

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологии металлов

Н.К. Джемилев

В.В. Илюшин

# **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ**

Методические указания для выполнения практической работы  
по учебной дисциплине «Технология конструкционных материалов»  
для студентов очной и заочной формы обучения.

Направления 150400 – Технологические машины и оборудование,  
190500 – Эксплуатация транспортных средств,  
250300 – Технология и оборудование лесозаготовительных и деревообра-  
батывающих производств.

Специальности 190603, 190701, 190702, 250403, 220501

Екатеринбург  
2012

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛМФ.  
Протокол №        от

Рецензент – В.А. Ягуткин, доцент, канд. техн. наук

Редактор  
Оператор компьютерной верстки

---

Подписано в печать		Поз.	
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж	экз.
Заказ	Печ.л.	Цена	

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Наиболее широкое распространение для изготовления отливок получили песчано-глинистые литейные формы. Это объясняется их универсальностью по конфигурациям отливок, видам применяемых сплавов, масштабам производства. Полость литейной формы образуется отпечатком модели в формовочной смеси. Внутренняя поверхность отливки образуется с помощью стержней, устанавливаемых в форму. Между внутренней полостью формы и поверхностью стержня образуется пространство, в которое заливают жидкий металл, после затвердевания образующий отливку. Для поступления металла в полость формы служат специальные каналы - литниковая система.

Для облегчения извлечения модели при изготовлении литейной формы вертикальные стенки модели выполняют с уклонами.

Разработка технологий получения отливки состоит из следующих основных этапов: 1) разработка литейного чертежа отливки; 2) определение внешнего контура и размеров стержня; 3) выбор конструкции и размеров стержня; 4) расчет элементов литниковой системы; 5) составление эскиза формы.

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

По чертежу детали разработать технологию изготовления отливки в песчано-глинистой форме (варианты заданий выдает преподаватель по приложению 1).

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

### **1 Разработка литейного чертежа отливки**

Рассмотрим последовательность разработки литейного чертежа на двух примерах (рис. 1 и 2).

#### ***1.1 Выбор положения отливки при заливке и выбор плоскости разъема.***

Разработку технологий литейной формы для получения отливки начинают с выбора плоскости разъема модели, формы и положения отливки в форме.

Плоскости разъема модели и формы выбирают с учетом конфигурации детали, особенно таких элементов, которые могут препятствовать свободному извлечению модели из полуформы. Положение плоскости разъема модели и формы указывают на чертеже: рядом с проекцией детали про-

водят сплошную толстою линией с буквенным обозначением *МФ* (разъем модели, формы) (рис. 3 и 4).

Положение отливки в форме показывают стрелками и обозначают буквами *В* (верх) и *Н* (низ) (рис. 3 и 4).

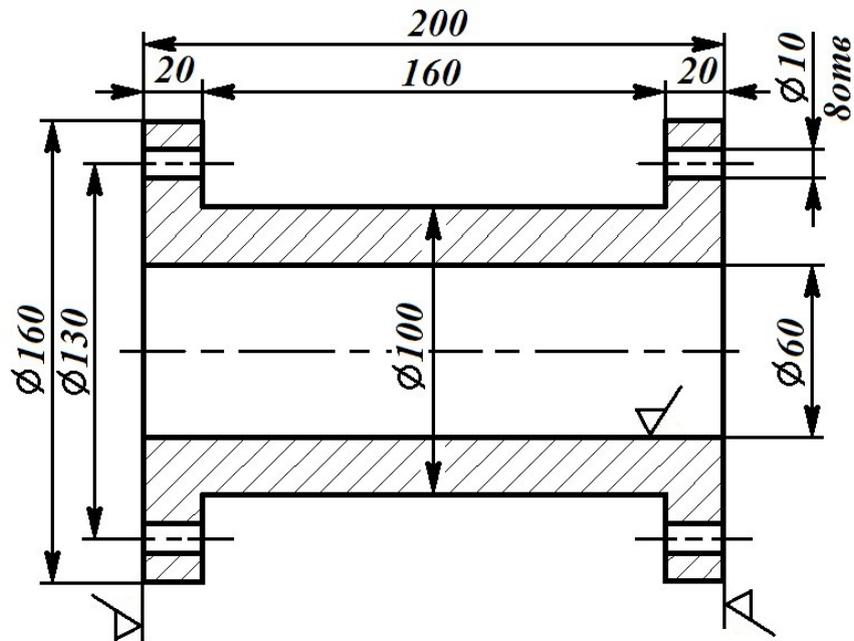


Рис. 1. Втулка стальная

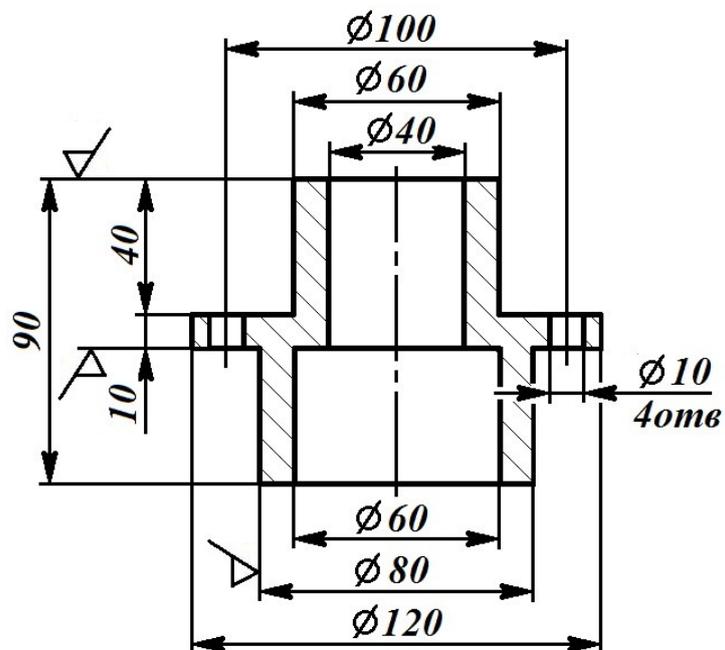


Рис. 2. Фланец чугунный



**1.2 Припуски на механическую обработку** назначают на те поверхности, где стоит знак механической обработки ( $\nabla$ ). Величина припуска зависит от материала отливки, ее габаритного размера, положения в форме поверхностей на которые назначается припуск и способа изготовления отливок. Величину припуска  $c$  для литья в песчано-глинистые формы назначают по ГОСТ 26645-85 (табл. 1).

Таблица 1

Припуски на механическую обработку отливок

Габаритный размер, мм	Положение при заливке	Величина припуска $c$ , мм для отливок из		
		чугуна	стали	цветных сплавов
до 120	верх	2,5	3,5	3
	низ, бок	2	3	2
121-260	верх	3	5	4
	низ, бок	2,5	3,5	3
261-500	верх	4	6	5
	низ, бок	3,5	4	4
501-800	верх	5,5	7	6
	низ, бок	4,5	5	5

Припуск  $c$  на механическую обработку на чертеже обозначают красным карандашом или крестообразной штриховкой (рис. 5).

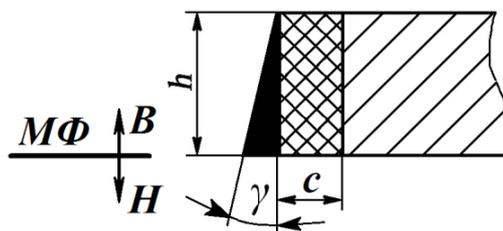


Рис. 5. Схема определения формовочных уклонов и припусков

Мелкие отверстия в отливке (диаметром менее 20 мм), небольшие выемки и пазы при литье можно не предусматривать, поэтому они на чертеже обозначаются штриховкой и при изготовлении модели не учитываются.

В соответствии с табл. 1 величины припусков составят:

- для втулки стальной (рис. 1 и 3) - по 3,5 мм на боковые поверхности диаметром 160 мм и 3,5 мм на отверстие диаметром 60 мм;
- для фланца чугунного (рис. 2 и 4) - 2 мм на боковую поверхность диаметром 80 мм, 2,5 мм на верхний торец диаметром 60 мм и 2 мм на нижнюю поверхность центрального пояса диаметром 120 мм.

**1.3 Формовочные уклоны** выполняют на вертикальных стенках моделей, на углублениях и выступах элементов модельного комплекта для удобства извлечения моделей (стержней) из формы (стержневого ящика) без нарушения целостности. Уклоны выполняют как на поверхностях не подвергаемых механической обработке, так и сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рис. 5, 3 и 4).

Величина литейных уклонов  $\gamma$  зависит от способа изготовления отливки, материала модели и высоты боковой поверхности (табл. 2).

Таблица 2

Величина литейных уклонов  $\gamma$  по ГОСТ 3212-95

Высота боковой поверхности, мм	Угол уклона $\gamma$ для модели	
	деревянной	металлической или пластмассовой
до 20	3°	1°30'
21 - 50	1°30'	1°
51 - 100	1°	0°45'
101 - 200	0°45'	0°30'
201 - 300	0°30'	0°30'
301 - 800	0°30'	0°20'

Углы наклона  $\gamma$  наносят на литейный чертеж детали, указывают в градусах и закрашивают на чертежах черным цветом (рис. 5).

Модель изготавливаем деревянную:

а) для стальной втулки при высоте наружной боковой поверхности 80 мм (отсчет от плоскости разъема)  $\gamma = 1^\circ$ , высота внутренней боковой поверхности составляет 30 мм, поэтому  $\gamma = 1^\circ 30'$ ;

б) для фланца чугуна литейный уклон верхней и нижней боковой поверхностей высотой 40 мм составит  $\gamma = 1^\circ 30'$ , литейный уклон центрального пояса высотой 10 мм составит  $\gamma = 3^\circ$ .

**1.4 Галтели** (скругления внутренних углов) назначают для получения плавного перехода в сопрягаемых стенках. Они предупреждают осыпание формовочной смеси при извлечении модели и способствуют предупреждению дополнительных напряжений в отливке.

Радиус галтели  $R$  рассчитывают по соотношению:

$$R = \left( \frac{a + b}{2} \right) \cdot c$$

где  $a$  и  $b$  - толщина сопрягаемых стенок отливки;

$c$  - коэффициент, принимаемый равным  $c=1/3$  при  $(a+b)/2 < 50$  мм, и  $c=1/5$  при  $(a+b)/2 > 50$ .

Для наших примеров, радиусы галтелей равны:

$$\text{а) для втулки стальной } R = \frac{(20+3,5) + (20+3,5)}{2} \cdot \frac{1}{3} \approx 8 \text{ мм}$$

$$\text{б) для фланца чугунного } R = \frac{(10+2) + (10+2,5)}{2} \cdot \frac{1}{3} \approx 4 \text{ мм}$$

## 2 Определение внешнего контура и размеров стержня

Внутренние полости в отливках получают с помощью стержней (рис. 3 и 4). В зависимости от положения в литейной форме стержни бывают горизонтальные (рис. 3 и 6, а) и вертикальные (рис. 4 и 6, б).

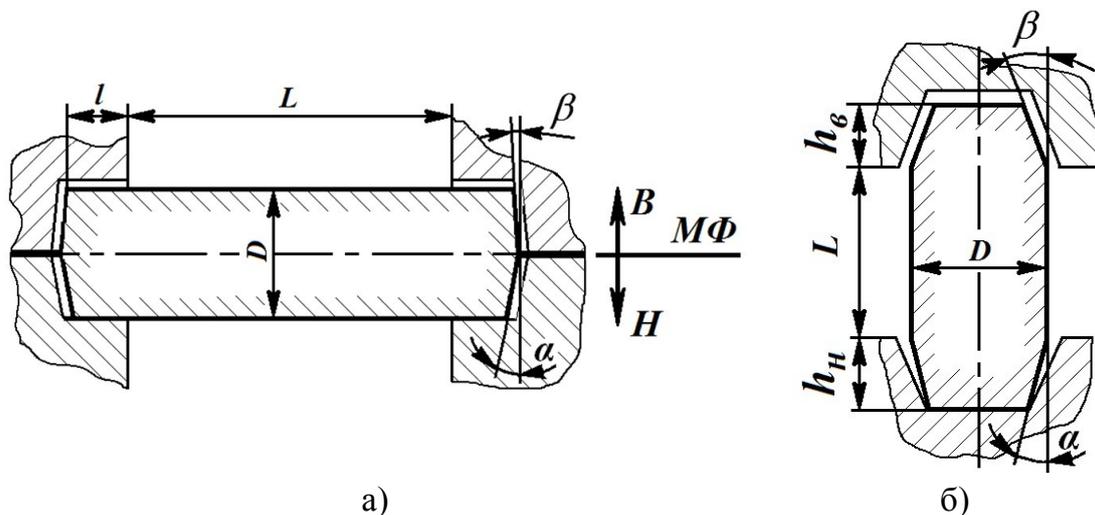


Рис. 6. Знаковые части стержня и их размеры:  
а) горизонтальный стержень; б) вертикальный стержень

У стержней имеется знаковая часть, которая служит для установки и точной фиксации стержня в полости литейной формы. В литейной форме имеются специальные углубления, образуемые стержневыми знаками модели (рис. 6).

Конфигурацию знаковых частей стержня и их размеры определяют в соответствии с ГОСТ 3212 - 92. Знаки горизонтальных стержней выполняют цилиндрическими (рис. 6, а и табл. 4), знаки вертикальных стержней - коническими (рис. 6, табл. 5).

Высоту верхних стержневых знаков  $h_B$  вертикальных стержней выбирают в зависимости от высоты нижних знаков  $h_H$  в соответствии с рядом:

$h_H, \text{ мм}$	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$h_B, \text{ мм}$	15	15	20	20	25	30	35	40	50	55	60	65	70

Таблица 4

## Длина горизонтальных знаков

$D$ , мм	Длина знака $l$ , мм (не более) при длине стержня $L$ (см. рис. 6, а)					
	<50	50-150	150-300	300-500	500-700	>700
$\leq 25$	15	25	40	-	-	-
26 - 50	20	30	45	60	-	-
51 - 100	25	35	50	70	90	110
101 - 200	30	40	55	80	100	120
201 - 300	-	50	60	90	110	130

Таблица 5

## Высота нижних вертикальных знаков

$D$ , мм	Высота знака $h_H$ , мм (не более) при длине стержня $L$ (см. рис. 6, б)					
	<50	50-150	150-300	300-500	500-700	>700
$\leq 25$	20	25	-	-	-	-
26 - 50	20	40	60	70	-	-
51 - 100	25	35	50	70	100	120
101 - 200	30	30	40	60	90	110
201 - 300	35	35	40	50	80	100

С целью облегчения сборки формы и повышения ее точности стержневые знаки делают с уклонами (рис. 6, табл. 6).

Таблица 6

## Уклоны стержневых знаков

Высота знака $h_H$ или $h_B$ , мм или длина знака $l$ , мм	Уклон $\alpha$ или $\beta$ , град. (рис. 6) для знаков			
	вертикальных		горизонтальных	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
$\leq 20$	10°	15°	10°	3°
21 - 50	7°	10°	7°	1°30'
51 - 100	6°	8°	6°	1°
101 - 200	5°	6°	5°	0°45'

Знаковые части стержня, выступающие за контуры отливки, показывают сплошной линией на чертеже. Сам стержень вместе со знаковыми частями обозначают каймой штриховки по всему контуру (рис. 3, 4 и 6).

Для наших примеров:

а) для втулки стальной при длине стержня  $L=200$  мм и диаметре  $D=53$  мм длина знака  $l=50$  мм (табл. 4);

уклоны стержневых знаков при длине горизонтального знака  $l=50$  мм назначаем  $\alpha=7^\circ$ ,  $\beta=1^\circ 30'$  (табл. 6).

б) для фланца чугунного при общей длине стержня  $L=200$  мм и диаметре нижней части стержня  $D=60$  мм высота нижнего вертикального знака  $h_H=35$  мм (табл. 5), высота верхнего знака  $h_B=20$  мм;

при высоте  $h_H=35$  мм назначаем уклоны вертикального нижнего знака  $\alpha=7^\circ$ , при высоте  $h_B=20$  мм назначаем уклоны вертикального верхнего знака  $\beta=15^\circ$  (табл. 6).

### 3 Определение конструкции и размеров модели

По литейным чертежам (рис. 3 и 4) изготавливают модели. Размеры моделей должны быть больше размеров отливок на величину линейной усадки сплава, из которого изготавливают отливки. Припуски на усадку зависят от материала сплава и выражаются в процентах (табл. 3).

Таблица 3

Линейная усадка

Сплав	Линейная усадка
Чугун серый	0,5 - 1,0
Сталь углеродистая	1,5 - 2,2
Медные сплавы	1,0 - 1,8
Алюминиевые и магниевые сплавы	0,75 - 1,2

При изготовлении модельных комплектов, размеры их увеличивают на величину линейной усадки. Эскизы моделей для наших примеров приведены на рис. 7 и 8.

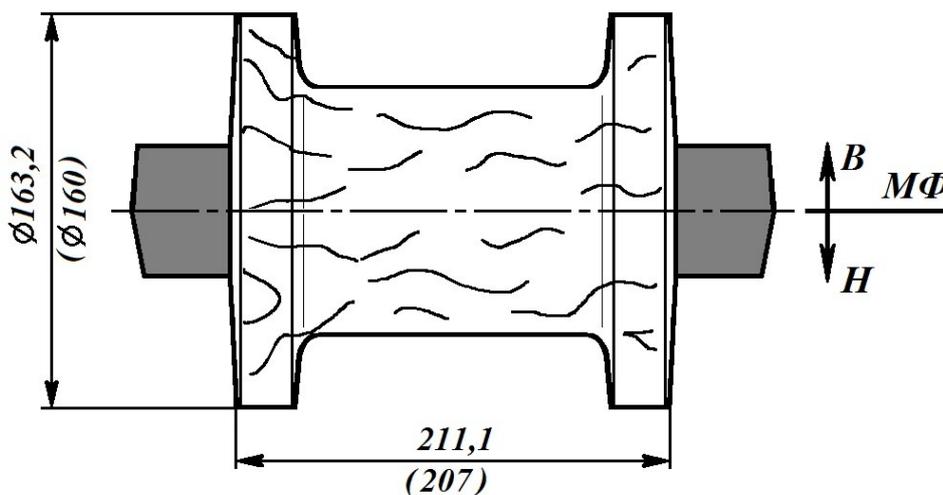


Рис. 7. Эскиз модели стальной втулки

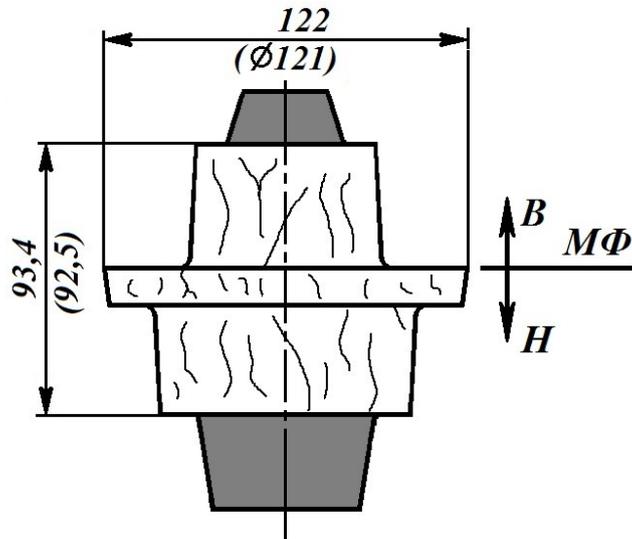


Рис. 8. Эскиз модели чугунного фланца

Модели для формовки чугунных отливок окрашивают в красный цвет, стальных - в синий, цветных сплавов - в желтый. Знаки всех моделей в черный цвет.

#### 4 Расчет элементов литниковой системы

Литниковой системой называется система каналов, по которым металл заполняет форму. Основными элементами литниковой системы являются (см. рис. 9): 1 – литниковая чаша, 2 – стояк, 3 – шлакоуловитель, 4 - питатель, 5 - выпор.

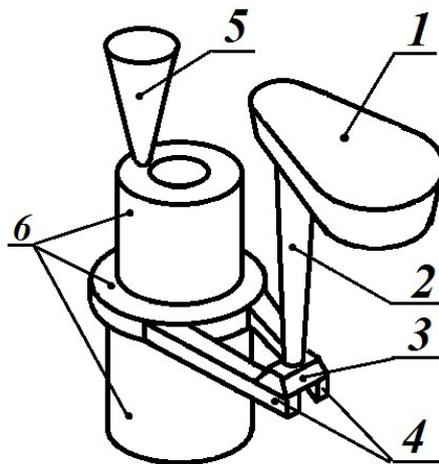


Рис. 9. Элементы литниковой системы (на примере фланца чугунного):  
1 - литниковая чаша, 2 – стояк, 3 – шлакоуловитель, 4 - питатель, 5 – выпор; 6 - отливка

У отливок значительной массы к литниковой системе может относиться также и **прибыль** – дополнительная полость, устраиваемая над массивными частями отливки для их питания. Прибыль позволяет избежать усадочных раковин.

Расчет литниковой системы сводится к определению площади наименьшего сечения литниковой системы (стояка или питателя) с последующим определением (по соотношениям) площадей сечения остальных элементов литниковой системы.

Площадь наименьшего сечения  $F_{нс}$  находят по формуле:

$$F_{нс} = \frac{Q}{\tau \cdot \mu \cdot \rho \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}},$$

где  $Q$  – масса металла, прошедшего через минимальное сечение;

$\tau$  – продолжительность заливки, с;

$\rho$  – плотность металла (см. табл. П1, приложение 2), кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода литниковой системы, учитывающий потери на трение, для тонкостенного сложного литья  $\mu = 0,35$ ;

$H_p$  – расчетный напор, м;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Для расчета массы металла  $Q$ , необходимо вычислить объем полости литейной формы  $V_n$ , который, в первом приближении, можно принять равным объему модели отливки  $V_o$ . Рассчитать объем модели можно с помощью табл. П2 справочного приложения 2. Массу металла  $Q$  определяют по формуле:

$$Q = \rho \cdot V_o,$$

Продолжительность заливки формы  $\tau$  определяют по формуле:

$$\tau = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot Q},$$

где  $\delta$  – преобладающая толщина стенок отливки, мм;

$S$  – коэффициент, зависящий от толщины стенки и конфигурации отливки: для чугуна  $S=1,8$ ; для стали –  $S=1,5$ ; для медных сплавов –  $S=2,0$ ; для алюминиевых сплавов –  $S=2,5$ .

Напор  $H_p$  зависит от способа заливки литниковой системы, положения отливки в форме и других факторов. В наших случаях при подводе металла по разьему  $H_p$  рассчитывают по формуле:

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2C},$$

где  $H_0$  – первоначальный максимальный напор (см. рис. 10), м;  
 $P$  – расстояние от самой верхней точки отливки до уровня подвода, м;  
 $C$  – высота отливки (по положению при заливке), м;

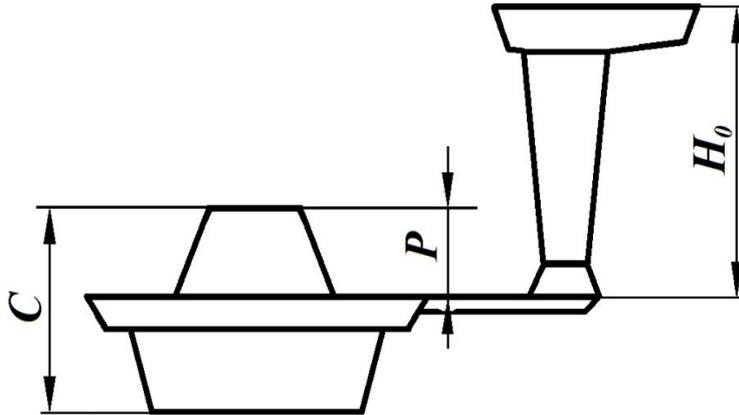


Рис. 10. Схема расчета литниковой системы:  
 $H_0$  – первоначальный максимальный напор, м;  
 $P$  – расстояние от самой верхней точки отливки до уровня подвода, м;  
 $C$  – высота отливки, м

По площади наименьшего сечения  $F_{нс}$  рассчитывают площади сечения остальных элементов литниковой системы по соотношениям:

1) для чугунных отливок

$$F_{лит.} : F_{шл.} : F_{ст.} = 1,0 : 1,1 : 1,2;$$

2) для отливок из медных сплавов

$$F_{лит.} : F_{шл.} : F_{ст.} = 4,0 : 2,0 : 1,0;$$

3) для отливок из алюминиевых сплавов

$$F_{лит.} : F_{шл.} : F_{ст.} = 5,0 : 2,5 : 1,0.$$

4) для остальных отливок

$$F_{лит.} : F_{шл.} : F_{ст.} = 1,0 : 1,2 : 1,4;$$

## 5 Составление эскиза формы

По разработанным чертежам отливок, (рис. 3 и 4) вычерчивают эскизы вертикальных разрезов форм (рис. 11 и 12).



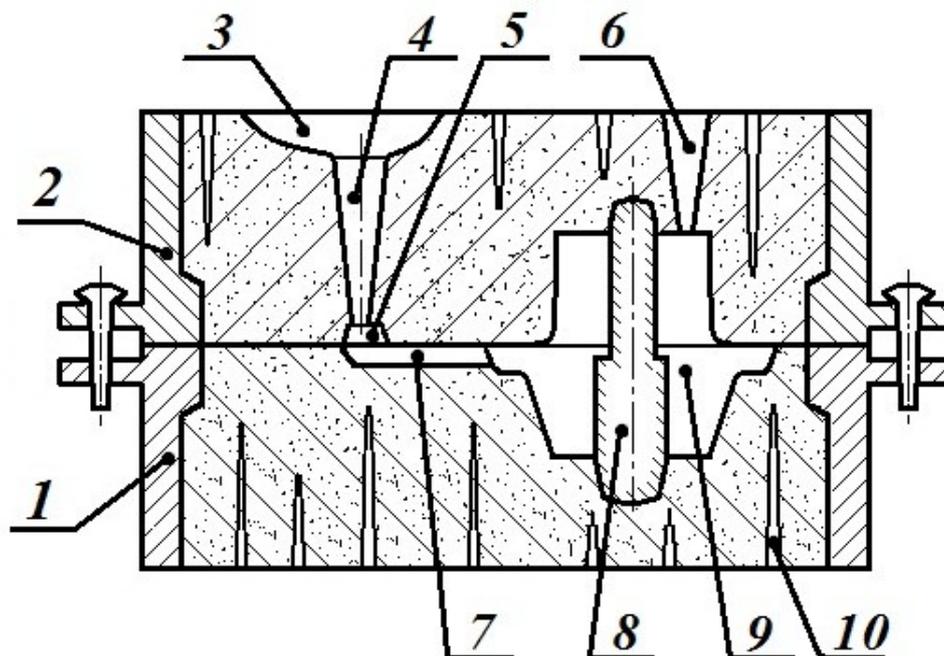


Рис. 12. Эскиз разреза песчаной формы для отливки чугунного фланца:  
 1, 2 – нижняя и верхняя опоки, соответственно; 3 – литниковая чаша; 4 – стояк;  
 5 – шлакоуловитель; 6 – выпор; 7 – питатель; 8 – стержень;  
 9 - полость формы; 10 - наколы

При составлении эскиза вертикального разреза формы следует руководствоваться следующими рекомендуемыми расстояниями между моделями и элементами формы:

- а) от верха модели до верха опоки - 50 мм;
- б) от низа модели до стенок опоки - 50 мм;
- в) от модели до стенок опоки - 40 мм;
- г) от кромки стояка до стенки опоки – 40 мм;
- д) от кромки шлакоуловителя кромки модели - 30 мм.

## 6 Основные виды дефектов отливок

6.1. **Газовые раковины** образуются при повышенной влажности формовочной смеси, из-за недостаточной газопроницаемости формы и стержней, а также при высокой температуре заливаемого металла.

6.2. **Песчаные раковины** – полости в теле отливки, частично или целиком заполненные формовочной смесью. Образуются в результате обвалов отдельных частей формы при недостаточной прочности формовочной смеси и при небрежной сборке формы.

**6.3. Шлаковые раковины** - открытые или закрытые полости в теле отливки, заполненные шлаком. Образуются при попадании шлака в форму вследствие неправильного устройства литниковой системы или в результате небрежной заливки.

**6.4. Усадочные раковины** - открытые или закрытые полости в теле отливки, имеющие рваную внутреннюю поверхность. Образуются в утолщенных местах отливки из-за недостаточного питания, а также при слишком высокой температуре заливки металла.

**6.5. Холодные трещины** - разрывы тела отливки, они отличаются значительной длиной и небольшой шириной. Причина их появления - усадка металла, механические повреждения при выбивке формы, а также при очистке и обрубке литья.

**6.6. Горячие трещины** - разрывы тела отливок, они характеризуются значительной шириной и небольшой протяженностью. Возникают при высоких температурах в момент начала кристаллизации в местах резких переходов сечения, имеют темную окисленную поверхность. Причина образования горячих трещин - недостаточная податливость отдельных частей литейной формы и стержня.

**6.7. Заливы** - непредусмотренные чертежом выступы на отливке на месте разъема формы и вдоль стержневых знаков. Образуются они в результате недостаточного прижима полуформ друг к другу.

**6.8. Перекос** в отливках образуется в результате смещения полуформ относительно друг друга.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Кукуй, Д.М.** Теория и технология литейного производства: в 2-х ч. / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Адрианов. – Минск : Новое знание; Москва: ИНФА-М, 2011.

2. **Титов, Н.Д.** Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов - М., Машиностроение, 1974. - 432 с.

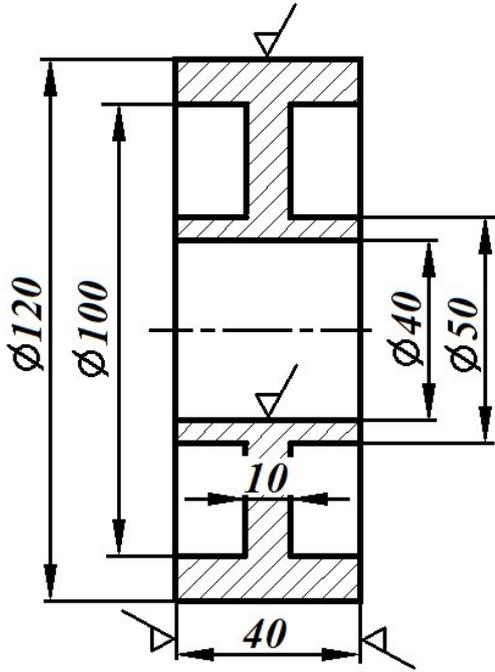
3. **Абрамов, Г.Г.** Справочник молодого литейщика. Литье в песчано-глинистые формы / Г.Г. Абрамов - М.: Высш. школа, 1978. – 199 с.

4. **ГОСТ 3212 - 92.** Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. – Введ. 1993-07-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. - 15 с.

5. **ГОСТ 26645 - 85.** ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 1990-01-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. - 34 с.

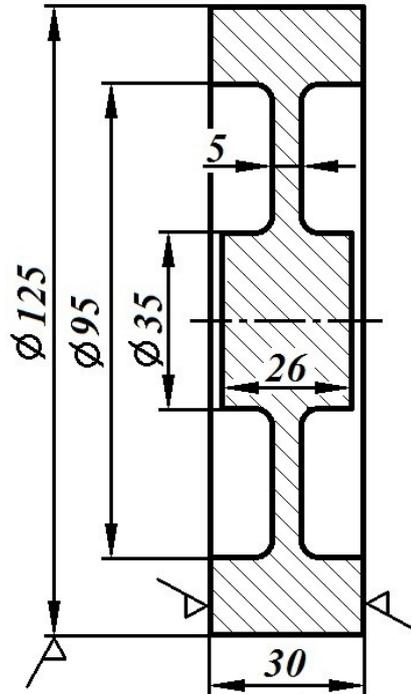
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ЗАДАНИЯ К РАБОТЕ



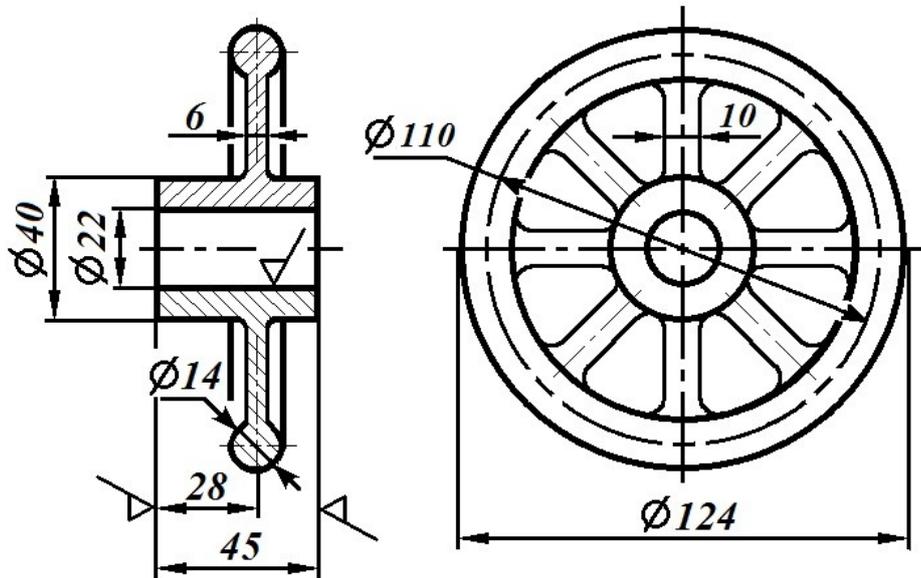
Вариант № 1  
Наим.: Ступица

Материал:  
сталь 35Л



Вариант № 2  
Наим.: Шкив

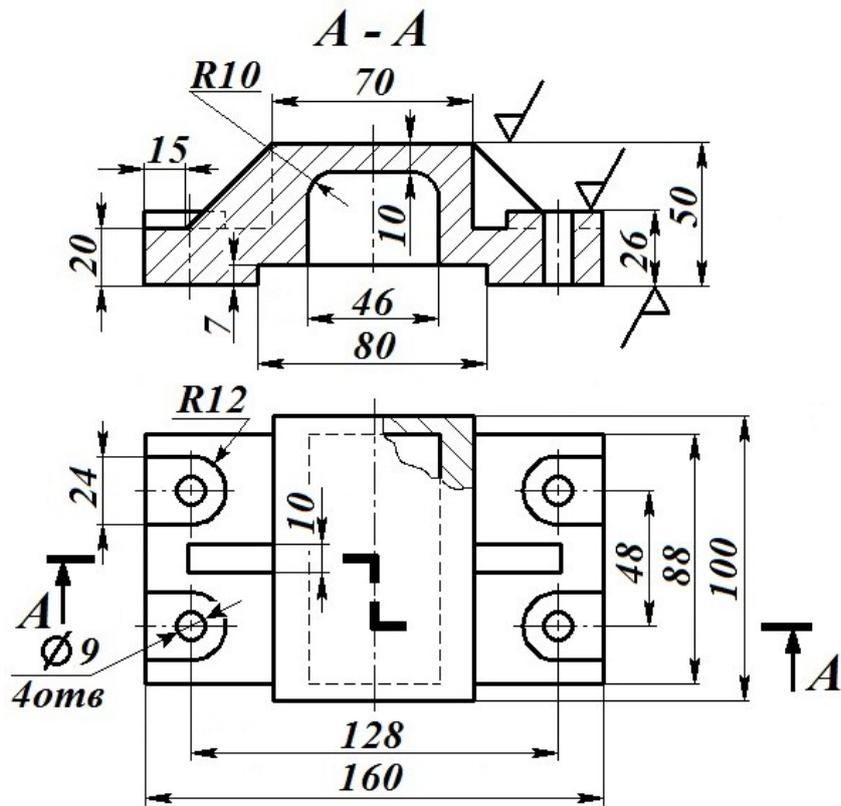
Материал:  
Ал4



Вариант № 3

Наим.: Штурвал

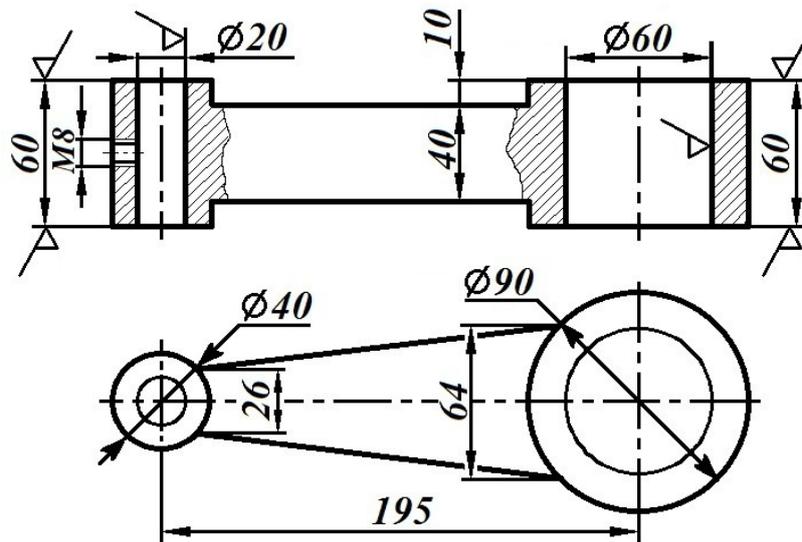
Материал: Ал9



Вариант № 4

Наим.: Корпус

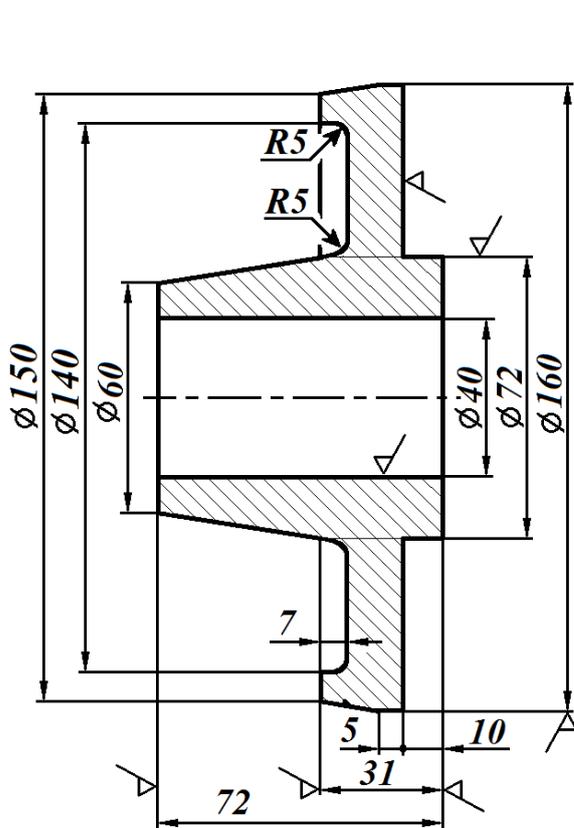
Материал: Ал9



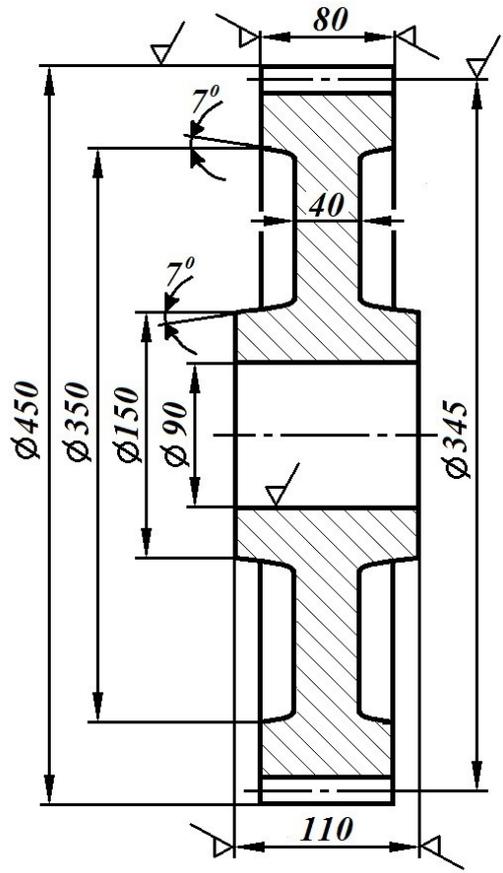
Вариант № 5

Наим.: Серьга

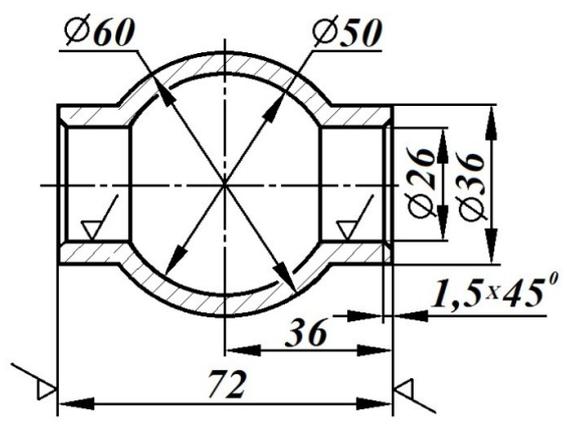
Материал: сталь 30Л



Вариант № 6  
Наим.: **Фланец**      Материал: **сталь 25Л**

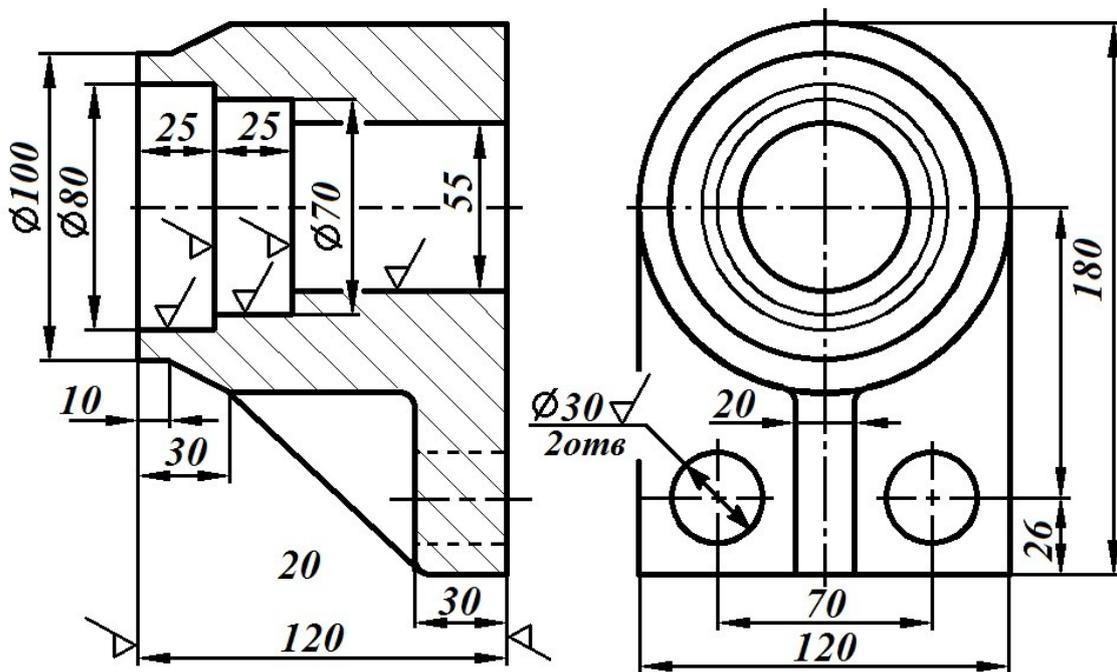


Вариант № 7      Материал:  
Наим.: **Зубчатое колесо**      **сталь 35Л**



Вариант № 8      Наим.: **Корпус**      Материал: **Ал4**

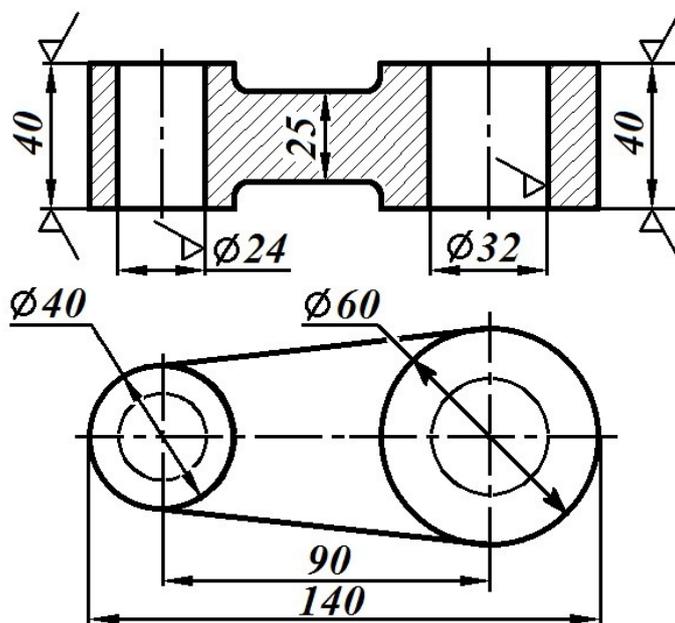




Вариант № 11

Наим.: Корпус подшипника

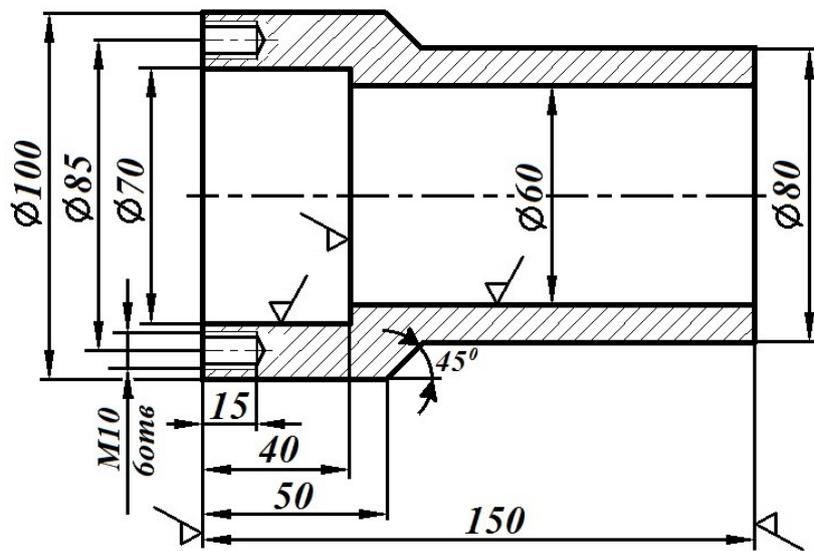
Материал: СЧ18



Вариант № 12

Наим.: Серьга

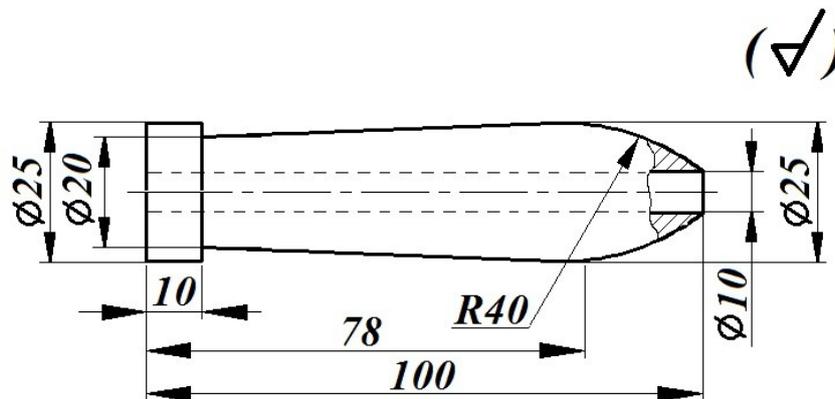
Материал: СЧ15



Вариант № 13

Наим.: Втулка

Материал: СЧ21



Вариант № 14

Наим.: Ручка

Материал: Ал4

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

**СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ**

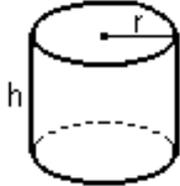
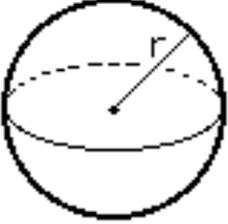
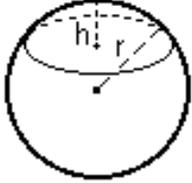
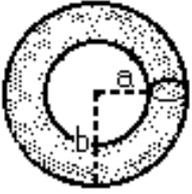
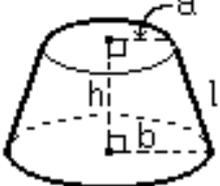
Таблица П1

Плотность литейных сплавов

Материал	сталь литейная			чугун серый			алюминиевый сплав			
	25Л	30Л	35Л	СЧ15	СЧ20	СЧ25	Ал2	Ал4	Ал7	Ал9
Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	7,83	7,81	7,83	7,0	7,1	7,2	2,65	2,65	2,80	2,66

Таблица П2

Объемы геометрических фигур

<p><b><u>Цилиндр</u></b></p> 	<p>Объем: <math>\pi \cdot r^2 \cdot h</math></p>	<p><b><u>Прямоугольный параллелепипед</u></b></p>  <p>Объем: <math>a \cdot b \cdot c</math></p>	
<p><b><u>Сфера</u></b></p> 	<p>Объем: <math>\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3</math></p>	<p><b><u>Сферический сегмент</u></b></p>	 <p>Объем: <math>\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h^2 \cdot (3 \cdot r - h)</math></p>
<p><b><u>Тор</u></b></p> 		<p><b><u>Усеченный конус</u></b></p> 	
<p>Объем: <math>\frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (a + b) \cdot (b - a)^2</math></p>		<p>Объем: <math>\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (a^2 + a \cdot b + b^2)</math></p>	