

#### 1.4 Разработка оптимального технологического маршрута и переходов штамповки

Проектирование технологического процесса в целом сводится к установлению порядка операций с указанием режима и потребного оборудования.

Оптимальным технологическим маршрутом будет такой, в котором используются наиболее прогрессивные технологические приемы, высокопроизводительное оборудование; совершенные конструкции технологической и средства контроля; типовые унифицированные и нормализованные технологические процессы.

Рациональным вариантом цехнологического процесса является вариант с минимальной экономической стоимостью и способный быть реализованным на достаточно хорошем уровне качества в условиях конкретного предприятия.

Технологический маршрут изготовления детали (способ 1):

1. Перемещение
2. Отрезка
3. Перемещение
4. Отрезка
5. Перемещение
6. Вырубка, пробика
7. Перемещение
8. Галтовка
9. Перемещение
10. Гибка, калибровка
11. Контроль
12. Перемещение

Данная технологическая схема имеет ряд недостатков: излишнее использование физического труда работников, экономически не выгодно делать 2 штампа.

Технологический маршрут изготовления детали (способ 2) :

1. Перемещение
2. Отрезка
3. Перемещение
4. Лазерная резка
5. Перемещение
6. Гибка, калибровка
7. Перемещение

8. Галтовка
9. Перемещение
- 10.Контроль
- 11.Перемещение

Схема второго технологического маршрута не имеет таких недостатков, как в первом технологическом маршруте.

Достоинства второго маршрута состоят в том, что в одном штампе делается сразу 2 операции и задействуется лазерная резка это экономически выгодно, физический труд рабочих минимизирован.

Исходя из двух технологических маршрутов и количества штампуемых деталей за год 500990, экономически выгодно вырезать деталь на лазерной резке и в штампе делать пробивку и гибку, следовательно, на примере второго технологического маршрута будем составлять маршрутные карты.

### **1.5 Анализ в среде САЕ-системы технологичности изготовления детали в соответствии с оптимальным технологическим маршрутом**

САЕ-системы — это разнообразные программные продукты, позволяющие при помощи расчётных методов (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объёмов) оценить, как поведёт себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Помогают убедиться в работоспособности изделия, без привлечения больших затрат времени и средств.

Технологические процессы холодной листовой штамповки могут быть наиболее рациональными лишь при условии создания технологической конструкции или формы детали, допускающей наиболее простое и экономическое изготовление. Поэтому технологичность листоштампованных деталей является наиболее важной предпосылкой прогрессивности технологических методов и экономичности производства.

Под технологичностью следует понимать такую совокупность свойств и конструктивных элементов, которые обеспечивают наиболее простое и экономичное изготовление деталей при соблюдении технологических и эксплуатационных требований к ним.

Основные технологические требования к конструкции плоских деталей, получаемых гибкой:

Одно из основных требований – соответствие радиуса гибки значениям, при которых обеспечивается изгиб заготовки без ее разрушения.

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

### 2.1 Выбор типа и технологической схемы штампов для операций технологического процесса

Гибочные штампы применяются для придания изогнутой формы изделию. Процесс гибки состоит в том, что плоскую заготовку кладут на матрицу, имеющую форму изогнутого изделия и придавливают сверху пуансоном. Контур пуансона параллелен контуру матрицы и отстоит от нее на расстоянии толщины изгибаемого изделия. Гибка является очень распространенной операцией холодной штамповки и осуществляется в штампах на универсальных одностоечных и двухстоечных прессах, а также на гидравлических прессах.

После того как изделие вынуто из штампа, благодаря упругим свойствам металла меняются угол и радиус гибки. Это свойство называется пружинением. Углом пружинения называется разница между углами гибки изделия при нахождении в штампе и вне его. Некоторые изделия нельзя изогнуть в одном штампе, поэтому для таких изделий изготавливают операционные штампы, каждый из них производит только одну операцию гибки.

### 2.2 Описание конструкции штампа

Штамп гибочный, выполняет только операцию гибки.

Штамп состоит из нижней неподвижной части, прикрепляемой к столу пресса и верхней подвижной части, прикрепляемой к ползуну пресса.

Конструктивной основой нижней неподвижной части штампа является плита нижняя, прикрепляемая болтами к неподвижному столу пресса. На нижнюю плиту установлена матрица, имеющая отверстие служащее гибки детали.

Матрица ориентируется относительно нижней плиты при помощи штифтов и прикрепляется к ней при помощи болтов. Конструктивной основой верхней подвижной части штампа является плита верхняя.

В плите установлен хвостовик, при помощи которого штамп прикрепляется к ползуну пресса, от которого и получает движение. Хвостовик зафиксирован от проворачивания штифтом.

На верхней плите установлен гибочный пуансон, служащий для гибки детали. Пуансон ориентируется относительно верхней плиты при помощи

					КП САПР.11 2021.01.00.000.ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

штифтов и прикрепляются к ней при помощи винтов . Верхняя и нижняя части штампа ориентируются и направляются друг относительно друга при помощи втулок и колонок . Заготовка вручную помещается в штамп и устанавливается в необходимом положении .

При движении подвижной части вниз пуансон подходит к заготовке. При дальнейшем движении подвижной части пуансон опускается, сдвигая, через толкатели заготовку.

В крайнем нижнем положении пуансон на некоторой длине находится в отверстии матрицы, а деталь - согнута по линиям сгиба и надета на пуансон. Деталь снимается с пуансона и убирается вручную. 3D модель описуемого штампа представлен на рисунке 2.1.

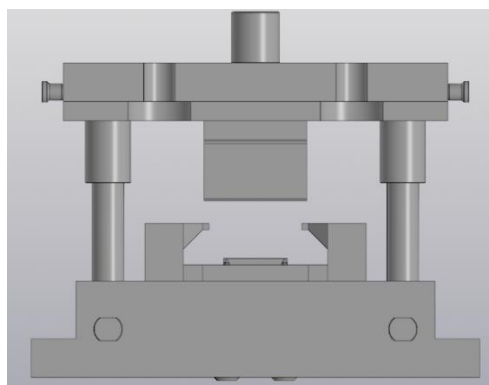


Рисунок 2.1 – 3D модель описуемого штампа

### **2.3 Проектирование сборочной параметрической электронной модели пакета штампа в САПР. Прочностной расчет и оптимизация рабочих деталей штампа в CAE-системе.**

Под параметрической моделью понимают геометрическую модель, изменением параметров которой можно получать разные варианты дизайна.

Параметризованный чертеж детали содержит множество переменных, представленных в виде таблицы параметров. Переменными могут быть не только числовые значения, но и текстовые. Они доступны для изменения на любой стадии их использования. Помимо этого в текстовые строки можно вставлять и численные переменные.

При параметрическом проектировании изделия разрабатывают комплект чертежей, которые могут иметь общий набор переменных параметров.

Блок штампа — узел штампа для крепления пакета штампа и (или) совмещения рабочих элементов при штамповке.

В зависимости от расположения направленных узлов различают блоки штампа с диагональным, осевым и задним расположением, а по их количеству — с двумя и четырьмя направляющими узлами, блок штампа включает верхнюю и нижнюю плиты, а также направленный узел штампа.

Пакет штампа — это все элементы штампа, которые воздействуют на заготовку (пуансон, матрица, фиксаторы, упоры и тд )

Использование наполненной базы стандартных изделий позволяет оптимизировать конструкторско-технологическую подготовку производства и сократить сроки разработки.

В нашей сборке в пакет электронной модели штампа входят следующие детали: пуансон, матрица, съемник, планка, выталкиватель, упор и фиксатор.

3D модель параметризованного пуансона показана на рисунке 2.2

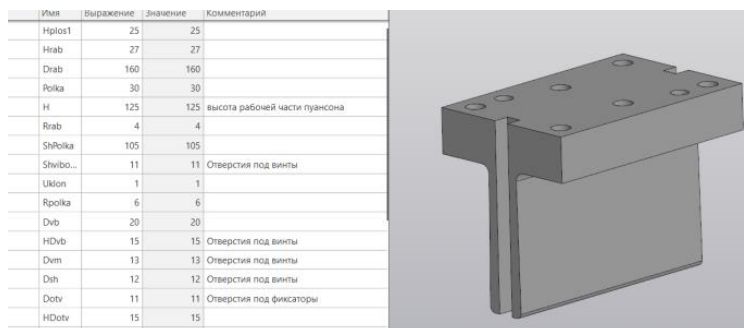


Рисунок 2.2 – 3D модель параметризованного пуансона

На рисунке 2.3 показана зависимость отверстий в пуансоне

v71		0
v72	Drab	160
v73	ShPolka	105
v393	Dvm	13
v394	Dvm	13
v395	Dvm	13
v396	Dvm	13
v397	Dvm	13
v398	Dvm	13
v399	Dsh	12
v400	Dsh	12
* Элемент выталкивания2		
* Элемент4		
v131		0
v135	Shviborka	11
v136	Shviborka	11
v402	(Drab/2)-(S...	74.5
v403	(Drab/2)-(S...	74.5
v404	Shviborka	11
v405	Shviborka	11

Рисунок 2.3 – Зависимость отверстий в пуансоне

На рисунке 2.4 показана электронная параметризованная модель матрицы

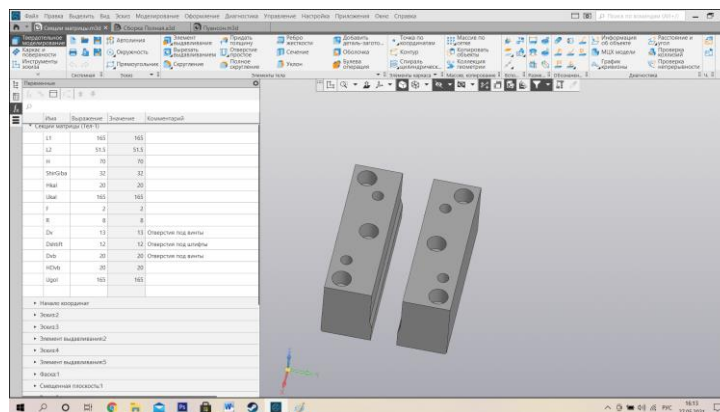


Рисунок 2.4 – 3D модель параметризованной матрицы

На рисунке 2.5 показана зависимость отверстий в матрице

v347		0
v366	Dv	13
v367	Dv	13
v368	Dv	13
v369	Dv	13
v370	Dv	13
v371	Dv	13
v372	Dshift	12
v373	Dshift	12
v374	Dshift	12
v375	Dshift	12
Элемент выдавливания:б		
Эскиз:б		
v376		0
v377	Dvb	20
v378	Dvb	20
v379	Dvb	20
v380	Dvb	20
v381	Dvb	20
v382	Dvb	20

Рисунок 2.5 – Зависимость отверстий в матрице

На рисунке 2.6 показана электронная параметризованная модель выталкивателя

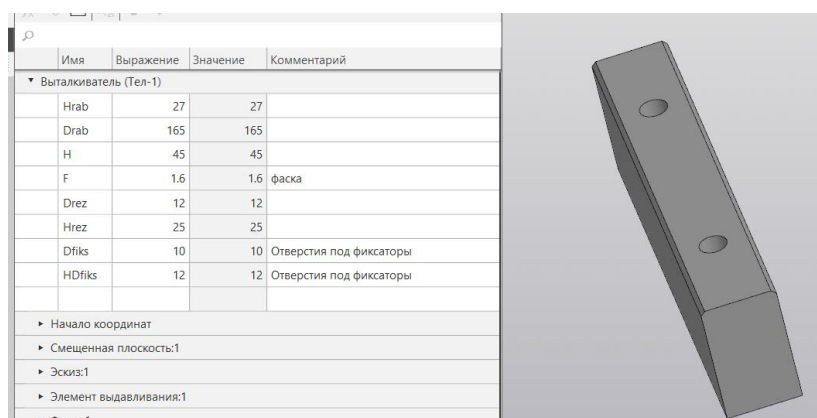


Рисунок 2.6 – 3D модель параметризованного выталкивателя

На рисунке 2.7 показана зависимость отверстий выталкивателя

▼ Эскиз:1		
v14		0
v15	Hrab	27
v16	Drab	165
► Элемент выдавливания:1		
► Фаска:1		
▼ Эскиз:3		
v71		0
v72	Drez	12
v73	Drez	12
► Элемент выдавливания:3		
► Смещенная плоскость:2		
► Копирование:3		
▼ Эскиз:4		
v107		0
v108	Dfiks	10
v109	Dfiks	10

Рисунок 2.7 – Зависимость отверстий выталкивателя

На рисунке 2.8 показана электронная параметризованная модель планки

Имя	Выражение	Значение	Комментарий
▼ Планка (Тел-1)			
L1	30	30	
L2	130	130	
H	70	70	
Dvb	20	20	
HDvb	20	20	
Dvm	13	13	Отверстия под винты
Dsh	12	12	Отверстия под штифты
► Начало координат			
► Копирование:1			
► Эскиз:1			

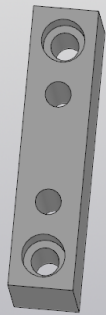


Рисунок 2.8 – 3D модель параметризованной планки

На рисунке 2.9 показана зависимость отверстий планки

▼ Эскиз:1		
v10		0
v11	L1	30
v12	L2	130
v13	97.5	97.5
v72	Dvm	13
v73	Dvm	13
v74	Dsh	12
v75	Dsh	12
► Элемент выдавливания:1		
► Смещенная плоскость:1		
▼ Эскиз:2		
v45		0
v46	Dvb	20
v47	Dvb	20
► Элемент выдавливания:2		

Рисунок 2.9 – Зависимость отверстий планки

На рисунке 2.10 показана электронная параметризованная модель съёмника

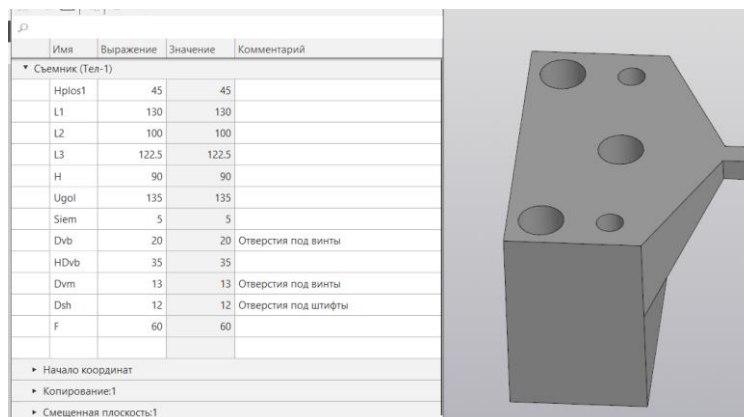


Рисунок 2.10 – 3D модель параметризованного съёмника

На рисунке 2.11 показана зависимость отверстий съёмника

v121		0
v122	Siem	5
v123	L1/2-5	60
v125	Siem	5
v126	L1/2-5	60
v164	L2-60	40
v165	L2-60	40
► Элемент выдвигания3		
▼ Эскиз:6		
v166		0
v221	Dvm	13
v222	Dvm	13
v223	Dvm	13
v224	Dsh	12
v225	Dsh	12
► Элемент выдвигания4		
► Смещенная плоскость:2		
▼ Эскиз:7		
v190		0
v191	Dvb	20
v192	Dvb	20
v193	Dvb	20

Рисунок 2.11 – Зависимость отверстий съёмника

На рисунке 2.12 показана электронная параметризованная модель упора

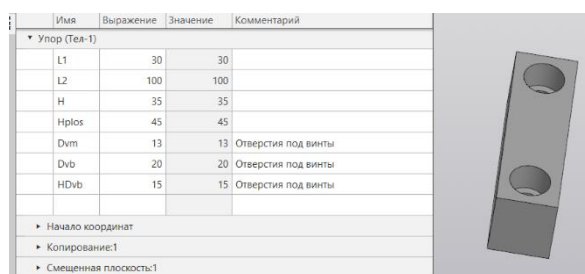


Рисунок 2.12 – 3D модель параметризованного упора



На рисунке 2.13 показана зависимость отверстий упора

v13		0
v14	L1	30
v15	L2	100
v17	0	0
v69	112	112
v70	Dvm	13
v71	Dvm	13
Элемент выдавливания:1		
Смещенная плоскость:2		
Эскиз:2		
v76		0
v77	Dvb	20
v78	Dvb	20
Элемент выдавливания:2		

На рисунке 2.14 показана электронная параметризованная модель фиксатора

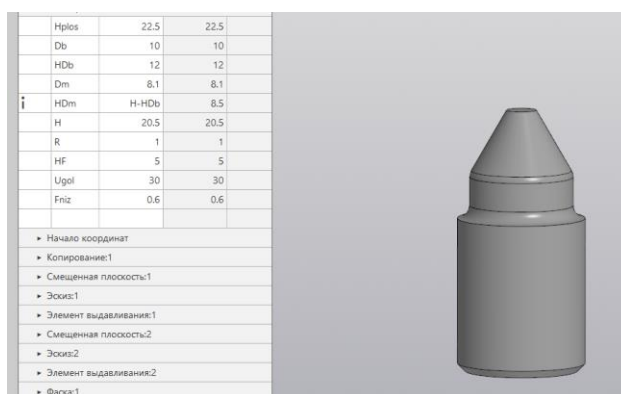


Рисунок 2.14 – 3D модель параметризованного фиксатора

Остальные переменные, не показанные в таблице это размеры высот, длин, радиусов и фасок.

## 2.4 Проектирование сборочной параметрической электронной модели штампа в САПР

Штамп — инструмент для получения идентичных изделий (деталей, заготовок, поковок) методом пластической деформации. Штампы пластически (то есть, не упруго) деформируют материал заготовки, придавая ему форму рабочей части штампа. Штамп устанавливается на оборудование штамповки — прессы, молоты, — которое и приводит его в действие.

Создание параметрической электронной модели штампа начинается с компоновочной геометрии, скриншот которой представлен на рисунке 2.25, затем, после создания компоновки, мы уже создаем и детали в 3D, компоновочная геометрия нам нужна для того, чтобы мы видели, что мы

## 2.6 Выбор оборудования для операций технологического процесса и описание его технических характеристик

Процесс пластической деформации при гибке всегда сопровождается упругой деформацией, величина которой зависит от условий гибки и соотношения размеров изгибаемой заготовки и обязательно учитывается при проектировании штампов.

Усилие прессы обычно берется значительно больше расчетного усилия гибки для увеличения запаса жесткости и повышения надежности и долговечности прессы и штампа. Следовательно, полное усилие гибки зависит от сумм длин линийгиба, толщины материала и предела прочности штампуемого материала.

При свободной гибке требуемое усилие  $P_{\text{сб}}$  (Н) определяют по формуле [1]:

$$P_{\text{сб}} = B_{\Sigma} \cdot S \cdot K_{\Sigma} \cdot \sigma_{\text{в}}, \text{ Н} \quad (2.1)$$

где  $B_{\Sigma}$  - сумма длин линий сгиба, которые обеспечиваются за одну операцию, мм;

$S$  - толщина материала, мм;

$K_{\Sigma}$  - коэффициент, определяемый в зависимости от  $r / S = 1,25$  по таблице [1],  $K_{\Sigma} = 0,31$ ;

$\sigma_{\text{в}}$  - предел прочности штампуемого материала, МПа. Для материала ст3пс  $\sigma_{\text{в}} = 470 \text{ МПа}$

$$P_{\text{сб}} = 155 \cdot 2 \cdot 2,5 \cdot 0,31 \cdot 470 = 112917,5 \text{ Н.}$$

Если гибка, осуществляется с правкой и калибровкой, то усилие  $P_{\text{кал}}$  определяется по формуле:

$$P_{\text{кал}} = q \cdot F \quad (2.2)$$

где  $q$  - удельное усилие правки и калибровки, Н/мм<sup>2</sup>;

$F$  - площадь поверхности детали,соприкасающейся с пуансоном, на плоскость, перпендикулярную к направлению действий усилия, мм<sup>2</sup>;

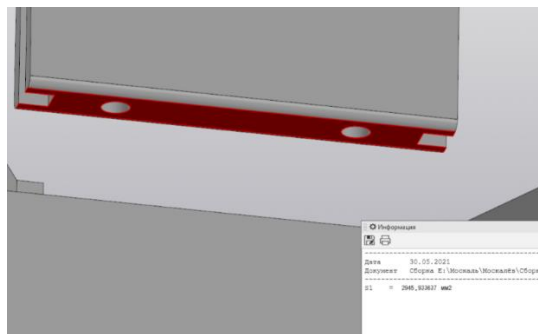


Рисунок 2.15 – Определение площади

$$P_{кал} = 150 \cdot 2945 = 441750 \text{ Н}$$

$$\Sigma P = P_{зб} + P_{кал} = 112917.5 + 441750 = 554667.5 \text{ Н.}$$

Работу деформации при гибке определяют по формуле:

$$A_{зб} = \frac{P_{\max} \cdot h}{2 \cdot 1000}, \text{ Дж} \quad (2.3)$$

где  $P_{\max} = 1,3P_{зб}$  - максимальное усилие гибки, Н;

$h$  - величина полного перемещения пуансона в матрицу, мм. Показано на рисунке 2.16

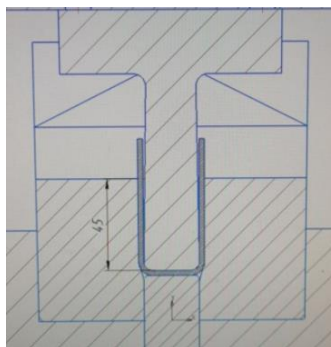


Рисунок 2.16 – Высота полного перемещения пуансона в матрицу

					КП САПР.11 2021.02.00.000.ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{\max} = 1,3 \cdot 554667,5 = 721067,75 \text{ Н.}$$

$$h = 45 \text{ мм}$$

$$A_{\text{зб}} = \frac{721067,75 \cdot 45}{2 \cdot 1000} = 16224 \text{ Дж.}$$

Требуемое усилие пресса вычисляется по формуле:

$$P_{\text{пресса}} = 1,25 \cdot P, \text{ Н.} \quad (2.4)$$

$$P_{\text{пресса}} = 1,25 \cdot 554667,5 = 693334,375 \text{ Н.}$$

Исходя из расчета полного усилия пресса выбираем пресс УМ 160 усилием 1600 кН (160 т.с.).

Технические характеристики пресса УМ 160:

1. Максимальное допустимое усилие – 160 т.с.
2. Ход ползуна регулируемый – наибольший 160 мм
3. Число ходов в минуту – 50
4. Отверстие в столе 480х320х420 мм
5. Расстояние от оси ползуна до станины – 480 мм
6. Наибольшее расстояние между столом и ползуном – 560 мм
7. Мощность электродвигателя главного привода – 19 кВт
8. Габариты 1900х2100х3700 мм
9. Масса – 15000 кг

