

Силовые агрегаты

Лекция 6

Механизм газораспределения

1. Конструктивные элементы

Для получения высоких мощностных и экономических показателей работы двигателя механизм газораспределения должен прежде всего обеспечить эффективную смену рабочего тела и хорошее наполнение цилиндров. Это достигается экспериментальным подбором оптимальных фаз газораспределения, наибольшими проходными сечениями в горловинах и седлах клапанов и наименьшими гидродинамическими сопротивлениями впускного и выпускного трактов.

Кроме того, конструкция механизма газораспределения должна обеспечивать надежную работу механизма на всех режимах работы двигателя без разрыва кинематической связи. Последнее обстоятельство требует внимательного подхода к расчету кинематики и динамики механизма газораспределения.

Повышение долговечности деталей механизма газораспределения обеспечивается за счет: подбора материалов, наиболее отвечающих условиям работы этих деталей; хорошего отвода тепла от клапанов (в первую очередь от выпускных); обеспечения достаточной смазки трущихся поверхностей деталей механизма; принудительного вращения клапанов и ряда других мероприятий.

Конструирование механизма газораспределения сводится к разработке привода механизма газораспределения, распределительного вала с фиксацией его от осевых перемещений, толкателей, штанг, коромысел, клапанов и т.д.

Размеры деталей механизма газораспределения определяются по размерам прототипа двигателя, справочникам и по данным, приведенным на рис. и в табл..

Принятые размеры обязательно должны уточняться расчетом.

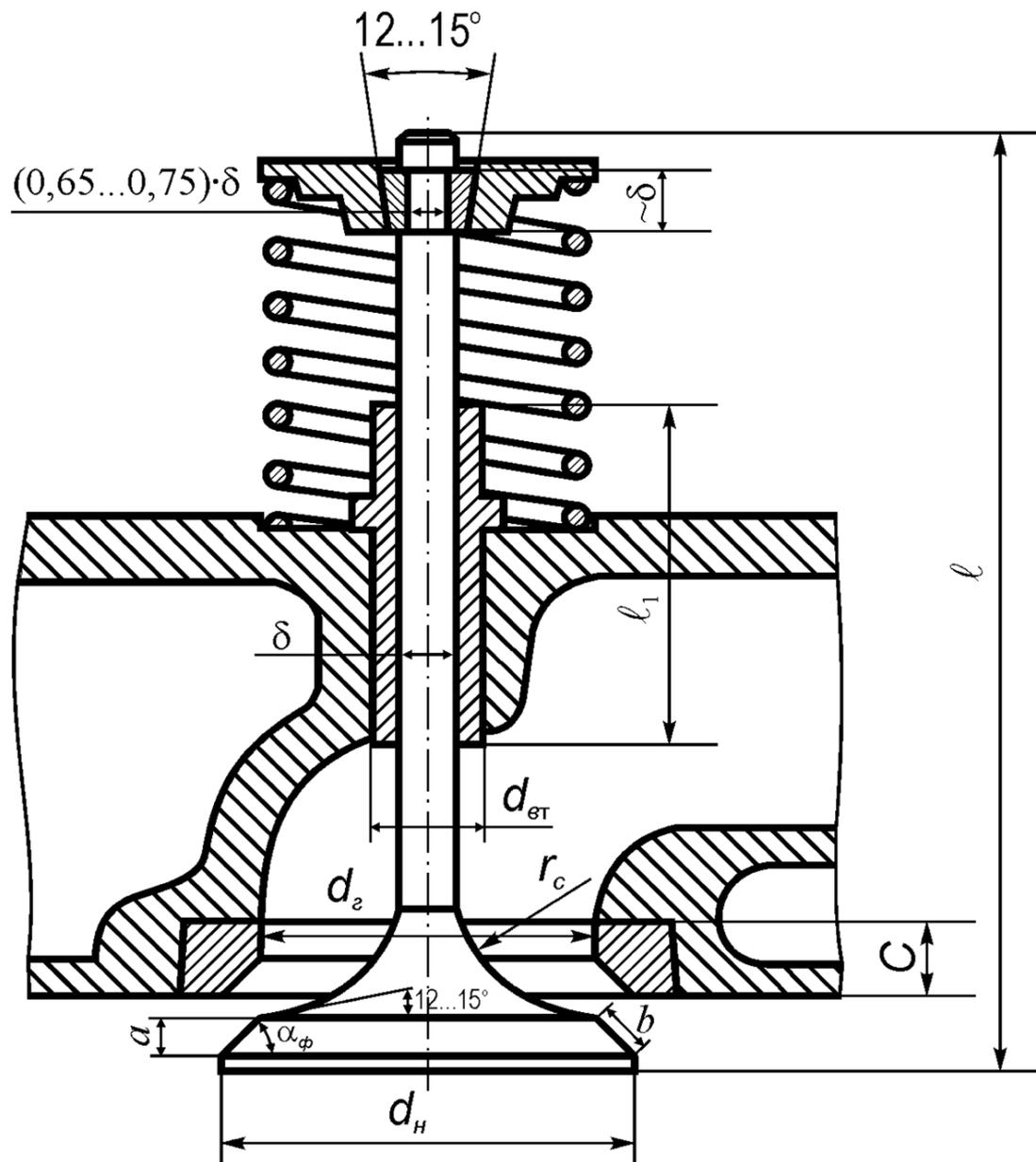


Рис. Конструкция клапанного механизма

Конструктивные параметры клапанного механизма

Параметр	Значение	Примечание
δ	$(0,16 \div 0,25) d_2$	При отсутствии боковых сил
δ	$(0,30 \div 0,40) d_2$	При действии боковых сил
l	$(2,5 \div 3,5) d_2$	
b	$(0,05 \div 0,12) d_2$	
a	$(0,08 \div 0,12) d_2$	
r_c	$(0,25 \div 0,35) d_2$	
l_1	$(1,75 \div 2,50) d_2$	
d_{BT}	$\delta + (5 \div 8) \text{ мм}$	
C	$(0,18 \div 0,25) d_2$	

Распределительный вал. Выполняется обычно как одно целое с кулачками и элементами привода некоторых агрегатов (бензонасос, топливный и масляный насосы, прерыватель-распределитель и т.д.). Распределительный вал устанавливается в стале-баббитовых или алюминиевых подшипниках, число которых большей частью равно числу коренных опор коленчатого вала.

Осевая фиксация нижних распределительных валов осуществляется упорной шайбой (рис. 9, а) или регулировочным болтом (рис. 9, б). Осевые перемещения верхнего вала ограничиваются буртиками (рис. 9, в), в этом случае подшипник выполняется со съемной крышкой.

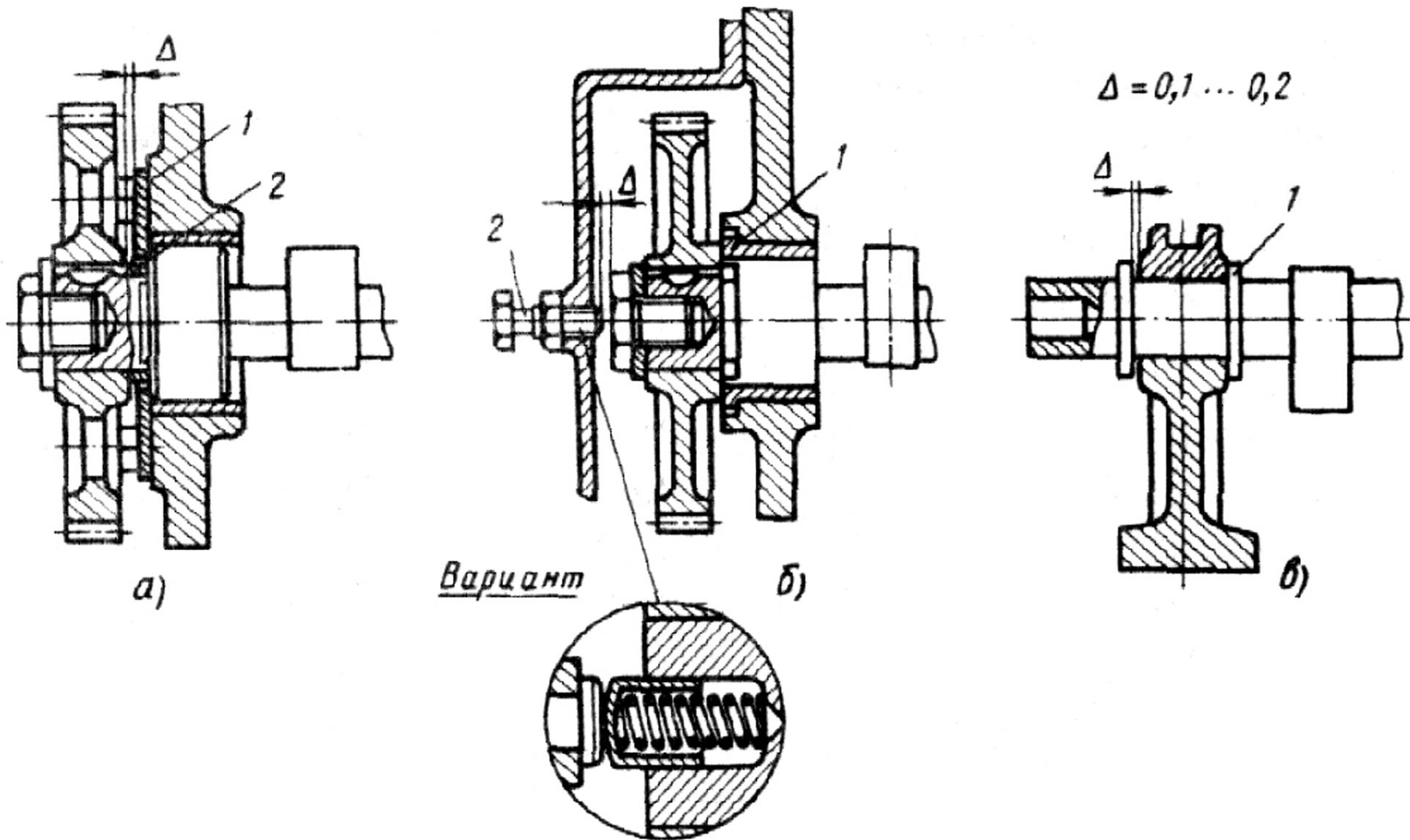


Рис. 9. Фиксация распределительного вала от осевых перемещений

Нижний распределительный вал чаще всего приводится во вращение непосредственно от коленчатого вала с помощью зубчатой пары (рис. 10, а). При большом межцентровом расстоянии распределительного и коленчатого валов в привод могут быть введены промежуточные шестерни (рис. 10, б) или может быть использована цепная передача (рис. 10, в).

Верхние распределительные валы приводятся в движение при помощи системы промежуточных валов с коническими или винтовыми шестернями (рис. 11, а), цилиндрическими шестернями (рис. 11, б), цепью (рис. 11, в) или зубчатым ремнем (рис. 11, г).

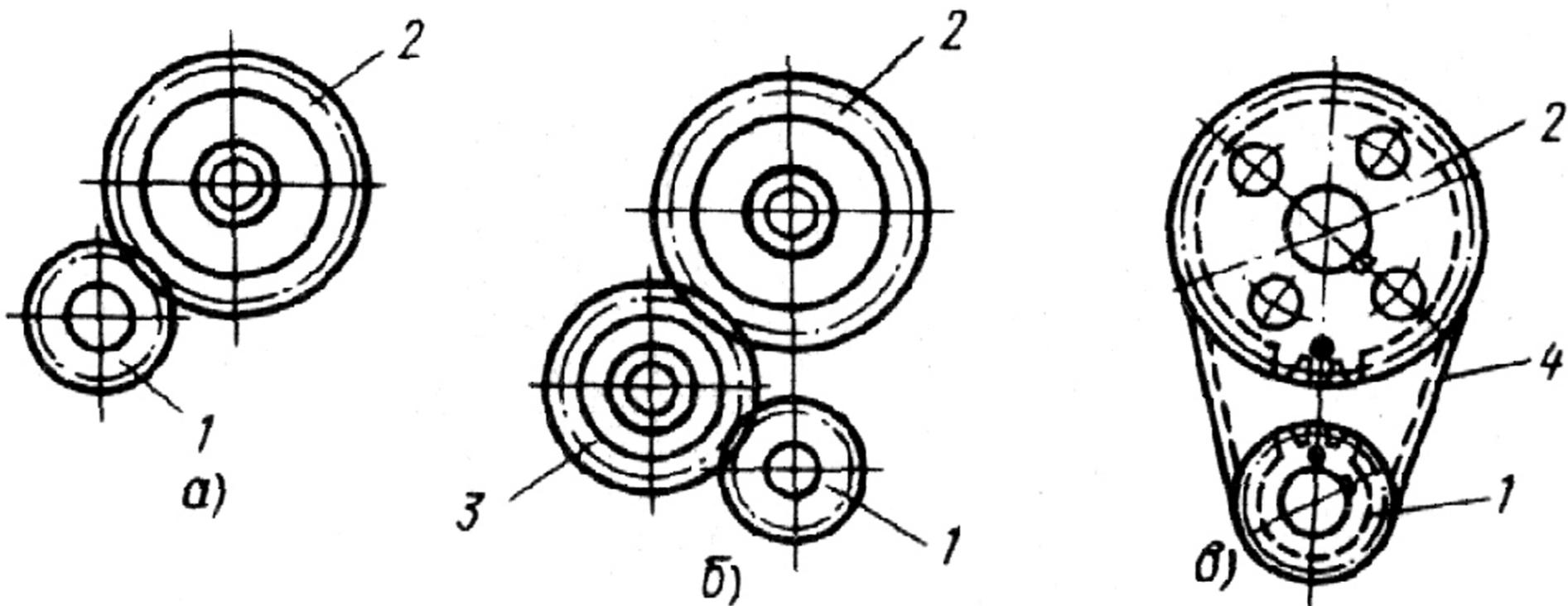


Рис. 10. Привод к нижним распределительным валам

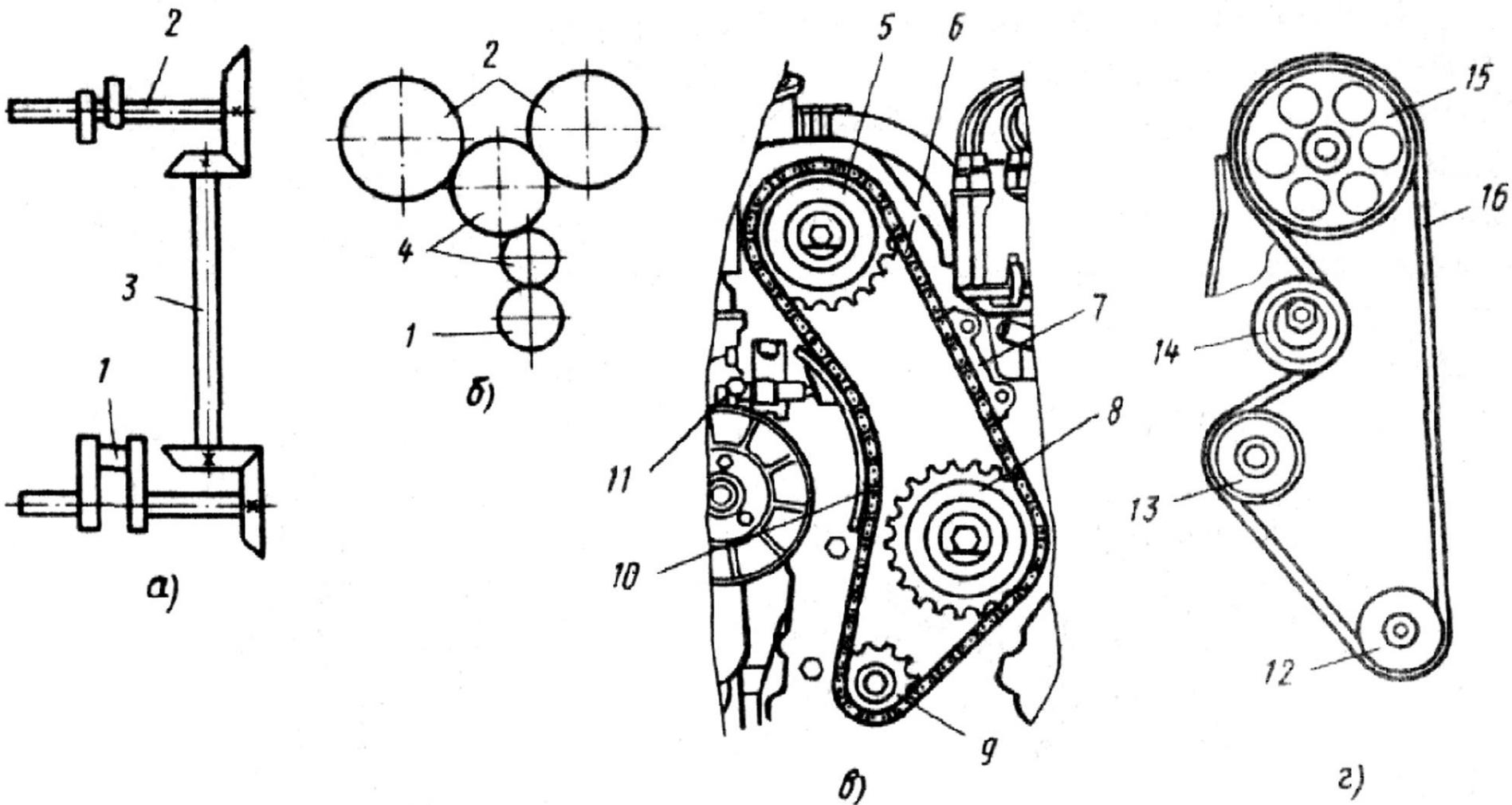


Рис. 11. Привод к верхним распределительным валам¹

Клапаны (рис. 12) подвергаются воздействию высоких динамических нагрузок и температур. Температура головки впускного клапана может достигать 300...420 °С. Для их изготовления применяют стали 38ХС, 40ХН, 50ХН, 40ХН2МА, 40Х9С2, 40Х10С2М. Средняя температура головки выпускных клапанов в двигателях с искровым зажиганием может достигать 800-850 °С (500-600 °С в дизелях). Выпускные клапаны выполняют из жаропрочных и коррозионно-стойких сплавов: 30Х13Н7С2, 45Х14Н14В2М, 45Х22Н4М3, ЭП 322, 55Х20Г9АН4.

Для повышения долговечности и износостойкости на рабочую поверхность головки клапана (рис. 12, а) и торец стержня (рис. 12,б) наносят сплавы ЭП 869 (стеллит), ВЗК, Х20Н80 (нихром). Иногда на затылок стержня надевают колпачок, выполненный из этих же сплавов (рис. 12, а). Во многих случаях для снижения стоимости клапана из жаростойкого материала выполняют только головку клапана, а стержень — из стали 40ХН с последующей сваркой встык.

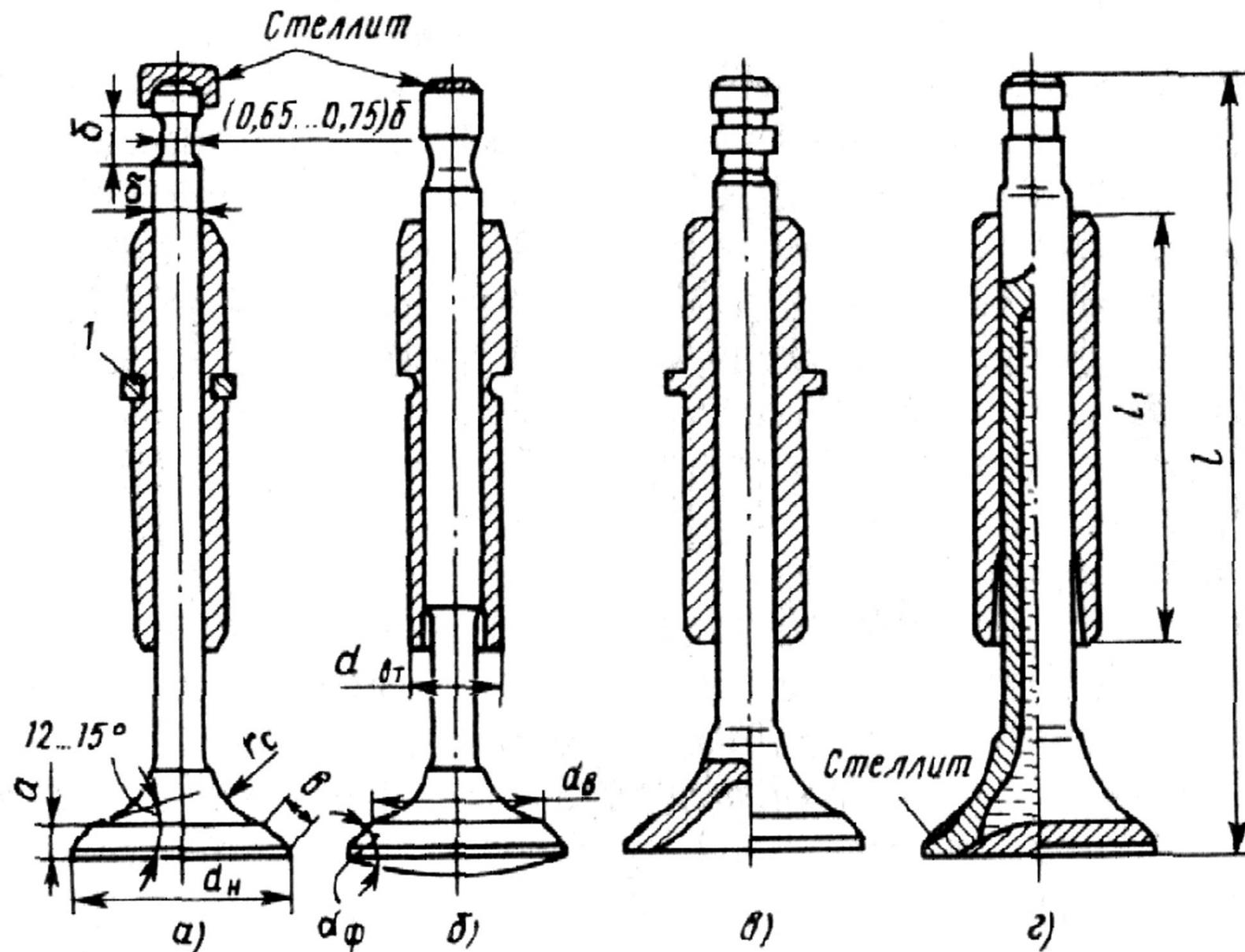


Рис. 12. Клапаны двигателей:

а, г — плоские; б — выпуклые; в — тюльпанообразные

Впускные клапаны, как правило, изготавливаются с плоской головкой (см. рис. 12, а). Клапаны большого диаметра целесообразно изготавливать с тюльпанообразной головкой (см. рис. 12, в). Эта головка отличается хорошей обтекаемостью со стороны стержня и обладает меньшей массой по сравнению с плоской головкой.

Выпускные клапаны обычно выполняют с выпуклой головкой, что обеспечивает лучшую обтекаемость со стороны цилиндра и большую жесткость головки (см. рис. 12, б).

В форсированных двигателях выпускные клапаны иногда делают полыми. Заполняющее на 50-60% полость клапана легкоплавкое вещество (металлический натрий или специальные соли) во время работы двигателя плавится и энергично взбалтывается, что обеспечивает лучший отвод тепла от головки к стержню клапана (см. рис. 12, г).

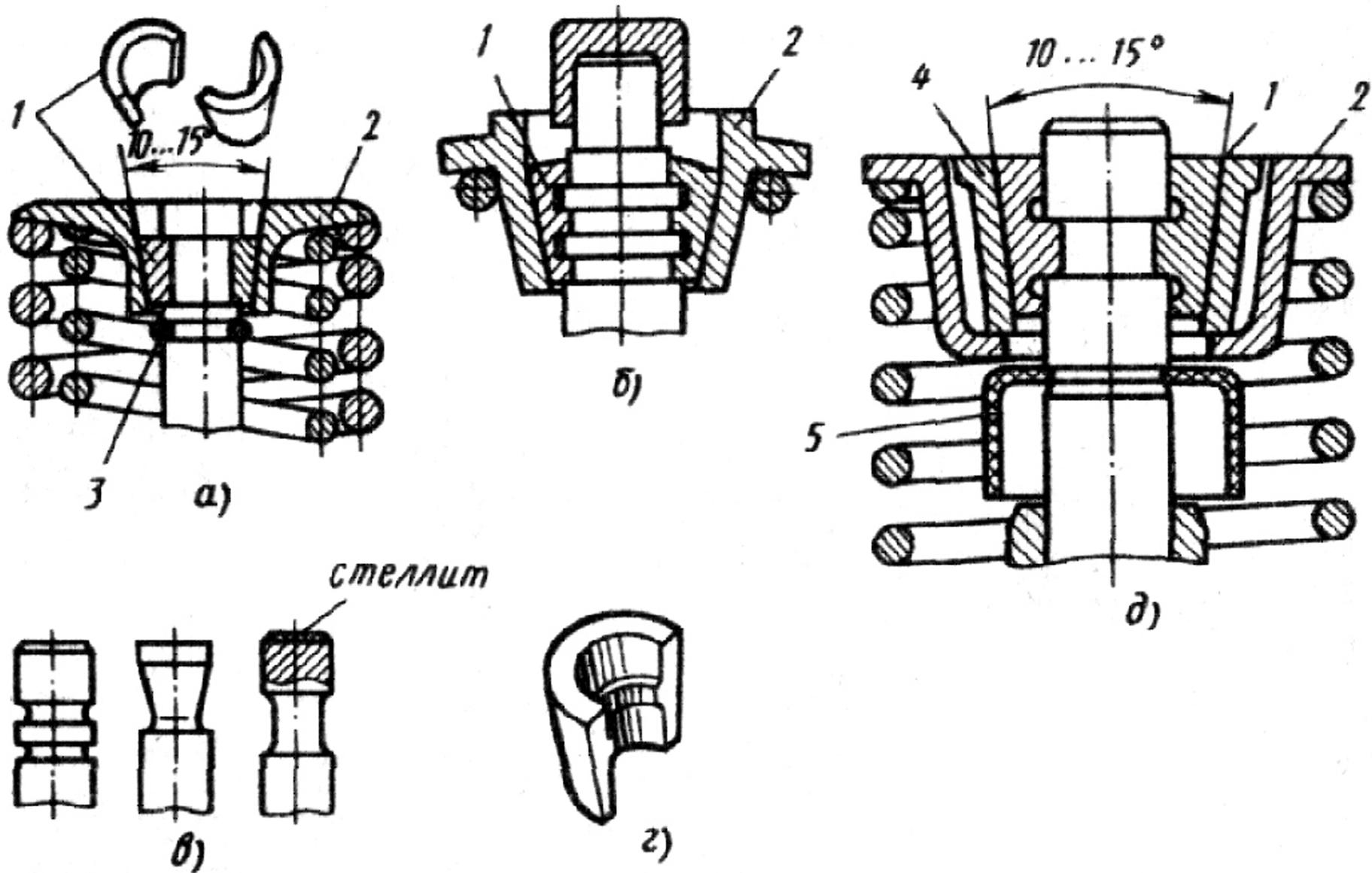


Рис. 13. Элементы крепления (а-д) тарелки пружины клапана

Коромысла представляют собой двуплечие (рис. 14, а, в) или вильчатые (рис. 14, г) рычаги. В двигателях с общей головкой для всех или группы цилиндров коромысла размещают на общих стальных неподвижных осях трубчатого сечения, полость в которых используется для подвода смазки. Коромысла вращаются на оси чаще всего на подшипниковых втулках, выполненных из оловянистой бронзы.

Для ограничения осевых перемещений коромысел между ними устанавливают распорные цилиндрические пружины. Коромысла штампуют из сталей 20Х, 40Х, 45, опорные поверхности подвергают термообработке до HRC 50-60.

Находят применение коромысла облегченного типа, штампованные из листовой стали. Такие коромысла качаются около сферической или полусферической опоры, закрепленной на индивидуальной стойке, запрессованной в головку блока цилиндров (рис. 14, в). При повороте коромысла на некоторый угол цилиндрическая поверхность носка коромысла проскальзывает по торцу стержня клапана. Возникающая при этом сила трения вызывает изгиб клапана внутри направляющей втулки.

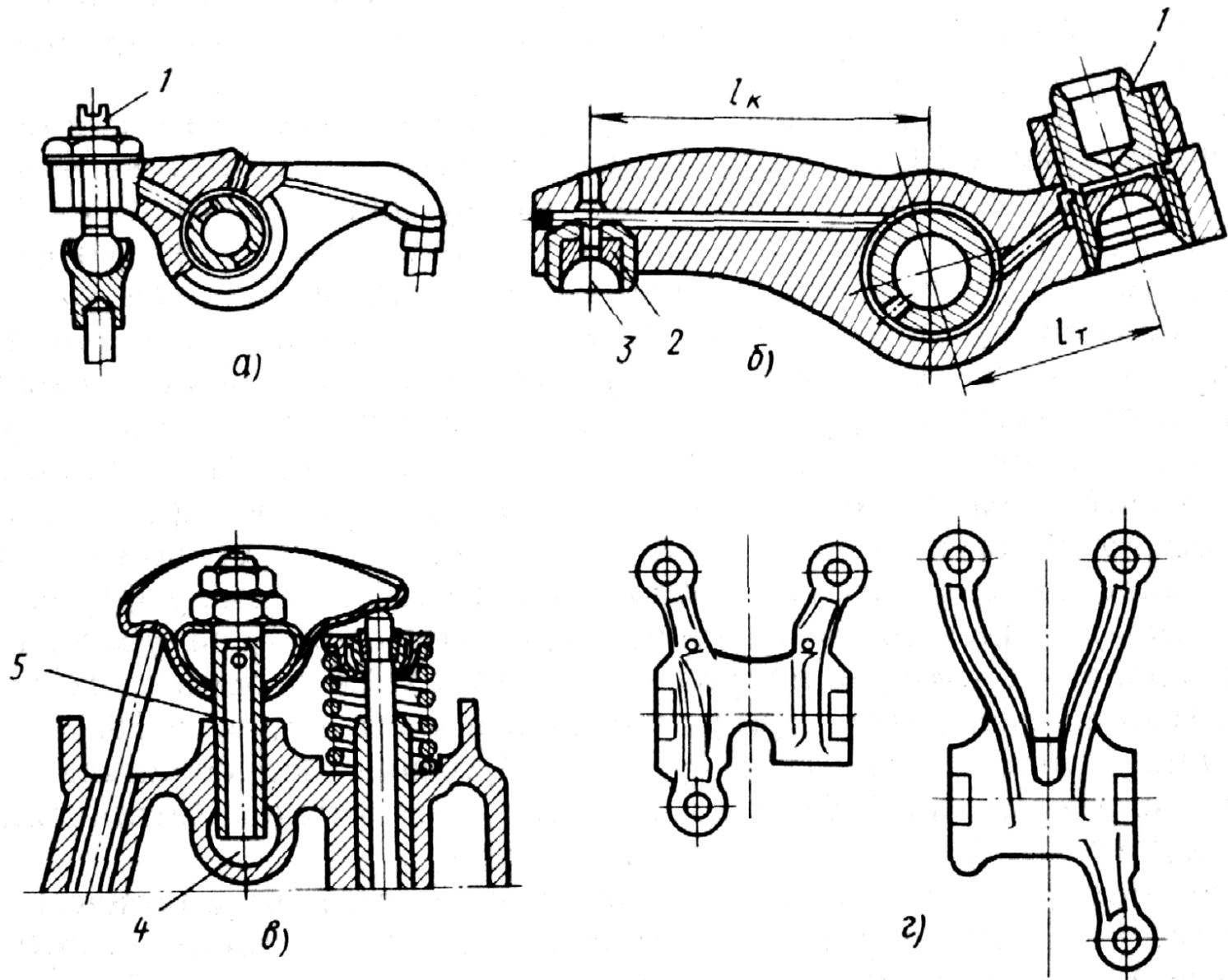


Рис. 14. Коромысла

При верхнем расположении распределительных валов клапаны приводятся через направляющий стакан 1, перемещающийся в стойке 2 (рис. 15, а), или через одноплечие рычаги (рис. 15, б-г).

В конструкции, приведенной на рис. 15, а, значительно уменьшается боковая сила на стержень клапана, а за счет этого уменьшается износ стержня и направляющей втулки. Одноплечие рычаги снабжены плоскими (см. рис. 15, б) или сферическими (см. рис. 15, в, г) толкателями. Расположены они на общей оси (см. рис. 15, б) или на индивидуальных опорах (см. рис. 15, в, г). Одноплечие рычаги удерживаются на сферической опоре специальной пружиной.

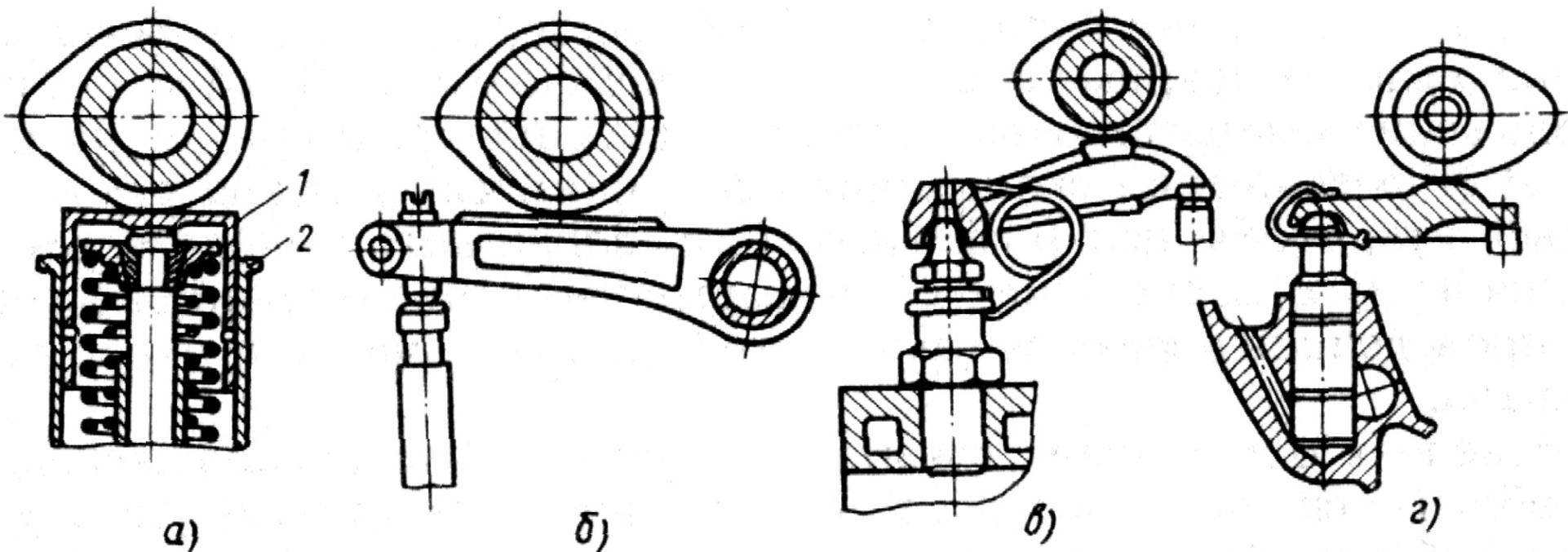


Рис. 15. Привод клапанов при верхнем расположении распределительного вала

Толкатели изготавливают из малоуглеродистых сталей 15 и 30, низколегированных сталей 15Х и 20Х, хромоникелевых сталей 12ХН3А и чугуна. Опорную поверхность чугунных толкателей отбеливают. Боковые и внутренние поверхности толкателей из малоуглеродистых сталей цементируют и закаливают до HRC 50-60. При среднеуглеродистых сталях — закалка ТВЧ до той же твердости. Опорную поверхность стальных закаленных толкателей наплавливают легированным отбеленным чугуном (см. рис. 15, в, г).

Толкатели служат для передачи движения от кулачков распределительного вала клапанам. Толкатели нагружаются боковой составляющей усилия, передающегося от кулачка. На рис. 16 приведены толкатели различных типов: грибковые с плоской (рис. 16, а, б) и сферической (рис. 16, в) опорной поверхностью; цилиндрические: со сферической опорной поверхностью (рис. 16, г) и роликовый (рис. 16, е); рычажные: выпуклый (рис. 16, ж) и роликовый (рис. 16, з); гидравлический (рис. 16, и).

Для компенсации возможных перекосов между головкой толкателя и кулачком и для обеспечения вращения толкателя, необходимого для обеспечения равномерного износа, опорную поверхность выполняют сферической ($R = 750 \div 1000$ мм), а кулачок — коническим с углом наклона образующей к оси вала $7-15'$ (рис. 16, в). С этой же целью смещают продольную ось толкателя по отношению к оси симметрии кулачка на некоторую величину e (рис. 16, б).

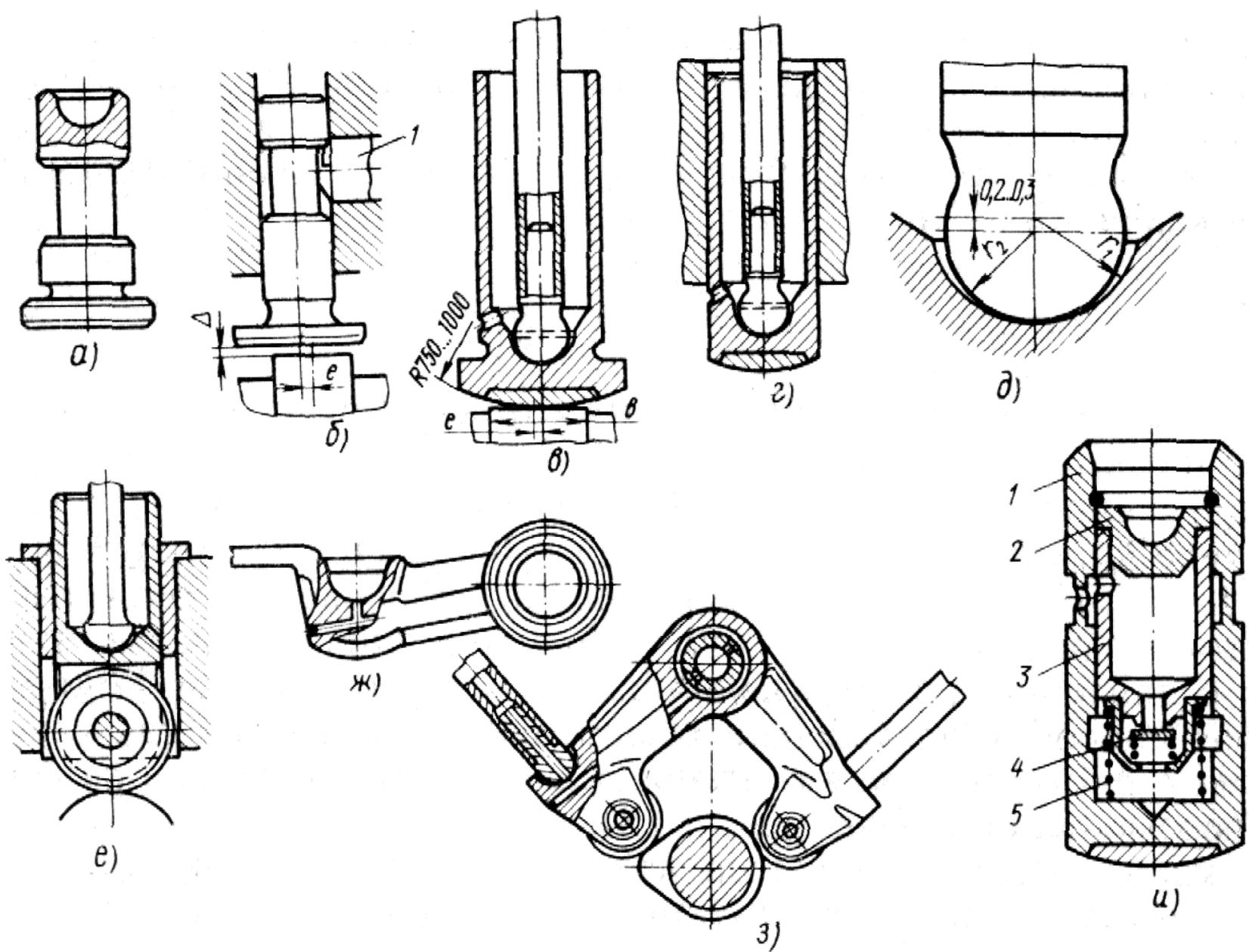


Рис. 16. Толкатели

Зазор между стержнем толкателя и направляющей находится в пределах 0,01÷0,08 мм. Смазывание толкателей осуществляется преимущественно разбрызгиванием масла, стекающего по штанге. В толкателях выполняется сферическое гнездо, на которое опирается сферическая головка штанги. Для образования клиновидного зазора между головкой и гнездом (см. рис. 16, *д*) радиус сферы гнезда r_1 выполняют на 0,2-0,3 мм больше радиуса головки r_2 .

На некоторых двигателях устанавливают гидравлические толкатели, позволяющие отказаться от теплового зазора в газораспределительном механизме (см. рис. 16, *и*). В целях повышения износостойкости контактной поверхности толкателя последнюю наплавляют твердыми сплавами типа «Стеллит» или «Сормайт». В некоторых случаях опорную поверхность толкателя подвергают цементации или цианированию.

2. Расчет механизма газораспределения

Расчет механизма сводится к определению проходных сечений клапанов и выполнению прочностных расчетов отдельных элементов.

Расчетный режим — ***режим максимальной мощности.***

Для обеспечения хорошего газообмена необходимо, чтобы проходные сечения клапанов имели достаточную величину.

Достаточность проходного сечения горловины клапана проверяется по первой условной скорости $V'_{вп}$, м/с:

$$V'_{вп} = V_n \frac{F_n}{i_{вп} f_z} = V_n \frac{D^2}{i_{вп} d_z^2},$$

где V_n — средняя скорость поршня на режиме максимальной мощности, м/с:

$$V_n = \frac{S n_N}{30},$$

n_N — частота вращения коленчатого вала на режиме максимальной мощности;

f_2 — площадь поперечного сечения горловины клапана, м²:

$$f_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$$

$i_{вп}$ — количество впускных клапанов.

Полученная величина должна находиться в пределах 50÷80 м/с.

Величина подъема клапана определяется по второй условной скорости в сечении по фаске клапана $V_{вп}^{//}$, м/с:

$$V_{вп}^{//} = V_n \frac{F_n}{i_{вп} f_{кл}},$$

где $f_{кл}$ — живое сечение по фаске клапана, м²:

$$f_{кл} = \pi h_{к\max} (d_2 \cos\alpha_{\phi} + h_{к\max} \cos 2\alpha_{\phi} \sin\alpha_{\phi}),$$

$h_{к\max}$ — максимальная высота подъема клапана, м.

Необходимо, чтобы $V_{вп}^{//} = 80 \div 90$ м/с.

Ориентировочно максимальную величину подъема клапана можно находить из выражения

$$h_{к\max} = (0,23 \div 0,30) d_2.$$

Определение параметров профиля кулачка.

Продолжительность открытия клапана φ , °пкв:

$$\varphi = \frac{\varphi_{пр} + 180 + \varphi_{зп}}{2} = 2\varphi_o,$$

где $\varphi_{пр}$ — угол предварения открытия клапана;
 $\varphi_{зп}$ — угол запаздывания закрытия клапана;
 φ_o — угол от начала подъема клапана до его полного открытия.

Высота подъема толкателя $h_{\text{тmax}}$, м:

$$h_{\text{тmax}} = h_{\text{кmax}} \ell_{\text{т}} / \ell_{\text{к}},$$

где $\ell_{\text{т}} / \ell_{\text{к}}$ — отношение плеч коромысла.

При заданных φ и $h_{\text{тmax}}$ между радиусами r_0 , r_1 и r_2 (рис. 17) должно быть выдержано определенное соотношение, т.е.

произвольно могут быть выбраны два из них. Обычно на основании статистических данных задаются величинами r_0 и r_1 , м:

$$r_0 = (1,5 \div 2,0) h_{\text{кmax}}, \quad r_1 = (8 \div 20) h_{\text{тmax}}.$$

Радиус при вершине кулачка r_2 рассчитывается по одной из двух формул, м

$$r_2 = \frac{(r_o + h_{\delta \max})^2 + (r_1 - r_o)^2 - r_1^2 + (r_o + h_{\delta \max})(r_1 - r_o) 2 \cos \frac{\varphi}{2}}{2 \left[r_o + h_{\delta \max} + (r_1 - r_o) \cos \frac{\varphi}{2} - r_1 \right]}$$

или

$$r_2 = \frac{r_o (r_1 - r_o - h_{T \max}) - 0,5 h_{T \max}^2 - (r_1 - r_o)(r_o + h_{T \max}) \cos \frac{\varphi}{2}}{(r_1 - r_o - h_{T \max}) - (r_1 - r_o) \cos \frac{\varphi}{2}}.$$

Исходя из возможностей технологии $r_2 \geq 2,0$, при получении меньших или отрицательных значений r_2 необходимо изменить величину r_1 .

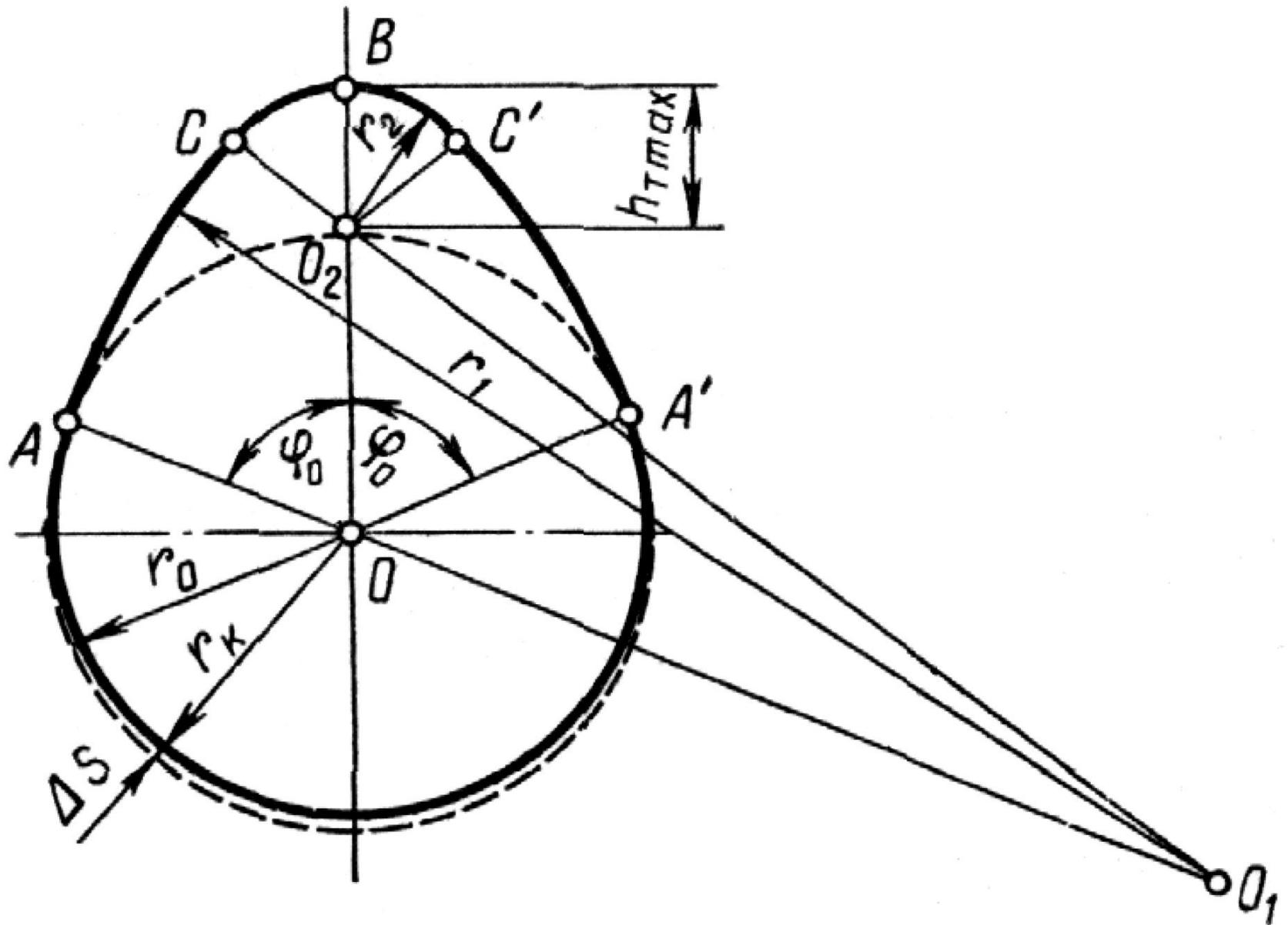


Рис. 17. Профиль выпуклого кулачка