

## **Работа № 1. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПОЛОСТИ ФОРМЫ**

Цель работы: овладеть методикой разработки чертежа полости (заключенной в «оболочку» или «собранный форму»), контур которой должен соответствовать чертежу заданной детали.

Исходными данными для выполнения работы являются две проекции детали (прил. 1, задачи 1.01 – 1.31, которые студент получает в соответствии с порядковым номером в списке группы).

### **1.1. Ход работы**

При выполнении задания необходимо:

- начертить один из вариантов третьей проекции детали (обязательное условие – деталь должна иметь сквозное отверстие); выбрать положение отливки в форме при заливке и разъем модели и формы. При выборе разъема формы необходимо стремиться к тому, чтобы вся полость (или большая ее часть) находилась в нижней полуформе;
- изобразить деталь в изометрии;
- начертить неразъемную оболочку так, чтобы ее полость соответствовала контуру детали (эскиз должен содержать три проекции с разрезами);
- привести три проекции собранной формы (два разреза и план нижней полуформы при снятой верхней полуформе) без литниковой системы;
- показать три проекции стержня.

### **1.2. Содержание отчета**

Привести исходные две проекции детали и выполнить необходимые эскизы согласно п. 1.1.

### **1.2. Пример выполнения задания**

Пример выполнения задания представлен на рис1.

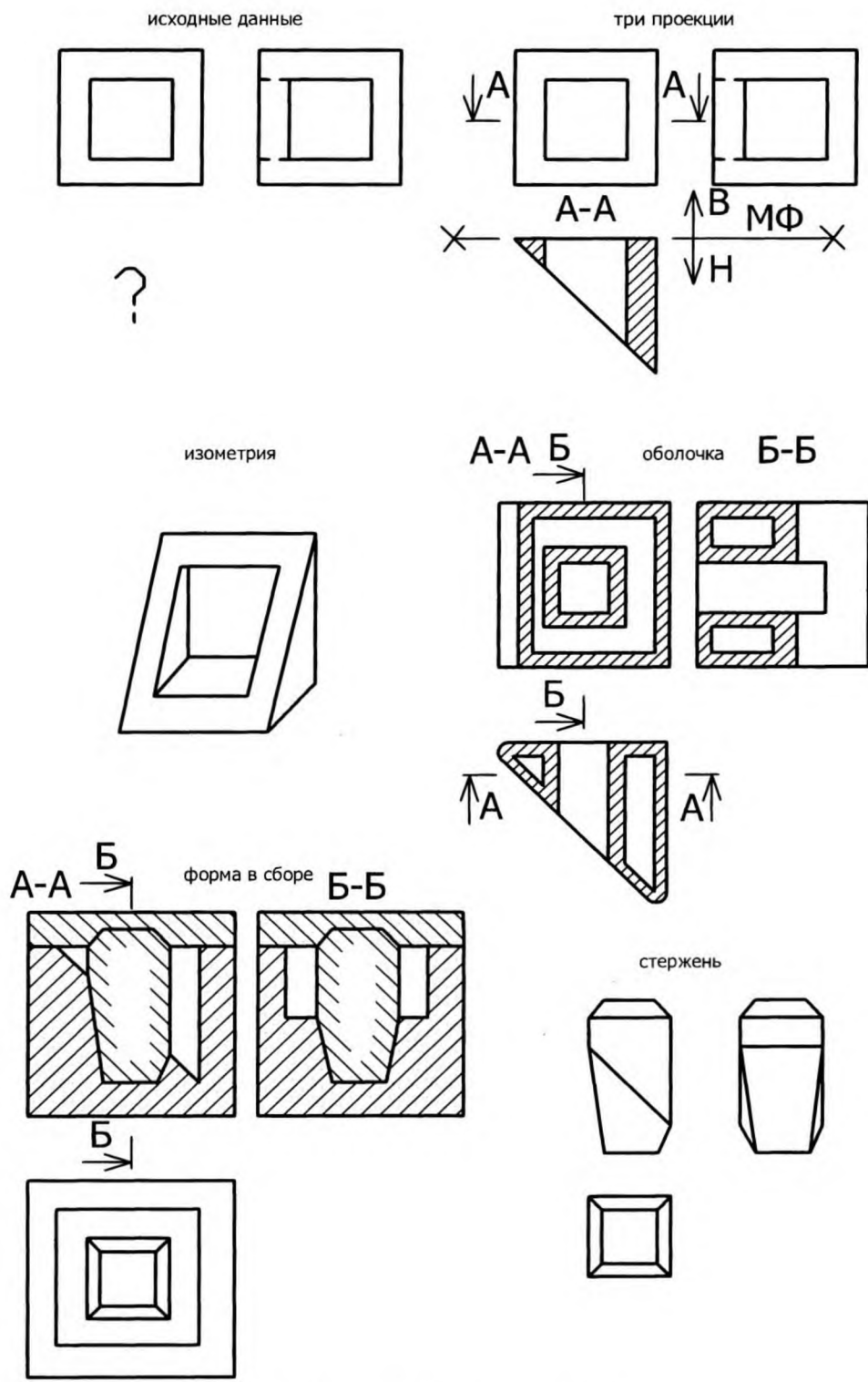


Рис. 1. Пример выполнения задания

## **Работа № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ОТЛИВКИ**

Цель работы: для заданной отливки рассчитать различными методами литниковую систему и дать сравнительную оценку полученных результатов.

### **2.1. Теоретическая часть**

Литниковая система представляет собой совокупность каналов, предназначенных для подвода жидкого металла в литейную форму.

В каналах литниковой системы благодаря специальным устройствам осуществляется задерживание частиц шлака и частиц формовочной смеси, попавших в металл. Жидкий металл, пройдя через литниковую систему, должен поступать в форму таким образом, чтобы не вызывать ее разрушения и обеспечить заполнение всех ее полостей. Это достигается за счет оптимальных размеров элементов литниковой системы и правильного выбора места подвода жидкого металла к отливке. Во всех случаях необходимо стремиться обеспечить движение потока жидкого металла в полости формы по пути наименьшего сопротивления.

Основным условием, которым руководствуются при выборе места подвода жидкого металла, является осуществление принципа направленного затвердевания или принципа одновременного затвердевания. По принципу направленного затвердевания жидкий металл необходимо подводить в наиболее массивную часть отливки, на которую устанавливается прибыль. При этом вначале затвердевают тонкие части отливки, наиболее удаленные от прибыли, затем толстые; прибыль затвердевает последней. Во всех частях отливки компенсация объемной усадки при затвердевании происходит за счет более толстых частей и прибыли, в результате чего структура металла получается плотной, без усадочной раковины. С учетом принципа направленного затвердевания разрабатывается технология литейных форм отливок из всех литейных сплавов. Исключение составляет только серый чугун, при затвердевании которого не образуется усадочная раковина, и отливки без применения прибылей получаются плотными.

По принципу одновременного затвердевания жидкий металл необходимо

подводить в наиболее тонкую часть отливки. В этом случае литейная форма в месте подвода жидкого металла сильно разогревается, благодаря чему происходит в некоторой степени выравнивание скоростей затвердевания и охлаждения толстых и тонких частей отливки и снижение за счет этого внутренних напряжений. С учетом принципа одновременного затвердевания изготавливаются отливки из серого чугуна, а также мелкие и некоторые средние отливки из стали и цветных металлов, получаемые без прибылей. При этом в отливках (кроме чугунных) следует ожидать появления усадочных рыхлот и рассеянных усадочных пор.

Кроме того, существует ряд специфических рекомендаций при выборе места подвода жидкого металла к отливке. Например, для сплавов с пониженной жидкотекучестью (сталь, магниевые сплавы), а также для крупногабаритных или для тонкостенных отливок с развитой поверхностью рекомендуется рассредоточенный подвод металла через большое количество питателей. При этом литниковая система не должна вызывать торможения усадки отливки при охлаждении. Нельзя подводить металл в места, склонные к образованию горячих трещин (термические узлы отливки), а также в места установки наружных и внутренних холодильников. Наоборот, в отливках, в конструкциях которых имеются вставные металлические элементы (например, кованые цапфы литых опок, кованые шейки литых валов и др.), желательно поток жидкого металла направить на вставной элемент с целью разогрева последнего для лучшей свариваемости с металлом отливки.

В состав литниковой системы входят литниковая чаша или воронка, стояк, шлакоуловитель и питатель (один или несколько). Для стальных отливок, заливаемых в сухие формы из стопорных ковшей, попадание посторонних частиц в металл сводится к минимуму. В этом случае в литниковой системе шлакоуловитель отсутствует, а вместо него используется канал, называемый литниковым ходом. В зависимости от конструктивного исполнения различают несколько основных типов литниковых систем: боковая, сифонная, ярусная, верхняя, дождевая и др. От конструкции литниковой системы, ее размеров и места подвода к отливке в значительной степени зависит качество литья. Брак отливок по причине несовершенства литниковых систем в отдельных случаях может достигать 30 % и более общего брака в цехе. Поэтому расчет литниковой системы и разработка ее конструкции для конкретных отливок является важнейшим звеном в практической деятельности инженера-литейщика.

Рассчитать литниковую систему - значит определить основные ее размеры. От

размеров литниковой системы зависит количество поступающего жидкого металла в форму в единицу времени (скорость заливки), а следовательно, и скорость потока жидкого металла внутри формы. Скорость заливки должна быть максимально возможной. Вместе с тем следует учитывать, что при чрезмерно быстром заполнении формы поток металла оказывает значительное динамическое воздействие на ее стенки. В результате этого форма в отдельных местах размывается, а отливка, наряду с искажением конфигурации, оказывается пораженной песчаными раковинами. Кроме того, при чрезмерно быстром движении поток металла смешивается с газовой атмосферой формы. Пузырьки газов при этом запутываются в металле и остаются в отливке в виде газовых раковин. При чрезмерно медленном заполнении формы указанные дефекты практически не встречаются, но появляются другие: недолив тонкостенных форм, ужимины.

Существует несколько наиболее распространенных на практике способов расчета литниковых систем. Все они основаны на законах гидравлики, но вместе с тем в той или иной степени являются приближенными, так как явления, существующие при заливке формы, настолько сложны и многообразны, что представить их в виде строгой математической модели не представляется возможным.

## 2.2. Характеристика отливки

Объектом для расчета служит отливка и ее литниковая система. Масса отливки  $Q$  задана формулой, кг:

$$Q = 10n, \quad (2.1)$$

где  $n$  - произвольное число из натурального ряда (или порядковый номер студента в списке группы).

Материал отливки - серый чугун. По конфигурации отливка представляет собой пустотелый куб (рис. 2.1) с преобладающей толщиной стенки  $\delta$ , мм, выраженной зависимостью

$$\delta = 14 + 2n. \quad (2.2)$$

Длина ребра куба, мм:

$$A = 150\sqrt{\frac{Q}{\delta}} + \delta. \quad (2.3)$$

Отливка заформована в двух опоках (рис. 2.1), каждая из которых имеет высоту, мм:

$$H = 0,5A + 100. \quad (2.4)$$

Поверхность разъема модели и формы проходит через середину отливки. Литниковая система - боковая по разъему. В одной литейной форме расположены две отливки.

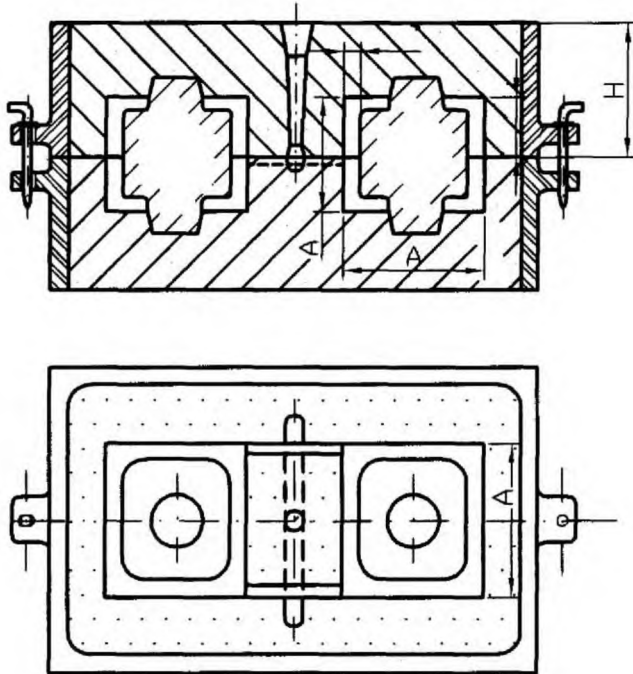


Рис. 2.1. Основные размеры отливки и ее положение в литейной форме  
плотность жидкого металла,

### 2.3. Расчет по методу Озанна – Диттерга

Расчетным местом литниковой системы является суммарная площадь сечения питателей, см<sup>2</sup>:

$$\sum F_{\Pi} = \frac{G}{\mu \tau \rho \sqrt{2gH_p}}, \quad (2.5)$$

где  $G$  - масса жидкого металла в форме, кг;  
 $\mu$  - коэффициент, учитывающий сопротивление каналов литниковой системы; принимаем равным 0,5 (обычно находится в пределах 0,3 - 0,8);  $\tau$  - продолжительность заполнения (заливки) формы, с;  $H_p$  - расчетный металлостатический напор металла, м;  $\rho$  - кг/м<sup>3</sup>;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Масса заливаемого в форму жидкого металла в данном случае определяется из равенства  $G = 2Q$  (в форме расположено две отливки).

Расчетный металлостатический напор зависит от высоты отливки, а также от ее положения в форме и определяется в соответствии с рис. 2.2 из следующего уравнения:

$$H_p = H - \frac{P^2}{2C}, \quad (2.6)$$

где  $H$  - напор металла над питателями, мм;  $P$  - высота отливки над уровнем подвода металла в форму, мм;  $C$  - максимальный размер отливки по высоте, мм.

Для данного случая:

- при боковой литниковой системе (рис. 2.2, а)

$$H_p = H - \frac{C}{8},$$

- при сифонной литниковой системе (рис. 2.2, б)

$$H_p = H - \frac{C}{2},$$

- при верхней литниковой системе (рис. 2.2, в)

$$H_p = H.$$

Такая литниковая система применяется редко.

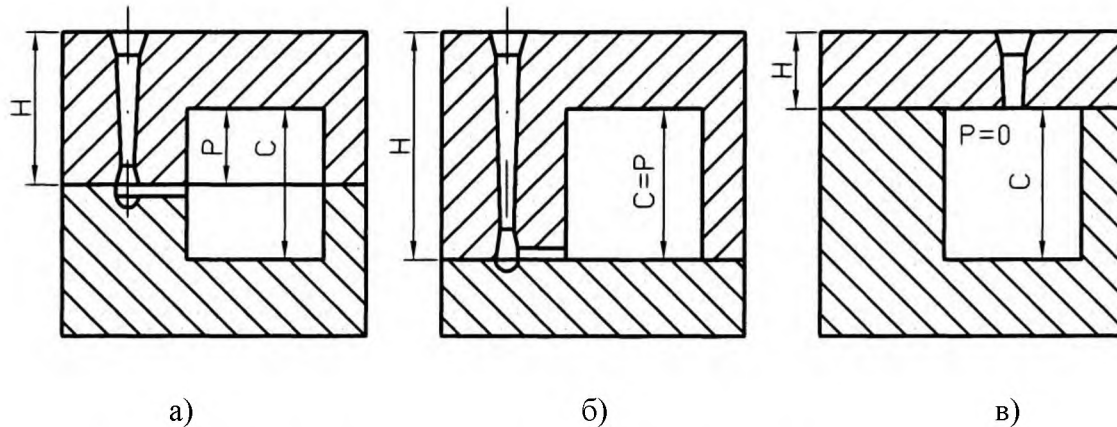


Рис. 2.2. Схемы для определения расчетного напора  $H_p$  литниковых систем:

а - по разъему; б - сифонной; в - верхней

Продолжительность заливки определяют по формуле

$$\tau = S^3 \sqrt{\delta G}, \quad (2.7)$$

где  $S$  – коэффициент, учитывающий толщину стенки отливки (табл. 2.1).

Таблица 2.1

### Значения коэффициента $S$ для различных литейных сплавов

Сплав	Состояние литейной формы	Преобладающая толщина стенки отливки $\delta$ , мм					
		До 6	7 - 10	11 - 20	21 - 40	41 - 60	Св. 60
Серый чугун	Сырая, сухая	-	1,1	1,45	1,65	1,8	1,9
Алюминиевый сплав	Сырая	1,8	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3
Медный сплав	Сырая	0,65	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2

Последовательность расчета по методу Озанна - Диттерта:

- определить параметры отливки и литейной формы по формулам 2.1. – 2.4;
- определить массу жидкого металла в форме (в данном случае  $G = 2Q$ );
- рассчитать  $H_p$  по формуле (2.6);
- определить  $S$  по табл. 2.1;
- вычислить  $\tau$  по формуле (2.7);
- вычислить  $\Sigma F_{II}$  по формуле (2.5).

Определив  $\Sigma F_{II}$ , найдем площади сечений остальных элементов литниковой системы: шлакоуловителя  $F_{III}$  и стояка  $F_{CT}$  - по табл. 2.2. Пример расчета приведен в п. 2.12.

Таблица 2.2

#### Соотношения между элементами литниковой системы

Характеристика литья	Рекомендуемые соотношения $\Sigma F_{II}: F_{III}: F_{CT}$	Характеристика литниковой системы
Мелкое и среднее литье из серого чугуна и медных сплавов	1 : 1,1 : 1,2	Сужающая
Крупное литье из серого чугуна и медных сплавов	1 : 1,2 : 1,4	>>
Мелкое стальное литье	1 : 1,1 : 1,2	>>
Среднее и крупное стальное литье	(1,0 - 1,5) : 1,0 : 1,0	Расширяющая
Литье из алюминиевых сплавов	3 : 2 : 1	>>
Литье из магниевых сплавов	4 : 2 : 1	>>

#### 2.4. Расчет по удельной скорости заливки

При заливке из поворотного ковша для отливок из всех видов сплавов суммарную площадь сечения питателей рассчитывают по эмпирической формуле

$$\Sigma F_{II} = \frac{G}{\tau K}, \quad (2.8)$$

где  $K$  - удельная скорость заливки (количество металла, проходящее в секунду через  $1 \text{ см}^2$

сечения питателя), кг/(см<sup>2</sup>·с).

Коэффициент  $K$  определяют по табл. 2.3 в зависимости от относительной плотности отливки  $\gamma_v$ , которая изменяется в пределах 0,1 - 7,0 кг/дм<sup>3</sup> и представляет собой отношение

$$\gamma_v = \frac{Q}{V_{отл}}, \quad (2.9)$$

где  $V_{отл}$  - габаритный объем отливки (произведение максимальных размеров отливки по длине, ширине и высоте), дм<sup>3</sup>.

Продолжительность заливки формы

$$\tau = S\sqrt[3]{\delta G}, \quad (2.10)$$

где  $S$  - коэффициент (см. табл. 2.1).

Для стальных, отливок из углеродистых и высоколегированных сталей при литье в сырые и сухие формы

$$S = 0,8 + 0,08\gamma_v,$$

Последовательность расчета по удельной скорости заливки:

- определить параметры отливки по формулам (2.1) – (2.3);
- определить массу жидкого металла в форме;
- вычислить  $\gamma_v$  по формуле (2.9);
- определить  $K$  по табл. 2.3 и  $S$  по табл. 2.1;
- вычислить  $\tau$  по формуле (2.10);
- вычислить  $\Sigma F_{П}$  по формуле (2.8).

Таблица 2.3

**Значения коэффициента  $K$  для различных литейных сплавов**

Сплав	Состояние литейной формы	Коэффициент $K$ , кг/(см <sup>2</sup> ·с)
Серый чугун	Сырая, сухая	$K = 0,55 + 0,1 \gamma_v$
Углеродистая сталь*	Сырая	$K = 0,6 + 0,05 \gamma_v$
	Сухая	$K = 0,95 + 0,7 \gamma_v$
Алюминиевый сплав	Сырая, сухая	$K = 0,22 + 0,07 \gamma_v$
Медный сплав	Сырая, сухая	$K = 0,3 + 0,05 \gamma_v$

\* Для отливок из высоколегированных сталей полученный расчетом коэффициент  $K$  необходимо умножить на 0,8.

## 2.5. Расчет по номограмме К.А. Соболева

Номограмма К.А. Соболева (рис. 2.3) построена на основании опытных данных отечественных литейных цехов. Последовательность расчета по номограмме К.А. Соболева:

- определить параметры отливки и формы по формулам (2.1) – (2.4);
- определить массу жидкого металла в форме;
- рассчитать  $H_p$  по формуле (2.6);
- определить  $\Sigma F_{II}$  по номограмме.

## 2.6. Расчет по методу В.И. Фундатора

Расчет по методу В.И. Фундатора основан на принципе определения минимального напора металла и минимальной площади сечения питателей, обеспечивающих получение качественных отливок. Расчет выражен в виде табл. 2.4.

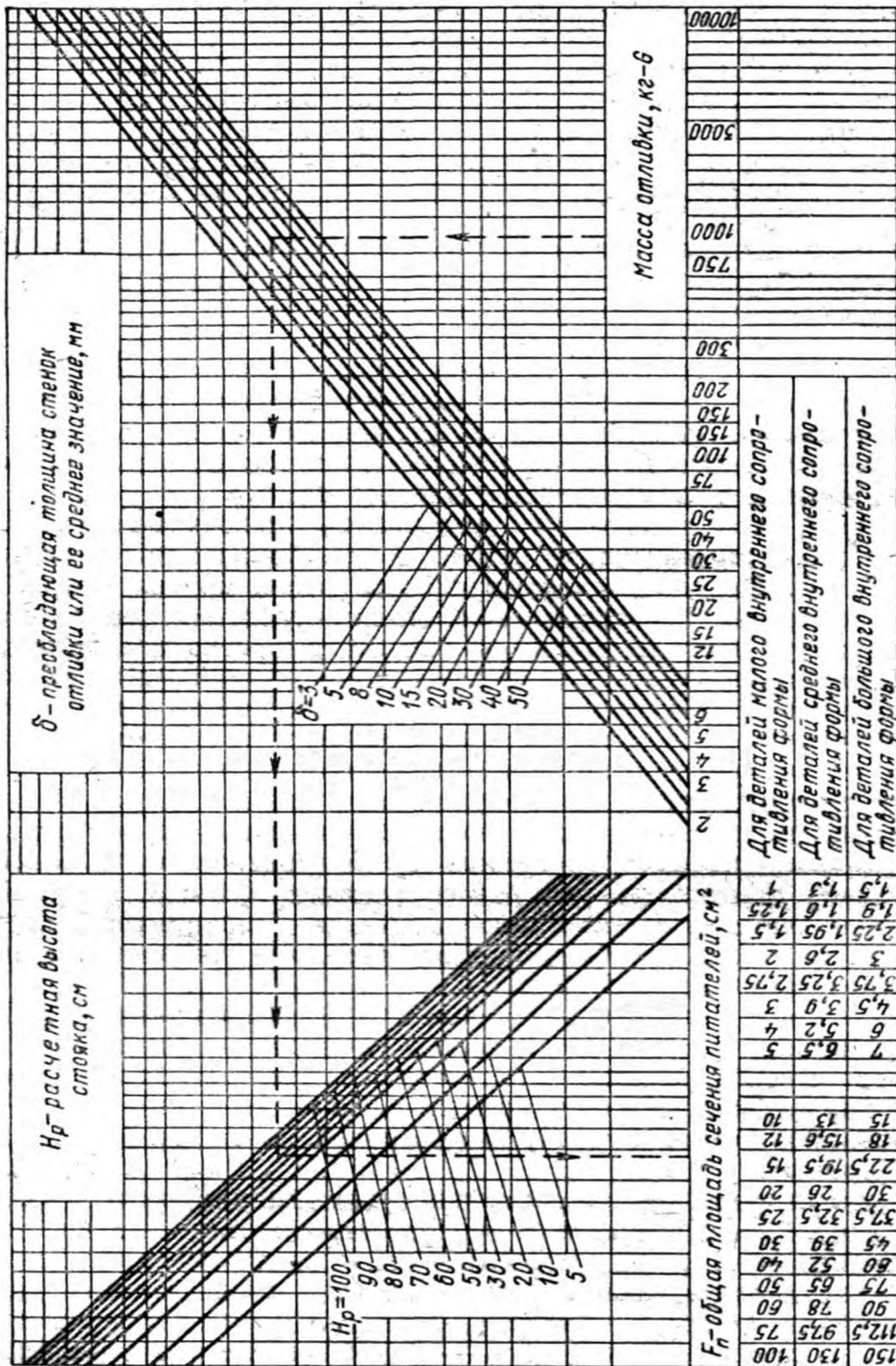


Рис.2.3. Номограмма К.А.Соболева для определения суммарной площади сечения питателей чугунных отливок

Таблица 2.4

Определение  $\Sigma F_{\Pi}$  по методу В.И. Фундатора

Масса отливки из серого чугуна, кг	Питатели		Толщина стенок отливки, мм			
	Площадь сечения каждого питателя, см <sup>2</sup>	Длина, мм	5 – 8	8 – 10	10 – 15	15 – 20
			Количество питателей			
0 – 0,5	0,3 – 0,4	10 – 15	1	1	1	1
0,5 – 1	0,4 – 0,5	15 – 20	1	1	1	1
1 – 3	0,5 – 0,7	20 – 25	1	1	1	1
3 – 5	0,65 – 0,85	25 – 30	2	1	1	1
5 – 10	0,65 – 0,85	25 – 30	3	2 – 3	2 – 3	2 – 3
10 – 15	0,65 – 0,85	25 – 30	3	2	2	2
15 – 22,8	0,65 – 0,85	25 – 30	4	4	3	3
22,8 – 30,4	0,85 – 1,0	30 – 35	4	4	3	3
30,4 – 40,8	0,85 – 1,0	30 – 35	5	4	3	3
40,8 – 61,6	1,0 – 1,5	30 – 35	4 – 5	4	3 – 4	3
61,6 – 80,8	1,0 – 1,5	30 – 35	5 – 6	5	4 – 5	3
80,8 – 100	1,0 – 1,5	40 – 45	6 – 7	7	4 – 5	4
100 – 123	1,0 – 1,5	40 – 45	7 – 8	7	5 – 6	4
123 – 141,6	1,0 – 1,5	40 – 45	7 – 8	7	5 – 6	4
141,6 – 161,7	1,0 – 1,5	45 – 50	7 – 8	7	5 – 6	5
161,7 – 182,4	1,0 – 1,5	45 – 50	8 – 9	7 – 8	7 – 6	6
182,4 – 202,5	1,0 – 1,5	45 – 50	8 – 9	8	7	6
202,5 – 231,0	1,5 – 1,6	45 – 50	8 – 9	8	7	6
231,0 – 284,7	1,6 – 1,75	45 – 50	8 – 9	8	7	6
284,7 – 338,4	1,75 – 2,0	45 – 50	8 – 9	8	7	6
338,4 – 392,1	1,85 – 2,1	45 – 50	8 – 9	8	7	6
392,1 – 445,8	2,0 – 2,1	50 – 55	8 – 9	8	7	7
445,8 – 509,8	2,15 – 2,25	50 – 55	8 – 9	8	7	7
509,8 – 563,2	2,25 – 2,5	50 – 55	9 – 10	9	8	7
563,2 – 616,9	2,5 – 2,75	50 – 55	9 – 10	9	8	7
616,9 – 670,6	2,65 – 2,85	50 – 55	9 – 10	9	8	7

*Примечание.* Таблица рассчитана для отливок из чугуна, бронзы, силумина и магниевых сплавов.

Порядок расчета заключается в определении по табл. 2.4 площади сечения, количества и длины питателей в зависимости от массы отливки и рода литейного сплава.

## 2.7. Расчет по методу Б.В. Рабиновича

Расчет дается в виде диаграммы (рис. 2.4) и сводится к определению  $\Sigma F_{II}$  исходя из массовой скорости заливки расплава в форму. Диаграмма построена для отливок из серого чугуна.

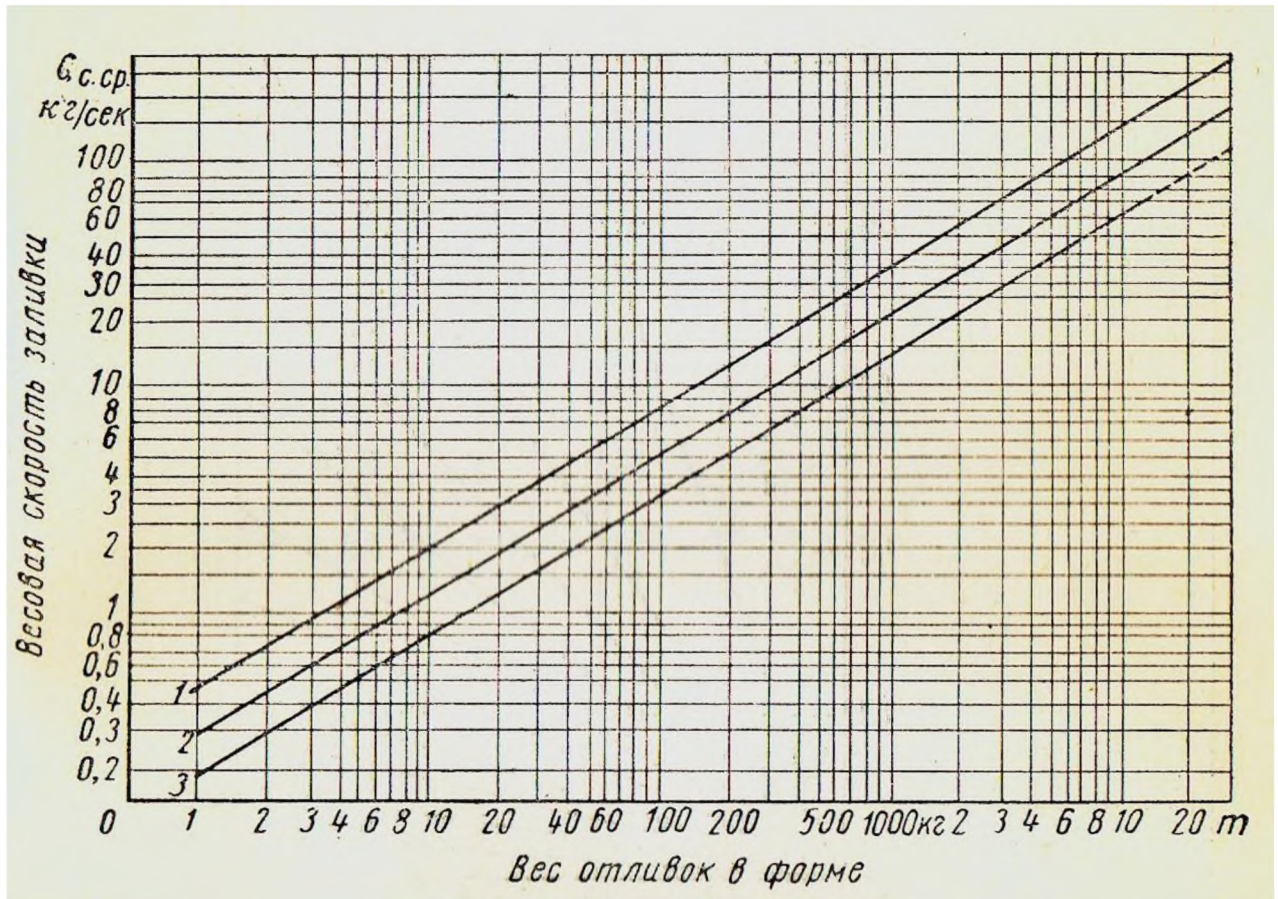


Рис. 2.4. Диаграмма Б.В. Рабиновича

$$\Sigma F_{II} = G_c / [\rho \cdot \mu \cdot (2g \cdot H_p)^{1/2}]$$

## 2.8. Математическая обработка полученных данных

Часто в практике возникает вопрос о том, следует ли принимать во внимание результаты эксперимента (один или несколько), резко отличающиеся от остальных. Если известно, что результат получен из-за грубой ошибки, его необходимо отбросить, не подвергая никаким статистическим оценкам. В тех случаях, когда имеется лишь сомнение о том, что результат получен ошибочно, необходимо проверить это сомнение.

Последовательность математической обработки полученных данных:

1. Полученные значения  $\Sigma F_{II}$  сводим в табл. 2.5.

2.Сомнение вызывает результат  $x_i = 7,3$ . Определяем среднее арифметическое значение  $\langle x_i \rangle$  без учета сомнительного результата:

$$\langle x_i \rangle = \frac{10 + 10,4 + 9,6 + 10,5}{4} = 10,125$$

3. Вычисляем среднее квадратичное отклонение из этих четырех результатов по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \langle x_i \rangle)^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{0,125^2 + 0,275^2 + 0,525^2 + 0,375^2}{4 - 1}} = 0,411.$$

Таблица 2.5

**Значения  $\Sigma F_{\Pi}$ , полученные различными методами расчета**

Метод определения $\Sigma F_{\Pi}$	Расчетные значения $\Sigma F_{\Pi} = x_i$
1. По Озанну – Диттерту	10,0
2. По удельной скорости заливки	7,3
3. По номограмме К.А. Соболева	10,4
4. По В.И. Фундатору	9,6
5. По диаграмме Б.В. Рабиновича	10,5

4.Вычисляем отклонение сомнительного результата от среднего арифметического:

$$|x_i - \langle x_i \rangle| = 10,125 - 7,3 = 2,825 .$$

5.Определяем коэффициент риска  $t_{\beta}$ , значение которого находим по табл. 2.6 для вероятности  $I = 0,05$  (для данного случая при  $N = 4$  и  $t_{\beta} = 3,558$ ).

Таблица 2.6

**Значения коэффициента риска  $t_{\beta}$  для вероятности  $I = 0,05$**

$N$	$t_{\beta}$	$N$	$t_{\beta}$
2	15,561	5	3,041
3	4,969	6	2,777
4	3,558	7	2,616

6.Находим произведение  $t_{\beta} \cdot \sigma = 3,558 \cdot 0,411 = 1,462$ . Если  $|x_i - \langle x_i \rangle| > t_{\beta} \cdot \sigma$

(в данном случае действительно  $2,825 > 1,462$ ), то с вероятностью  $I = 0,05$  полученный результат  $\Sigma F_{\Pi} = 7,3$  считается ошибочным и его надо отбросить. Если неравенство не соблюдается, проверяемый результат считается достоверным.

## 2.9. Определение размеров элементов литниковой системы

Исходя из среднего  $\langle x_i \rangle$  значения  $\Sigma F_{\Pi} = 10,13 \text{ см}^2$  определяем площади сечений остальных элементов литниковой системы из соотношения (см. табл. 2.2)  $\Sigma F_{\Pi} : F_{\text{Ш}} : F_{\text{СТ}} = 1 : 1,1 : 1,2$ :

Площадь сечения шлакоуловителя  $F_{\text{Ш}} = 10,13 \cdot 1,1 = 11,14 \text{ см}^2$ .

Площадь сечения стояка  $F_{\text{СТ}} = 10,13 \cdot 1,2 = 12,16 \text{ см}^2$ .

Рассчитываем размеры сечений элементов литниковой системы. Так как шлакоуловитель разделяется на две ветви (см. рис. 2.1), площадь сечения каждой ветви  $F_{\text{Ш}}^{\text{T}} = F_{\text{Ш}} / 2 = 5,57$ . Принимаем трапецидальное сечение шлакоуловителя. Размеры сечения определяем из следующих соотношений: высота шлакоуловителя  $h_{\text{Ш}} = 1,25a_{\text{Ш}}$ , нижнее основание сечения  $a_{\text{Ш}} = 1,3b_{\text{Ш}}$  (где  $b_{\text{Ш}}$  - верхнее основание сечения шлакоуловителя). По расчету получаем  $h_{\text{Ш}} = 28 \text{ мм}$ ,  $a_{\text{Ш}} = 22 \text{ мм}$ ,  $b_{\text{Ш}} = 17 \text{ мм}$ .

Питателей в форме всего четыре (по два на каждую отливку, см. рис. 2.1). Площадь сечения одного питателя  $F_{\Pi} = \Sigma F_{\Pi} / 4 = 2,53 \text{ см}^2$ . Принимаем трапецидальное сечение питателя. Размеры сечения определяем из следующих соотношений: высота питателя  $h_{\Pi} = (0,20 - 0,25)h_{\text{Ш}}$ , нижнее основание сечения  $a_{\Pi} = b_{\Pi} + 3$  (где  $b_{\Pi}$  - верхнее основание сечения питателя). По расчету получаем  $h_{\Pi} = 7 \text{ мм}$ ,  $a_{\Pi} = 38 \text{ мм}$ ,  $b_{\Pi} = 35 \text{ мм}$ .

Принимаем стояк круглого сечения диаметром у основания  $d = 39 \text{ мм}$ :

$$d = \sqrt{\frac{4F_{\text{СТ}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,16}{3,14}} = 3,9 \text{ см}.$$

## 2.10. Выводы

Сделать вывод о сходимости результатов расчетов  $\Sigma F_{\Pi}$ , полученных различными способами.

Объяснить причину получения неудовлетворительных результатов (если таковые

получены).

Какой из использованных методов расчета  $\Sigma F_{\Pi}$  является наиболее универсальным?

## 2.11. Содержание отчета

Привести рис. 2.1 с указанием конкретных размеров.

Построить график  $\Sigma F_{\Pi} = f(Q)$ , используя результаты  $\Sigma F_{\Pi}$  для  $n = 1, 5, 10, 15, 20$ .

Выполнить эскизы сечений элементов литниковой системы с указанием полученных размеров.

## 2.12. Пример расчета (для $n = 13$ )

### 2.12.1. Расчет по Озанну – Диттерту

Масса отливки  $Q = 10n = 130$  кг. Толщина стенки отливки  $\delta = 14 + 2n = 40$  мм. Длина, ширина и высота отливки (в данном случае отливка имеет конфигурацию

куба)  $A = 150 \sqrt{\frac{Q}{\delta}} + \delta = 310$  мм. Высота опоки  $H = 0,5A + 100 = 255$  мм. Масса жидкого

металла в форме  $G = 2Q = 260$  кг. Металлостатический напор

$$H_p = H - \frac{C}{8} = H - \frac{A}{8} = 216 \text{ мм.}$$

Коэффициент  $S = 1,65$ . Продолжительность заливки формы

$$\tau = S^3 \sqrt{G\delta} = 1,65^3 \sqrt{260 \cdot 40} = 36 \text{ с.}$$

Суммарная площадь сечения питателей

$$\Sigma F_{\Pi} = \frac{G}{\mu \tau \rho \sqrt{2gH_p}} = \frac{260}{0,5 \cdot 36 \cdot 7000 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,216}} = 10 \text{ см}^2.$$

### 2.12.2. Расчет по удельной скорости заливки

Значения  $Q$ ,  $\delta$ ,  $A$ ,  $H$  и  $G$  приведены в п. 2.12.1. Относительная плотность отливки

$$\gamma_v = \frac{Q}{V_{\text{отл}}} = \frac{Q}{A^3} = \frac{130}{3,1^3} = 4,36 \text{ кг/дм}^3.$$

Коэффициент  $K = 0,55 + 0,1 \cdot 4,36 = 0,986$ . Коэффициент  $S = 1,65$ .

Продолжительность заливки  $\tau = S\sqrt{G\delta} = 36$  с. Суммарная площадь сечения питателей

$$\sum F_{\Pi} = \frac{260}{36 \cdot 0,986} = 7,3 \text{ см}^2.$$

### **2.12.3. Расчет по номограмме К.А. Соболева**

Значения  $Q$ ,  $\delta$ ,  $A$ ,  $H$ ,  $G$  и  $H_p$  приведены в п. 2.12.1. Суммарная площадь сечения питателей  $\Sigma F_{\Pi} = 10,4 \text{ см}^2$ .

### **2.12.4. Расчет по В.И. Фундатору**

Значение  $Q$  приведено в п. 2.12.1. Суммарная площадь сечения питателей  $\Sigma F_{\Pi} = 1,2 \cdot 4 \cdot 2 = 9,6 \text{ см}^2$ .

### **2.12.5. Расчет по диаграмме Б.В. Рабиновича**

Для средней скорости заливки суммарная площадь сечения питателей  $\Sigma F_{\Pi} = 10,5 \text{ см}^2$ .

### Работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ПРИБЫЛЕЙ ОТЛИВКИ

Цель работы: для заданных отливок рассчитать прибыли с помощью методов и сделать сравнительную оценку полученных результатов.

#### 3.1. Теоретическая часть

Прибыли применяются для получения отливок с плотной структурой металла, характеризующейся отсутствием усадочных раковин и усадочной пористости. Прибыль с отливкой составляет общее литое тело, в процессе затвердевания которого жидкий металл постоянно переходит из прибыли в отливку и заполняет образующиеся в ней усадочные пустоты. В результате этого отливка получается плотной, а прибыль – с усадочной раковинной. Процесс компенсации объемной усадки отливки за счет жидкого металла, поступающего из прибыли, называется питанием отливки. Прибыль отделяют от отливки и используют как шихтовый материал для плавки металла. Расчет прибылей является одним из наиболее сложных в разработке технологии литейной формы. Рассчитать прибыль – значит определить основные ее геометрические размеры и количество прибылей для данной отливки. Занижение расчетных параметров прибыли приводит к браку отливок по усадочным раковинам, завышение – к перерасходу жидкого металла на отливку, т.е. к снижению технологического выхода годного (ТВГ) литья.

Размеры и контур (абрис) усадочной раковины можно вычислить расчетно-графически с помощью метода изотерм – изосолидусов (изотерм затвердевания). Для этого необходимо определить экспериментально размер усадочной раковины сплава:

$$\sum V_p = \Delta V_{ж} + \Delta V_{кр},$$

где  $\sum V_p$  – суммарный объем усадочных раковин и рассеянных пор, %;

$\Delta V_{ж}$  и  $\Delta V_{кр}$  – соответственно объемная усадка сплава в жидком состоянии и при кристаллизации, %.

Метод изотерм – изосолидусов основан на принципе, согласно которому процесс затвердевания происходит последовательно от наружной поверхности к центру отливки. В каждый рассматриваемый момент времени затвердевает определенный слой металла, толщину которого можно определить из закона «квадратного корня». На рис. 3.1 показано

сечение цилиндрической отливки, условно разграниченной на  $I$  слоев (изотерм – изосолидусов). По мере снижения температуры залитого металла до точки ликвидуса твердая фаза в нем еще не образуется. В этот период в результате объемной усадки  $\Delta V_{\text{ж}}$  расплав сокращается в объеме, что приводит к понижению уровня жидкого металла в форме (верхняя открытая поверхность отливки для понимания процесса искусственно поддерживается в жидком состоянии).

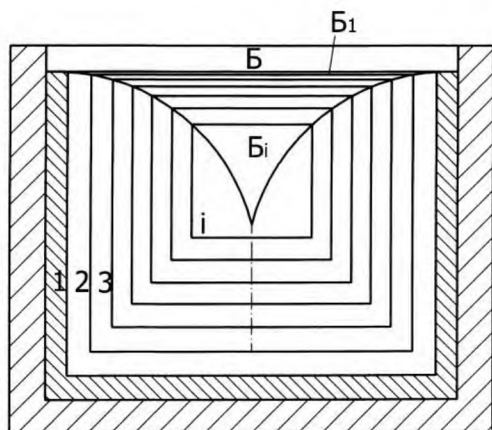


Рис. 3.1. Расчетно-графическая схема построения контура усадочной раковины с помощью изотерм - изосолидусов

Объем образовавшейся при этом пустоты  $B$  (рис. 3.1) равен произведению объема отливки на объемную усадку. При дальнейшем охлаждении сплава ниже температуры ликвидуса начинается процесс затвердевания. После затвердевания 1-го слоя образовавшийся твердый объем будет меньше объема этого же слоя в жидком состоянии на размер усадки сплава при кристаллизации  $\Delta V_{\text{кр}}$ . Это вызовет понижение уровня оставшегося жидкого металла.

Объем образовавшейся при этом пустоты  $B_i$  будет равен произведению объема 1-го слоя на объемную усадку.

На компенсацию усадки последнего  $i$ -го слоя расходуется оставшаяся последняя порция жидкого металла, что вызовет образование пустоты  $B_1$ . На этом формирование усадочной раковины заканчивается. Контур раковины определяется графически по точкам пересечения вертикальных линий изотерм – изосолидусов с горизонтальными линиями уровней пустот, рассчитанными исходя из конкретных геометрических размеров отливки.

При определении в отливке мест установки прибылей руководствуются принципом направленного затвердевания, образно сформулированным профессором В.Е. Грум-Гржимайло: «Вышележащая часть отливки должна служить прибылью для нижележащей части. Прибыль должна затвердевать последней». В соответствии с принципом направленного затвердевания в литейной форме отливку располагают так, чтобы более массивные части ее были вверху, а более тонкие внизу. Прибыли располагают, как правило, сверху, на более массивных частях отливки, затвердевающих последними (прибыли прямого питания).

Эффективность работы прибыли обеспечивается при соблюдении следующих условий:

- продолжительность затвердевания прибыли должна превышать продолжительность затвердевания отливки, т.е. толщина сечения прибыли  $R_{\Pi}$  должна быть больше толщины сечения отливки  $R_K$  (рис. 3.2);

- запас жидкого металла в прибыли должен быть достаточным, чтобы компенсировать объемную усадку отливки в жидком состоянии и при затвердевании, т.е. усадочная раковина должна образовываться только в прибыли.

При расчете количества прибылей на одну отливку необходимо руководствоваться следующими положениями:

- при наличии в отливке термических узлов прибыли устанавливаются на каждом из них, т.е. количество прибылей равно количеству термических узлов отливки;

- при отсутствии в отливке термических узлов (отливка типа равностенных плит, колец, брусьев и др.) количество прибылей определяется с учетом радиуса действия прибыли  $R_{\Pi}$  и радиуса действия края отливки  $R_K$  (рис. 3.2).

Радиусом действия прибыли называется радиус зоны плотного металла со стороны края отливки. Значения этих величин приводятся в справочной литературе; для углеродистых сталей  $R_{\Pi} = (3 - 6)T$ ;  $R_K = (1,5 - 2,5)T$ .

Различают также относительную протяженность прибылей  $L$ , которая определяется как отношение общей длины прибылей к длине зоны питания отливки. Отливка будет иметь плотную литую структуру, если  $L = 20 - 100 \%$  (определяется из справочной литературы).

В зависимости от конструктивных особенностей отливки применяются прибыли прямого и бокового питания. В зависимости от способа изготовления литейной формы прибыли бывают закрытые (преимущественно при машинной формовке) и открытые (преимущественно при ручной формовке). В поперечном сечении (вид сверху) прибыли бывают круглые, квадратные, прямоугольные, овальные и кольцевые. Существует целый ряд прибылей специального назначения: легкоотделяемые, обогреваемые, газового давления, атмосферного давления и др. Наибольшее распространение получила закрытая полушаровая прибыль прямого питания. Эта прибыль характеризуется тремя основными размерами: диаметром  $D$  цилиндрической части, высотой  $H = D$ , радиусом сферы  $R_K = 0,5D$  (см. рис. 3.2).

Расчетный размер прибыли – ее диаметр  $D$  (или толщина). Остальные размеры

(высота, радиусы закруглений и др.) находят по эмпирическим формулам в зависимости от диаметра  $D$ .

В настоящей работе рассмотрены несколько наиболее распространенных инженерных методов расчета прибылей отливок.

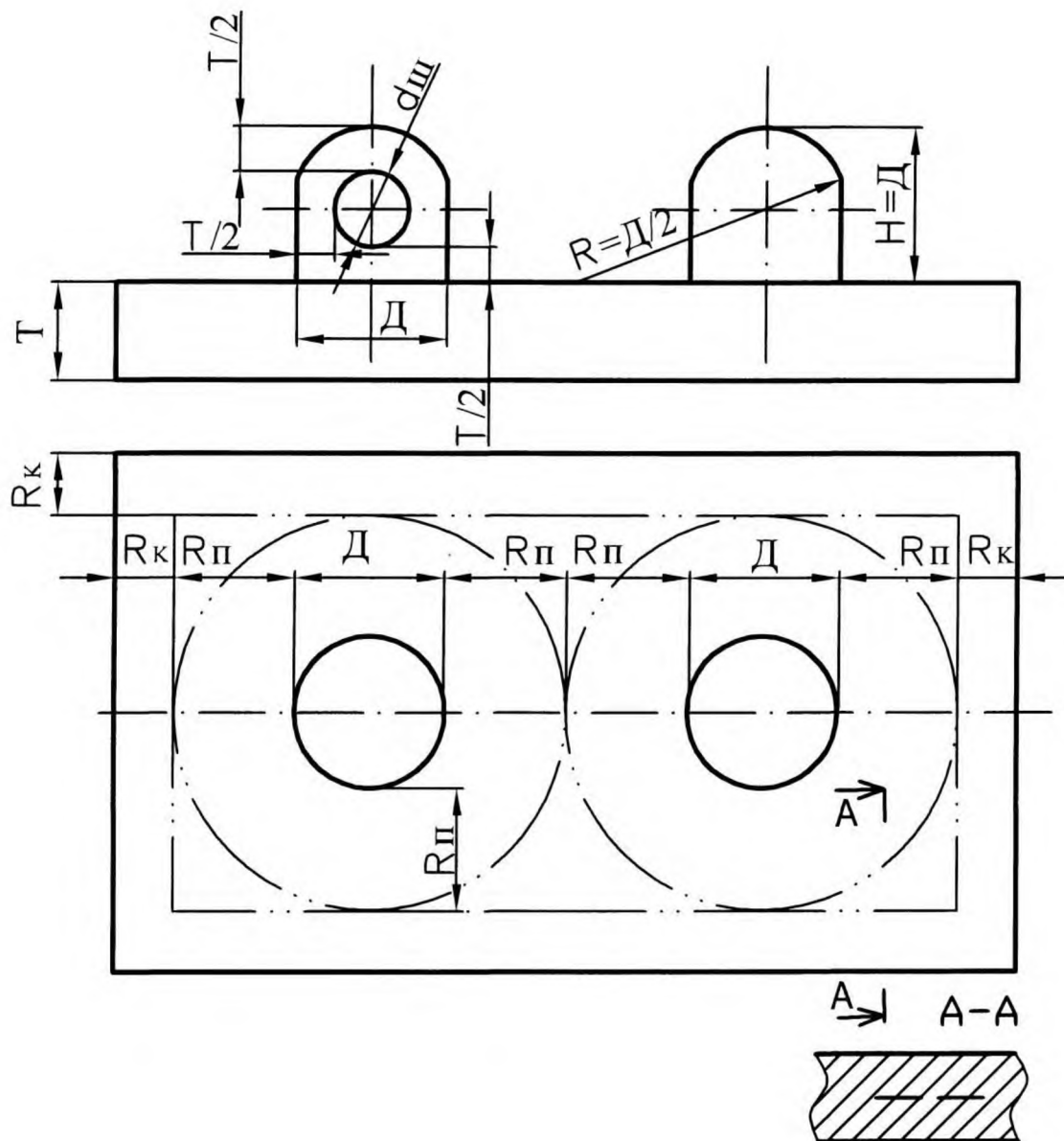


Рис. 3.2. Схема к расчету размеров и количества прибылей

### 3.2. Характеристика отливки

В качестве объекта для расчета приняты отливки двух наиболее характерных типов: плита и кольцо, имеющие одинаковую толщину стенки и близкие по массе.

Первая отливка представляет собой плиту с размерами, мм: длиной  $A = 2000$  мм,

шириной  $B = 1200$ , толщиной  $T = 50 + 2n$  (где  $n$  – произвольное число из натурального ряда или порядковый номер студента в списке группы).

Вторая отливка – кольцо с размерами, мм: высотой  $C = 500$ , внутренним диаметром  $D_1 = 1500$ , наружным диаметром

$$D = D_1 + 2T = 1500 + 2(50 + 2n) = 1600 + 4n.$$

Материал отливки – сталь 35Л.

Необходимо определить геометрические размеры и количество прибылей для каждой отливки. Для расчетов принять полушаровую закрытую прибыль прямого действия.

### 3.3. Расчет прибыли по методу изотерм – изосолидусов

С помощью данного метода можно получить расчетные формулы для определения размеров прибылей отливок из различных литейных сплавов. Рассмотрим сущность метода на примере питания отливки типа плиты толщиной  $T$ . Метод основан на допущении, что объем металла, необходимый для питания отливки, сконцентрирован в шаре диаметром  $d_{III}$  и расположен в центре прибыли под оболочкой металла толщиной  $T/2$ , сохраняющей металл в шаре в жидком состоянии до конца затвердевания отливки (см. рис. 3.2).

Расчетный диаметр прибыли  $D$  будет больше толщины стенки отливки на  $d_{III}$ , т.е.

$$D = T + d_{III}. \quad (3.1)$$

Расчет сводится к определению  $d_{III}$ , для чего сначала определяется объем шара  $V_{III}$ , в котором сконцентрирован жидкий металл для питания отливки, мм<sup>3</sup>:

$$V_{III} = k V_{OTL},$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий склонность сплава к образованию усадочной раковины (для углеродистых сталей  $k = 0,04 - 0,05$ );  $V_{OTL}$  – объем отливки, питаемой прибылью, мм<sup>3</sup>.

Объем отливки  $V_{OTL}$  определяется с учетом радиусов действия прибыли и края отливки и поэтому может представлять собой или полностью весь объем отливки, или часть его (в соответствии с рис. 3.2.  $V_{OTL}$  представляет собой часть объема, т.е. половину отливки).

### 3.4. Расчет по методу П.Ф. Василевского

Метод разработан для отливок из углеродистых и низколегированных сталей. При этом все случаи питания отливок приведены к двум схемам (рис. 3.3): а – питание отливок типа горизонтально расположенных плит; б – питание отливок типа вертикально расположенных плит. Отливку условно делят на самостоятельные узлы, подлежащие питанию от индивидуальных прибылей. Каждый из указанных узлов или отливку в целом приводят к одной из двух типовых схем питания.

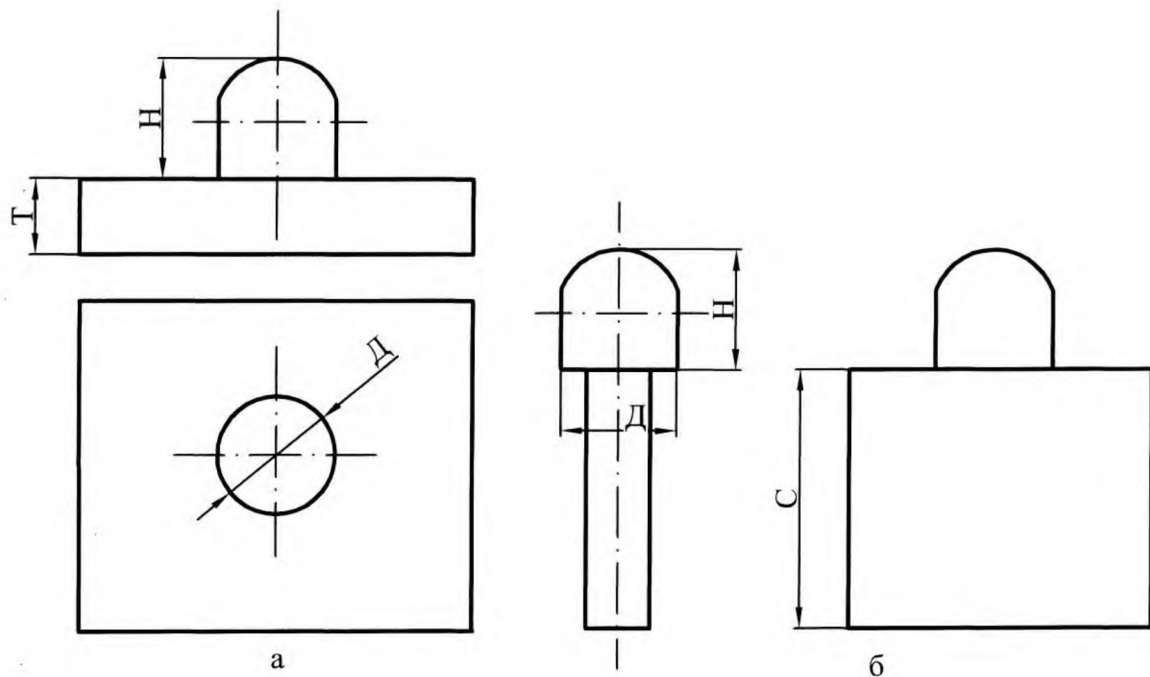


Рис. 3.3. Схемы питания отливок

Диаметр прибыли  $D$  определяется из табл. 3.1 и 3.2 в зависимости от толщины стенки  $T$  и высоты отливки  $C$ .

### 3.5. Расчет по КПД прибыли

Расчет заключается в определении объема прибыли  $V_{\text{ПР}}$ , необходимого для питания отливки:

$$(V_{\text{Отл}} + V_{\text{ПР}}) k = \eta V_{\text{ПР}}, \quad (3.2)$$

где  $\eta$  - КПД прибыли, для углеродистых сталей  $\eta = 0,11 - 0,16$  (КПД показывает, что на питание отливки расходуется 11 – 16 % металла прибыли).

Например, при  $k = 0,05$  и  $\eta = 0,14$   $V_{\text{ПР}} = 5/9 V_{\text{ОТЛ}}$ .

Зная количество прибылей, легко определить основные ее размеры.

Метод приемлем для всех видов литейных сплавов. Недостатком метода является трудность точного определения КПД прибыли для каждого конкретного случая.

Таблица 3.1

**Основные данные для определения размеров прибылей, устанавливаемых на горизонтальных стенках отливок (схема питания а)**

$T$ , мм	$D/T$	$H/D$	Относительная протяженность прибылей $L$ , %
50	1,8 – 2,5	1,6 – 1,2	31,0
100	1,6 – 2,5	1,2 – 1,0	31,0
150	1,5 – 2,0	1,15 – 1,0	33,0

Таблица 3.2

**Основные данные для определения размеров прибылей, устанавливаемых на вертикальных стенках отливок (схема питания б)**

$T$ , мм	$C/T$	$D/T$	$H/D$
60	5	1,7 – 2,2	1,1 – 1,3
	8	1,8 – 2,3	1,2 – 1,5
100	5	1,6 – 2,1	1,1 – 1,3
	8	1,8 – 2,3	1,2 – 1,5

### 3.6. Расчет по модулю охлаждения

В зарубежной практике широко используется метод расчета прибылей, основанный на известном правиле ученого Н. Хворинова об эквивалентности времени затвердевания отливок с одинаковым модулем. Модулем называется отношение объема отливки к ее поверхности (в отечественной литературе это отношение называется приведенной толщиной стенки отливки). Для углеродистых и высоколегированных сталей, высокопрочного чугуна и цветных сплавов прибыль рассчитывается по формуле

$$M_{\text{ПР}} = 1,2M_{\text{ОТЛ}} \quad (3.3)$$

где  $M_{\text{ПР}}$  и  $M_{\text{ОТЛ}}$  – соответственно модули прибыли и отливки, мм.

Для простых геометрических тел модули находят из соотношений: для шара и цилиндра с диаметрами, равными  $T$ ,  $M_{\text{ОТЛ}} = 1/6T$ ; для бруса с квадратным сечением, сторона которого равна  $T$ ,  $M_{\text{ОТЛ}} = 1/4T$ ; для плиты толщиной  $T$   $M_{\text{ОТЛ}} = 1/2T$ . Для полусферовой прибыли диаметром  $D$

$$M_{\text{ПР}} = V_{\text{ПР}}/S_{\text{ПР}} = 5/24 D,$$

где  $V_{\text{ПР}}$  – объем прибыли, равный сумме объемов цилиндра диаметром  $D$ , высотой  $D/2$  и полусферы с радиусом, равным  $D/2$ , мм<sup>3</sup>;  $S_{\text{ПР}}$  – площадь поверхности прибыли, равная сумме площадей боковой поверхности цилиндра диаметром  $D$ , высотой  $D/2$  и полусферы с радиусом, равным  $D/2$  (площадь основания прибыли не учитывается, так как она не участвует в передаче тепла), мм<sup>2</sup>.

Для отливки типа плиты толщиной  $T$  диаметр прибыли определяется по расчету:  $M_{\text{ПР}} = 1,2 M_{\text{ОТЛ}}$ ;  $0,2D = 1,2 \cdot 0,5 T$ ;  $D = 3T$ .

К недостаткам метода следует отнести то, что он не учитывает объемную усадку сплава, т.е. для идентичных отливок, но отливаемых из разных сплавов размеры прибылей одинаковы. Для вертикальных стенок отливок метод не учитывает высоту стенки, которая в значительной мере влияет на массу питаемой части отливки.

### 3.7. Расчет по технологическому выходу годного

Метод является самым простым и вместе с тем достаточно надежным, так как основан на результатах многолетней практики получения отливок. Этот метод применяется, как правило, в качестве проверочного. Технологическим выходом годного (ТВГ) называется отношение черновой массы отливки к общей массе жидкого металла для отливки:

$$\text{ТВГ} = \frac{Q_{\text{ОТЛ}}}{Q_{\text{ж}}} 100\% = \frac{Q_{\text{ОТЛ}}}{Q_{\text{ОТЛ}} + \sum Q_{\text{ПР}} + Q_{\text{Л.С}}} 100\%, \quad (3.4)$$

где  $Q_{\text{ОТЛ}}$ ,  $\sum Q_{\text{ПР}}$  и  $Q_{\text{Л.С}}$  – соответственно масса отливки, прибылей и литниковой системы (обычно принимают  $Q_{\text{Л.С}} = 0,04 Q_{\text{ОТЛ}}$ ), кг.

Размер технологического выхода годного определяется по справочной литературе в зависимости от массы и назначения отливок. Для отливок из углеродистой и низколегированной сталей ТВГ составляет 55 – 70 %. Для отдельных стальных отливок ТВГ достигает 80 %.

### 3.8. Анализ полученных данных

Результаты расчетов, выполненные различными методами (см. п. 3.11), заносим в табл. 3.3 и 3.4.

Массу прибыли определяют из формулы, кг:

$$Q_{\text{ПР}} = V_{\text{ПР}} \rho_{\text{М}} (1 - \eta). \quad (3.5)$$

Таблица 3.3

#### Результаты расчетов для первой отливки – плиты

Метод расчета	Размер прибыли, мм		Количество прибылей $n_{\text{ПР}}$	Масса одной прибыли, кг	ТВГ, %	Расположение прибылей на отливке
	$D$	$L_{\text{ПР}}$				
По изотермам	224	-	6	48	80,4	2 ряда
По Василевскому	190	280	6	48	80,4	2 ряда
По КПД	296	520	3	230	65,5	1 ряд
По модулю	220	-	6	46	81,0	2 ряда

Таблица 3.4

#### Результаты расчета для второй отливки – кольца

Метод расчета	$D$ , мм	$N_{\text{ПР}}$ , шт.	$Q_{\text{ПР}}$ , кг	ТВГ, %	Расположение прибылей на отливке
По изотермам	210	8	40	79,5	Равномерно по окружности
По Василевскому*	168	8	35	80,8	То же
По КПД	300	7	113	68,3	>>
По модулю	220	8	46	77,5	>>

\*Высота прибыли  $H = 1,5 D$ .

Объем полушаровой прибыли  $V_{\text{ПР}} = 0,64 D^3$ .

Объем овальной прибыли

$$V_{\text{ПР}}^{\text{ОВ}} = 0,64 D^3 + (L_{\text{ПР}} - D) \left( \frac{D^2}{2} + \frac{\pi D^2}{8} \right).$$

В соответствии с выполненными расчетами приводим схему расположения прибылей (рис. 3.4).

### 3.9. Выводы

#### 3.9.1. Для первой отливки – плиты

Все методы, за исключением метода расчета по КПД, дали результаты, сходимость которых удовлетворительна:

- расчет по КПД обеспечивает высокую плотность отливки, но при этом получается низкий показатель ТВГ;
- принимаем прибыль диаметром  $D = 220$  мм в количестве 6 шт.;
- расположение прибылей на отливке показано на рис. 3.4,а.

#### 3.9.2. Для второй отливки – кольца

Выводы аналогичны первым двум изложенным пунктам:

- принимаем прибыль диаметром  $D = 220$  мм в количестве 8 шт.;
- расположение прибылей на отливке равномерно по окружности (рис. 3.4,б).

### 3.10. Содержание отчета

В отчете привести рис. 3.1. 3.2 и 3.4, а также расчет прибыли для обеих отливок и выводы по работе.

## 11. Пример расчета (для $n = 13$ )

### Расчет прибылей для первой отливки – плиты

Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

#### Исходные данные

Параметр	Обозначение	Единица	Значение
Коэффициент, характеризующий склонность к образованию усадочных раковин	$k$	-	0,05
КПД прибыли	$r$	-	0,14
Радиус действия прибыли	$R_{\Pi}$	мм	$3T$
Радиус действия края отливки	$R_{\text{К}}$	мм	$1,5T$
Плотность стали в жидком состоянии	$\rho_{\text{ж.м}}$	кг/мм <sup>3</sup>	$7,0 \cdot 10^{-6}$
Плотность стали в твердом состоянии	$\rho_{\text{т.м}}$	кг/мм <sup>3</sup>	$7,8 \cdot 10^{-6}$

Толщина стенки отливки  $T = 50 + 2n = 50 + 2 \cdot 13 = 76$  мм.

Масса отливки  $Q_{\text{отл}} = ABT \rho_M = 1200 \cdot 1200 \cdot 76 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 1423$  кг.

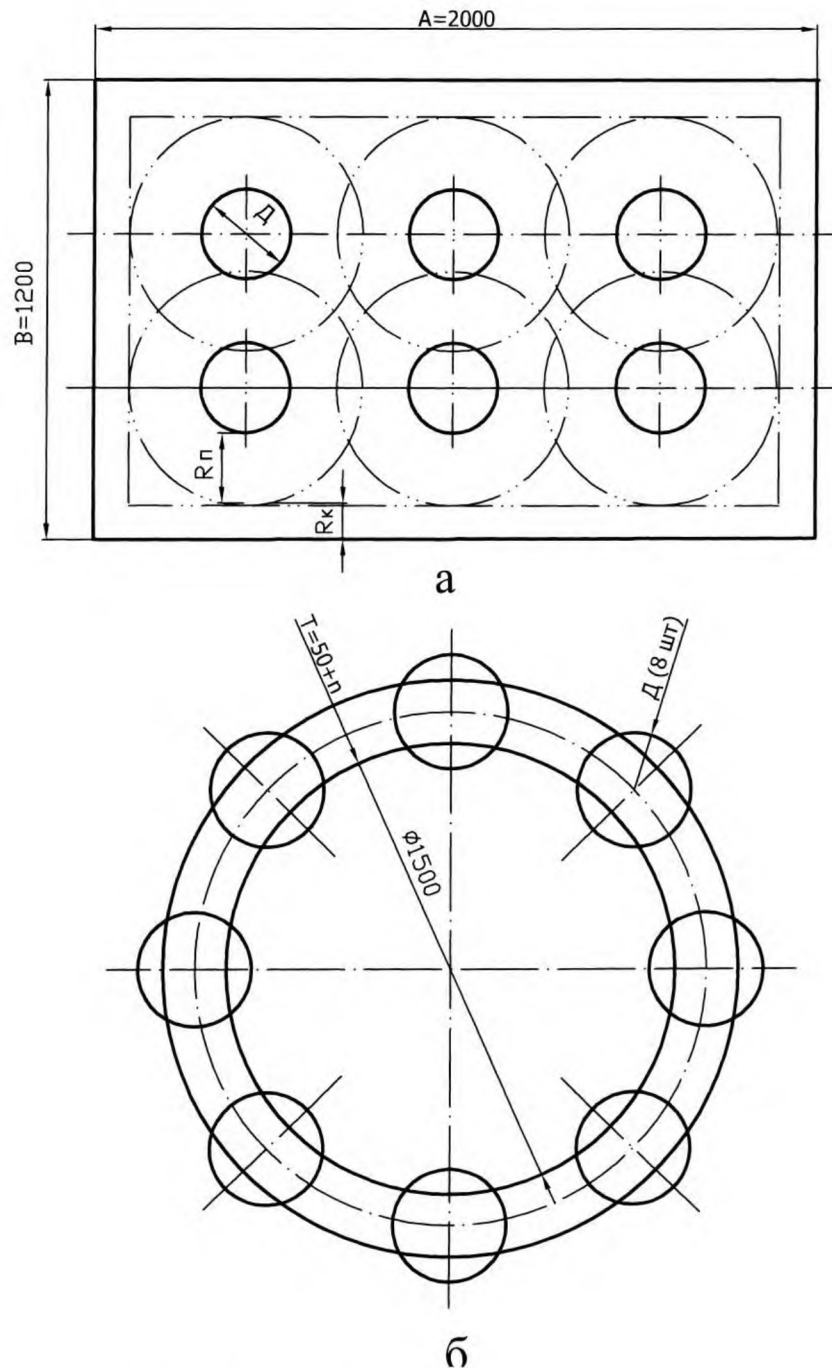


Рис. 3.4. Схема расположения прибылей на отливках:

а – плиты; б - кольца

### 3.11.1. Расчет по методу изотерм – изосоллидусов

Разбиваем отливку на отдельные зоны, каждая из которых должна получать питание из собственной прибыли. Для этого ориентировочно примем по табл. 3.1 диаметр прибыли  $D = 2,5T$ . Тогда количество прибылей  $n_A$ , располагаемых по длине отливки, определяем с учетом значений радиусов действия прибыли и края отливки по уравнению

$$A = 2R_K + n_A(D + 2R_{II});$$
$$2000 = 2 \cdot 1,5T + n_A(2,5T + 2 \cdot 3T);$$
$$n_A = \frac{2000 - 3 \cdot 76}{8,5 \cdot 76} = 2,74.$$

Устанавливаем по длине отливки полушаровые прибыли в количестве 3 шт.

Количество прибылей  $n_B$ , устанавливаемых по ширине отливки, определим из уравнения

$$B = 2R_K + n_B(D + 2R_{II});$$
$$n_B = \frac{1200 - 3 \cdot 76}{8,5 \cdot 76} = 1,5.$$

Устанавливаем по ширине отливки две прибыли. Таким образом, прибыли на плите будут расположены в два ряда, общее количество полушаровых прибылей  $n = 6$ . В отливке будет соответственно 6 зон (питаемых частей отливки), каждая из которых получит питание из собственной прибыли.

Масса жидкого металла, требуемого на компенсацию объема усадочных раковин каждой питаемой части отливки,

$$Q_{III} = k \frac{Q_{отл}}{6} = 0,05 \frac{1423}{6} = 11,85 \text{ кг.}$$

Объем этого металла в жидком состоянии

$$V_{III} = \frac{Q_{III}}{\rho_{ж.м}} = \frac{11,85}{7,0 \cdot 10^{-6}} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Масса металла, расходуемого на питание, заключена в центре прибыли в виде сферы диаметром  $d_{III}$  и окружена со всех сторон оболочкой металла толщиной  $0,5T$  (см. рис. 3.2), сохраняющей металл в центре прибыли в жидком состоянии до конца затвердевания отливки. Диаметр сферы, в которой заключен расходуемый на питание жидкий металл,

$$d_{III} = \sqrt[3]{\frac{6V_{III}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1,7 \cdot 10^6}{\pi}} = 148 \text{ мм.}$$

Диаметр прибыли из формулы (3.1)  $D = T + d_{III} = 76 + 148 = 224$  мм.

Уточним количество прибылей:

по длине

$$n_A = \frac{A - 2R_K}{D + 2R_{II}} = \frac{2000 - 2 \cdot 1,5 \cdot 76}{224 + 2 \cdot 3 \cdot 76} = 2,6;$$

по ширине

$$n_B = \frac{B - 2R_K}{D + 2R_{II}} = \frac{1200 - 3 \cdot 76}{224 + 6 \cdot 76} = 1,4.$$

Оставляем принятое ранее количество прибылей.

Масса одной полушаровой прибыли (с учетом КПД прибыли  $\eta = 0,14$ )

$$Q_{IIIP} = \left( \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{D}{2} + \frac{\pi D^3}{6 \cdot 2} \right) \cdot (1 - \eta) \rho_{III} = \pi D^3 \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{12} \right) \cdot 0,86 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 49 \text{ кг.}$$

Технологический выход годного литья

$$ТВГ = \frac{Q_{OTLI}}{Q_{OTLI} + \Sigma Q_{IIIP} + 0,04 Q_{OTLI}} 100\% = \frac{1423}{1423 + 6 \cdot 49 + 0,04 \cdot 1423} 100\% = 80\%.$$

### 3.11.2. Расчет по методу П.Ф. Василевского

Из табл. 3.1 диаметр прибыли  $D = 2,5T = 2,5 \cdot 76 = 190$  мм.

Относительная протяженность прибылей  $L = 31$  % (см. табл. 3.1). Количество прибылей по длине отливки определим из уравнения

$$\frac{AL}{100} = n_A D; n_A = \frac{2000 \cdot 31}{100 \cdot 190} = 3,2.$$

Округлять  $n_A$  в большую сторону нерационально, принимаем  $n_A = 3$ , но прибыли принимаем не круглые в сечении, а овальные. В этом случае три прибыли обеспечат получение плотного металла по всей длине отливки. Длину  $L_{IIIP}$  овала прибыли определим из уравнения

$$A = 2R_K + n_A(L_{IIIP} + 2R_{II});$$
$$L_{IIIP} = \frac{A - 2R_K - 2n_A R_{II}}{n_A} = \frac{2000 - 2 \cdot 1,5 \cdot 76 - 2 \cdot 3 \cdot 76}{3} = 280 \text{ мм.}$$

Количество прибылей по ширине определим из уравнения

$$\frac{BL}{100} = n_B D; n_B = \frac{1200 \cdot 31}{100 \cdot 190} = 1,96.$$

Принимаем  $n_B = 2$ . Таким образом, устанавливаем всего 6 шт. прибылей (по 3 шт. в

два ряда). Прибыли овальные толщиной  $D = 190$  мм, длиной  $L_{\text{ПР}} = 280$  мм. Продольная ось овала прибыли располагается вдоль длины отливки. Рассчитав технологический выход годного, получим  $\text{ТВГ} = 80,4\%$  (студенту выполнить расчет ТВГ для своего варианта).

### 3.11.3. Расчет по КПД

Объем питаемой части отливки

$$V_{\text{отл}} = \frac{ABT}{6} = \frac{2000 \cdot 1200 \cdot 76}{6} = 30,4 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Из формулы (3.2)

$$(V_{\text{отл}} + V_{\text{ПР}})0,05 = 0,14V_{\text{ПР}};$$

$$V_{\text{ПР}} = \frac{5}{9}V_{\text{отл}} = \frac{5}{9}30,4 \cdot 10^6 = 16,9 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Диаметр полушаровой прибыли определяем исходя из ее объема:

$$V_{\text{ПР}} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{D}{2} + \frac{\pi D^3}{6 \cdot 2} = 0,65D^3;$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{ПР}}}{0,65}} = \sqrt[3]{\frac{16,9 \cdot 10^6}{0,65}} = 296 \text{ мм}.$$

Количество прибылей, устанавливаемых по длине отливки,

$$n_A = \frac{2000 - 3 \cdot 76}{296 + 6 \cdot 76} = 2,35.$$

Принимаем  $n_A = 3$ .

По ширине

$$n_B = \frac{1200 - 3 \cdot 76}{296 + 6 \cdot 76} = 1,29.$$

Округлять  $n_B$  в большую сторону нерационально. Принимаем  $n_B = 1$ . Для того чтобы обеспечить питание отливки по всей ширине при  $n_B = 1$ , необходимо прибыли выполнить овальными. Тогда длину  $L_{\text{ПР}}$  овала прибыли определим из уравнения

$$B = 2R_K + n_B(L_{\text{ПР}} + 2R_{\text{П}});$$

$$L_{\text{ПР}} = \frac{B - 2R_K - 2n_B R_{\text{П}}}{n_B} = \frac{1200 - 2 \cdot 1,5 \cdot 76 - 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 76}{1} = 520 \text{ мм}.$$

Таким образом, согласно данному расчету устанавливаем 3 шт. прибыли в один ряд. Прибыли овальные, толщиной  $D = 296$  мм, длиной  $L_{\text{ПР}} = 520$  мм. Продольная ось

овала прибыли располагается вдоль ширины отливки.

Определив массу прибыли по формуле (3.5), рассчитаем по формуле (3.4) ТВГ, который для данного случая составляет 65,5 % (студенту рассчитать ТВГ для своего варианта).

#### **3.11.4. Расчет по модулю охлаждения**

Модуль отливки  $M_{\text{отл}} = 1/2T = 1/2 \cdot 76 = 38$  мм.

Из формулы (3.3)  $M_{\text{пр}} = 1,2 M_{\text{отл}} = 1,2 \cdot 38 = 46$  мм.

Диаметр полушаровой прибыли определяем из формулы

$$M_{\text{пр}} = \frac{5}{24} D; D = \frac{46 \cdot 24}{5} = 220 \text{ мм.}$$

Принимаем 6 шт. полушаровых прибылей, располагаемых по 3 шт. в два ряда. Согласно расчету для данного варианта ТВГ = 81 % (студенту ТВГ рассчитать для своего варианта).

#### **Расчет прибылей для второй отливки – кольца**

Исходные данные для расчета – в табл. 3.5. Толщина стенки отливки  $T = 50 + 2n = 50 + 2 \cdot 13 = 76$  мм.

Внутренний диаметр отливки  $D_1 = 1500$  мм, наружный диаметр  $D_2 = D_1 + 2T = 1652$  мм, высота отливки  $C = 500$  мм. Масса отливки

$$Q_{\text{отл}} = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) C \rho_M = \frac{\pi}{4} (1652^2 - 1500^2) 500 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 1466 \text{ кг.}$$

#### **3.11.5. Расчет по методу изотерм – изолидусов**

Ориентировочно принимаем диаметр прибыли  $D = 2,5T$ .

Длина развернутого кольца

$$l = \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} = \pi \frac{(1652 + 1500)}{2} = 4950 \text{ мм.}$$

Количество прибылей (и, соответственно, питаемых частей отливки) находим из уравнения

$$l = n_{\text{ПР}}(D + 2R_{\text{П}}) = n_{\text{ПР}}(2,5T + 2 \cdot 3T);$$

$$n_{\text{ПР}} = \frac{4950}{8,5 \cdot 76} = 7,7.$$

Принимаем 8 шт. полушаровых прибылей, расположенных равномерно по окружности.

Масса жидкого металла, требуемого на компенсацию объема усадочных раковин каждой питаемой части отливки,

$$Q_{\text{Ш}} = k \frac{Q_{\text{ОТЛ}}}{8} = 0,05 \frac{1466}{8} = 9,16 \text{ кг.}$$

Объем этого металла в жидком состоянии

$$V_{\text{Ш}} = \frac{Q_{\text{Ш}}}{\rho_{\text{Ж.М}}} = \frac{9,16}{7,0 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Диаметр сферы, в которой заключен этот расходуемый на питание жидкий металл,

$$d_{\text{Ш}} = \sqrt[3]{\frac{6V_{\text{М}}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1,3 \cdot 10^6}{\pi}} = 134 \text{ мм.}$$

Диаметр прибыли из формулы (3.1)  $D = T + d_{\text{Ш}} = 76 + 134 = 210 \text{ мм.}$

Уточним количество прибылей:

$$n_{\text{ПР}} = \frac{4950}{210 + 6 \cdot 76} = 7,4.$$

Оставляем 8 шт. прибылей. Расчетное значение ТВГ = 79,5 %.

### 3.11.6. Расчет по методу П.Ф. Василевского

Рассматриваемая отливка – кольцо относится к отливкам, питаемым по схеме б (рис. 3.3).

Из табл. 3.2 диаметр прибыли  $D = 2,2T = 2,2 \cdot 76 = 168 \text{ мм.}$

$$n_{\text{ПР}} = \frac{4950}{168 + 2 \cdot 3 \cdot 76} = 7,9.$$

Принимаем 8 шт. полушаровых прибылей. Расчетное значение ТВГ = 80,8 %.

### 3.11.7. Расчет по КПД

Объем питаемой части отливки

$$V_{\text{отл}} = \frac{1}{6} \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) C = \frac{1}{6} \frac{\pi}{4} (1652^2 - 1500^2) 500 = 31,3 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \frac{5}{9} V_{\text{отл}} = \frac{5}{9} 31,3 \cdot 10^6 = 17,4 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Диаметр полушаровой прибыли определяем исходя из ее объема:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{пр}}}{0,65}} = \sqrt[3]{\frac{17,4 \cdot 10^6}{0,65}} = 300 \text{ мм.}$$

Количество прибылей

$$n = \frac{l}{D + 6T} = \frac{4950}{300 + 6 \cdot 76} = 6,5.$$

Принимаем 7 шт. полушаровых прибылей. Расчетное значение ТВГ = 63,8 %.

### 3.11.8. Расчет по модулю охлаждения

Модуль отливки  $M_{\text{отл}} = 1/2T = 38 \text{ мм.}$

Используя расчет, выполненный в п. 3.11.4, получаем  $D = 220 \text{ мм.}$  Принимаем 8 шт. полушаровых прибылей. Расчетное значение ТВГ = 77,5 %.

## **Работа 4. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ**

Цель работы: по чертежу детали разработать чертеж отливки с элементами литейной формы.

Исходным для выполнения задания является чертеж детали (прил. 2, задачи 2.01 – 2.32), который студент получает в соответствии с порядковым номером в списке группы.

### **4.1. Теоретическая часть**

Чертеж отливки выполняется на основании чертежа детали (рис. 4.1, 4.2) в виде отдельного чертежа или непосредственно на копии чертежа детали.

Чертеж отливки отличается от чертежа детали наличием припусков на механическую обработку и изображением элементов детали, не выполняемых в отливке (допускается изображение формовочных уклонов). На чертеже отливки указывается линия разъема модели и формы (МФ) и положение отливки в форме при заливке - низ (Н) и верх (В). В графе штампа чертежа под наименованием детали пишут слово "отливка". В массовом и крупносерийном производстве на основании чертежа отливки разрабатываются рабочие чертежи модельной оснастки, по которым изготавливаются металлические модели и стержневые ящики.

Элементы литейной формы выполняются на копии чертежа детали по ГОСТ 3.1125-88 нанесением условных обозначений: элементов детали, не выполняемых в отливке; положения отливки в форме при заливке; поверхностей разъема формы и модели; припусков на механическую обработку; стержней, элементов литниковой системы; прибылей, холодильников; литейных ребер; жеребеек и пр.

Таким образом, получают сочетание чертежа отливки с элементами литейной формы, выполненными непосредственно на копии чертежа детали (рис. 4.3). В мелкосерийном и единичном производствах чертеж отливки с элементами литейной формы дополняют технологической картой, в которой приводят сведения о размерах литейной усадки, формовочных уклонов, указания по формовке, заливке, выбивке и финишной обработке отливки.

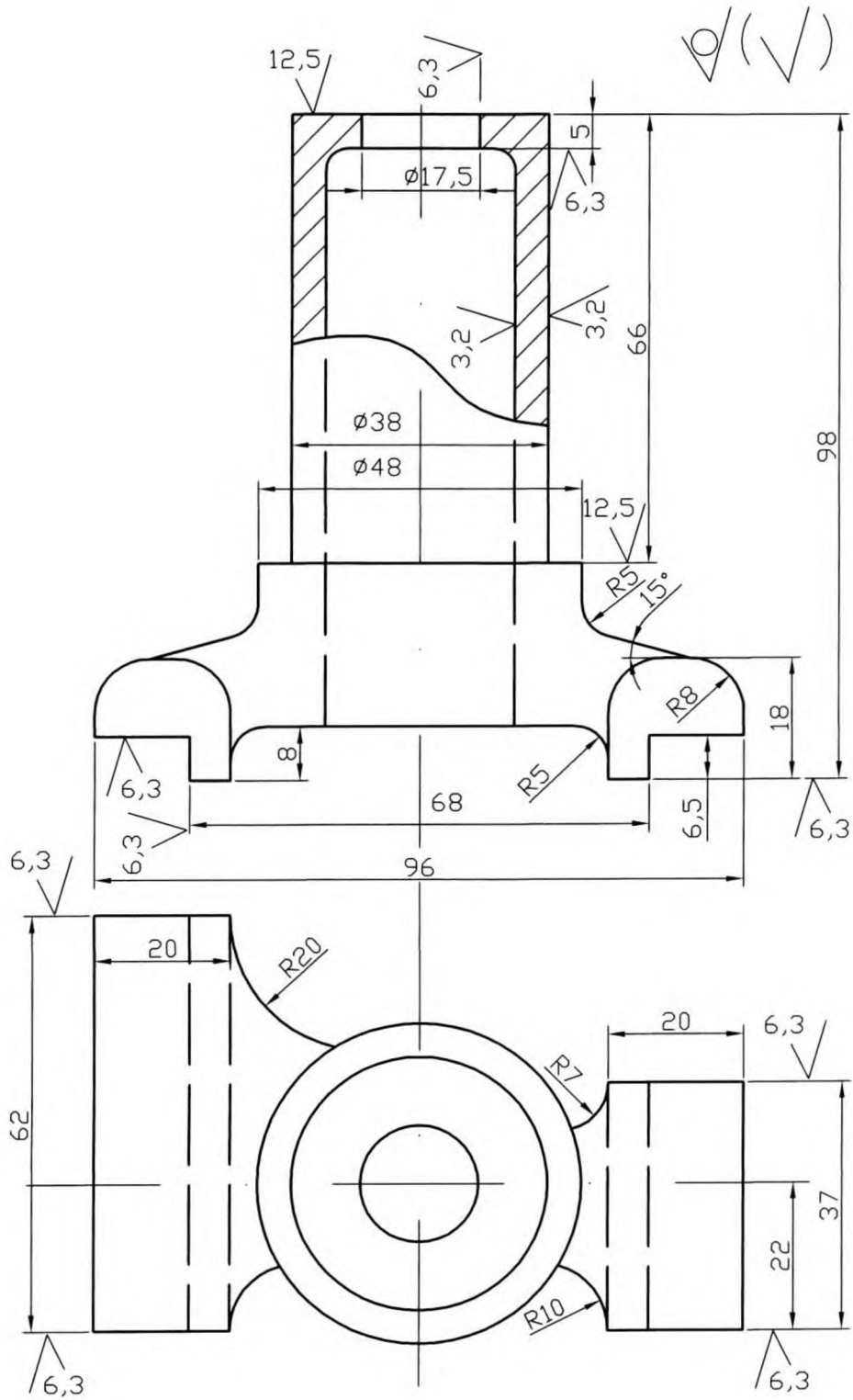


Рис. 4.1. Суппорт (чугун СЧ20, ГОСТ 1412-85, масса 0,72 кг)



## **4.2. Разработка чертежа отливки с элементами литейной формы**

### ***4.2.1. Элементы детали, не выполняемые в отливке***

В отливках, получаемых в песчаных формах, не выполняют отверстия с резьбой, пазы под шпонки, фаски, а также некоторые отверстия, подвергающиеся последующей механической обработке.

Минимальный диаметр механически обрабатываемых отверстий, которые выполняются литьем с соответствующим припуском на обработку, выбирают по справочной литературе в зависимости от рода литейного сплава, диаметра и протяженности (длины) отверстия.

### ***4.2.2. Положение отливки в форме при заливке. Поверхности разъема модели и формы***

Выбор положения отливки в форме при заливке и поверхностей разъема модели и формы осуществляется с учетом специфических правил технологии литейной формы.

Это чрезвычайно важный этап работы, так как он во многом определяет качество и трудоемкость изготовления отливки. Свои соображения по данному разделу студент обязательно должен согласовать с преподавателем.

### ***4.2.3. Припуски на механическую обработку***

Припуск на механическую обработку зависит от рода литейного сплава, максимального габаритного размера отливки, номинального размера (для которого выбирается припуск), класса точности отливки, а также от положения отливки в форме при заливке. Припуски на механическую обработку для отливок из черных и цветных металлов и сплавов выбирают по ГОСТ 26645-85.

### ***4.2.4. Литейная усадка***

Литейную усадку выбирают по справочной литературе в зависимости от рода литейного сплава и конструктивных особенностей отливки.

#### **4.2.5. Формовочные уклоны**

Формовочные уклоны моделей (формы) и стержневых ящиков (стержней) выбирают по ГОСТ 3212-92 в зависимости от высоты вертикальной стенки модели или ящика и материала модельной оснастки (принять в качестве материала модельной оснастки алюминиевый сплав).

#### **4.2.6. Количество стержней**

Количество стержней зависит от конструкции отливки и определяется после выполнения пп. 4.2.1 и 4.2.2 настоящей работы.

#### **4.2.7. Конструкция и размеры знаков стержней и литейной формы**

Конструктивное исполнение, все размеры знаков стержней и литейной формы, допуски на отклонения размеров знаков моделей (формы) и стержневых ящиков (стержней) определяют по ГОСТ 3212-92.

Необходимо выполнить эскизы знаков стержней и формы с учетом уклонов, зазоров и допусков на отклонения размеров (рис. 4.4).

В расчете диаметра стержня необходимо учесть припуск на механическую обработку (уменьшает диаметр стержня) и литейную усадку (увеличивает диаметр стержня).

В размерах знаков стержня учесть уклоны и допуски на отклонения размеров (рис. 4.4). В размерах знаков формы, кроме уклонов и допусков на отклонение размеров, учесть зазоры между знаками стержня и формы (рис. 4.4).

#### **4.2.8. Условные обозначения на чертеже, связанные с изготовлением стержней**

На чертеже отливки с элементами литейной формы, согласно ГОСТ 3.1125-88, наносят обозначения порядкового номера стержня, направления набивки стержня, поверхности разъема стержневого ящика, поверхности склейки стержня (если такая операция применяется), направления вывода газов из стержней.

#### ***4.2.9. Литниковая система***

Места подвода питателей к отливке определить на основании работы № 2. Размеры литниковой системы рассчитать с помощью одного из способов, изложенных в этой же работе.

#### ***4.2.10. Прибыли***

Места установки прибылей и их количество определить, используя работу № 3. Основные геометрические размеры прибылей рассчитать с помощью одного из способов, изложенных в этой же работе.

#### ***4.2.11. Холодильники***

Кроме литниковой системы и прибылей, направленность затвердевания отливки регулируется в определенных случаях с помощью наружных и внутренних холодильников, методика расчета которых представлена в работе [3].

### **4.3. Содержание отчета**

Представить чертеж отливки с элементами литейной формы, выполненный на копии чертежа детали. Там же указать размеры литейной усадки и формовочных уклонов. Выполнить эскизы стержня и знаков формы (см. рис. 4.4).

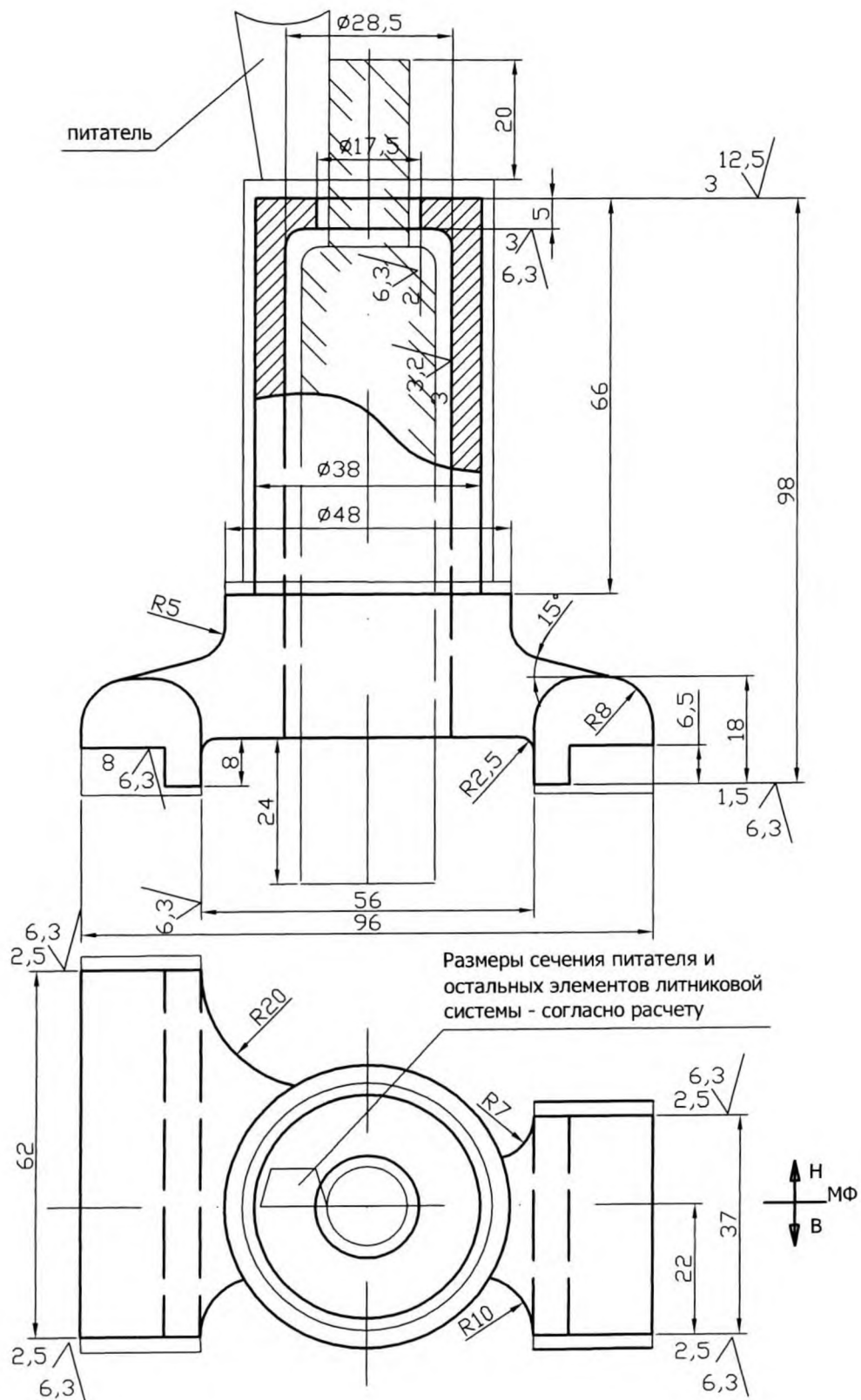


Рис. 4.3. Суппорт. Отливка с элементами литейной формы

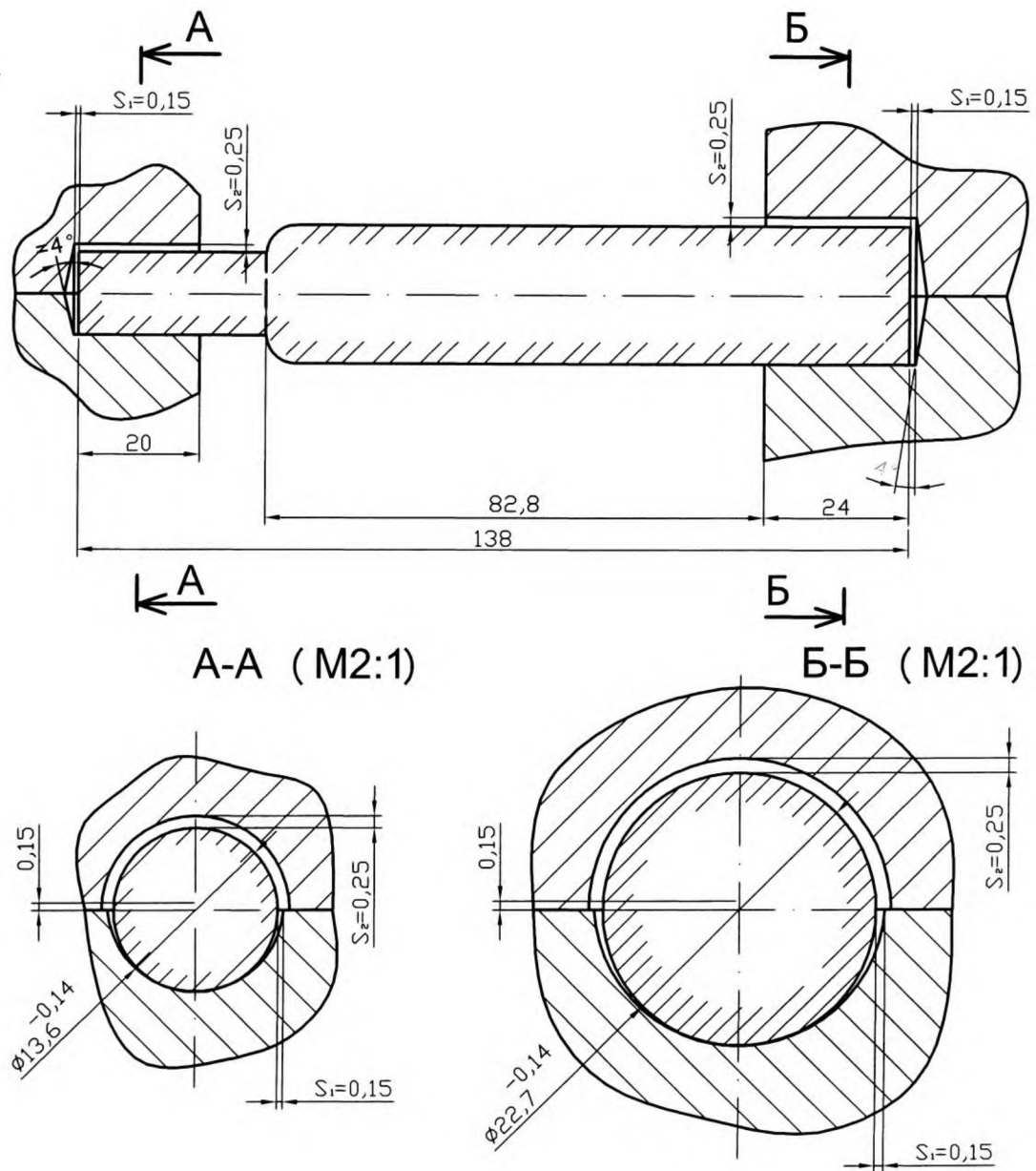


Рис. 4.4. Стержень и знаки литейной формы отливки «Суппорт»

## Работа № 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА

Цель работы: по чертежу отливки разработать эскизы моделей низа и верха, а также стержневого ящика. При разработке принять: материал модельного комплекта - алюминиевый сплав АК7ч, способ формовки – машинный, с горизонтальной плоскостью разъема формы.

### 5.1. Теоретическая часть

С помощью модели получают отпечаток в литейной форме, повторяющий наружную конфигурацию отливки и имеющий знаки для установки стержней. Различают модель низа, модель верха и соответственно полуформу низа, полуформу верха отливки. При машинной формовке модели закрепляют на модельной плите низа и модельной плите верха. Наиболее распространенными материалами моделей для машинной формовки служат сплавы на основе алюминия или меди, а также сталь, чугун, реже - эпоксидные смолы. Выбор материала модели диктуется интенсивностью эксплуатации, т.е. зависит от количества отпечатков, которые требуется получить с помощью данной модели.

Стержневые ящики (один или несколько в модельном комплекте) служат для изготовления стержней. Стержни устанавливают в знаки литейной формы и оформляют внутреннюю конфигурацию отливки.

Модельный комплект проектируют на основании чертежа отливки.

### 5.2. Проектирование моделей низа и верха

#### 5.2.1. Конструкция моделей

Металлические модели могут быть цельными или состоять из отдельных частей, что определяется конструктивно исходя из условий механической обработки модели. Модели для облегчения массы изготавливают полыми. В таком случае толщину стенок модели из алюминиевого сплава определяют по формуле

$$t = 6 + 0,006P,$$

где  $t$  - толщина стенок модели, мм;  $P$  - средний габаритный размер отливки, мм

$$P = \frac{A + B}{2},$$

где  $A$  и  $B$  - максимальные размеры модели соответственно по длине и ширине в плане расположения ее на модельной плите, мм.

Толщина  $\delta$  ребер жесткости, располагаемых со стороны нерабочей поверхности модели, равна  $(0,7 - 1,0)t$ . Количество ребер жесткости, их размеры и расположение определяют в соответствии с рекомендациями ГОСТ 21079-75, а в ряде случаев - конструктивно. Масса небольших по размеру моделей не лимитируется, поэтому такие модели выполняют без полостей (рис. 5.1, 5.2).

### **5.2.2. Знаки моделей**

Размеры знаков моделей низа и верха должны соответствовать размерам знаков формы (см. рис. 4.4).

### **5.2.3. Размеры моделей**

Размеры моделей низа и верха определяют на основании данных чертежа отливки (см. работу № 4) с учетом принятых литейной усадки отливки и формовочных уклонов (рис. 5.1, 5.2).

Допускаемые отклонения на размеры моделей определяют по ГОСТ 3212-92.

### **5.2.4. Шероховатость поверхностей**

Рабочие поверхности модели (соприкасающиеся с формовочной смесью) механически обрабатывают до  $Rz$  6,3, поверхность разъема модели -  $Rz$  10, отверстия под болтовые крепления и сопрягаемые поверхности отдельных частей моделей -  $Rz$  40, центрирующие отверстия под штифты -  $Rz$  3,2.

### 5.3. Проектирование стержневого ящика

#### 5.3.1. Конструкция стержневого ящика

Конструкция стержневого ящика определяется конфигурацией стержня и способом его изготовления. В настоящей работе необходимо выполнить проект ящика для изготовления стержня на пескострельной или на пескодувной машине. Наиболее распространенные конструкции ящиков:

- вытряхные, у которых направление набивки стержня параллельно направлению съема ящика со стержня;
- разъемные, у которых направление набивки стержня перпендикулярно к направлению съема ящика со стержня; плоскость разъема ящика (одна или несколько) может быть вертикальной, горизонтальной или комбинированной;
- одноместные (для крупных стержней) и многоместные (для мелких стержней).

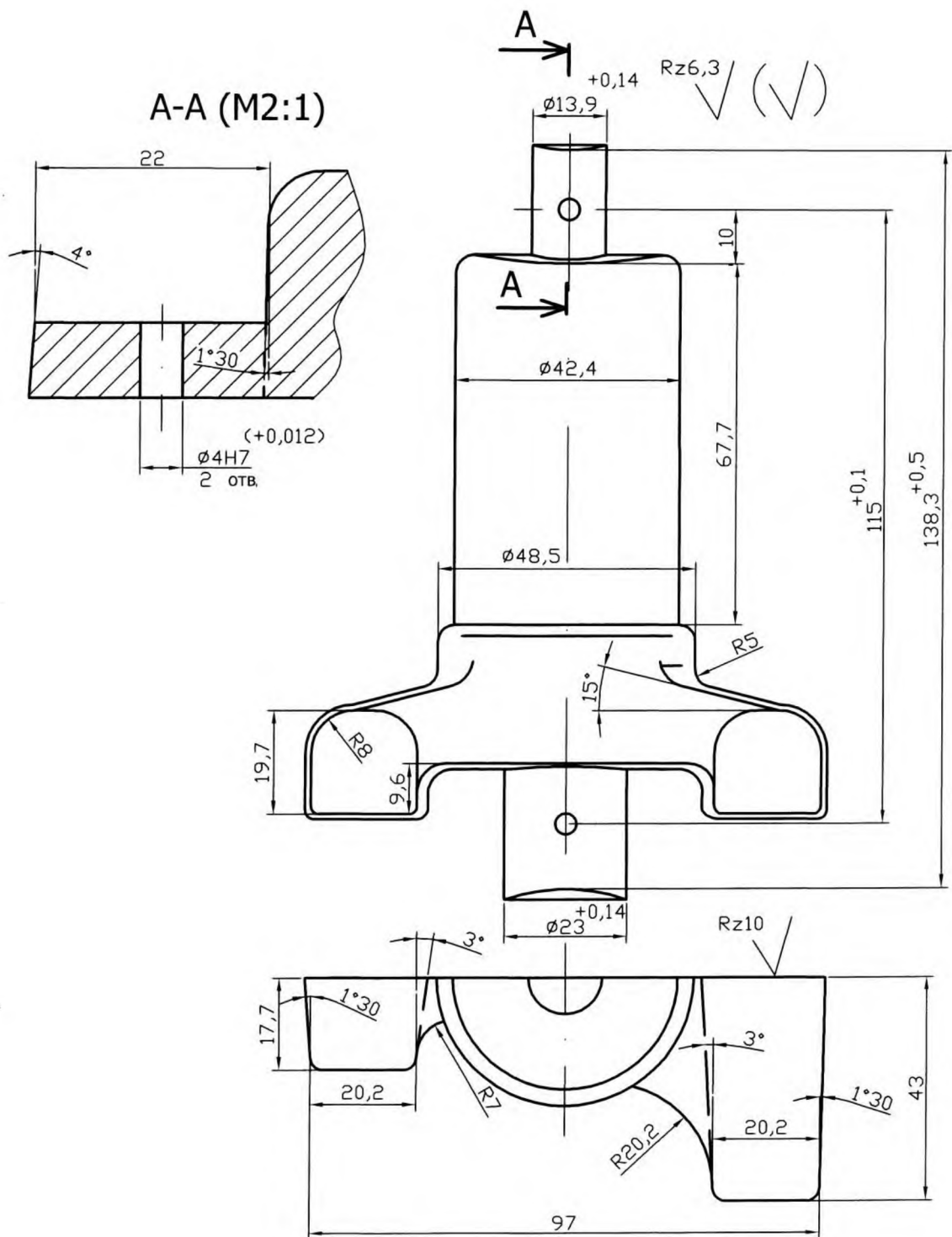


Рис. 5.1. Модель низа отливки «Суппорт»  
(сплав АК7ч, ГОСТ 1583-93, масса 0,25 кг)

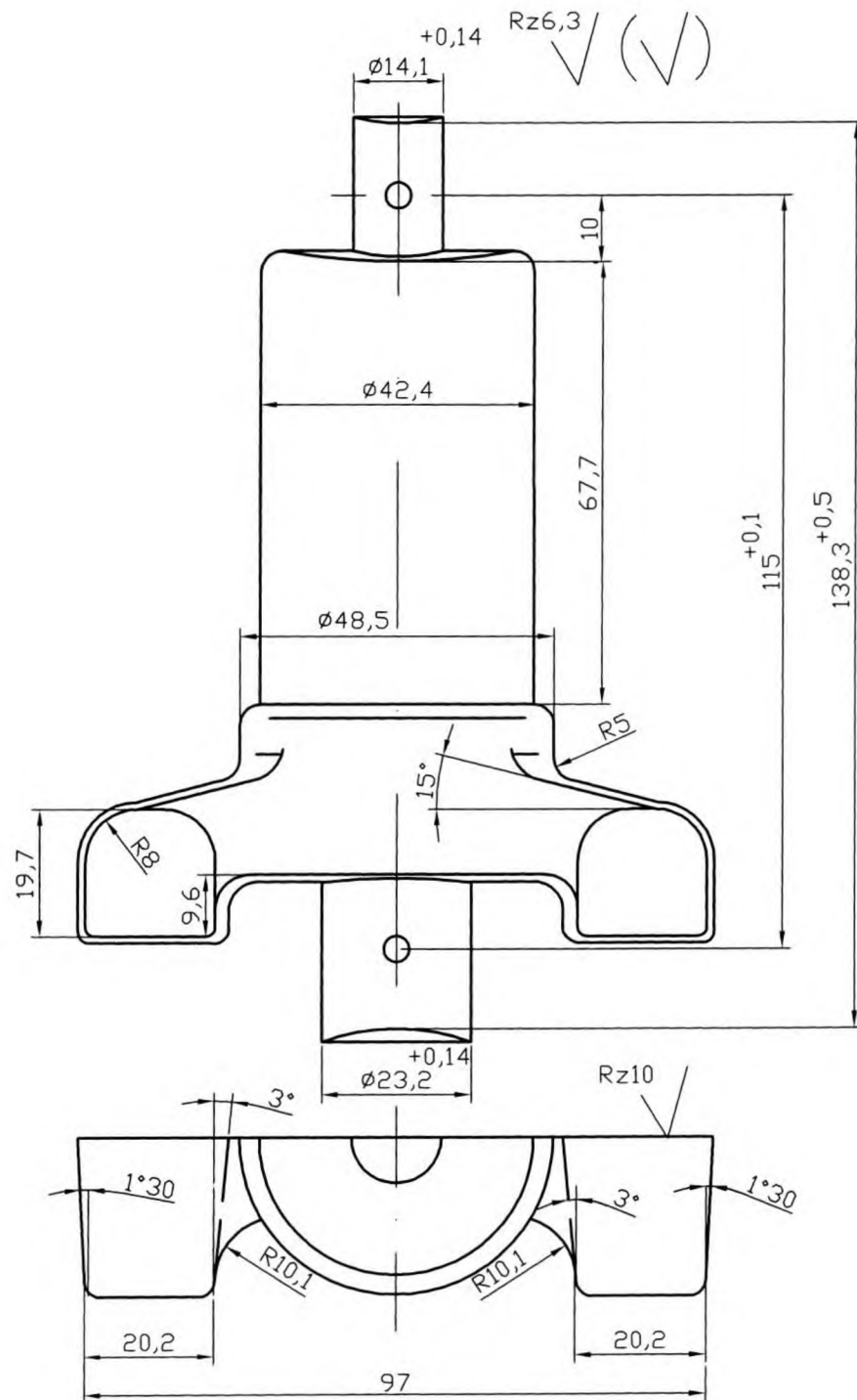


Рис. 5.2. Модель верха отливки «Суппорт»

Толщина стенки для крупных ящиков из алюминиевых сплавов  $t = 6 + 0,12P$ .

Количество мест (гнезд) в ящике для мелких стержней определяется конструктивно исходя из соображений ручной транспортировки ящика со стержневой смесью (общая масса не более 20 кг). В конкретных условиях производства необходимо также учитывать технические возможности стержневой машины.

Бронирующие пластины из стали Ст3 предусматриваются в местах наиболее подверженных износу - плоскости установки ящика на стол, соприкосновения с вдувной плитой и с зажимающими механизмами машины. Толщина бронирующей пластины 3 - 4 мм. На рис. 5.3 изображен 5-местный ящик для стержня отливки "Суппорт".

### **5.3.2. Знаки стержневого ящика**

Размеры знаков ящика должны соответствовать размерам знаков стержня (рис. 4.4).

### **5.3.3. Вдувные отверстия и венты**

Ящик наполняют стержневой смесью через вдувные отверстия, выполненные во вдувной плите пескодувной машины. Для этой цели желательно, чтобы поверхность ящика со стороны набивки была открытой и плоской. Если выполнить это условие не представляется возможным, ящик наполняют смесью непосредственно сквозь его стенку, для чего в последней также выполняют вдувные отверстия, совпадающие с отверстиями на вдувной плите. Вдувные отверстия в стенке ящика бронируют с помощью стальных втулок. Диаметр вдувных отверстий принимается 8 - 12 мм для мелких стержней, 16 мм - для крупных. Количество вдувных отверстий определяют из расчета одно отверстие на 50 - 60 см<sup>2</sup> площади проекции ящика в направлении надува смеси.

Венты (ГОСТ 19396-74) - пробки с выполненными в них щелевыми или сеточными отверстиями для выхода избыточного воздуха из ящика во время надува его смесью. Количество вент определяют из соотношения

$$F_{\text{ВЕНТ}} = (0,3 - 0,7)F_{\text{ВД}}$$

где  $F_{\text{ВЕНТ}}$  - суммарная площадь сечений прорезей или отверстий в венте, мм<sup>2</sup>;  $F_{\text{ВД}}$  - суммарная площадь сечения вдувных отверстий, мм<sup>2</sup>.

При изготовлении ящика венты устанавливаются в местах наиболее вероятного скопления воздуха. При этом 75 % всего расчетного количества вент устанавливается верхней части ящика и 25 % - в нижней.



Обычно каждый новый стержневой ящик подвергается опытному опробованию в производстве. Если в стержне обнаружены места с неудовлетворительной плотностью смеси, в соответствующих местах ящика устанавливаются дополнительные венты.

#### ***5.3.4. Размеры стержневого ящика***

Внутренние размеры ящика (см. рис. 5.3), определяющие конфигурацию стержня, рассчитывают на основании данных работы № 4 с учетом принятых значений литейной усадки отливки, припусков на механическую обработку, а также формовочных и технологических уклонов, если таковые предусмотрены. Допускаемые отклонения на размеры ящика и межцентровые расстояния определяют в соответствии с ГОСТами.

#### ***5.3.5. Шероховатость поверхностей ящика***

Шероховатость поверхностей ящика принимается как и для модели.

#### ***5.3.6. Сборка частей ящика***

Взаимное центрирование половинок (частей) ящика при сборке перед изготовлением стержня производится с помощью штырей и втулок (см. рис. 5.3). В ящиках для пескодувного процесса рекомендуется предусматривать уплотнение на плоскости контакта ящика с вдувной плитой (резиновое - для ящиков, не нагреваемых в процессе эксплуатации).

Собранный ящик закрепляют с помощью зажимов, предусмотренных в системе пескодувной машины. При ручном изготовлении стержня в ящике необходимо выполнить элементы взаимного крепления его половинок (частей). Конструктивное исполнение узла крепления весьма разнообразно: винтовое, клиновое, рамочное и пр.

### **5.4. Содержание отчета**

Выполнить эскизы моделей низа, верха и стержневого ящика заданной отливки (см. рис. 5.1 - 5.3).

## Работа № 6. ВЫБОР РАЗМЕРОВ ОПОК И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ПЛИТ

Цель работы: для разработанных конструкций моделей подобрать опоку и разработать эскизный проект модельных плит низа и верха для машинной формовки.

### 6.1. Теоретическая часть

Основной принцип, которым руководствуются при выборе опок, - максимальное использование объема литейной формы. При этом следует учитывать, что чрезмерно близкое расположение моделей друг от друга, а также от стенок и верха (низа) опоки может привести к разрушению формы при заливке и утечке металла. Чрезмерно большие расстояния между моделями приводят к снижению производительности труда на участках формовки, выбивки и смесеприготовления, к повышению расхода формовочных материалов.

### 6.2. Выбор размеров опок

Для точного определения габаритных размеров опок (длина и ширина в свету, высота) пользуются номограммами. Менее точно, но приемлемо для практических целей можно определить размеры опок по табл. 6.1. Буквенные обозначения таблицы указаны на рис. 6.1.

Таблица 6.1

Данные для определения размеров опок

Масса отливки, кг	Минимальные расстояния, мм				Длина питателя $l$ , мм	Ширина шлакоуловителя $a_{ш}$ , мм
	а	б	в	$\Gamma^*$		
До 2	20 – 30	35 – 60	50 – 75	$0,5 K$ , но $\geq 15$ мм	15 – 20	По расчету (см. работу № 1), обычно $a_{ш} = 30 - 50$
2 – 50	50 – 75	75 – 100	100 – 125	$0,5 K$ , но $\geq 15$ мм	25 – 35	
Св. 50	125 – 175	150 – 200	175 – 200	$0,5 K$ , но $\geq 15$ мм	40 – 55	

\*  $\Gamma = 0,5 K$  при  $P \geq 50$  мм;  $\Gamma = 0,5 K_1$  при  $P \leq 50$  мм.

Полученные размеры опок округляют до ближайших размеров (табл. 6.2) согласно ГОСТ 2133-75.

Конструктивное исполнение опок осуществляется в соответствии с ГОСТ 8909-75, ГОСТ 17127-71 – 17132-71.

### **6.3. Проектирование модельных плит**

Взаимное расположение моделей и элементов литниковой системы на модельных плитах соответствует расположению отливок в форме (см. п. 6.2).

Размеры модельной плиты должны соответствовать размерам в свету выбранной опоки. Конструктивное исполнение модельных плит осуществляется по ГОСТ 20084-74 – 20130-74 и ГОСТ 20131-80.

Фиксирование моделей на плитах производится с помощью штифтов и болтов (ГОСТ 20340-74 – 20351-74). Допускаемые отклонения размеров межцентровых расстояний согласно ГОСТ 14140-81.

В качестве базы при указании монтажных размеров на чертеже служат осевые линии симметрии модельной плиты или осевые линии центрирующего штыря.

Конструктивное исполнение штырей центрирующего и направляющего - по ГОСТ 20122-74, ГОСТ 20123-74. На рис. 6.2 и 6.3 показано оформление модельных плит низа и верха отливки "Суппорт".

### **6.4. Содержание отчета**

Выполнить эскизы модельных плит низа и верха для заданной отливки.

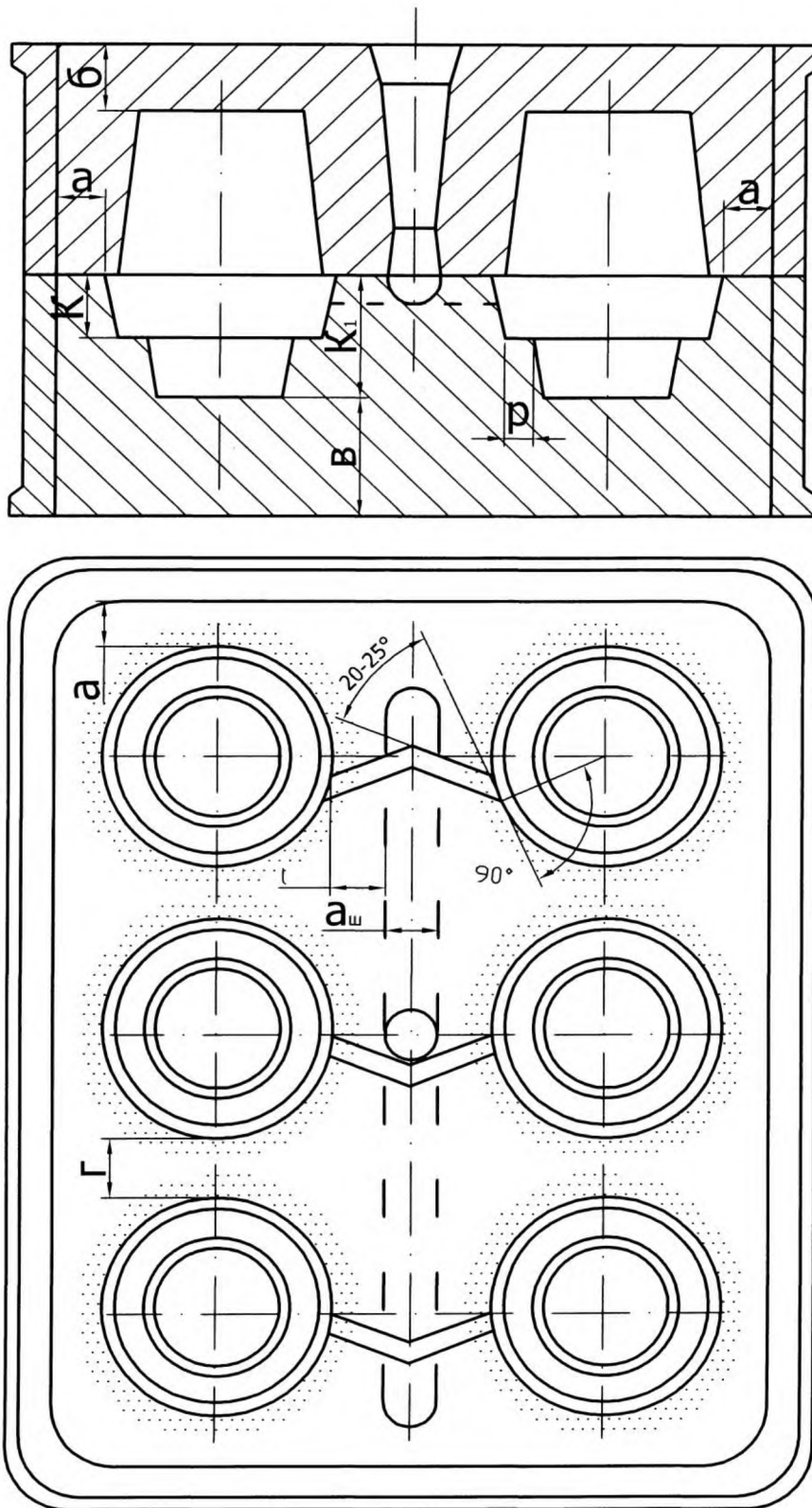


Рис.6.1. Схема расположения отливок в литейной форме

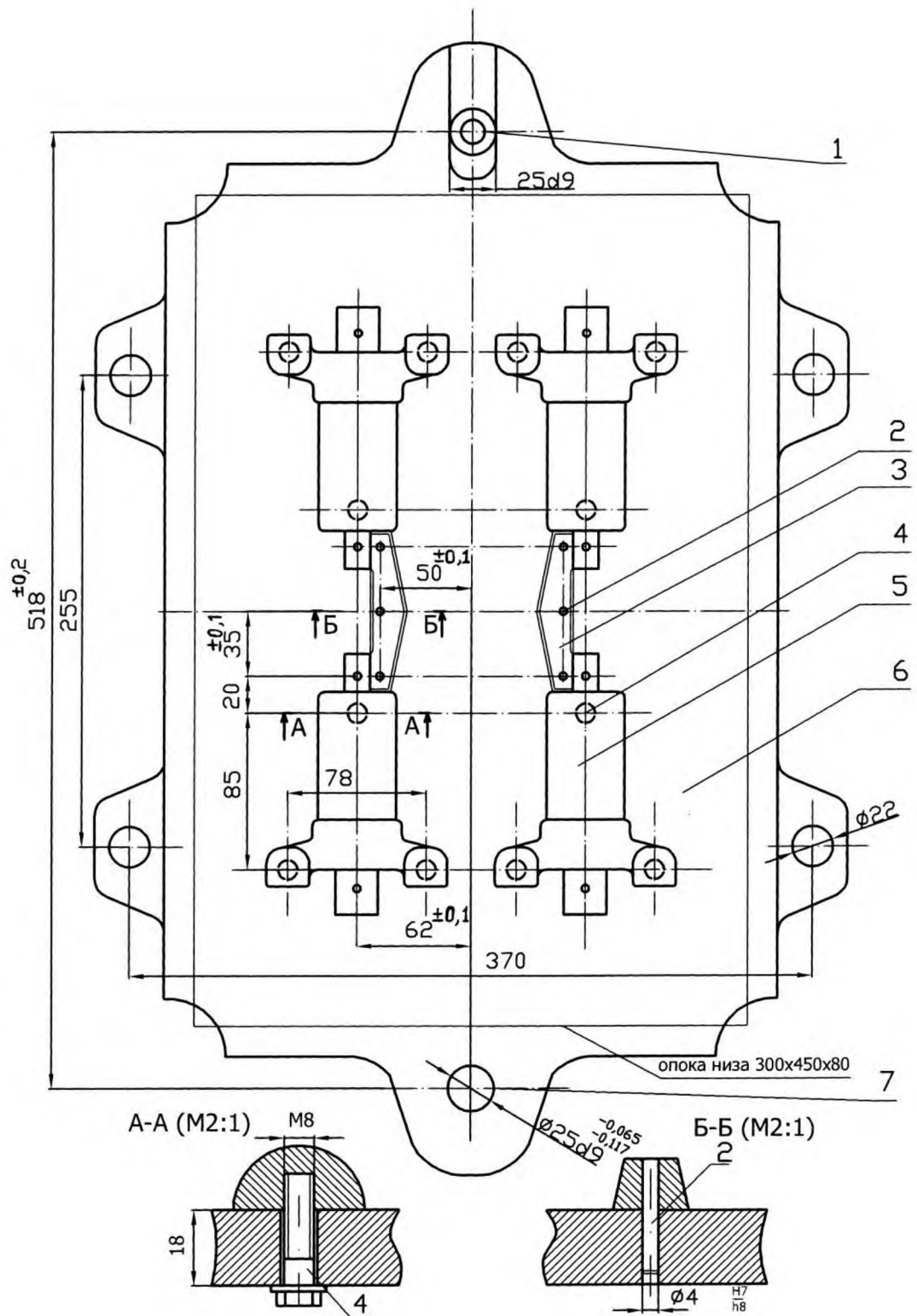


Рис. 6.2. Плита модельная низа (сборочный чертеж):

1 – штырь направляющий (1 шт.); 2 – штифт (14 шт.); 3 – модель питателя (2 шт.); 4 – болт М8 (12 шт.); 5 – модель низа (4 шт.); 6 – плита модельная (1 шт.); 7 – штырь центрирующий (1 шт.)

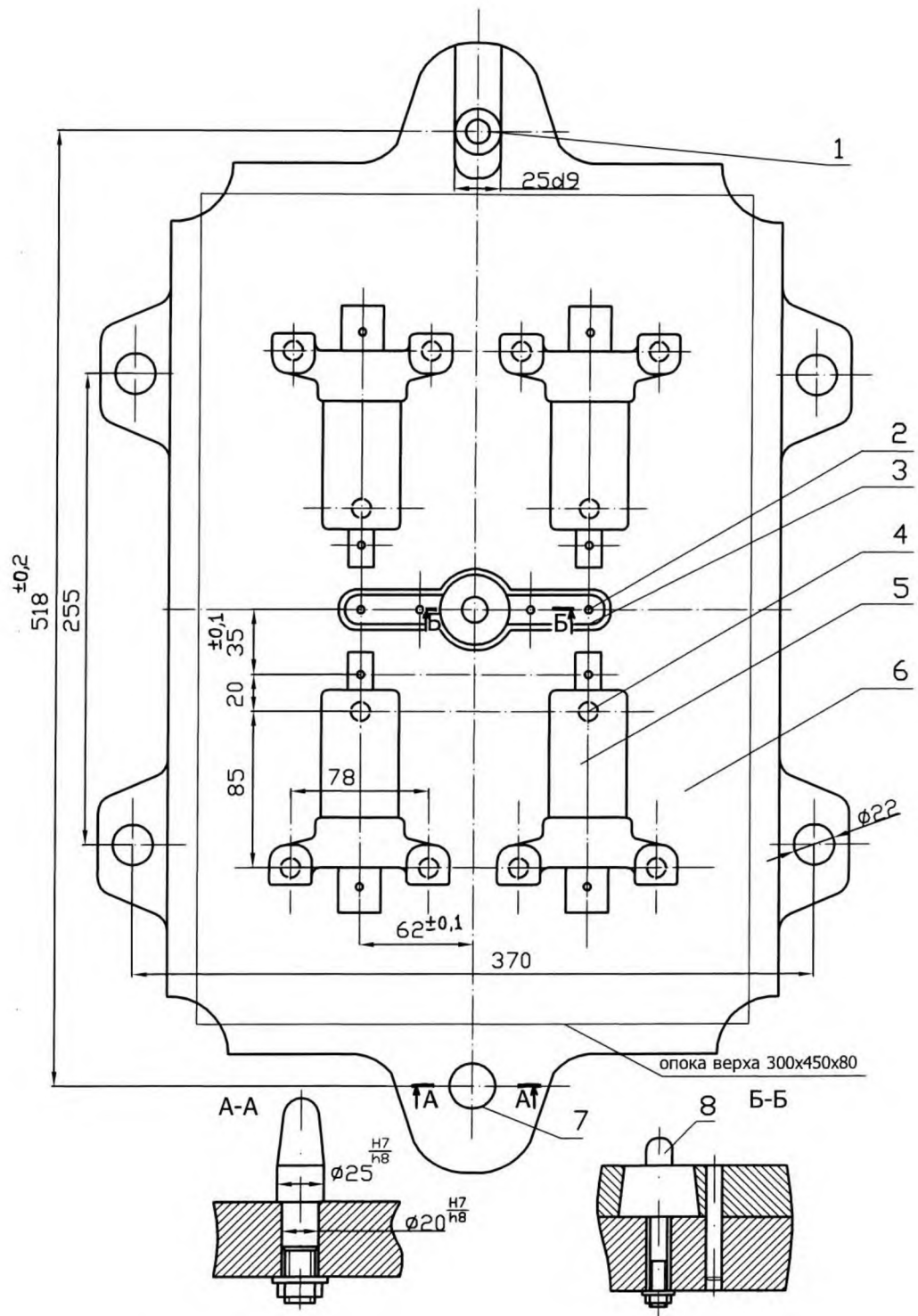


Рис. 6.3. Плита модельная верха (сборочный чертёж):

1 – штырь направляющий (1 шт.); 2 – штифт (12 шт.); 3 – модель шлакоуловителя (2 шт.);  
 4 – болт М8 (12 шт.); 5 – модель верха (4 шт.); 6 – плита модельная (1 шт.); 7 – штырь  
 центрирующий (1 шт.); 8 – бобышка (1 шт.)

Таблица 6.2

## Размерный ряд опок для машинной формовки по ГОСТ 2133-75

Размеры опок в свету, мм			Формовочная машина	
Длина	Ширина	Высота	Модель	Производительность цикловая, полуформ/ч
500	400	200	22111 <sup>1</sup>	145
		>>	22211 <sup>2</sup>	100
		150	91271БМ <sup>3</sup>	100
600 (630)	500	250	22112 <sup>1</sup>	140
			22212 <sup>2</sup>	100
800	700	300	22113 <sup>1</sup>	100
		>>	22213 <sup>2</sup>	90
		>>	265МЗ <sup>3</sup>	60
		420	254М <sup>4</sup>	45
		450	232М <sup>5</sup>	40
1000	600	250	703М <sup>3</sup>	-
1000	800	-	22114 <sup>1</sup>	90
		-	22114А <sup>2</sup>	75
		350	267М <sup>3</sup>	45
		250	295М <sup>3</sup>	-
		480	255М <sup>4</sup>	45
		400	233М <sup>5</sup>	20
1200	1000	400	22115 <sup>1</sup>	40
			ВВФ 2,5 <sup>6</sup>	25
			ВПФ 2,5 <sup>6</sup>	25
1600	1200	600	234М <sup>5</sup>	17
2000	1600	700	235М <sup>5</sup>	12
2500	1600	700	235С1 <sup>5</sup>	10
2500	2000	800	236С <sup>5</sup>	8

<sup>1</sup> Встряхивающе-прессовая машина с амортизацией ударов без поворота полуформ.

<sup>2</sup> То же с амортизацией ударов с поворотом полуформ.

<sup>3</sup> Встряхивающая машина с допрессовкой без поворота полуформ.

<sup>4</sup> То же с допрессовкой и поворотом полуформ.

<sup>5</sup> То же с перекидным столом.

<sup>6</sup> То же для формовки верхних (ВВФ 2,5) и нижних (ВПФ 2,5) полуформ.

## **Работа № 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМ В СБОРЕ И РАСЧЕТ МАССЫ ГРУЗА ДЛЯ ФОРМЫ**

Цель работы: 1) выполнить эскиз формы в сборе заданной отливки, используя разработанные эскизы модельной оснастки; 2) рассчитать массу груза для формы.

### **7.1. Проектирование формы в сборе**

Проектирование начинают с вычерчивания продольных разрезов (по оси) опок низа и верха, спаренных с помощью сборочных штырей. От плоскости разъема опок вычерчивают контуры отпечатков моделей низа, верха и литниковой системы, полученные с помощью модельных плит. Соответствующей штриховкой изображают формовочную смесь и установленные в форму стержни. Разрез формы выбирают по наиболее характерным местам. Вид сверху изображают при снятой верхней полуформе. Пример формы в сборе показан на рис. 7.1.

### **7.2. Расчет массы груза для формы**

Расчет массы груза, который устанавливается на форму для предотвращения подъема верхней полуформы за счет ферростатического давления жидкого металла в форме. Расчетные формулы основаны на законе Паскаля, описывающем давление жидкости на стенки сообщающихся сосудов.

#### ***7.2.1. Расчет массы груза для формы без стержней***

Расчет производят по формуле

$$P = K_{\Gamma} (\gamma_{\text{ж.м}} V - Q), \quad (7.1)$$

где  $P$  - масса груза для формы, кг;  $K_{\Gamma}$  - коэффициент, учитывающий гидравлический удар в момент окончания заполнения формы (обычно  $K_{\Gamma} = 1,3 - 1,5$ );  $\gamma_{\text{ж.м}}$  - плотность жидкого металла (для чугуна и стали  $\gamma_{\text{ж.м}} = 7 \text{ кг/дм}^3$ );  $V$  - объем пространства над отливкой в верхней полуформе до уровня металла в литниковой чаше (рис. 7.2),  $\text{дм}^3$ ;  $Q$  - масса верхней полуформы, кг.

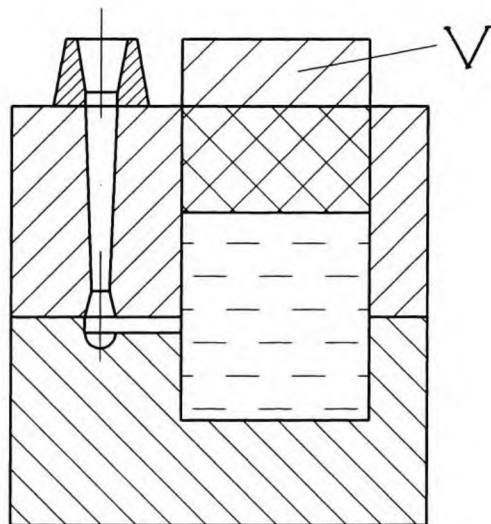


Рис.7.2. Схема к расчёту массы груза для формы со стержнями

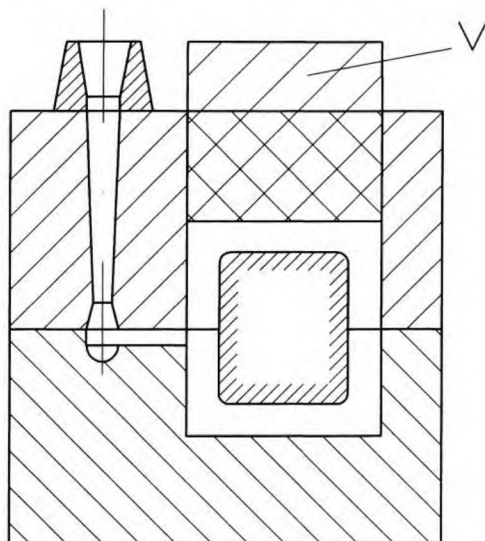


Рис. 7.3. Схема к расчёту массы груза для формы со стержнями

Формула (7.1) может быть записана в виде

$$P = 1,4(7W - Q). \quad (7.2)$$

### 7.2.2. Расчет массы груза для формы со стержнями

Расчет производят по формуле

$$P = K_{\Gamma} [\gamma_{\text{ж.м}} V + (\gamma_{\text{ж.м}} - \gamma_{\text{ст}}) V_{\text{ст}} - Q] \quad (7.3)$$

где  $\gamma_{\text{ст}}$  - плотность стержня с учетом арматуры (принимают  $\gamma_{\text{ст}} = 2 \text{ кг/дм}^3$ );  $V_{\text{ст}}$  - объем стержней без знаков (рис. 7.2),  $\text{дм}^3$ .

Формула (7.3) может быть записана в виде

$$P = 1,4 [7V + 5V_{\text{ст}} - Q]. \quad (7.4)$$

### 7.3. Содержание отчета

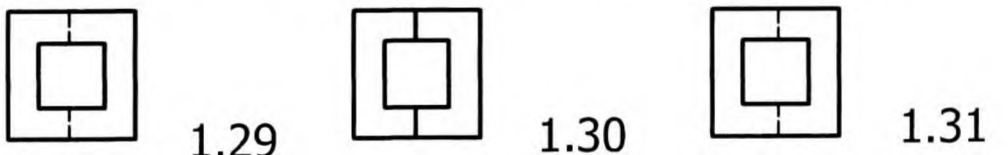
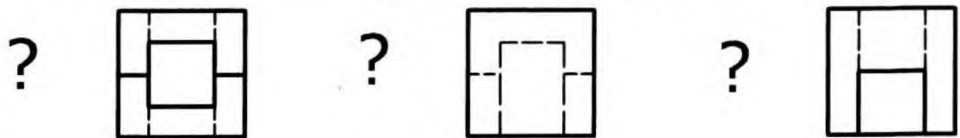
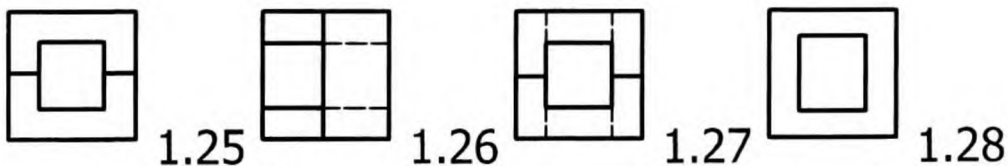
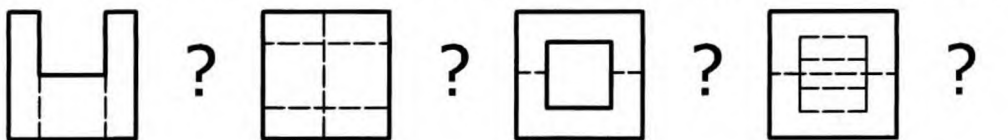
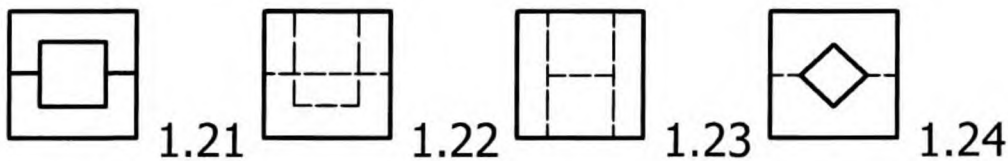
Выполнить эскиз формы в сборе и рассчитать массу груза для формы.

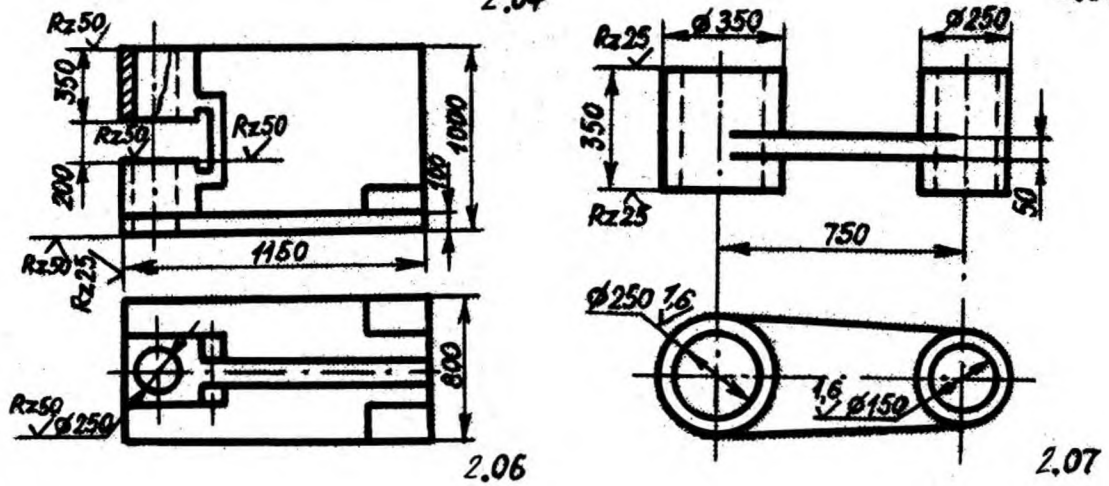
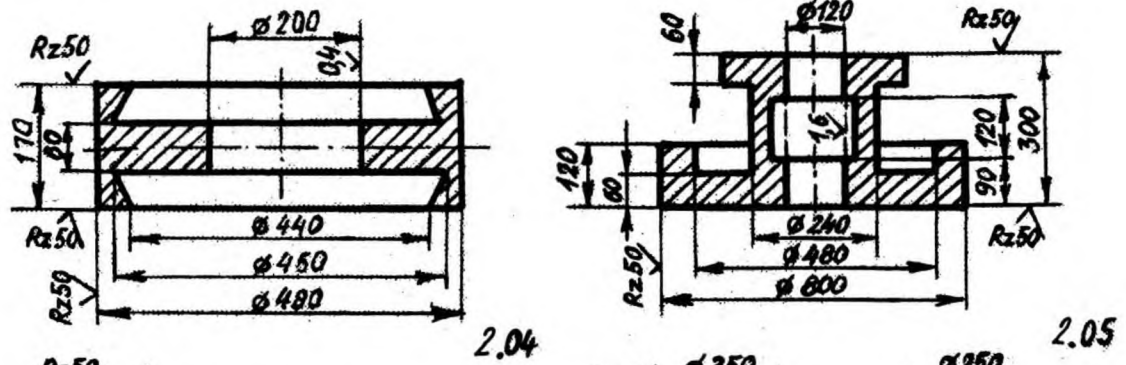
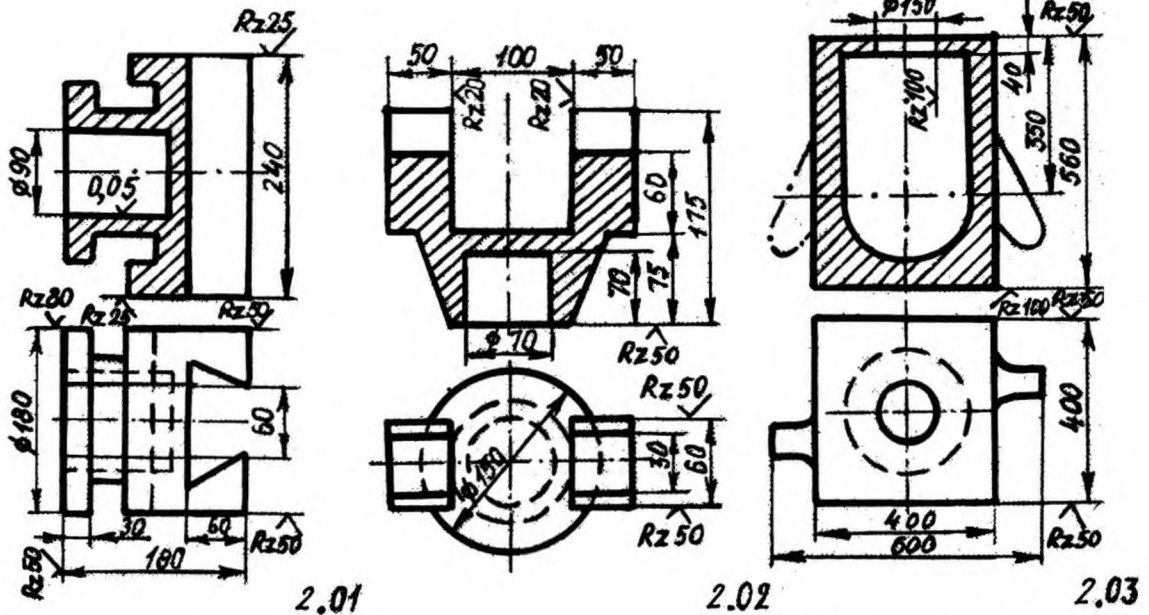
## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

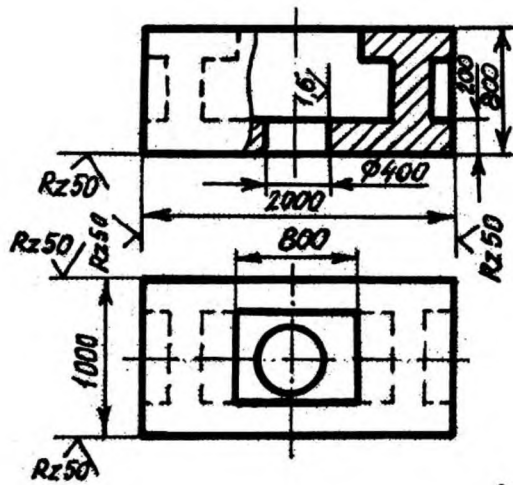
### *ПРИЛОЖЕНИЕ 1*



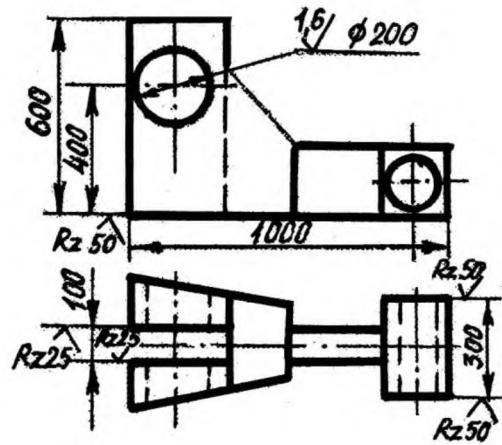




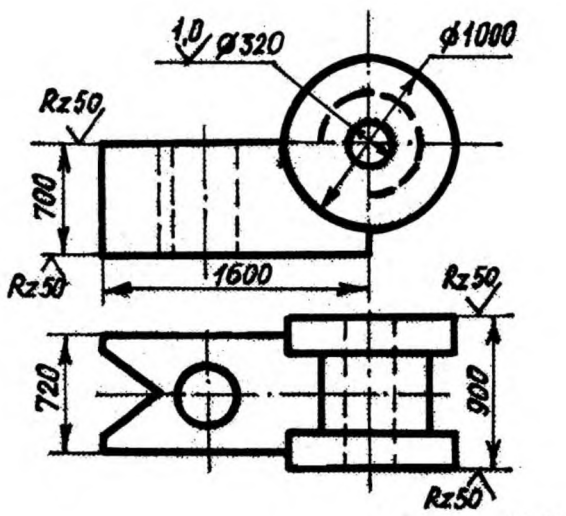




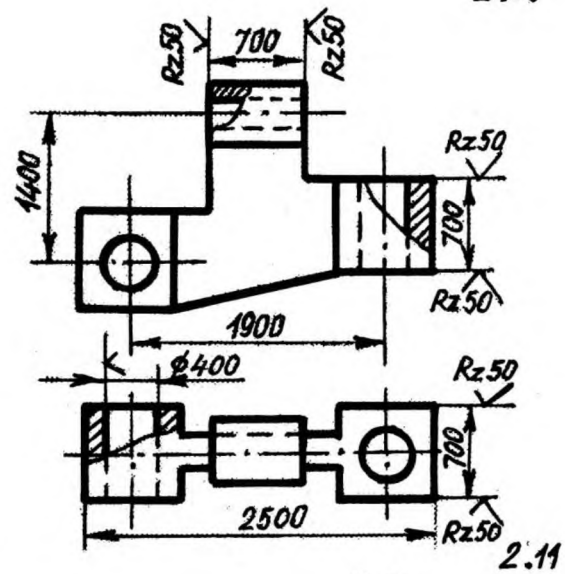
2.08



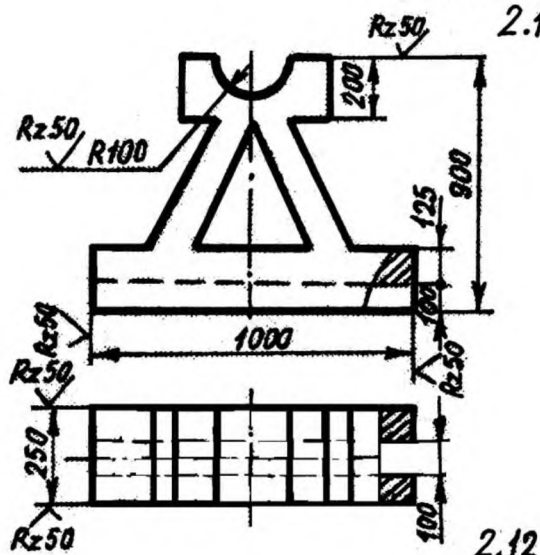
2.09



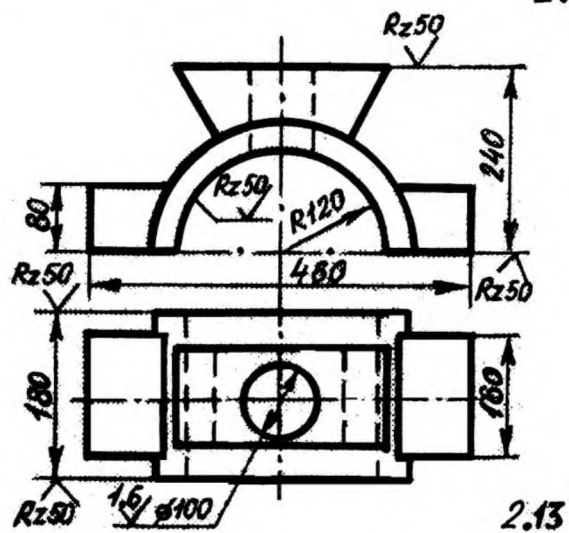
2.10



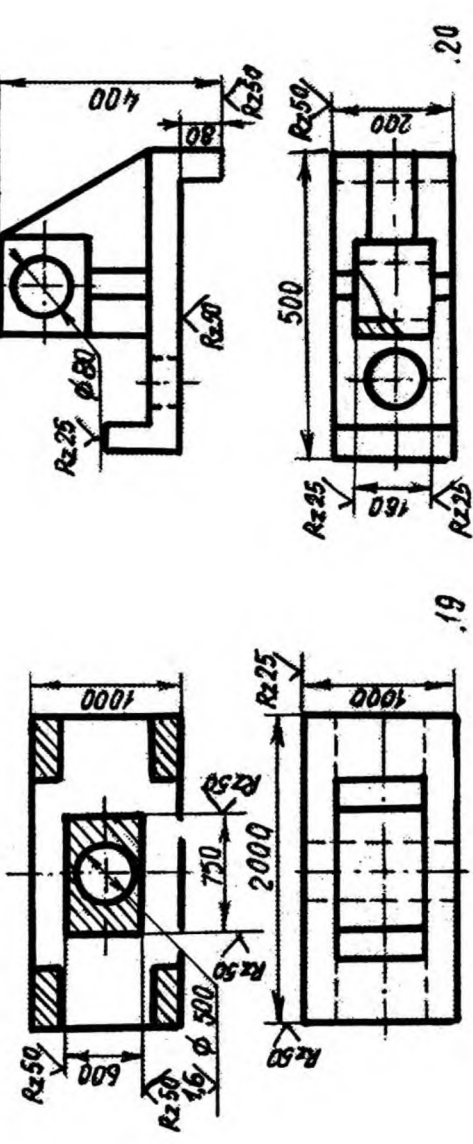
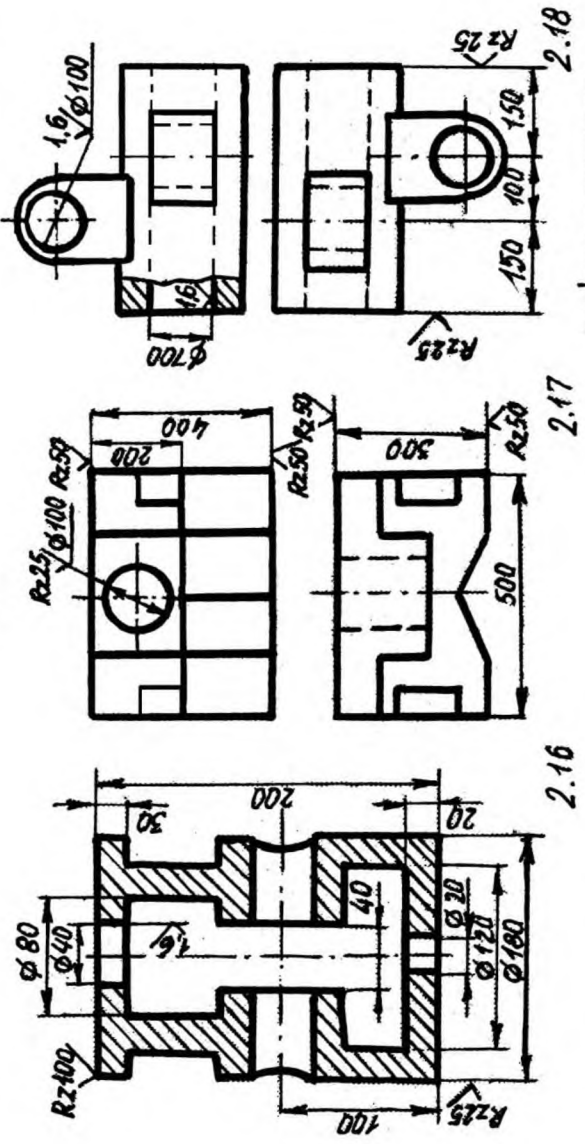
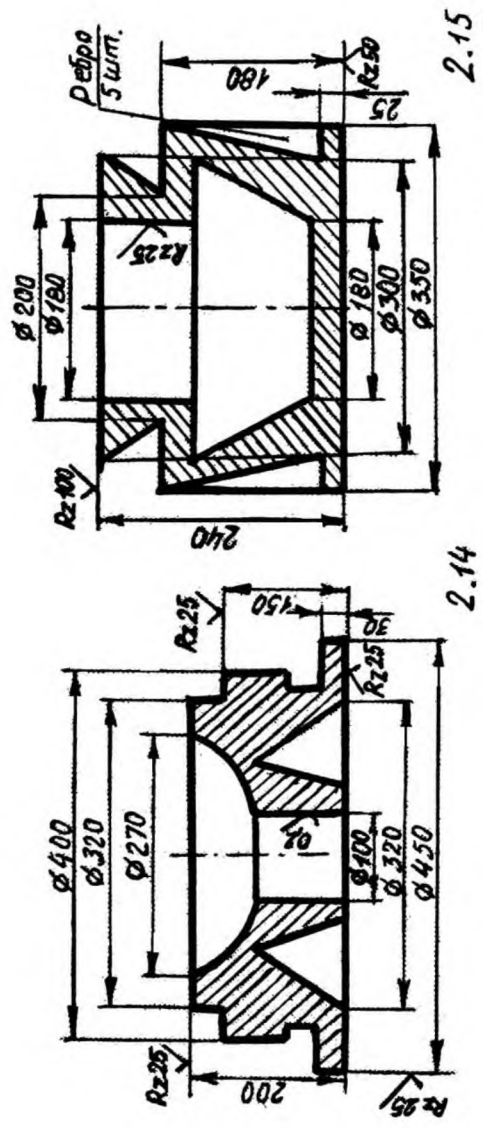
2.11

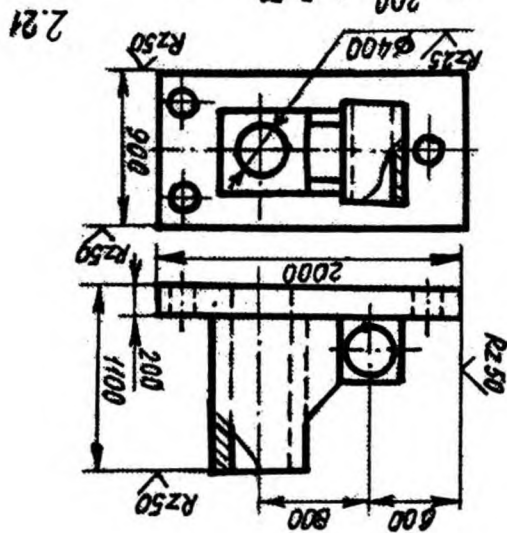
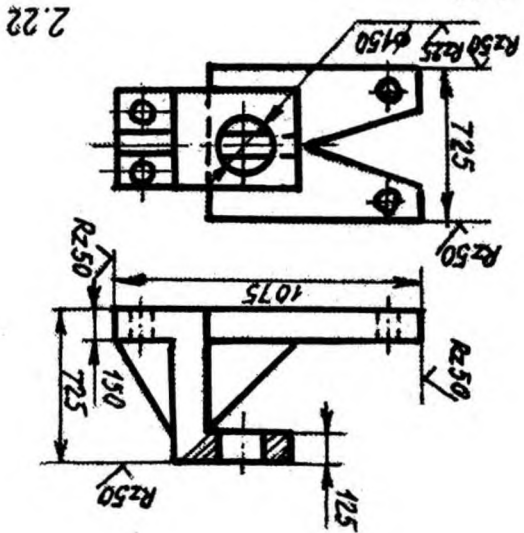
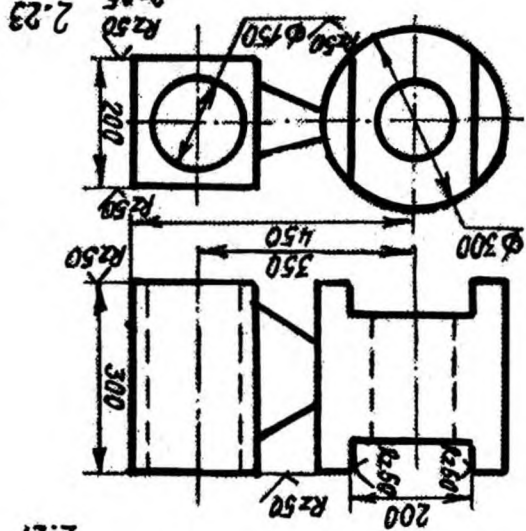
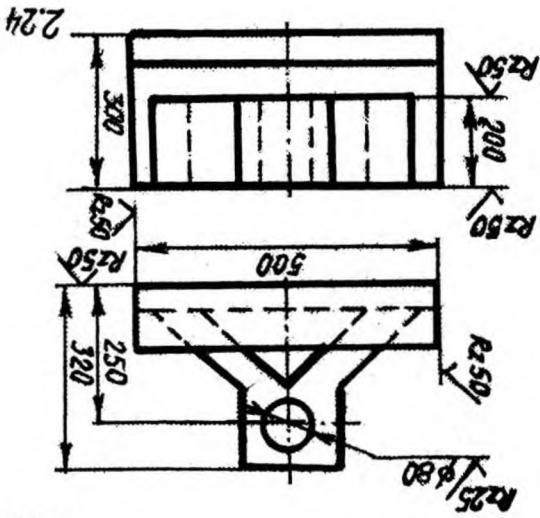
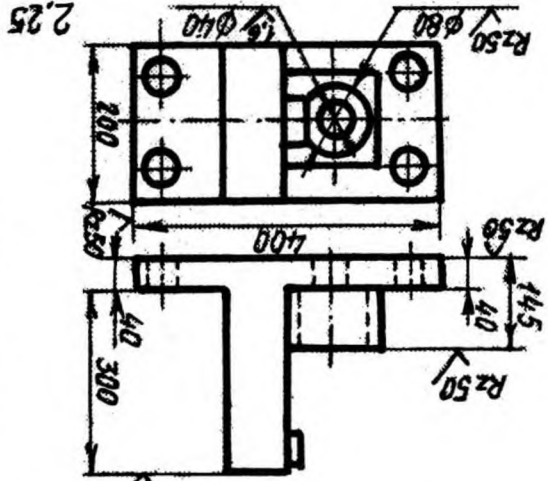
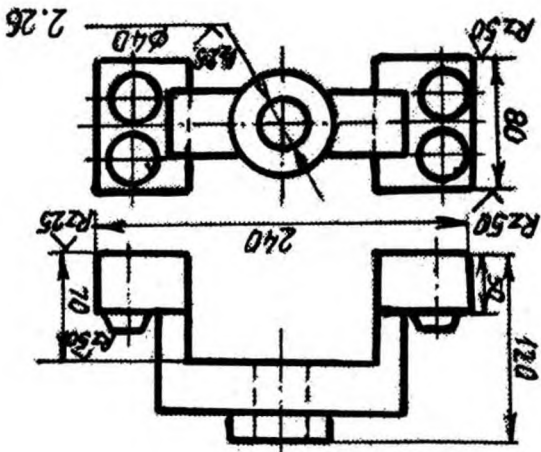


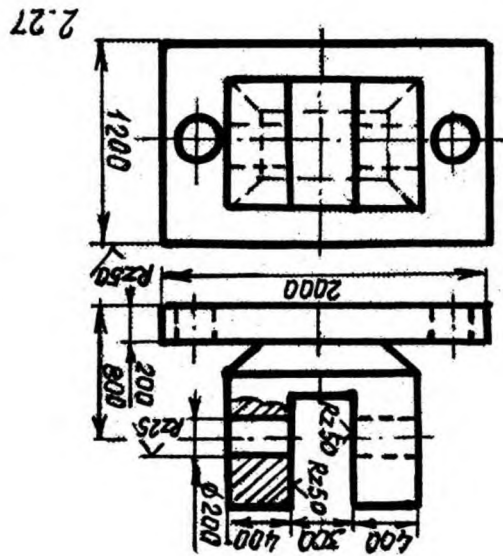
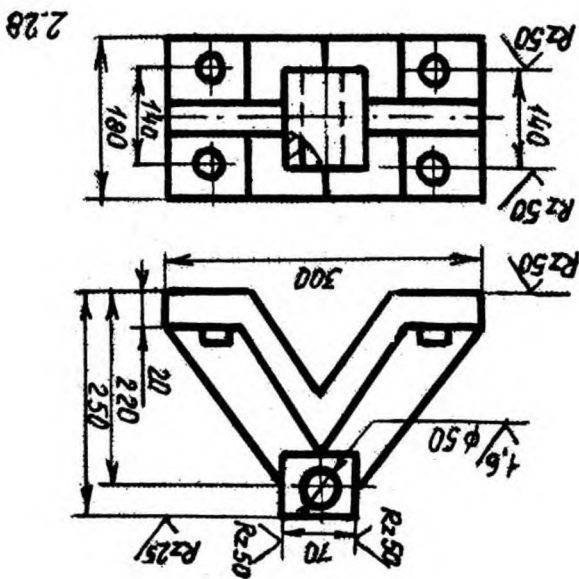
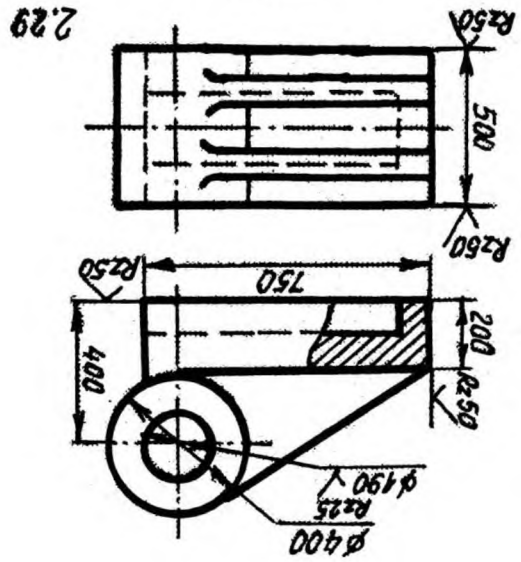
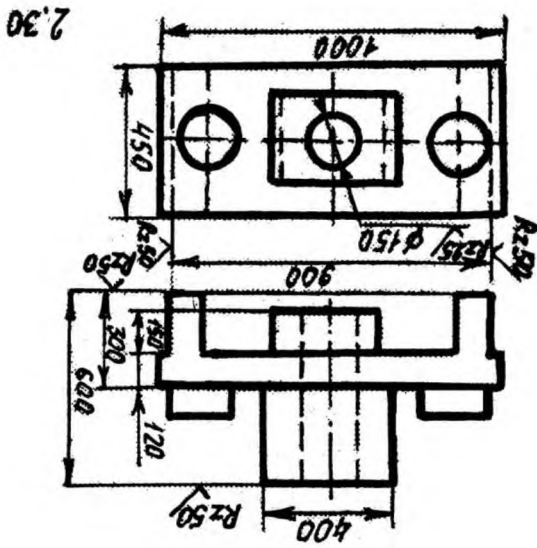
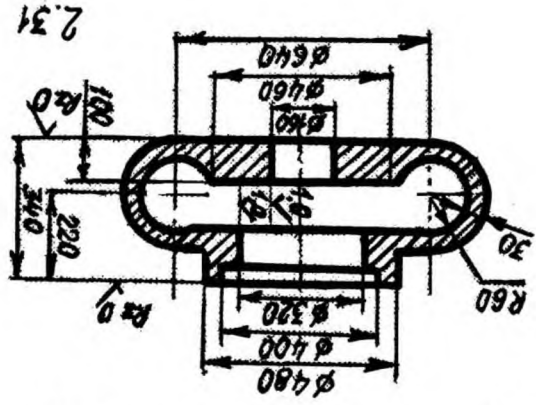
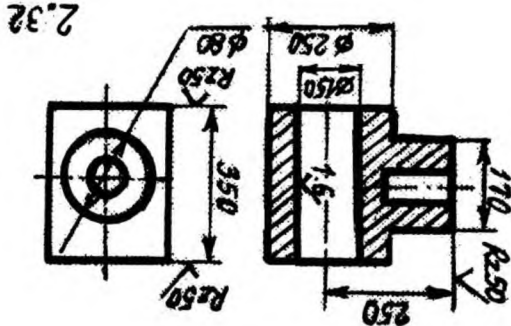
2.12



2.13







## ОСНОВНЫЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

1. ГОСТ 1412-85. Отливки из серого чугуна с пластинчатым графитом. Общие технические условия.
2. ГОСТ 3.1125-88. ЕСТД. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок.
3. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
4. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.
5. ГОСТ 21079-75. Стенки, борта и ребра жесткости металлических литейных моделей. Размеры.
6. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия.
7. ГОСТ 19396-74. Венты для стержневых ящиков. Конструкция и размеры.
8. ГОСТ 2133-75. Опоки литейные. Типы и основные размеры.
9. ГОСТ 17127-71 – 17132-71. Опоки литейные сварные из литых стальных элементов. Конструкция и размеры.
10. ГОСТ 20084-74 – 20130-74. Плиты модельные металлические для опок.
11. ГОСТ 21131-80. Плиты модельные. Типы. Основные размеры. Технические условия.
12. 20340-74 – 20351-74. Модели литейные. Крепление моделей на металлических модельных плитах.
13. 14140-81.
14. ГОСТ 20122-74. Штыри центрирующие для модельных плит. Конструкция и размеры.
15. ГОСТ 20123-74. Штыри направляющие для модельных плит. Конструкция и размеры.
16. ГОСТ 21080-75 – 21087-75. Модели литейные металлические.
17. ГОСТ 19505-86. Модели литейные и ящики стержневые пластмассовые. Технические требования.
18. ГОСТ 13355-74. Ящики стержневые и модели литейные металлические. Шероховатость поверхностей.
19. ГОСТ 19367-74 – 19410-74. Ящики стержневые металлические.
20. ГОСТ 8909-75. Опоки литейные цельнолитые стальные и чугунные. Технические требования.

21. ГОСТ 7020-75. Машины литейные формовочные встряхивающие. Типы, основные параметры.
22. ГОСТ 8907-87. Машины литейные стержневые пескодувные. Общие технические условия.
23. ГОСТ 22096-84. Линии автоматические формовочные. Типы, основные параметры.

### **РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Балабин В.В. Модельное производство. - М.: Машиностроение, 1970. – 160 с.
2. Баландин Г.Ф., Васильев В.А. Физико-химические основы литейного производства. - М.: Машиностроение, 1971. - 216 с.
3. Василевский П.Ф. Технология стального литья. - М.: Машиностроение, 1974. – 408 с.
4. Материалы в машиностроении. В 2 т. Т. 2. Стали. Чугуны / Под ред. Н.Н. Александрова. - М: Машиностроение, 2000. - 780 с.
5. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
6. Рыжиков А.А. Технологические основы литейного производства. – М.; Л.: Машгиз, 1962. - 527 с.
7. Он же. Теоретические основы литейного производства. – М.; Л.: Машгиз, 1961. - 446 с.
8. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. - М.: Машиностроение, 1985. - 320 с.
9. Специальные способы литья: Справ./ В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; Под общ. ред. В.А. Ефимова. - М.: Машиностроение, 1991. - 436 с.
10. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиршовича. - М.; Л.: Машиностроение, 1978. - 758 с.
11. Филиппов Г.И. Литые заготовки и способы их получения. Учеб. пособие. - Л.: ЛПИ, 1985. - 88 с.
12. Цветное литье: Справ./ Н.М. Галдин, Д.Ф. Чернега, Д.Ф. Иванчук и др.; Под общ. ред. Н.М. Галдина. - М.: Машиностроение, 1989. - 528 с.