

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05
«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств», профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение
кузнечно-штамповочного производства» очной формы обучения*

Воронеж 2021

УДК 532:533(075.8)
ББК 22.253я7

Составители:

канд. техн. наук, доц. М. И. Попова
канд. техн. наук, доц. О. И. Попова

Программное обеспечение проектирования кузнечно-прессового оборудования: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства», очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: М. И. Попова, О. И. Попова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 36 с.

Методические указания служат для оказания помощи студентам при выполнении лабораторных работ.

Предназначены для студентов специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства» при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Программное обеспечение проектирования кузнечно-прессового оборудования».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ ПОПКПО. pdf.

Ил. 4. Табл. 6.

УДК 532:533(075.8)
ББК 22.253я7

Рецензент – А. В. Демидов, канд. техн. наук, доц. кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЭЛЕМЕНТЫ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК УДЛИНЕННОЙ ФОРМЫ.....	4
1.1. Общие вопросы	4
1.2. Кодирование чертежа поковки.....	5
1.3. Варианты заданий.....	6
2. ЭЛЕМЕНТЫ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ.....	10
2.1. Общие вопросы.....	10
2.2. Кодирование чертежа поковки.....	10
2.3. Варианты заданий.....	11
3. РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ САПР ШТАМПОВКИ ПОКОВОК НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ.....	15
3.1. Общие вопросы.....	15
3.2. Поковка типа стержня с утолщением.....	16
3.2.1. Кодирование чертежа поковки.....	16
3.2.2. Варианты заданий.....	17
3.3. Поковки типа колец и втулок.....	21
3.3.1. Кодирование чертежа поковки.....	21
3.3.2. Варианты заданий (поковки типа колец).....	22
3.3.3. Варианты заданий (поковки типа втулок).....	26
4. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ШТАМПОВКИ НА ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНОМ АППАРАТЕ.....	30
4.1. Общие вопросы.....	30
4.2. Варианты заданий.....	31
5. РАСЧЕТ НОРМ РАСХОДА МЕТАЛЛА В КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХАХ.....	35
5.1. Общие вопросы.....	35
5.2. Исходные данные.....	35

1. ЭЛЕМЕНТЫ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК УДЛИНЕННОЙ ФОРМЫ

1.1. Общие вопросы

Значительную часть номенклатуры поковок, штампуемых на молотах и прессах, составляют поковки удлиненной формы в плоскости разъема. Они могут быть с прямой или изогнутой в плоскости разъема осью и могут иметь отростки, развилины и др. Деформирование заготовок при получении поковок удлиненной формы осуществляется при перемещении подвижных частей штампа и направлении перпендикулярном ее оси («штамповка плашмя»).

Технология штамповки зависит от формы и размеров поковки в плоскости разъема, сложности ее поперечных сечений. При штамповке на молотах в заготовительных ручьях стремятся получать такую фасонную заготовку, площади поперечных сечений которой были бы максимально близки к суммарной площади соответствующих сечений поковки и заусенцу. Предварительное фасонирование исходной заготовки позволяет получать качественные поковки в штамповочных ручьях при минимальном расходе металла в заусенец и снижении износа ручьев штампа.

Конструктивные особенности кривошипных горячештамповочных прессов не позволяют осуществлять заготовительные операции по значительному перераспределению металла вдоль оси заготовки (протяжку и подкатку) подобно молотовой штамповке. Поэтому для поковок со значительным перепадом поперечных сечений по длине необходимо применять предварительное фасонирование на другом оборудовании: ковочных вальцах, горизонтально-ковочных машинах и др., либо применять спаривание поковок с расположением их валетом, многоштычную штамповку и т. п.

Общим при проектировании технологии штамповки поковок удлиненной формы, штампуемых на молотах и прессах, является построение расчетной заготовки. Под которой понимают условную (воображаемую) заготовку с круглыми поперечными сечениями, площади которых равны площадям соответствующих сечений поковки с заусенцами. Расчетную заготовку (ее эпюру сечений и эпюру диаметров) используют для определения объема и размеров исходной заготовки, а также для установления вида заготовительных ручьев.

В отличие от поковок типа тел вращения для рассматриваемых поковок разработать универсальную систему кодирования, адекватно описывающую геометрический образ, практически трудно из-за сложности и многообразия их форм. Предлагаемая Тетериным Г. П. система кодирования, включающая разбивку поковки на типовые элементы и определение кодировочных сведений для каждого элемента, имеет ограниченный характер, слишком громоздка и трудоемка. Поэтому в рассматриваемых алгоритмах используется система кодирования, которая включает определение площадей поперечного сечения поковки в характерных местах как при обычном не автоматизированном проектировании.

В данной работе разработаны два независимых алгоритма и соответствующие программы для расчета основных технологических параметров при штамповке на прессах и молотах.

1.2. Кодирование чертежа поковки

Для упрощения кодирования выберем систему координат так, чтобы ось абсцисс совпадала с осью поковки (или ее разверткой, если поковка с изогнутой осью), а начало отсчета с одним из концов поковки (у поковок с головкой начало отсчета со стороны головки). Примем ось ординат за площадь поперечного сечения поковки (рис. 1). Тогда совокупность пар чисел x_i, F_i будет определять точки графика изменения площади поперечного сечения поковки по ее длине.

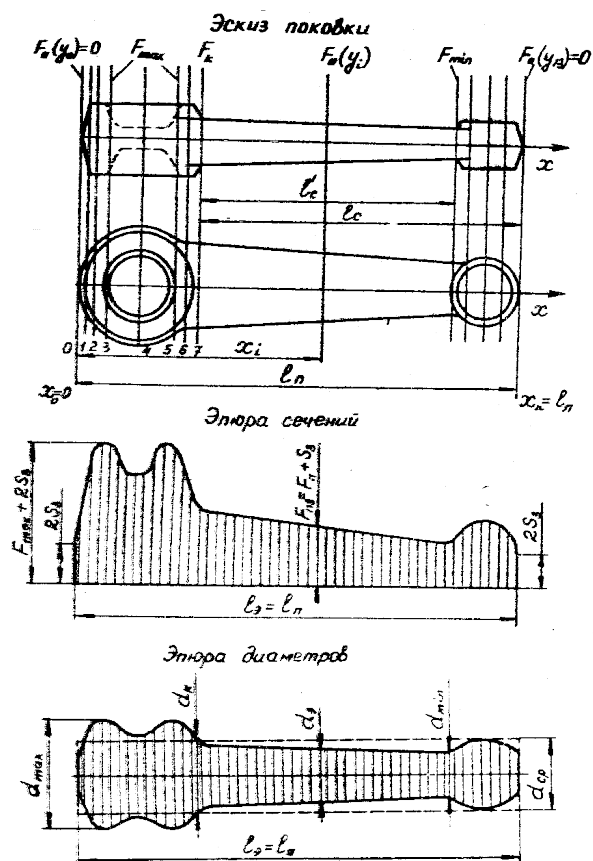


Рис. 1. Схема кодирования и построения расчетной заготовки

Таким образом, исходными данными для расчетов являются:

n – количество характерных сечений;

x_i – координаты (абсциссы) характерных сечений по оси x ;

F_i – площади соответствующих сечений поковки;

i – номер сечения $0, 1, 2, 3, n$.

На участках с интенсивным изменением F_i по длине поковки характерные сечения выбирают с небольшим шагом (2-6 мм), а на участках с незначительными перепадами площадей – 10-50 и более мм.

Для вариантов 11-15 длина развернутой оси поковки вычисляется по формуле:

$$l = \frac{2 \arcsin(\sqrt{4R^2 - L^2})/2R}{180} \cdot \pi \cdot R + (D_1 + D_2)/2$$

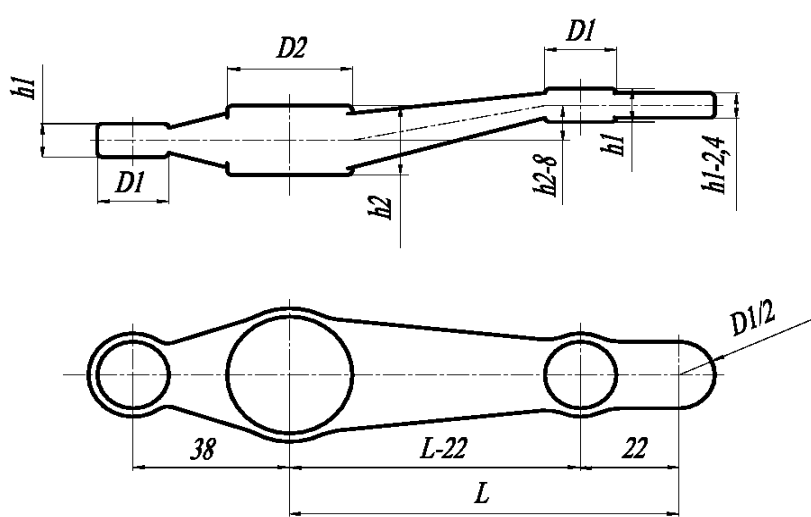
Система КОМПАС-3D предназначена для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности. Она может успешно использоваться в машиностроении и приборостроении, архитектуре и строительстве, то есть везде, где необходимо разрабатывать и выпускать чертежную документацию. КОМПАС-3D разработан специально для операционной среды Windows фирмой АСКОН, которая занимает ведущее место среди разработчиков пакетов программ, автоматизирующих конструкторскую деятельность.

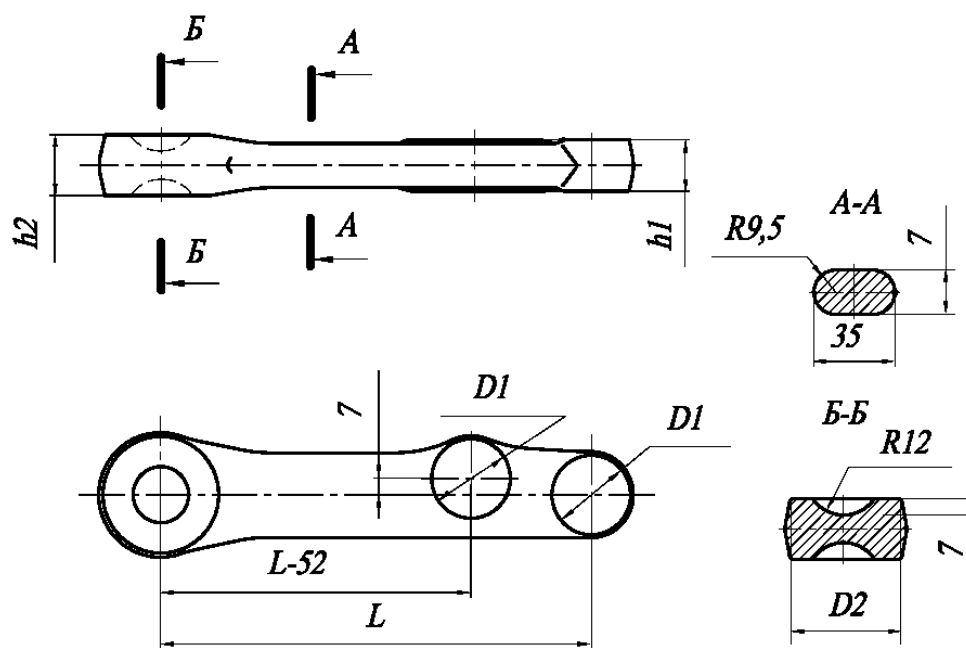
Основными компонентами системы КОМПАС-3D являются:

- параметрическая чертежно-конструкторская система КОМПАС-ГРАФИК с большим количеством приложений;
- система трехмерного твердотельного проектирования КОМПАС-3D;
- система проектирования технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ;
- различные модули (библиотеки), т.е. дополнительные программы для выполнения специализированных задач (расчет и вычерчивание зубчатых, резьбовых и других соединений, различных схем и т.д.).

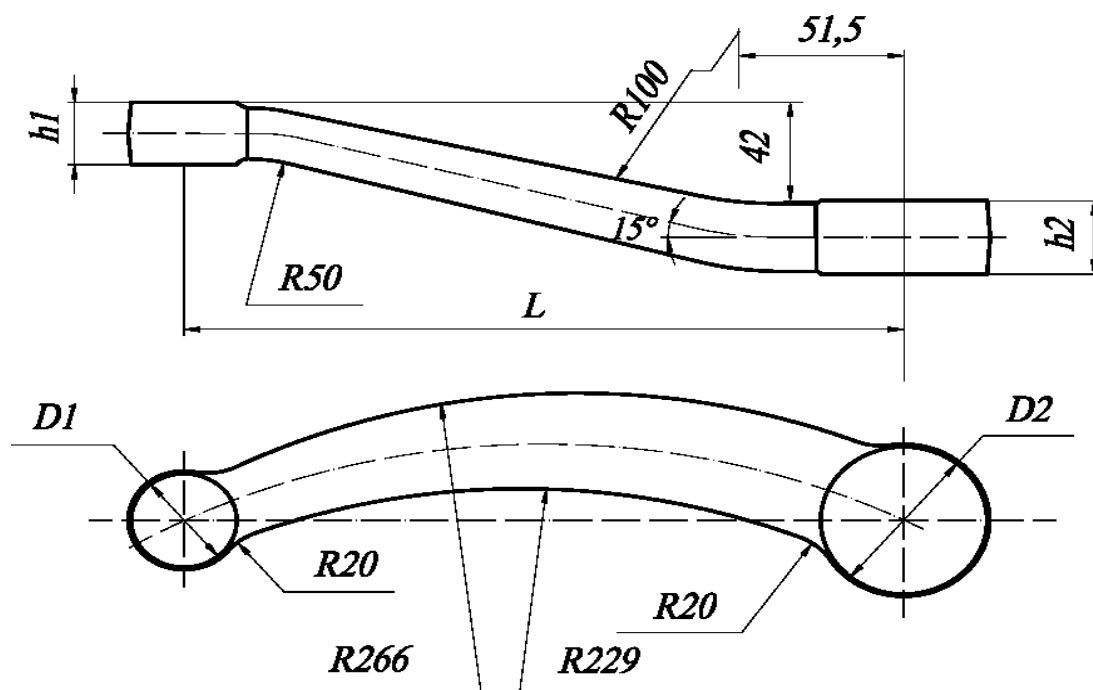
1.3. Варианты заданий

Таблица 1

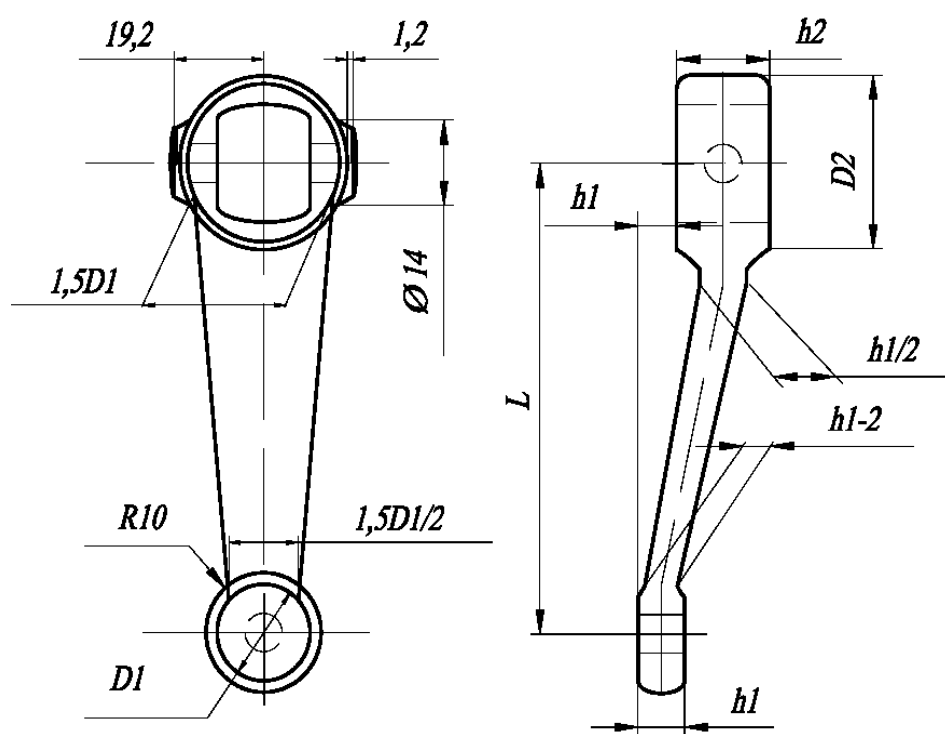
					
№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	L
1	8	12	14	25	83
2	9	13	15	27	85
3	10	14	16	29	87
4	11	15	17	30	89
5	12	16	18	32	91



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	L
6	21	24	32	46	180
7	22	25	33	47	184
8	23	26	34	48	188
9	24	27	35	49	192
10	25	28	36	50	196



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	L
11	20	24	31	48	217
12	21	25	32	50	221
13	22	26	33	52	225
14	23	27	34	54	229
15	24	28	35	56	233



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	L
16	7	19	18	32	93
17	8	20	19	34	95
18	9	21	20	36	97
19	10	22	21	38	99
20	11	23	22	40	101

2. ЭЛЕМЕНТЫ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

2.1. Общие вопросы

Данный алгоритм и программы предназначены для автоматизированного проектирования и расчета параметров процесса горячей объемной штамповки поковок типа тел вращения на молотах и кривошипных горячештамповочных прессах в открытых штампах.

Исходной информацией для расчетов является чертеж поковки, предварительно разработанный в соответствии с ГОСТ 7505-84. Поковки для деталей с отверстиями более 30 мм штампуют с наметкой отверстия. В этом случае на чертеже поковки, подготовленном для кодирования, наносят перемычку (рис. 2). При проектировании чертежа поковки решаются вопросы назначения напусков, припусков; допусков, штамповочных клонов, радиусов закругления, положение плоскости разъема.

2.2. Кодирование чертежа поковки

Для кодирования рассматривают контур поковки (с перемычкой под прошивку, если она имеется) в плоскости сечения, проходящей через ее ось (рис. 2.).

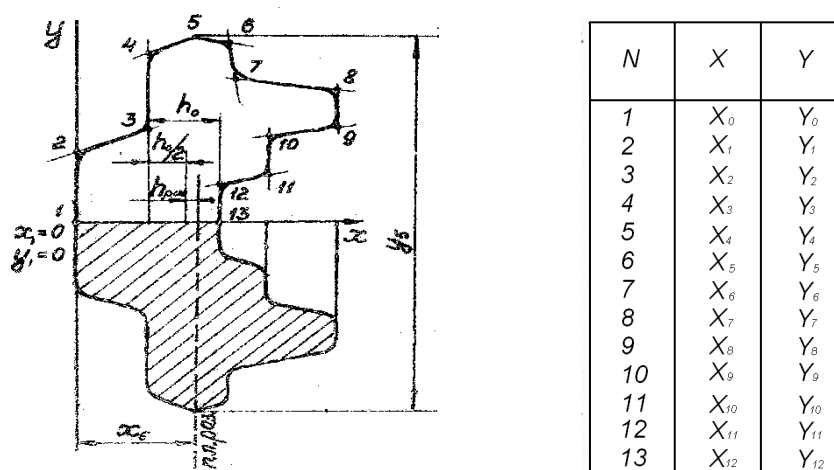


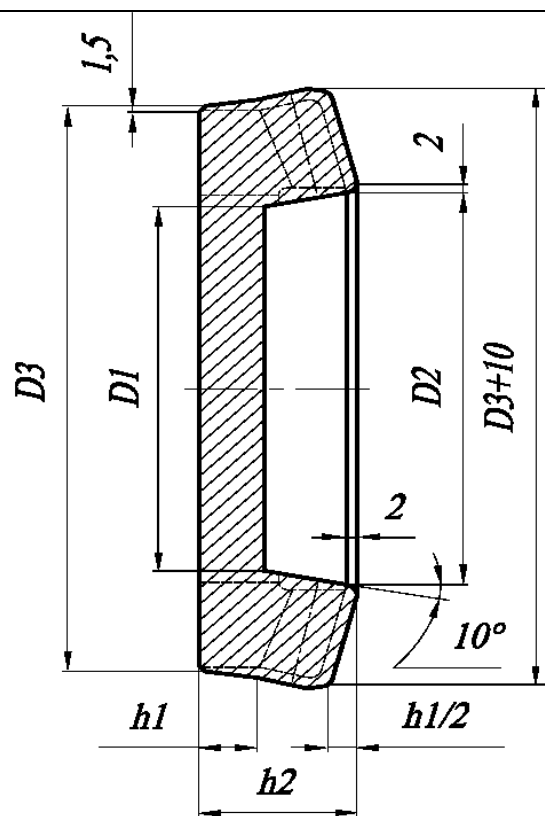
Рис. 2. Схема кодирования чертежа поковки

Контур поковки необходимо упростить и представить в виде ломанной линии, при вращении которой вокруг оси, будет образовано тело вращения, состоящее из цилиндрических и конических элементов. На половине осевого сечения поковки проводят оси x и y таким образом, чтобы ось x совпадала с осью поковки, а ось y — с одним из торцов. Всем вершинам (узловым точкам) ломанной линии контура присваивают номера от 0 до m . Первую $i=1$ и последнюю $i=m$ точки необходимо располагать на оси x . Для каждой узловой точки записывают пару чисел x_i и y_i , x_i — является абсциссой точки с номером i , а за y_i — принимают (для упрощения кодирования и расчетов) диаметр поковки в этой точке (или ее удвоенную ординату).

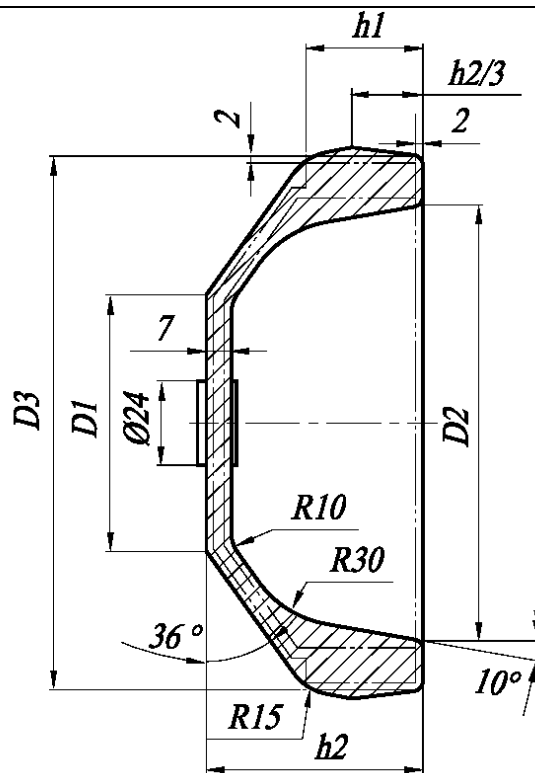
Таким образом, геометрический образ поковки описывается последовательностью пар чисел x_i и y_i , номера которых соответствуют номерам встречи с этими точками при обходе половины контура по часовой стрелке.

2.3. Варианты заданий

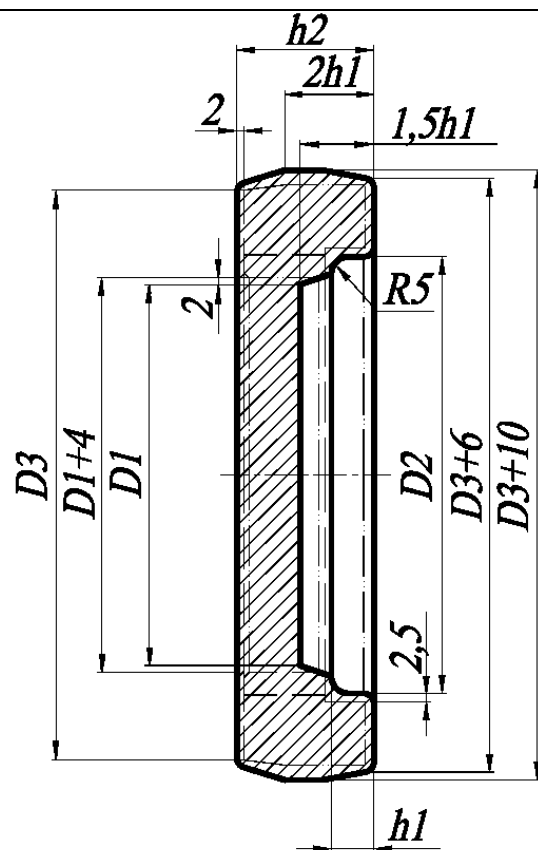
Таблица 2



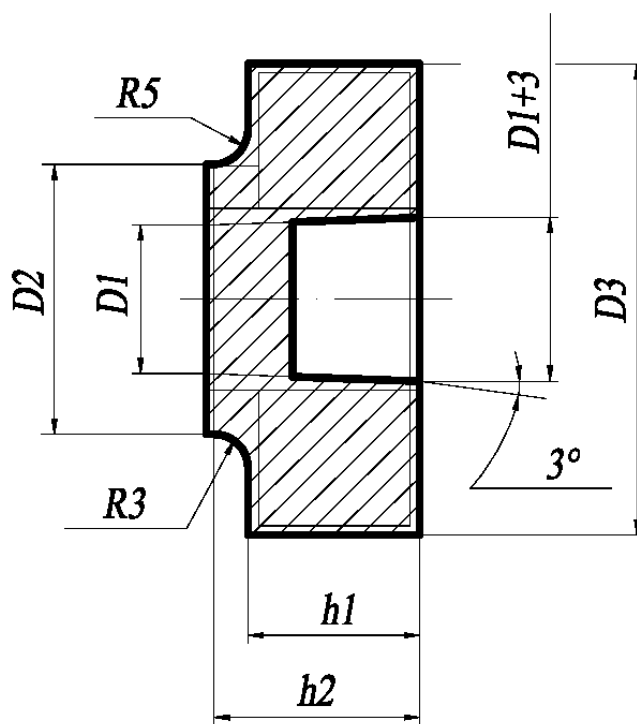
№ варианта	Параметры				
	$h1$	$h2$	$D1$	$D2$	$D3$
1	12	37	98	107	154
2	13	38	100	109	156
3	14	39	102	111	158
4	15	40	104	113	160
5	16	41	106	52	162



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
6	31	59	69	120	148
7	32	60	71	122	150
8	33	61	73	124	152
9	34	62	75	126	154
10	35	63	77	128	156



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
11	12	38	108	130	164
12	13	39	110	132	166
13	14	40	112	134	168
14	15	41	114	136	170
15	16	42	116	138	172



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
16	26	32	22	40	74
17	27	33	23	42	76
18	28	34	24	44	78
19	29	35	25	46	80
20	30	36	26	48	82

3. РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ САПР ШТАМПОВКИ ПОКОВОК НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ

3.1. Общие вопросы

Процесс проектирования высадки на ГКМ в САПР горячештамповочного производства выделяется в отдельную подсистему. Это связано прежде всего с тем, что технология штамповки на ГКМ существенно отличается от штамповки на молотах и прессах из-за их принципиальных конструктивных различий. Наличие в ГКМ двух ползунов и соответственно двух взаимно перпендикулярных поверхностей разъема штампов определяют специфичную номенклатуру штампуемых поковок. Большинство из них имеют форму тел вращения: стержни с утолщением, кольца, втулки и т. п., которые получают преимущественно в закрытых штампах без облоя. Расчеты основных технологических параметров (размеров исходной заготовки, переходов штамповки и др.) отличаются от соответствующих расчетов для технологий изготовления поковок на других видах кузнечно-штамповочного оборудования.

В разработанной подсистеме за основу приняты известные методики проектирования. В этих методиках многие вопросы расчета технологических параметров не формализованы и решаются на практике субъективно, т. е. на основе личного опыта проектировщика или традиций конкретного производства. В данной работе представлено математическое описание основных этапов проектирования процессов штамповки на ГКМ и ГША: метод расчета наборных переходов на двойной конус, коррекция расчетных наборных переходов в соответствии с формой получаемой поковки, оптимизация диаметра исходной заготовки при высадке колец, расчет параметров процессов штамповки на горячештамповочном автомате, расчет норм расхода металла для различных видов поставки сортового проката и др.

В подсистеме проектирования выделены четыре блока:

- определение основных параметров высадки на ГКМ поковок типа стержня с утолщением;
- определение основных параметров высадки на ГКМ поковок типа колец и втулок;
- расчет параметров штамповки на горячештамповочном автомате АМР-70;
- расчет нормы расхода металла (раскрой металлопроката).

3.2. Поковка типа стержня с утолщением

3.2.1. Кодирование чертежа поковки

Исходной информацией для проектирования является чертеж поковки. Для его кодирования удобно рассматривать контур поковки в плоскости сечения, проходящей через ее ось (рис. 3).

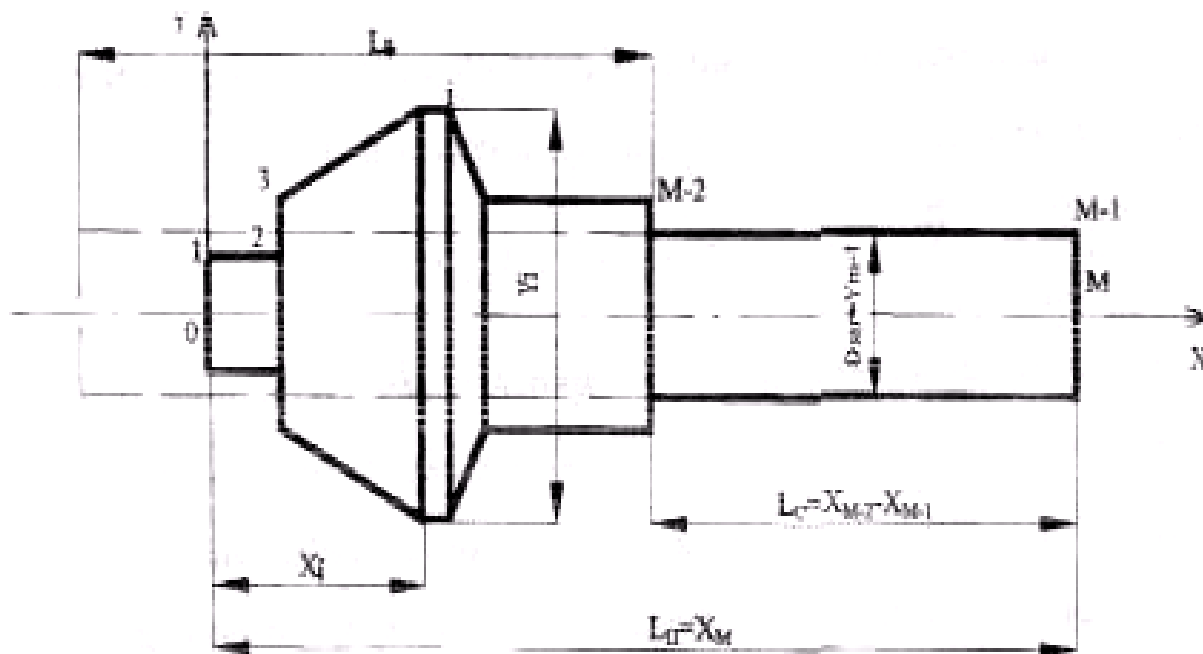


Рис. 3. Схема кодирования чертежа поковки

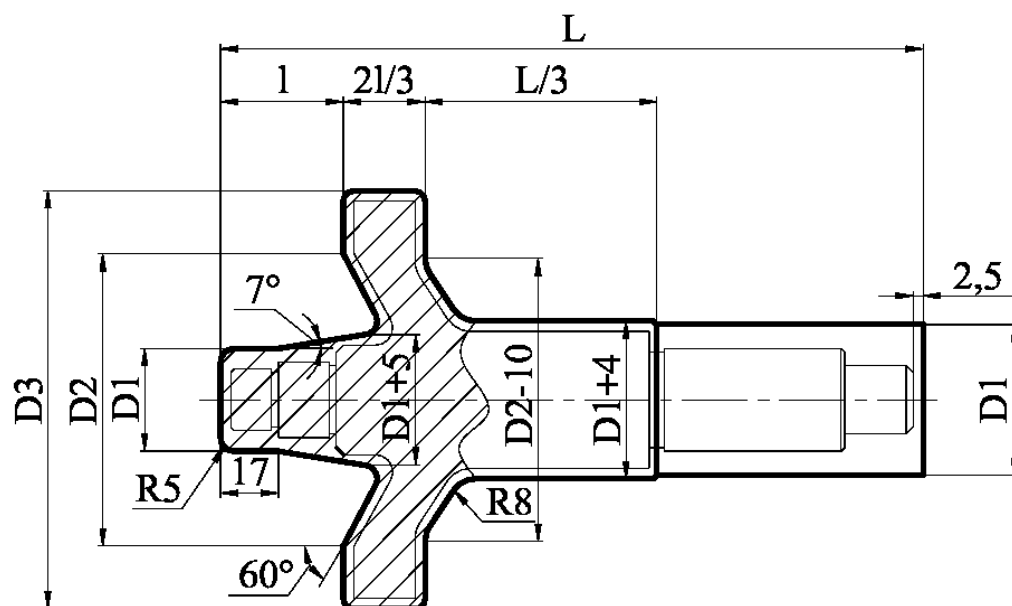
Контур предварительно необходимо упростить и представить в виде ломаной линии, при вращении которой вокруг оси будет образовано тело вращения, состоящее из цилиндрических и конических элементов. При этом нужно стремиться описать контур поковки минимумом точек с максимальной степенью приближения ломаной линии к действительному контуру поковки.

Кодирование осуществляется в прямоугольной двухмерной системе координат, ось X совпадает с осью поковки, а ось Y перпендикулярна оси X и лежит в плоскости торца поковки со стороны утолщения. Контур поковки задается последовательностью пар чисел X_i и Y_i ; где X_i – координата узловой точки по оси поковки; Y_i – диаметр поковки, соответствующий данной узловой точке, i – номер точки контура поковки ($i = 1, 2, 3, \dots, M$).

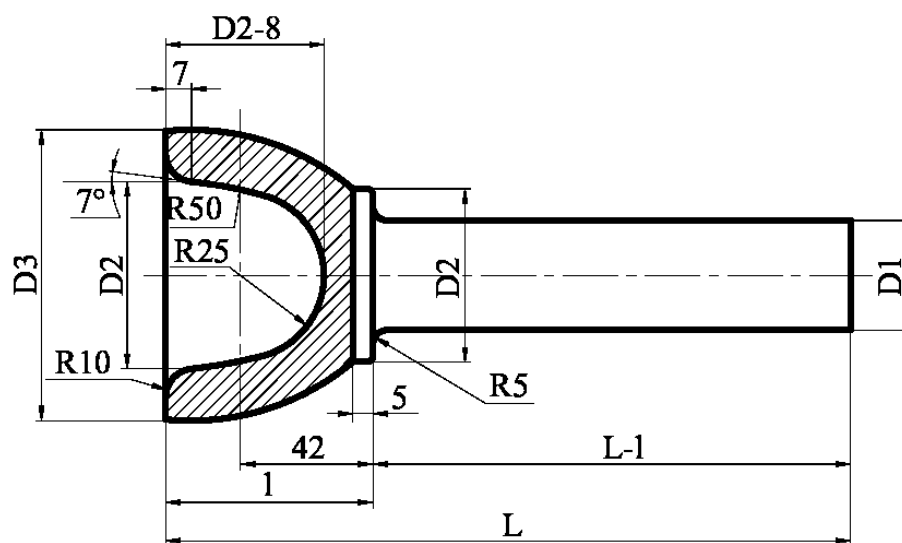
При кодировании чертежа поковки следует располагать справа от начала отсчета по оси X , а обход контура вести по часовой стрелке. Для поволоков типа стержня с утолщением последняя точка контура M должна лежать на оси X (рис. 3), а для поволоков колец и втулок – совпадать с первой (рис. 4).

3.2.2. Варианты заданий

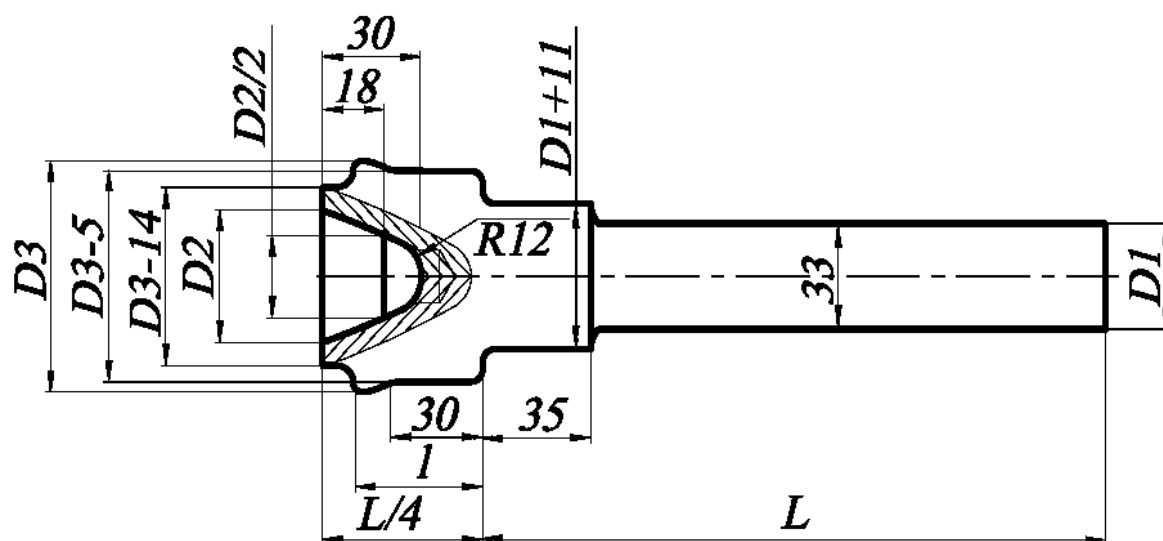
Таблица 3



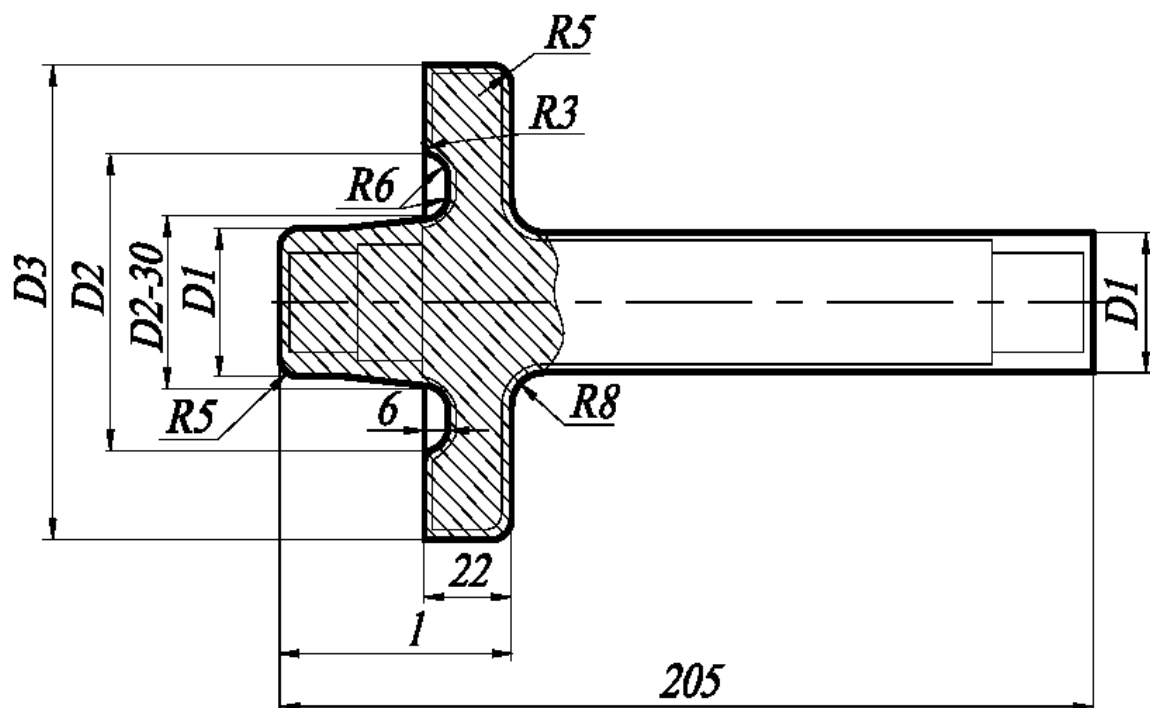
№ варианта	Параметры				
	I	L	D1	D2	D3
1	34	201	36	92	126
2	35	203	37	93	128
3	36	205	38	94	130
4	37	207	39	95	132
5	38	209	40	96	134



№ варианта	Параметры				
	I	L	D1	D2	D3
6	70	233	36	60	96
7	71	235	37	61	98
8	72	237	38	62	100
9	73	239	39	63	102
10	74	241	40	64	104



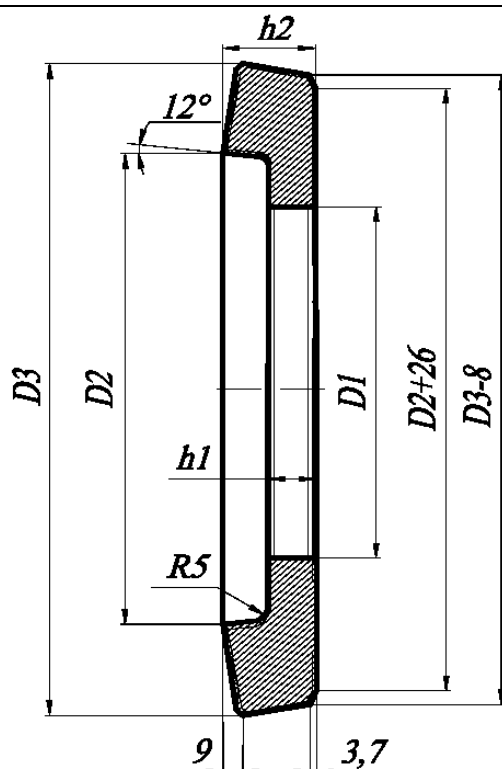
№ варианта	Параметры				
	I	L	D1	D2	D3
11	37	200	31	38	68
12	39	202	32	39	69
13	41	204	33	40	70
14	43	206	34	41	71
15	45	208	35	42	72



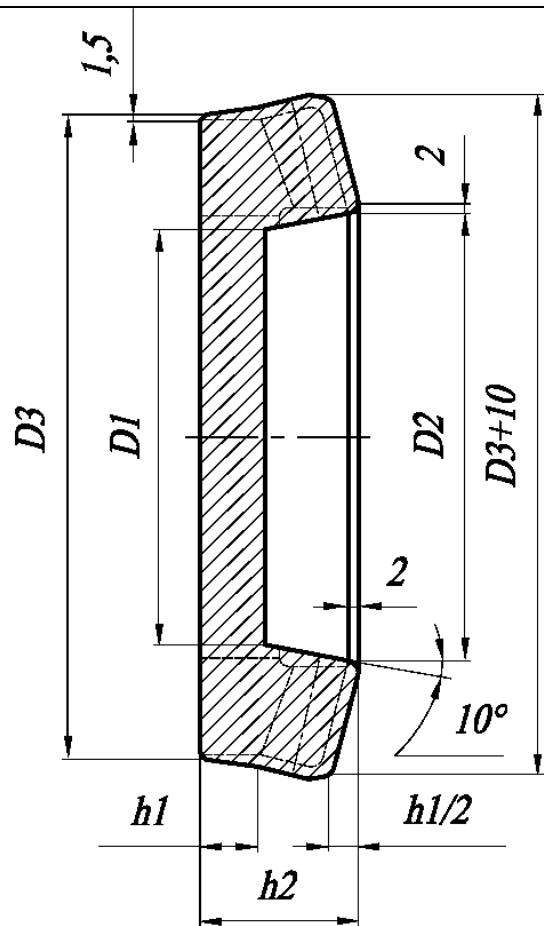
№ варианта	Параметры				
	I	L	D1	D2	D3
16	65	201	32	70	112
17	66	203	33	71	114
18	67	205	34	72	116
19	68	207	35	73	118
20	69	209	36	74	120

3.3.2. Варианты заданий (поковки типа колец)

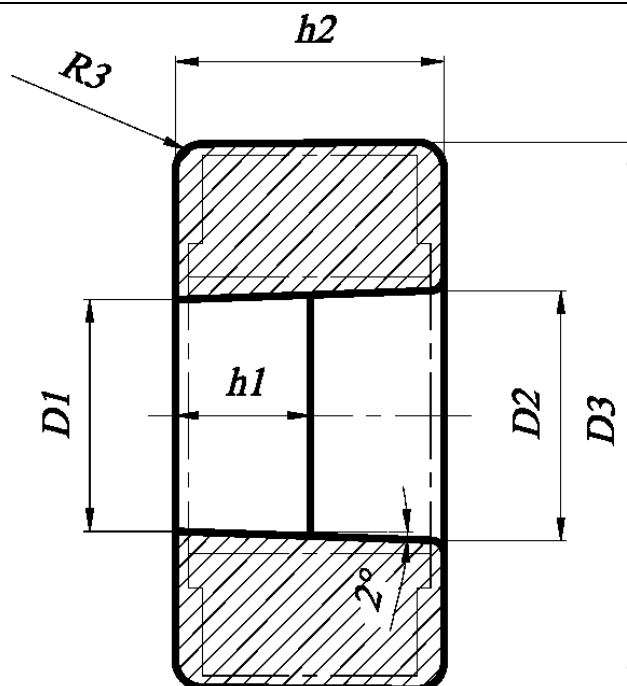
Таблица 4



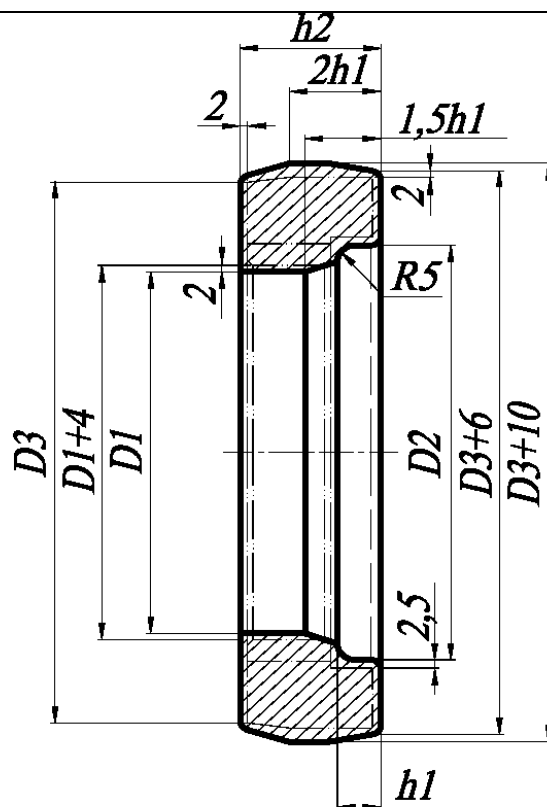
№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
1	13	28	114	160	252
2	14	29	116	162	254
3	15	30	118	164	256
4	16	31	120	166	258
5	17	32	122	168	260



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
6	12	37	98	107	154
7	13	38	100	109	156
8	14	39	102	111	158
9	15	40	104	113	160
10	16	41	106	52	162



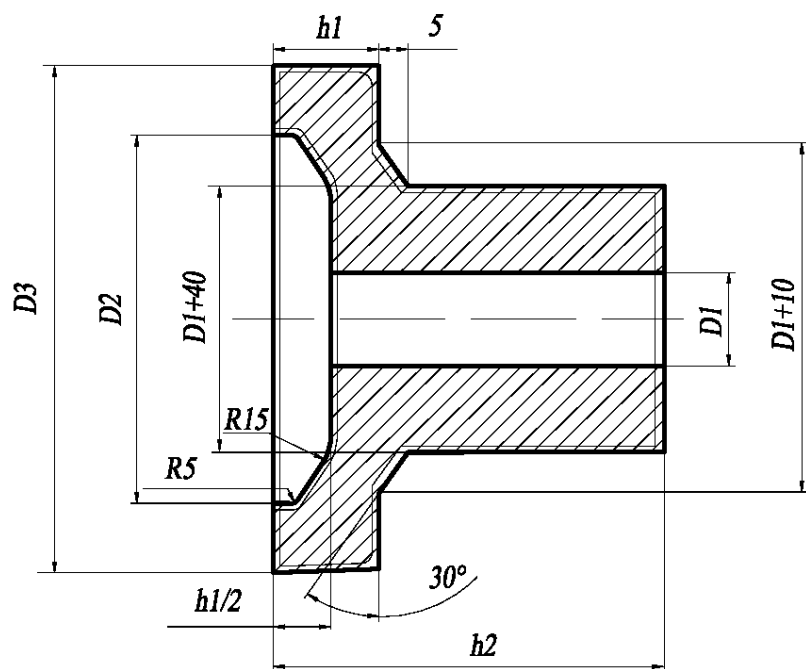
№ варианта	Параметры				
	h_1	h_2	D_1	D_2	D_3
11	18	26	24	26	56
12	19	28	25	27	58
13	20	30	26	28	60
14	21	32	27	29	62
15	22	34	28	30	64



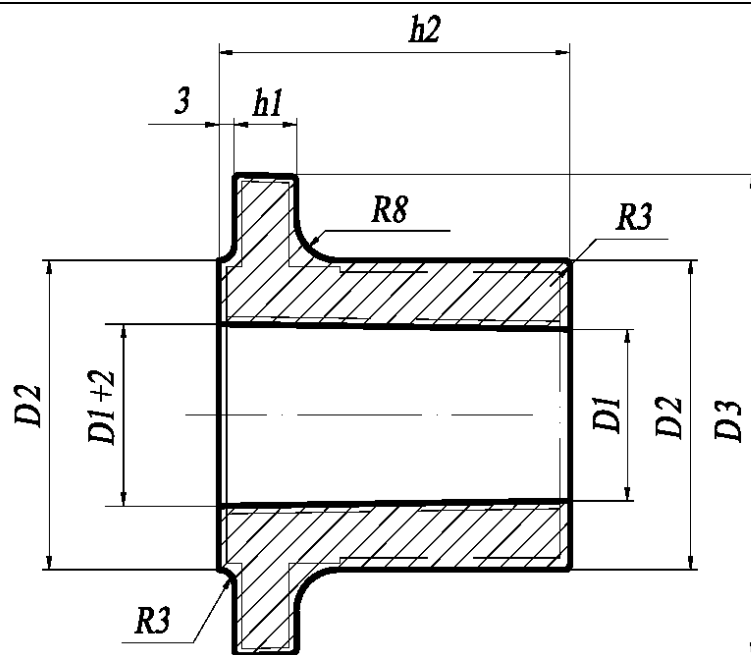
№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
16	12	38	108	130	164
17	13	39	110	132	166
18	14	40	112	134	168
19	15	41	114	136	170
20	16	42	116	138	172

3.3.3. Варианты заданий (поковки типа втулок)

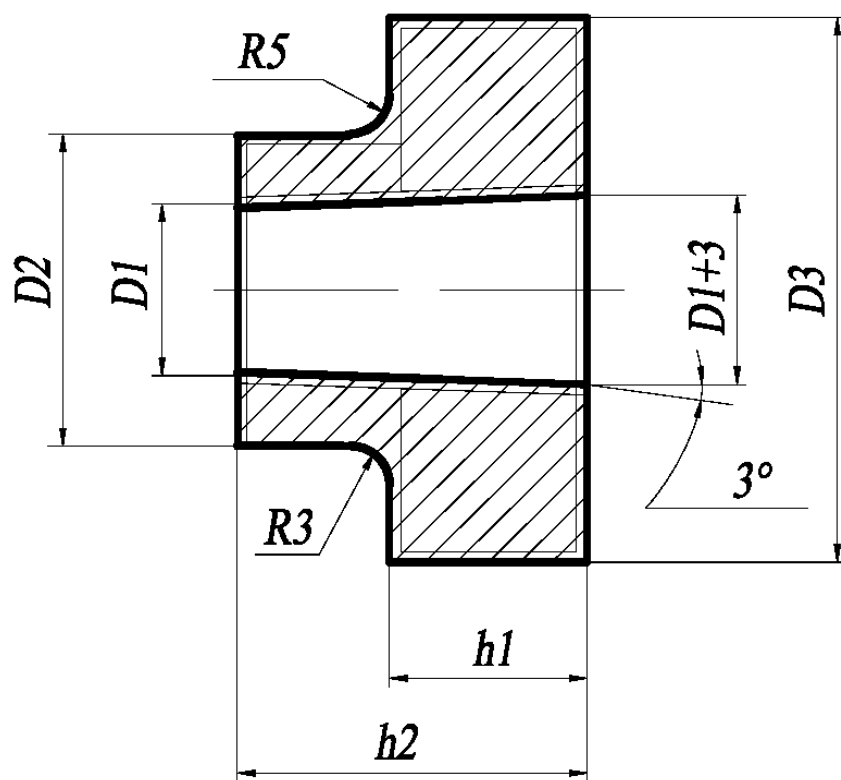
Таблица 5



№ варианта	Параметры				
	$h1$	$h2$	$D1$	$D2$	$D3$
1	22	100	20	82	114
2	23	102	21	84	116
3	24	104	22	86	118
4	25	106	23	88	120
5	26	108	24	90	122



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
6	10	69	31	56	88
7	11	70	32	58	90
8	12	71	33	60	92
9	13	72	34	62	94
10	14	73	35	64	96



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
11	26	54	22	40	74
12	27	55	23	42	76
13	28	56	24	44	78
14	29	57	25	46	80
15	30	58	26	48	82

4. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ШТАМПОВКИНА ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНОМ АВТОМАТЕ

4.1. Общие вопросы

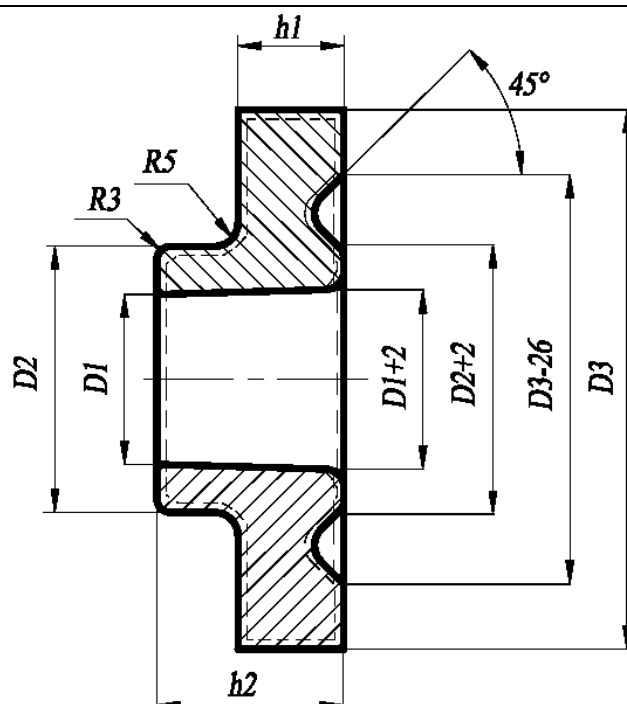
В крупносерийном и массовом производстве поковок используются автоматы для горячей объемной штамповки (ГША). Их производительность во много раз превышает производительность универсального оборудования (например, КГШП и ГKM) и достигает 200 и более изделий в минуту. При этом обеспечивается высокая стабильность размеров поковок, небольшие припуски (0,5-1 мм на сторону) на последующую механическую обработку. Отсутствие заусенцев (так как деформирование осуществляется в закрытых штампах) и штамповочных уклонов на поковках приводит к экономии металла и снижению трудоемкости при изготовлении деталей.

Поковки, получаемые на ГША, делят на две группы. К первой относят поковки типа стержня с утолщением (головкой); ко второй – цилиндрической формы с небольшой высотой: шестерни, фланцы, кольца и т. п.

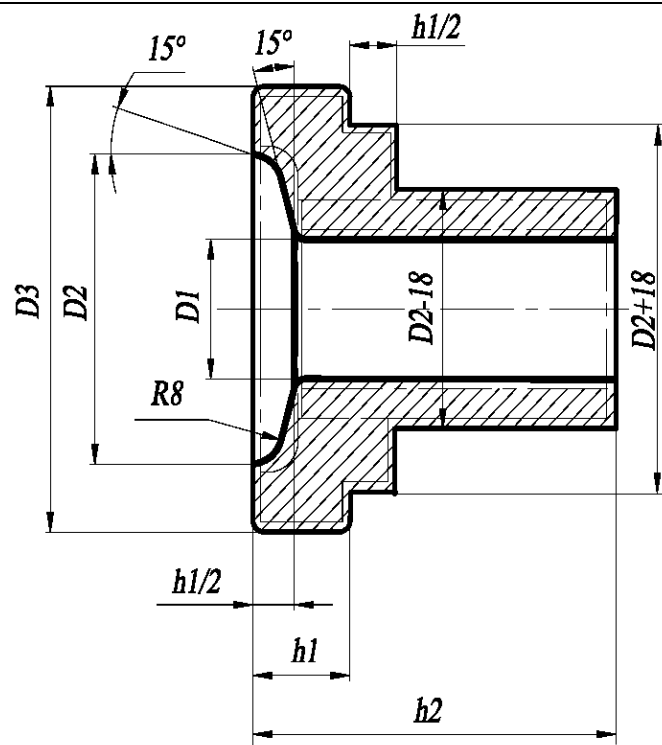
При штамповке на автомате штанга подается с автоматического стеллажа в многосекционную индукционную нагревательную установку, а из нее непосредственно в автомат на позицию отрезки штучных заготовок. Штамповка производится одновременно на всех четырех позициях с выдачей готовой поковки после каждого хода ползуна. На первой позиции штамповки происходит осадка отрезанной заготовки с целью увеличения ее диаметра и удаления окалины; на второй – предварительная штамповка; на третьей – окончательно формируется поковка с наметкой отверстия; на четвертой – осуществляется сквозная прошивка отверстия.

4.2. Варианты заданий

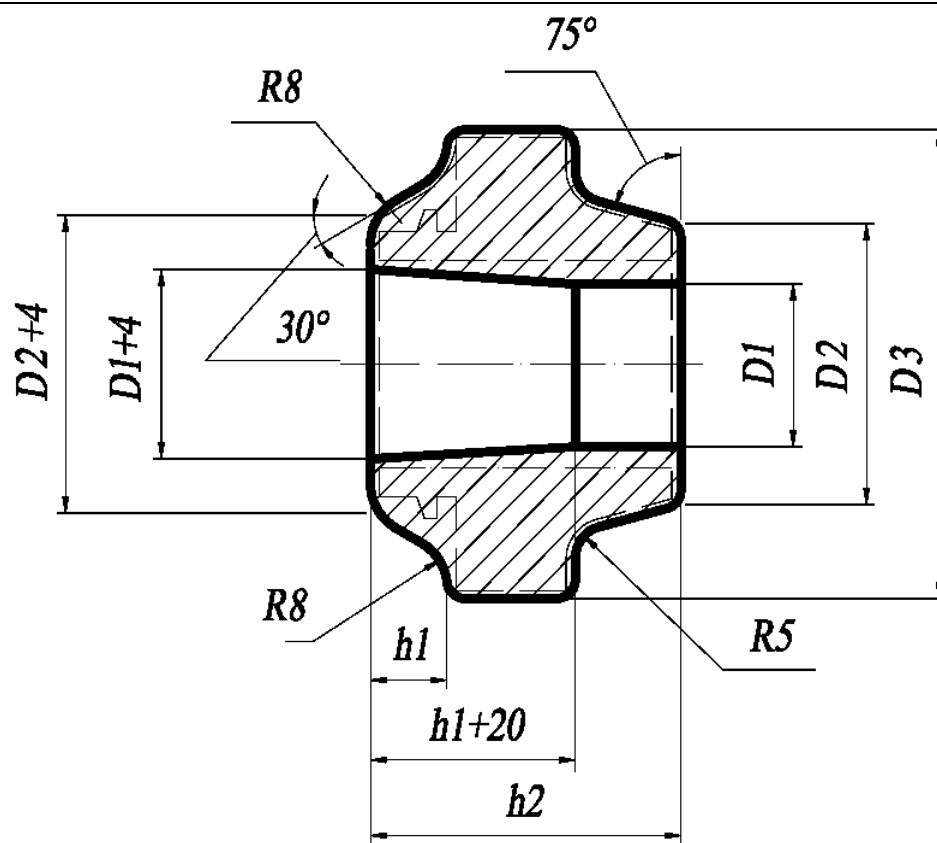
Таблица 6



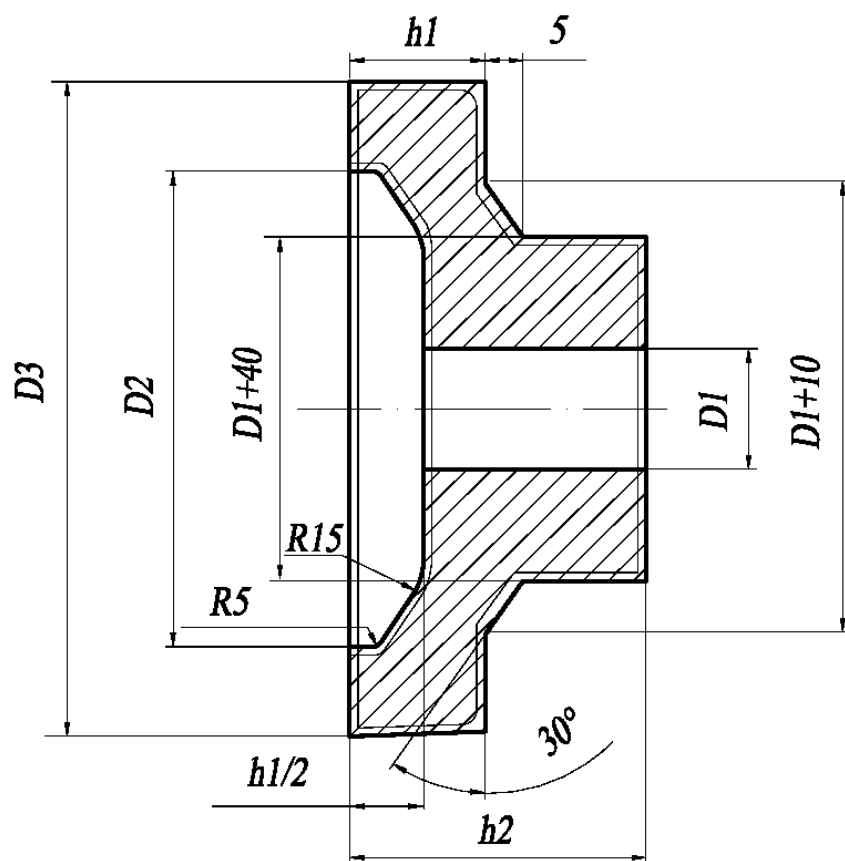
№ варианта	Параметры				
	$h1$	$h2$	$D1$	$D2$	$D3$
1	20	38	34	54	112
2	21	39	35	56	114
3	22	40	36	58	116
4	23	41	37	60	118
5	24	42	38	62	120



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
6	24	102	33	74	108
7	25	104	34	76	110
8	26	106	35	78	112
9	27	108	36	80	114
10	28	110	37	82	116



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
11	10	46	24	42	70
12	11	48	25	43	72
13	12	50	26	44	74
14	13	52	27	45	76
15	14	54	28	46	78



№ варианта	Параметры				
	h1	h2	D1	D2	D3
16	22	50	20	82	114
17	23	51	21	84	116
18	24	52	2	86	118
19	25	53	23	88	120
20	26	54	24	90	122

5. РАСЧЕТ НОРМ РАСХОДА МЕТАЛЛА В КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХАХ

5.1. Общие вопросы

Наиболее распространенным способом получения заготовок для горячей штамповки из прутков и штанг сортового проката является резка на пресс-ножницах, как наиболее дешевая и производительная. Однако уже на этой стадии технологического процесса при резке (раскрое) немерного проката (проката так называемой интервальной или торговой длины) концевые отходы могут составлять до 10-12 % массы заготовок.

Таким образом, нормирование расхода металла является одним из условий его рационального использования и, как следствие, снижение себестоимости, так как стоимость металла составляет более ее половины. При этом должна быть решена задача оптимального вида поставки проката, обеспечивающего минимальные затраты на металл.

Отходы, образующиеся при резке металлопроката на заготовки, называют заготовительными (раскройными). В общем случае к ним относятся торцовые обрезки, прорезка, некрайности и опорные концы. При раскрое проката на пресс-ножницах потери на прорезку отсутствуют. Опорные (зажимные) концы, которые определяют возможность и условия отделения (прижима) последней заготовки от остатка штанги, не учитываем, так как опорная база ножниц практически всегда меньше длины отрезаемой заготовки.

5.2. Исходные данные

Исходные данные принимаются по результатам выполнения пунктов 1 и 5.

При выполнении данной работы необходимы следующие параметры:

- диаметр заготовки, мм;
- длина заготовки, мм;
- масса заготовки, кг;
- масса поковки, кг;
- потери на наладку, %;
- положительный допуск на диаметр заготовки (К);
- число деталей из заготовки, шт.;
- цена металла, тыс. рублей;
- годовая программа, тыс.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05
«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств», профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение
кузнечно-штамповочного производства» очной формы обучения*

Составители:

Попова Маргарита Ивановна
Попова Ольга Ивановна

В авторской редакции

Подписано к изданию 11.10.2021.
Уч.-изд. л. 2,3.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14