



## АННОТАЦИЯ

В представленной бакалаврской работе был разработан технологический процесс изготовления детали «Кронштейн крепления воздушного фильтра» легкового автомобиля.

Был рассмотрен существующий техпроцесс производства детали и обнаружены его минусы, опираясь на них сформулируем цели и задачи работы. Рассчитаны базисные характеристики предложенной технологии, найдены энерго-силовые характеристики всех операций созданного техпроцесса. Сверх того, выбрано требующееся оборудование и средства автоматизации, после чего была сконструирована автоматическая штамповочная линия.

Сконструирована штамповая оснастка для одной из технологических операций – штамп для 1-ой гибки-формовки.

Осуществлен анализ особенностей, фигурирующих при автоматизации технологических процессов холодной штамповки. Подвергнуты анализу условия труда на сконструированном участке штамповки и описаны меры по охране труда, а также осуществлен разбор экологичности проекта. Подводя итоги была вычислена экономическая эффективность введения созданной технологии.

## ABSTRACT

The theme of this master's work is "Development and development of the manufacturing process for the air filter retaining bracket.

The aim of the work is to reduce the cost of the part by changing the technological operations, changing the cutting of sheet material and automating the processes.

This work can be divided into several logically related parts, which are: 1) analysis of the main technological process, identification of shortcomings, problem solving; 2) development of a new technological process, determination of the dimensions of the billet, calculation of the parameters of the energy strength; 3) technical analysis using the programs of Siemens NX9.0, LS-PrePost 3.2 and LS-DYNA Manager; 4) selection of equipment and automation equipment; 5) development of equipment; 6) safety and environmental compatibility of the technical facility, measures to develop safe working conditions, environmental factors; 7) calculation of the cost of parts.

It can be concluded that after the work the following tasks were solved: 1) to increase productivity by changing the cutting of sheet material; 2) economical material by changing the cutting; 3) cost reduction; 4) The technological process has become safer and more environmentally friendly. 5) payback period 2 years.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	6
1.1. Анализ технологичности детали	8
1.2. Описание существующего технологического варианта изготовления детали	11
1.3. Выявление недостатков существующей технологии	14
1.4. Задачи бакалаврской работы	14
2.1. Схема предлагаемого техпроцесса	16
2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки	18
2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки	23
2.4.1. Определение усилия и работы пресса при вырубке заготовок	23
2.4.2. Определение усилия и работы пресса при первой гибке-формовке	26
2.4.3. Усилие и работа пресса при второй гибке-формовке	28
2.4.4. Усилие и работа пресса при правке	28
2.4.5. Определение усилия и работы пресса при пробивке	30
2.4.7. Расчет суммарных усилий и работы пресса последовательной штамповке деталей	32
3. ПРИМЕНЕНИЕ CAE ТЕХНОЛОГИЙ	33
3.1. CAE-анализ детали «кронштейн крепления воздушного фильтра»	33
4.1. Критерии выбора оборудования	39
4.2. Выбор средств автоматизации	42
5.1. Состав, конструкция и работа штамповой оснастки	45
5.2. Прочностные расчеты и выбор материалов для изготовления деталей штампа	50
5.2.1. Расчет опорной поверхности пуансона на смятие	51
5.2.2. Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении	52
5.2.3. Расчет подкладки на прочность	52
5.2.4. Выбор материалов для изготовления деталей штампа	53
5.3. Определение числа и расположения упругих элементов	54
6.1. Описание рабочего места, выполняемых операций и оборудования	57
6.2. Идентификация опасных и вредных производственных факторов прессового производства	58
6.3. Мероприятия по разработке безопасных условий труда	59
6.4. Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	60
6.5. Экологическая экспертиза объекта, антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности	61
6.6. Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду	62
7.1. Характеристика вариантов	64

7.2. Калькуляция на штамп для гибки .....	64
7.3. Исходные данные для расчета эффективности внедрения новой технологии.....	65
7.4 Расчет единиц оборудования, коэффициента его загрузки, требуемого числа рабочих и штампов .....	70
7.5. Расчет капитальных вложений .....	74
7.6 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов .....	75
7.7 Калькуляция сравниваемых вариантов .....	78
7.8 Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта технологического процесса .	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	82

## ВВЕДЕНИЕ

Листовая штамповка одна из наиболее прогрессивных и высокоэкономичных способов получения деталей и используется практически во всех отраслях промышленности.

Холодная штамповка является процессом производства всевозможных во всех планах деталей в холодном состоянии.

Весомое усовершенствование холодной штамповки трактуется целым рядом ее плюсов:

1. Реальность получения в достаточной мере прочных, жестких, и одновременно легких конструкций;
2. Большая точность деталей;
3. большая выработка и малая стоимость деталей;
4. допустимость использования неквалифицированной рабочей силы;
5. малое количество отхода при грамотном построении техпроцесса и раскросе материала;
6. подходящие требования для механизации и автоматизации штамповки, изготовления автоматических линий и участков.

В последние годы достаточно увеличилась производительность труда благодаря полной или частичной механизации и автоматизации штамповочных участков.

Развитие и совершенствование автоматизации в современных условиях ведет по пути расширения области применения машин-автоматов и автоматических линий. Для изготовления определенной группы деталей автоматизированным процессом используют штампы-автоматы с грейферными линейками, многопозиционные листоштамповочные автоматы, а также линии прессов, связанные между собой транспортными грейферными устройствами.

Штамповка на автоматической линии осуществляется одновременно на нескольких штампах. С помощью специальных устройств автоматизируется подача заготовок, перенос полуфабрикатов с позиции на позицию, контроль за работой линии, и осуществляется ряд функций, направленных на обеспечение высокой надежности протекания технологических процессов.

Автоматические линии такого типа характеризуются высокой производительностью труда, что обуславливает из все более широкое применение в массовом листоштамповочном производстве. Целью работы является понижение себестоимости изготовления детали «Кронштейн крепления воздушного фильтра» автомобиля за счет автоматизации технологического процесса путем перевода ее изготовления на автоматическую линию (многопозиционный пресс-автомат).

# 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1. Анализ технологичности детали

Под технологичностью понимается сочетание свойств и конструктивных элементов, которые предоставляют минимальную сложность и максимальную экономичность при производстве детали при соблюдении технических и эксплуатационных требований к ним.

Деталь «Кронштейн крепления воздушного фильтра» (рис 1.1) относится к каркасным элементам кузова. Следовательно, к детали не предъявляются особые требования по качеству поверхности. Основными формообразующими операциями при изготовлении детали являются гибка и формовка. Поэтому, накладываются соответствующие требования на марку стали, а именно: возможность деформирования без разрыва, т.е. материал должен быть пластичным. При этом пластичность не должна идти в ущерб жесткости детали. Повышению жесткости «кронштейна крепления воздушного фильтра» также должна способствовать форма детали.

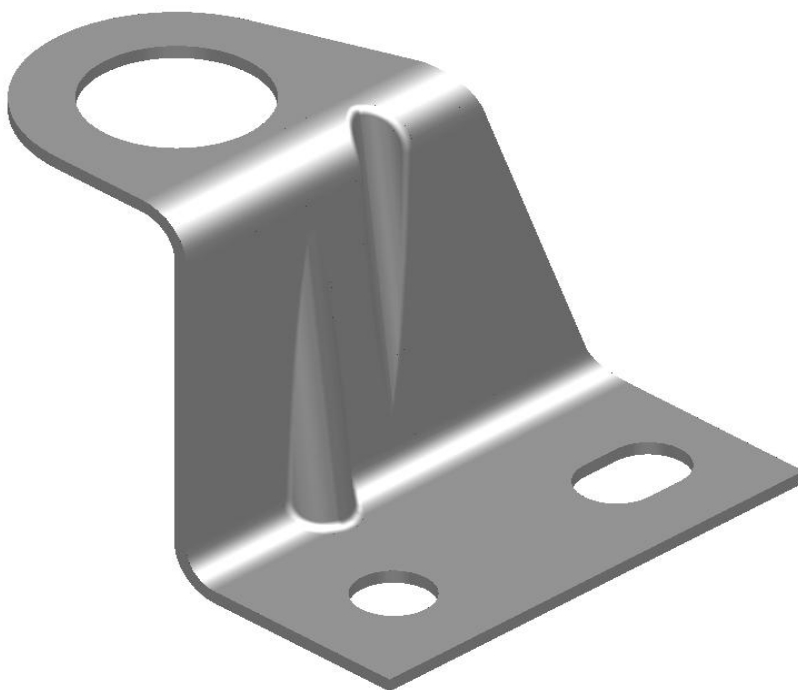


Рисунок 1.1 «Кронштейн воздушного фильтра»



Рассмотрим технологические требования, предъявляемые к изготовлению данной детали, и проведем анализ ее технологичности.

1) Требования, предъявляемые к детали разделительных операциях при вырубке и пробивке:

- Контур вырубki детали имеет несложную конфигурацию: отсутствуют узкие и длинные вырезы и прорезы. Переход между всеми элементами контура выполнен либо по радиусу ( $R = 16$  мм), либо через неострые углы ( $>90$ ).

- Размеры пробиваемых отверстий соответствуют допускаемым значениям: минимально допустимый диаметр отверстий составляет 1,5 мм; у нас же минимальный диаметр пробиваемого отверстия равен  $d=8,0$  мм. Пробиваемое овальное отверстие размером  $8 \times 12$  мм также отвечает выше указанному условию.

- Кромки всех пробиваемых отверстий находятся на безопасном расстоянии, достаточном для исключения искажения их формы.

- из-за наличия рёбер жёсткости, формовка которых может повлиять на размеры и форму отверстия диаметром 19,5 мм, его пробивку необходимо осуществлять после операции гибки.

2) Основные технологические требования к детали при гибке:

- Радиусы гибки в углах детали больше минимально допустимых. Для данной толщины материала (1,5 мм) необходимо соблюдение условия  $r > S$ , которое выполняется в обоих углах:  $5$  мм  $>$  1,5 мм.

- Для наращивания жёсткости детали и предотвращения упругого пружинения предусмотрены два ребра жёсткости поперёк обоих углов изгиба.

- Высота наименьшей отгибаемой полки удовлетворяет предъявляемому условию:  $b > 3 \cdot S = 3 \cdot 1,5 = 4,5$  мм. Действительно,  $b = 15$  мм.

- Расстояние от центров радиусов изгиба до краёв отверстий удовлетворяет необходимому условию  $a > 2 \cdot S$ , позволяющему производить гибку на минимально допустимых расстояниях от краёв отверстий, пробитых на предыдущих операциях, без искажения их формы:

для отверстия диаметром 8,0 мм:  $a = 7$  мм  $> 2 \cdot 1,5$  мм;

для отверстия диаметром 19,5 мм:  $a = 3,25$  мм  $> 2 \cdot 1,5$  мм;

3) Основные технологические требования к детали при формовке:

- Форма ребер жесткости технологична: они имеют в сечении радиус  $R = 3$  мм и незначительную глубину (max. 6 мм);

- Чтобы соблюдалось требование, предъявляемое к радиусам соединения ребер со стенками детали:  $R_m > 3 \cdot S$ , окончательные размеры ребер должны получаться дополнительной правкой, а на этапе формовки радиус должен отвечать вышеуказанному условию (в нашем случае радиусы имеют значение  $R = 1,5$  мм).

Выше проведенный анализ основных операций по изготовлению «Кронштейна крепления воздушного фильтра» позволяет сделать заключение о том, что данная деталь удовлетворяет требованиям технологичности, предъявляемым к конструкциям листовых штампованных деталей.

Следует также отметить, что технология изготовления детали позволяет снизить общие временные и трудозатраты за счет использования спаренной штамповки (штампуются переход, из которого получают 2 детали).

## 1.2. Описание существующего технологического варианта изготовления детали.

Исходным материалом для создания детали «Кронштейн крепления воздушного фильтра» для автомобиля является лента шириной 200 мм. Материал: сталь 08пс, толщина  $S = 1,5$  мм.

- На 1-ой операции выполняется вырубка спаренной заготовки (для 2 деталей) и одновременная пробивка 4 отверстий: 2 овальных размером  $8 \times 12$  мм и 2 диаметром 8,0 мм (рис. 1.2). Подача материала осуществляется из рулонницы при помощи подающего устройства, расположенного на входе пресса и контролирующего шаг подачи. Удаление вырубленной заготовки – рычажным съёмником (входящим в состав пресса) в тару. Отход в виде ленты с отверстиями от вырубки внешнего контура заготовки разрезается задним обрезным устройством, расположенном на выходе пресса, и разрезанные части удаляются по лоткам в подвал. Отход от пробивки отверстий удаляется на провал (проталкиванием через матрицу, нижнюю плиту и стол пресса в подвал). Используемое оборудование – пресс Раскин-125 усилием 1,25 МН.

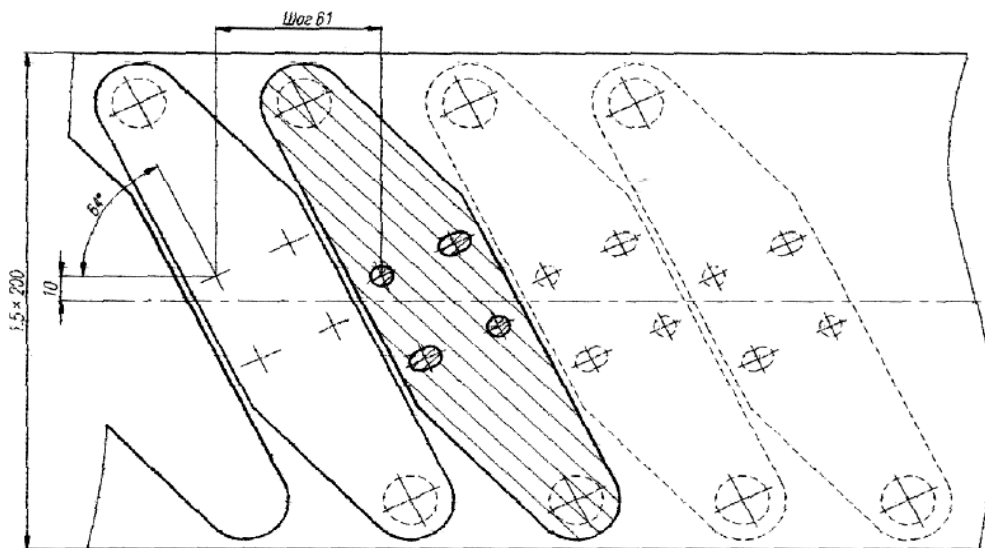


Рисунок 1.2 «1 Операция»

Последующие операции осуществляются на линии из 5 кривошипных прессов КА2028 усилием 0,63 МН (63 т.с.).

- На 2-ой операции выполняется гибка полок (рис. 1.3), на которых впоследствии пробиваются отверстия диаметром 19,5 мм. Одновременно с гибкой осуществляется формовка двух рёбер жёсткости. Подача вырубленных заготовок осуществляется вручную.

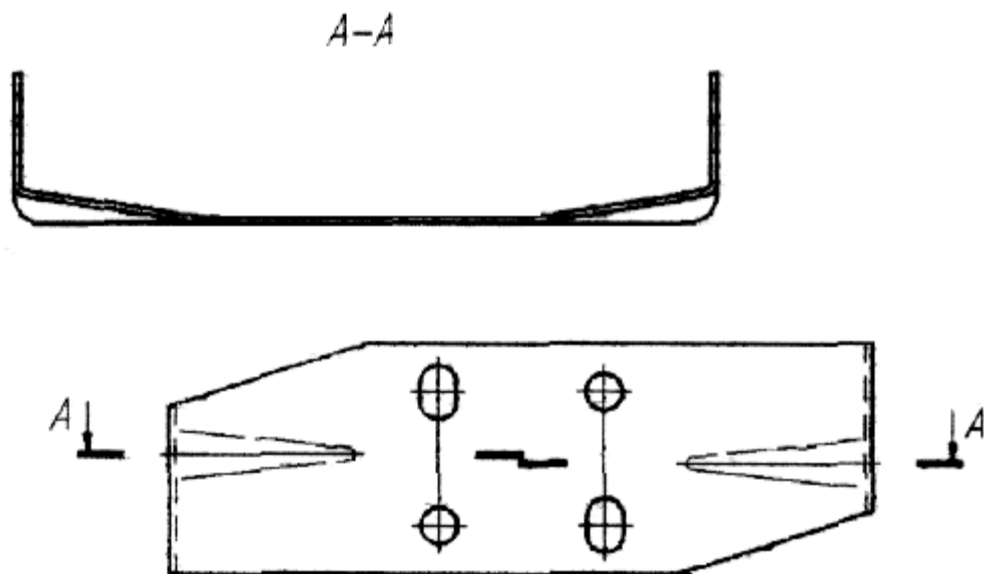


Рисунок 1.3 «2 Операция»

- 3-я операция – гибка-формовка – аналогична предыдущей и объединяет гибку в других углах детали и формовку двух других рёбер жёсткости (рис. 1.4).

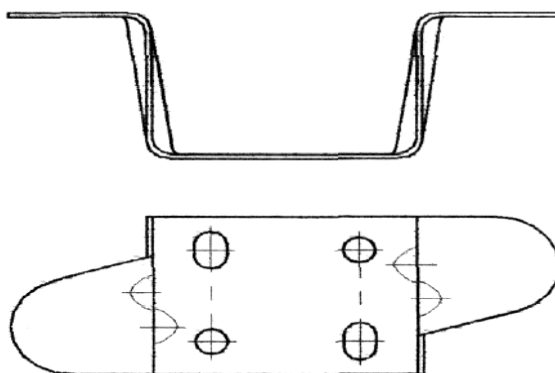


Рисунок 1.4 «3 Операция»

- После гибки и формовки производится 4-ая операция – правка спаренной заготовки: устраняется эффект упругогопружинения, заготовка приобретает размеры, указанные на чертеже.

- На 5-ой операции осуществляется пробивка двух отверстий диаметром 19,5 мм (рис. 1.5). Отход от пробитых отверстий удаляется на провал (проталкиванием через матрицу и далее по наклонным каналам в нижней плите и лоткам в тару для отхода).

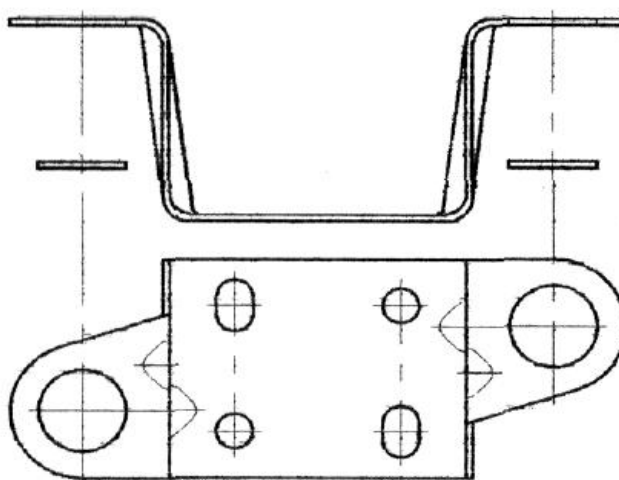


Рисунок 1.5 «5 Операция»

- Последней 6-ой операцией спаренная заготовка разрезается на 2 части – вырезается перемычка между двумя спаренными деталями шириной 7 мм (рис.1.6). После разрезки готовые детали по лоткам удаляются в тару.

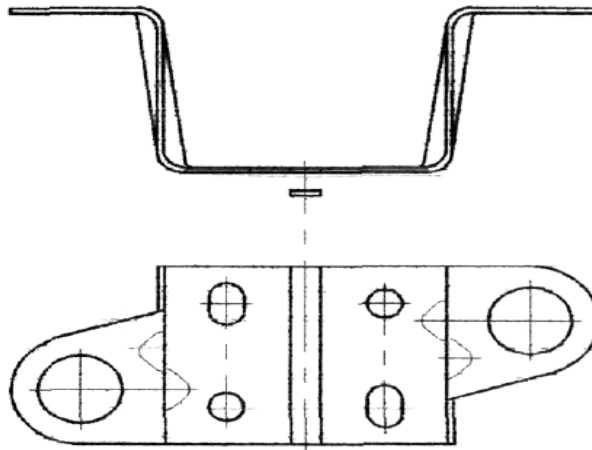


Рисунок 1.6 «6 Операция»

### 1.3. Выявление недостатков существующей технологии.

Разбор существующего технологического процесса продемонстрировал, обладание рядом значительных недостатков:

1) заготовительная процесс лазерной резки является весьма непроизводительным и энергоемким по сравнению с традиционной штамповкой;

2) последующий процесс сверления также является трудоемким и непроизводительным в сравнение со штамповкой отверстий;

3) предварительная операция разметки (перед лазерной резкой) очень трудоемкая, что негативно сказывается на экономических показателях данного технологического процесса;

4) необходимость транспортировки между операциями также снижает экономические показатели технологии.

### 1.4. Задачи бакалаврской работы.

Учитывая перечисленные недостатки, делаем вывод о необходимости разработки нового технологического процесса.

- рассчитать энергосиловые параметры новых штамповочных операций;

- сконструировать штамп для основной формообразующей операции (гибки);

- сделать обоснованный выбор технологического оборудования, провести анализ условий труда в предлагаемом технологическом процессе;

- рассчитать экономический эффект от внедрения нового технологического процесса.

## 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

### 2.1. Схема предлагаемого техпроцесса

В предлагаемом варианте технологического процесса основные штамповочные операции будут осуществляться на автоматической линии, состоящей из многопозиционного прессы и работающих совместно с ним средств автоматизации (питателя штучных заготовок, грейферного передающего устройства).

Перечень выполняемых технологических операций в новом варианте остается без изменений. Использование при штамповке спаренной заготовки также сохраняется, причем контур заготовки остается прежним. Планируется лишь заменить схему раскроя материала на заготовительной операции.

Предлагаемый техпроцесс (рис. 2.1) будет осуществляться по следующей схеме:

- На 1-ой операции из рулонного материала (далее будет рассчитана ширина ленты) вырубается 2 спаренные заготовки, форма которых полностью идентична форме вырубленной заготовки в существующем варианте техпроцесса. Одновременно происходит пробивка 4-х круглых (диаметром 8,0 мм) и 4-х овальных отверстий размером 8×12 мм. Операция выполняется в автоматическом режиме на прессе, работающем совместно с разматывающим и подающим устройствами, с контролем шага подачи. Остальные штамповочные операции также осуществляются в автоматическом режиме, на одном многопозиционном прессе, работающем совместно с питателем штучных заготовок и грейферным передающим устройством (в комплексе пресс и средства автоматизации образуют автоматическую линию).



- На 2-ой операции технологического процесса (на I позиции прессы) выполняется гибка полок, на которых в дальнейшем пробиваются отверстия диаметром 19,5 мм. Одновременно с гибкой осуществляется формовка двух рёбер жёсткости. Подача вырубленных заготовок в зону штамповки осуществляется грейферными линейками. Фиксация заготовки в рабочей зоне штампа выполняется двумя ловителями, входящими в ранее пробитые круглые отверстия диаметром 8,0 мм. Передачу на следующую позицию прессы производят грейферные линейки.

- 3-я операция – 2-я гибка-формовка – аналогична предыдущей и включает гибку в двух других углах спаренной заготовки и формовку двух других рёбер жёсткости. Фиксация заготовки на этой и последующих позициях аналогична фиксации на I позиции прессы – по круглым отверстиям.

- После гибки и формовки производится 4-ая операция – правка спаренной заготовки. Конструктивные размеры заготовки приобретают значения, соответствующие указанным размерам на чертеже, а именно: выполняют доштамповку ребер жесткости. Передача на следующую позицию прессы – также грейферами.

- На 5-ой операции осуществляется пробивка двух отверстий диаметром 19,5 мм. Отход от пробитых отверстий удаляется на провал (проталкиванием через матрицу и далее по наклонным каналам в нижней плите и лоткам в тару для отхода).

- Завершающая, 6-ая операция: спаренная заготовка разрезается на 2 части – вырезается перемычка между двумя спаренными деталями шириной 7 мм. После разрезки готовые детали по наклонным лоткам удаляются в тару.

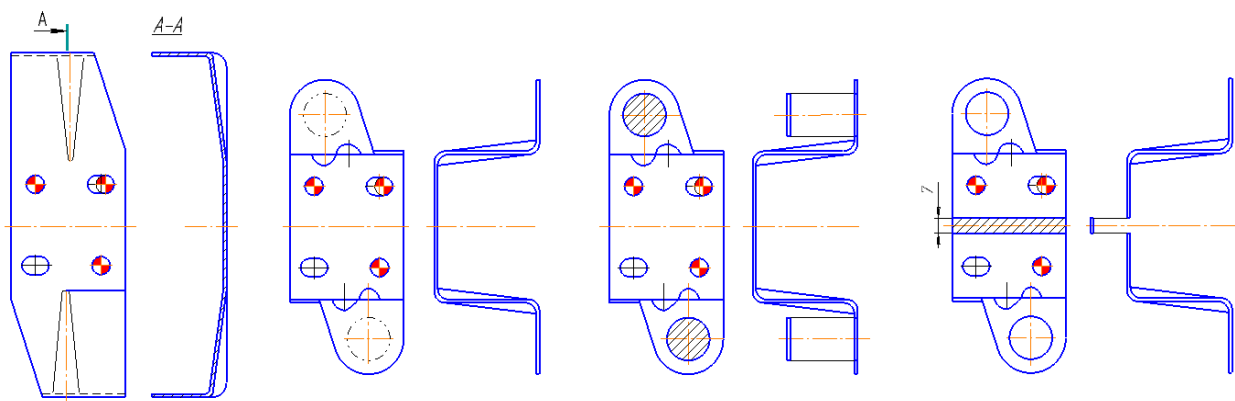


Рисунок 2.1 «техпроцесс»

## 2.2. Определение формы и размеров исходной заготовки

Форма и размеры заготовки, вырубаемой на первой операции определяются формой и размерами готовой детали и операциями обработки заготовки до получения детали. Т.к. готовая деталь получается формоизменением заготовки на операциях гибки, а формовка рёбер жёсткости из-за их малой величины не повлечёт за собой интенсивного перетекания металла из плоской области заготовки в область формовки, то, исходя из равенства длины нейтрального слоя детали и длины заготовки, последнюю рассчитаем как развёртку готовой детали по двум линиям изгиба (с учётом разрезаемой на последней операции перемычки между двумя деталями, штампуемыми за один ход ползуна прессы).

Расчёт начнём с последней операции – разрезки. Для получения детали с точной и качественной линией среза необходимо разрезать детали по перемычке, ширина которой равна наименьшей допустимой ширине пуансона, производящего разрезку. Для сохранения прочности и жёсткости пуансона (с учетом цикличности действующих нагрузок) принимаем ширину перемычки равной 7 мм. Тогда и размер заготовки при расчёте будет равен двум размерам развёртки детали с увеличением на 7 мм за счёт перемычки.

Развёртку детали по линиям изгиба определим, по формуле:

$$L_{\text{развертки}} = L_1 + L_2 + L_3 + 2 L_n \quad (2.1)$$

где  $L_1, L_2, L_3$  – длины прямых участков детали;

$L_n$  – длина нейтрального слоя угловых скруглений.

Длину нейтрального слоя угловых скруглений определим по формуле

$$L_n = \pi / 2 \cdot (r + x \cdot S), \quad (2.2)$$

где  $r$  – внутренний радиус скругления в углах;

$x$  – коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя;

$S$  – толщина материала изделия.

Коэффициент  $x$  определяется соотношением:

$$r / S = 5,0 / 1,5 = 3,33.$$

Тогда  $x = 0,41$ , и длина нейтрального слоя равна:

$$L_n = \pi / 2 \cdot (5 + 0,41 \cdot 1,5) = 8,9 \text{ мм.}$$

Определяем всю длину развёртки:

$$L_{\text{развертки}} = 24,5 + 35 + 29 + 2 \cdot 8,9 = 106,3 \text{ мм.}$$

Тогда вся длина вырубаемой заготовки равна:

$$L = 2 \cdot L_{\text{развертки}} + \ell_{\text{ПЕРЕМЫЧКИ}} = 2 \cdot 106,3 + 7 = 219,6 \text{ мм.}$$

Исходя из найденных значений, определяем остальные размеры и строим контур исходной заготовки.

### 2.3. Проектирование рационального раскроя и определение КИМ

Из-за необходимой точности внешнего контура детали выбираем раскрой ленты с отходом (т.е. с наличием перемычек между заготовками, обеспечивающих ровность среза и исключающих местные изгибы материала в теле заготовки). Для более эффективного использования исходного материала выбираем не однорядное расположение заготовки в ленте вдоль ленты короткой стороной, как было в существующем варианте технологического процесса, а двурядное расположение и наклонный тип раскроя: под углом  $44^\circ$  к оси ленты (рис. 2.2). Это должно обеспечить меньший отход при вырубке.

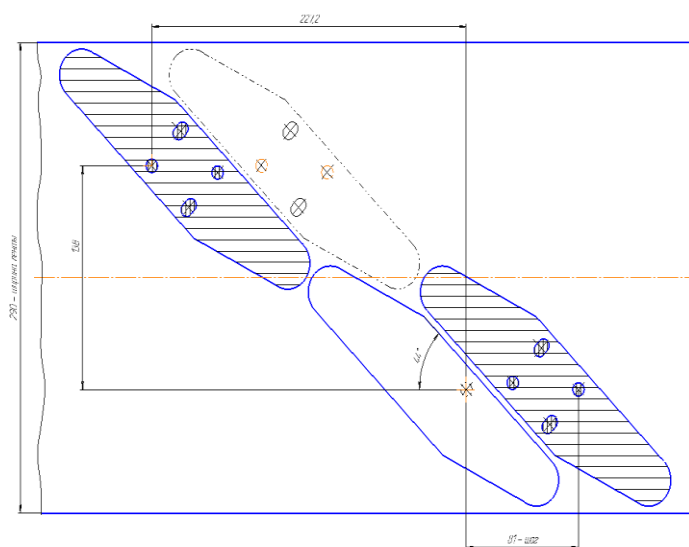


Рисунок 2.2 «КИМ»

Найдём ширину ленты  $B$  и шаг подачи  $t$ . Исходя из чертежа контура заготовки в ленте (т.е. контура, повернутого на  $44^\circ$ ) максимальный вертикальный размер 1 контура равен 156,3 мм. Верхний ряд будет частично (примерно на 15 мм) перекрывать по высоте нижний ряд, таким образом, чтобы между верхними и нижними контурами вырубki сохранялась фиксированная по ширине перемычка  $a_1$ . Величину перемычки  $a_1$  и величину перемычки между контуром вырубki и краем ленты –  $b_1$  выбираем по табл.139 [1, стр. 293].

$$B = 2 \cdot (156,3 - 15) + 2 \cdot b_1 = 2 \cdot (156,3 - 15) + 2 \cdot 2,2 = 287 \text{ мм};$$

$$t = (b + a_1) / \sin 44^\circ = (52 + 3,2) / \sin 44^\circ = 81 \text{ мм},$$

где  $a_1$  – величина перемычки между контурами соседних заготовок,  
 $a_1 = 2,2$  мм;

$b_1$  – перемычка между контуром вырубki и краями ленты,  $b_1 = 3,2$  мм

$b$  – ширина вырубаемого контура,  $b = 52$  мм.

На основе полученного значения  $B$  по ГОСТ 503-71 выбираем ленту, имеющую ближайшее большее значение ширины: 290 мм.

Коэффициент использования материала (КИМ) – показатель эффективности использования исходного материала – для данного типа раскроя найдём по формуле:

$$\text{КИМ} = F_{\text{дет.}} / S_{\text{заг.}}, \quad (2.3)$$

где  $F_{\text{дет.}}$  – площадь вырубаемой заготовки;

$S_{\text{заг.}}$  – площадь исходной заготовки (в нашем случае – участок ленты, необходимый для вырубki заготовки).

Найдем площадь вырубаемой заготовки, обозначив элементарные площади : F1... F7:

$$F_{\text{дет.}} = F1 + F2 + F3 + F4 - F5 - F6 - F7. \quad (2.4)$$

$$F1 = 31 \cdot 52 = 1612 \text{ мм}^2;$$

$$F2 = 59,3 \cdot (32,8 + 52) / 2 = 2514,32 \text{ мм}^2;$$

$$F3 = (16,8 \cdot 16 \cdot \sin 17^\circ 55') / 2 = 41,37 \text{ мм}^2;$$

$$F4 = (\pi \cdot 162 \cdot 162^\circ 05') / 360^\circ = 362,08 \text{ мм}^2;$$

$$F5 = \pi \cdot 42 + 8 \cdot 4 = 82,27 \text{ мм}^2;$$

$$F6 = \pi \cdot 42 = 50,27 \text{ мм}^2;$$

$$F7 = \pi \cdot 9,75^2 = 298,65 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{дет.}} = 1612 + 2514,32 + 41,37 + 362,08 - 82,27 - 50,27 - 298,65 = 4098,6 \text{ мм}^2.$$

Это значение площади вырубаемой заготовки одинаково и для прежнего, и для предлагаемого вариантов технологии.

Вслед за этим рассчитаем коэффициент использования материала (КИМ) для имеющихся вариантов техпроцесса. Мы применим схему раскроя в существующем варианте технологического процесса и подобную схему для выдвинутого варианта.

На операции вырубки в существующем варианте фактически за один ход пресса вырубается 1 спаренная заготовка (2 потенциальных детали), а в проектном варианте – 2 спаренные заготовки (4 потенциальных детали). Значит, площадь исходной заготовки для штамповки 1 детали в существующем и проектном вариантах найдём по формулам:

$$S_{\text{заг. СУЩЕСТВУЮЩИЙ}} = (B \cdot t) / 2 = (200 \cdot 61) / 2 = 6100,0 \text{ мм}^2.$$

$$S_{\text{зар. ПРОЕКТ}} = (B \cdot t) / 4 = (290 \cdot 81) / 4 = 5872,5 \text{ мм}^2.$$

Определяем КИМ:

$$\text{КИМ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ} = (4098,6 / 6100,0) \cdot 100\% = 0,672 = 67,2\%.$$

$$\text{КИМ ПРОЕКТ} = (4098,6 / 5872,5) \cdot 100\% = 0,699 = 70,0\%.$$

Вывод: применение новой схемы раскроя взамен существующей позволило незначительно, но все-таки повысить эффективность использования материала.

## 2.4. Определение энергосиловых параметров штамповки

### 2.4.1. Определение усилия и работы прессы при вырубке заготовок

Усилие на первой операции при параллельных режущих кромках штампа определим как сумму усилия вырубке нижнего контура заготовки и усилия пробивки четырех отверстий по формуле:

$$P = K \cdot \sigma_{\text{ср}} \cdot L \cdot S, \quad (2.6)$$

где  $P$  – технологическое усилие среза;

$K$  – коэффициент, учитывающий: возможное притупление рабочих кромок, отклонение по толщине штампуемого материала, неравномерность и неоптимальность зазора,  $K = 1,3$ ;

$L$  – периметр контуров среза (внешнего и внутренних);

$S$  – толщина материала детали;

$\sigma_{\text{ср}}$  – сопротивление материала детали срезу,  $\sigma_{\text{ср}} = 25 \text{ кгс/мм}^2$ .

Найдем периметр вырубаемого контура, обозначив точки концов прямолинейных отрезков и участков дуг контура арабскими цифрами.

$$L = 2 (L_{12} + L_{23} + L_{34} + L_{45} + L_{56} + L_7 + L_8);$$

$$L_{12} = 93,8 \text{ мм};$$

$$L_{23} = (2\pi \cdot 16 \cdot 162^{\circ}05') / (360^{\circ}) = 45,26 \text{ мм};$$

$$L_{34} = 16 \cdot \operatorname{tg}17^{\circ}55' = 5,18 \text{ мм};$$

$$L_{45} = \sqrt{(20,782 + 64,222)} = 67,5 \text{ мм};$$

$$L_{56} = 34,5 \text{ мм};$$

$$L_7 = 2\pi \cdot 4 = 25,13 \text{ мм};$$

$$L_8 = 2\pi \cdot 4 + 2 \cdot 4 = 33,13 \text{ мм}.$$

$$L = 2 (93,8 + 45,26 + 5,18 + 67,5 + 34,5 + 25,13 + 33,13) = 609 \text{ мм}.$$

Тогда усилие на первой операции технологического процесса равно:

$$P = 1,3 \cdot 609 \cdot 1,5 \cdot 25 = 29689 \text{ кгс} = 296,9 \text{ кН}.$$

Кроме усилия, необходимого для деформирования заготовки, учтём следующие дополнительные усилия:

- усилие снятия полосы с матрицы,
- усилие проталкивания через матрицу отходов от пробитых отверстий,
- усилие, требуемое на сжатие полиуретановых пружин.

$$\text{Усилие снятия полосы с матрицы: } P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}}P; \quad (2.10)$$

где  $k_{\text{сн}}$  зависит от типа штампа и толщины материала детали.



Для многопуансонного штампа и толщины материала 1,5 мм определяем значение коэффициента снятия:  $k_{сн} = 0,14$ . Тогда усилие снятия равно:

$$P_{сн} = 0,14 \cdot 29689 = 4157 \text{ кгс} = 41,6 \text{ кН.}$$

Усилие проталкивания отходов от пробитых отверстий через матрицу:

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P \cdot n \quad (2.11)$$

где  $k_{пр}$  - коэффициент проталкивания;

$n$  - количество деталей, находящихся в шейке матрицы,  $n = 6$ .

По рекомендациям для вырубки на провал принимаем  $k_{пр} = 0,05$ , тогда усилие проталкивания равно:

$$P_{пр} = 0,05 \cdot 29689 \cdot 6 = 8907 \text{ кгс} = 89,1 \text{ кН.}$$

Значение усилия сжатия пружин прямо пропорционально их количеству и определяется по формуле:

$$P_{пр} = n \cdot F \cdot \sigma_p; \quad (2.12)$$

где  $n$  - количество пружин,  $n = 8$ ;

$F$  - площадь контактной поверхности пружины;

$\sigma_p$  - напряжение сжатия материала пружины.

Площадь контактной поверхности определим, исходя из геометрических параметров пружины, диаметр которой равен 50 мм:

$$F = \pi \cdot R_2 = \pi \cdot 25^2 = 1963 \text{ мм}^2.$$

Напряжение сжатия материала пружины зависит от относительной деформации пружины. Для нашего случая при ходе съёмника, а, следовательно, и изменения высоты пружины, 4,5 мм относительная деформация равна:

$$\varepsilon = \Delta h / h_0 = 4,5 / 50 = 0,09;$$

По графику определяем:  $\sigma_p = 0,038$  кгс/мм<sup>2</sup>. Тогда усилие сжатия пружин равно:

$$P_{сж} = 8 \cdot 1963 \cdot 0,038 = 597 \text{ кгс} = 6 \text{ кН.}$$

С учётом дополнительных технологических усилий определяем суммарное усилие, необходимое для вырубки заготовки на первой операции:

$$P_1 = P + P_{сн} + P_{пр} + P_{сж} = 29689 + 4157 + 8907 + 597 = 43350 \text{ кгс} = 434 \text{ кН.}$$

Работу деформирования, совершаемую оборудованием, найдём по формуле:

$$A_1 = \lambda(P_1 \cdot S / 1000), \quad (2.13)$$

где  $\lambda$  - коэффициент полноты диаграммы, зависящий от марки и толщины материала.

По табл. 7 [1, стр. 22] для мягкой стали (для марки стали 08пс:  $\sigma_{ср} = 25$  кгс/мм<sup>2</sup>) и толщины материала равной 1,5 мм определяем  $\lambda = 0,63$ . Тогда работа на первой операции равна:

$$A_1 = 0,63 \cdot (43350 \cdot 1,5 / 1000) = 41 \text{ кгс}\cdot\text{м.} = 0,41 \text{ кДж}$$

#### 2.4.2. Определение усилия и работы пресса при первой гибке-формовке

Усилие деформации на второй операции определим как сумму усилия гибки двух углов детали и усилия формовки двух рёбер жёсткости.

1) Усилие гибки найдём по формуле:

$$P_r = 2 (B \cdot S \cdot \sigma_b \cdot k + P_{пр}) \quad (2.14)$$

где  $B$  - длина черты изгиба,  $B = 38,1$  мм;

$\sigma_b$  - предел прочности материала,  $\sigma_b = 30$  кгс/мм<sup>2</sup> [1, табл. 220];

$k$  - коэффициент, определяемый по табл. 25 [1, стр. 73],  $k = 0,23$ ;  $P_{пр}$  - усилие прижима, равное 25% от усилия изгиба.

Тогда полное усилие гибки на второй операции равно:

$$P_r = 2,5 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_b \cdot k = 2,5 \cdot 38,4 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 0,23 = 994 \text{ кгс} = 9,94 \text{ кН.}$$

2) Усилие формовки двух рёбер жёсткости по формуле [1, стр. 216]:

$$P_{\phi} = 2 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_b \cdot k; \quad (2.15)$$

где  $L$  - длина ребра жёсткости;

$k$  - коэффициент, зависящий от ширины и глубины рифта,  $k = 1,0$ .  
Длину ребра жёсткости найдём из того, что размер ребра в плане равен 6,5 мм, а вертикальный размер - 41,5 мм, Тогда длина ребра жёсткости равна:

$$L = \sqrt{(6,52 + 41,52)} = 42 \text{ мм.}$$

Найдём усилие формовки:

$$P_{\phi} = 2 \cdot 42 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 1,0 = 3771 \text{ кгс.}$$

Отсюда общее усилие второй операции равно:

$$P_2 = P_r + P_{\phi} = 994 + 3771 = 4765 \text{ кгс} = 48 \text{ кН.}$$

Т.к. в общем случае работа деформирования равна произведению усилия деформирования на рабочий ход (т.е. расстояние, которое проходит ползун, во время деформирования заготовки), то работа, совершаемая оборудованием на второй операции, равна:

$$A_2 = P_2 \cdot S_{раб} / 1000 = 4765 \cdot 10,5 / 1000 = 50 \text{ кгс м} = 0,5 \text{ кДж.}$$

### 2.4.3. Усилие и работа прессы при второй гибке-формовке

Определение технологического усилия и работы деформирования на третьей операции аналогично их определению на второй операции, т. к. обе операции являются операциями гибки, совмещённой с формовкой рёбер жёсткости. Разница заключается только в длине линии изгиба, которая для третьей операции равна 52 мм.

Тогда усилие гибки изменится и будет равно:

$$P_r = 2,5 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_b \cdot k = 2,5 \cdot 52 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 0,23 = 1346 \text{ кгс} = 13,5 \text{ кН.}$$

Усилие формовки останется прежним, т.к. рёбра, формируемые на обеих операциях, идентичны.

Окончательно, общее усилие третьей операции равно:

$$P_3 = P_r + P_{\phi} = 1346 + 3771 = 5117 \text{ кгс} = 5,1 \text{ тс.}$$

Работа деформирования на третьей операции равна:

$$A_3 = (P_3 \cdot S_{\text{раб}}) / 1000 = 5117 \cdot 10,5 / 1000 = 54 \text{ кгс м} = 0,54 \text{ кДж.}$$

### 2.4.4. Усилие и работа прессы при правке

Правка как операция предназначена для калибровки размеров и формы детали и выравнивания плоских участков, для доводки радиусов скругления до необходимых по чертежу изделия и для исключения эффекта пружинения отогнутых после операции гибки

полок, поэтому технологическое усилие правки не сконцентрировано в какой-то локальной области заготовки а распространено по всей поверхности находящейся под пуансоном.

Найдём это усилие по формуле:

$$P = p \cdot F; \quad (2.16)$$

где  $p$  – давление, необходимое для правки данного материала данной толщины;

$F$  – площадь заготовки под пуансоном.

Давление правки найдём в зависимости от способа правки из табл. 114 [1, стр.231]. Для пространственной правки, применяемой для уменьшения радиусов и для правки формы полых деталей, принимаем  $p = 15 \text{ кгс/мм}^2$ .

Площадь заготовки под пуансоном найдём по рис. 2.12, обозначив элементарные площади арабскими цифрами:

Получим:

$$F = 2 (F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - F_5 - F_6); \quad (2.17)$$

$$F_1 = 52 \cdot 33 = 1716 \text{ мм}^2;$$

$$F_2 = (39,1 + 32,8) / 2 \cdot 18 = 647,1 \text{ мм}^2;$$

$$F_3 = 1 / 2 \cdot 16,8 \cdot 16 \cdot \sin 17^\circ 55' = 41,37 \text{ мм}^2;$$

$$F_4 = (\pi \cdot 162 \cdot 162^\circ 05') / 360^\circ = 362,08 \text{ мм}^2;$$

$$F_5 = \pi \cdot 42 + 8 \cdot 4 = 82,27 \text{ мм}^2;$$

$$F_6 = \pi \cdot 42 = 50,27 \text{ мм}^2;$$

Тогда площадь заготовки под пуансоном равна:

$$F = 2 (1716 + 647,1 + 41,37 + 662,08 - 82,27 - 50,27) = 5268 \text{ мм}^2.$$

Отсюда получим усилие правки:

$$P_4 = 15 \cdot 5268 = 79020 \text{ кгс} = 790 \text{ кН}.$$

Работа на операции, так же как и в случае с гибкой и формовкой, определяется как произведение технологического усилия операции на величину рабочего хода, которую принимаем равной средней величине высоты неровностей поверхностей детали и отклонений радиусов скруглений от заданных:

$$A_4 = P_4 \cdot S_{\text{раб}} / 1000 = 79020 \cdot 0,5 / 1000 = 40 \text{ кгс м} = 0,4 \text{ кДж}.$$

#### 2.4.5. Определение усилия и работы прессы при пробивке

Определение усилия вырубки отверстий диаметром 19,5 мм аналогично определению усилия вырубки первоначальной заготовки, рассматриваемому в пункте 4.1. Поэтому все данные кроме длины контура резки остаются без изменения. По формуле усилие пробивки равно:

$$P = 2 \cdot k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}};$$

где  $L$  – периметр вырубяемого круглого отверстия, равный:

$$L = \pi \cdot D = \pi \cdot 19,5 = 61 \text{ мм};$$

Тогда усилие пробивки отверстий на пятой операции равно:

$$P = 2 \cdot 1,3 \cdot 61 \cdot 1,5 \cdot 25 = 5948 \text{ кгс} = 59,5 \text{ кН}.$$

К усилию пробивки также добавляются усилия снятия детали с пуансонов и усилие проталкивания отхода от пробивки через матрицу.

Усилие снятия заготовки с пуансонов:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \cdot P = 0,14 \cdot 5948 = 833 \text{ кгс} = 8,3 \text{ кН.}$$

Усилие проталкивания отходов через матрицу:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \cdot P \cdot n = 0,05 \cdot 5948 \cdot 6 = 1784 \text{ кгс.}$$

Тогда общее усилие операции найдем как сумму вышперечисленных усилий:

$$P_5 = P \cdot P_{\text{сн}} \cdot P_{\text{пр}} = 5948 + 833 + 1784 = 8565 \text{ кгс} = 86 \text{ кН.}$$

Работа оборудования на пробивку двух отверстий равна:

$$\begin{aligned} A_5 &= \pi (P_5 \cdot S / 1000) = 0,63 \cdot (8565 \cdot 1,5) / 1000 = \\ &= 8 \text{ кгсм} = 0,08 \text{кДж.} \end{aligned}$$

#### 2.4.6. Усилие и работа пресси при разрезке деталей

Усилие на последней операции – разрезке – снова считаем аналогично пунктам 2.4.1. и 2.4.5. с различием только в длине линии резки. Усилие разрезки на шестой операции с учетом того, что разрезка проводится по двум линиям, равно:

$$P = 2 \cdot k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}};$$

где  $L$  – длина одной линии разрезки,  $L = 52 \text{ мм.}$

$$P = 2 \cdot 1,3 \cdot 52 \cdot 1,5 \cdot 25 = 5070 \text{ кгс} = 50,1 \text{ кН.}$$

К усилию пробивки также добавляется усилие проталкиваний отхода от разрезки через матрицу:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \cdot P \cdot n = 0,05 \cdot 5070 \cdot 6 = 1521 \text{ кгс} = 15,2 \text{ кН.}$$

Тогда общее усилие операции найдем как сумму вышперечисленных усилий:

$$P_6 = P + P_{\text{пр}} = 5070 + 1521 = 6591 \text{ кгс} = 66 \text{ кН.}$$

Работа оборудования на разрезку равна:

$$\begin{aligned} A_6 &= \lambda (P_6 \cdot S / 1000) = 0,63 \cdot (6591 \cdot 1,5) / 1000 = \\ &= 6 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 0,06 \text{ кДж.} \end{aligned}$$

#### 2.4.7. Расчет суммарных усилий и работы прессы последовательной штамповке деталей

Т.к. было решено все операции, кроме первой, выполнять на многопозиционном пресесе-автомате, то для выбора оборудования подсчитаем суммарное усилие и суммарную работу всех пяти последних операций, выполняемых вместе (одновременно):

$$P_{\Sigma} = P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned} P_{\Sigma} &= 4765 + 5117 + 79020 + 8565 + 6591 = \\ &= 104058 \text{ кгс} = 1041 \text{ кН.} \end{aligned}$$

$$A_{\Sigma} = A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 \quad (2.18)$$

$$A_{\Sigma} = 50 + 54 + 40 + 8 + 6 = 158 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 1,58 \text{ кДж.}$$



### 3. ПРИМЕНЕНИЕ CAE ТЕХНОЛОГИЙ

#### 3.1. CAE-анализ детали «кронштейн крепления воздушного фильтра»

CAE-анализ напряженного состояния операции гибки для заготовки детали.

Для проведения CAE-анализа для заготовки были использованы следующие программы: Siemens NX 9.0; LS-PrePost 2.4; LS-DYNA Manager.

##### 1. Построение матмодели.

Для проведения CAE-анализа необходимы электронные модели заготовки и инструментов, над которыми и будут проводится все операции. Для построения моделей подходит программа Siemens NX 9.0, которая так же позволяет рассчитать размер заготовки для проведения операции (гибка)



Рис. 3.1. «Построение электронной модели в Siemens NX 9.0»

Следом необходимо экспортировать файлы, содержащие электронные модели в формат IGES-файлов. Для этого через меню программы Siemens NX9.0 открываем функцию «Экспортировать» и выбираем формат IGES.



Рис. 3.2. «Экспорт файлов в формат IGES»

## 2. Построение сетки конечных элементов

Загрузив модель в LS-PrePost 2.4 нужно задать сетку конечных элементов для того, чтобы проведение расчёта было возможно. В меню *metal forming* выбираем функцию *surface mesh* и задаем сетку конечных элементов для каждого объекта. Минимальный размер элемента не должен превышать 0.25 от радиуса скруглений.

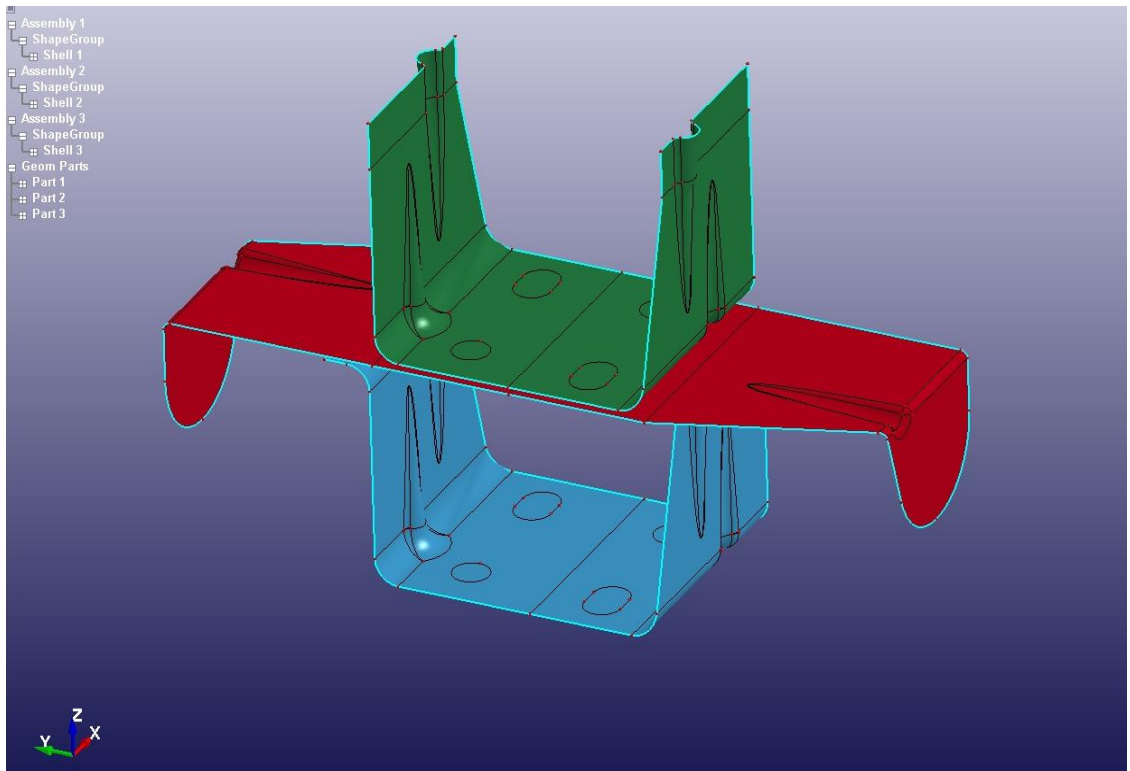


Рис. 3.3. «Загруженная модель в программе LS-PrePost 2.4»

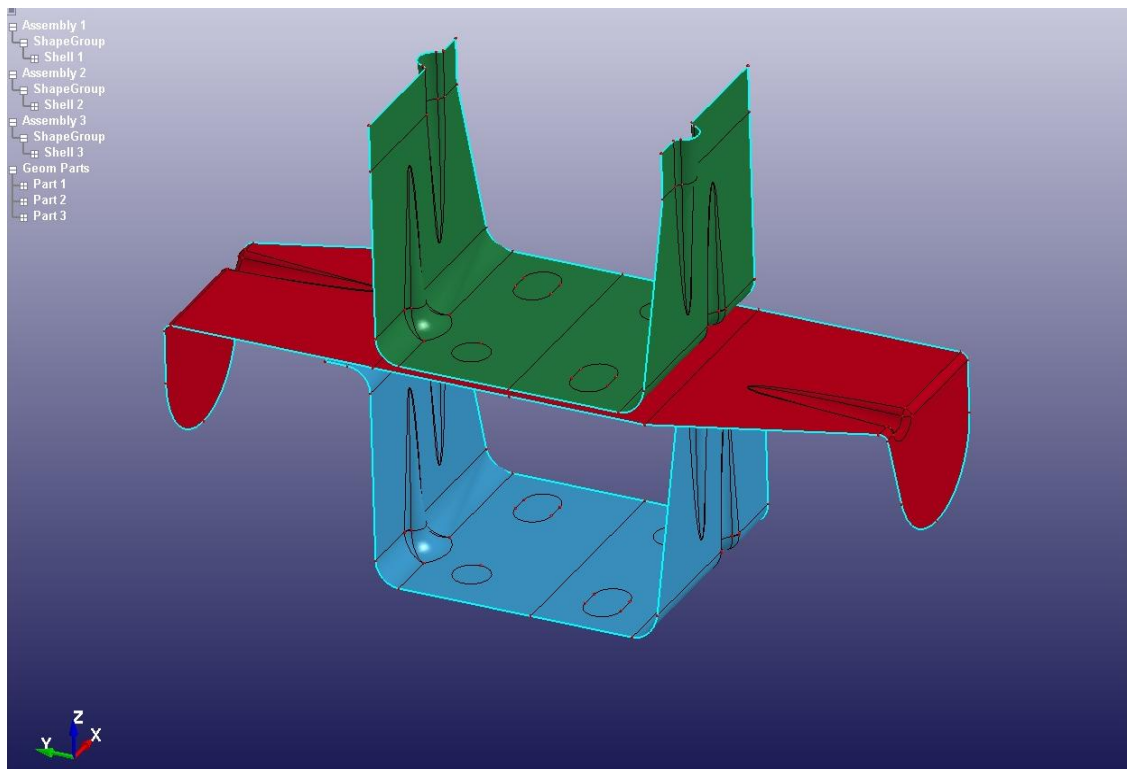


Рис. 3.4. «Задание сетки конечных элементов»

### 3. Задание заготовки, инструмента, и их параметров

После создания сетки конечных элементов, в том же приложении metal forming можно задать, какой объект будет являться заготовкой, а какие – инструментами. В меню Blank (заготовка) задаём толщину материала и выбираем необходимый материал из базы данных. Далее переходим в меню Tools (инструменты), где выбираем, какие объекты будут являться матрицей, пуансоном и прижимом.

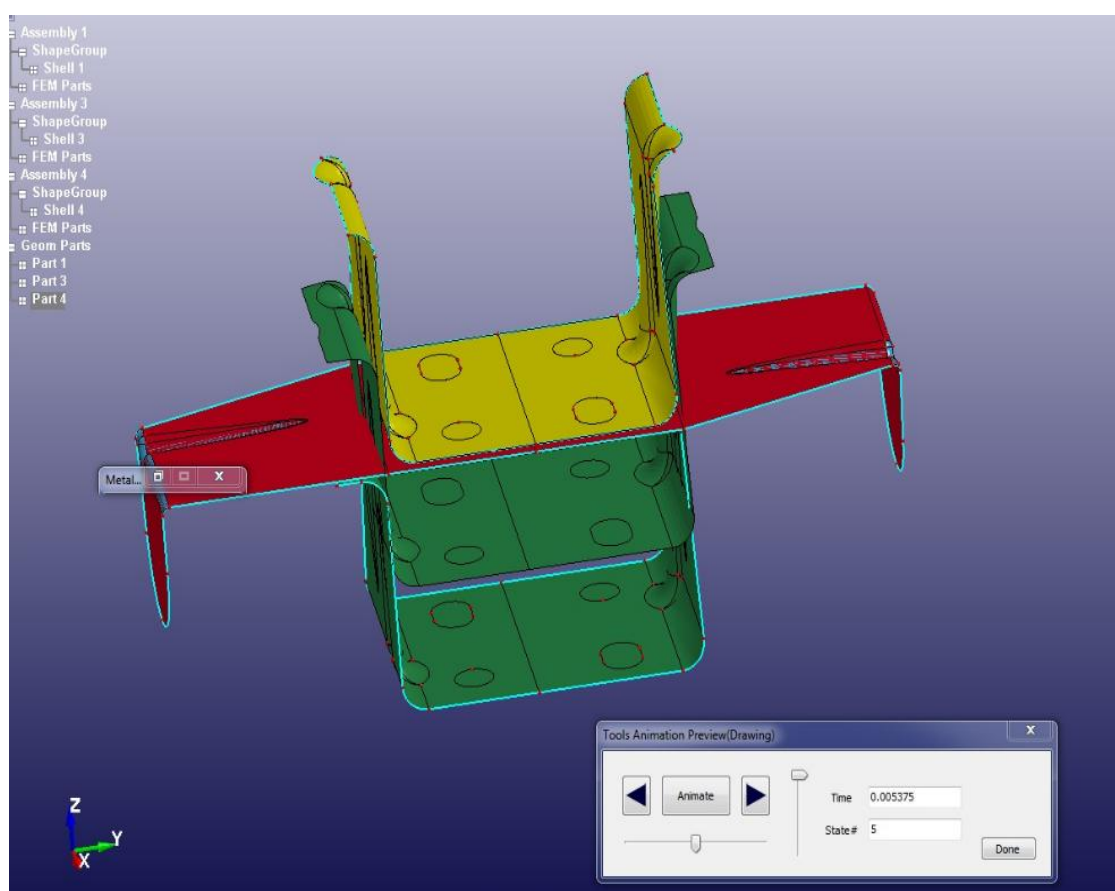


Рис. 3.5. «Задание параметров инструмента»

После того, как будет построена сетка конечных элементов, будут выбраны инструменты и заданы их параметры, можно сохранять файл для запуска расчёта в программе LS-DYNA Manager.

#### 4.Проведение расчета.

Самая главная часть CAE – анализа – расчет проводится в программе LS-DYNA Manager. После запуска программы выбирается файл, созданный в LS-PrePost 2.4, задаются данные, необходимые для расчёта (количество ядер компьютера и объём оперативной памяти) и с помощью кнопки Run запускается расчет. Время расчета зависит от сложности объектов, количества элементов в сетке и производительности компьютера, однако расчёт в LS-DYNA Manager во много раз быстрее и точнее «бумажных» расчетов.

#### 5.Просмотр результатов - CAE-анализ

После проведения расчета в LS-DYNA Manager можно рассмотреть, как же именно будет проходить процесс гибки. Для этого открывается файл типа LS-DYNA Binary plot.

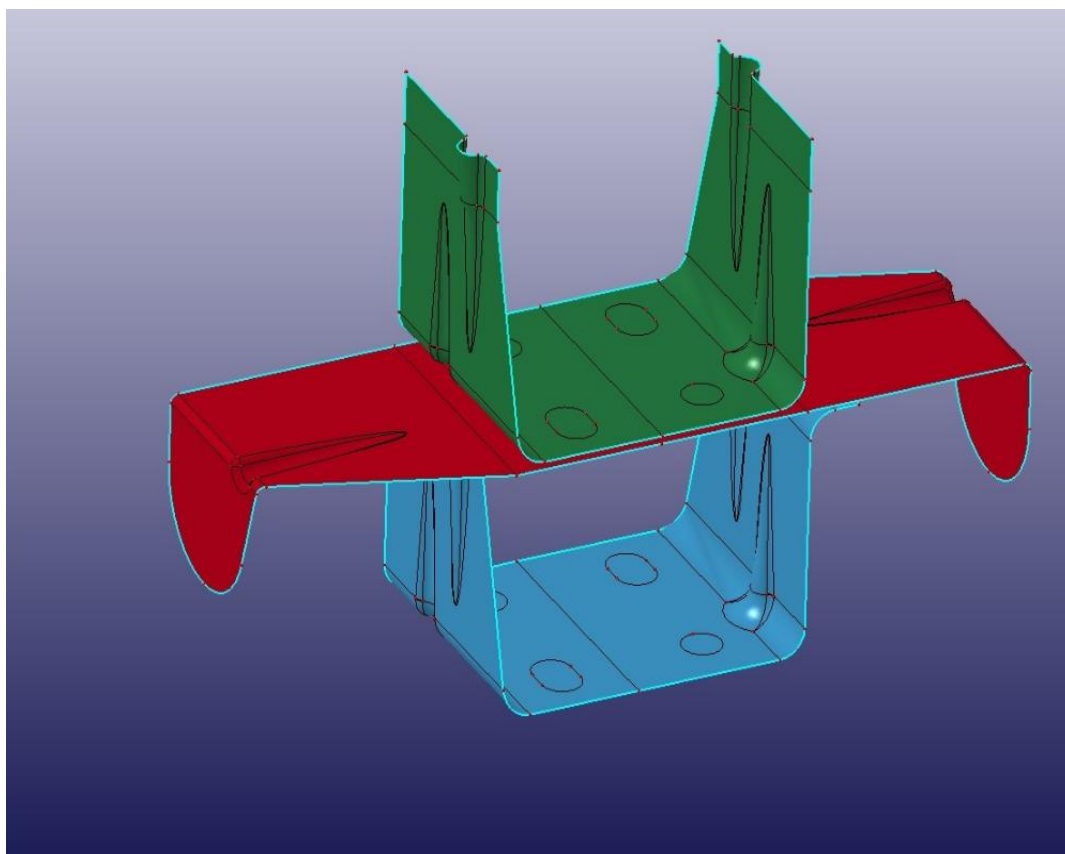


Рис. 3.6 «Открытие результата расчета»

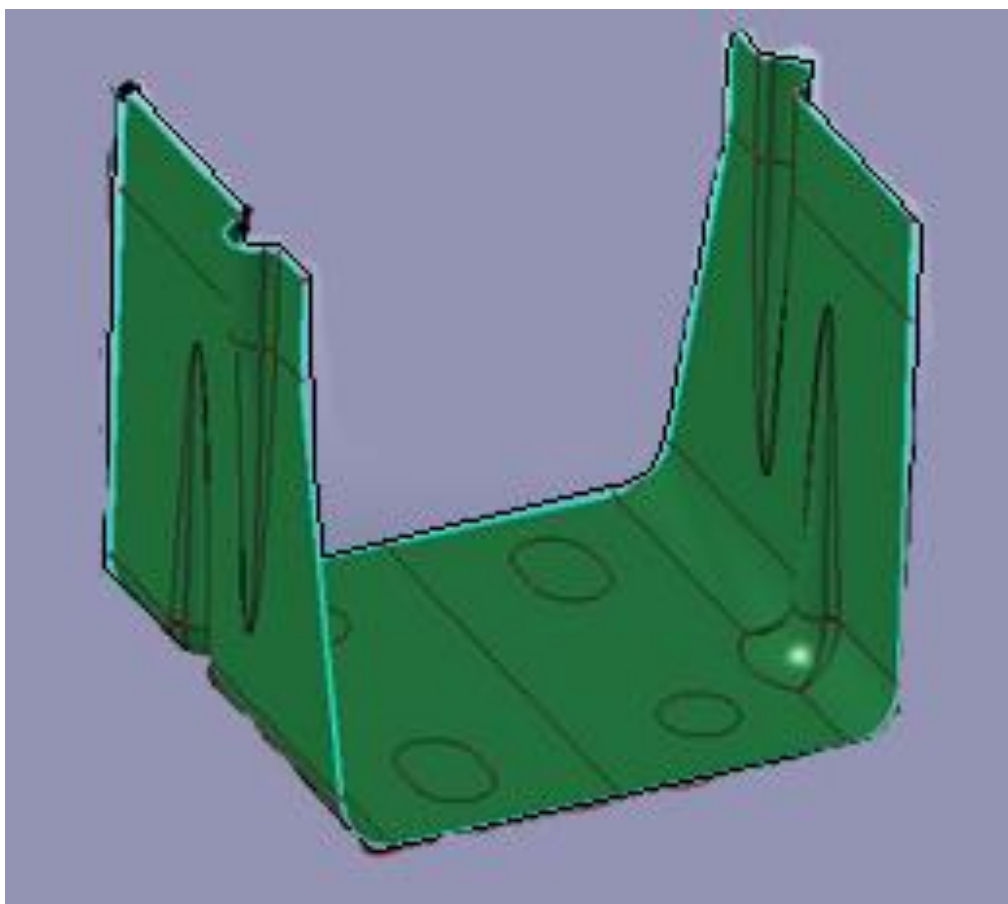


Рис. 3.7. «Результат гибки»

Результат не всегда может совпадать с рассчитываемым – одно из преимуществ программного обеспечения в том, что оно позволяет уточнить необходимые энерго – силовые параметры без проведения экспериментов – то есть без дополнительных затрат.

Однако, самая главная функция LS-PrePost 2.4 и LS-DYNA Manager – отображение напряжений и других воздействий на заготовку.

## 4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

### 4.1. Критерии выбора оборудования

Выбирая пресса опираемся на представленные доводы:

- расчетное усилие пресса обязано быть больше усилия, необходимого для реализации операций штамповки;
- мощность пресса должно хватать для осуществления работы, необходимой для штамповочных операций;
- прессу следует иметь значительную жесткость;
- закрытая высота пресса обязана быть больше закрытой высоты штампов;
- габаритные размеры стола и ползуна обязаны предоставлять реальность постановки и закрепления штампов и подачи заготовок, а проходы в столе пресса – самостоятельный провал штампуемых деталей (или отходов);
- пресс должен обеспечивать возможность подключения к нему средств автоматизации, а также возможность наладки его для совместной работы в автоматическом режиме.
- Целесообразно делать выбор оборудования из уже имеющегося на производстве парка прессов.

Этих требований достаточно для выбора прессового оборудования для заготовительного этапа техпроцесса – вырубки заготовок.

В соответствии с этими требованиями принимаем решение для выполнения 1-го этапа (вырубки-пробивки) использовать пресс «Раскин-175» усилием 1,75 МН (175 тонн). Пресс подходит по расчетному усилию – усилие на операции меньше усилия прессы. Значительная разница по усилию объясняется тем, что именно этот пресс рассчитан на автоматизацию процесса вырубки деталей из ленты. Пресс может работать совместно с разматывающим и подающим устройствами. Из имеющегося парка оборудования этим же требованиям отвечает и менее мощный пресс – «Раскин-125», но размеры (ширина) используемой ленты для этого прессы ограничены 250 мм, что не подходит для нашего техпроцесса (ширина выбранной нами ленты составляет 290 мм).

Технические характеристики прессы «Раскин-175»:

Номинальное усилие прессы, МН 1,75

Размер рулонной заготовки (ленты), мм:

- максимальная ширина 320

- толщина заготовки 0,5 ... 3,0

Ход ползуна, мм 100

Число ходов ползуна в минуту 80

Закрытая высота прессы, мм 300

Регулировка длины шатуна, мм 150

Размеры стола прессы, мм 800×1100

Длина хода выталкивателя (в ползуне), мм 70



Для выбора прессового оборудования для остальных штамповочных операций рассматриваемого процесса также необходимо учитывать все перечисленные выше требования. Кроме того, ранее было решено использовать многопозиционный пресс, способный работать совместно с питателем штучных заготовок и грейферным передающим устройством (в комплексе пресс и средства автоматизации образуют автоматическую линию АЛП-3). Решаем из существующего на производстве парка оборудования использовать пресс К3132А (А – автоматический) усилием 1,60 МН (160 т.с.).

Технические характеристики прессы К3132А:

Номинальное усилие прессы, МН 1,60

Мощность электродвигателя, кВт 21

Мощность двигателя механизма регулировки, кВт 3

Ход ползуна, мм 250

Число ходов ползуна в минуту 8...16

Закрытая высота прессы

(в верхнем положении регулировки), мм 410

Закрытая высота штампа 300

Регулировка закрытой высоты, мм 160

Размеры стола прессы, мм 2290×1020

Размеры подштамповой плиты, мм 1800×1020

Расстояние от оси ползуна до станины, мм 535

Расстояние между стойками станины, мм 1810

Усилие маркетной подушки, МН: 0,20

Габариты пресса:

Слева-направо, мм 3450

Спереди-назад, мм 2975

Высота над уровнем пола, мм 3990

Масса пресса, кг 32 350

#### 4.2 Выбор средств автоматизации.

При ручной подаче заготовок и аналогичном удалении изделий и отходов численность ходов пресса применяется всего на 25-30%. При абсолютной автоматизации коэффициент эксплуатации численности ходов пресса составляет 80-95% (потеря времени встречается при замене штампов, при установке пакета заготовок).

Устройства автоматизации подбираются из конкретных требований:

- для рулонов – устройства валкового и крючкового типов;
- для листового материала – механизация подъема и направления листа в штамп;
- для штучных заготовок –бункерные и грейферные устройства.

К средствам автоматизации, выбранным для данного технологического процесса, относятся следующие механизмы:

1) на заготовительном этапе (операция вырубки-пробивки):

- устройство для размотки рулонного материала (рулонница);

- устройство для подачи рулонного материала в зону штамповки;

2) на этапе последовательной штамповки (на многопозиционном прессе):

- устройство загрузки штучных заготовок (питатель заготовок);

- подающе-передающее устройство для штучных заготовок (грейферная подача).

На производстве ВАЗа собранные в единый технологический комплекс пресс К3132А и средства автоматизации образуют автоматическую линию АЛП-3.

Далее приведены характеристики АЛП-3 (в частности, параметры выбранных устройств для автоматизации технологического процесса).

Технические характеристики автоматической линии АЛП-3 (рис. 4.1) (на базе прессы К3132А):

Число позиций	7
Ход продольного перемещения линеек, мм	200
Ход поперечного перемещения линеек (ход зажима линеек односторонний), мм	110
Расстояние м/у линейками в сомкнутом состоянии	350–500
Уровень подачи над болстером прессы, мм	200
Уровень направляющих планок над болстером, мм	210
Размеры заготовок:	
Слева-направо, мм	50 – 150
Спереди-назад, мм	100 – 300



## 5. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

### 5.1 Состав, конструкция и работа штамповой оснастки

Разработаем конструкцию двух штампов: для 1-ой и 2-ой гибки-формовки.

Рассмотрим конструкцию штампа 1-ой гибки-формовки.

Несущими элементами штампа являются верхняя и нижняя плиты. На них находятся основные детали штампа.

Рассмотрим штамп снизу. К плите низа при помощи 4-х винтов крепится пуансон.

Пуансон выполнен цельным. Сквозь него проходят 5 подъемников  $\varnothing 20$  мм, которые торцами упираются в тело заготовки. Вертикальный ход их равен 44 мм, рис. 4.2. Перемещение вверх обеспечивается 5-ю пружинами. Из 5-ти подъемников 3 снабжены магнитами (с торца) для фиксации заготовки на поверхности пуансона.

В штампе для ориентации верхней и нижней плиты используются 2 пары направляющих колонок и втулок. Они расположены по диагонали симметрично относительно оси штампа.

Колонки  $\varnothing 40$  мм (стандартное значение) запрессованы в верхнюю плиту и дополнительно зафиксированы особыми винтами M12×25. Верхнее расположение колонок обусловлено тем, что штамп работает совместно с грейферными захватами (находясь вверху, колонки не препятствуют перемещению захватов внутрь рабочей зоны штампа).

При помощи держателей к нижней плите крепятся 2 направляющие втулки (внешний диаметр  $\varnothing$  56 мм), которые запрессованы в держатели по внешнему диаметру. Как уже было ранее сказано, втулки в паре с колонками направляют верхнюю часть штампа относительно нижней.

Рассмотрим верхнюю часть штампа.

К верхней плите крепится обойма, а к ней матрица. Матрица сделана секционной. Внутри ее помещен подпружиненный прижим (подпружинен 5 пружинами). За счет этого он имеет возможность вертикального перемещения (ход 20 мм). Ход ограничен выступами на секциях матрицы. В теле прижима предусмотрены 4 подпружиненных толкателя  $\varnothing$  6 мм для прижима заготовки (перед деформированием) к подъемникам в нижней части штампа.

В тело прижима запрессованы ловители (2 шт.). Они четко позиционируют заготовку в штампе, попадая в круглые отверстия в ней.

В конструкции штампа предусмотрена возможность его транспортировки. Для этого на верхней и нижней плитах закреплены грузовые штыри (по 4 на каждой плите).

Для крепления штампа в пресс в верхней и нижней плитах выполнены специальные пазы под винты (по 2 на каждой плите).

Штамп 1-ой гибки (рис. 5.1) работает следующим образом.

В начальный момент штамп открыт. Прижим (в верхней части штампа) находится в крайнем нижнем положении, т.к. 5 пружин в верхней плите свободны.

Заготовка фиксируется на пуансоне посредством магнитов, а затем, при опускании ползуна прессы, ориентируется нужным образом при помощи 2-х цилиндрических ловителей.

При дальнейшем опускании ползуна прижим вступает в контакт с пуансоном. Подъемники (в пуансоне) опускаются вниз (пружины сжимаются). Далее происходит контакт матрицы с заготовкой. Начинается процесс гибки-формовки.

По завершении опускания ползуна верхняя и нижняя части штампа смыкаются. Процесс гибки-формовки завершен.

После чего верхняя часть штампа(матрица) поднимается. Если заготовка оказывается в полости матрицы, сжатые пружины перемещают вниз прижим, который выталкивает деталь из полости. В случае, когда заготовка остается на пуансоне, функцию съемника выполняют подъемники. В этот момент они начинают движение вверх (под действием пружин) и снимают заготовку с пуансона. Затем поднятая заготовка остается на толкателях, благодаря вмонтированным в них магнитам.

Заготовка захватывается грейферными линейками и переносится на следующую позицию (в штамп для 2-ой гибки-формовки).

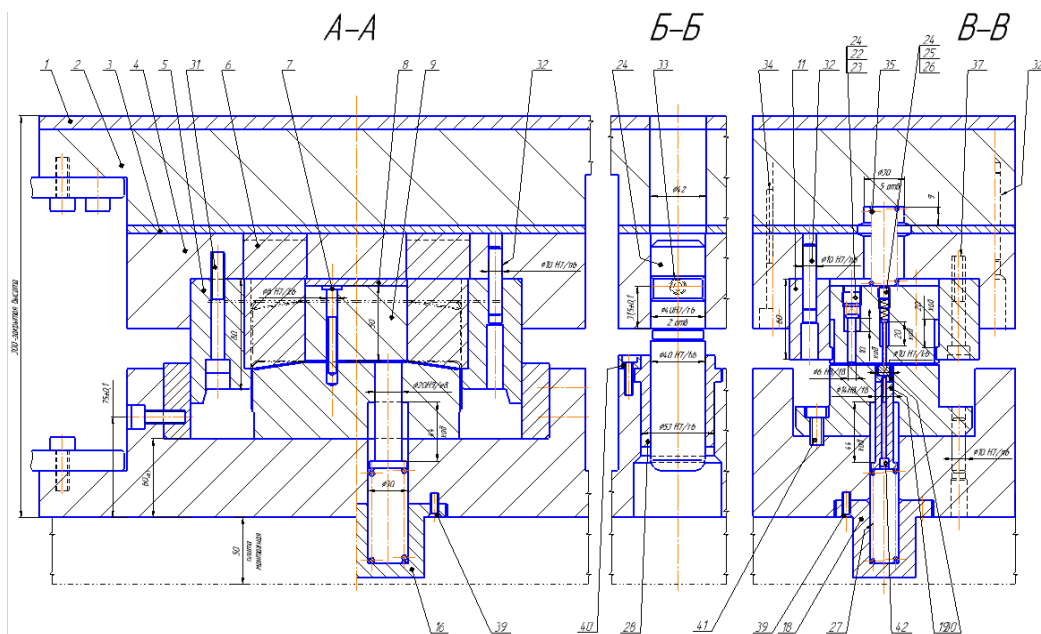


Рисунок 5.1 «штамп гибки»

Далее опишем конструкцию штампа 2-ой гибки-формовки.

Несущими элементами этого штампа также являются верхняя и нижняя плиты. На них находятся основные детали штампа.

Рассмотрим штамп снизу. К плите низа при помощи винтов крепятся 2 секции матрицы. Они расположены в углублении нижней плиты, симметрично (зеркально) относительно центральной оси штампа. К секциям привинчены 2 вставки матрицы (непосредственно выполняют гибку-формовку).

В углублении нижней плиты установлен прижим, выполняющий роль донной части матрицы. При этом он имеет возможность вертикального хода (снизу приводится в движение одним толкателем  $\varnothing 30$  мм). Ход прижима (60 мм) предусмотрен для подъема отштампованной детали на уровень работы рейферных леек. Для надежного удерживания заготовки на поверхности прижима в нем размещены два магнита.

Для ориентации верхней и нижней плиты используются 2 пары направляющих колонок и втулок (как и в штампе 1-ой гибки-формовки). Они расположены по диагонали симметрично относительно оси штампа.

При помощи держателей к нижней плите крепятся 2 направляющие втулки с внутренним диаметром  $\varnothing 40$  мм, которые запрессованы в плиту по внешнему диаметру.

Колонки ( $\varnothing 40$  мм) запрессованы в верхнюю плиту и дополнительно зафиксированы специальными винтами M12×25. Верхнее расположение колонок не препятствуют перемещению рейферных захватов внутрь рабочей зоны штампа.



Рассмотрим верхнюю часть штампа. Пуансон выполнен цельным. Сквозь него проходят 2 толкателя  $\varnothing$  10 мм, которые торцами упираются сверху в заготовку. Их назначение – вначале (перед деформированием) прижать заготовку к нижней части штампа, а затем (после гибки-формовки) снять отштампованную заготовку с пуансона. Вертикальный ход толкателей равен 40 мм. Перемещение вверх-вниз обеспечивается пружинами. Они же создают требуемое усилие снятия заготовки.

.В теле пуансона еще размещены ловители (3 шт.), торцы которых имеют форму конуса. Они четко позиционируют заготовку в штампе, попадая в круглые отверстия в ней.

. Для транспортировки штампа на его верхней и нижней плитах закреплены грузовые штыри (по 4 на каждой плите).

Крепление штампа к прессу обеспечивают специальные пазы под винты в верхней и нижней плитах (по 2 на каждой плите).

Штамп 2-ой гибки работает следующим образом.

В начальный момент штамп открыт. Прижим (в нижней части штампа) находится в крайнем верхнем положении под воздействием снизу маркетного толкателя.

Заготовка фиксируется посредством магнитов, а затем, при опускании ползуна прессы, ориентируется нужным образом при помощи 3-х конусных ловителей (сверху). При дальнейшем опускании ползуна прижим вступает в контакт с пуансоном. Прижим (в нижней плите) опускается вниз (уходит вниз маркетный толкатель). Далее пуансон заходит в матрицу. Начинается процесс гибки-формовки. По завершении опускания ползуна верхняя и нижняя части штампа смыкаются. Процесс гибки-формовки завершен.

После чего верхняя часть штампа(пуансон) поднимается.Заготовку из полости матрицы извлекает прижим, который начинает подъем на величину 60 мм. Если заготовка после раскрытия штампа остается на пуансоне, функцию съемника выполняют 2 толкателя  $\varnothing 10$  мм. В этот момент они начинают движение вниз (под действием пружин) и снимают заготовку с пуансона. Заготовка остается в нужном положении на прижиме благодаря вмонтированным в него магнитам, а также за счет того, что конусные ловители, отходящие вверх, еще не вышли из отверстий заготовки.

Заготовка захватывается грейферными линейками для последующего перемещения.

## 5.2 Прочностные расчеты и выбор материалов для изготовления деталей штампа

Испытательного расчета на прочность требуют, как правило, детали разделительных штампов под наибольшей нагрузкой (пробивных, вырубных). Это связано с тем, что пробивка отверстий сопровождается значительной удельной нагрузкой на режущие кромки рабочего инструмента, при чем нагрузка на пуансоны в 2–3 раза больше, чем на кромки матрицы.

Режущие кромки пуансона переносят резкие циклические нагрузки ударного характера, вкпе с действием изгибающего момента.

Выполним прочностные расчеты для наиболее нагруженных деталей штампа для вырубки-пробивки.

### 5.2.1 Расчет опорной поверхности пуансона на смятие

Зачастую выход из строя пробивных пуансонов малого диаметра вызван из-за низкой жесткости пресса и упругой деформацией его станины.

Для успешного подбора материала выполним проверку для пуансона  $\varnothing 8,0$  мм.

Определяем напряжение смятия опорной поверхности:

$$\sigma_{см} = P/F, \quad (4.1)$$

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

$$P = k \cdot \pi d \cdot S \cdot \sigma_{ср}, \quad \text{где (4.2)}$$

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

$S = 1,5$  мм – толщина ленты;

$\sigma_{ср}$  – сопротивление срезу, для стали марки 08пс при  $S = 1,5$  мм:

$$\sigma_{ср} = 29 \text{ кг/мм}^2.$$

Усилие пробивки составляет:

$$P = 1,2 \cdot 3,14 \cdot 8,0 \cdot 1,5 \cdot 29 = 1310 \text{ кгс} \approx 13,10 \text{ кН};$$

$F$  – опорная поверхность головки пуансона:

$$F = \pi d^2 / 4$$

$d = 14$  мм – диаметр опорной поверхности пуансона (из таблицы по ГОСТ 16621-80).

$$F = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot 14^2 / 4 = 133,10 \text{ мм}^2.$$

В итоге напряжение смятия опорной поверхности пуансона:

$$\sigma_{см} = 1310 / 133,10 = 9,89 \text{ кгс} / \text{мм}^2 = 98,9 \text{ МПа}.$$

$\sigma_{см}$  превышает  $[\sigma_{см}] = 80 \text{ МПа}$ , поэтому необходимо предусмотреть стальную прокладку для обеспечения долговечности штамповой плиты, в которую упирается пуансон.

### 5.2.2 Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении

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

1)  $P = 1310 \text{ кгс}$  – усилие пробивки;

2)  $f = \pi d^2 / 4 = 3.14 \cdot 8^2 / 4 = 45,3 \text{ мм}^2$  – площадь рабочей части пуансона;

$d$  – диаметр наименьшего сечения, мм.

$$\sigma_{сж} = 1310 / 45,3 = 28,9 \text{ кгс} / \text{мм}^2 = 289 \text{ МПа}$$

Для обычных пуансонов (до  $\varnothing 25 \text{ мм}$ ) используют закаленную инструментальную сталь со значением  $[\sigma_{сж}] = 1600 \text{ МПа}$ . Выбираем материал пуансона: сталь У8А, либо в качестве заменителя У10А.

### 5.2.3 Расчет подкладки на прочность

Назначение подкладок – предохранение верхней плиты от смятия, т.к. она производится из более мягкого материала, чем пуансон.

Давление, передаваемое пуансоном, определяется по формуле:

$$P = P_p / F, \text{ где (4.4)}$$

$$P_p = 1310 \text{ кгс} = 13,1 \text{ кН} - \text{усилие пробивки отверстия } \varnothing 8 \text{ мм};$$

$$F = \pi d^2 / 4 = 133,10 \text{ мм}^2 - \text{площадь верхнего торца } (\varnothing 14).$$

$$P = 1310 / 133,10 = 9,89 \text{ кгс/мм}^2 = 99,0 \text{ МПа}.$$

Для подкладной плиты выбираем материал: Ст 3 с величиной допустимого напряжения смятия  $[\sigma_{см}] = 180 \text{ МПа}$ .

#### 5.2.4 Выбор материалов для изготовления деталей штампа

Базисными материалами, практикуемыми для производства деталей штампов, являются стали. Они классифицируются на следующие четыре основные группы:

- углеродистая обыкновенного качества,
- углеродистая качественная конструкционная,
- легированная конструкционная,
- инструментальные: 1) углеродистая и 2) легированная.

Стали среднего качества и конструкционные практикуют, как правило, при создании базовых, направляющих и вспомогательных деталей, инструментальные – для создания рабочих деталей. Выбор инструментальных сталей для создания рабочих деталей устанавливается согласно предъявляемыми к ним требованиями, следующим из условий использования и обязательной стойкости. Главное чтобы при выборе стали ее свойства соответствовали указанным требованиям.

Подробно рассмотрев классификацию и области применения различных марок сталей, сделаем выбор материалов применительно к двум разработанным штампам для гибки-формовки.

Выбор материалов проводим с учетом условий работы каждой детали штампа. Согласно им, для рабочих частей (пуансонов и матриц) формообразующих штампов (вытяжных и формовочных, гибочных и фланцовочных) рекомендуется применять сталь X12, X12M1 с азотированием поверхности при твердости наружного слоя HRC 68 – 69 и твердости закаленного подслоя HRC 58.

### 5.3 Определение числа и расположения упругих элементов

Пружины в штампах обычно используют для выталкивания детали (или заготовки) из полости матрицы или для снятия ее с пуансона.

Рассмотрим штамп для 1-ой гибки-формовки

Выталкивание заготовки в нем осуществляется при помощи прижима, который подается вниз под воздействием пружин (в верхней части штампа). А снятие с пуансона – посредством подъемников, которые также имеют возможность перемещаться вверх под действием пружин (в нижней части штампа).

Вначале рассчитаем упругие элементы, находящиеся в верхней части штампа. Усилие, необходимое для выталкивания, составляет 6...8% от операционного усилия гибки-формовки:

$R_{\text{гибки-формовки 1-ой}} = 4765 \text{ кгс}$  (см. пункт 2.5.2).

$R_{\text{пруж}} = k_{\text{выталк.}} \cdot R_{\text{гибки-формовки}}$

$R_{\text{пруж}} = 0,06 \cdot 4765 = 280 \text{ кгс} = 2,8 \text{ кН}$ .

Для его создания используются пружины сжатия. Предусматриваем 5 пружин.

Сила одной пружины при рабочем деформировании равна:

$$P = P_{\text{пруж}} / 5 = 280 / 5 = 56 \text{ кгс} = 560 \text{ Н.}$$

По ГОСТ 18793-80 совершаем подбор пружин, для выталкивания заготовки из матрицы.

Произведем подбор упругих элементов с таким усилием, учитывая геометрические размеры пружин (для возможности размещения их в верхней части штампа гибки-формовки). Поэтому особое внимание уделяем габаритам пружины – размерам D и H0.

Геометрические размеры пружины:

D = 28 мм – наружный диаметр пружины;

d = 4,0 мм – диаметр проволоки;

t = 7,4 мм – шаг пружины;

H0 = 72,6 мм – высота пружины в свободном (несжатом) состоянии.

Теперь рассчитаем упругие элементы, находящиеся в нижней части штампа. Усилие, необходимое для снятия, также составляет 6...8% от операционного усилия гибки-формовки:

$$P_{\text{гибки-формовки 1-ой}} = 4765 \text{ кгс (пункт 2.5.2).}$$

$$P_{\text{пруж}} = K_{\text{снятия}} \cdot P_{\text{гибки-формовки}}$$

$$P_{\text{пруж}} = 0,06 \cdot 4765 = 280 \text{ кгс} = 2,8 \text{ кН.}$$

Для его создания используются аналогичные ранее выбранным пружины сжатия. Предусматриваем 5 пружин (по одной для каждого подъемника).

Сила одной пружины при рабочем деформировании равна:

$$P = P_{\text{пруж}} / 5 = 280 / 5 = 56 \text{ кгс} = 560 \text{ Н.}$$

По ГОСТ 18793-80 аналогично производим подбор пружин, которые будут обеспечивать усилие снятия заготовки с пуансона.

Произведем подбор упругих элементов с таким же усилием, не забывая учитывать геометрические размеры пружин (для возможности размещения их в нижней части штампа).

Геометрические размеры пружины:

$D = 28$  мм – наружный диаметр пружины;

$d = 4,0$  мм – диаметр проволоки;

$t = 7,4$  мм – шаг пружины;

$H_0 = 72,6$  мм – высота пружины в свободном (несжатом) состоянии.



## 6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА

### 6.1 Описание рабочего места, выполняемых операций и оборудования

На проектируемом участке штамповки располагается автоматическая линия АЛП-3, включающая в себя многопозиционный пресс-автомат К3132А усилием 1,6 МН, питатель штучных заготовок(загрузчик), грейферное передающее устройство, пульт управления, различные производственные тары (для штучных, для сдвоенных заготовок и для деталей).

Линия регулируется с кнопочного пульта управления(оператор линии). Пульт находится за опасной зоной пресса (защитной решеткой).

Доставка листовых заготовок к прессу осуществляется с помощью погрузчика, в таре. Питатель вводит листовую заготовку в зону действия грейферных линеек, которые, в свою очередь, выполняют подачу заготовки на первую позицию штамповки. Дальнейшее перемещение заготовки по технологической схеме осуществляется только грейферными линейками, обеспечивающими передачу заготовок во время штамповки между всеми позициями (7 позиций для размещения штампов). Грейферные линейки работают синхронно с прессом, выполняя сложное перемещение в рабочей зоне пресса: продольное перемещение для переноса заготовки между процессами, горизонтальное перемещение для захвата (освобождения) заготовки и вертикальное перемещение для укладки-подъема.

Пресс-автомат оснащен выкатным столом. Отштампованные заготовки, выходя из рабочего пространства пресса, посредством грейферных линеек переносятся на специальный стол, предназначенный для сбора деталей. Здесь расположено рабочее место оператора-укладчика. Тару транспортирует погрузчик

## 6.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов прессового производства

Механический и электрический травматизм является наиболее опасными факторами в базовом технологическом процессе. Соприкосновение человека с заготовкой и рабочей зоной штампа, и есть главная причина травматизма. Причинами электрического травматизма является неисправность проводки оборудования, ненадёжное заземление, халатность рабочих.

Таблица опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта

Таблица 6.1

№ П/П	Название вредного и опасного фактора	Фактор встречающийся при определённом виде работ
Физ. факторы		
1	Машины и механизмы в движении, и их части	Работа линии прессы
2	Изделия движущиеся	Работа транспортера
3	Повышенный уровень вибрации и шума	Работа прессы и пневмомеханизмы
4	Небольшое освещение зоны для работы	Изношенность оборудования

Продолжение таблицы 6.1

5	Напряжения в электронной цепи повышено	Работа пресса
6	Необработанные поверхности заготовок(заусенец и острые кромки)	Загрузка заготовки оператором
Психофиз. факторы		
1	Однообразие труда	Исполнение одной и той же деятельности в течении определенного промежутка времени

6.3. Мероприятия по разработке безопасных условий труда

Таблица 6.2

№ п/п	Факторы являющиеся опасными	Организационно–технический метод и техническое средство защиты, для устранения опасновредных факторов на производстве	Предметы для защиты рабочего (индивидуальные)
1	Движущиеся части оборудования, шероховатость заготовки	Ограждение оборудования; Звуковой сигнал перед запуском; – предохранители которые тормозят процесс при перезагрузке; –включение оборудования с двух рук; –автоматизация процесса;	–костюмы защитные; – –рукавицы(кожаные); –береты и косынки –фартуки; – нарукавник; – очки(защитные);

2	Повышенная шумовая громкость и вибрация	– Смазывать части пресса где возникает трение; – установка передач с шевронным зацеплением; – виброизоляционные фундаменты оборудования	Защитные средства для слуха
3	Повышенный уровень газа и запылённость	Система охлаждения и вентиляция помещения	Средство для дыхательной системы
4	Низкий уровень света на рабочем месте	Расчет и проектирование достаточного освещения	–
5	Напряжение, которое сопутствует получение травм при замыкании	Заземление оборудования	Обувь и перчатки на резиновой основе
6	Перегрузки, связанные с нервнопсихическими показателями человеческого организма	Отдых во время смены, зарядка	–
7	Перегрузки, связанные с физическими показателями человеческого организма	Отдых во время смены, зарядка	–

6.4. Организационные (организационно–технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Таблица 6.3. Организационные (организационно–технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Название технологического процесса	Реализуемый организационно–технический процесс	Требование по пожарной безопасности
Листовая штамповка	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Консультирование персонала по требованиям ПБ;</li> <li>-Меры предосторожности;</li> <li>-осуществление технологического процесса;</li> <li>-наличие основных элементов для предотвращения возгораний;</li> <li>– своевременная очистка промасленных продуктов с места завода;</li> <li>– уменьшение количества взрывчатого вещества</li> <li>– материалы и комплектующие на рабочем месте;</li> <li>– правильное хранение взрывчатки</li> <li>– продукты и компоненты, которые отвечают требованиям ПБ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сотрудники с квалификацией;</li> <li>– наличие систем нахождения пожара, оповещения и эвакуации;</li> <li>– система тушения пожара.</li> </ul>

#### 6.5. Экологическая экспертиза объекта, антропогенное воздействие объекта на окружающую среду и мероприятия по экологической безопасности

Штамповка не влияет на окружающую среду так сильно, как переработка отходов. Так что стоит заострить внимание на переработку, чем на холодную штамповку

Таблица 6.4. Распознавание экологических факторов технического объекта

Объект(Технический)	Составляющая объектов, происходящих на производстве во время процессов	Плохое влияние на окружающую среду (атмосферу)	Плохое влияние на окружающую среду (гидросферу)	Плохое влияние на окружающую среду (литосферу)
Передвигающиеся транспортные средства	Дизельное топливо	Высокий уровень вредных газов в воздухе	–	–
Отходы на производстве	Использованное масло(осадок)	–	Попадание тяжёлых металлов и токсинов в источники	Выделяются в грунт и грунтовые воды

6.6. Разработанные организационно–технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Таблица 6.5.

Название тех. объекта	Передвижение транспорта	Отходы (потребление и производство)	
		Промасленная ткань	Выработанное масло
Процедура по уменьшению отрицательного антропогенного влияния на атмосферу	Замена транспорта на дизеле, на электрический транспорт	–	–

Процедура по уменьшению отрицательного антропогенного влияние на гидросферу	—		Восстановление отработанного масла (восстановление) для еще одного использования или иных задач
Мероприятия по уменьшению отрицательного антропогенного влияния на литосферу	—	Утилизация (сжигание в печах)	Восстановление отработанного масла (восстановление) для еще одного использования или иных задач

### Вывод

Разработанный техпроцесс изготовления детали безопасен и выполняет требования экологичности, по соответствию всем современным предъявляемым нормам безопасности.

## 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 7.1. Характеристика вариантов

На ВАЗе существует массовый тип производства детали “Кронштейн крепления воздушного фильтра”.

Существующим вариантом является штамповка на нескольких прессах:

Заготовительная операция – Вырубка-пробивка выполняется отдельно – на прессе "Раскин 125" ус. 1,25 МН. Остальные 5 операций (1-я гибка-формовка, 2-я гибка-формовка, правка, пробивка, разрезка) – на линии кривошипных прессов модели К-2028 ус. 0,63 МН.

Предлагаемая технология состоит из тех же операций, выполняемых (за исключением вырубки) на автоматической линии:

- Вырубка-пробивка: на прессе "Раскин 175" усилием 1,75 МН;  
Другие 5 операций – на линии АЛП-3 (пресс-автомат К-3132А):
- 1-я гибка, формовка; 2-я гибка; правка; пробивка; разделение.

### 7.2. Калькуляция на штамп для гибки

Таблица 7.1

№	Наименование	Обозначение	Доля основной заработной платы %	Сумма , руб.
---	--------------	-------------	----------------------------------	--------------



Продолжение таблицы 7.1

1	Материалы	М	-	152030
2	Транспортно-заготовительные расходы	ТЗР	3,5% от М	5677
3	Основная зарплата (Трудоемкость 588 час.)	З.Пл <sup>осн.</sup>	-	37400
4	Соцстрах	СС	27,2	10173
5	Расходы на содержание обор-ия	РСО	173,4	64852
6	Цеховые расходы	Р цех	156,6	58569
7	Итого: цеховая себестоимость штампа	С цех	-	328701

7.3. Исходные данные для расчета эффективности внедрения новой технологии а)

Общие исходные данные:

Таблица 7.2

№	Показатель	Обозначение	Значение
	Годовая программа выпуска, шт	Ng	210500

	Эффективный фонд времени, час:			
	1) Оборудования	$\Phi_{\text{Э}}$	4015	
	2) Рабочего	$\Phi_{\text{Э.Р.}}$	1731	
	Коэффициент выполнения норм	$K_{\text{ВН}}$	1,02	
	Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{\text{МН}}$	1,0	
	Коэффициент отдыха	$K_{\text{О}}$	11,8	
	Коэффициент монтажа	$K_{\text{МОНТ}}$	1,02	
	Масса заготовки, кг	$M_{\text{З}}$	Баз.	Проек
			0,077	т 0,075
	Цена материалов, руб./кг	$\text{Ц}_{\text{М}}$	18,5	18,0
	Масса отходов, кг	$M_{\text{ОТХ}}$	0,011	0,009
	Цена отходов, руб./кг	$\text{Ц}_{\text{ОТХ}} = 3,2\% \text{ Ц}_{\text{М}}$	0,60	
	Коэффициент	$K_{\text{ТЗ}}$	1,05	
	Часовая тарифная ставка :			
А)	Рабочих-операторов (3 разряд)	$\text{Ст}$	29,86	

Б)	Наладчика (5 разряд)	Ст	33,41
	Коэффициенты доплат по заработной плате:		
А)	До часового фонда зарплаты	К <sub>доп</sub>	1,02
Б)	За проф.мастерство	К <sub>пф</sub>	1,2
В)	За условия труда	К <sub>у</sub>	1,08
Г)	За вечерние и ночные часы	К <sub>н</sub>	1,08
Д)	Премияльные	К <sub>пр</sub>	1,2
Е)	На социальное страхование	К <sub>с</sub>	1,37
	Итого общий коэффициент доплат $K_{зпл} = K_d \cdot K_{пф} \cdot K_u \cdot K_n \cdot K_{пр} \cdot K_c$	К <sub>зпл</sub>	2,53
	Выручка от реализации, %:		
	- изношенного оборудования	Вр	5
	- изношенного штампа	Вр.и.	20
	Норма амортизации, %	На	10
	Цена электроэнергии, руб./кВт.ч	Цэ	1,02
	Цена произв. площади, руб./м <sup>2</sup>	Цпл	4500
	Коэффициент цеховой	К <sub>цех</sub>	2,10

б) Эксплуатационные данные оборудования (см. Приложения):

Таблица 7.3

Наименование оборудования			Раскин 125	К- 2028	Раскин 175	АЛП-3
Норма штучного времени на операцию	$t_{шт}$	мин	0,009	0,090	0,014	0,081
Норма машинного времени на операцию	$t_{маш}$	мин	0,008	0,080	0,010	0,071
Установленная мощность электро- двигателей пресса	$M_y$	кВт	20	16	25	24
Площадь, занимаемая одним прессом	$S_{уд}$	м <sup>2</sup>	42	16	44	70
Цена единицы оборудования	$C_{об}$	руб	220000	82000	250000	292000
Выручка от реализации изношенного оборудования	$B_p$	руб	11000	4100	12500	14600
Норма обслуживания прессов наладчиком	$n_{обсл}$	<i>Ст</i>	8	8	8	2

Коэффициент полезного действия	<b>КПД</b>		0,75	0,75	0,75	0,75
--------------------------------	------------	--	------	------	------	------

в) Исходные данные об оснастке:

Таблица 7.4

Наименование штампа	Стойкость штампа	Цена штампа	Выручка от реализации старых штампов
	$T_{и,}$ ударов	$C_{шт,}$ руб.	$V_{ри,}$ руб.
<b>СУЩЕСТВУЮЩИЙ ВАРИАНТ</b>			
1. Штамп для вырубki-пробивки	75000	255104	51020
<b>2. Штамп для 1-й гибки, формовки</b>	50000	290886	58177
<b>3. Штамп для 2-й гибки, формовки</b>	50000	292955	58591
<b>4. Штамп для правки</b>	50000	282880	56576
<b>5. Штамп для пробивки</b>	50000	298055	59611
<b>6. Штамп для разрезки</b>	75000	265111	53022

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ВАРИАНТ			
1. Штамп для вырубки-пробивки	75000	267860	53572
<b>2. Штамп для 1-й гибки, формовки</b>	110000	328701	65740
<b>3. Штамп для 2-й гибки, формовки</b>	110000	307603	61521
<b>4. Штамп для правки</b>	110000	297024	59405
<b>5. Штамп для пробивки</b>	110000	313425	62685
<b>6. Штамп для резки</b>	110000	278367	55673

7.4 Расчет единиц оборудования, коэффициента его загрузки, требуемого числа рабочих и штампов

Таблица 7.5

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение	
			Баз.	Про
1	Количество прессов, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{об} = t_{шт} \cdot N_{Г} / (\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60)$ $n_{об}^{Баз10} = 0,009 \cdot 210500 / (4015 \cdot 1,02 \cdot 60) = 0,004$ $n_{об}^{Баз20-60} = 0,09 \cdot 210500 / (4015 \cdot 1,02 \cdot 60) = 0,040$ $n_{об}^{Пр10} = 0,014 \cdot 210500 / (4015 \cdot 1,02 \cdot 60) = 0,006$ $n_{об}^{Пр20-60} = 0,081 \cdot 210500 / (4015 \cdot 1,02 \cdot 60) = 0,036$	1  5  -  -	-  -  1  1*
2	Коэфф-нт загрузки оборудования при исполнении данной операции	$K_3 = n_{об.РАСЧ.} / n_{об.ПРИН.}$ $K_3^{Баз10} = 0,004 / 1,0$ $K_3^{Баз20-60} = 0,04 / 1,0$ $K_3^{Проект10} = 0,006 / 1,0$ $K_3^{Проект20-60} = 0,036 / 1,0$	0,004  0,04	0,006  0,036

3	<p>Численность рабочих- операторов, для реализации годовой программы деталей , чел.</p>	$P_{\text{ОП}} = [t_{\text{шт}} \cdot N_{\Gamma} \cdot (1 + K_{\text{О}}/100)] / (\Phi_{\text{ЭФ}} \cdot K_{\text{МН}} \cdot 60)$ $P_{\text{ОП}}^{\text{Баз10}} = [0,009 \cdot 210500 / (1731 \cdot 1 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,019$ $P_{\text{ОП}}^{\text{Баз20-60}} = [0,09 \cdot 210500 / (1731 \cdot 1 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,19$ $P_{\text{ОП}}^{\text{Проект10}} = [0,014 \cdot 210500 / (1731 \cdot 1 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,021$ $P_{\text{ОП}}^{\text{Проект20-60}} = [0,081 \cdot 210500 / (1731 \cdot 1 \cdot 60)] \cdot (1 + 11,8 / 100) = 0,16$	<p>1</p> <p>5+1*</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>1</p> <p>1+1*</p>
---	---	--	--	--



* 1) Существующий техпроцесс: 7 чел. (вырубка – 1 чел.; штамповщики – 5 чел.; укладка деталей – 1 чел.); 2) проектный вариант: 3 чел. (вырубка – 1 чел.; оператор – 1 чел.; укладка деталей – 1 чел.);			
4	Число штампов для выпуска годовой программы	$n_{\text{ШТАМП}} = N_{\Gamma} / T_{\text{и.шт.}}$	
	1) Вырубка-пробивка	$n_{\text{шт}}^{\text{баз}} = 210500 / 75000$ $n_{\text{шт}}^{\text{проект}} = 210500 / 75000$	3      3
	2) Гибка 1-я	$n_{\text{шт}}^{\text{баз}} = 210500 / 50000$ $n_{\text{шт}}^{\text{проект}} = 210500 / 110000$	4      2
	3) Гибка 2-я	$n_{\text{шт}}^{\text{баз}} = 210500 / 50000$ $n_{\text{шт}}^{\text{проект}} = 210500 / 110000$	4      2
	4) Правка	$n_{\text{шт}}^{\text{баз}} = 210500 / 50000$ $n_{\text{шт}}^{\text{проект}} = 210500 / 110000$	4      2
	5) Пробивка	$n_{\text{шт}}^{\text{баз}} = 210500 / 50000$ $n_{\text{шт}}^{\text{проект}} = 210500 / 110000$	4      2
	4) Разрезка	$n_{\text{шт}}^{\text{баз}} = 210500 / 50000$ $n_{\text{шт}}^{\text{проект}} = 210500 / 110000$	4      2

## 7.5. Расчет капитальных вложений

Таблица 7.6

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Баз.	Про
1	ПРЯМЫЕ капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{\text{ОБ.}} = n_{\text{ОБ.}} \cdot C_{\text{ОБ.}} \cdot K_3$ $K_{\text{ОБ.}}^{\text{Баз}} = 1 \cdot 220000 \cdot 0,004 +$ $+ 5 \cdot 82000 \cdot 0,04$ $K_{\text{ОБ.}}^{\text{Проект}} = 1 \cdot 250000 \cdot 0,006 +$ $+ 1 \cdot 292000 \cdot 0,036$	17280	12012
2	СОПУТСТВУЮЩИЕ капитальные вложения:			
	Доставка и монтаж оборудования, руб.	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ.}} \cdot K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{Баз}} = 17280 \cdot 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{Проект}} = 12012 \cdot 0,1$	1728	1201
	Затраты на оснастку, руб.	$K_{\text{И}} = C_{\text{ШТ}} \cdot n_{\text{ШТ}}$ $K_{\text{И}}^{\text{Баз}} = 3 \cdot 255104 + 4 \cdot (290886 +$ $292955 + 282880 + 298055 + 265111)$ $K_{\text{И}}^{\text{Про}} = 3 \cdot 267860 + 2 \cdot (328701 +$ $307603 + 297024 + 313425 + 278367)$	6484860	3853880
	Затраты на производств.плл ощадь, руб.	$K_{\text{ПЛ}} = n_{\text{ОБ.}} \cdot S_{\text{уу}} \cdot C_{\text{ПЛ.}} \cdot K_3$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{Баз}} = (1 \cdot 42 \cdot 0,004 + 5 \cdot 16 \cdot 0,04) \cdot 4500$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{Пр}} = (1 \cdot 42 \cdot 0,006 + 1 \cdot 70 \cdot 0,036) \cdot 4500$	15156	12474

	Итого, руб.	$K_{\text{СОП}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{ПЛ}}$ $K_{\text{СОП.Баз}} = 1728 + 6484860 + 15156$ $K_{\text{СОП.Про}} = 1201 + 3853880 + 12474$	6501744	3867555
3	Объединенные капитальные вложения, руб.	$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{СОП}}$ $K_{\text{ОБЩ.Баз}} = 17280 + 6501744$ $K_{\text{ОБЩ.Про}} = 12012 + 3867555$	6519024	3879567
4	УДЕЛЬНЫЕ капитальные вложения, руб.	$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{УД.Баз}} = 6519024 / 210500$ $K_{\text{УД.Проект}} = 3879567 / 210500$	30,97	18,43
5	ДОПОЛНИТ.ка питальные вложения, руб.	$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.Проект}} - K_{\text{ОБЩ.Баз}}$ $K_{\text{ДОП}} = 3879567 - 6519024$	0 (-2639457)	

7.6 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Таблица 7.7

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Баз.	Проект

1	Материал, без отхода, руб.	$M = (M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ}) - (M_{отх} \cdot Ц_{отх})$ $M^{Баз} = (0,077 \cdot 18,5 \cdot 1,05) - (0,011 \cdot 0,60)$ $M^{Проект} = (0,075 \cdot 18,0 \cdot 1,05) - (0,009 \cdot 0,60)$	1,45	1,43
2	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$З_{ПЛ} = P \cdot C_T \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3 / N_{Г}$ $З_{ПЛ}^{Баз} = 29,86 \cdot 1731 \cdot 2,275 \cdot (1 \cdot 0,004 + 5 \cdot 0,04) / 210500$ $З_{ПЛ}^{Про} = 29,86 \cdot 1731 \cdot 2,275 \cdot (1 \cdot 0,006 + 1 \cdot 0,036) / 210500$	0,12	0,02
3	Затраты на амортизацию и ремонт оборудования, руб.	$P_A = [(Ц_{об} \cdot (1 - B_p)) \cdot N_A \cdot t_{шт} \cdot K_3 \cdot 1,3] / (\Phi_{Э} \cdot K_{ВН} \cdot 60 \cdot 100)$ $P_A^{Баз} = [((220000 \cdot 1,02 - 11000) \cdot 0,1 \cdot 0,009 \cdot 0,004 \cdot 1,3) + ((5 \cdot 82000 \cdot 1,02 - 4100) \cdot 0,1 \cdot 0,09 \cdot 0,04 \cdot 1,3)] / (4015 \cdot 1,02 \cdot 60)$ $P_A^{Проект} = [((250000 \cdot 1,02 - 12500) \cdot 0,1 \cdot 0,014 \cdot 0,006 \cdot 1,3) + ((292000 \cdot 1,02 - 14600) \cdot 0,1 \cdot 0,081 \cdot 0,036 \cdot 1,3)] / (4015 \cdot 1,02 \cdot 60)$	0,01	0,01
4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{Э} = (M_{у} \cdot t_{МАШ} \cdot K_{од} \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{П} \cdot Ц_{Э}) / (КПД \cdot 60)$ $P_{Э}^{Баз} = [(20 \cdot 0,008 + 5 \cdot 16 \cdot 0,080) \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,04 \cdot 1,02] / (0,75 \cdot 60)$ $P_{Э}^{Проект} = [(25 \cdot 0,010 + 24 \cdot 0,071) \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,04 \cdot 1,02] / (0,75 \cdot 60)$	0,04	0,01
5	Расходы на штампы, руб.	$P_{И} = (Ц_{шт} - B_{Р.И.}) / T_{И. шт.}$		

	1) вырубка-пробивка	$P_{И}^{Баз} = (255104 - 51020) / 75000$ $P_{И}^{Проект} = (282880 - 56576) / 75000$	2,72	3,77
	2) гибка 1-я	$P_{И}^{Баз} = (290886 - 58177) / 50000$ $P_{И}^{Проект} = (328701 - 65740) / 110000$	4,65	2,39
	3) гибка 2-я	$P_{И}^{Баз} = (292955 - 58591) / 50000$ $P_{И}^{Проект} = (307603 - 61521) / 110000$	4,69	2,24
	4) правка	$P_{И}^{Баз} = (282880 - 56576) / 50000$ $P_{И}^{Проект} = (297024 - 59405) / 110000$	4,53	2,16
	5) пробивка	$P_{И}^{Баз} = (298055 - 59611) / 50000$ $P_{И}^{Проект} = (313425 - 62685) / 110000$	4,77	2,28
	6) разрезка	$P_{И}^{Баз} = (265111 - 53022) / 50000$ $P_{И}^{Проект} = (278367 - 55673) / 110000$	4,24	2,02
	Итого, руб.	$P_{И}^{Баз} = 2,72 + 4,65 + 4,69 + 4,53 + 4,77 + 4,24$ $P_{И}^{Про} = 3,77 + 2,39 + 2,24 + 2,16 + 2,28 + 2,02$	25,60	14,86
6	Содержание и экспл-ция исполь. площадей, руб.	$P_{ПЛ} = S_{уд} \cdot n_{ОБ} \cdot Ц_{ПЛ} \cdot K_3 / N_{Г}$ $P_{ПЛ}^{Баз} = (42 \cdot 1 \cdot 0,004 + 16 \cdot 5 \cdot 0,04) \cdot 4500 / 210500$ $P_{ПЛ}^{Пр} = (44 \cdot 1 \cdot 0,006 + 70 \cdot 1 \cdot 0,036) \cdot 4500 / 210500$	0,05	0,06
7	Зарплата наладчику, руб.	$З_{НАЛ} = P \cdot Ст \cdot \Phi_{Э.Р.} \cdot K_{ЗПЛ} \cdot K_3 / (n_{ОБС} \cdot N_{Г})$ $З_{НАЛ}^{Баз} = 1 \cdot 33,41 \cdot 1731 \cdot 2,537 \cdot (0,004 + 0,04) / (8 \cdot 210500)$ $З_{НАЛ}^{Про} = 1 \cdot 33,41 \cdot 1731 \cdot 2,537 \cdot (0,006 + 0,036) / (8 \cdot 210500)$	0,01	0,01

8	Технологическая себестоимость процесса, руб.	$C_{\text{ТЕХ}} = M + Z_{\text{ПЛ}} + P_{\text{А}} + P_{\text{И}} + P_{\text{ПЛ}} + Z_{\text{НАЛ}}$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Баз}} = 1,45 + 0,12 + 0,01 + 0,04 + 25,60 + 0,05 + 0,01$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Пр}} = 1,43 + 0,02 + 0,01 + 0,01 + 14,86 + 0,06 + 0,01$	27,28	16,40
9	Цеховые расходы, руб.	$P_{\text{ЦЕХ}} = Z_{\text{ПЛ}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}}$ $P_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Баз}} = 0,12 \cdot 2,10$ $P_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Проект}} = 0,02 \cdot 2,10$	0,25	0,04
10	Цеховая себестоимость, руб.	$C_{\text{ЦЕХ}} = P_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ТЕХ}}$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Баз}} = 27,28 + 0,25$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Проект}} = 16,40 + 0,04$	27,53	16,44

## 7.7 Калькуляция сравниваемых вариантов

Таблица 7.7

№	Показатель	Значение, руб.		Проценты, %	
		Баз.	Проект	Баз.	Проект
1	Основные материалы за вычетом отходов	1,45	1,43	5,3	8,7
2	Зарплата рабочих-операторов	0,12	0,02	0,4	0,1
3	Затраты на амортизацию и ремонт оборудования	0,01	0,01	0,05	0,05
4	Расходы на электроэнергию	0,04	0,01	0,2	0,05
5	Расходы на штамповый инструмент	25,60	14,86	93,0	90,4
6	Расходы на содержание производственных площадей	0,05	0,06	0,2	0,4

7	Расходы на зарплату наладчика	0,01	0,01	0,05	0,05
8	Технологическая себестоимость процесса	27,28	16,40	99,1	99,8
9	Цеховые расходы	0,25	0,04	0,9	0,2
10	Цеховая себестоимость	27,53	16,44	100	100

7.8 Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта технологического процесса

Таблица 7.8

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Сущ.	Пр.
1	Доведенные затраты на единицу изделия	$Z_{\text{пред}} = C_{\text{цех}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пред}}^{\text{Баз}} = 27,53 + 0,33 \cdot 30,97$ $Z_{\text{пред}}^{\text{Проект}} = 16,44 + 0,33 \cdot 18,43$	37,75	22,52
2	Годовая экономия	$\mathcal{E}_Г = (Z_{\text{пр}}^{\text{Баз}} - Z_{\text{пр}}^{\text{Проект}}) \cdot N_G$ $\mathcal{E}_Г = (37,75 - 22,52) \cdot 210500$	3205915	
3	Условно годовая экономия от снижения себестоимости	$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Баз}} - C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Проект}}) \cdot N_G$ $\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (27,53 - 16,44) \cdot 210500$	2334445	

Продолжение таблицы 7.8

4	Срок окупаемости штампов	$T_{ок} = K_{и}^{Проект} / Э_{г}$ $T_{ок} = 3853880 / 3205915$	<p>В течение</p> <p>2 лет</p> <p>(1,2 года)</p>
---	--------------------------	--	---



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование средств автоматизации позволило снизить трудоемкость изготовления детали, а также существенно повысить стойкость штамповой оснастки (более чем в 2 раза). Это позволило резко сократить расходы на штамповый инструмент: с 25,6 до 14,9 руб. (в пересчете на единицу продукции – на 1 деталь). Результат - значительное снижение (на 40%) цеховой себестоимости изготовления детали: с 27,53 руб. до 16,44 руб.

Условно годовая экономия от снижения себестоимости составила 2.334.445 рублей.

Срок окупаемости новой штамповой оснастки – в течение 2 лет.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Шапорева, И. Л. Безопасность жизнедеятельности. [Текст]: учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, Н. Е. Данилина. – Тольятти: ТГУ, 2015. – 299 с.
3. Сторожев, М. В. Теория обработки металлов давлением [Текст]: М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
4. Смолин, Е. Л. Основы конструирования штамповой оснастки [Текст]: учеб. пособие для студентов заочной формы обучения / Е. Л. Смолин. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.
5. Скрипачев, А. В. Технология изготовления облицовочных деталей автомобиля [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. В. Скрипачев. – Тольятти: ТГУ, 2004. – 94 с.
6. Скворцов, Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки [Текст]: конструкции и расчеты / Г. Д. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
7. 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.
8. 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.
9. Норицын, И. А. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки [Текст]: учеб. пособие для вузов / И. А. Норицын, В. И. Власов. – М.: Машиностроение, 1967. – 388 с.

10. Матвеев, А. Д. Ковка и штамповка [Текст]: Справочник: В 4 т. Т. 4 Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева; Ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985 – 1987. – 544 с.: ил.
11. Малов, А. Н. Технология холодной штамповки[Текст]: А. Н. Малов – М.: Машиностроение, 1969. – 568 стр.
12. Краснопевцева, И. В. Экономика машиностроительного производства [Текст]: учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 148 с.
13. 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.
14. Иванов, И. И. Основы теории обработки металлов давлением [Текст]: учебник / И. И. Иванов, А. В. Соколов, В. С. Соколов и др. – М.: Форум – Инфра-М, 2007. – 144 с. : ил. – (Высшее образование).
15. Зубцов, М. Е. Листовая штамповка [Текст]: М. Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. – 432 с.: ил.
16. Губкин, С. И. Основы теории обработки металлов давлением [Текст] : С. И. Губкин, Б. П. Звороно, В. Ф. Катков и др. – М.: Машгиз, 1959. - 539 с.
17. 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.
18. Бочаров, Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование [Текст]: учебник для студ. высш. учеб.заведений / Ю.А. Бочаров. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.
19. Банкетов, А. Н. Кузнечно-штамповочное оборудование [Текст]: А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.

20. Аверкиев, Ю. А. Технология холодной штамповки [Текст]: учеб. для вузов / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.
21. Kuvin, B. OEM finds new suppliers via online matchmakingMetalForming Magazine. – 2017/ - February.
22. Kuvin, B. Automated Press-Brake TechnologyMetalForming Magazine. – 2017/ - January.
23. Kren, L. Die build simplified MetalForming Magazine. – 2016/ - December.
24. Kren, L. A. Line Automation Made Easier MetalForming Magazine. – 2016/ - December.
25. Joanna R. Groza, James F. Shackelford, Enrique J. Lavernia, Michael T. Powers 2007 Materials Processing Handbook, March 28, pp 229-237, (2007).