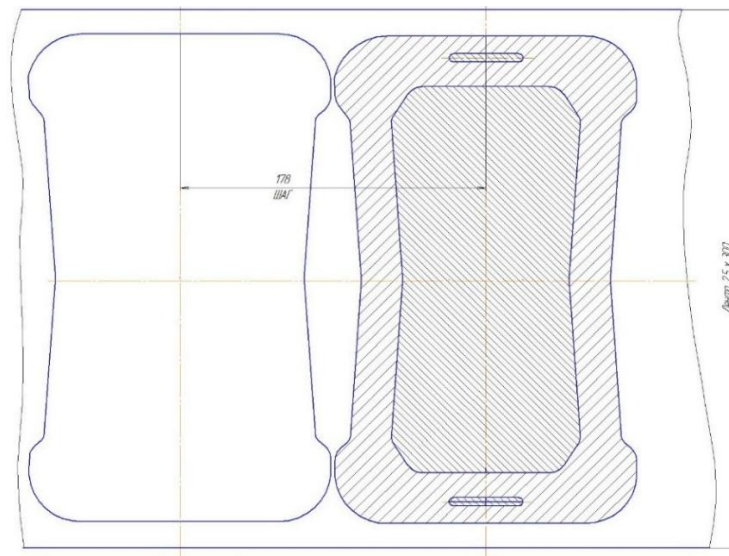


Рисунок 1.2- Вырубка, пробивка

## 2) Технологические требования к детали при гибке:

- «минимальный допустимый радиус гибки для пластичных материалов (стали 08кп, 08Ю) составляет  $R > S = 2,5$  мм, направление волокон в структуре материала при этом не учитывается; условие выполняется ( $R_{\min} \approx 6,0$  мм), рисунок 1.1 (разрез А-А);

- наименьшая высота огибаемой полки должна соответствовать условию:  $h > 3 \cdot S = 7,5$  мм [1]; в нашем же случае обращаем внимание, что при гибке величина  $h$  чуть меньше  $h_{\min} = 7,0 - 2,5 \approx 4,5$  мм (рисунок 1.1), в остальных – заведомо больше, что удовлетворяет требованию;

- для предотвращения искажения формы отверстия нужно принимать расстояние от центра радиуса гибки до края пробитого

отверстия:  $a \geq 2 \cdot S = 5,0$  мм [1]; в нашем случае для овального отверстия шириной 5 мм расстояние до линии гибки  $a \approx 6,0$  мм, что отвечает условию [1] » (рисунок 1.1)

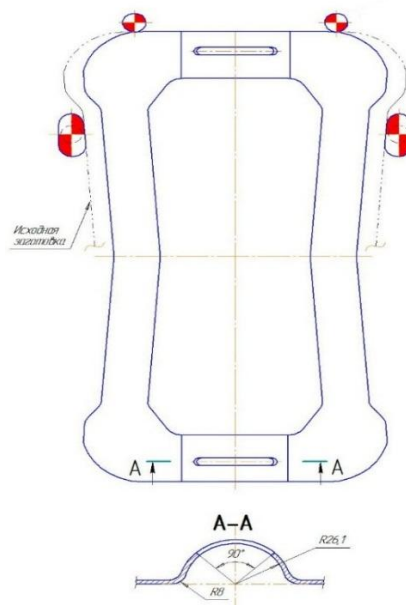


Рисунок 1.3- Гибка

Итак, делаем вывод, что деталь «Кронштейн растяжки подвески» удовлетворяет общим требованиям технологичности, предъявляемым к конструкциям листовых штампованных деталей.

## 1.2. Анализирование существующей технологии изготовления изделия

1-ая операция технологического процесса изготовления детали – вырубка-пробивка – выполняется на прессе К3034 усилием 2,5 МН (250 т), КИМ 46% оснащенного разматывающе-подающим устройством в зону обработки и удаляющим устройством, выполненного в виде лоткового съемника. Производится вырубка спаренной заготовки из ленты шириной 300 мм с шагом 178 мм и пробивка 2-х овальных отверстий размером 5 × 43 мм. Раскрой металла – однорядный, ось симметрии детали в составе спаренной заготовки расположена поперек ленты (рисунок 1.2.).

Следующие операции выполняются на прессах К18014 усилием 1,6 МН. Заготовки после вырубki-пробивки поступают к линии в подвозимой автопогрузчиком таре. Перенос деталей с позиции на позицию выполняется механическими транспортерами. Укладка в штампы – вручную. Удаление из рабочей зоны на транспортер обеспечивается пневматическим сдувом.

2-ая операция технологического процесса – 1-я гибка: в зоне расположения овальных отверстий плоскую заготовку изгибают по радиусу, получая 2 симметричные (относительно оси заготовки) арки внутренним радиусом 26 мм, рисунок 1.3. При этом овальные отверстия приобретают угол сектора в арке, равный  $90^\circ$  (см. чертеж детали, разрез А-А).

3-я операция – пробивка отверстий: получают 8 отверстий  $\varnothing 12$  мм (по 4 в каждой детали), а также 2 технологических отверстия  $\varnothing 10$  мм для фиксации заготовки на следующих операциях, рисунок 1.4.

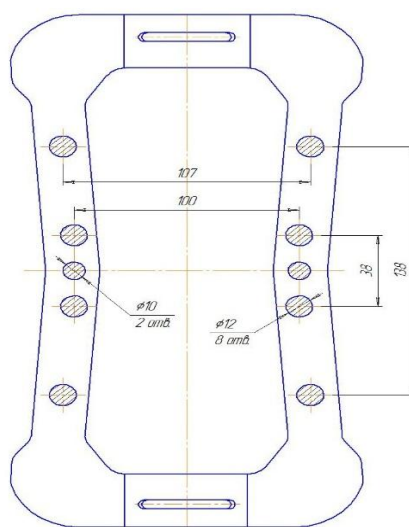


Рисунок 1.4- Пробивка

4-я операция – формовка: выполняется незначительный изгиб продольной оси заготовки на угол  $\approx 2^\circ$  в обе стороны, рисунок 1.5. Одновременно по краям арок формируются буртики высотой около 5 мм, непрерывно идущие по краям заготовки до точки В (см. чертеж детали, рисунок 1.1).

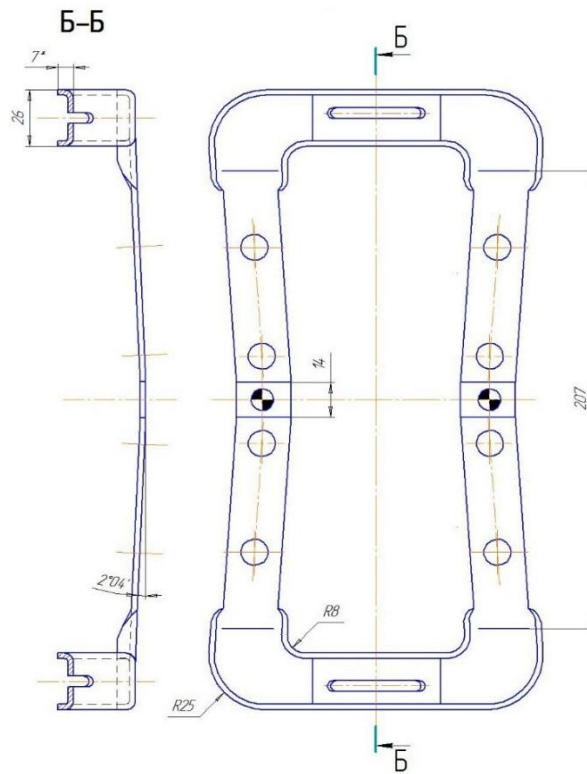


Рисунок 1.5- Формовка

Последняя, 5-я операция – разделение спаренной заготовки на 2 части: вырезается технологическая перемычка шириной 14 мм (рисунок 1.6). Операция выполняется на прессе К0230 усилием 1,0 МН (100 тонн).

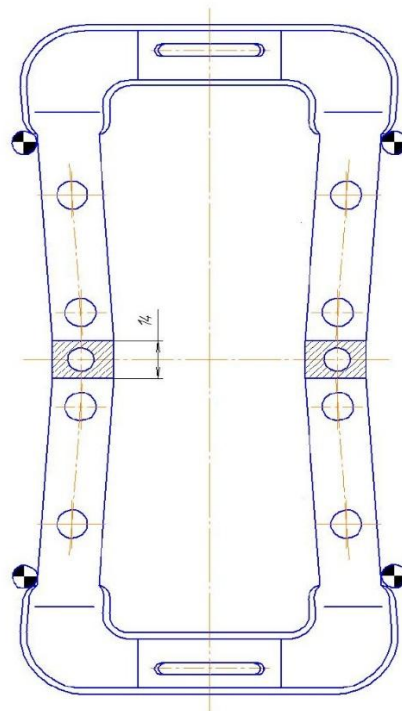


Рисунок 1.6- Разрезка

### 1.3. Минусы существующей технологии

Анализ существующего техпроцесса выявил следующие недостатки:

1) производительность на заготовительном этапе (операция вырубки-пробивки) значительно выше производительности последующих штамповочных операций; это приводит к тому, что основную часть деталей отвозят на склад и лишь небольшая их часть поступает к линии прессов К 18014; итоговая производительность выпуска деталей низкая;

2) необходимость создания межоперационного задела между 1-ой и 2-ой операциями приводит к потерям времени на транспортно-складские операции, а также к увеличению затрат на ремонт и обслуживание автопогрузчиков;

3) загрузка заготовок в штампы и ориентация их перед штамповкой на линии осуществляется вручную, что существенно снижает производительность технологического процесса;

4) использование ручной штамповки на всех операциях техпроцесса приводит к увеличению затрат на оплату труда, что повышает себестоимость изготовления детали;

5) использование нескольких единиц прессового оборудования ухудшает экономические показатели технологии.

Таким образом, следует разработать новый техпроцесс, который не будет иметь недостатков существующей технологии, что позволит достичь поставленной в данной проекте цели.

### 1.4. Задачи ВКР

Для достижения поставленных целей в ВКР нужно решить задачи, такие как:

- проанализировать существующую схему раскроя и попытаться изменить ее с учетом оптимального раскроя материала для повышения

эффективности использования металла (КИМ); здесь же потребуется рассчитать исходные размеры заготовки;

- построить новую схему технологии производства с учетом его автоматизации;

- рассчитать ЭСП штамповки (усилие и работу) применительно к новой технологии;

- выбрать необходимое оборудование, обеспечивающие выполнение нового технологического процесса;

- сконструировать новый штамп, учитывая характеристики выбранного оборудования ;

- сделать анализ безопасности и экологичности проекта;

- проанализировать существующую и проектную технологию на экономическую эффективность.



## 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

### 2.1. Проектный технологический процесс

«При выборе варианта технологической схемы необходимо учитывать ряд показателей, непосредственно влияющих на тип и содержание техпроцесса. К ним относятся:

- программа выпуска деталей;
- форма и габариты детали и заготовки;
- толщина и свойства материала изделия;
- предъявляемые требования к качеству поверхности, точности изготовления и эксплуатационным характеристикам детали [1]».

Разработку новой схемы техпроцесса следует вести с учетом недостатков существующей технологии. Ранее было отмечено, что основным недостатком существующего техпроцесса является сравнительно низкая производительность при выполнении основных операций (по отношению к заготовительной операции).

Для увеличения производительности целесообразно отказаться от применения традиционной штамповки на линии кривошипных прессов в пользу многопозиционной автоматизированной штамповки из штучных заготовок с использованием питателя и грейферной подачи.

Особенности работы грейферных линеек накладывают ряд условий на новый техпроцесс. Многопозиционная штамповка предусматривает ряд обязательных операций, которые позволяют обеспечивать требуемую точность детали.

Предварительной операцией в технологическом процессе обязательно является ориентация заготовок определенным образом относительно штампов и, соответственно, грейферных линеек. Последние имеют фиксированный шаг перемещения, постоянный между всеми позициями

штамповки. Кроме того, работа грейферной подачи подразумевает одинаковый уровень транспортировки заготовок для всех штампов. Это означает, что для перемещения на следующую позицию штамповки нужно заготовку поднять на требуемую высоту над штампом для того, чтобы грейферные линейки смогли выполнить ее захват и транспортировку.

Отсутствие в предлагаемой технологической схеме ручной ориентации заготовок между позициями накладывает ряд требований на точность фиксации детали в штампах. Для этого, например, можно использовать конструктивные отверстия в детали (4 отв.  $\varnothing 12$  мм) в качестве технологических отверстий для ловителей, обеспечивающих позиционирование заготовки на последующих этапах техпроцесса. Также можно взять за основу способ дополнительной фиксации, аналогичный существующей технологии, – использование специально пробиваемых в нейтральной зоне (в области перемычки) 2 технологических отверстий  $\varnothing 10$  мм.

Окончательно приходим к выводу, что количество, последовательность и содержание штамповочных операций в существующей технологии приемлема и для новой технологии. Оставляем все без изменений. Меняем лишь технологическое оборудование, снабдив его средствами автоматизации.

## 2.2. Расчет размеров и определение формы заготовки

Для получения наилучшего раскроя материала нужно определить размеры и формы исходной заготовки. Размер заготовки, подлежащих гибке, определяют из равенства длин развернутой заготовки и нейтрального слоя изогнутой детали.

Из существующего варианта технологии видно, что заготовка подвергается изгибу вначале в поперечном, а затем в продольном

направлении (незначительно). "Продольное" направление – ось симметрии детали.

Оставив без изменений штамповочные операции, оставляем неизменным и существующую теоретическую развертку (контур вырубki), рисунок 2.1.

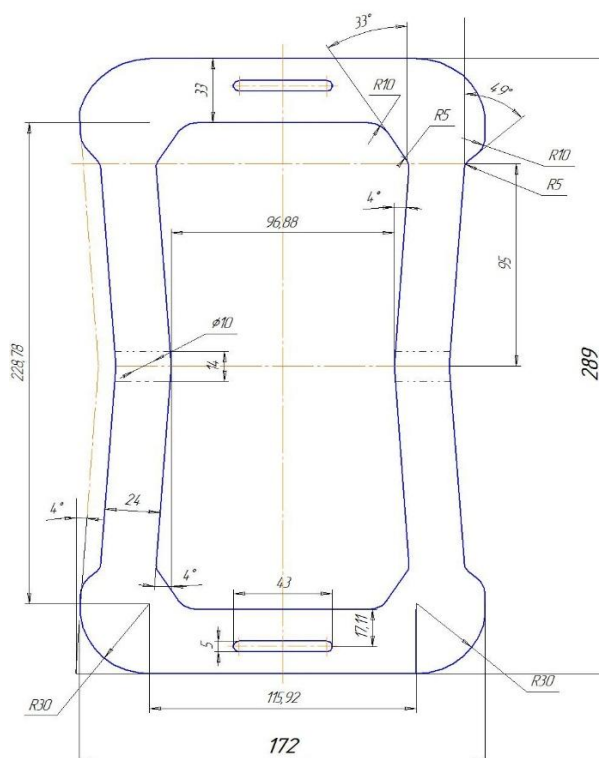


Рисунок 2.1- Контур вырубki

В итоге, имеем значения длин максимальных сечений (см. рисунок 2.1):

поперечного:  $L_{\text{ПОПЕР.}} = 115,92 + 2 \cdot 30,0 - 2 \cdot 30,0 \cdot \sin 4^\circ = 171,73 \text{ мм};$

продольного:  $L_{\text{ПРОД.}} = 228,78 + 2 \cdot 30,0 = 288,78 \text{ мм}.$

Округляем их до целых значений, с которыми будем оперировать далее: поперечный габарит - 172 мм, продольный - 289 мм.

Таким образом, максимальные размеры заготовки: 289 × 172 мм.

Ранее было принято решение использовать прежнюю схему раскроя. Тип раскроя остается прежним – однорядным; так чтобы продольная ось симметрии была параллельна краям ленты (рисунок 2.2).

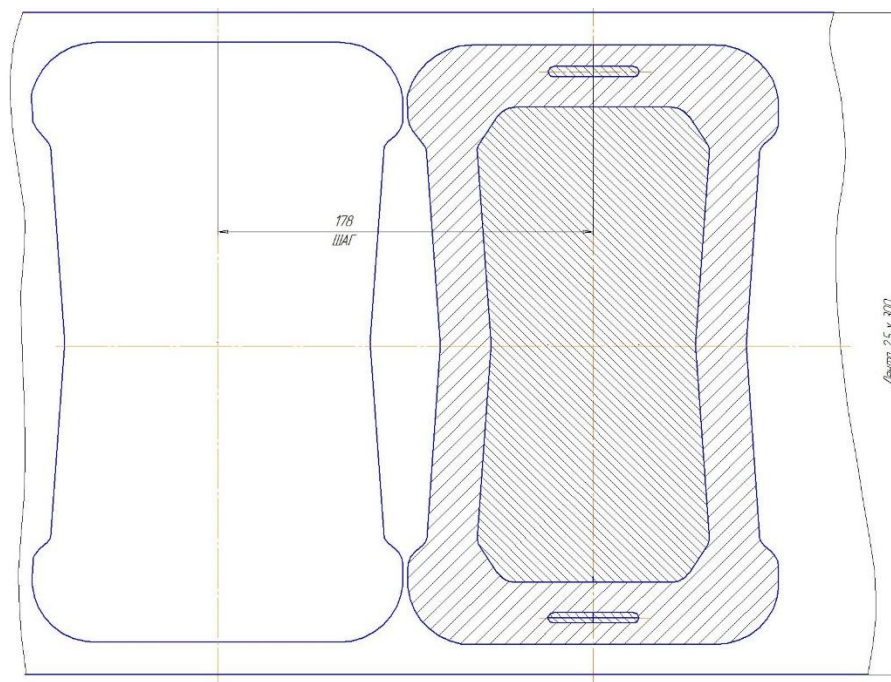


Рисунок 2.2- Раскрой

В ленте назначаем технологические перемычки. Их размеры выбираем от толщины материала [2]:

$$b \geq S = 2,5 \text{ мм.}$$

Ширина рулонного материала будет определяться наибольшим габаритным размером развертки:

$$B = 289 + 2,5 \cdot 2 = 294 \text{ мм.}$$

Выбираем из стандарта ближайшую большую ширину ленты:

$$B = 300 \text{ мм.}$$

Величина шага подачи ленты будет определяться другим габаритным размером развертки:

$$H = 172 + 2,5 \cdot 2 = 177 \text{ мм. Принимаем шаг, равный } H = 178 \text{ мм.}$$

### 2.3. Рациональный раскрой, определение КИМ

При штамповке по новой схеме (предлагаемый вариант техпроцесса) применен, как уже было отмечено ранее, однорядный раскрой. Данный тип раскроя будет оптимальным для существующей развертки. Рассчитаем коэффициент использования металла (КИМ).

Оценка экономичности того или иного типа раскроя производят посредством нахождения коэффициента раскроя (КР):

$$K_p = F_0 \cdot n_p / (B \cdot H), \quad (2.2)$$

где  $F_0$  – площадь вырубаемой заготовки, включая площадь отверстий;

$H$  – шаг вырубки;

$B$  – ширина ленты;

$n_p$  – количество рядов раскроя.

Коэффициент раскроя, не предоставляет полной информации о использовании материала. Для этого определяют коэффициент использования материала (КИМ):

$$K_{и} = F_{дет.} \cdot n / (B \cdot H), \quad (2.3)$$

где  $F_{дет.}$  – площадь детали за вычетом площади отверстий;

$H$  – шаг вырубки;

$B$  – ширина ленты;

$n$  – количество фактически получаемых из заготовки деталей.

Значение площади  $F_0$  для расчета коэффициента раскроя и для определения КИМ традиционно рассчитывается как сумма элементарных площадей:  $F_1 \dots F_9$ , на которые разбивается развертка.

Вместо этого выполним определение  $F_0$  при помощи системы автоматизированного проектирования "Компас 3D", которая позволяет с

заданной точностью рассчитывать площадь любого замкнутого контура. По чертежу, выполненному в указанной программе, значение  $F_0$ :

$$F_0 = S1 = 45233,61 \text{ мм}^2 \text{ (рисунок 2.2)}$$

$$F_{\text{ДЕТ.}} = S2 = (S1 - 2 \cdot S3 - S4 - 8 \cdot S5 - 2 \cdot S6) / 2 = 9747,17 \text{ мм}^2, \text{ где}$$

$S3 = 209,58 \text{ мм}^2$ ;  $S4 = 23643,32 \text{ мм}^2$ ;  $S5 = 113,10 \text{ мм}^2$ ;  $S6 = 336,00 \text{ мм}^2$  - значения элементарных площадей, найденные средствами САПР "Компас 3D".

Эти значения площадей  $F_0$  и  $F_{\text{ДЕТ.}}$  одинаковы и для существующего, и для проектного вариантов технологии.

Далее рассчитаем КР и КИМ для обоих вариантов техпроцесса. Будем использовать схему раскроя (рисунок 2.3).

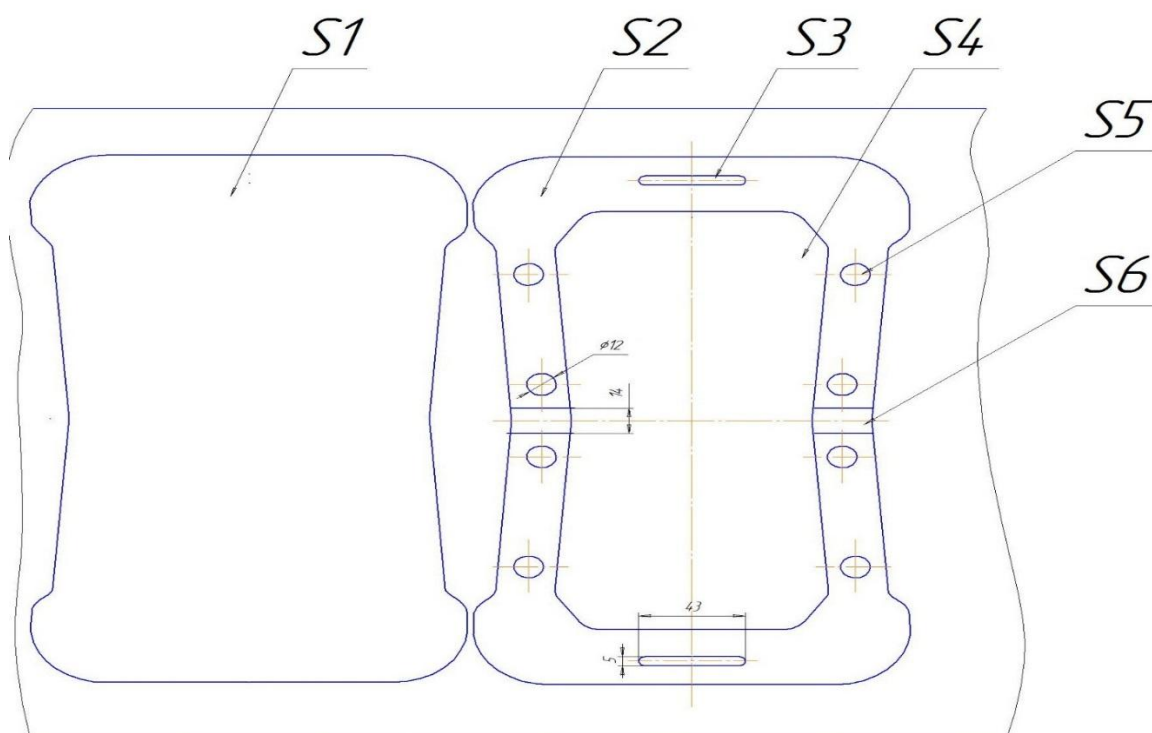


Рисунок 2.3 - Определение КИМ

На вырубной операции за один ход пресса вырубается одна заготовка.

Вырубка производится из ленты шириной  $B = 300 \text{ мм}$ , шаг вырубки  $H = 178 \text{ мм}$  (рисунок 2.3).

Определяем коэффициент раскроя (КР):

$$K_p = F_0 \cdot n_p / (B \cdot H) = 45233,61 \cdot 1 / (300 \cdot 178) = 0,847 = 84,7 \%$$

Находим КИМ:

$$K_{и} = F_{дет.} \cdot n / (B \cdot H) = 9747,17 \cdot 2 / (300 \cdot 178) = 0,365 = 36,5 \%$$

Низкое значение КИМ объясняется, как уже отмечалось, большими размерами пробиваемого отверстия внутри спаренной заготовки:

$$S_4 = 23643,32 \text{ мм}^2.$$

Поэтому, рекомендуется использовать его как "деловой" металл – отход используется как заготовка для штамповки более мелких деталей.

## 2.4. Описание технологического процесса

Технологический процесс начинается с заготовительной операции – вырубki заготовок. 1-ая операция выполняется на прессе, который оснащен автоматической подачей материала в зону обработки. Заготовки вырубаются из ленты шириной 300 мм с шагом подачи 178 мм. Одновременно с вырубкой производится пробивка 3 отверстий: 2 овальных и 1 фасонного, являющегося "деловым" металлом.

После вырубki заготовок предусмотрена операция их мойки на машине конвейерного типа. Затем заготовки складывают в тару и транспортируют к многопозиционному пресс-автомату.

2-ая операция техпроцесса изготовления детали – гибка: в зоне расположения овальных отверстий плоскую заготовку изгибают по радиусу, получая 2 симметричные (относительно оси заготовки) арки внутренним радиусом 26 мм. При этом овальные отверстия приобретают угол сектора в арке, равный 90° (см. чертеж детали, разрез А-А).

Между позициями заготовка перемещается при помощи грейферных линеек.

На 3-ей операции – пробивка отверстий: получают 8 отверстий  $\varnothing 12$  мм (по 4 в каждой детали), а также 2 технологических отверстия  $\varnothing 10$  мм для фиксации заготовки на следующих операциях.

На 4-ой операции техпроцесса осуществляется формовка: выполняется незначительный изгиб продольной оси заготовки на угол  $\approx 2^\circ$  в обе стороны. Одновременно по краям арок формируются буртики высотой около 5 мм, непрерывно идущие по краям заготовки до точки В (см. чертеж детали, рисунок 1.1).

Последняя, 5-я операция – разделение спаренной заготовки на 2 части: вырезается технологическая перемычка шириной 14 мм. Фиксация спаренной заготовки на этом этапе должна осуществляться уже не по 2 отверстиям, а по форме – по внешнему контуру.

Все операции показанные на рисунке 2.4.

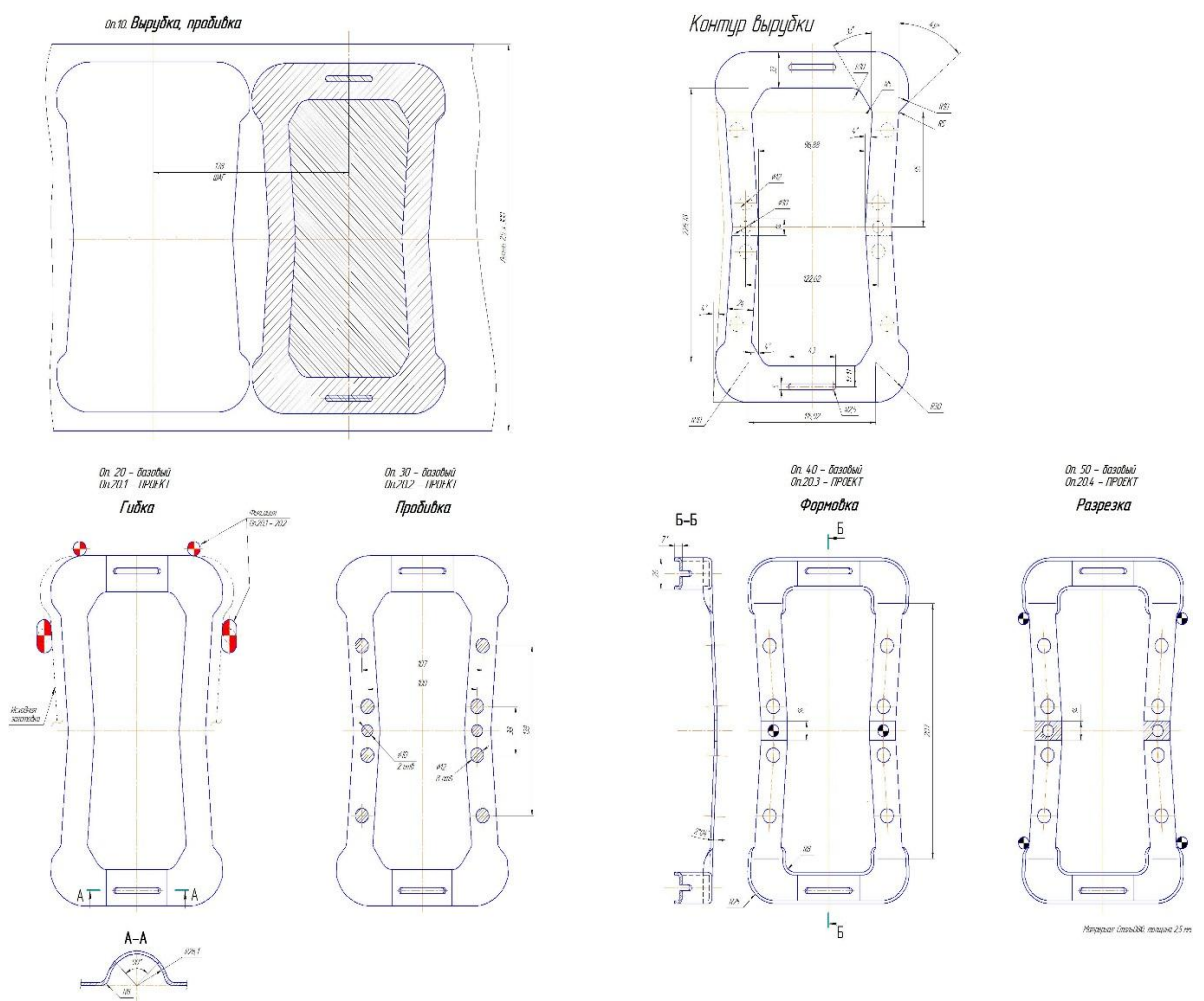


Рисунок 2.4 - Техпроцесс



## 2.5. Расчет ЭСП

При разработке технологии изготовления детали необходимо определить ЭСП на операциях, для того чтобы выбрать оборудование способное выполнить их.

Операция вырубki-пробивки.

Усилие разделительных операций для инструмента с параллельными режущими кромками определяется по формуле:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}; \quad (2.4)$$

где  $k = 1,25$  – коэффициент запаса (учитывает неоднородность металла и затупление рабочих кромок инструмента);  
 $S = 2,5$  мм – толщина материала;  
 $L$  – длина линии резания;  
 $\sigma_{\text{ср}} = 25 \dots 30$  кг/мм<sup>2</sup> – сопротивление срезу [2];

На первой операции вырубается контур ( $L_1$ ) и пробиваются отверстия: 2 овальных 43 на 5 мм ( $2 \cdot L_2$ ) и 1 фасонное ( $L_3$ ), рисунок 2.5.

Контур вырубki-пробивки (рисунок 2.8):

$$L = L_1 + 2 \cdot L_2 + L_3 = 891 + 91,7 + 91,7 + 639,7 = 1714 \text{ мм.}$$

$$L_1 = 891 \text{ мм; } L_2 = 91,7 \text{ мм; } L_3 = 639,7 \text{ мм (определено в "Компасе 3D").}$$

Усилие вырубki-пробивки:

$$P_{\text{вырубка-пробивка}} = 1,25 \cdot 1714 \cdot 2,5 \cdot 30 = 160697 \text{ кгс} = 1607 \text{ КН.}$$

На практике, как правило, для разделительных операций используют полное технологическое усилие, которое учитывает дополнительные усилия на сжатие пружин (снятие с пуансона) и на проталкивание отхода через матрицу (при вырубке-пробивке).

Усилие сжатия пружин определяется по суммарному расчетному усилию по формуле:

$$P_{\text{сж}} = K_{\text{сж}} \cdot P_{\text{проб}}. \quad (2.5)$$

$K_{CH}$  – коэффициент снятия; зависит от толщины стали  $S$ ; при  $S = 1 \dots 5$  мм:  $K_{CH} = 0,12 \dots 0,15$  [2].

$$P_{CH} = 0,15 \cdot 1607 = 241,1 \text{ кН.} \quad (2.6)$$

Усилие проталкивания отхода определим по формуле:

$$P_{ПР} = K_{ПР} \cdot P_{ПРОБ} \cdot n;$$

где  $K_{ПР}$  – коэффициент проталкивания;  $K_{ПР} = 0,05 \dots 0,10$  при штамповке на провал;

$P_{ПРОБ}$  – часть расчетного усилия, необходимая только для пробивки:

$$\text{в нашем случае } P_{ПРОБ} = P_{\text{вырубка-пробивка}} = 1607 \text{ кН.}$$

$n$  – количество одновременно проталкиваемых сквозь матрицу элементов; принимаем  $n = 3$ .

$$P_{ПР} = 0,05 \cdot 1607 \cdot 3 = 241,1 \text{ кН.}$$

Найдем итоговое значение полного технологического усилия, необходимого на 1-ом этапе технологического процесса:

$$P_{\Sigma \text{ ВЫР.-ПРОБ.}} = P_{\text{вырубка-проб.}} + P_{CH} + P_{ПР} = 1607 + 241,1 + 241,1 = 2089 \text{ кН.}$$

Далее определим работу, совершаемую прессом при вырубке-пробивке, по формуле:

$$A = \lambda \cdot P_{\Sigma} \cdot S / 1000, \quad (2.7)$$

где  $\lambda = 0,7 \dots 0,6$  – коэффициент, зависящий от  $\sigma_{ср}$  и  $S$ , [2];

$P_{\Sigma}$  – суммарное усилие вырубке-пробивки, кгс;

$S$  – толщина материала, мм.

$$A_{\text{ВЫРУБКА-ПРОБИВКА}} = 0,7 \cdot 200890 \cdot 2,5 / 1000 = 351,6 \text{ кг}\cdot\text{м} = 3516 \text{ Дж.}$$

Операция гибки.

Усилие полукруглой гибки с прижимом ориентировочно определяют по формуле [2]:

$$P = B \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k; \quad (2.8)$$

где  $B$  – длина линии изгиба;

$B = 33$  мм (см. контур вырубki, рисунок 2.4);

$S$  – толщина материала;  $S = 2,5$  мм;

$\sigma_B$  – предел прочности;  $\sigma_B = 30$  кг/мм<sup>2</sup> [2];

$k$  – коэффициент; зависит от отношений размеров пуансона и матрицы к толщине материала [2]:

$$r_M / S; \text{ и } r_{II} / S; \quad k = 0,18.$$

Усилие гибки:

$$P_{\text{ГИБКА}} = 2 \cdot 33 \cdot 2,5 \cdot 30,0 \cdot 0,18 = 891 \text{ кгс} = 8,9 \text{ КН.}$$

Определим работу пресса при гибке.

Работа на формообразующих операциях (гибка, отбортовка, правка) определяется по обобщенной формуле:

$$A = P \cdot h / 1000; \quad (2.9)$$

где  $P$  – суммарное усилие формообразующей операции, кгс;

$h$  – рабочий ход инструмента, мм (зависит от размеров пуансона и матрицы и высоты полки);  $h \approx 25$  мм (из чертежа).

$$A_{\text{ГИБКА}} = 891 \cdot 25 / 1000 = 22,3 \text{ кг}\cdot\text{м} = 223 \text{ Дж.}$$

Операция пробивки.

Усилие определяем по ранее использованной формуле:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}; \quad (2.10)$$

где  $k = 1,25$  – коэффициент запаса;

$S = 2,5$  мм – толщина материала;

$L$  – длина линии резания;

$\sigma_{\text{ср}} = 25 \dots 30$  кг/мм<sup>2</sup> – сопротивление срезу [2];

На этой операции пробиваются отверстия: 8 отв.  $\varnothing 12$  мм и 2 отв.  $\varnothing 10$  мм, рисунок 2.5.

Контур пробивки:

$$L = 8 \cdot L_1 + 2 \cdot L_2 = 8 \cdot \pi \cdot 12 + 2 \cdot \pi \cdot 10 = 364 \text{ мм.}$$

Усилие пробивки:

$$P_{\text{пробивка}} = 1,25 \cdot 364 \cdot 2,5 \cdot 30 = 34125 \text{ кгс} = 341,25 \text{ КН.}$$

Усилие снятия заготовки с пуансонов определим по формуле:

$$P_{CH} = K_{CH} \cdot P_{ПРИБ.} \quad (2.11)$$

$K_{CH}$  – коэффициент снятия;  $K_{CH} = 0,12...0,15$  [2].

$$P_{CH} = 0,15 \cdot 341,25 = 51,2 \text{ КН.}$$

Усилие проталкивания отхода сквозь матрицу определим по формуле:

$$P_{ПР} = K_{ПР} \cdot P_{ПРИБ.} \cdot n; \quad (2.12)$$

где  $K_{ПР}$  – коэффициент проталкивания;  $K_{ПР} = 0,05...0,10$  [2];

$P_{ПРИБ.}$  – усилие пробивки: в нашем случае  $P_{ПРИБ.} = 341,25$  КН.

$n$  – количество одновременно проталкиваемых сквозь матрицу элементов; принимаем  $n = 3$ .

$$P_{ПР} = 0,05 \cdot 341,25 \cdot 3 = 51,2 \text{ КН.}$$

Найдем итоговое значение полного технологического усилия:

$$P_{\Sigma \text{ ПРИБ.}} = P_{проб.} + P_{CH} + P_{ПР} = 341,25 + 51,2 + 51,2 = 443,65 \text{ КН.}$$

Далее определим работу, совершаемую прессом при пробивке, по формуле:

$$A = \lambda \cdot P_{\Sigma} \cdot S / 1000; \quad (2.13)$$

где  $\lambda = 0,7...0,6$  – коэффициент, зависящий от  $\sigma_{cp}$  и  $S$ , [2];

$P_{\Sigma}$  – суммарное усилие пробивки, кгс;

$S$  – толщина материала, мм.

$$A_{ПРИБИВКА} = 0,7 \cdot 341,25 \cdot 2,5 / 1000 = 0,60 \text{ кг}\cdot\text{м} = 6,0 \text{ Дж.}$$

Операция формовки.

Данная операция относится к фланцовочным (отгибка). Поэтому, усилие определяем по формуле, используемой для нахождения усилия двухугловой гибки с прижимом [2]:

$$P = 2,5 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k; \quad (2.14)$$

где  $B$  – длина линии изгиба;  $B \approx 345$  мм - ориентировочная длина 2 эквидистантных стенок (рисунок 2.6);

$$S = 2,5 \text{ мм}; \quad \sigma_B = 30 \text{ кг/мм}^2 \text{ [2];}$$

$k$  – коэффициент двухугловой гибки;  $k = 0,20$  (выбран по таблице [2] в зависимости от отношений размеров пуансона и матрицы к толщине материала:  $r_m / S$  и  $r_n / S$ ).

Усилие формовки:

$$P_{\text{ФОРМ.}} = 2,5 \cdot (2 \cdot 345) \cdot 2,5 \cdot 30,0 \cdot 0,20 = 25875 \text{ кгс} = 258,8 \text{ КН.}$$

Определим работу прессы при формовке:

$$A = P \cdot h / 1000; \quad (2.15)$$

где  $P$  – суммарное усилие операции, кгс;

$h$  – рабочий ход инструмента;  $h \approx 15$  мм.

$$A_{\text{ФОРМ.}} = 25875 \cdot 25 / 1000 = 646,8 \text{ кг}\cdot\text{м} = 6468 \text{ Дж.}$$

Операция резки.

Усилие определяем по ранее использованной формуле:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}; \quad (2.16)$$

где  $k = 1,25$  – коэффициент запаса;

$S = 2,5$  мм – толщина материала;

$L$  – длина линии резания;

$\sigma_{\text{ср}} = 25 \dots 30 \text{ кг/мм}^2$  – сопротивление срезу [2];

На этой операции вырезаются 2 перемычки шириной 24 мм,  
(рисунок 2.7.)

Контур резания:

$$L = 4 \cdot L_1 = 4 \cdot 24 = 96 \text{ мм} - 4 \text{ линии реза одинаковой ширины.}$$

Усилие резки:

$$P_{\text{пробивка}} = 1,25 \cdot 96 \cdot 2,5 \cdot 30 = 9000 \text{ кгс} = 90 \text{ КН.}$$

Далее определим работу, совершаемую прессом при резке, по формуле:

$$A = \lambda \cdot P \cdot S / 1000; \quad (2.17)$$

где  $\lambda = 0,7 \dots 0,6$  – коэффициент, зависящий от  $\sigma_{\text{ср}}$  и  $S$ , [2];

$P$  – усилие резки, кгс;

$S$  – толщина материала, мм.

$$A_{\text{РАЗРЕЗКА}} = 0,7 \cdot 9000 \cdot 2,5 / 1000 = 15,75 \text{ кг}\cdot\text{м} = 157,5 \text{ Дж.}$$

Определение суммарных энерго-силовых параметров.

В заключение суммируем расчетные усилия и работу по всем операциям (кроме вырубки заготовок), выполняемым на одном общем прессе:

Суммарное усилие:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{ГИБКА}} + P_{\text{ПРОБИВКА}} + P_{\text{ФОРМ.}} + P_{\text{РАЗРЕЗКА.}} = 8,9 + 443,7 + 258,8 + 90 = 801,4 \text{ КН.}$$

Суммарная работа, совершаемая многопозиционным прессом для выполнения всех штамповочных операций:

$$A_{\Sigma} = A_{\text{ГИБКА}} + A_{\text{ПРОБИВКА}} + A_{\text{ФОРМ.}} + A_{\text{РАЗРЕЗКА.}} = 223 + 6 + 6468 + 157,5 = 6854,5 \text{ Дж.}$$

### 3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

#### 3.1. Выбор оборудования для изготовления изделия

Подбор по усилию производим, исходя из рассчитанного полного усилия. В общем случае номинальное усилие пресса определяется:

$$P_{\text{ПРЕССА}} = 1,5 \cdot P_{\Sigma} = 1,5 \cdot 801,4 = 1202 \text{ кН};$$

где  $P_{\Sigma}$  - полное технологическое усилие; 1,5 – коэффициент запаса.

Коэффициент запаса учитывает технологические отклонения при выполнении штамповочных операций: замену штампуемого материала на более прочный или имеющий большую толщину; потери на трение в направляющих штампа и др.

«Недостаточно производить выбор пресса только по усилию, т.к. могут быть разные случаи перегрузки пресса: пресс перегружен по допускаемому усилию, в результате чего происходит деформация вала, а затем и поломка пресса; пресс перегружен по мощности, но не перегружен по допускаемому усилию. В этом случае происходит затормаживание и резкое падение частоты вращения маховика, вызывающее недопустимое скольжение электродвигателя, перегрев его обмотки и порчу изоляции. В результате непродолжительной работы электродвигатель выходит из строя [1]».

«Т.к. прессы изготавливают в определенном интервале по номинальному усилию, то обычно при выборе пресса расчетное усилие не соответствует точно номинальному усилию. Поэтому, пресс берут заведомо большего усилия, чем требуется по расчету. Применение более сильного пресса обеспечивает повышенную жесткость и меньшее пружинение станины, а, значит, и большую стойкость штампов, особенно для разделительных операций. Некоторый избыток усилия против расчетного предохраняет от поломки при случайном попадании более толстой заготовки [1]».

«После выбора пресса по усилию необходимо проверить пригодность пресса по мощности (работе). Работа деформирования определяется по формулам. Найденные значения работы суммируются с работой сжатия буфера и выталкивателя и сравнивают с работой, которую может произвести пресс за один рабочий ход [1]».

«Следующим параметром, необходимым для выбора пресса, является величина хода пресса. Ходом пресса называется движение ползуна пресса вниз и вверх, производимое за один оборот кривошипа[1]».

«Производительность прессов измеряется числом ходов в минуту. Величина хода пресса – путь, пройденный ползуном в одном направлении [1]».

«Выбор пресса по величине хода имеет особое значение для вытяжных и гибочных работ, требующих большого хода пресса [1]».

«В случае несовпадения центра давления штампа с осью ползуна возникает опрокидывающий момент, увеличивающий боковое усилие, а, следовательно, и боковое смещение ползуна пресса и верхней части штампа [1]».

«Горизонтальная жесткость пресса зависит от конструкции направляющих пресса и ползуна. Современные быстроходные штамповочные автоматы имеют восемь направляющих плоскостей, снабженных роликовыми направляющими и устройством для точной регулировки. У этих прессов резко снижены боковые вибрации ползуна, что значительно разгружает направляющие колонки штампа и позволяет получить высокую стойкость твердосплавных штампов [1]».

Руководствуясь сказанным, проводим выбор с учетом имеющегося на производстве парка прессов. Выбор прессового оборудования проводим среди многопозиционных пресс-автоматов. Ближайший больший по усилию пресс-автомат модели КП-300. Оборудование выбрано в виду



автоматической штамповки, с учетом размеров детали, требуемых усилий штамповки

Проверка оборудования по мощности:

Тип пресса – быстроходный. Число ходов пресса определим по таблице [1]:

$$n = 250 / \sqrt[4]{P} = 250 / \sqrt[4]{300} = 60 \text{ об/мин};$$

где P – усилие пресса, тонны.

Количество ходов пресса подходит для техпроцесса.

Полезная работа:

$$A = 0,160 \cdot \sqrt{P^3} = 0,160 \cdot \sqrt{300^3} = 831 \text{ кгс}\cdot\text{м} = 8310 \text{ Дж}.$$

Данное значение работы превышает найденное значение работы на любой операции. Пресс КП-300 полностью удовлетворяет всем требованиям.

### Основные характеристики пресса-автомата КП–300

Таблица 3.1

Характеристика	Значение
Номинальное усилие пресса, МН	3,0
Ход ползуна, мм	360
Закрытая высота пресса, мм	700
Число ходов ползуна, ход/мин.	от 6
Наладка	
Одиночный	15
Автомат	12..25
Размер стола пресса	1000 x 1760
Величина пути ползуна до его крайнего нижнего положения, на котором пресс развивает номинальное усилие, мм	13
Размеры штамподержателя в плане, мм	750 x 292
Усилие маркетных подушек, кН	
I позиция	80
II – IV позиция	24

Продолжение таблицы 3.1

Ход маркетных подушек, мм	100
Усилие верхних выталкивателей, кН	24,5
Регулировка закрытой высоты, мм	12
Количество рабочих позиций пресса	4
Производительность расчётная, дет./час	600 ÷ 1500
Усилие на подштамповых пневмоподушках при давлении воздуха 0,5 МПа, кН	
I позиция	80
II – IV позиция	24
Ход пневмоподушек, мм	
I позиция	100
II – IV позиция	100
Усилие на штоках верхних выталкивателей при давлении воздуха 0,5 МПа, кН	
I – IV позиция	24,5
Ход верхних выталкивателей, мм	
I – IV позиция	80
Размеры заготовок в плане, мм	
Минимальные	120 x 50
Максимальные	340 x 300
Наибольшая высота штампуемой детали, мм	80
Габаритные размеры пресса, мм:	
Длина	4000
Ширина	2650
Высота	6300
Высота над полом, мм	5980
Масса пресса, кг	50000
Мощность эл. двигателя пресса (4ПФ180), кВт	50
Рабочее давление в системе воздухопровода, МПа	0,5
Площадь, занимаемая комплексом, м <sup>2</sup>	45
Потребляемая мощность комплекса, кВт	76



пневматическое питающее устройство → грейферное подающее устр-во  
→→ грейферное передающее устройство → пневматический сдув.

Грейферное подающе-передающее устройство универсально, т.к. допускает регулирование шага подачи и наладку на различную конфигурацию заготовки (используя сменные захваты). Грейферная подача в комплексе со штамповочным оборудованием и другими вспомогательными средствами автоматизации образуют законченную автоматическую линию.

### 3.3. Штамповочная линия, участок штамповки

Комплекс оборудования включает многопозиционный пресс-автомат КП-300 и средства автоматизации (рисунок 3.2). Пресс относится к машинам с параллельно-последовательным выполнением переходов штамповки, когда полуфабрикаты, находящиеся в рабочей зоне прессы, перемещаются с одной позиции на другую. При этом штамповка осуществляется одновременно на всех позициях (за исключением холостых) в соответствующих штампах.

Подача материала в зону штамповки пресс-автомата, а также передача заготовок с позиции на позицию выполняется грейферным подающе-передающим устройством (грейферными линейками 6). Грейферные линейки работают синхронно с многопозиционным прессом 1, используя привод от прессы (через вертикально расположенный вал отбора мощности). Грейферы проходят сквозь всю рабочую зону прессы.

К автоматической линии поступают уже вырубленные из ленты заготовки, поэтому в начале линии стоит загрузчик штучных заготовок 2. Он подает заготовки из контейнера к прессу. Загрузчик поставляет на рабочую позицию по одной заготовке в каждый полный цикл хода ползуна.

На последней позиции устанавливается пневматический сдув 5. С помощью него производится удаление деталей в тару по склизам.

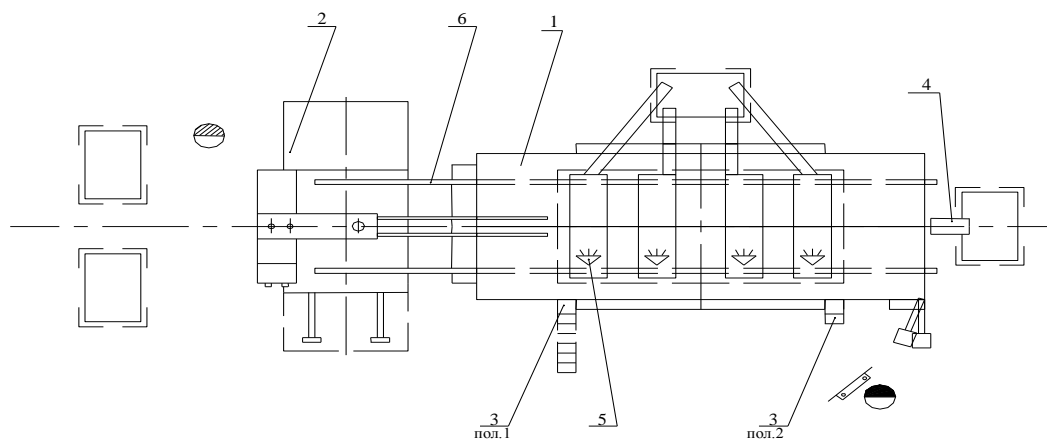


Рисунок 3.2- Комплекс оборудования

1. – Пресс КП-300;
2. – Загрузчик штучных заготовок;
3. – Механизм смены штампов на прессе;
4. – Транспортёр;
5. – Пневматический сдув (устанавливается по необходимости);
6. – Грейферные линейки.

## 4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

В общем случае конструкция штампа должна удовлетворять ряду требований:

- 1) обеспечивать заданную производительность техпроцесса;
- 2) получение детали согласно чертежа без появления дефектов;
- 3) обеспечивать надежное фиксирование или направление заготовки в штампе в течение технологической операции и перед началом;
- 4) обеспечивать надежное удаление отходов и детали из рабочей зоны;
- 5) обеспечивать долговечность, надежность работы и безопасность.

«Это технологические требования к конструкции оснастки. Кроме того, конструкция штампа должна обеспечивать:

- технологичность изготовления, сборки, монтажа штампа;
- наименьшую металлоемкость;
- транспортировку штампа при сборке и ремонте [4]».

Наконец, конструкция штампа должна учитывать специфику реализуемого техпроцесса. Поскольку в проектном варианте предложена схема автоматической штамповки, необходим штамп, приспособленный для использования в многопозиционном прессе.

Спроектируем штамп для гибки (2-й этап техпроцесса).

### 4.1. Конструкция гибочного штампа

Рабочие части гибочного штампа по конструкции и технологическим характеристикам соответствуют рабочим частям обычных штампов для гибки. Основное отличие проектируемого штампа состоит в том, что его конструкция будет предусматривать совместную работу с автоматической передачей заготовок посредством грейферных линеек. Поэтому, назначая вертикальные размеры деталей учитываем важный параметр – уровень

подачи заготовки – 310 мм (высота подвода заготовки грейферными линейками), рисунок 4.1. Другая особенность – применение маркетного прижима (снизу) при работе штампа.

Рассмотрим конструкцию штампа.

Будем делить штамп на верхнюю и нижнюю части.

Рассмотрим нижнюю часть штампа. На нижней плите (поз. 4), рисунок 4.1, монтируются два гибочных пуансона (поз. 7). Монтаж выполнен с помощью пуансонодержателей (поз. 8), в которых запрессовываются пуансоны. Чтобы предотвратить вмятие опорных поверхностей пуансонов в нижнюю плиту, между ними предусматриваем подкладную плитку (поз. 6).

На нижней плите расположен прижим (поз. 5). Он имеет возможность вертикального хода (27 мм) за счет расположенных в нижней плите 6-ти толкателей  $\varnothing 30$  мм (поз. 26), которые работают от маркетных шпилек в столе пресса. Вертикальный ход прижима ограничен 2 ограничительными скобами (поз. 25), закрепленными на нижней плите, рисунок 4.1. В прижиме сделаны 2 проема, в которых размещены неподвижные пуансоны.

На прижиме установлены 8 ловителей, ориентирующие деталь в рабочей зоне штампа. 4 из них сделаны  $\varnothing 14$  мм (поз. 16) и имеют конусную головку. Другие 4 ловителя (поз. 9, 15) имеют фасонную форму, которая позволяет фиксировать заготовку по фасонным краям, и также имеют конусную головку. Все ловители крепятся к прижиму винтами (поз. 39).

В теле прижима расположены 4 подъемника (поз. 13), предусмотренные для подъема детали на уровень подхода грейферных захватов. Вертикальный ход подъемников  $\sim 15$  мм обеспечивают пружины.

Для ориентации штампа относительно стола многопозиционного пресса в нижней плите штампа сделаны 2 отверстия  $\varnothing 16,0$  мм (под штифты).

На нижней плите смонтированы две опорные планки, используемые для удержания разведенных грейферных линеек в рабочей зоне пресса.

Рассмотрим верхнюю часть штампа. К верхней плите (поз. 1) крепится матрица (поз. 3), рисунок 4.1. В ней установлены грибовые подпружиненные толкатели (8 шт.) (поз. 2), способные вертикально перемещаться (ход 8 мм) для поджима заготовки сверху до начала деформации. Они же обеспечивают вспомогательное усилие для удаления заготовки из матрицы. Перед деформированием предусмотрен предварительный прижим заготовки к гибочным пуансонам с помощью двух подвижных прижимов (поз. 19), которые проходят сквозь матрицу. Перемещение прижимов на 28 мм обеспечивает верхний толкатель  $\varnothing 40$  мм (поз. 17), который приводится в движение от верхнего маркетного толкателя прессы, и через горизонтальную траверсу (поз. 18) передает усилие на прижимы.

Важную роль при работе штампа имеют направляющие элементы. В данном штампе ориентацию верхней и нижней плит выполняют 2 пары направляющих колонок и втулок (поз. 24 и 28 соответственно). Направляющие втулки запрессовываются в нижнюю плиту и дополнительно крепятся к ней при помощи кольцевых держателей (поз. 10), рисунок 4.1. Колонки  $\varnothing 40$  мм запрессованы в верхнюю плиту и дополнительно закреплены специальными винтами (поз. 43). Необходимость расположения колонок в верхней части штампа обусловлена работой рейферных леек.

Крепления нижней части штампа к столу прессы и верхней части к ползуну происходит посредством винтов, для чего в нижней и верхней плитах предусмотрены по 4 паза.

Транспортировка штампа целиком или отдельно верхней или нижней его части обеспечивается смонтированными в плитах грузовыми штырями и транспортными приливами ( $\varnothing 40 - 50$  мм).

Монтаж штампа осуществляется в следующей последовательности:

- штамп устанавливается на выкатной стол прессы (болстер) и фиксируется на монтажной плите 2-мя штифтами  $\varnothing 16,0$  мм;



- при помощи 4-х винтов штамп крепится к столу прессы;
- стол-болстер перемещается в рабочее пространство прессы;
- опускается (в режиме наладки) ползун прессы и осуществляется крепеж верхней части штампа посредством 4-х винтов к ползуну.

Штамп работает следующим образом.

В начальный момент прижим находится в верхнем положении.

Заготовка грейферными линейками доставляется в рабочую зону штампа. Здесь она ориентируется нужным образом на поверхности прижима при помощи 4 цилиндрических и 4 фасонных ловителей.

При опускании ползуна находящиеся в верхней части грибковые толкатели обеспечивают незначительный предварительный ее поджим сверху. Нижний прижим уходит постепенно вниз на 27 мм, т.к. маркетные толкатели в нижней плите опускаются. Происходит контакт пуансонов с листовой заготовкой. Верхние прижимы, работающие от верхнего маркетного толкателя, вступают в контакт с заготовкой, обеспечивая тем самым ее прижим к пуансонам. Матрица перемещается вниз. Выполняется гибка. По опускании ползуна верхняя и нижняя части штампа смыкаются.

Далее верхняя часть штампа начинает подниматься. Матрица уходит вверх. Если заготовка остается на пуансонах, прижим при подъеме снимает ее. Из проема матрицы отштампованная деталь извлекается 2 верхними прижимами, совместно с расположенными в теле матрицы 8 грибковыми толкателями. Одновременно разжимаются пружины, приводящие в движение 4 подъемника в нижней части штампа. Деталь достигает уровня транспортировки (310 мм над столом прессы). Переместившиеся вверх направляющие колонки освобождают доступ в рабочую зону грейферным линейкам. С их помощью деталь удаляется из штампа и перемещается на следующую позицию штамповки.

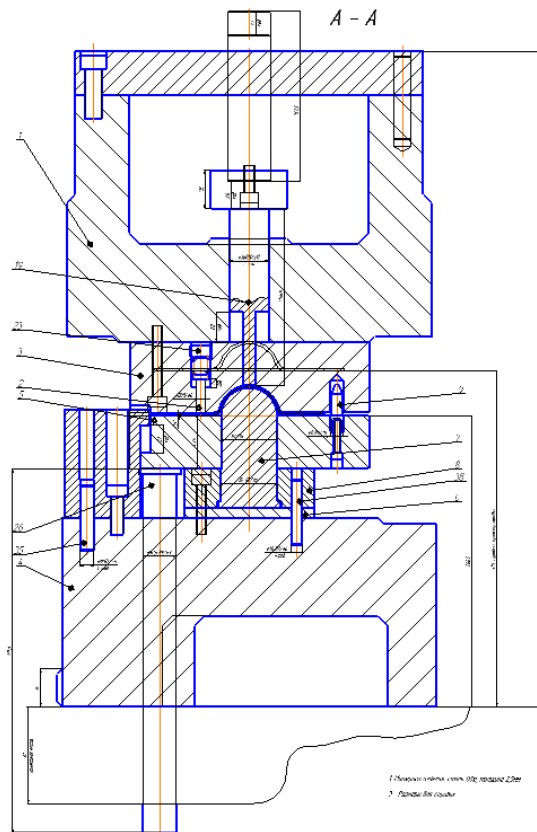


Рисунок 4.1- Устройство штампа

## 4.2. Выбор материалов и расчеты деталей штампа на прочность

### 4.2.1. Расчет опорной поверхности пуансона на смятие

«Опорная поверхность пуансона воспринимает нагрузки, передаваемые на поверхность плиты. Прочность плиты должна быть достаточной для того, чтобы в процессе работы не происходило вдавливание в нее опорной поверхности пуансона [1]».

Максимальное напряжение на опорной поверхности пуансона определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = P / F; \quad (4.1)$$

где  $P$  – усилие, необходимое для пробивки отверстия:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}; \quad (4.2)$$

где  $k$  – коэффициент запаса,  $k = 1,2$  (учитывает неоднородность материала по толщине и затупление режущих кромок);

$S = 2,5$  мм – толщина ленты;

$\sigma_{ср}$  – сопротивление срезу [1], для стали 08Ю ( $S=2,5$  мм):  $\sigma_{ср} = 29$  кг/мм<sup>2</sup>.

Определяем усилие пробивки отверстия:

$$P = 1,2 \cdot (3,14 \cdot 10,0) \cdot 2,5 \cdot 29 = 2732 \text{ кг} = 27,3 \text{ КН.}$$

$F$  – опорная поверхность головки:

$$F = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot 16^2 / 4 = 201 \text{ мм}^2.$$

Рассчитываем значение напряжения смятия:

$$\sigma_{см} = 2732 / 201 = 13,6 \text{ кг/мм}^2 = 136 \text{ МПа.}$$

«Напряжения смятия  $\sigma_{см}$  не должны превышать допустимое  $[\sigma_{см}]$ . Если величина напряжения получается большей, следует под опорную поверхность пуансона установить стальную прокладку, увеличивающую площадь распределения нагрузки [1]».

По расчетам получили, что подкладка необходима.

#### 4.2.2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении

Максимальная величина напряжений в опасном сечении:

$$\sigma_{сж} = P / f \leq [\sigma_{сж}]; \quad (4.3)$$

где  $P$  – технологическое усилие на операции;  $P = 27,3$  КН.

$f$  – площадь рабочей части пуансона:

$$f = 3,14 \cdot 10,0^2 / 4 = 78,5 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{сж} = 2732 / 78,5 = 34,8 \text{ кг/мм}^2 = 348 \text{ МПа};$$

«Значение допустимого напряжения  $[\sigma_{сж}]$  для пуансонов из инструментальной высококачественной стали составляет. Рассчитанное напряжение  $\sigma_{сж}$  меньше допустимого, что позволяет сделать вывод о достаточной прочности пуансона [1]».

### 4.3. Упругие элементы в штамповой оснастке

В разработанной штамповой оснастке применяются пружины (8 шт.), осуществляющие поджим грибковых толкателей к заготовке сверху (со стороны матрицы). А так же, пружины в гибочном штампе применяются для подъема изделия на высоту транспортировки (4 шт.).

Проведем для них необходимые расчеты.

«При расчете количества пружин в штампе руководствуются следующими соображениями:

- Пружины должны развивать усилие, достаточное для выполнения возложенной на них функции;
- пружины должны обеспечивать необходимый ход;
- количество пружин должно быть оптимальным [1]».

Располагают пружины как можно ближе к пуансонам при соблюдении равномерности их размещения.

Ранее было рассчитано требуемое технологическое усилие гибки:

$$P_{\text{ГИБКА}} = 8,9 \text{ КН} = 890 \text{ кгс.}$$

При выборе пружин задаемся их общим усилием  $P_{\Sigma}$  в процентах от технологического усилия. Решаем, что дополнительное усилие поджима сверху, создаваемое пружинами, составляет порядка 10% от усилия гибки:

$$P_{\Sigma \text{ ПРУЖИН}} = 0,1 \cdot P_{\text{ГИБКА}} = 0,89 \text{ КН} = 89 \text{ кгс.}$$

Выбираем пружины так, чтобы выполнялось условие:

$$P_{\Sigma \text{ ПРУЖИН}} \geq 0,10 P_{\text{ГИБКА}}$$

По таблицам ГОСТ 18793-80 подбираем пружины.

Конструктивно было принято решение установить 8 пружин (поз. 22). Выбрали пружину со следующими параметрами:

$P = 14,0 \text{ кг}$  – усилие пружины;

$H_0 = 22,7 \text{ мм}$  – высота в свободном состоянии;

$\Delta H = 8,6 \text{ мм}$  – высота сжатия пружины;

$D = 16,0$  мм – наружный диаметр пружины;

$d = 2,0$  мм – диаметр проволоки;

$t = 4,92$  мм – шаг пружины.

Проверим условие:  $P_{\Sigma \text{ пружин}} \geq 0,10 P_{\text{ГИБКА}} \rightarrow 8 \cdot 14 > 0,10 \cdot 890$  кгс.

$112,0$  кгс  $>$   $89,0$  кгс; условие выполняется.

Пружины размещаем равномерно по поджимаемой поверхности (рисунок 4.4).

В штампе еще расположены пружины, приводящие в движение магнитные подъемники. Рассчитаем их типоразмер.

Усилие, которое должны создавать пружины:

$$P_{\text{ПОДЪЕМА}} = G_{\text{ДЕТАЛЬ}} + 4 \cdot G_{\text{ПОДЪЕМНИК}}$$

$G_{\text{ДЕТАЛЬ}}$  – вес спаренной заготовки;  $G_{\text{ДЕТАЛЬ}} \approx 4,0$  Н.

$G_{\text{ПОДЪЕМНИК}}$  – вес подъемника;  $G_{\text{ПОДЪЕМНИК}} \approx 2,0$  Н.

$$P_{\text{ПОДЪЕМА}} = 8,0 + 4 \cdot 2,0 = 16 \text{ Н} = 1,6 \text{ кгс.}$$

При конструировании штампа принято решение об использовании 4 подъемников. Величина усилия  $P_{\text{ПОДЪЕМА}}$  мала, поэтому нет необходимости проверять выбираемые пружины по усилию – запас усилия будет гарантирован. Выбираем типоразмер пружины так, чтобы их можно было разместить внутри прижима, имеющего высоту 50 мм. Кроме того, пружины должны иметь достаточный ход для подъема детали на нужную высоту – подъемники должны подняться над прижимом на 10 мм.

Выбрали пружину со следующими параметрами:

$P = 3,0$  кг – усилие пружины;

$H_0 = 23,9$  мм – высота в свободном состоянии;

$\Delta H = 11,8$  мм – высота сжатия пружины;

$D = 10,0$  мм – наружный диаметр пружины;

$d = 1,0$  мм – диаметр проволоки;

$t = 3,73$  мм – шаг пружины.

Проверочный расчет по усилию не делаем.

Пружины размещаем равномерно по поверхности прижима под контуром заготовки, симметрично относительно оси штампа (рисунок 4.2).

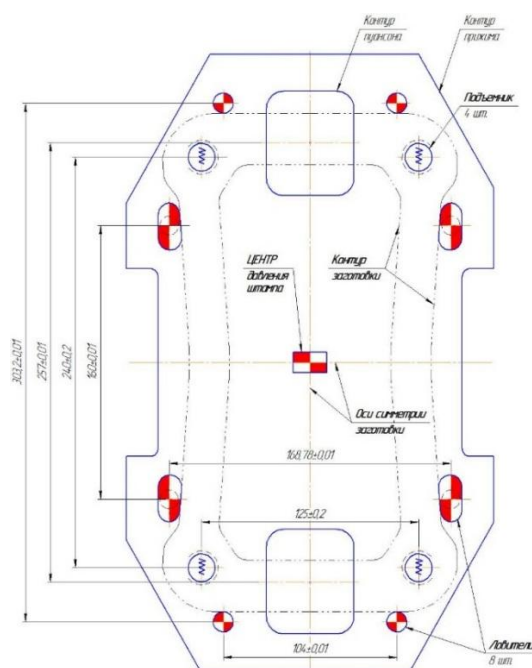


Рисунок 4.2- Расположение ловителей и подъемников в нижней части штампа

#### 4.4. Центр давления в штамповой оснастке

«Для правильной работы штампа необходимо, чтобы центр давления совпадал с осью штампа. В противном случае в штампе могут возникнуть перекосы, несимметричность зазора, износ направляющих, вплоть до поломки штампа [1]».

В нашем случае спаренная заготовка имеет симметрию в обоих направлениях. Точки приложения технологического усилия гибки совпадают с осями пуансонов, которые расположены на продольной оси штампа, симметрично относительно его центра, рисунок 4.2.

Следовательно, совмещая центр спаренной заготовки с центральной осью штампа, получим общий центр давления штампа.

#### 4.5. Размеры инструмента

Определим исполнительные размеры пробивных пуансонов и матриц:

1) Для пробивки отверстия  $\varnothing 10,0^{+0,2}$  мм:

диаметр пуансона [2]:

$$d_{\Pi} = (d_{\text{отв}} + \Delta)^{-\delta}; \quad (4.4)$$

где  $\Delta$  – допуск на отверстие;  $\Delta = 0,150$  мм;

$\delta$  – допуск на изготовление пуансона по 6-му качеству (h6);

$$\delta = -0,009 \text{ мм.}$$

$$d_{\Pi} = (10,0 + 0,15)^{-0,009} = 10,15^{-0,009} \text{ мм.}$$

диаметр матрицы:

$$d_{\text{М}} = (d_{\Pi} + Z)^{+\delta}; \quad (4.5)$$

где  $Z$  – двусторонний зазор резания;  $Z = 0,1 \cdot S = 0,1 \cdot 2,5 = 0,25$  мм;

$\delta$  – допуск на изготовление матрицы по 7-му качеству (H7);

$$\delta = +0,015 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{М}} = (10,15 + 0,25)^{+0,015} = 10,40^{+0,015} \text{ мм.}$$

2) Для пробивки отверстия  $\varnothing 12$  мм:

диаметр пуансона [2]:

$$d_{\Pi} = (d_{\text{отв}} + \Delta)^{-\delta}; \quad (4.6)$$

где  $\Delta$  – допуск на отверстие;  $\Delta = 0,150$  мм;

$\delta$  – допуск на изготовление пуансона по 6-му качеству (h6);

$$\delta = -0,011 \text{ мм.}$$

$$d_{\Pi} = (12,0 + 0,15)^{-0,011} = 12,15^{-0,011} \text{ мм.}$$

диаметр матрицы:

$$d_{\text{М}} = (d_{\Pi} + Z)^{+\delta}; \quad (4.7)$$

где  $Z$  – двусторонний зазор резания;  $Z = 0,1 \cdot S = 0,1 \cdot 2,5 = 0,25$  мм;

$\delta$  – допуск на изготовление матрицы по 7-му качеству (H7);

$$\delta = +0,018 \text{ мм.}$$

$$d_M = (12,15 + 0,25)^{+0,018} = 12,40^{+0,018} \text{ мм.}$$

«Исполнительные размеры фасонных отверстий получают обработкой по шаблону с последующей доработкой одного из инструментов по контуру другого, с учетом зазора резания ( $\delta$ ) [1]».



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

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

CAE(Computer-AidedEngineering) – программные системы позволяющие понять, как поведёт себя в реальных условиях сформированная 3D модель изделия. CAEсистемы выполняют ряд разнообразных задач по расчёту напряжений, деформаций, теплообмена и других параметров сплошных сред. Благодаря широкому перечню возможностей и широкому выбору программного обеспеченияCAEсистемы нашли себе применение во многих отраслях промышленности. CAE технология, заключающаяся в применении компьютерного программного обеспечения для анализа CADгеометрии продукта и испытания его при заданных условиях для улучшения и оптимизации конструкции как самого продукта, так и его инструмента. При помощи CAE 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].

### 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)

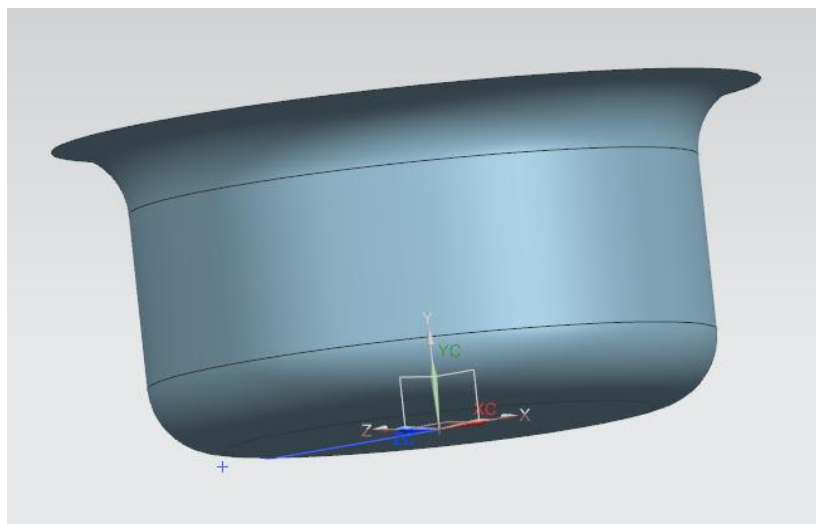


Рисунок 5.1 – Готовая 3D-модель изделия

Для операции вытяжки понадобилось построить необходимый инструмент, а именно:

- пуансон (рисунок 5.2);
- прижим (рисунок 5.3);
- матрица (рисунок 5.4).

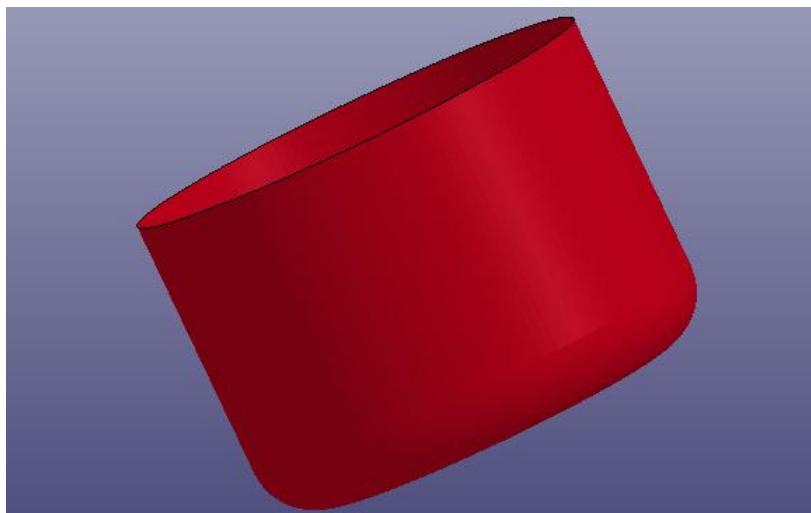


Рисунок 5.2 – Пуансон

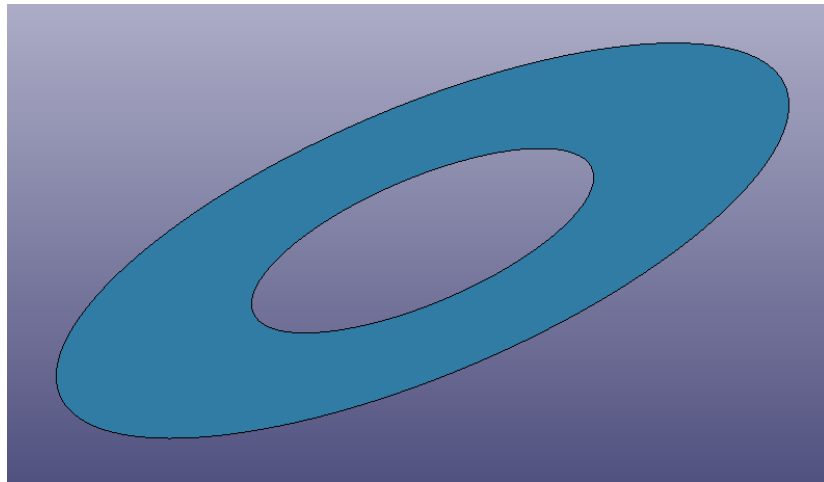


Рисунок 5.3 – Прижим

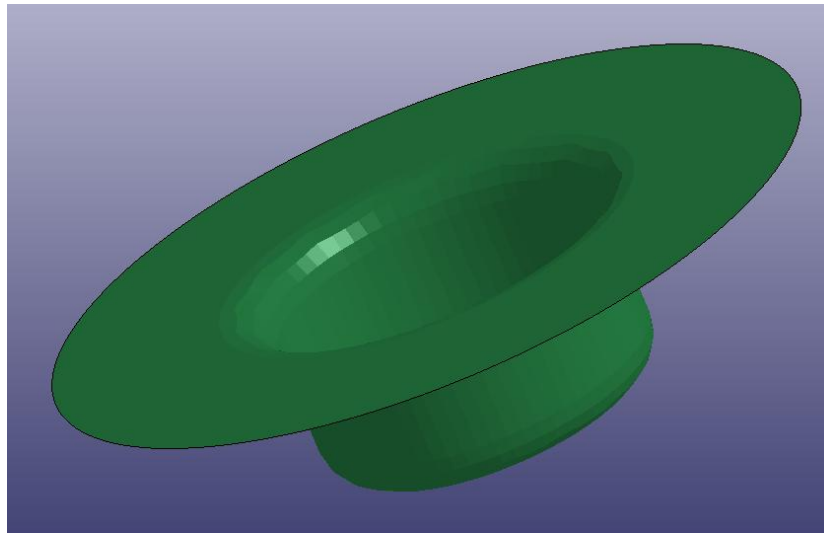


Рисунок 5.4 – Матрица

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 12X18Н10Т.

“к” – файл создавался в «Текстовом редакторе». (Рисунок 5.5)

```

*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 5.5 – «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 5.6)
  - задаётся тип материала(позиция 2, рисунок 5.6)
  - Устанавливается толщина заготовки равное 1 мм (позиция 3, рисунок 5.6)

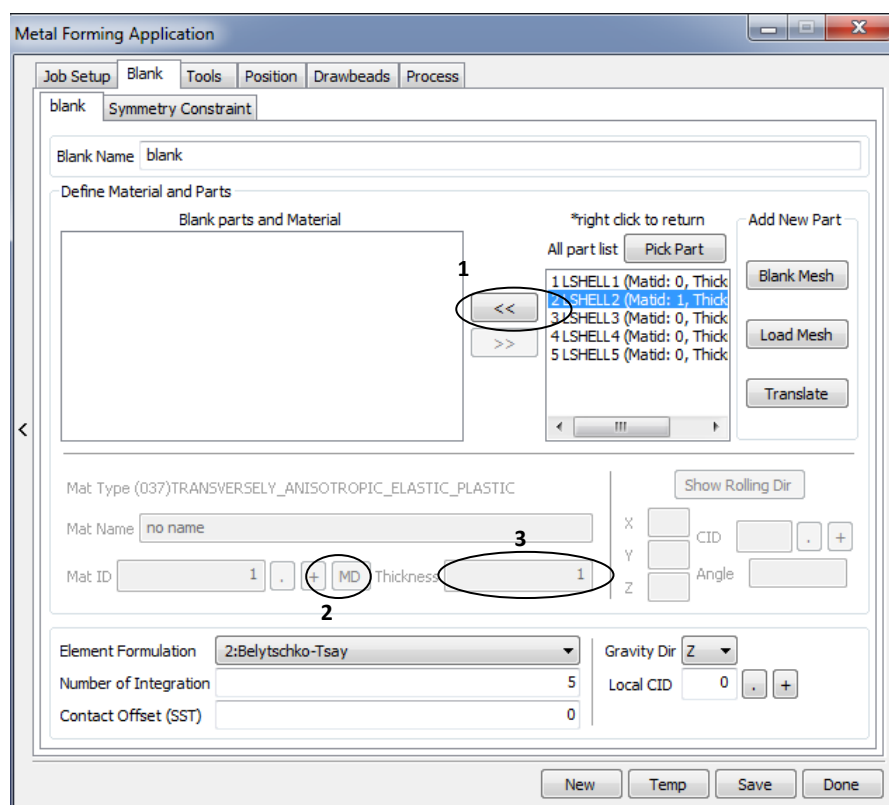


Рисунок 5.6 – Раздел «Blank»

4. Задаётся рабочий инструмент (раздел tools):
  - выбираются заданные элементы сетки отдельно для каждого инструмента (позиция 1 рисунки 5.7-5.9);
  - выбирается положение каждого инструмента относительно заготовки (above-выше заготовки, below-ниже заготовки). (Позиция 2, рисунки 5.7-5.9);
  - коэффициент трения равен 0.125 (позиция 3, рисунки 5.7-5.9);

– движение инструментов происходит вдоль оси Z (позиция 4, рисунки 5.7-5.9).

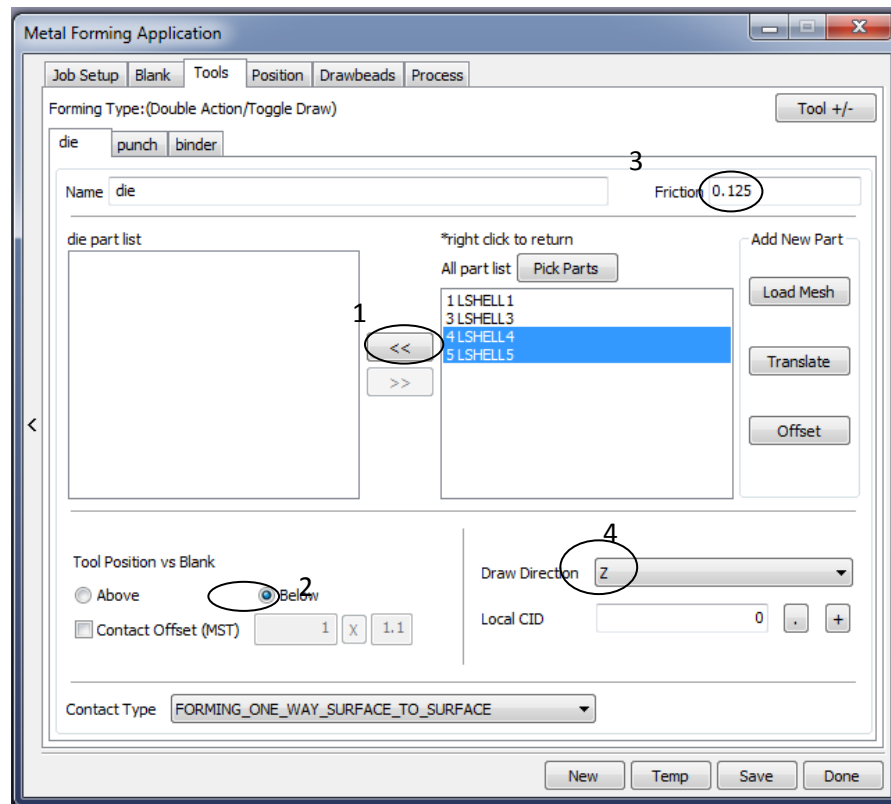


Рисунок 5.7 – Выбор матрицы

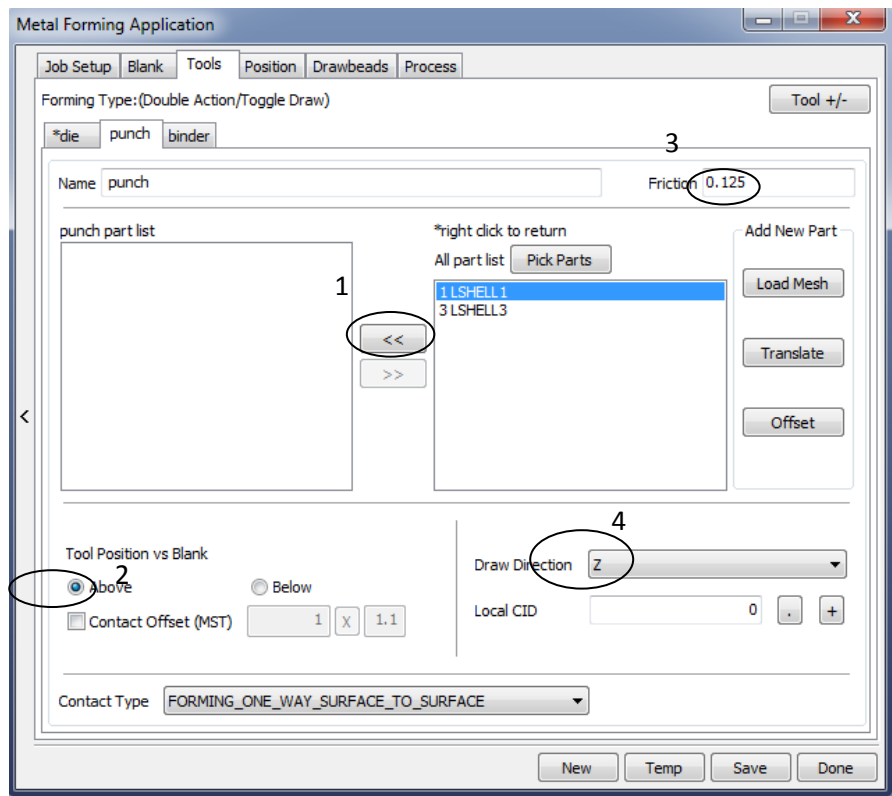


Рисунок 5.8 – Выбор пуансона

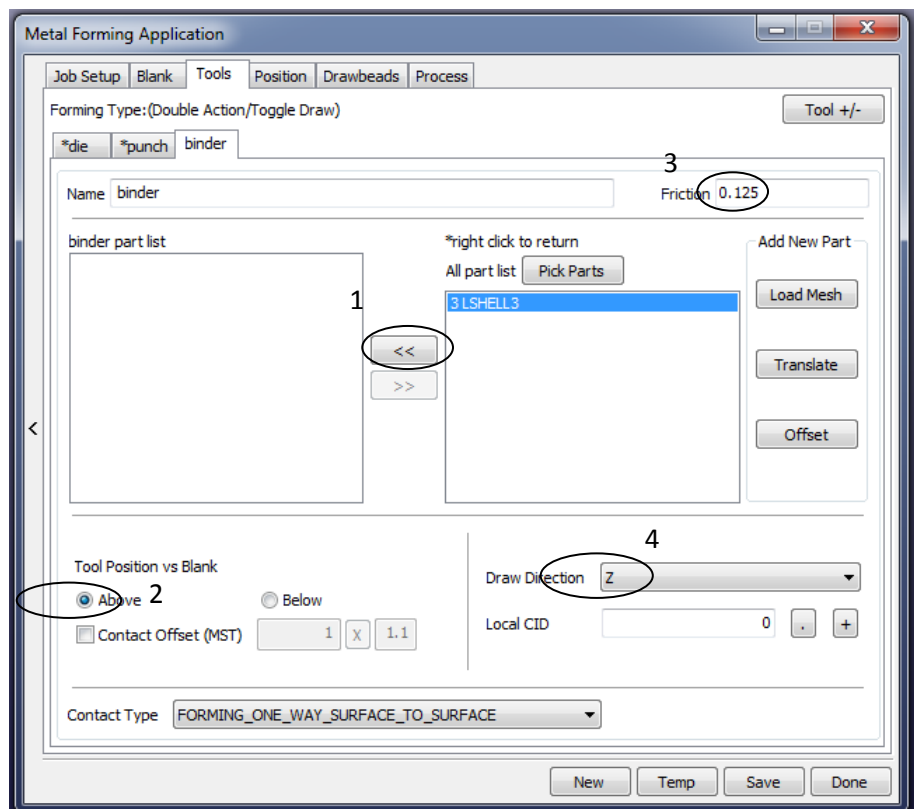


Рисунок 5.9 – Выбор прижима

5. В разделе Position, устанавливается расположение инструмента по оси Z. (позиция 1 рисунок 5.10). Выбирается AutoPosition (позиция 2, рисунок 5.10), для автопозиционирования всех частей в пространстве. После этого действия заготовку передвигать не рекомендуется, так как нарушится позиционирование детали.

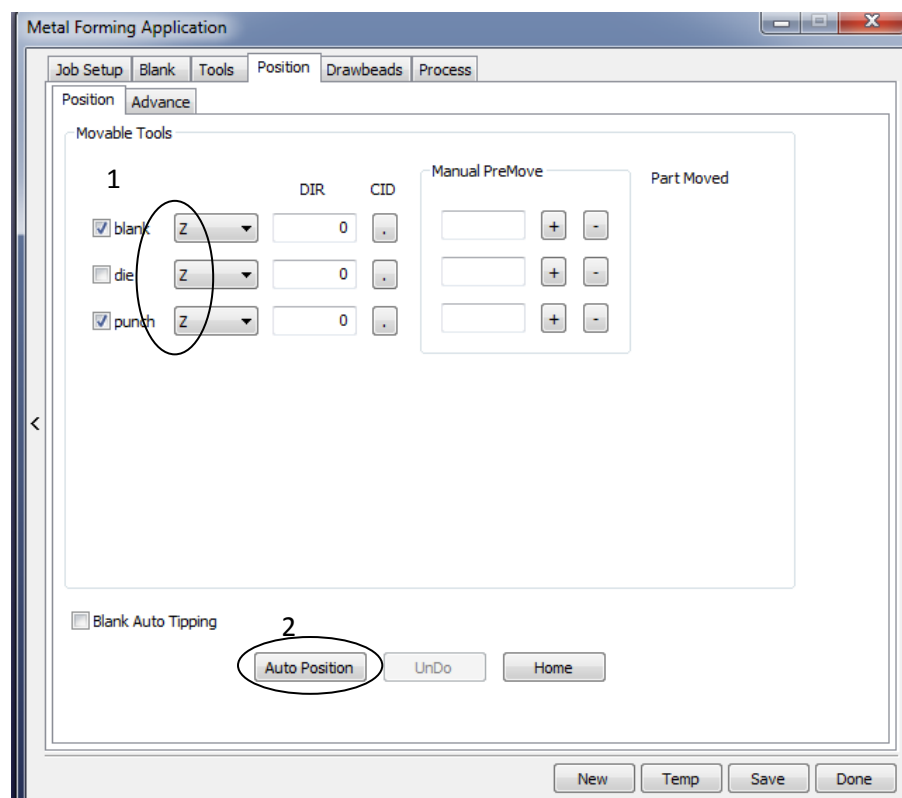


Рисунок 5.10 – Расположение инструмента

6. Устанавливается сам процесс операции, в данном случае, вытяжка (drawing). Раздел Process. (позиция 1 рисунок 5.11)

Здесь задается то, что:

- матрица будет неподвижной (stationary), (позиция 2, рисунок 5.11);
- пуансон движется к матрице с определенной скоростью (позиция 3, рисунок 5.11);



– прижим будет действовать на заготовку с усилием (force), равное 61000 кг (позиция 4, рисунок 5.11).

Сохраняем процесс в файл isform (позиция 5, рисунок 5.11)

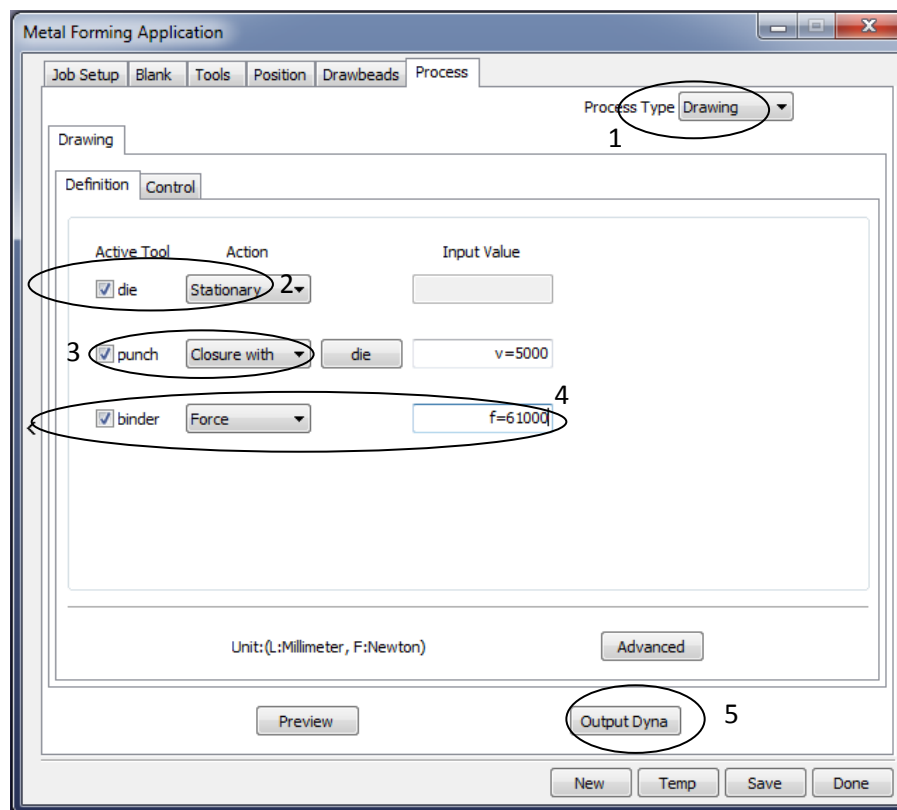


Рисунок 5.11 – Процесс операции

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 5.12);
- условия пластичности Мизеса (рисунок 5.13);
- FLD- диаграммы (рисунок 5.14).

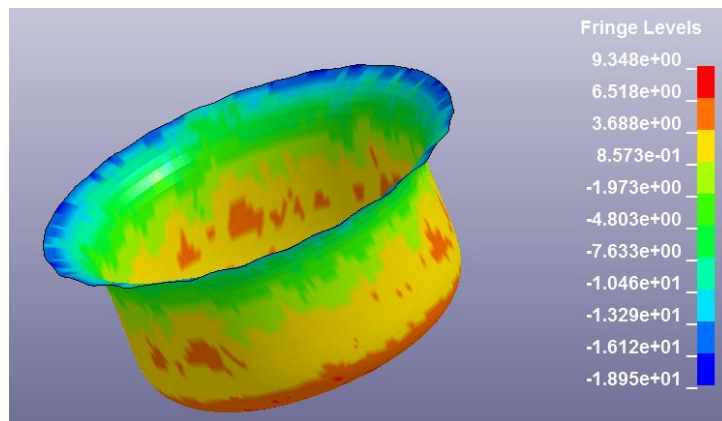


Рисунок 5.12 – Утонение в процентах

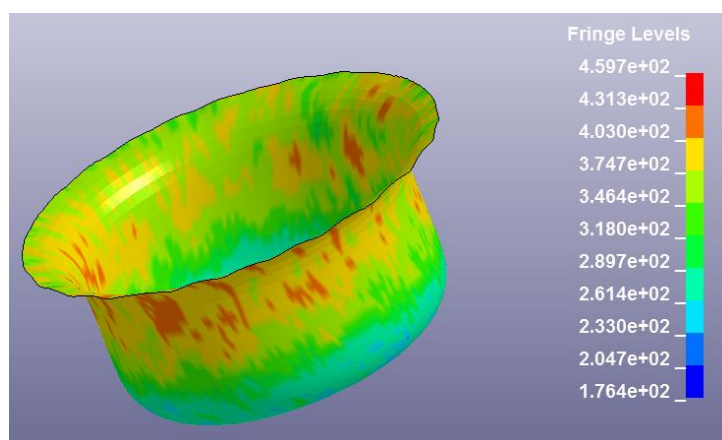


Рисунок 5.13 – Условие пластичности Мизеса

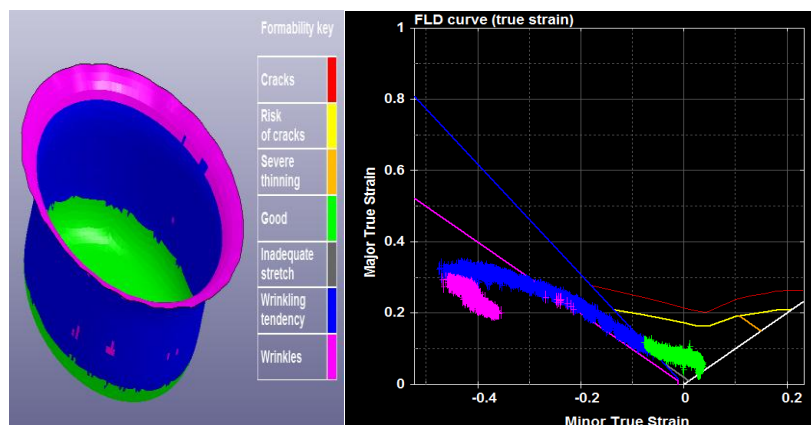


Рисунок 5.14– FLD-диаграмма

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

## 6. ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЕКТА

### 6.1. Технологическая характеристика объекта

Таблица 6.1 - Технологический паспорт технического объекта

« № п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1.	Изготовление детали «Кронштейн растяжки подвески»	Штамповка	Штамповщик	Гидравлический пресс «Кп - 300»	Сталь 08Ю [12]»

### 6.2. Идентификация профессиональных рисков

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
1.	Работа гидравлического прессы «Кп-300»	Физический-повышенный уровень вибрации	Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции.
2.	Работа линии автоматизации, осуществление штамповочных операций.	Физический-повышенный уровень шума	Работа прессы. Работа штампов. Штамповочные операции [12]»

Продолжение таблицы 6.2

«3.	Погрузочные, транспортные, загрузочные работы	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Прессовое оборудование, механизмы и устройства прессы и штампов, их незащищенные подвижные части. Транспорт
4.	Перемещение подвижных частей оборудования и штамповой оснастки	Химический-токсическое воздействие	Смазка подвижных частей оборудования, штамповой оснастки [12]»

6.3.Снижение профессионального риска

Таблица 6.3 - Организационно технические методы и технические средства снижения негативного воздействия вредных и опасных 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
1.	Повышенный уровень вибрации	Регламентированный режим работы, изменения в конструкции фундамента, прогрессивное оборудование, виброизоляция	-
2.	Повышенный уровень шума	Смазка трущихся частей оборудования и штампа, средства индивидуальной защиты, использования прогрессивного оборудования, геометризация источников шума	Ушные вкладыши (беруши), наушники [12]»

Продолжение таблицы 6.3

«3.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктаж по технике безопасности, автоматизация и механизация, изоляция токоведущих частей, и 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 аварийной остановки на пульте управления загрузчиком, встроенная предохранительная муфта отключает автоматическую линию в случае заклинивания грейферной подачи	Спецкостюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на утолщенной подошве, защитные рукавицы.
4.	Токсическое воздействие	Контроль концентрации токсических веществ. По окончании рабочей смены снять одежду, умыться, вымыть руки с мылом или принять душ	Респираторы, маски[12] »

#### 6.4. Пожарная безопасность объекта

Таблица 6.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара.

«№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1.	Автоматизированная линия пресса	Гидравлический пресс «Кп-300»	В,Е	Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму	Вынос электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества [12] »

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

«Первичные средства	Мобильные средства	Стационарные установки	Средства пожарной автоматики	Оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Сигнализация, связь
Огнетушитель	Пожарный автомобиль	Водяные установки системы	Дымовые датчики	Пожарные рукава	Противогазы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
Песок	Пожарная мотопомпа	Газовые установки систем пожаротушения	Тепловые датчики	Пожарный инвентарь	Носилки	Пожарные топоры	Световые указатели «ВЫХОД»
Кошма	Приспособленные спец. Средства (тягочи, прицепы)	Порошковые установки систем пожаротушения	Приемные контрольные приборы	Колонка пожарная	Защитные костюмы	Лопаты штыковые	Ручные пожарные извещатели [12]»



Таблица 6.6. - Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

«Наименование техпроцесса, используемого оборудования в составе технического объекта»	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности
Листовая штамповка деталей	Обучение персонала требованиям ПБ; соблюдения техники безопасности; соблюдения последовательности алгоритма технологического процесса; наличие средств пожаротушения; своевременная уборка с рабочего места замасленной ветоши; ограничение взрывоопасных материалов и компонентов соответствии требованиями ПБ	Квалифицированный персонал; обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара; наличие систем пожаротушения. Постановление правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме» «ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения»[12] »

## 6.5. Экологическая безопасность объекта

Таблица 6.7.- Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственного техпроцесса»	Структурные составляющие технического объекта, производственного техпроцесса 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	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
Многопозиционная штамповка	Гидравлический пресс «Кп-300»	Интенсивное выделение вредных испарений, газов отработанно смазки, масла и скопление пыли	Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов, при замене масла в технических агрегатах и ряде подобных случаев	Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов[1 2] »

Таблица 6.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) технические мероприятия по снижению антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду.

«Наименование технического объекта	Листовая штамповка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование вытяжной вентиляции с системой отчистки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Высокий контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющих лицензии на работу с отходами
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Увеличение контроля за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющих лицензии на работу с отходами [12] »

## Вывод:

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса детали «Кронштейн растяжки подвески», были перечислены технологические операции, применяемые материалы, производственно-техническое оборудование, должности рабочих. (таблица 6.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществлению технологического процесса листовой штамповки детали «Кронштейн растяжки подвески» видам производимых работ. В качестве опасных и вредных факторов идентифицированы следующие: производственный травматизм, повышенный уровень шума и вибрации, токсическое воздействие (таблица 6.2). Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков: инструктаж по технике безопасности, смазка оборудования и штампа, усовершенствование фундамента, виброизоляция и т.д. Внедрены средства индивидуальной защиты для обслуживающего персонала (таблица 6.3).

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация классов пожара и причин пожара и выбор средств и мер осуществления пожарной безопасности (таблица 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 6.6).

Выявлены технологические факторы (таблица 6.7) и разработаны меры по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 6.8).

## 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов

#### Расчетные данные

1. Общее время, затрачиваемое оборудованием (7.1):

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

$D_{\text{раб}}$  - число рабочих дней;

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

$T_{\text{сокр}}$  - число предпраздних дней;

$S$  - число смен;

$k_{\text{р.п.}}$  - показатель, рассчитывающий требуемое время на ремонтные работы.

$$\Phi_{\text{э}} = 247 \times 8 - 118 \times 7 \times 3 \times 1 - 0,07 = 3890 \text{ч.}$$

2. Общее время затрачиваемое рабочим (7.2):

$$\Phi_{\text{э.р.}} = 40\% \times \Phi_{\text{э}}$$

$$\Phi_{\text{э.р.}} = 40\% \times 3890 = 1673 \text{ч}$$

7.2 Определение необходимых единиц оборудования, коэффициентов,  
числа работников и оснастки штампа

Таблица 7.1 – Общие исходные данные

№	Исходные данные	Обозначения	Единица измерения	Значения	
1	Планируемое количество выпущенных изделий за год	$N_{\Gamma}$	шт	85000	
2	Затраченное время: -оборудованием -рабочими	$\Phi_{\text{э}}$ $\Phi_{\text{эр}}$	час	3890 1673	
3	Показатель выполнения нормы	$K_{\text{вн}}$	-	1,1	
4	Показатель многостаночного обслуживания	$K_{\text{мн}}$	-	1,0	
5	Показатель времени, отведенного на отпуск рабочим	$K_{\text{о}}$	%	11,8	
6	Показатель монтажных работ - в расчетах на себестоимость - в расчетах капитального вложения	$K_{\text{монт}}$	-	1,1 0,1	
7	Расходы на закупку одного килограмма материала	$\text{Ц}_{\text{м}}$	руб.	18,25	
8	Стоимость одного килограмма отхода	$\text{Ц}_{\text{отх}}$	руб.	0,48	
9	Масса заготовки	$M_{\text{з}}$	кг	0,52	0,52
10	Масса отхода	$M_{\text{отх}}$	кг	0,325	0,325
11	Показатель затрат, связанный с транспортировочными и заготовительными операциями	$K_{\text{гз}}$	-	1,035	
12	Показатель доплаты к заработной плате (от третьего и до пятого разряда)				
А	Часовой фонд заработной платы	$K_{\text{доп}}$	-	1,1	
Б	Квалифицированность рабочего	$K_{\text{ппф}}$	-	1,148	
В	За условия труда	$K_{\text{у}}$	-	1,12	
Г	Надбавка в ночные смены	$K_{\text{н}}$	-	1,2	
Д	Премииальные	$K_{\text{пр}}$	-	1,2	
Е	Выплаты на соцнужды	$K_{\text{с}}$	-	1,26	
13	Суммарный показатель доплаты	$K_{\text{зпл}}$	-	2,57	
14	Показатель мощностной способности оборудования	$K_{\text{м}}$	-	0,8	
15	Показатель единовременной электродвигателя	$K_{\text{в}}$	-	0,7	
16	Общий коэффициент полезного действия электрической цепи	$K_{\text{п}}$	-	1,03	
17	Показатель временного ресурса оборудования	$K_{\text{од}}$	-	0,8-1,0	
18	Выручка с продажи -изношенных оборудований -изношенных штампов	$V_{\text{р}}$ $V_{\text{ри}}$	%	5 15	
19	Величина амортизации	$N_{\text{а}}$	%	10	
20	Показатель суммарных расходов (цеховых)	$K_{\text{цех}}$	-	2,46	

Продолжение таблицы 7.1

21	Почасовой тариф - рабочего, имеющего третий разряд - наладчика, имеющего пятый разряд	$C_T$ $C_T$	руб.	25,3 32,27
22	Тарификация электричества за расход одного киловатта электроэнергии	$C_э$	руб.	1,1
23	Стоимость одного квадратного метра площади	$C_{пл}$	руб.	4000
24	Показатель экономической эффективности	$E_H$	-	0,33

Таблица 7.2 – Краткие сведения о характеристиках оборудования

№ п/п	Используемое оборудование	Усилие (МН)	Время		Мощность $M_y$ (кВт)	Площадь $S_y$ (м <sup>2</sup> )	Цена (руб.)
			$t_{шт}$	$t_{маш}$			
Оборудование, используемое в существующей технологии							
1	Существующий: К18014	1,6	0,120/2*	0,017/2*	30	20	180000
Оборудование, используемое в проектной технологии							
1	Проектный: КП-300	3,0	0,042/2*	0,033/2*	150	45	13450000

Таблица 7.3 – Известные данные штампов

№	Наименования штампов	Ресурс штампов		Стоимость штампов $C_{шт}$ (руб.)
		$T_{и.шт}$	(Количество ударов)	
	Общий: Вырубной		100000	369914
Штамповая оснастка, использованная в существующей технологии				
1	Штамп разделительный		60000	103630
2	Штамп для формовки		60000	310360
3	Штамп гибки		60000	181580
4	Штамп пробивки		60000	194395
Штамповая оснастка, использованная в проектной технологии				
1	Штамп разделительный		120000	140633
2	Штамп для формовки		120000	365871
3	Штамп гибки		120000	269167
4	Штамп пробивки		120000	140633

### 7.3 Расчет необходимых единиц оборудования, коэффициентов, числа работников и оснастки штампа

Таблица 7.4 – Расчет требуемых единиц оборудования, коэффициентов, числа рабочих и штамповой оснастки

№	Показатель	Расчетные формулы и расчет	Значения	
			Существующий	Проектный
1	Число единиц, оборудования которое требуется для выполнения планируемой нормы выпуска изделий	$N_{об} = \frac{T_{шт} \times N_{г}}{\Phi_{э} \times K_{вн} \times 60}$ $N_{об}^{сущ} = \frac{0,06 \times 85000}{3890 \times 1,29 \times 60} \approx 1 = 0,034$ $N_{об}^{пр} = \frac{0,021 \times 85000}{3890 \times 1,29 \times 60} \approx 1 = 0,012$	4	1
2	Показатель затраченного оборудованием времени на текущую операцию	$K_3 = \frac{N_{об}^{расч}}{N_{об}^{баз}}$ $K_3^{сущ} = \frac{0,034}{1} = 0,034$ $K_3^{пр} = \frac{0,012}{1} = 0,012$	0,034	0,012
3	Число рабочих, которое потребуется для выполнения планируемой нормы выпуска	$P_{оп} = \frac{t_{шт} \times N_{г} \times 1 \times \frac{K_0}{100}}{\Phi_{эр} \times K_{мн} \times 60}$ $P_{оп}^{баз} = \frac{0,06 \times 85000 \times 1 \times \frac{11,8}{100}}{1673 \times 1,00 \times 60} = 0,072 \approx 1, P = 6 \text{ чел.} \times 2 \text{ см.}$ $P_{оп}^{баз} = \frac{0,021 \times 85000 \times 1 \times \frac{11,8}{100}}{1673 \times 1,0 \times 60} = 0,024 \approx 1, P = 3 \text{ чел.} \times 2 \text{ см.}$	12	6
4	Требуемое количество штампов, которое потребуется для выполнения планируемой нормы выпуска изделий	$n_{штамп} = N_{г} \times T_{и}$ $n_{шт оп 1} = 85000 \times 100000$ $n_{шт оп 2} = 85000 \times 60000$ $n_{шт оп 3} = 85000 \times 60000$ $n_{шт оп 4} = 85000 \times 60000$ $n_{шт оп 5} = 85000 \times 60000$ $n_{шт оп 1} = 85000 \times 100000$ $n_{шт оп 2} = 85000 \times 120000$ $n_{шт оп 3} = 85000 \times 120000$ $n_{шт оп 4} = 85000 \times 120000$ $n_{шт оп 5} = 85000 \times 120000$	2	1



## 7.4 Расчет капитальных вложений

Таблица 7.5 – Расчет суммарного капитального вложения

№	Показатель	Расчетные формулы и расчет	Значения	
			Существующий	Проектный
1	Капитальное вложение, требуемое на закупку оборудования	$K_{об} = N_{об} \times Ц_{об} \times K_3$ $K_{об}^{баз} = 4 \times 180000 \times 0,034 = 24480$ $K_{об}^{пр} = 1 \times 13450000 \times 0,012 = 161400$	24480	161400
2	Издержки, связанные с доставкой и монтажом оборудования	$K_м = K_{об} \times K_{монт}$ $K_м^{баз} = 24480 \times 0,1 = 2448$ $K_м^{пр} = 161400 \times 0,1 = 16140$	2448	16140
3	Издержки, связанные с приобретением штампов	$K_и = Ц_{шт} \times n_{шт}$ $K_и^{баз} = 1949844$ $K_и^{пр} = 1302398$	1949844	1302398
4	Издержки, связанные с приобретением площади	$K_{пл} = N_{об} \times S_y \times Ц_{пл} \times K_3$ $K_{пл}^{баз} = 4 \times 20 \times 0,034 \times 4000 = 10880$ $K_{пл}^{пр} = 1 \times 45 \times 0,012 \times 4000 = 2160$	10880	2160
5	Общая сумма всех расходов	$K_{соп} = K_м + K_и + K_{пл}$ $K_{соп}^{баз} = 1963172$ $K_{соп}^{пр} = 1320698$	1963172	1320698
6	Суммарные капитальные вложения	$K_{общ} = K_{об} + K_{соп}$ $K_{общ}^{баз} = 1987652$ $K_{общ}^{пр} = 1482098$	1987652	1482098
7	Удельные капитальные вложения	$K_{уд} = \frac{K_{общ}}{N_r}$ $K_{уд}^{баз} = 23,38$ $K_{уд}^{пр} = 17,40$	23,38	17,40

### 7.5 Расчет себестоимости изделия по сравниваемым вариантам

Таблица 7.6 – Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

№	Показатель	Расчетные формулы и расчет	Значения	
			Существующий	Проектный
1	Себестоимость изделия в рублях	$M = (M_3 \times C_M \times K_{ТЗ}) - (M_{отх} C_{отх})$ $M^{баз} = 0,520 \times 18,25 \times 1,06 - 0,325 \times 0,48 = 9,90$ $M^{пр} = 9,90$	9,90	9,90
2	Расчет заработной платы рабочим в рублях	$Z_{пл} = \frac{P \times C_T \times \Phi_{эр} \times K_{зпл} \times K_3}{N_T}$ $Z_{пл}^{баз} = 0,47$ $Z_{пл}^{пр} = 0,09$	0,47	0,09
3	Издержки, связанные с амортизацией и эксплуатацией оборудования в рублях	$P_a = \frac{(C_{об} \times 1 - B_p) \times H_a \times t_{шт} \times 1.3}{\Phi_3 \times K_{вн} \times 60 \times 100}$ $P_a^{баз} = 0,01$ $P_a^{пр} = 0,01$	0,01	0,01
4	Расходы на электроэнергию в рублях	$P_э = \frac{M_y \times t_{маш} \times K_{од} \times K_m \times K_{вн} \times K_{п} \times C_э}{КПД \times 60}$ $P_э^{баз} = 0,01$ $P_э^{пр} = 0,01$	0,01	0,01
5	Издержки, связанные с амортизацией штампового инструмента	$P_{и} = (C_{шт} \times 1 \times B_{р.и}) T_{и.шт.}$ $P_{и}^{общ\ №1} = 2,96$ $P_{и}^{баз\ №2} = 2,42$ $P_{и}^{пр\ №2} = 1,79$ $P_{и}^{баз\ №3} = 2,59$ $P_{и}^{пр\ №3} = 1,05$ $P_{и}^{баз\ №4} = 4,14$ $P_{и}^{пр\ №4} = 2,44$ $P_{и}^{баз\ №5} = 1,38$ $P_{и}^{пр\ №5} = 0,94$	24,02	9,18

Продолжение таблицы 7.6

6	Издержки на содержание и использование производственной площади	$P_{пл} = \frac{S_y \times N_{об} \times K_3 \times C_{пл}}{N_r}$ $P_{пл}^{баз} = 0,13$ $P_{пл}^{пр} = 0,03$	0,13	0,03
7	Расчет заработной платы рабочим производства	$З_{раб} = \frac{N_{обх} \times C_T \times \Phi_{эр} \times K_3 \times K_{зпл}}{N_{обсл} \times N_r}$ $З_{раб}^{баз} = 0,03$ $З_{раб}^{баз} = 0,03$	0,03	0,03
8	Затраты, связанные с технологической себестоимостью	$C_{зт} = M + З_{пл} + P_a + P_э + P_{и} + P_{пл} + З_{раб}$ $C_{зт}^{баз} = 34,57$ $C_{зт}^{баз} = 19,25$	34,57	19,25
9	Расходы на производство	$P_{цех} = З_{пл} \times K_{цех}$ $P_{цех}^{баз} = 1,16$ $P_{цех}^{пр} = 0,22$	1,16	0,22
10	Суммарные показатели себестоимости в рублях	$P_{цех} = P_{цех} + C_{зт}$ $P_{цех}^{баз} = 35,73$ $P_{цех}^{баз} = 19,47$	35,73	19,47

## 7.6 Расчет экономического показателя проектного варианта

Таблица 7.7 – экономический показатель выгоды

Показатель	Формула и расчет	Значение показателя	
Условная экономия за год, учитывающий сниженную себестоимость в рублях	$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{цех}}^{\text{баз}} \times C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 35,73 - 19,47 \times 85000$ $= 1382100$	1382100	
Переведенная общая затрата	$З_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \times K_{\text{уд}}$ $З_{\text{пр}}^{\text{баз}} = 35,73 + 0,33 \times 23,38$ $= 43,45$ $З_{\text{пр}}^{\text{баз}} = 19,47 + 0,33 \times 17,40$ $= 25,21$	43,45	25,21
Экономический показатель выгоды	$\mathcal{E}_{\text{г}} = З_{\text{пер}}^{\text{баз}} - З_{\text{пер}}^{\text{пр}} \times N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{г}} = 43,45 - 25,21 \times 85000$ $= 1550400$	2350000	
Срок окупаемости, вложенных средств	$\mathcal{E}_{\text{г}} = (З_{\text{пр}}^{\text{сущ}} - З_{\text{пр}}^{\text{улуч}}) \cdot N_{\text{г}}$	1	

## Выводы:

Анализируя проведенные выше расчеты можно сделать выводы:

1. Цеховая себестоимость изготовления единицы изделия снизилась с 35,73 руб. до 19,47 руб. (т.е. уменьшилась на 45%)

2. Причины снижения себестоимости:

- уменьшение трудоемкости;

- уменьшение расходов на штамповую оснастку

(за счет повышения их стойкости на 100% при использовании более прогрессивного оборудования - пресса КП-300).

3. Экономический эффект при программе выпуска 85000 деталей от внедрения нового техпроцесса составляет 1550400 рублей, при сроке окупаемости капиталовложений в течение 1 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной ВКР был разработан непрерывный технологический процесс изготовления детали «Кронштейн растяжки подвески».

Рассчитаны энергосиловые параметры, на основании которых было выбрано наиболее подходящее технологическое оборудование (пресс-автомат КП-300).

На базе пресс-автомата спроектирована автоматическая линия, в состав которой, кроме прессового оборудования, добавлены необходимые средства автоматизации - питатель штучных заготовок и грейферное передающее устройство.

Была разработана штамповая оснастка для операции гибки, для чего сделан выбор материалов для изготовления деталей. Кроме того, сделаны расчёты на прочность основных узлов и деталей штампа для пробивки.

Рассмотрены вопросы техники безопасности. Были выявлены опасные и вредные факторы, вследствие которых разработаны мероприятия, существенно улучшающие условия труда рабочих-операторов.

В заключение была подсчитана экономическая эффективность использования предлагаемой технологии. Расчеты показали, что переход на новую технологию изготовления эффективен, т.к. цеховая себестоимость на единицу изделия изменилась на 45% за счет снижения расходов на штамповую оснастку (за счет увеличения их стойкости на 100%). Экономический эффект при программе выпуска 85000 деталей от внедрения нового техпроцесса составит 1,55 млн. рублей, при сроке окупаемости капиталовложений в течение 1 года.

Следовательно, поставленная в начале цель была 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	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<i>Документация</i>						
<i>17.БР.СОМДиРП.571.61.00.000СБ Сборочный чертеж</i>						
<i>Сборочные единицы</i>						
<i>1 17.БР.СОМДиРП.571.61.00.001 Пресс 1</i>						
<i>2 17.БР.СОМДиРП.571.61.00.002 Загрузчик штучных заготовок 1</i>						
<i>3 17.БР.СОМДиРП.571.61.00.003 Механизм смены штампов 1</i>						
<i>4 17.БР.СОМДиРП.571.61.00.004 Грейферные линейки 1</i>						
<i>5 17.БР.СОМДиРП.571.61.00.005 Штамп разделительный 1</i>						
<i>6 17.БР.СОМДиРП.571.61.00.006 Штамп обрезной 1</i>						
<i>7 17.БР.СОМДиРП.571.61.00.007 Штамп для вытяжки 1</i>						
<i>17.БР.СОМДиРП.571.61.00.000</i>						
<i>Комплекс оборудования</i>						
<i>ТГУ ИМ г.р. МСБ-1301</i>						

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Гарифиллин Р.Р.		
Проб.		Смолин Е.Л.		
Н.контр.		Виткалов В.Г.		
Утв.		Ельцов В.В.		

Лит.	Лист	Листов
		1

Копировал \_\_\_\_\_ Формат А4

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<u>Документация</u>						
<i>17.БР.СОМДyРП.571.61.00.000СБ Сборочный чертеж</i>						
<u>Детали</u>						
1	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.001	Плита верхняя	1			
2	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.002	Толкатель грибовый	8			
3	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.003	Матрица	1			
4	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.004	Плита нижняя	1			
5	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.005	Прижим	1			
6	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.006	Плита подкладная	2			
7	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.007	Пуансон	2			
8	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.008	Держатель пуансона	2			
9	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.009	Ловитель	2			
10	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.010	Крышка	2			
11	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.011	Прокладка	2			
12	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.012	Планка (опорная)	2			
13	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.013	Подъемник $\phi 16$	4			
14	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.014	Ограничитель $\phi 20$	4			
15	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.015	Ловитель	2			
16	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.016	Ловитель $\phi 14, 22$	4			
17	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.017	Толкатель верхний	1			
18	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.018	Траверса	1			
19	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.019	Прижим верхний	2			
20	17.БР.СОМДyРП.571.61.00.020	Шпилька $\phi 20$	2			
<b>17.БР.СОМДyРП.571.61.00.000</b>						
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		
Разраб		Гарифиллин Р.Р.			Лит	Лист
Пров		Смолин Е.Л.			1	2
Н.контр		Виткалов В.Г.			ТГУ ИМ	
Утв		Ельцов В.В.			гр. МСБ-1301	
<b>Штамп для гидки</b>					Формат А4	

Копировал

