

СПРАВОЧНИК

А. М. ГУГИН

БЫСТРОХОДНЫЕ **ПОРШНЕВЫЕ** **ДВИГАТЕЛИ**



А. М. ГУГИН

БЫСТРОХОДНЫЕ
ПОРШНЕВЫЕ
ДВИГАТЕЛИ

СПРАВОЧНИК



ИЗДАТЕЛЬСТВО „МАШИНОСТРОЕНИЕ“
ЛЕНИНГРАД 1967

В справочнике изложены основные термодинамические, конструктивные и эксплуатационные параметры базовых моделей быстроходных поршневых двигателей, выпускаемых отечественной промышленностью, а также двигателей, находящихся в эксплуатации.

Приведенные данные по размерам, весовым показателям основных деталей и технические характеристики систем электрооборудования, питания, смазки и охлаждения двигателей отражают современные тенденции и богатый опыт отечественного моторостроения.

Справочник рассчитан на инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, испытанием, эксплуатацией и ремонтом быстроходных поршневых двигателей, а также может быть использован студентами энергомашиностроительных факультетов вузов.

Рецензенты канд. техн. наук Я. И. Бронштейн и инж. Г. А. Белецкий

Редактор канд. техн. наук В. С. Бологов

ПРЕДИСЛОВИЕ

Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 гг. предусматривается дальнейшее улучшение основных удельных показателей всех новых типов двигателей для транспортных машин. В дизелестроении намечено организовать производство дизелей новой конструкции с увеличенным моторесурсом в 1,5—3 раза и с улучшенными удельными показателями.

В связи со значительным развитием быстроходных поршневых двигателей внутреннего сгорания в новой пятилетке приобретает особое значение подготовка высококвалифицированных специалистов по проектированию, производству и эксплуатации новых типов быстроходных двигателей с новыми качественными показателями.

В предлагаемом справочнике приведены основные данные, которые требуются при проектировании, производстве и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания.

В соответствующих разделах справочника даны графические и аналитические зави-

симости размеров деталей от термодинамических и конструктивных параметров двигателя, которые позволят определить основные размеры деталей. При построении графических зависимостей использован опыт как отечественного, так и зарубежного моторостроения.

Размеры деталей, приведенные в справочнике, округлены до величины, определяемой точностью технологического оборудования.

Скоростные характеристики двигателей на полной подаче топлива соответствуют характеристикам реальных двигателей.

При составлении справочника, помимо приведенной литературы, автором использованы материалы отчетов научно-исследовательских институтов, автомобильных и моторных заводов.

Автор выражает глубокую благодарность А. И. Гришину, В. А. Колосову, В. Н. Можяеву и В. М. Сапрыкину за ценные указания и замечания при окончательной доработке справочника.

Автор

ГЛАВА I

ОБЩИЕ ДАННЫЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

§ 1. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ

Всякий двигатель характеризуется рядом основных параметров, которые могут быть объединены в три группы: конструктивные; термодинамические; эксплуатационные.

Конструктивные параметры

К конструктивным параметрам, характеризующим степень совершенства конструкции двигателя, относятся: число цилиндров; расположение цилиндров; удельный вес двигателя; литровый вес двигателя; объемный вес и отношение S/D .

Увеличение числа цилиндров i при неизменном литраже двигателя ведет к уменьшению рабочего объема цилиндра, что позволяет: улучшить охлаждение двигателя; повысить степень сжатия; увеличить литровую мощность; повысить экономичность; уменьшить вес деталей поршневой и шатунной группы; уменьшить силы инерции; уменьшить износ; повысить равномерность хода; повысить число оборотов.

Уменьшение рабочего объема цилиндра вызывает и отрицательные последствия: усложняется конструкция; увеличивается стоимость двигателя; усложняется обслуживание и ремонт; снижается надежность работы двигателя.

Наиболее распространенными являются двигатели с однорядным и V-образным расположением цилиндров.

Применение однорядного расположения цилиндров позволяет: упростить форму блок-картера; упростить обслуживание и ремонт; снизить стоимость изготовления.

Применение однорядного расположения цилиндров имеет следующие отрицательные последствия: снижается жесткость блок-картера; увеличивается вес двигателя; увеличиваются габариты двигателя; ухудшаются условия охлаждения; растут затраты мощности на привод вспомогательных агрегатов.

Применение V-образного расположения цилиндров позволяет: снизить вес двигателя;

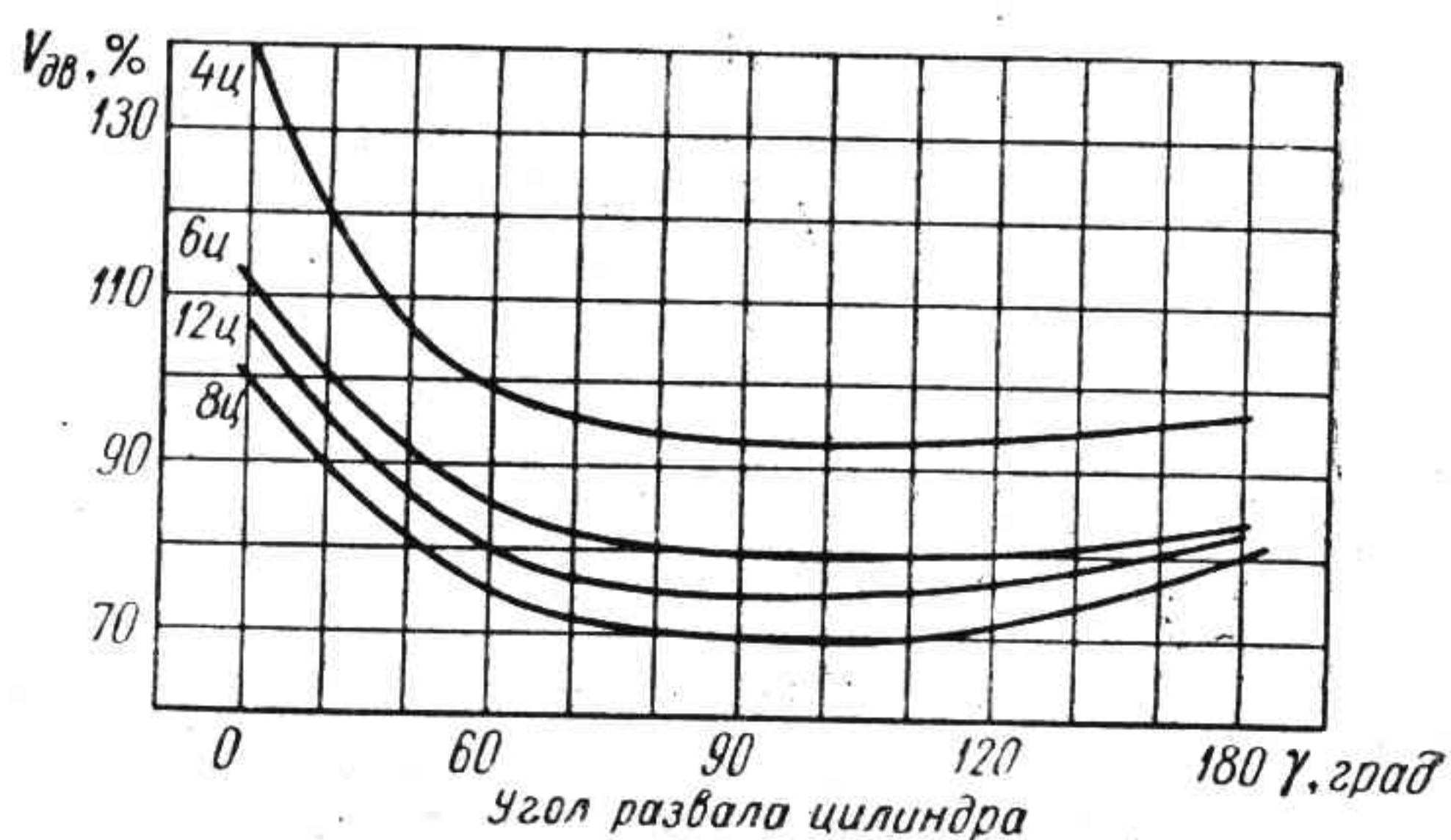


Рис. 1. Зависимость габаритов двигателя от угла развала цилиндра

уменьшить его габариты; увеличить жесткость блок-картера; повысить надежность двигателя.

Применение V-образного расположения цилиндров имеет отрицательные последствия: увеличивается стоимость; усложняется обслуживание и ремонт.

Влияние числа и расположения цилиндров на габаритные характеристики двигателя показаны на рис. 1.

Удельный вес двигателя оценивается по отношению сухого веса двигателя к единице мощности:

$$g_N = \frac{G}{N_e} \text{ кг/л. с.} \quad (1)$$

Удельный вес характеризует степень совершенства рабочего процесса двигателя. Чем совершеннее рабочий процесс, тем меньше удельный вес двигателя при одном и том же литраже.

Литровый вес двигателя представляет собой отношение сухого веса двигателя к рабочему объему цилиндров

$$g_L = \frac{G}{iV_h} \text{ кг/л.} \quad (2)$$

Литровый вес характеризует степень конструктивного совершенства двигателя.

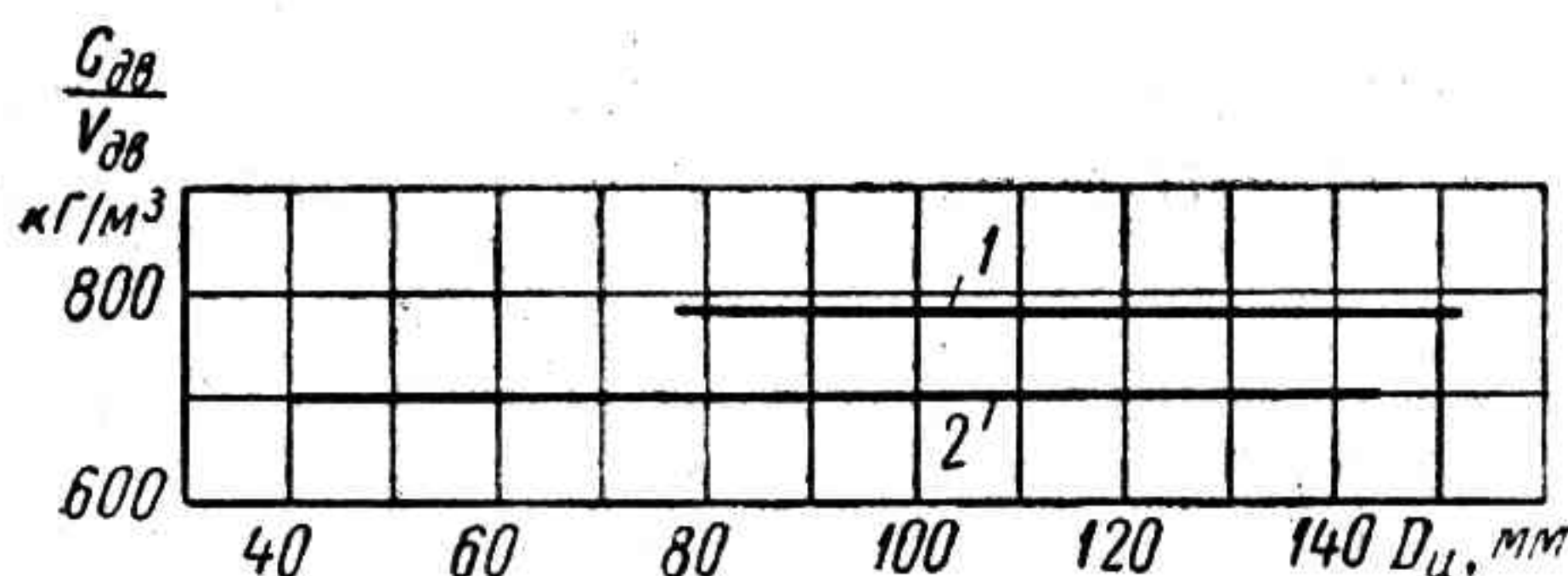


Рис. 2. Объемный вес двигателя:

1 — дизельного; 2 — карбюраторного

У более совершенного двигателя при одном и том же литраже меньший литровый вес. Чем двигатель лучше спроектирован, тем меньше в нем затрачено металла на литр рабочего объема.

Объемный вес двигателя представляет собой отношение сухого веса к габаритному объему:

$$g_V = \frac{G}{V_d} \text{ кг/м}^3. \quad (3)$$

Объемный вес двигателя — величина постоянная и не зависит от диаметра цилиндра (рис. 2). Этот параметр позволяет при известных габаритах двигателя определить его вес. Графики (рис. 1, 2) позволяют выбрать опти-

мальный вариант числа и расположения цилиндров двигателя при его проектировании.

Отношение хода поршня к диаметру цилиндра S/D оказывает влияние на ряд показателей V-образного двигателя.

Уменьшение отношения S/D позволяет: уменьшить габариты и вес двигателя в основном за счет уменьшения высоты; увеличить число оборотов за счет снижения средней скорости поршня; повысить срок службы деталей; повысить коэффициент наполнения; понизить потери в охлаждающую воду.

Уменьшение короткоходности у однорядного двигателя увеличивает его вес и габариты.

Термодинамические параметры

Термодинамические параметры характеризуют степень использования рабочего объема, тепловую и динамическую нагрузку деталей.

К термодинамическим параметрам относят: удельную поршневую мощность; литровую мощность.

Удельная поршневая мощность есть отношение произведения среднего эффективного давления на скорость поршня к показателю тактности:

$$N_F = \frac{p_e W_{cp}}{1,5\tau} \text{ л. с./дм}^2. \quad (4)$$

Удельная поршневая мощность характеризует теплонапряженность цилиндра двигателя.

Литровой мощностью называют мощность, снимаемую с литра рабочего объема,

$$N_L = \frac{N_e}{iV_h} = \frac{p_e n}{900} \text{ л. с./л.} \quad (5)$$

Литровая мощность характеризует степень форсировки двигателя.

Литровая и поршневая мощности прямо пропорциональны числу оборотов и среднему эффективному давлению. Увеличение литровой и поршневой мощностей позволяет: уменьшить вес двигателя; уменьшить его габариты.

Увеличение литровой и поршневой мощностей при том же литраже двигателя требует: улучшения системы охлаждения и смазки; применения специальных мер для сохранения срока службы двигателя; увеличения коэффициента наполнения.

Эксплуатационные параметры

Эксплуатационные параметры характеризуют собой затраты средств на обслуживание и ремонт двигателя. К эксплуатационным параметрам двигателя относят: экономичность, надежность и технологичность обслуживания.

Под экономичностью двигателя понимают расходы топлива и масла за единицу времени или на единицу пройденного пути. Чаще всего экономичность двигателя характеризуется удельным расходом топлива:

$$g_e = \frac{G_u}{N_e} \text{ г/л. с.-ч.} \quad (6)$$

Удельный расход топлива показывает, сколько расходуется топлива на создание мощности в одну лошадиную силу в час.

Экономичность двигателя определяется в первую очередь термодинамическими параметрами.

Под надежностью понимают количество остановок z в часах, потребных на регулировки и устранение дефектов за амортизационный срок работы двигателя в часах t :

$$H = \frac{z}{100t} \frac{\text{ч. остановок}}{100 \text{ ч}}. \quad (7)$$

Надежность двигателя обеспечивается: высокими механическими свойствами материалов; точностью и тщательностью обработки деталей; строгим контролем при изготовлении; соблюдением технологии производства; периодическими испытаниями деталей и двигателя в целом; строгим соблюдением инструкций по эксплуатации; применением кондиционных топлив и смазок; своевременным и грамотным техническим обслуживанием; периодическим контролем в эксплуатации.

Технологичностью обслуживания двигателя называют затраты времени на плановые технические обслуживания за период межремонтного пробега двигателя:

$$T = \frac{t}{l} \text{ ч/км.} \quad (8)$$

Технологичность обслуживания увеличивается: с ростом количества точек смазки; ухудшением пусковых качеств; ухудшением приемистости; увеличением числа фильтров; применением специализированных топлив и масел; плохой доступностью к узлам и агрегатам.

Определение основных размеров двигателя

К основным размерам двигателя относятся: рабочий объем цилиндра, диаметр цилиндра, ход поршня, радиус кривошипа и длина шатуна.

Рабочий объем цилиндра V_h выбирается исходя из среднего эффективного давления p_e и числа оборотов n

$$V_h = \frac{225 \tau N_e}{i p_e n} \text{ л,} \quad (9)$$

где τ — тактность двигателя;

i — число цилиндров;

p_e — среднее эффективное давление;

n — число оборотов коленчатого вала в минуту.

Для определения диаметра цилиндра необходимо предварительно выбрать отношение хода поршня к диаметру цилиндра ψ , тогда:

$$D_{ц} = 10 \sqrt[3]{1,275 \frac{V_h}{\psi}} \text{ см.} \quad (10)$$

Значение диаметра, полученное расчетом, округляется до четных чисел, нуля или пяти, после чего уточняется значение объема цилиндра и хода поршня.

Радиус кривошипа для нормального кривошипного механизма равен

$$R = \frac{S}{2} \text{ см.} \quad (11)$$

При определении длины шатуна задаются характеристикой кривошипного механизма λ

$$\lambda = \frac{R}{L}. \quad (12)$$

При выборе характеристики следует учитывать, что с уменьшением характеристики λ : уменьшаются силы инерции; уменьшается угол отклонения шатуна; уменьшается сила бокового давления поршня на стенку цилиндра и износ гильзы или зеркала цилиндра; исключается задевание поршня за противовес.

Однако при уменьшении характеристики увеличиваются вес и габариты двигателя.

После выбора характеристики определяется длина шатуна

$$L = \frac{R}{\lambda} \text{ см.} \quad (13)$$

Основные размеры двигателя, литраж, диаметр цилиндра и ход поршня могут быть определены в тепловом расчете двигателя.

§ 2. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЯ

Исходными данными теплового расчета служат:

Степень сжатия	ε
Коэффициент избытка воздуха	α
Давление начала сжатия	p_a
Давление остаточных газов	p_r
Температура остаточных газов	T_r
Подогрев заряда от стенок	ΔT
Коэффициент использования тепла в точке z	ξ_z
Коэффициент полноты диаграммы	Φ_n
Среднее давление потерь трения	P_T
Показатель политропы сжатия	n_1
Показатель политропы расширения	n_2

Имея такие данные, определяют параметры рабочего цикла двигателя.

Параметры очистки и наполнения цилиндра

Коэффициент наполнения

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \left[\frac{p_a}{p_0} - \frac{1}{\varepsilon - 1} \times \left(\frac{p_r}{p_0} - \frac{p_a}{p_0} \right) \right]. \quad (14)$$

Коэффициент остаточных газов

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_0} \cdot \frac{p_r}{\varepsilon p_a - p_r}. \quad (15)$$

Параметры процесса сжатия

Давление конца сжатия

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1} \text{ кг/см}^2. \quad (16)$$

Температура конца сжатия

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} \text{ }^\circ\text{К.} \quad (17)$$

Параметры процесса сгорания

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{O}{32} \right) \text{ кг} \cdot \text{моль/кг.} \quad (18)$$

Действительное количество воздуха (свежего заряда):

$$M_1 = \alpha L_0 \text{ кг} \cdot \text{моль/кг.} \quad (19)$$

Количество продуктов сгорания при $\alpha = 1$:

$$M_0 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,792 L_0 \text{ кг} \cdot \text{моль/кг.} \quad (20)$$

Количество избыточного воздуха при $\alpha > 1$:

$$L_2 = (\alpha - 1) L_0 \text{ кг} \cdot \text{моль/кг.} \quad (21)$$

Общее количество продуктов сгорания при $\alpha > 1,0$

$$M_2 = M_0 + (\alpha - 1) L_0 \text{ кг} \cdot \text{моль/кг.} \quad (22)$$

Теоретический коэффициент молекулярного изменения

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}. \quad (23)$$

Действительный коэффициент молекулярного изменения

$$\mu = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}. \quad (24)$$

Температура в конце сгорания

$$\beta_{cp} T_z = \frac{\xi H_u}{\alpha L_0 (1 + \gamma_r)} + (c_v + 1,986\lambda) T_c. \quad (25)$$

Давление конца сгорания

$$p_z = \mu p_c \frac{T_z}{T_c} \text{ кг/см}^2. \quad (26)$$

Степень повышения давления

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c}. \quad (27)$$

Степень предварительного расширения

$$\varrho = \frac{\mu}{\lambda} \cdot \frac{T_z}{T_c}. \quad (28)$$

Параметры процесса расширения

Степень последующего расширения

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\varrho}. \quad (29)$$

Давление в конце расширения

$$p_b = \frac{p_z}{\delta^{n_2}} \text{ кг/см}^2. \quad (30)$$

Температура в конце расширения

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} \text{ }^\circ\text{К}. \quad (31)$$

Индикаторные показатели двигателя

Среднее индикаторное давление

$$p'_i = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[\lambda (\varrho - 1) + \frac{\lambda \varrho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{T_b}{T_z} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right] \text{ кг/см}^2. \quad (32)$$

Действительное среднее индикаторное давление

$$p_i = p'_i \Phi_n \text{ кг/см}^2. \quad (33)$$

Индикаторный к. п. д. двигателя

$$\eta_i = \frac{632,3}{g_i H_u}. \quad (34)$$

Эффективные показатели двигателя

Среднее эффективное давление

$$p_e = p_i - p_T \text{ кг/см}^2. \quad (35)$$

Механический к. п. д. двигателя

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i}. \quad (36)$$

Эффективный к. п. д. двигателя

$$\eta_e = \eta_i \eta_m = \frac{632,3}{H_u g_e}. \quad (37)$$

Размеры цилиндров

Литраж

$$V_h = \frac{900 N_e}{p_e n} \text{ л}. \quad (38)$$

Объем цилиндра

$$V'_h = \frac{V_h}{i} \text{ л}. \quad (39)$$

Диаметр цилиндра

$$D = \sqrt{\frac{4V'_h}{\pi S}} \text{ см.} \quad (40)$$

Тепловой расчет дает возможность построить индикаторную диаграмму двигателя. По индикаторной диаграмме определяют газовые нагрузки, действующие в двигателе.

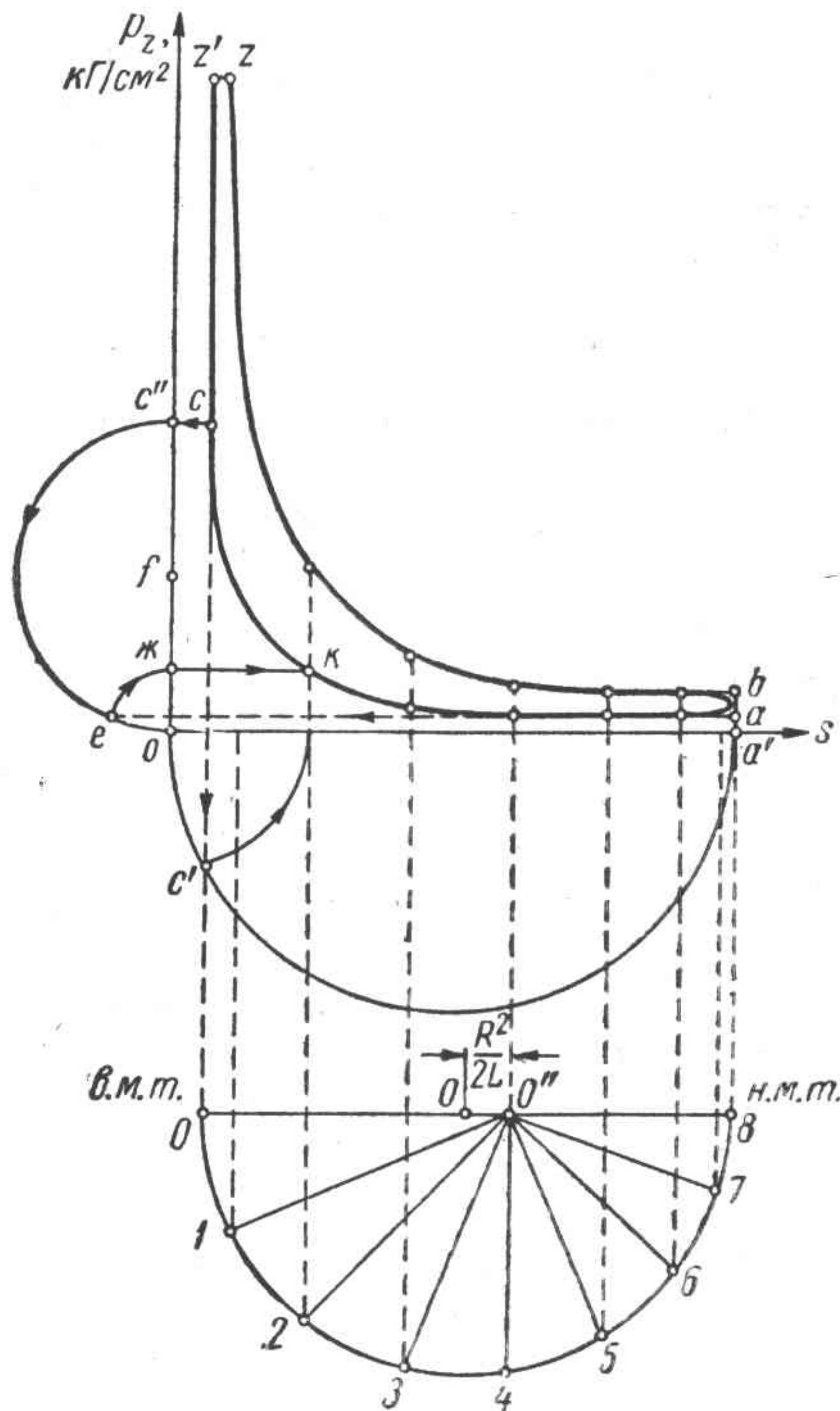


Рис. 3. Индикаторная диаграмма двигателя

На рис. 3 приведена индикаторная диаграмма, построенная методом дуг.

Для построения диаграммы строятся оси координат, в масштабе наносят характерные точки индикаторной диаграммы a , b , c , z' , z . Имея на диаграмме две точки, легко построить между ними третью. Отрезок

между точками c'' и o на оси ординат делим пополам и, получив центр f , проводим из него полуокружность.

Параллельно оси абсцисс сносим высоту точки a на полуокружность и получаем точку e . Поставив циркуль в начало координат радиусом $o—e$, чертим дугу до пересечения с осью ординат. Получим точку $ж$, которая является ординатой искомой точки $к$.

Аналогично строится и абсцисса точки $к$. Наносится полуокружность $o—a'$, на которую сносится параллельно оси ординат абсцисса точки $с$. Из начала координат радиусом $o—с$ строится дуга, место пересечения дуги с осью абсцисс определяет абсциссу точки $к$.

На этой же диаграмме показаны графические построения для определения газовых сил по ходу поршня.

§ 3. КОМПОНОВКА ДВИГАТЕЛЯ

Основные компоновочные схемы

Основные компоновочные схемы расположения цилиндров двигателя приведены на рис. 4. Компоновкой двигателя называется взаимное расположение главных систем и деталей двигателя, а также увязка их размеров между собой.

На колесных и гусеничных машинах и специальных установках устанавливаются многоцилиндровые двигатели, которые имеют следующие варианты расположения цилиндров:

- однорядное — вертикальное, наклонное и горизонтальное;
- двухрядное — V-образное, оппозитное;
- прочее — однорядное с двумя коленчатыми валами, звездообразное, двухрядное параллельное с одним валом, W-образное, X-образное.

Указанные варианты компоновки определяются условиями размещения на машине, условиями уравнирования, способами охлаждения и рядом других соображений.

Однорядное расположение характеризуется расположением цилиндров в одной плоскости один за другим, а плоскость расположения осей цилиндров совпадает

с осью коленчатого вала либо параллельна ей (дезаксиальные двигатели).

Такое расположение цилиндров наиболее простое с точки зрения проектирования, из-

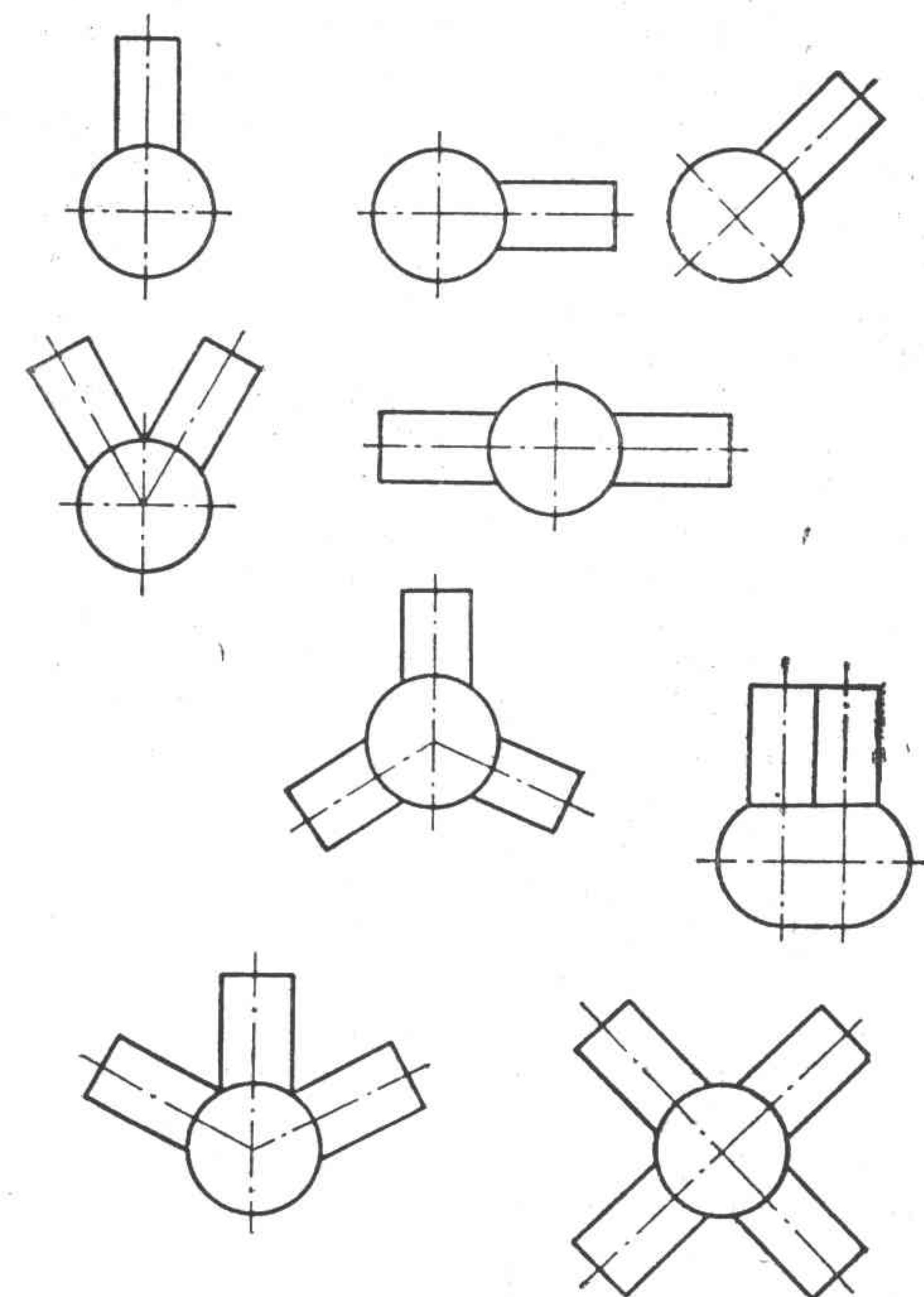


Рис. 4. Компонировочные схемы расположения цилиндров

готовления и обслуживания двигателя, поэтому все ранее выпускавшиеся двигатели компоновались по этому варианту. Число цилиндров при однорядной компоновке — от одного до восьми.

Недостатками этой схемы являются большие габариты двигателя и особенно его длина, поэтому сейчас от этой схемы постепенно отказываются.

Двух- и трехцилиндровые двигатели рядным расположением применяются на маломощных тракторах и микролитражных автомобилях. Четырех- и шестицилиндровые

двигатели используются в качестве силовых установок грузовых и легковых автомобилей, тракторов и специальных гусеничных машин.

Охлаждение двигателей как жидкостное, так и воздушное. Рядных восьмицилиндровых двигателей воздушного охлаждения нет, так как выполнить эффективное охлаждение на значительной длине не удастся.

Типичные конструкции двигателей отечественного моторостроения приведены в данном справочнике.

Наклонное расположение двигателя применяется редко. Горизонтальное расположение двигателя широко применяется у автобусов и специальных машин, где двигатель располагается под полом кузова.

Двухрядное расположение характеризуется наличием двух плоскостей расположения осей цилиндров, которые находятся либо под углом и пересекаются с осью коленчатого вала, либо параллельны плоскости, в которой лежит коленчатый вал.

Двухрядные двигатели получают в последнее время господствующее распространение, несмотря на большую сложность изготовления и стоимость. Это объясняется рядом присущих им преимуществ: меньшими габаритами; меньшим весом; высокой жесткостью блока, коленчатого вала, механизмов газораспределения; большим сроком службы.

Из двухрядных двигателей наиболее распространены V-образные, бурный рост которых за рубежом начался после войны, а у нас — с 1949 г.

Характерной чертой двухрядных двигателей является их короткоходность. Отношение $S/D = 0,8 \div 1,1$. Наиболее распространены восьмицилиндровые V-образные двигатели.

Новые двигатели отечественного производства в основном являются V-образными. Чаще всего V-образные двигатели выпускаются в виде семейства и охватывают диапазон мощностей 70—500 л. с., а при наддуве — до 1000 л. с. Уменьшение габаритов двигателя достигает при V-образной компоновке 29—30%, а веса — 20—25%. Применение V-образного двигателя позволяет уменьшить базу машины.

Примерами мощных отечественных двигателей являются Д12-525, ЯМЗ-240, а

в США — семейство двигателей «Континенталь».

Шестицилиндровые V-образные двигатели распространены пока незначительно, так как имеют плохую уравновешенность. Однако в Советском Союзе двигатель ЯМЗ-236 является основным дизелем для нужд народного хозяйства и базовым для производства дизелей ЯМЗ-238 и ЯМЗ-240.

Горьковский автозавод работает над опытным двигателем V-6 карбюраторного типа.

Четырехцилиндровые V-образные двигатели имеют также крайне малое распространение, габариты двигателя при этом мало сокращаются, а уравновешенность значительно ухудшается.

Примером смелого внедрения в жизнь двигателя V-4 является двигатель МеМЗ-965 для микролитражного автомобиля «Запорожец».

Двигатели V-2 небольшой мощности применяются на маломощных тракторах и мотоциклах и имеют всегда воздушное охлаждение.

Оппозитные двигатели встречаются чаще всего воздушного охлаждения и применяются на автомобилях.

Прочее расположение цилиндров применяется редко, только в экспериментальных целях и мелкими сериями.

Характерным представителем двигателя с двумя валами является двигатель «Юнкерс». Двигатели звездообразного типа, как правило, авиационные. Во время второй мировой войны двигатели «Райт» применялись на танках США, после войны в Англии был разработан проект «народного» автомобиля с трехцилиндровым двигателем.

Представителем двигателя с параллельным рядом цилиндров и одним коленчатым валом является двигатель Кушуля в четырех- и шестицилиндровом рядном исполнении, работающий по своеобразному циклу. W-образное расположение применено фирмой «Татра» на 18-цилиндровом двигателе «Татра-955» воздушного охлаждения.

Четырехрядное X-образное расположение цилиндров имело место на двигателях «Зиммеринг-2», применявшихся на танках и тя-

желых тягачах во время второй мировой войны.

Размещение двигателя на шасси транспортных машин и спецстанов определяется типом машины и трансмиссии, расположением цилиндров, способом охлаждения и рядом других факторов.

Выбор расположения двигателя входит в задачу общей компоновки машины, однако при проектировании двигателя необходимо знать его место на машине, поскольку это может в известной степени отразиться на компоновке двигателя.

Основными вариантами расположения двигателя на шасси являются: переднее, заднее и среднее. Переднее расположение при совпадении оси коленчатого вала двигателя и оси машины является господствующим, оно увязывается с обычным типом трансмиссии и задними ведущими осями.

На автобусах вагонного типа и грузовых автомобилях с кабиной над двигателем с целью увеличения полезной грузоподъемности и уменьшения длины машины двигатель ставится впереди, но сдвигается в сторону от оси машины (ЗИЛ, УАЗ).

На некоторых автомобилях с передним ведущим мостом и легких гусеничных машинах двигатель ставится поперек продольной оси машины.

Заднее расположение двигателя распространено в основном у автобусов и легковых автомобилей с двигателем воздушного охлаждения.

Среднее расположение двигателя применяется в тяжелых машинах. В этом случае двигатель размещается под полом кузова, а в гусеничных тягачах — внутри корпуса машины.

Если двигатель проектируется заново под определенный тип машины, то его расположение в значительной степени определит общую компоновку и, в частности, способ охлаждения. Например, заданная заранее ограниченная база машины требует применения двухрядного двигателя, а расположение двигателя под полом машины требует горизонтального однорядного или оппозитного двигателя.

Если для создаваемой машины двигатель заранее не проектируется, а подбирается из

имеющихся, то, например, при заднем расположении на шасси обычно требуется частичная переделка некоторых элементов двигателя: крепления к раме, системы охлаждения и в первую очередь вентилятора и картера маховика.

Компоновка механизмов и систем двигателя

Компоновка сочетает конструкторскую, расчетную и графическую работу, проводимую одновременно. Работа эта является обязательным этапом проектирования, который предшествует динамическому расчету. При компоновке необходимо иметь следующие данные: тип двигателя; способ смесеобразования; охлаждение; число и размеры цилиндров; размеры клапанов; размеры S , L .

Конструктивные данные по основным деталям конструктор получает после компоновки. Компоновка при проектировании обязательна в нескольких вариантах. Для выполнения компоновки необходимо хорошее знание конструкции современных двигателей.

В ходе компоновки производится обоснование принимаемых вариантов конструктивных схем и размеров, рассчитываются и определяются главные движущиеся детали, изготавливаются вспомогательные схемы и эскизы.

На основании определенных и указанных размеров выполняются компоновочные чертежи двигателя, которых, как правило, должно быть два: чертеж поперечной компоновки; чертеж продольной компоновки.

Компоновочные чертежи по сути дела это чертежи продольного и поперечного разрезв двигателя без штриховки. Ими пользуются для проведения динамического расчета и исследования уравновешенности. В компоновочные чертежи могут быть внесены дополнения и изменения. Эти чертежи перерастают в чертежи продольного и поперечного разрезв двигателя.

На компоновочных чертежах дорабатываются подробности конструкции и размеры всех деталей кривошипного механизма и газораспределения, а основные из них проверяются расчетом.

На следующих этапах проектирования устанавливаются типы остальных систем двигателя (смазки, охлаждения, питания, зажигания, пуска) и приборов, входящих в эти системы.

По мере надобности производится расчет этих приборов и систем. В заключение приборы и детали этих систем наносятся на компоновочные чертежи и изменяется конструкция деталей, если они не komponуются с приборами. При компоновке деталей и систем двигателя необходимо учитывать доступность их для обслуживания, монтажа, разборки, пожарной безопасности и сохранения габаритов, вытекающих из условий размещения на машине.

На рис. 19—52 приведены схемы сил инерции и поперечные разрезы различных конструкций быстроходных поршневых двигателей.

На основе поперечного и продольного разрезов разрабатываются и выполняются все остальные чертежи общих видов двигателя, сборочные чертежи групп агрегатов и узлов, а на основе их — чертежи деталей.

Техника выполнения компоновочных чертежей

Компоновочные чертежи, на основе которых изготавливаются чертежи разрезов двигателя, выполняются в масштабе 1 : 1.

Последовательность выполнения компоновочных чертежей зависит от типа проектируемого двигателя и принятой методики компоновки.

Компоновка двигателя состоит из трех основных этапов: компоновки кривошипно-шатунного механизма; компоновки газораспределения; компоновки корпуса.

Все три этапа компоновки выполняются одновременно на поперечном и продольном разрезах.

Компоновка кривошипно-шатунного механизма

1. Разметка на поперечном разрезе (рис. 5): а) наносятся оси цилиндров и коленчатого вала; б) наносится траектория центра шатунной шейки; в) наносятся основные

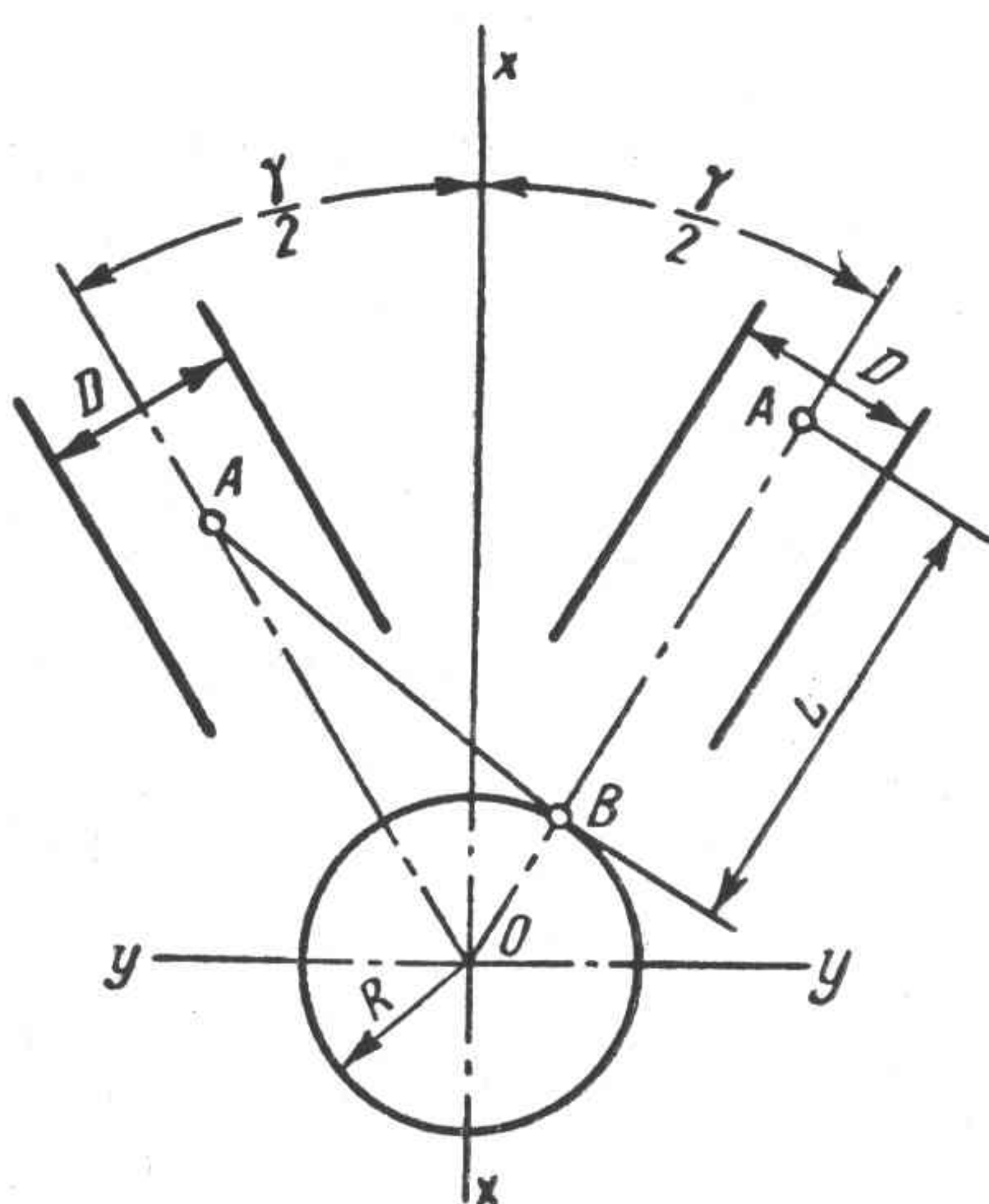


Рис. 5. Разметка криво-шатунного механизма

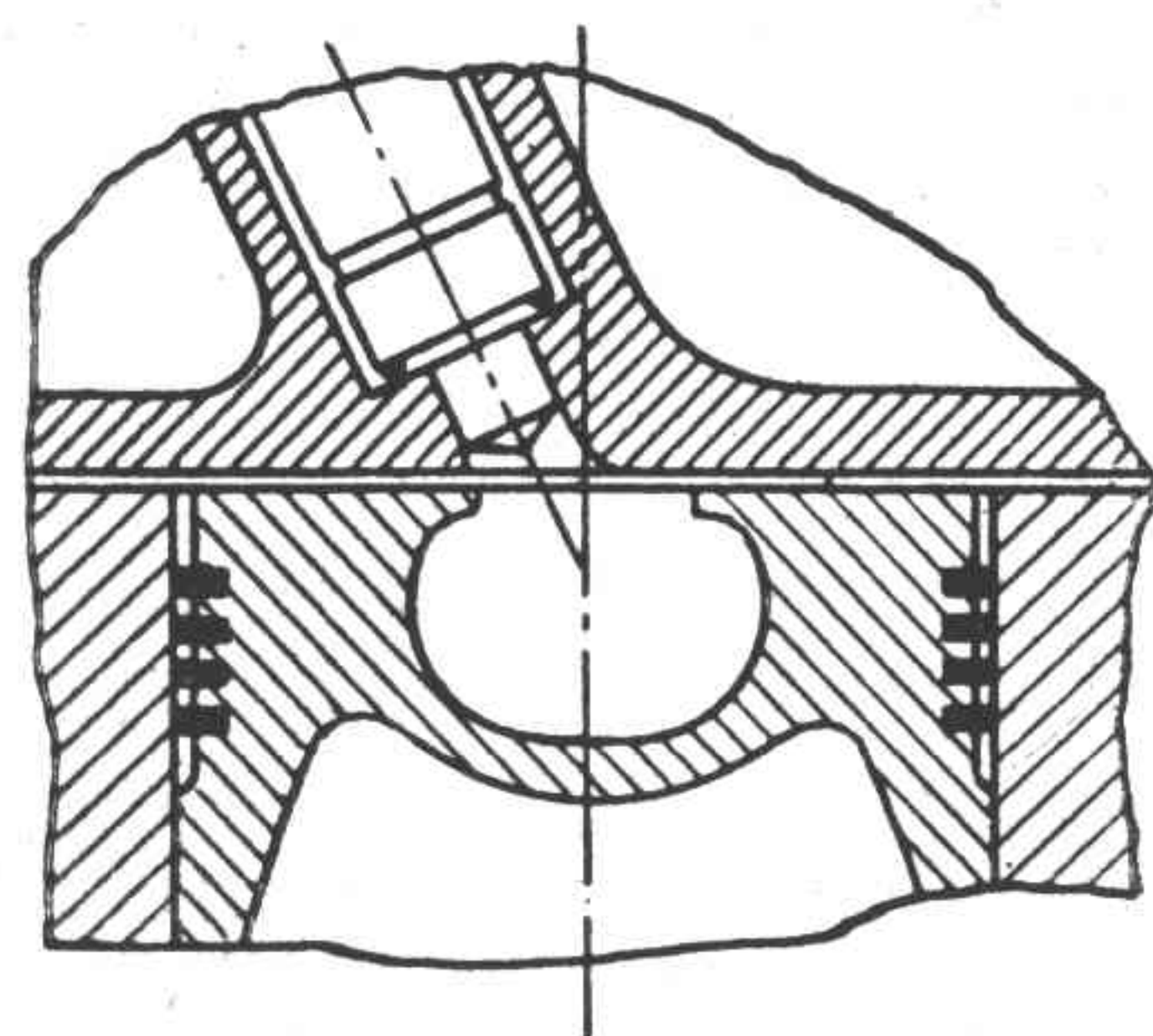


Рис. 6. Схема взаимного расположения камеры сгорания в поршне и форсунки

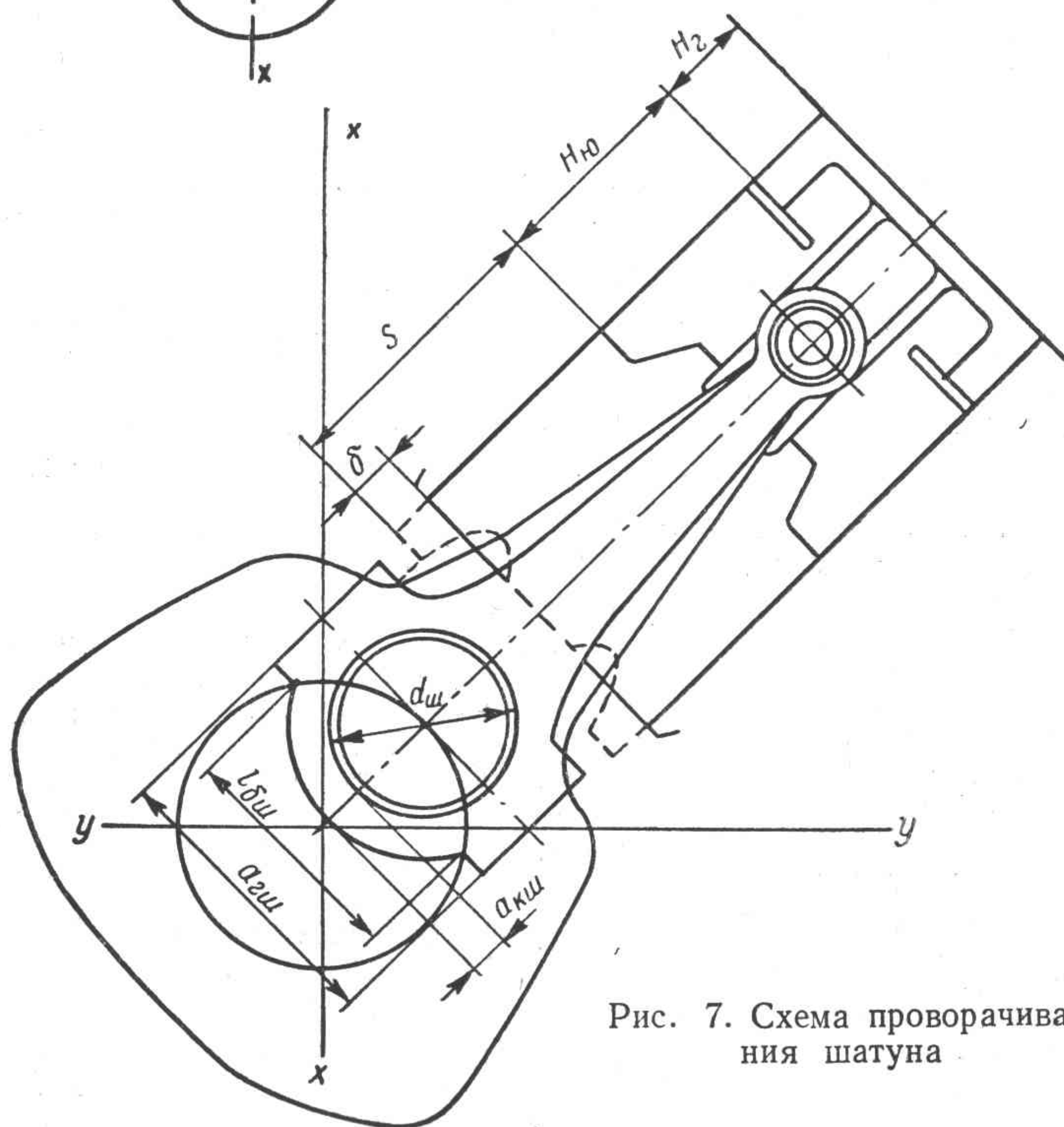


Рис. 7. Схема проворачивания шатуна

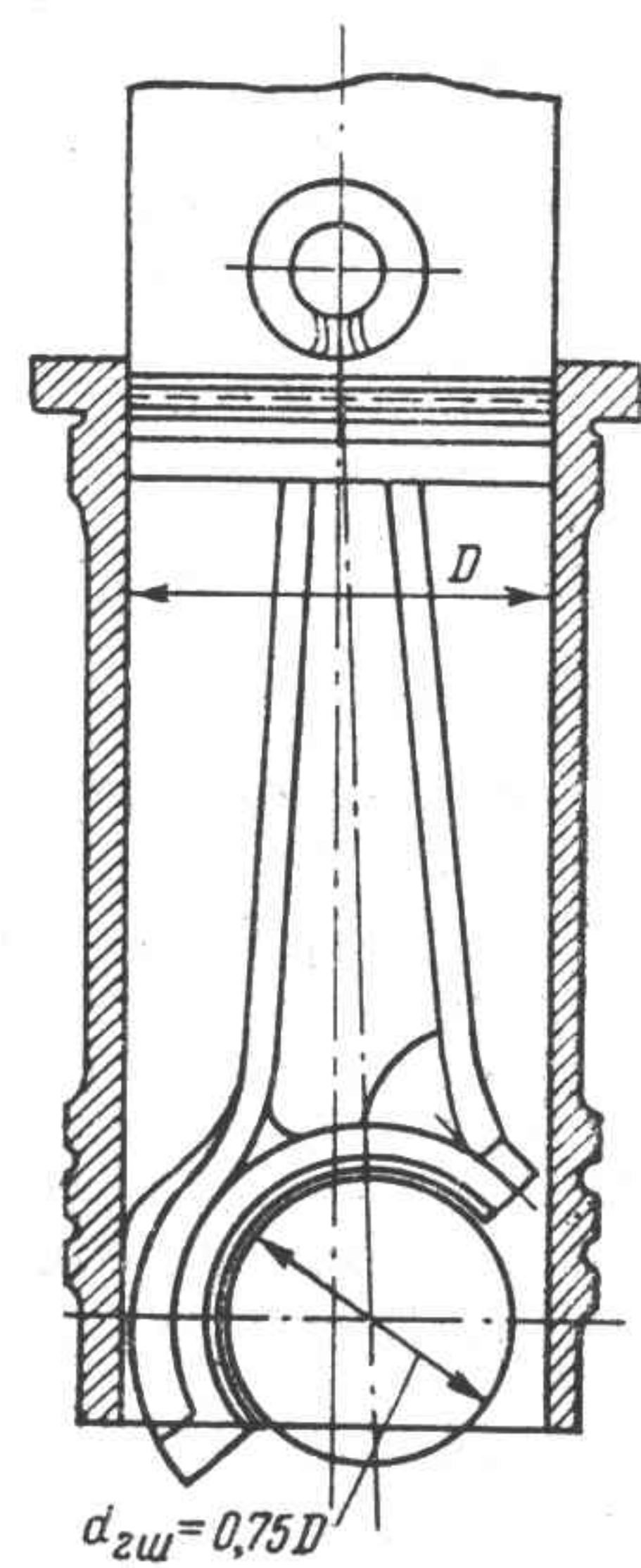


Рис. 8. Компоновка нижней головки шатуна

точки шатуна для положения поршня в в. м. т. г) обозначаются стенки цилиндра.

2. Компонировка шатуна: а) размещается нижняя головка с учетом прохода в цилиндр; б) разрабатывается верхняя головка; в) разрабатываются стержень и сопряжения с головками.

3. Компонировка поршня (рис. 6): а) разрабатываются головка поршня и кольца; б) разрабатывается юбка поршня; в) обозначается поршень; г) определяются основные размеры поршня по высоте.

4. Компонировка цилиндра: а) определяется верхний выход поршня; б) обозначается поршень при положении в н. м. т.; в) определяется нижний выход поршня; г) устанавливается длина цилиндра.

5. Контрольное проворачивание механизма (рис. 7): а) определяются траектории нижних точек шатуна; б) проверяется цилиндр на незадевание его шатуном.

6. Компонировка подшипников коленчатого вала: а) определяется диаметр коренных шеек; б) разрабатываются вкладыши коренных шеек; в) разрабатываются болты крепления крышки; г) разрабатываются крышки.

Компировка на продольном разрезе

1. Компонировка блока цилиндров (рис. 8): а) определяется расстояние между цилиндрами одного ряда и наносятся их оси; б) обозначаются стенки цилиндров; в) определяются расстояния между осями смещенных цилиндров левого и правого блоков.

2. Компонировка коленчатого вала и маховика: а) устанавливается форма вала; б) устанавливаются продольные размеры и наносится колено; в) увязываются размеры колен и межосевых расстояний блока; г) определяются размеры носка хвостовика; д) выбираются тип и размеры маховика; е) наносится маховик.

3. Окончание компоновки поршня и шатуна: а) наносится поршень в 1-м цилиндре в в. м. т.; б) определяется длина пальца и его участков; в) наносится верхняя головка шатуна; г) наносится нижняя головка шатуна; д) наносится стержень шатуна.

В V-образных двигателях поршень и шатун могут изображаться в вертикальной

плоскости на вспомогательном чертеже с разрывом шатуна.

4. Компонировка коренных подшипников коленчатого вала: а) выбирается упорный подшипник; б) разрабатываются подшипники; в) наносятся контуры крышек.

Компировка газораспределения

1. Компонировка клапанов и головки: а) выбираются число и расположение клапанов; б) выбирается форма и размеры камеры сгорания; в) определяются диаметр и подъем клапанов; г) размещаются клапаны (на вспомогательной схеме увязать с размерами камеры сгорания); д) разрабатываются клапан и пружина с ее креплением; е) наносятся камера сгорания и клапаны на обоих разрезах; ж) дорабатывается головка и наносится на разрезы.

2. Компонировка распределительного вала: а) выбирается число и расположение валов; б) разрабатывается форма и размеры вала с учетом размещения клапанов; в) разрабатываются форма и размеры деталей привода; г) наносится вал на оба разреза; д) наносятся детали привода и осевой фиксации вала.

3. Компонировка передаточных деталей: а) выбираются типы штанг, толкателей, коромысел; б) разрабатываются форма и размеры деталей; в) наносятся детали на разрезы.

Результаты компоновки газораспределения представлены на рис. 9 и 10.

Компировка корпуса двигателя

Компировка корпуса двигателя (рис. 11, 12) существенно зависит от типа охлаждения, расположения цилиндров и ряда других факторов. По излагаемой методике ряд элементов корпуса двигателя уже скомпонован, остается скомпоновать наружные очертания корпуса и уплотнения.

1. Компонировка блок-картера: а) обозначается водяная рубашка; б) разрабатываются торцы блока; в) наносятся направляющие толкателей; г) разрабатывается поддон.

2. Компонировка крышек и уплотнений: а) обозначаются крышки головки блока, клапанной камеры и распределительных шестерен; б) разрабатываются сальники и уплотнения.

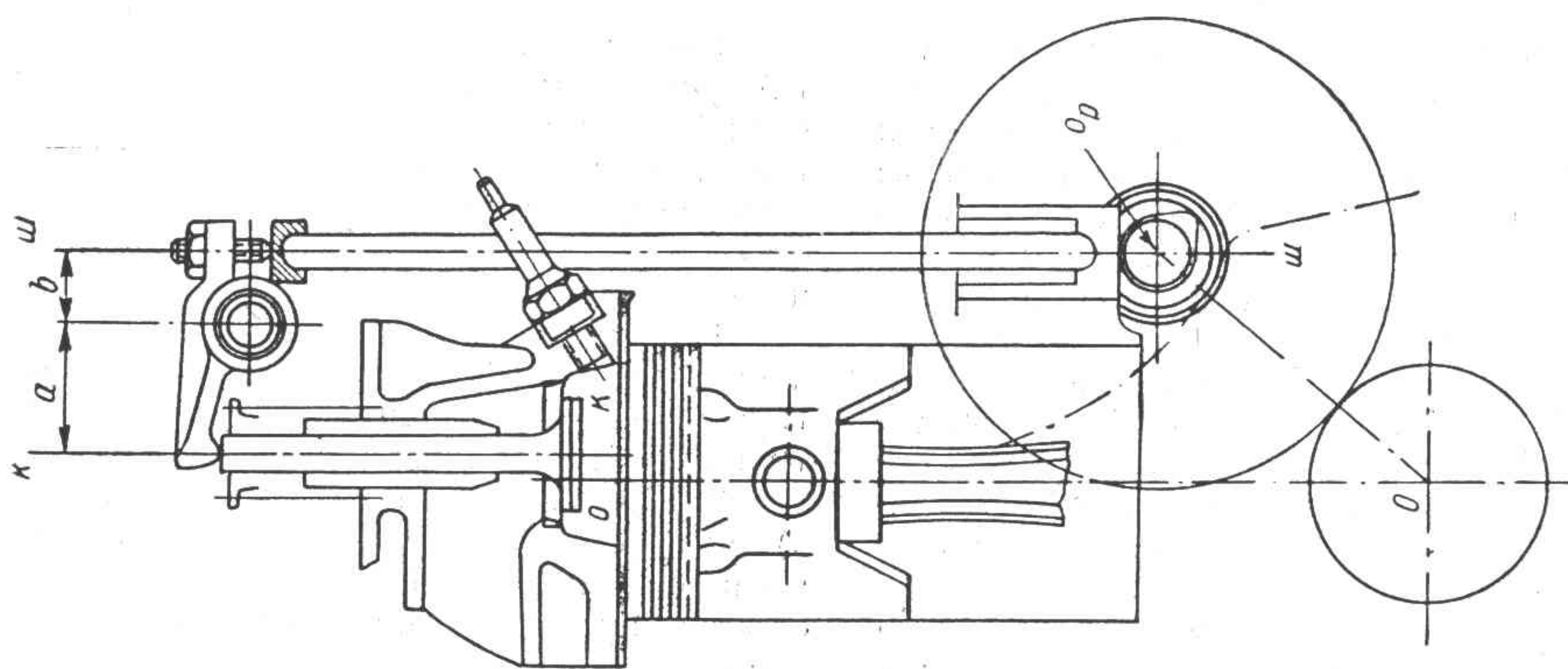


Рис. 9. Схема компоновки механизма газораспределения на поперечном разрезе

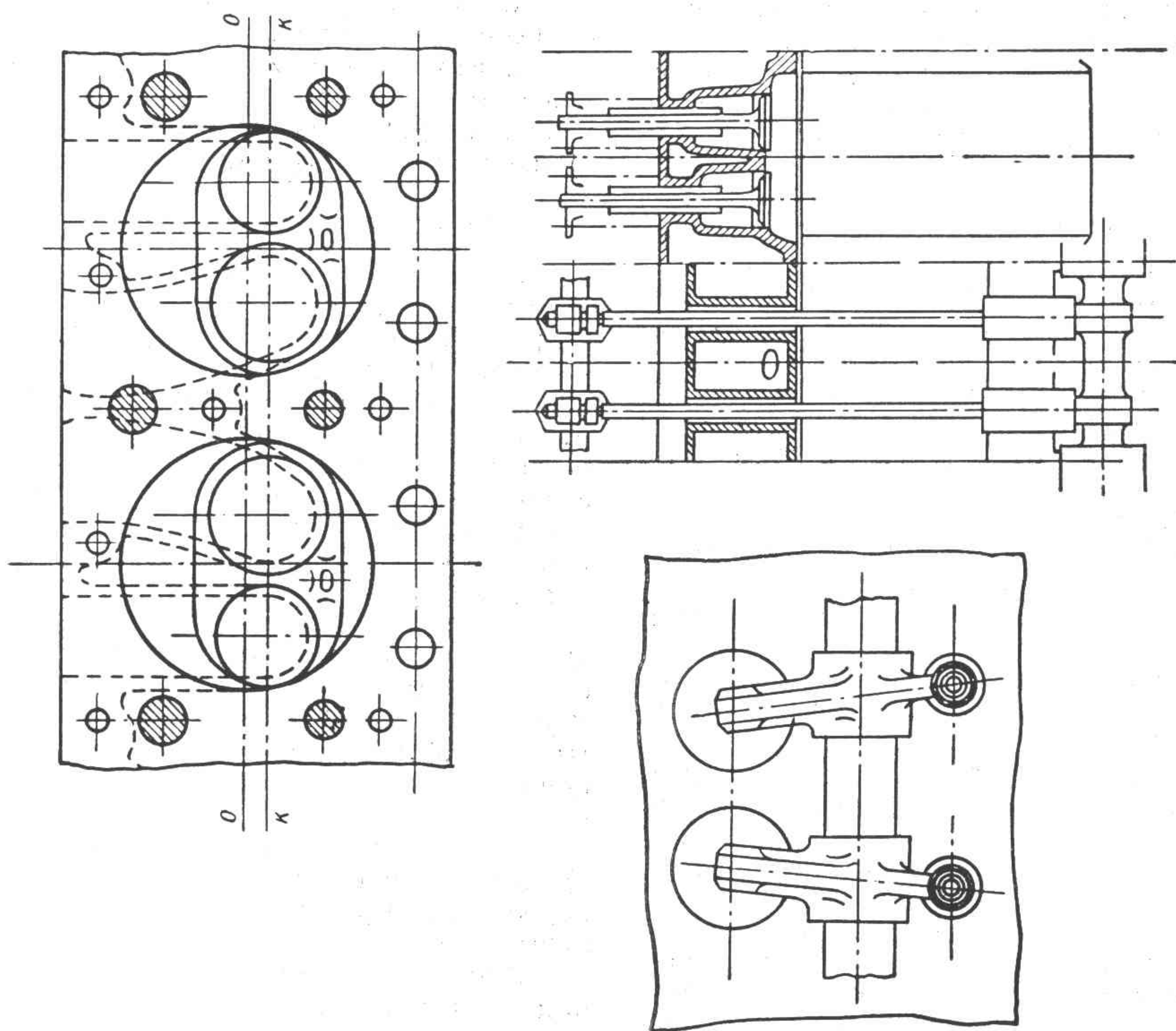


Рис. 10. Схема компоновки механизма газораспределения на поперечном разрезе

В заключение необходимо отметить, что выполнение перечисленных вопросов и операций компоновки не должно затрагивать подробностей конструкции деталей. Компоновка дает лишь скелет двигателя, на основе которого производится детальная разработка конструкции двигателя.

§. 4. ОПАСНЫЕ НАГРУЗКИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Быстроходные поршневые двигатели отличаются от других типов двигателей прежде всего особыми условиями эксплуатации.

Свыше 80% времени они работают на не-

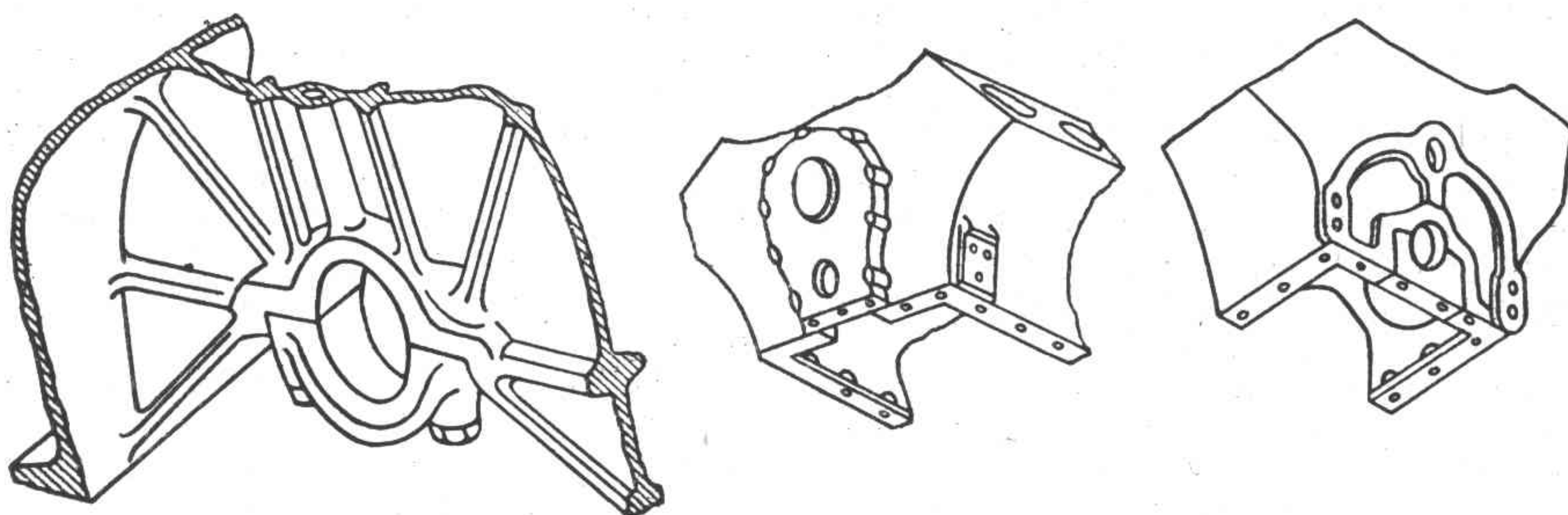


Рис. 11. Схема компоновки блок-картера

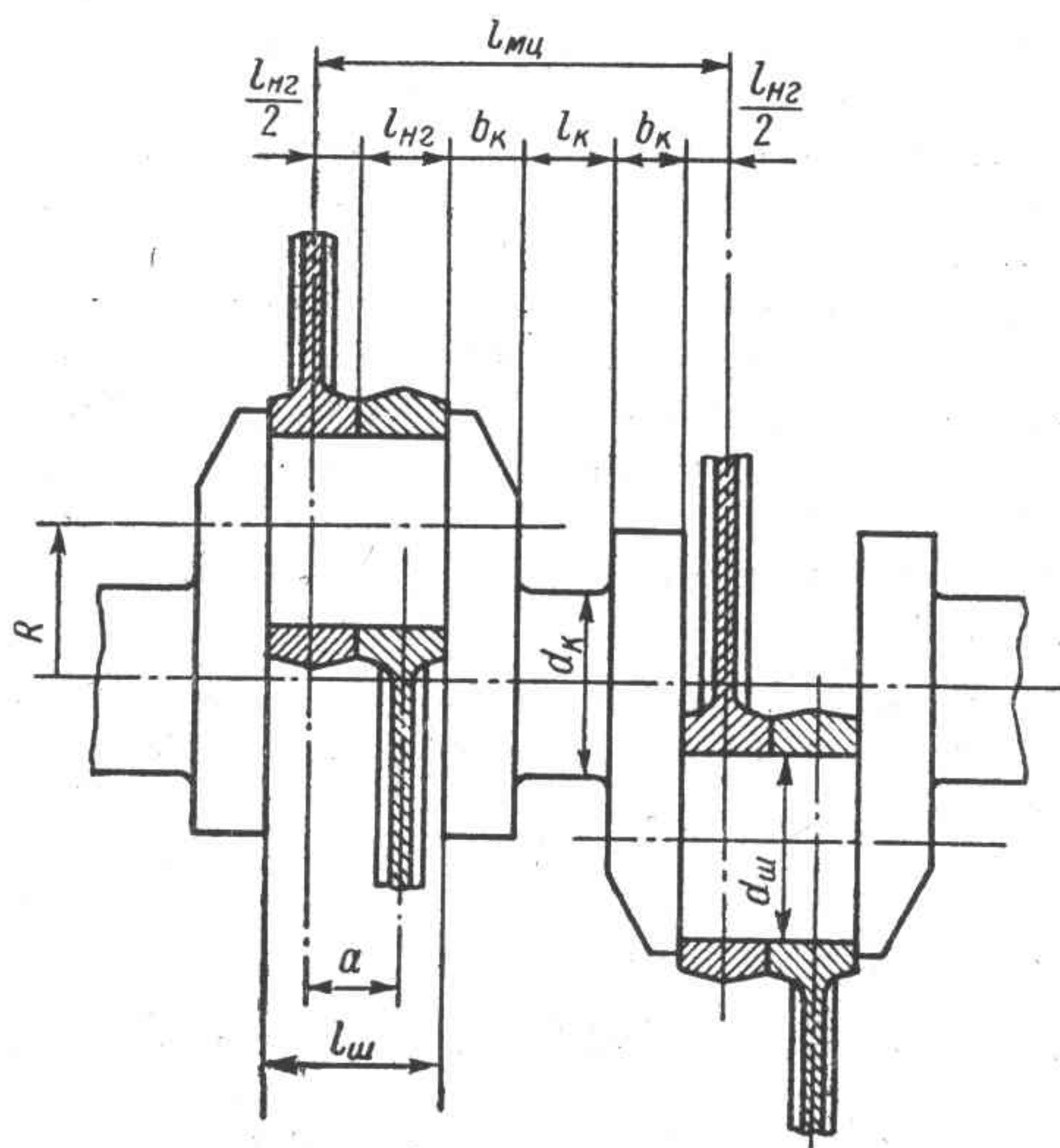


Рис. 12. Схема увязки размеров коленчатого вала и шатунов

установившихся режимах. Условия работы накладывают отпечаток на конструкцию главных деталей двигателя, поэтому и метод расчета их отличается от расчета других двигателей.

Детали быстроходных двигателей подвергаются воздействию следующих нагрузок: давления газов; сил инерции; упругих колебаний; температур.

Нагрузка от давления газов воспринимается большинством деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизма. Особенность ее заключается в том, что она носит «пиковый» характер и опасна для деталей в пределах небольшого угла поворота коленчатого вала.

Газовая нагрузка является важнейшей расчетной нагрузкой для большинства деталей кривошипно-шатунного механизма.

Нагрузка от сил инерции также воспринимается большинством деталей кривошипно-шатунного механизма. Природа этой нагрузки рассмотрена в соответствующих разделах справочника. Особенностью этой нагрузки является периодический характер ее

изменения по величине и направлению. Максимальная величина нагрузки от сил инерции у современных быстроходных двигателей иногда превышает величину газовой нагрузки, и при расчете деталей учет сил инерции является обязательным. Для расчета ряда деталей нагрузка от сил инерции является основной расчетной нагрузкой.

Нагрузка от упругих колебаний возникает в деталях, подверженных воздействию периодически действующих сил. Периодически действующие силы давления газов и силы инерции в деталях двигателя возмущают колебания. Детали двигателя, являясь упругими системами, имеют собственную частоту колебаний, которая зависит от формы, размеров и жесткости детали.

В современных высокооборотных двигателях частота возмущающих сил очень высока: так, в четырехтактном многоцилиндровом двигателе с числом оборотов n_N частота вспышек (возмущающих колебаний)

$$n = \frac{n_N i}{120} \text{ кол/сек.} \quad (41)$$

Снижение веса деталей в современных двигателях приводит к снижению частоты собственных колебаний. При совпадении частоты собственных и возмущающих колебаний или кратности их отношений наступает явление резонанса, который опасен для прочности деталей. Опасны колебания детали и нерезонансного характера, они вызывают в деталях усталостные напряжения. Поэтому в современных двигателях необходимо учитывать нагрузку от упругих колебаний.

Температурные нагрузки возникают в деталях, соприкасающихся с газами, имеющими высокую температуру и при работе двигателя на неуставившихся режимах. Температурные нагрузки вызывают дополнительные температурные напряжения.

Причинами температурных напряжений является неправильный отвод тепла, неправильно выбранные температурные зазоры, колебания температур деталей при работе на неуставившихся режимах.

Учет температурных нагрузок является необходимым при расчете поршневых колец, цилиндров, поршневых пальцев и др.

Силы и режимы для расчета на прочность и износ деталей по наибольшей знакопеременной нагрузке

Большинство деталей двигателя для упрощения расчета, но без снижения качества его, можно рассчитать, исходя из условий статических нагрузок силами давления газов и силами инерции. Наиболее ответственные детали двигателя подвергаются расчету с учетом знакопеременных нагрузок. В зависимости от принятого метода расчета выбираются разные расчетные силы и режимы.

Расчет на силу давления газов может производиться на двух режимах:

1) на режиме максимальной мощности, когда в цилиндре имеет место расчетное давление газов p_{gN} , и числа оборотов n_N ;

2) на режиме максимального крутящего момента при давлении в цилиндре $p_{g \max}$ и числа оборотов n_m .

Известно, что $p_{g \max} > p_{gN}$, а величины их могут быть получены: из индикаторных диаграмм; из теплового расчета; по эмпирическим соотношениям.

Индикаторные диаграммы — наиболее полный и точный источник получения сил, но при проектировании нового двигателя их нет. Тепловой расчет, как правило, делается только для режима максимальной мощности.

Наиболее простой и достаточно точный источник получения значений сил давления газов — эмпирические формулы.

Двигатели с принудительным воспламенением

Давление газов при режиме максимальной мощности и среднем эффективном давлении

$$p_e = 5 \div 11 \text{ кг/см}^2$$

подсчитывается по уравнению

$$p_{gN} = 0,5 (\varepsilon + 0,97) (p_e + 2,2) \text{ кг/см}^2. \quad (42)$$

Расхождения в значениях p_{gN} , полученных по формуле, и истинных значений не превышают 5%. Величина среднего эффективного давления может быть определена по

известному выражению

$$p_e = \frac{\tau 450 N_e}{n_N i v_h} \text{ кг/см}^2. \quad (43)$$

Величина мощности берется из скоростных характеристик, приведенных в справочнике.

Давление газов при режиме максимального крутящего момента можно определить по формуле

$$P_{g \max} = p_{gN} + 5. \quad (44)$$

Двигатели с самовоспламенением топлива от сжатия

В зависимости от способа смесеобразования и степени сжатия давление газов при максимальном крутящем моменте определяется по уравнению

$$p_{g \max} = \lambda (3\varepsilon - 10) \text{ кг/см}^2, \quad (45)$$

где λ — степень повышения давления, равная для двигателей: непосредственного впрыска 1,7—2,2; предкамерных 1,4—1,6; вихрекамерных 1,5—1,8.

Наибольшие значения давления газов, а следовательно, и силы в быстроходных двигателях обычно не в в. м. т., а после нее. Но так как эта разница невелика, то считают, что наибольшие значения давления газов имеют место в в. м. т.

Расчетные силы давления газов получаются из величины давлений газов, подсчитанных по формулам (44) и (45), умноженных на площадь поршня:

$$\left. \begin{aligned} P_{gN} &= p_{gN} F_n \text{ кг}; \\ P_{g \max} &= p_{g \max} F_n \text{ кг}. \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

Силы инерции при расчете кривошипно-шатунного механизма складываются из сил поступательно движущихся масс и вращающихся масс.

1. Сила инерции поступательно движущихся масс, приведенная к оси поршневого пальца,

$$P_j = -m_A R \omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha) \text{ кг}. \quad (47)$$

Величина силы инерции зависит от функции. Максимальное ее значение при $\alpha = 0$,

$\cos \alpha = 1$ и максимальном числе оборотов

$$P_{j \max} = -m_A R \omega^2 (1 + \lambda) \text{ кг}. \quad (48)$$

2. Центробежные силы инерции вращающихся масс:

для неуравновешенной части кривошипа

$$P_{j0 \max} = -m_0 R \omega_p^2 \text{ кг}; \quad (49)$$

для вращающейся части шатуна

$$P_{j0ш \max} = -m_{ш}^B R \omega_p^2 \text{ кг}. \quad (50)$$

Указанные силы используются в расчете на прочность деталей двигателя отдельно, но в ряде случаев указанные силы воздействуют на деталь одновременно.

В случае одновременного воздействия этих сил они имеют максимальное значение в одной точке — в. м. т., а равнодействующая их меньше, чем сила давления газов или сила инерции.

Однако в практике расчет, как правило, ведется на одну из этих сил, ту, которая больше по своему абсолютному значению. Надо иметь в виду, что сила давления газов всегда больше при режиме максимального крутящего момента, а сила инерции, приведенная к оси поршневого пальца, — при числе оборотов максимальной мощности.

Исключение меньшей силы в расчете (например, силы инерции при расчете на режиме максимального крутящего момента) ведет к некоторому увеличению запаса прочности и снижению точности расчета. При более точных расчетах на усталость учитывают одновременное действие обеих сил, исходя из знакопеременной нагрузки, а расчетным режимом выбирается режим максимальной мощности (максимальных оборотов).

Оценка и выбор допускаемых напряжений

Расчет на прочность деталей двигателя ведется на основе использования теоретических формул сопротивления материалов и деталей машин. Полученные по этим формулам напряжения являются относительными и не соответствуют фактическим напряжениям в деталях.

Несоответствие расчетных и фактических напряжений объясняется отличием схемы получения теоретической формулы и расчетной схемы, которую мы строим при расчете, и рядом других факторов.

Расчетная практика связана с так называемыми допустимыми напряжениями, под которыми понимаются такие напряжения в материале детали, которые обеспечивают надежность ее на прочность и износ.

Надежным источником для определения величины допустимых напряжений является практика, поэтому допустимые напряжения при расчете должны сравниваться с теми значениями, которые имеются в статистических данных справочника.

Так, например, если расчетное напряжение в щеке коленчатого вала современных быстроходных двигателей $1600\text{--}2500\text{ кг/см}^2$, то и допустимые напряжения можно выбирать в пределах $1400\text{--}2400\text{ кг/см}^2$.

Принимая значения 3000 кг/см^2 , мы должны помнить, что коленчатых валов с такими напряжениями нет в практике эксплуатации и прочность их будет сомнительной.

Если же принять напряжения в щеках 1000 кг/см^2 , можно заведомо сказать, что прочность вала обеспечена, но коленчатый вал будет очень тяжелым.

При расчете деталей двигателя допустимые напряжения используются двояко:

1) когда сначала проектируется деталь и затем производится расчет ее на прочность; в этом случае полученные расчетные напряжения сравниваются с допустимыми и делается вывод о надежности и прочности детали;

2) когда в расчетную формулу подставляются допустимые напряжения и определяются основные размеры детали.

В практике расчета быстроходных двигателей пользуются 1-м методом.

В обоих случаях инженер-конструктор должен стремиться к снижению запаса прочности, т. е. уменьшению размера детали без ущерба для ее надежности и жесткости.

При выборе и оценке допустимых напряжений следует иметь в виду, что на величину σ влияет ряд факторов.

1. Назначение и режим двигателя. Для двигателя, работающего большую часть времени с нагрузкой $0,5N_{e\text{ max}}$, допустимые напряжения могут быть приняты выше, чем для двигателя, работающего в основном при нагрузках $0,85N_{e\text{ max}}$.

2. Конструктивная форма детали. Применяя различные конструктивные формы детали, можно допускать более высокие напряжения в ней. Например, применяя ребра жесткости на днище поршня, можно значительно увеличить допустимые напряжения.

3. Обработка детали. Применяя различные методы термообработки детали, улучшения ее качества ее поверхности или упрочнения ее методами наклепа, можно значительно увеличить допустимые напряжения в ней.

4. Материал детали. Применяя современные легированные стали и новые легкие сплавы, можно уменьшить размеры и вес детали и допускать в них большие расчетные напряжения.

5. Межремонтные пробеги машин и срок амортизации детали. Эти важнейшие эксплуатационные вопросы имеют прямую связь с допускаемыми напряжениями, очевидно, чем больше межремонтные сроки, тем меньшие допустимые напряжения необходимо принимать в деталях.

§ 5. ДИНАМИКА ДВИГАТЕЛЯ

Современные быстроходные поршневые двигатели работают, как правило, с числами оборотов свыше 2000 об/мин , в результате этого на движущиеся детали воздействуют силы инерции, величина которых зачастую превосходит силы давления газов. Величину сил инерции необходимо учитывать в расчете, так как они вызывают дополнительные механические напряжения и трение, которые вызывают износ деталей.

Основными деталями двигателя являются детали кривошипно-шатунного механизма, эти детали подвергаются наибольшей нагрузке как от сил давления газов, так и от сил инерции. Поэтому динамический расчет двигателя сводится в основном к динамическому расчету деталей кривошипно-шатунного механизма. Целью динамического расчета является исследование нагрузок на детали кри-

Исходные данные компоновки

The diagram shows a mechanism with a rotating disk of radius R and center O . A lever arm of length L is pivoted at point A_B on a horizontal guide. The lever arm is inclined at an angle β to the vertical. The other end of the lever arm is connected to a point B on the disk. The center of the disk is O , and a point C is marked on the vertical radius OB . The angle between the vertical radius OC and the lever arm CB is α . The disk rotates with angular velocity ω in the clockwise direction. The vertical distance from the pivot A_B to the center O is $L + R$. A horizontal distance x is indicated between the vertical line of the pivot and the vertical line passing through O . The center of mass of the lever arm is marked with a dot and labeled "В.м.т." (center of mass).

Особенностью такого механизма является то, что оси коленчатого вала и цилиндров лежат в одной плоскости. Силы инерции, действующие в двигателе, зависят от ускорений, которые, в свою очередь, являются производными от скорости перемещения детали и ее пути.

Ход поршня	S
Радиус кривошипа	R
Длина шатуна	L
Отношение R/L	λ
Ось поршневого пальца	Точка A
Ось шатунной шейки вала	» B
Ось коленчатого вала	» O

$$X = R \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\alpha) \right] m; \quad (51)$$
$$W = R\omega \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) \text{ м/сек}; \quad (52)$$
$$j = R\omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha) \text{ m/cek}^2, \quad (53)$$
$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} \text{ 1/сек.} \quad (54)$$

Полный период их изменения происходит в течение одного оборота коленчатого вала двигателя. График их представлен на рис. 14.

Подсчет величин перемещения, скорости и ускорения производятся по табл. 22—24, в которых приведено изменение величины функции. Величины длины кривошипа и угловой скорости реальных двигателей приведены на стр. 252—255.

Следует иметь в виду три обстоятельства, связанных с расчетом ускорений точки оси поршневого пальца.

1. Наибольшую величину ускорение имеет в верхней мертвой точке, а наименьшую — в нижней мертвой точке.

2. Величина наибольших ускорений весьма значительна. Так, для двигателя с ходом поршня 92 мм и числом оборотов 4000 об/мин ускорение $j = 3100 \text{ м/сек}^2$. Это ускорение в 316 раз больше ускорения силы тяжести.

Следовательно, даже при небольшом весе движущейся детали сила инерции будет весьма большой.

ускорение

$$j = R \frac{\pi^2 n^2}{900} \text{ м/сек}^2.$$

При постоянном числе оборотов вала точка оси кривошипа B имеет постоянное значение скорости и ускорения.

Величина ускорения для двигателя, имеющего ход поршня $S = 92$ и число

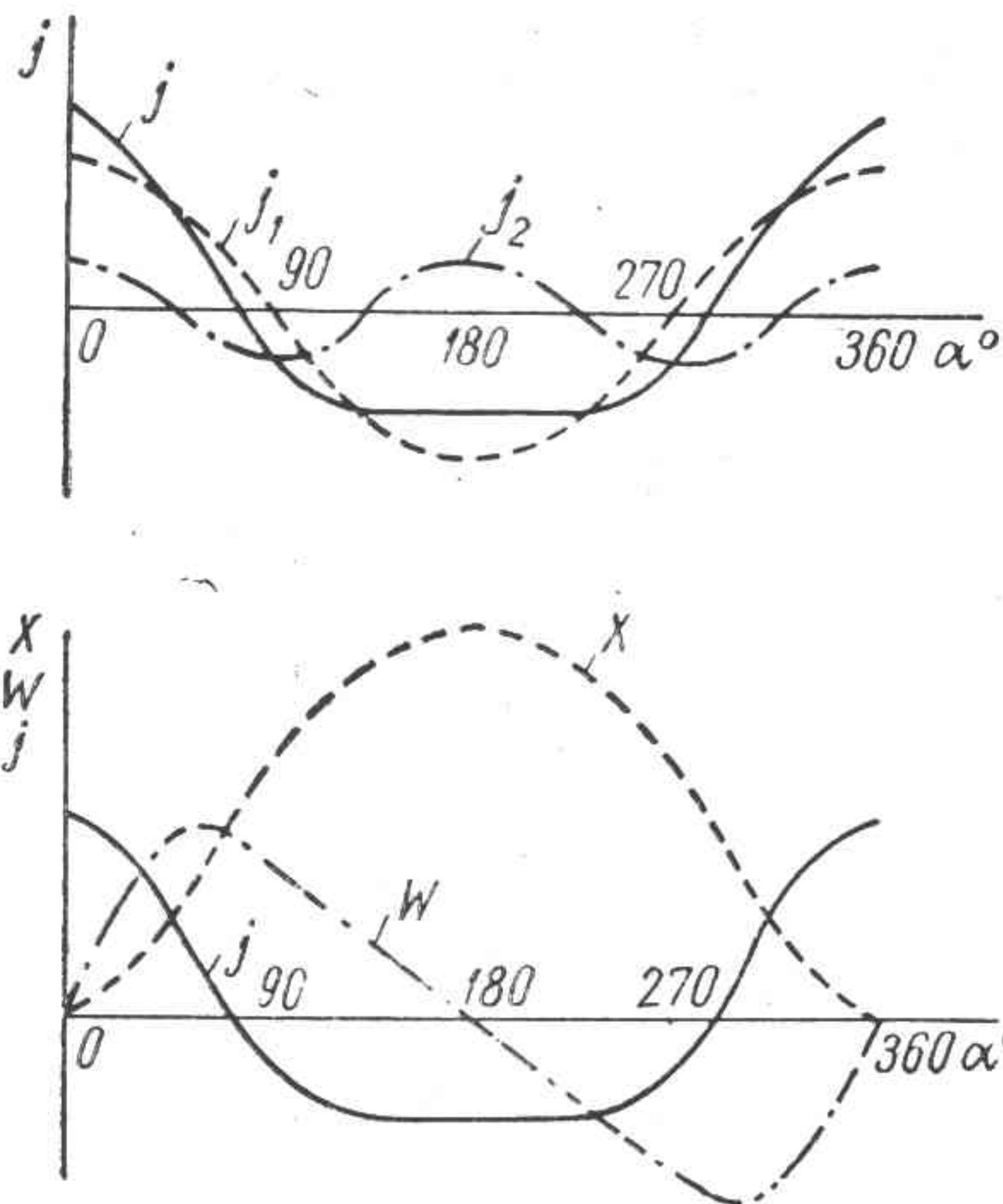
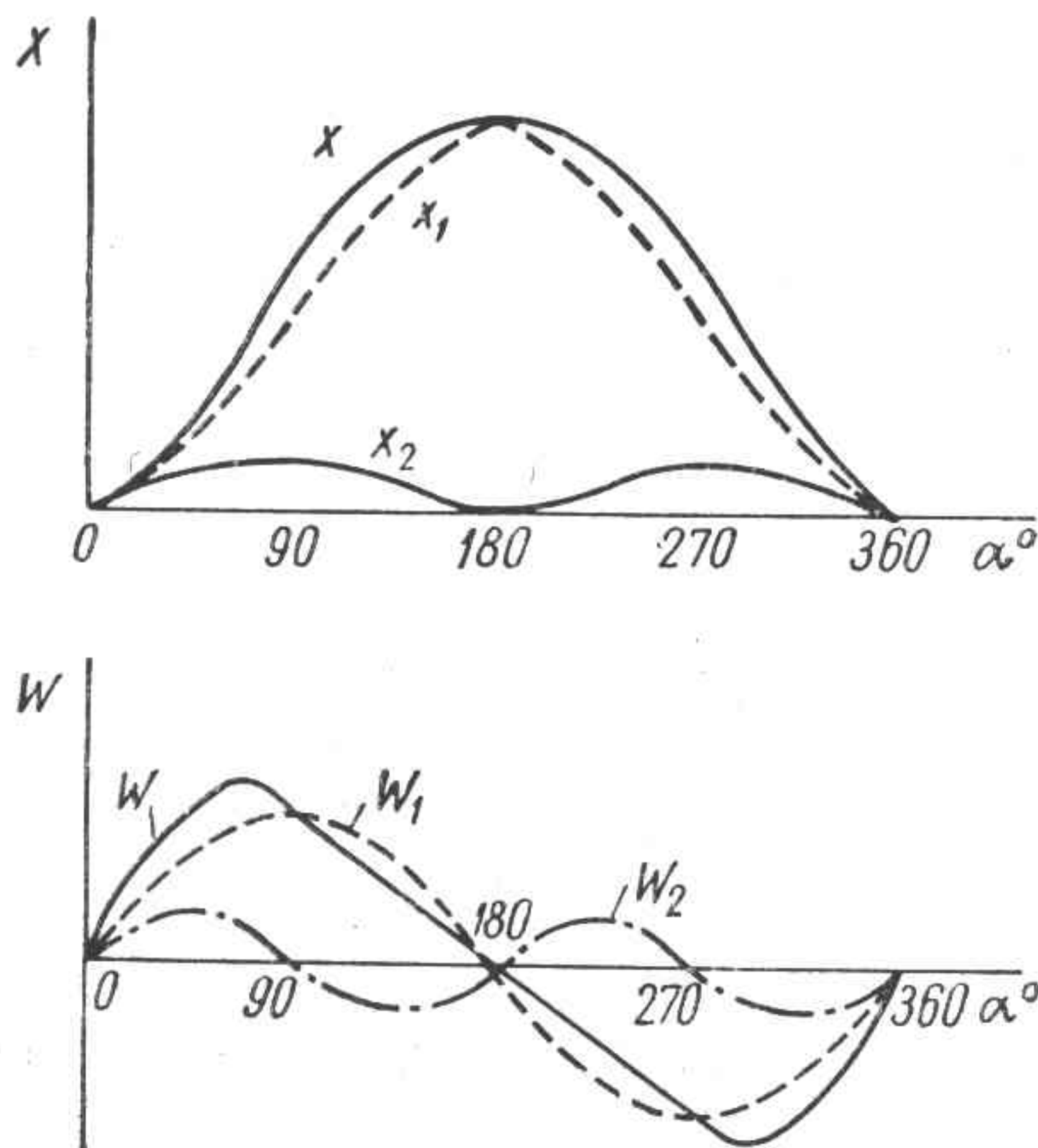


Рис. 14. Перемещения, скорости и ускорения поршня при постоянном числе оборотов двигателя

3. При работе двигателя ускорения меняются очень часто. Так, для этого же двигателя ускорение меняет знак 67 раз/сек.

Точка оси кривошипа совершает вращательное движение. Конечные формулы кинематики точки оси кривошипа:

путь

$$X = \frac{\pi R \alpha}{180} \text{ м};$$

скорость

$$W = \frac{\pi R n}{30} \text{ м/сек};$$

оборотов 4000 об/мин, примерно в 30 раз превышает ускорение силы тяжести свободно падающего тела.

Величина ускорения точки оси кривошипа является средней между величинами максимального и минимального ускорений точки оси поршневого пальца.

Разнесение массы кривошипа

При работе двигателя на шейку вала действует центробежная сила (рис. 15)

$$P_{jk} = -m_k j_k \text{ кг},$$

где m_k — неуравновешенная масса кривошипа.

Неуравновешенная масса кривошипа — это участок 1-7-8-2, который можно разделить на 2 части:

1) участок 5-7-8-6 — это шатунная шейка со смежными частями щек, он вращается на радиусе кривошипа;

2) участок 1-5-6-2 — это средняя часть щеки, она вращается на радиусе q .

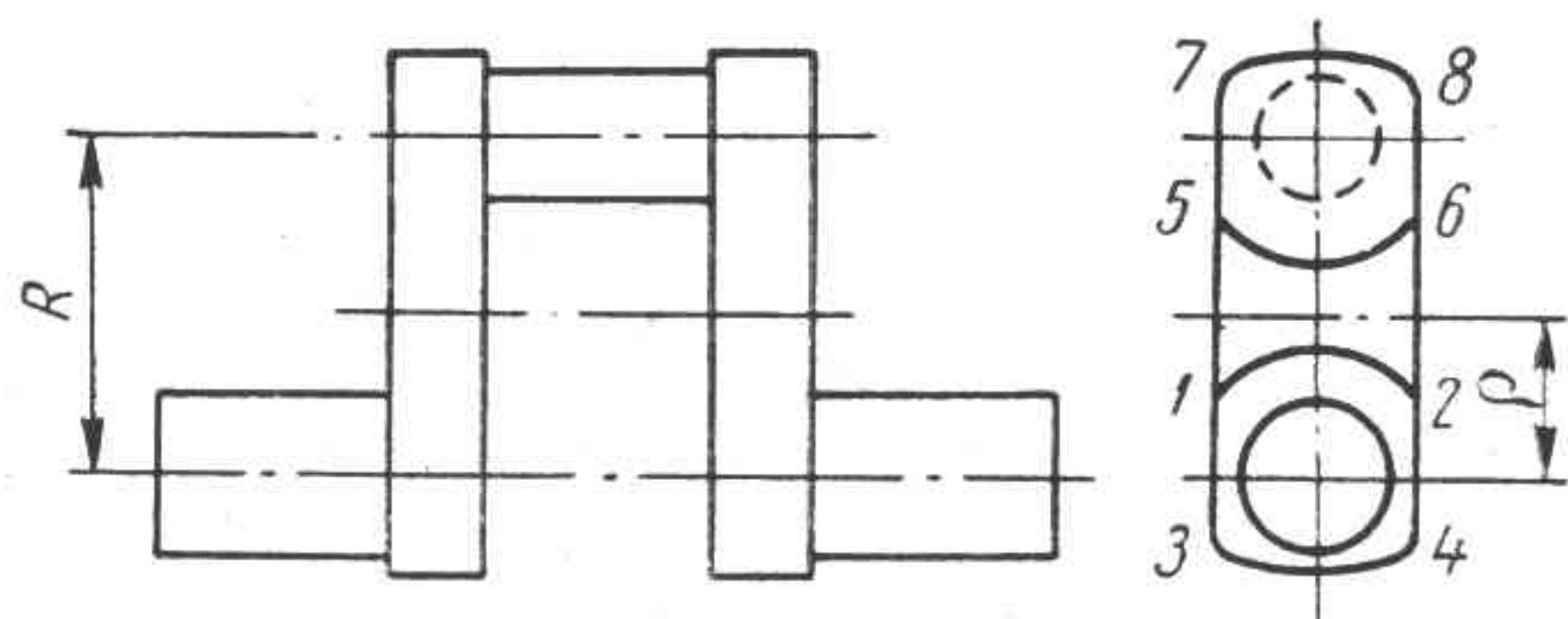


Рис. 15. Схема разнесения массы кривошипа

Приводим массу, вращающуюся с радиусом вращения q к массе с радиусом вращения R

$$m_{щп} = m_{щ} \frac{q}{R}.$$

Тогда неуравновешенная масса всего кривошипа

$$m_k = m_{щ} + m_{щп}.$$

У современных быстроходных короткоходных двигателей величина приведенной массы мала по сравнению с $m_{щ}$ и, если ее величина меньше 5% от массы $m_{щ}$, ею можно пренебречь.

Разнесение массы шатуна

Шатун имеет сложную кинематику, и определение его силы инерции по ускорению центра тяжести затруднено, поэтому в практике для упрощения исследования динамики фактическое движение его массы заменяют движением двух условных масс (рис. 16).

Одна масса сосредоточивается у оси поршневого пальца в точке A — m_A и другая — на оси кривошипа в точке B — m_B .

Разносится масса на основе трех уравнений.

Масса замещенной системы равна массе шатуна

$$m_{щ}^A + m_{щ}^B = m_{щ}. \quad (55)$$

Центр тяжести замещенной системы и центр тяжести шатуна совпадают и лежат на одной прямой

$$m_{щ}^A L_A = m_{щ}^B L_B.$$

Сумма моментов инерции масс замещающей системы относительно центра тяжести шатуна равна моменту инерции шатуна относительно его центра тяжести

$$m_{щ}^A L_A^2 + m_{щ}^B L_B^2 = J_{щ}. \quad (56)$$

Решая уравнения (55) и (56), найдем:

$$\left. \begin{aligned} m_{щ}^A &= m_{щ} \frac{L_B}{L}; \\ m_{щ}^B &= m_{щ} \frac{L_A}{L}. \end{aligned} \right\} \quad (57)$$

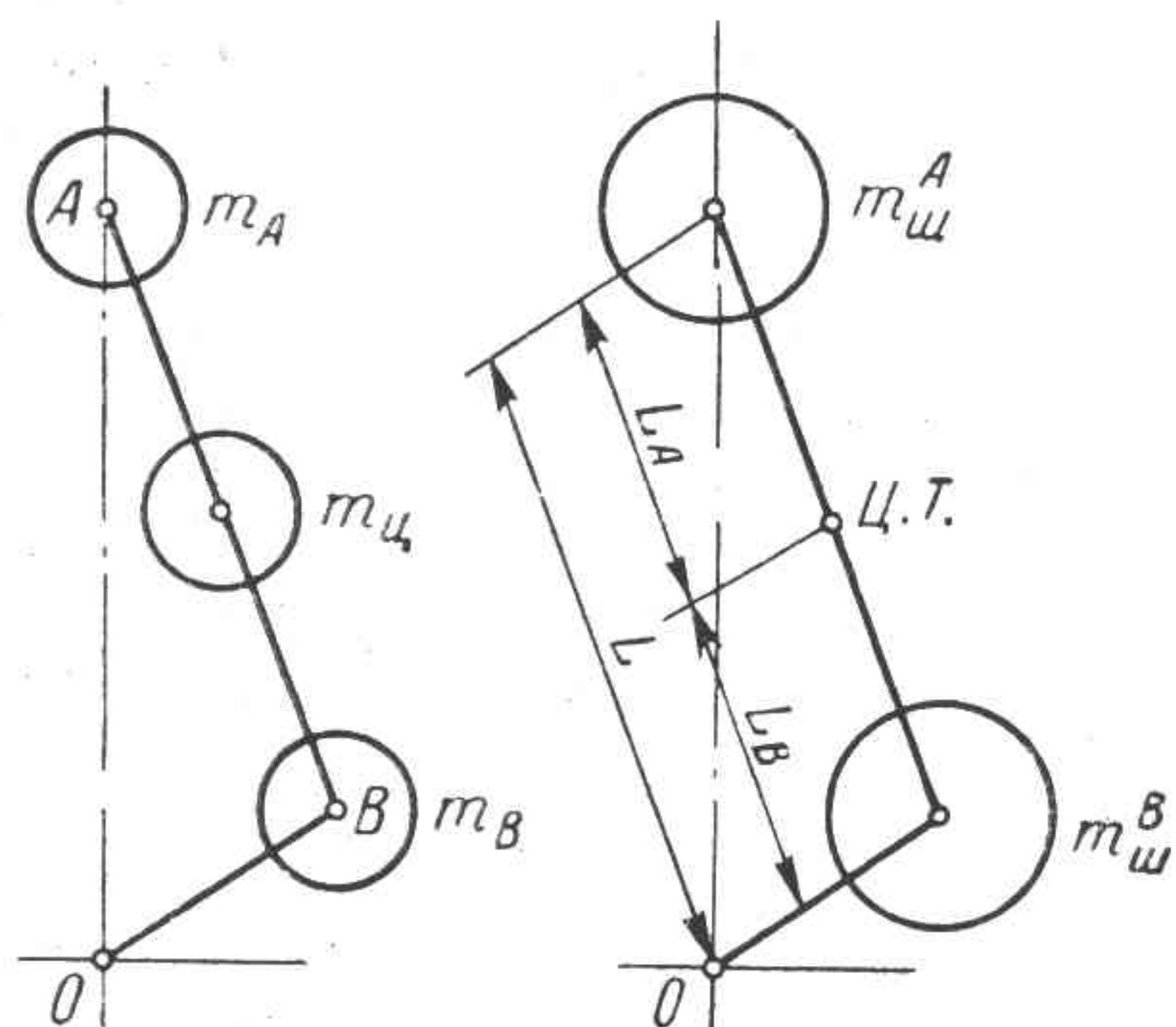


Рис. 16. Схема разнесения массы шатуна

Полученные массы $m_{щ}^A$ и $m_{щ}^B$ прибавляются к массам в точках оси поршневого пальца и оси кривошипа.

Практически разнесение массы шатуна производится методом качания и взвешивания.

Подбор маховика

Подбор маховика связан с неравномерностью суммарного крутящего момента. Неравномерность суммарного крутящего момента

вызывает неравномерность вращения коленчатого вала двигателя.

Степень неравномерности вращения коленчатого вала двигателя определяется по уравнению

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{ср}}}, \quad (58)$$

где ω_{\max} , ω_{\min} — максимальная и минимальная угловые скорости коленчатого вала;

$\omega_{\text{ср}}$ — средняя угловая скорость вращения коленчатого вала

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2}. \quad (59)$$

При большой степени неравномерности вращения вала вспомогательные механизмы и приводы двигателя, а также трансмиссия и ходовая часть машины испытывают дополнительные пульсирующие нагрузки и преждевременно изнашиваются.

Уменьшение степени неравномерности вращения коленчатого вала двигателя достигается за счет увеличения момента инерции вращающихся масс, который складывается из суммы моментов инерции коленчатого вала, маховика и других движущихся деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов.

В зависимости от типа и назначения двигателя требования к маховику различны. Для стационарных двигателей, рассчитанных на привод агрегатов, работающих с постоянной скоростью, необходим маховик, обеспечивающий минимальную степень неравномерности вращения, поэтому там ставят большие маховики.

Для тракторов требования к маховику более сложны. Кинетическая энергия маховика должна обеспечить трогание машины с места, преодоление кратковременных перегрузок и малую степень неравномерного вращения. Маховики тракторных двигателей имеют также большой вес и размеры. Момент инерции маховика выбирается равным 75—95% от момента инерции двигателя.

Для двигателей колесных машин требования к маховикам отличаются от требований

к маховикам стационарных и тракторных двигателей.

Для автомобильных двигателей характерна работа с большой недогрузкой, что облегчает разгон машины, а также работу на неустановившемся режиме, на котором двигатель работает около 85% общего времени работы машины. Для них достаточна степень неравномерности 0,01—0,02.

Большая часть потерь мощности двигателя при работе его на неустановившихся режимах связана с потерями кинетической энергии на разгон вращающихся масс двигателя, поэтому маховик автомобильного двигателя должен иметь минимальные размеры. Размеры маховика у двигателей колесных машин определяются в основном возможностью размещения в нем сцепления машины. У автомобиля момент инерции маховика со сцеплением составляет 70—80% от момента инерции двигателя.

Для современных колесных машин характерно повышение динамических качеств, определяемых, в частности, приемистостью двигателя, которая улучшает разгонные качества машины и повышает средние скорости движения. Приемистость автомобиля определяется угловым ускорением коленчатого вала двигателя.

Приближенная связь ускорения и момента инерции маховика выражается уравнением

$$j = \frac{M_{\text{кр}}}{J_{\partial}} \text{ м/сек}^2, \quad (60)$$

где J_{∂} — момент инерции вращающихся масс двигателя.

Потери скорости при разгоне определяются уравнением

$$\Delta V^p = \frac{k N_e}{0,32} \left(1 - \frac{j_2}{j_1} \right) dt, \quad (61)$$

где k — постоянная, для отечественных автомобилей равная 0,1—0,15;
 j_1 , j_2 — ускорения, определяемые по уравнению (60) в зависимости от момента инерции двигателя.

От величины момента инерции двигателя зависит величина подъема, преодолеваемого машиной при разгоне

$$h_p = \frac{(N_e - 0,32j) h_y}{N_e} \%, \quad (62)$$

где h_p и h_y — величины подъемов, преодолеваемых машиной при разгоне и установившемся движении.

Следовательно, для повышения динамических качеств машины необходимо уменьшение момента инерции двигателя за счет момента инерции маховика. Снижение момента инерции других деталей ведет к снижению прочности двигателя.

Для расчета размеров маховика можно пользоваться уравнением

$$D = \sqrt{\frac{4J_m g}{G_m}}, \quad (63)$$

где G_m — вес маховика;

J_m — момент инерции маховика.

Уравновешивание двигателей

Двигатель считается уравновешенным, если при работе на установившемся режиме он воздействует на свои опоры усилиями, постоянными по величине и направлению. При работе неуравновешенного двигателя эти усилия переменны по величине и направлению; передаваемые опорами на раму машины, они вызывают вибрацию ее.

Вибрации ослабляют крепеж машины, агрегатов и механизмов, вызывают усиленный износ, затрудняют пользование контрольными приборами и утомляют водителя и пассажиров. Поэтому требование хорошей уравновешенности двигателя одно из главных требований к нему. В ряде случаев плохая уравновешенность двигателя является препятствием к его внедрению.

Условием полной уравновешенности двигателя с любым числом цилиндров являются суммы: сил инерции 1-го порядка $\sum P_{j1} = 0$; моментов этих сил $\sum M_{j1} = 0$; сил инерции 2-го порядка $\sum P_{j2} = 0$; моментов этих сил $\sum M_{j2} = 0$; центробежных сил

$\sum P_{j0} = 0$; моментов центробежных сил $\sum M_{j0} = 0$.

Реактивный момент равен нулю только в неработающем двигателе, поэтому в условиях полной уравновешенности можно говорить о постоянной величине суммы реактивных моментов. Однако это условие никогда не имеет места, так как суммарный момент двигателя — величина переменная.

Ниже рассмотрена динамика наиболее характерных типов двигателей с целью определения неуравновешенных сил и пути их уравновешивания. Уравновешенность любого двигателя определяется в первую очередь числом и расположением цилиндров, а также формой коленчатого вала.

Одноцилиндровый двигатель имеет неуравновешенные силы P_{j1} , P_{j2} , P_{j0} ; неуравновешенных моментов нет, так как двигатель имеет один кривошип.

Уравновешивание двигателя заключается в установке на щеках кривошипа двух масс, называемых противовесами. Эти массы развивают силу, противоположную силе P_{j0} . Масса противовесов должна удовлетворять следующему равенству:

$$2m_{np}R\omega^2 = -m_0R\omega^2, \quad (64)$$

тогда масса одного противовеса

$$m_{np} = \frac{m_0R}{2R}. \quad (65)$$

Таким образом уравновешивается центробежная сила.

Сила инерции 1-го порядка может быть уравновешена полностью при помощи двух прямых валов с заклиненными на них четырьмя противовесами; валы должны вращаться в разные стороны со скоростью коленчатого вала двигателя, но так никогда одноцилиндровый двигатель не уравновешивают. Это дорого.

Практически применяют частичное уравновешивание силы P_{j1} . Для этого к противовесам на щеках добавляют дополнительную массу, которая развивает центробежную силу, равную половине ее максимального значения

$$2P_{jnp} = 0,5P_{j1} = 0,5m_A R\omega^2. \quad (66)$$

Механизм этого уравновешивания виден на рис. 17.

При вращении кривошипа дополнительные массы будут создавать горизонтальные и вертикальные составляющие, которые будут изменяться по закону:

$$\left. \begin{aligned} P_{j0g} &= \Delta m \omega^2 \sin \alpha; \\ P_{j0v} &= \Delta m \omega^2 \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (67)$$

Сумма вертикальных составляющих действует противоположно силе и снижает ее

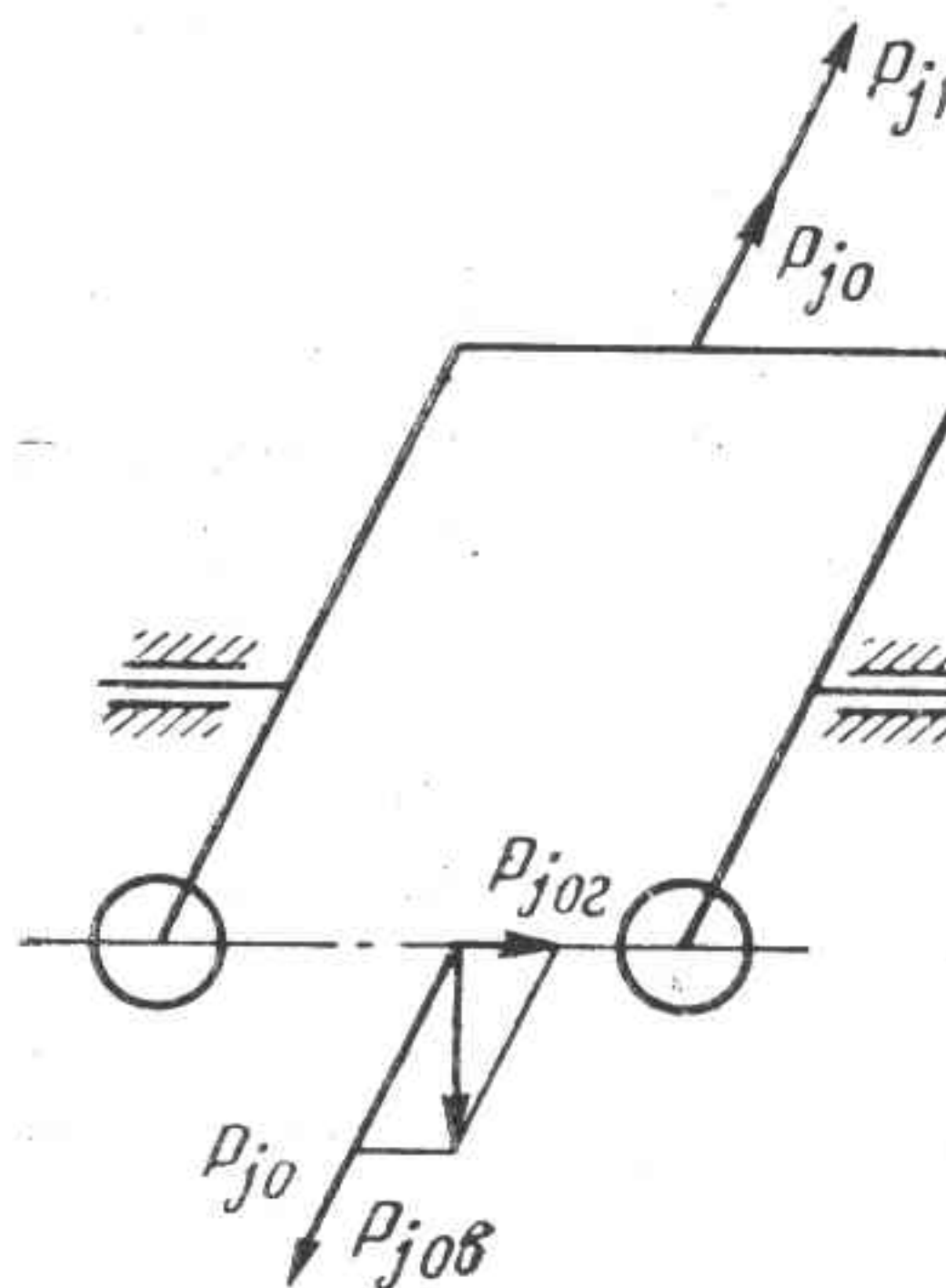
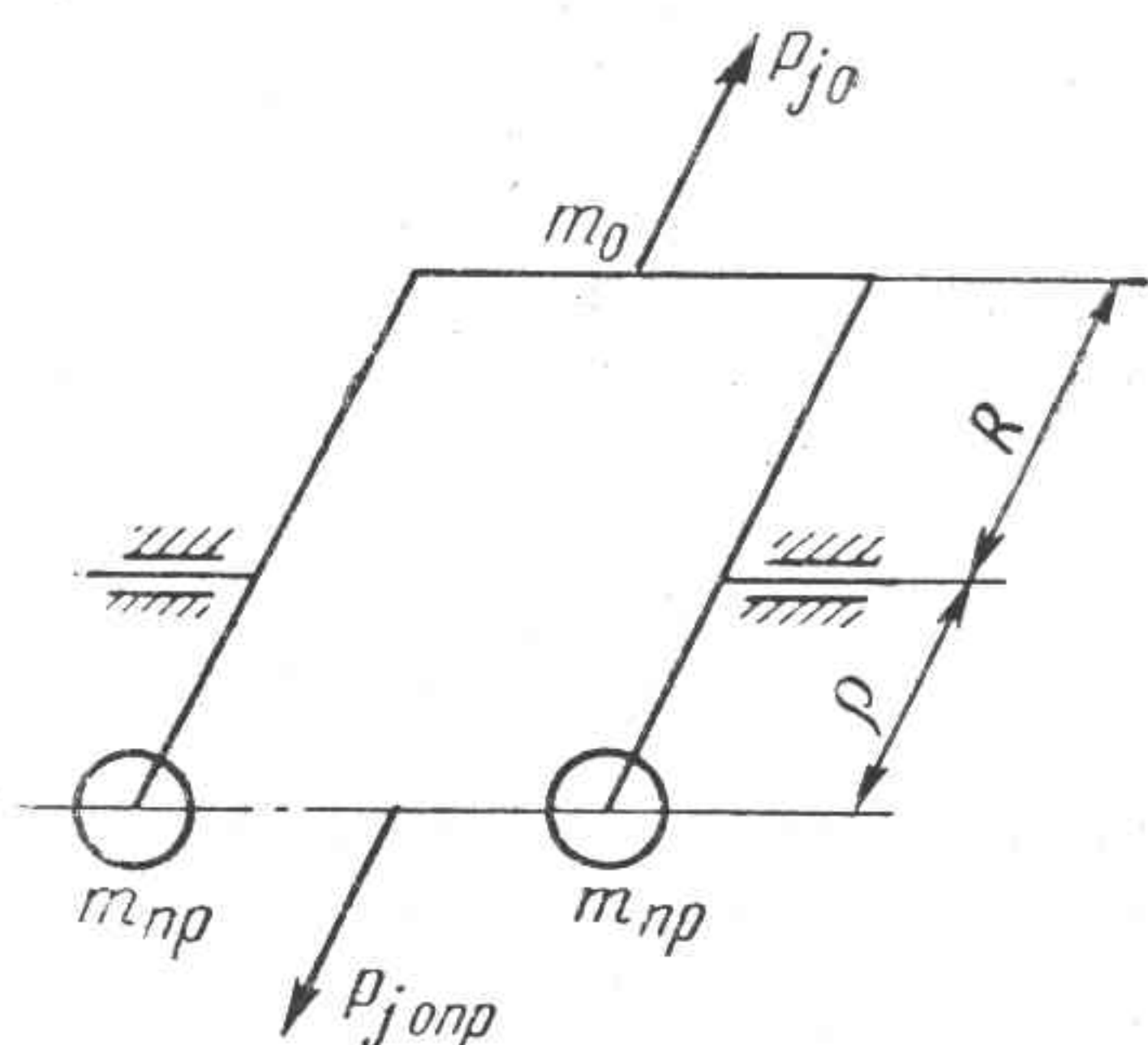


Рис. 17. Схема сил инерции в одноцилиндровом двигателе

на 50%, а горизонтальная составляющая вызывает вибрации двигателя в горизонтальной плоскости.

Сила P_{j1} изменяется по косинусоиде, а сила P_{j0g} — по синусоиде; рост силы инерции 1-го порядка совпадает с падением, и наоборот.

Полная масса каждого противовеса определяется из условия

$$m_{np} = (m_0 + 0,5m_A) \frac{R}{2\varrho}. \quad (68)$$

Сила инерции 2-го порядка может быть уравновешена подобно силе инерции 1-го порядка при помощи двух валов с противовесами, но вращающихся с двойным числом оборотов. Такую схему уравновешивания имеют двигатели серии УД. Уравновешивание P_{j2} добавкой масс на противовесы невозможно.

Двухцилиндровый двигатель имеет форму коленчатого вала двух

видов (рис. 18): а — для четырехтактного; б — для двухтактного.

У четырехтактного двигателя силы инерции направлены все в одну сторону и равны по величине, так как детали теоретически одинаковы:

$$\left. \begin{aligned} P'_{j1} &= P''_{j1} = -m_A R \omega^2 \cos \alpha; \\ P'_{j2} &= P''_{j2} = -m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha; \end{aligned} \right\} \quad (69)$$

$$\left. \begin{aligned} \Sigma P_{j1} &= -2m_A R \omega^2 \cos \alpha; \\ \Sigma P_{j2} &= -2m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (70)$$

Равнодействующая этих сил приложена между осями цилиндров на расстоянии a :

$$P'_{j0} = P''_{j0} = -\bar{m}_0 R \omega^2; \quad (71)$$

$$\Sigma P_{j0} = -2m_0 R \omega^2. \quad (72)$$

Сумма моментов сил инерции относительно оси симметрии коленчатого вала равна нулю, так как величина сил одинакова, плечо их действия справа и слева также одинаково. Следовательно,

$$\Sigma M_1 = 0; \quad \Sigma M_2 = 0; \quad \Sigma M_0 = 0.$$

Это положение распространяется на все многоцилиндровые двигатели с зеркальным расположением кривошипов на коленчатом валу.

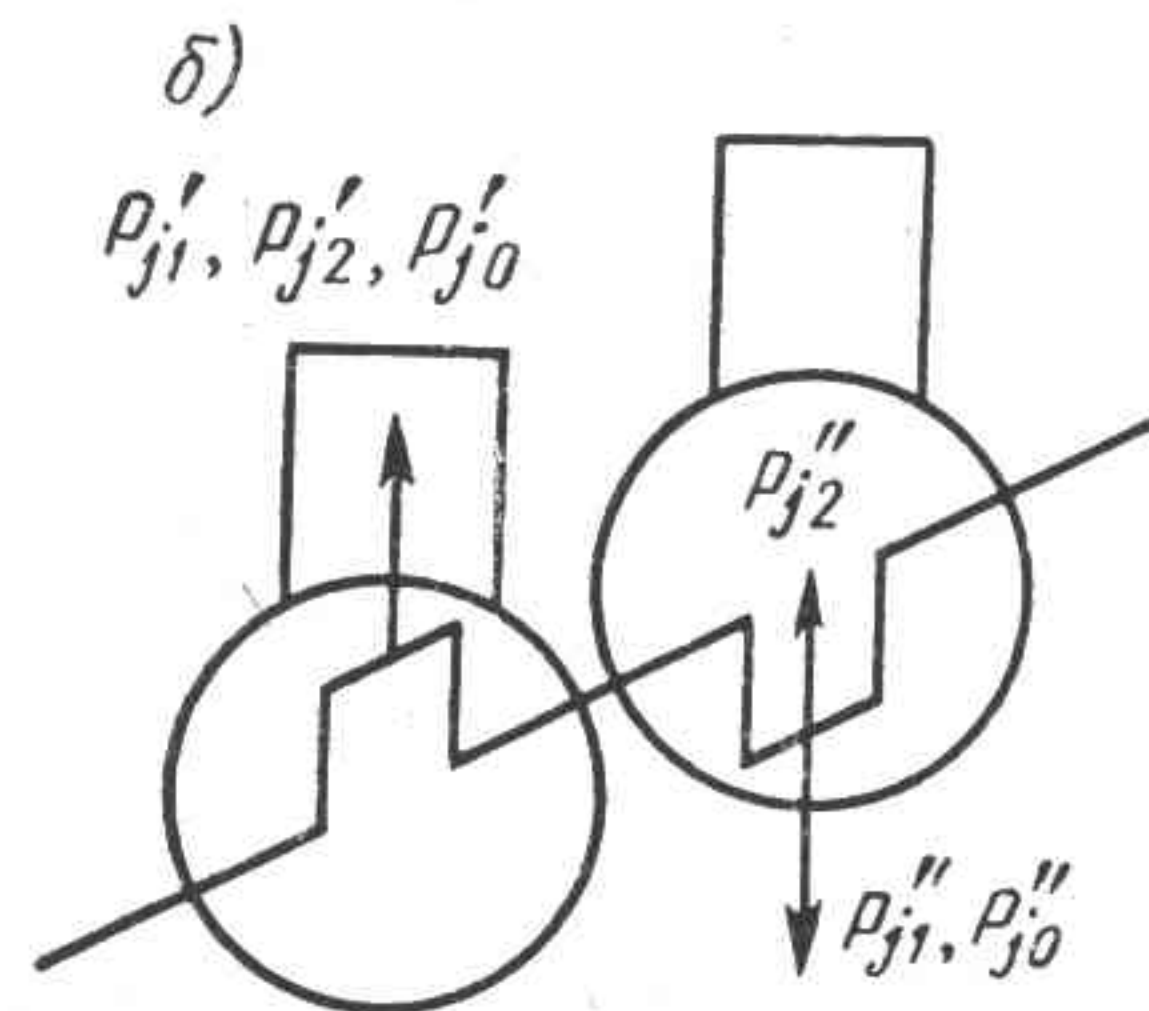
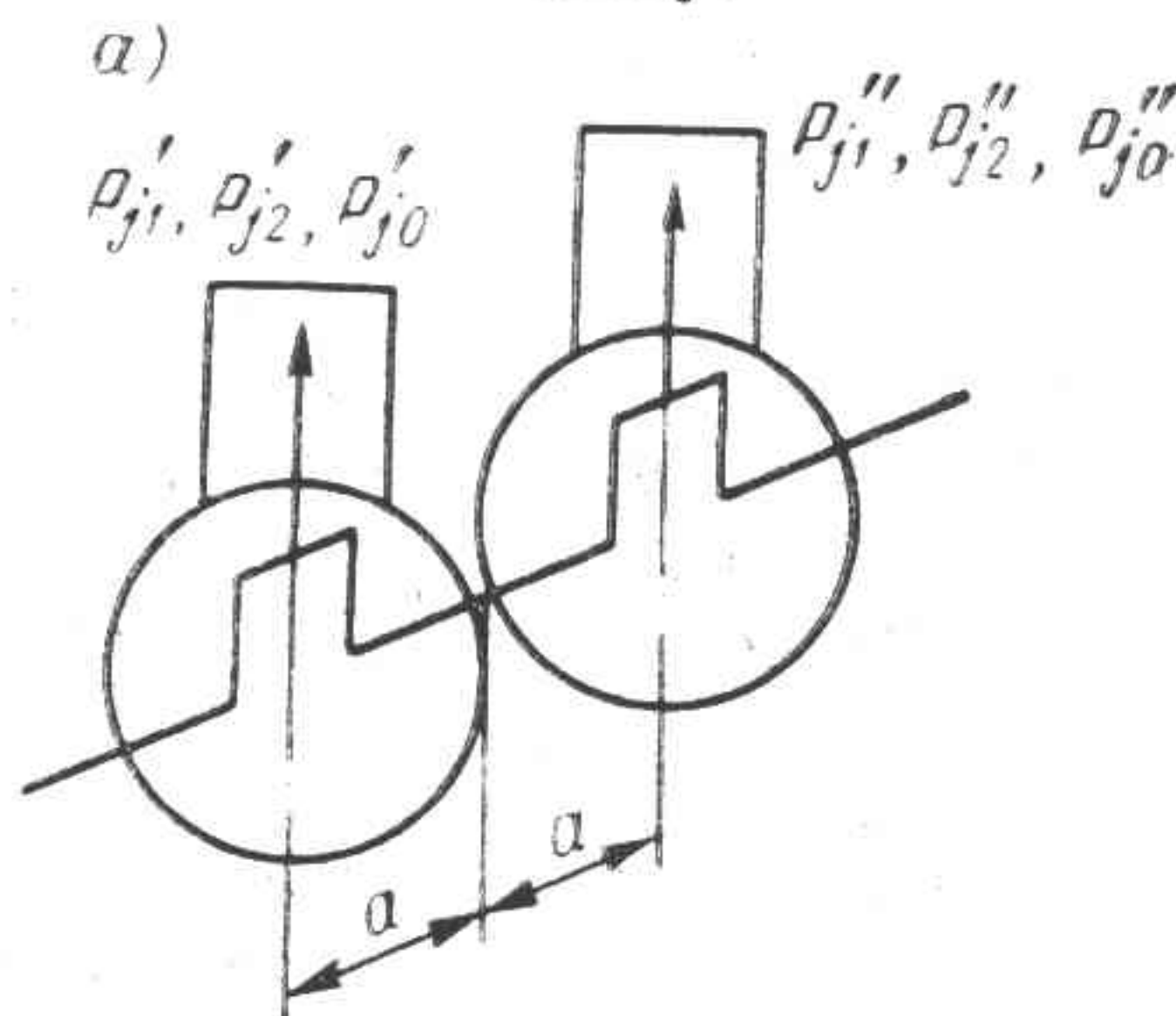


Рис. 18. Схема сил инерции в двухцилиндровом двигателе

Уравновешивание сил инерции 1-го порядка и центробежных сил производится так же, как в одноцилиндровом двигателе, но величина сил здесь двойная. Двигатель

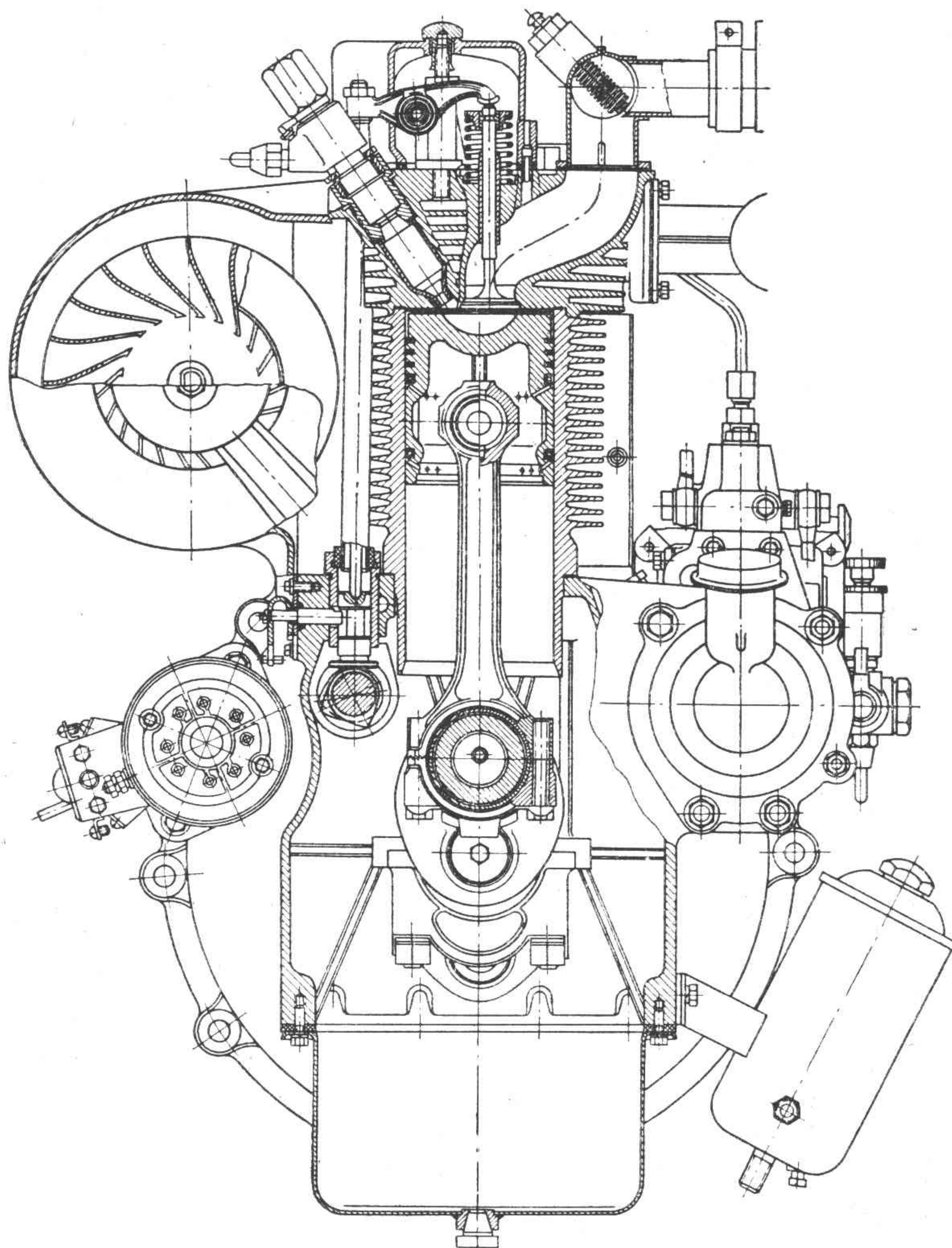


Рис. 19. Поперечный разрез двигателя Д-16

уравновешен хуже, чем одноцилиндровый.

У двухтактного двигателя силы направлены в разные стороны, за исключением сил инерции 2-го порядка. Силы инерции 1-го порядка:

$$\left. \begin{aligned} P'_{j1} &= -m_A R \omega^2 \cos \alpha; \\ P''_{j1} &= +m_A R \omega^2 \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (73)$$

$$\sum P_{j1} = 0. \quad (74)$$

Силы инерции 2-го порядка:

$$P'_{j2} = P''_{j2} = -m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha; \quad (75)$$

$$\sum P_{j2} = -2m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha. \quad (76)$$

Сумма центробежных сил равна нулю

$$\sum P_{j0} = 0. \quad (77)$$

У двигателя, построенного по этой схеме, неуравновешены моменты:

$$\left. \begin{aligned} \sum M_0 &= am_0 R \omega^2; \\ \sum M_1 &= am_A R \omega^2 \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (78)$$

Момент сил инерции 2-го порядка относительно оси симметрии вала равен нулю.

Для уравнивания момента центробежных сил устанавливают противовесы на щеках, масса которых определяется по рассмотренной выше методике. Уравнивание моментов сил инерции 1-го порядка можно достигнуть установкой двух уравнивающих валов с углом заклинивания противовесов $\alpha = 180^\circ$, но этого для такого простого и дешевого двигателя, конечно, не делают.

Уравновешенность двухтактного двухцилиндрового двигателя лучше, чем четырехтактного. По таким схе-

мам выполнены тракторные двигатели Д-16 и двигатели серии УД, УНД (рис. 19).

Четырехтактный четырехцилиндровый двигатель имеет выгодную форму коленчатого вала.

Угол между кривошипами для этого двигателя с точки зрения равномерности вспышек равен 180° .

Относительно точки симметрии a (рис. 20) коленчатый вал состоит из двух одинаковых по форме частей.

Центробежные силы инерции у этого двигателя направлены попарно в разные стороны, а так как массы деталей теоретически равны, то

$$\sum P_{j0}' = \sum P_{j0}'' \text{ и } \sum P_{j0} = 0; \quad (79)$$

силы инерции 1-го порядка:

$$\left. \begin{aligned} P'_{j1} = P_{j1}' &= -m_A R \omega^2 \cos \alpha; \\ P''_{j1} = P_{j1}'' &= +m_A R \omega^2 \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (80)$$

Тогда сумма сил инерции 1-го порядка

$$\sum P_{j1} = 0.$$

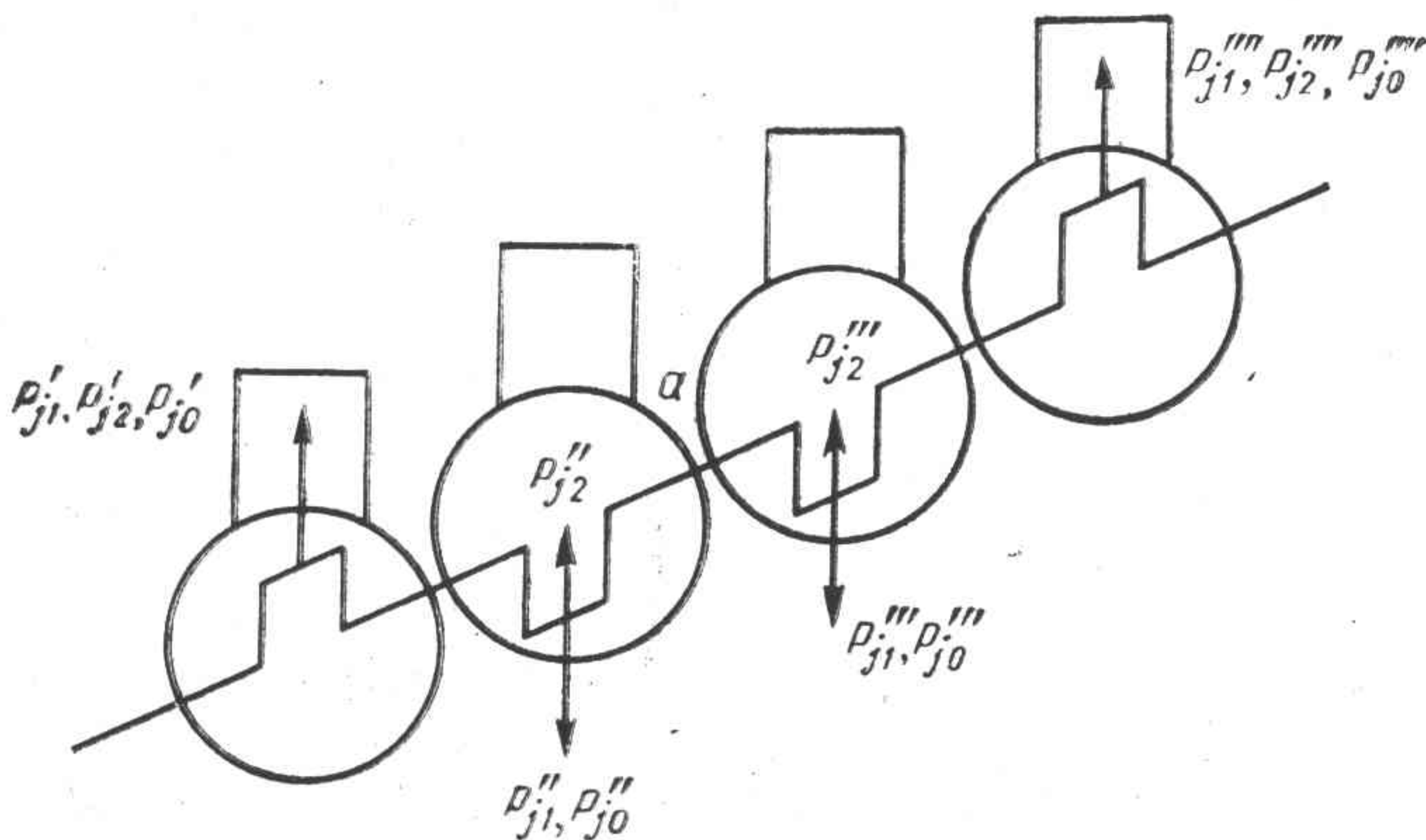


Рис. 20. Схема сил инерции, действующих в четырехцилиндровом рядном двигателе

Силы инерции 2-го порядка этого двигателя направлены в одну сторону:

$$\left. \begin{aligned} P'_{j2} = P''''_{j2} &= -m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha; \\ P''_{j2} = P'''_{j2} &= -m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (81)$$

Сумма сил инерции 2-го порядка

$$\sum P_{j2} = -4m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha. \quad (82)$$

Все моменты на валу равны нулю:

$$\sum M_0 = 0; \sum M_1 = 0; \sum M_2 = 0.$$

Уравновешенность двигателя неполная. Неуравновешены силы инерции 2-го порядка. Противовесы на валу такого двигателя ставят для того, чтобы разгрузить пролеты вала между подшипниками и уменьшить их износ. По такой схеме уравновешены двигатели, представленные на рис. 21—34.

Шестицилиндровые четырехтактные двигатели являются наиболее распространенными среди рядных двигателей. Исходя из равномерности вспышек по цилиндрам, угол между кривошипами равен 120° .

Центробежные силы, как видно из рис. 35, направлены под углом 120° и, если сложить их как векторы, равны нулю

$$\sum P_{j0} = (P'_{j0} + P''''_{j0}) + (P''_{j0} + P'''_{j0}) + (P'''_{j0} + P''_{j0}) = 0. \quad (83)$$

Силы инерции 1 и 2-го порядков у двигателя также равны нулю:

$$\sum P_{j1} = -m_A R \omega^2 [\cos \alpha + \cos (\alpha + 120) + \cos (\alpha + 240)] = 0. \quad (84)$$

$$\sum P_{j2} = -m_A R \omega^2 \lambda [\cos 2\alpha + \cos 2(\alpha + 120) + \cos 2(\alpha + 240)] = 0. \quad (85)$$

Сумма моментов этих сил относительно оси симметрии вала также равна нулю.

Шестицилиндровый четырехтактный двигатель уравновешен полностью. Этим и объясняется его широкое распространение в современном моторостроении (рис. 36—39).

Уравновешенность V-образных двигате-

лей определяется, как и однорядных двигателей, числом и углом развала цилиндров, а также формой коленчатого вала.

Ниже кратко рассматриваются основные типы этих двигателей, начиная с исходного двухцилиндрового двигателя.

Общим для большинства V-образных двигателей является расположение двух шатунов на одном кривошипе, угол развала цилиндров для большинства двигателей равен 90° .

Двухцилиндровый четырехтактный двигатель V-90 из условий равномерности вспышек по цилиндрам имеет угол между кривошипами 360° .

Для этого двигателя можно выполнить вал с одним кривошипом. Приняв положение кривошипа повернутым на угол α по отношению к оси левого цилиндра (рис. 40), получим угол по отношению к оси правого цилиндра

$$\alpha_n = 90 - \alpha.$$

Тогда силы инерции 1-го порядка: в левом цилиндре

$$P^l_{j1} = -m_A R \omega^2 \cos \alpha; \quad (86)$$

в правом цилиндре

$$P^n_{j1} = -m_A R \omega^2 \sin \alpha.$$

Так как угол между силами 90° , то их сумма

$$\sum P_{j1} = \sqrt{(P^l_{j1})^2 + (P^n_{j1})^2} = -m_A R \omega^2. \quad (87)$$

Направление ее всегда по кривошипу, а величина постоянна. Постоянна она потому, что не стоит под знаком функции. Направление действия силы видно из отношения

$$\cos \varphi = \cos \alpha.$$

Значит угол направления силы φ всегда равен углу отклонения кривошипа α .

Сумма центробежных сил подобна сумме центробежных сил одноцилиндрового рядного двигателя

$$\sum P_{j0} = -m_0 R \omega^2.$$

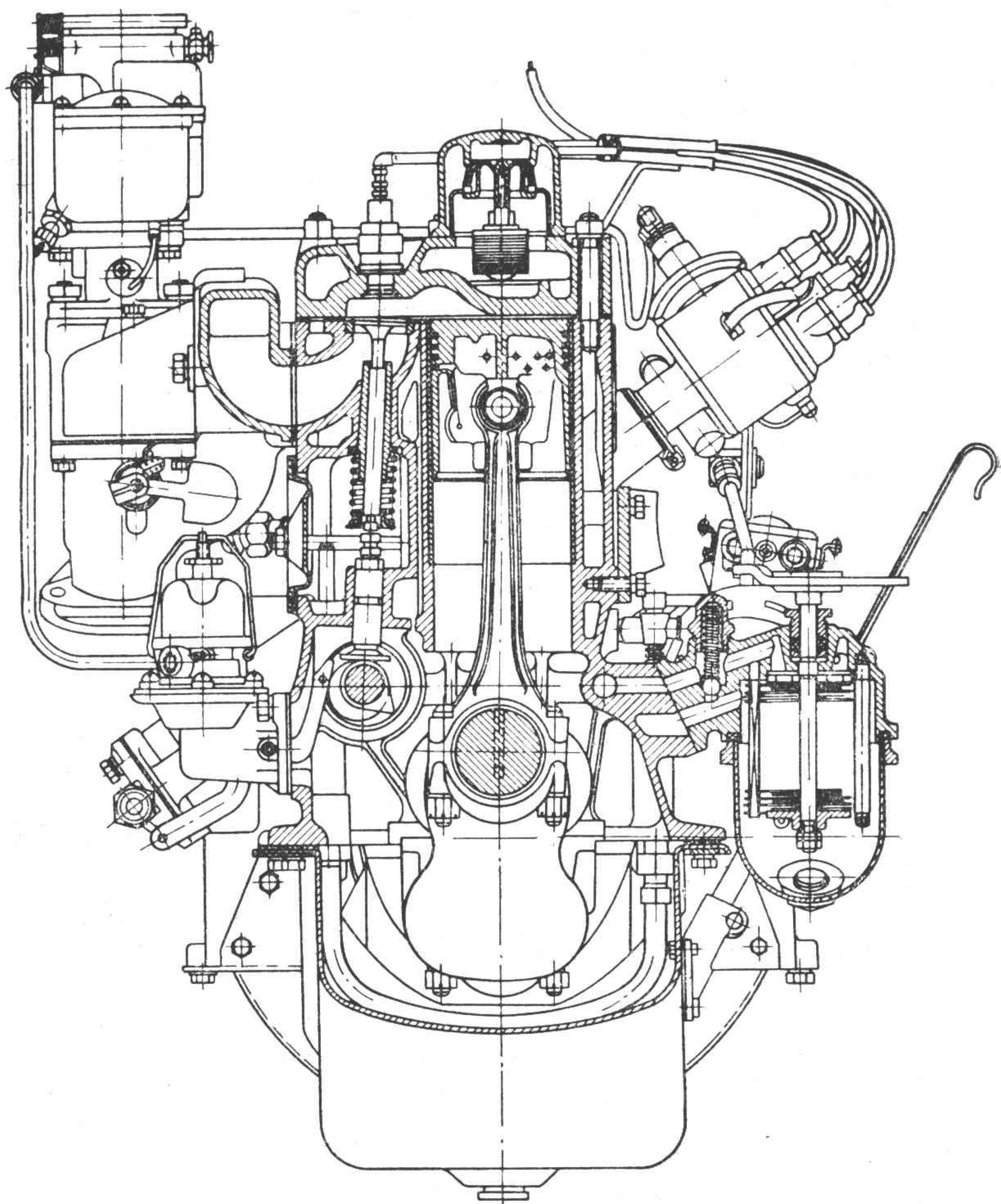


Рис. 21. Поперечный разрез двигателя М-20

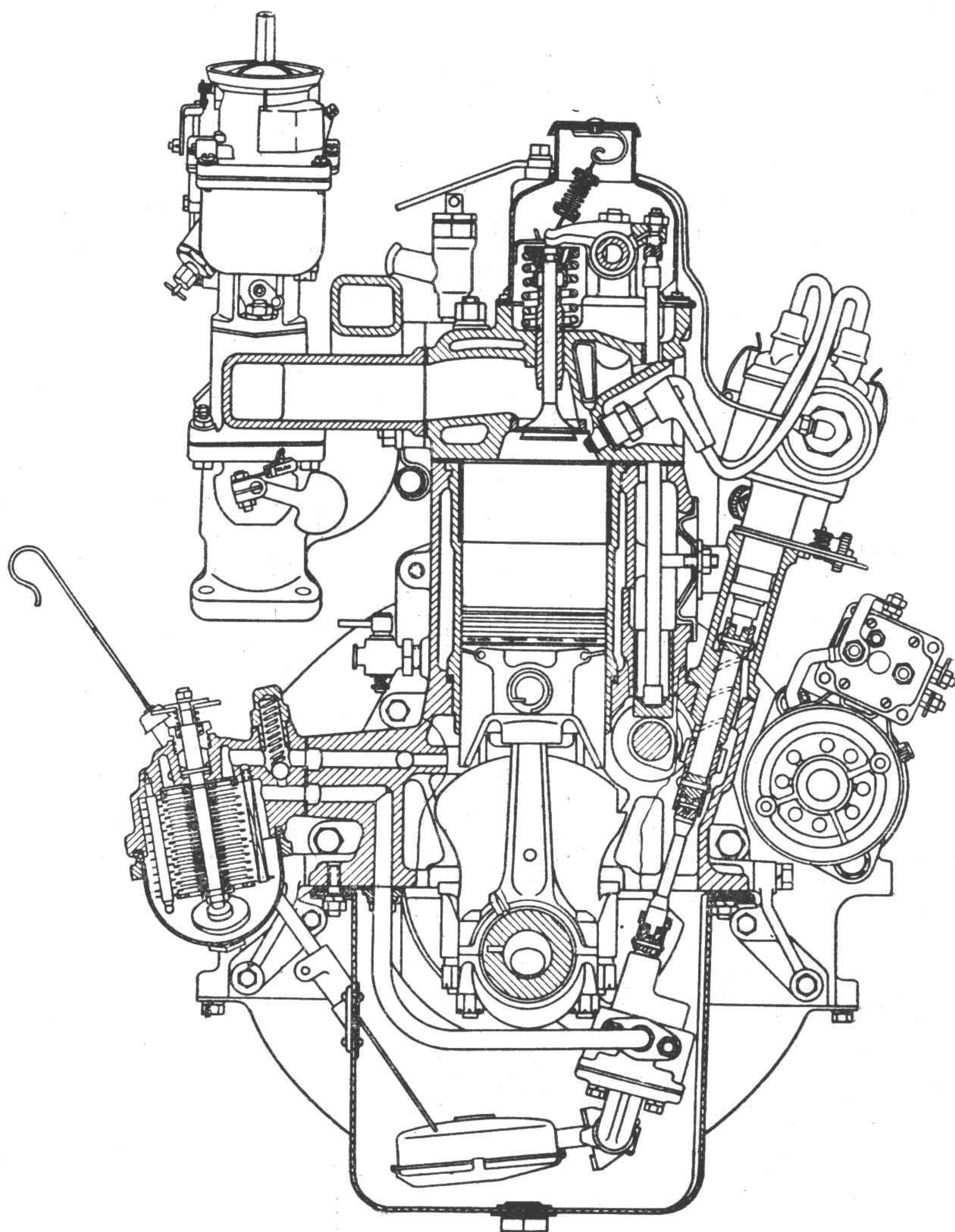


Рис. 22. Поперечный разрез двигателя М-21

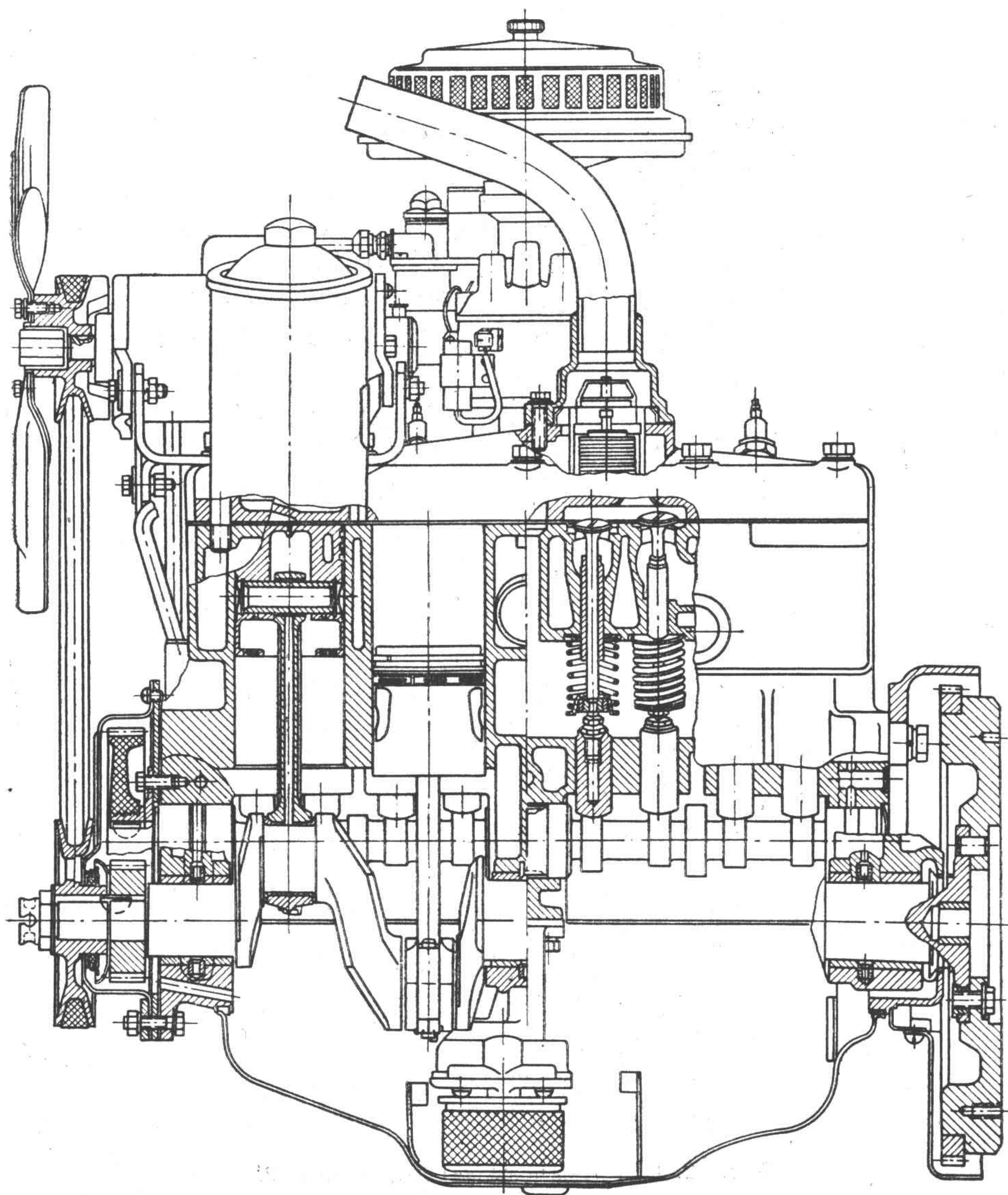


Рис. 23. Продольный разрез двигателя МЗМА-400

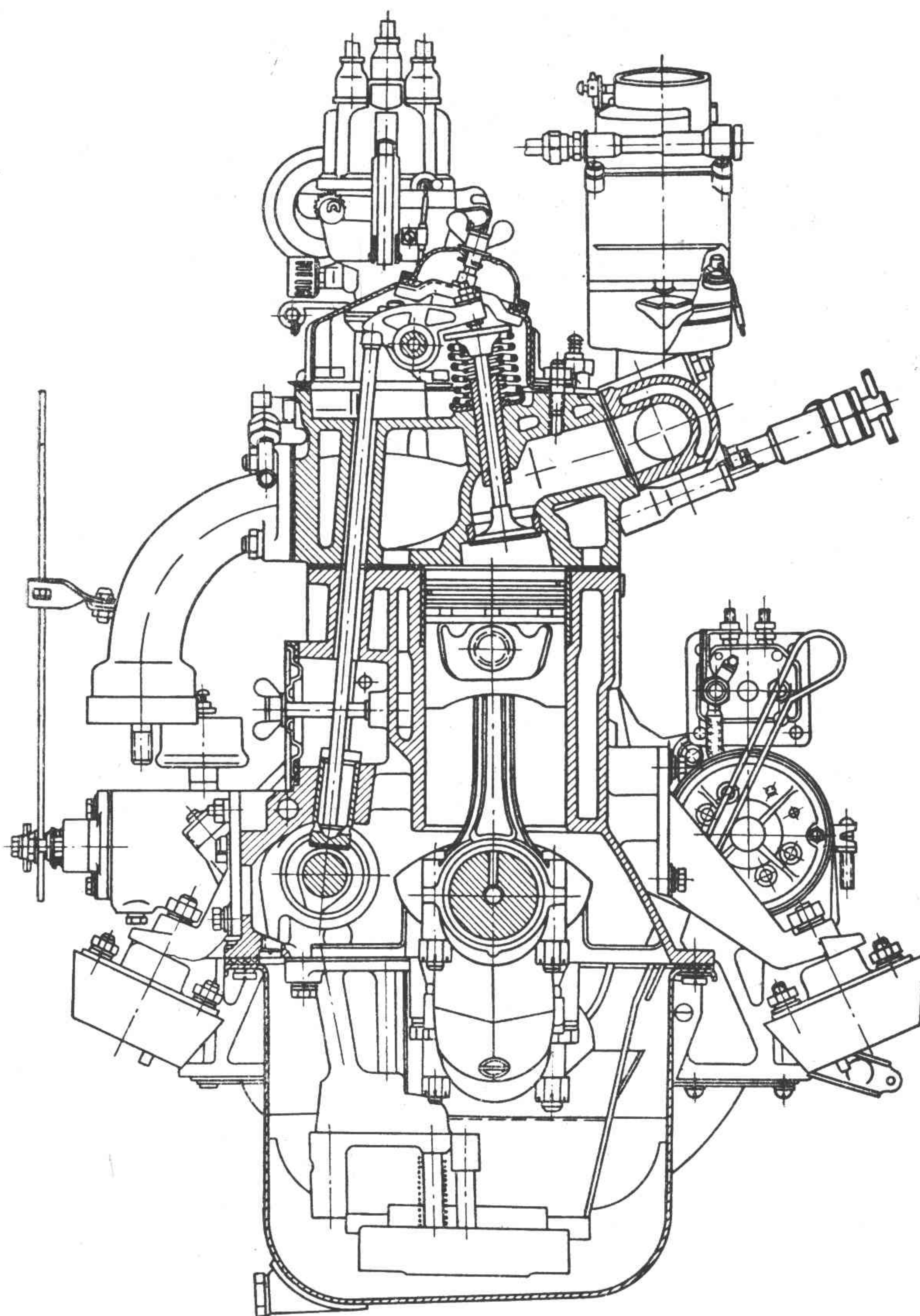


Рис. 24. Поперечный разрез двигателя МЗМА-407

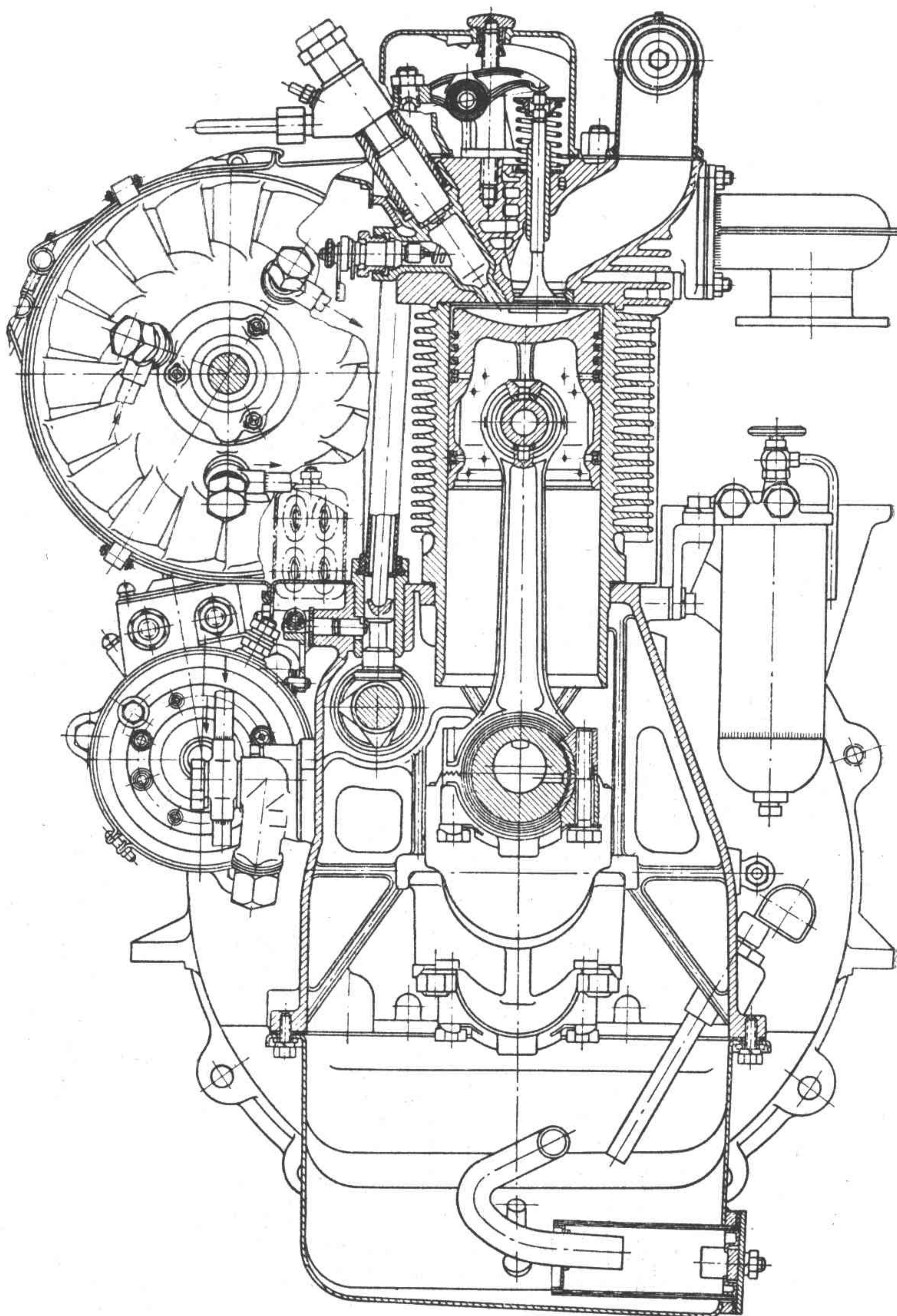


Рис. 25. Поперечный разрез дизеля Д-30

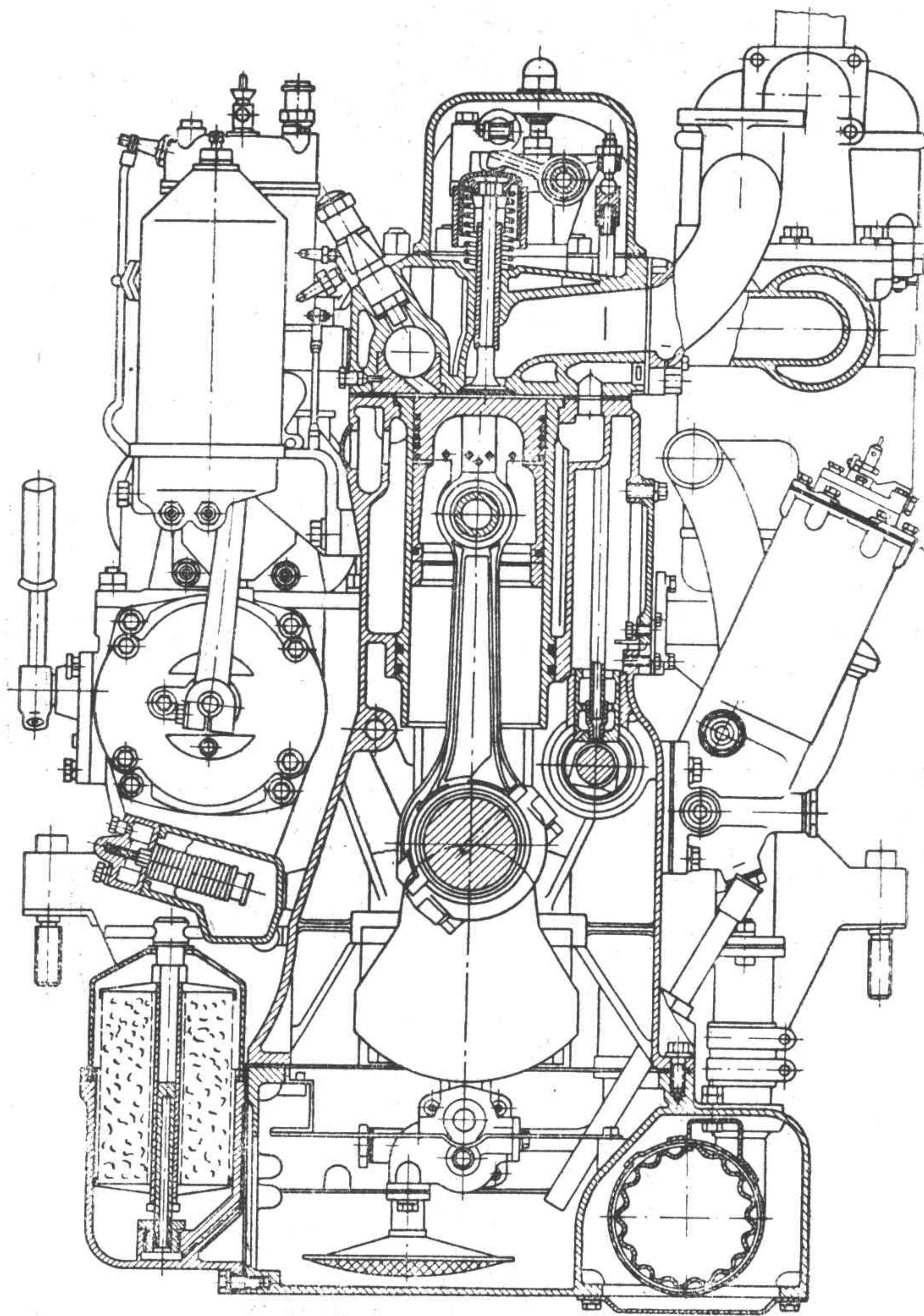


Рис. 26. Поперечный разрез дизеля Д-35

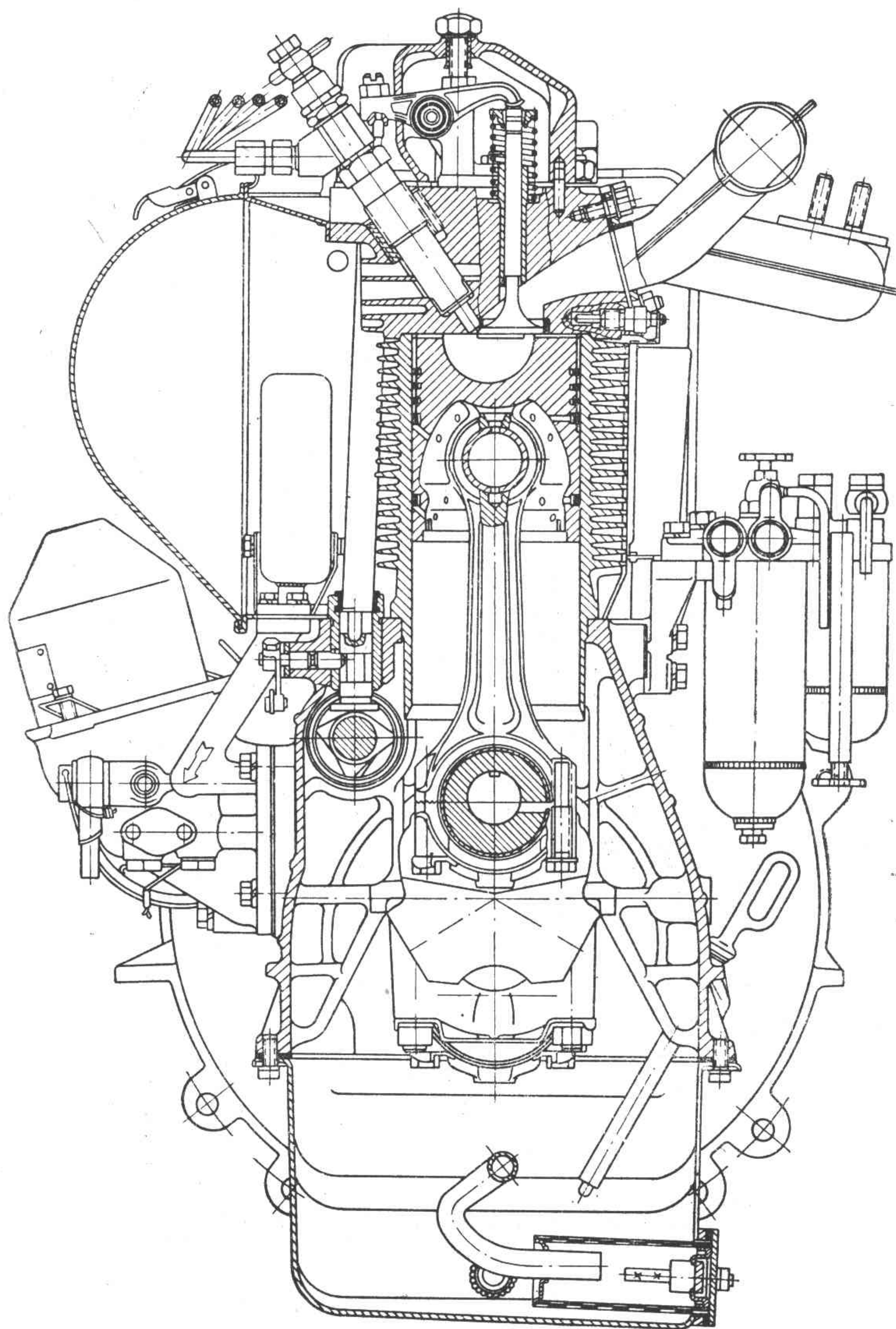


Рис. 27. Поперечный разрез дизеля Д-37

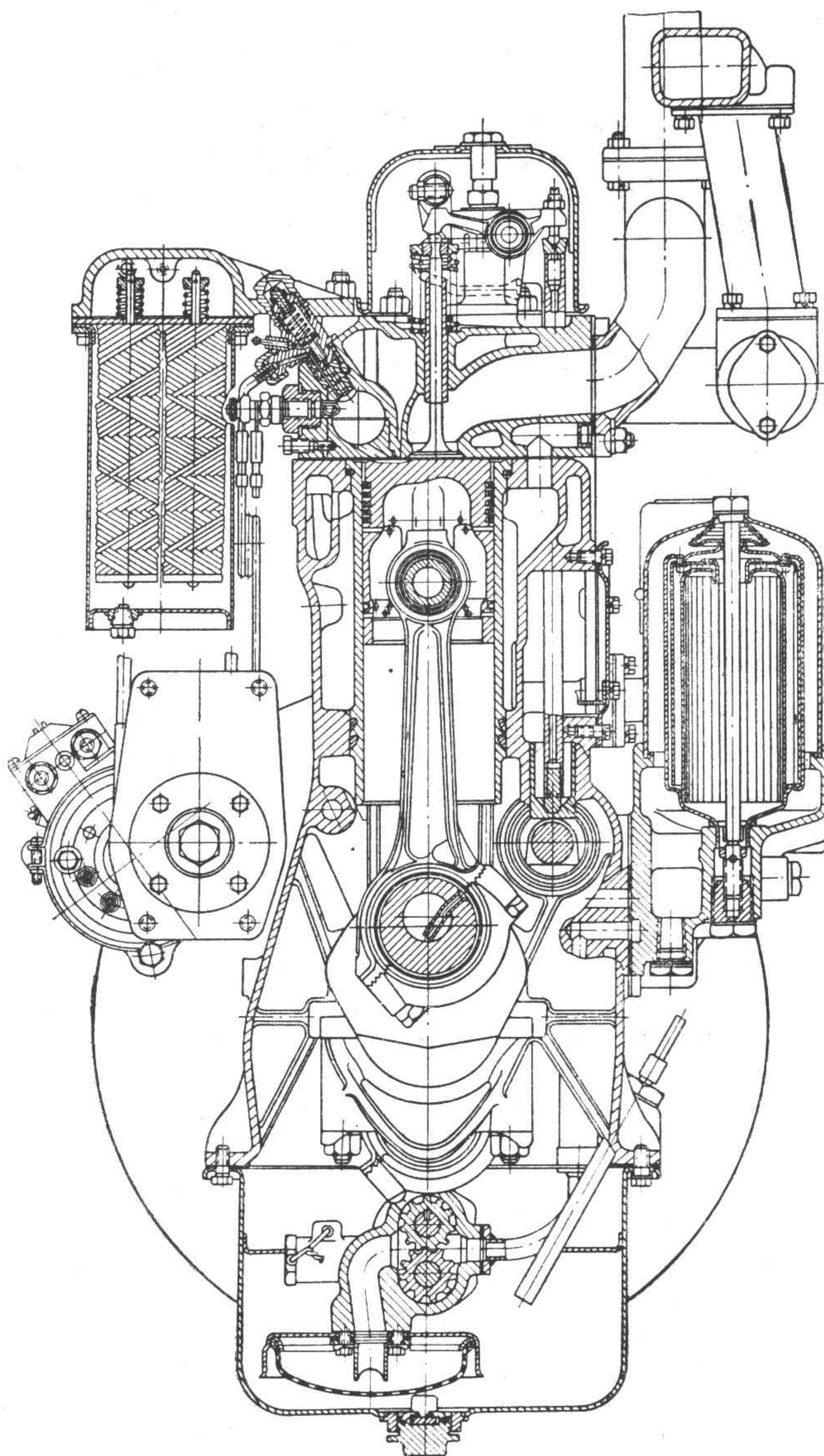


Рис. 28. Поперечный разрез дизеля Д-48

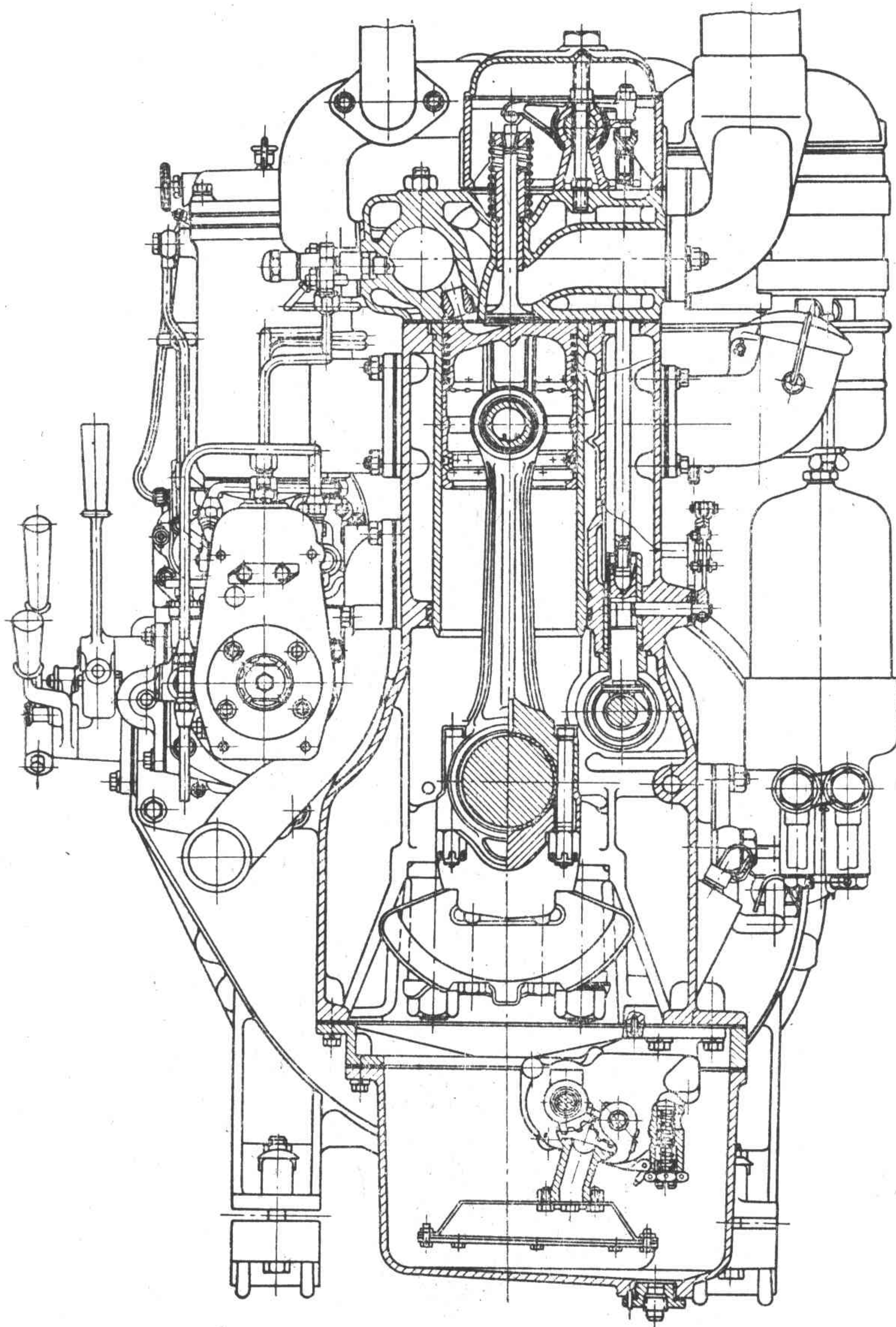


Рис. 29. Поперечный разрез дизеля Д-54

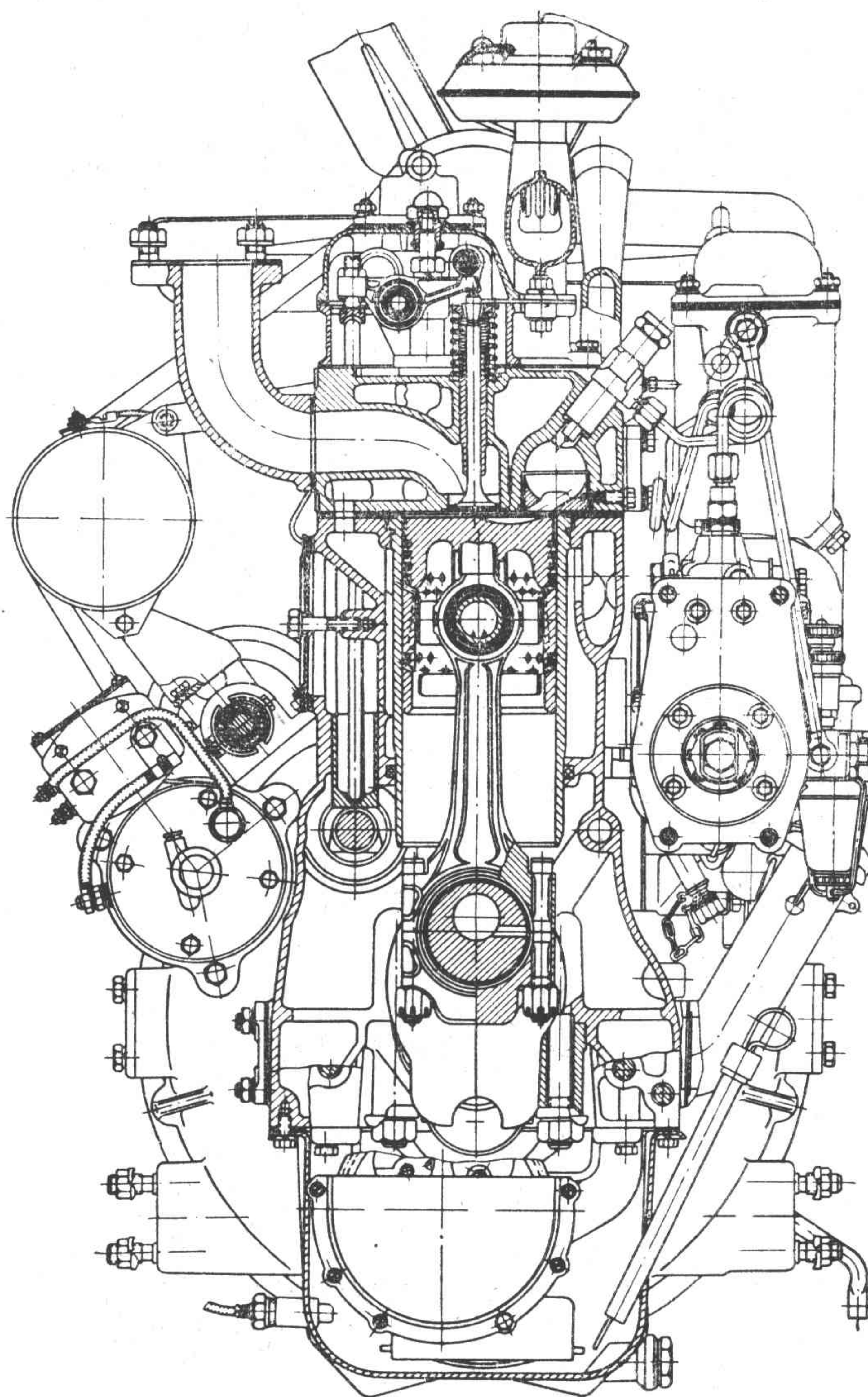


Рис. 30. Поперечный разрез дизеля СМД-7

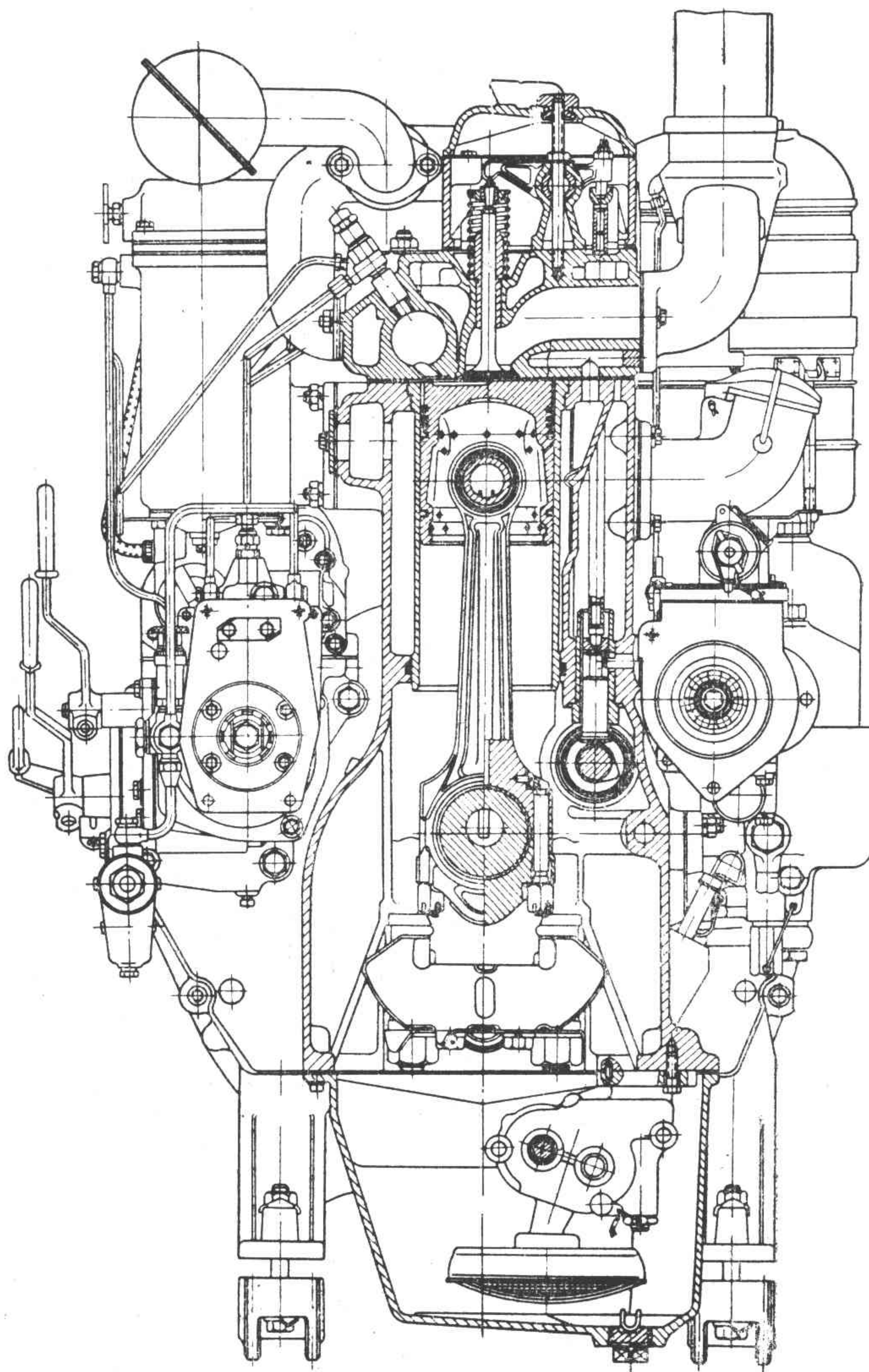


Рис. 31. Поперечный разрез дизеля Д-75

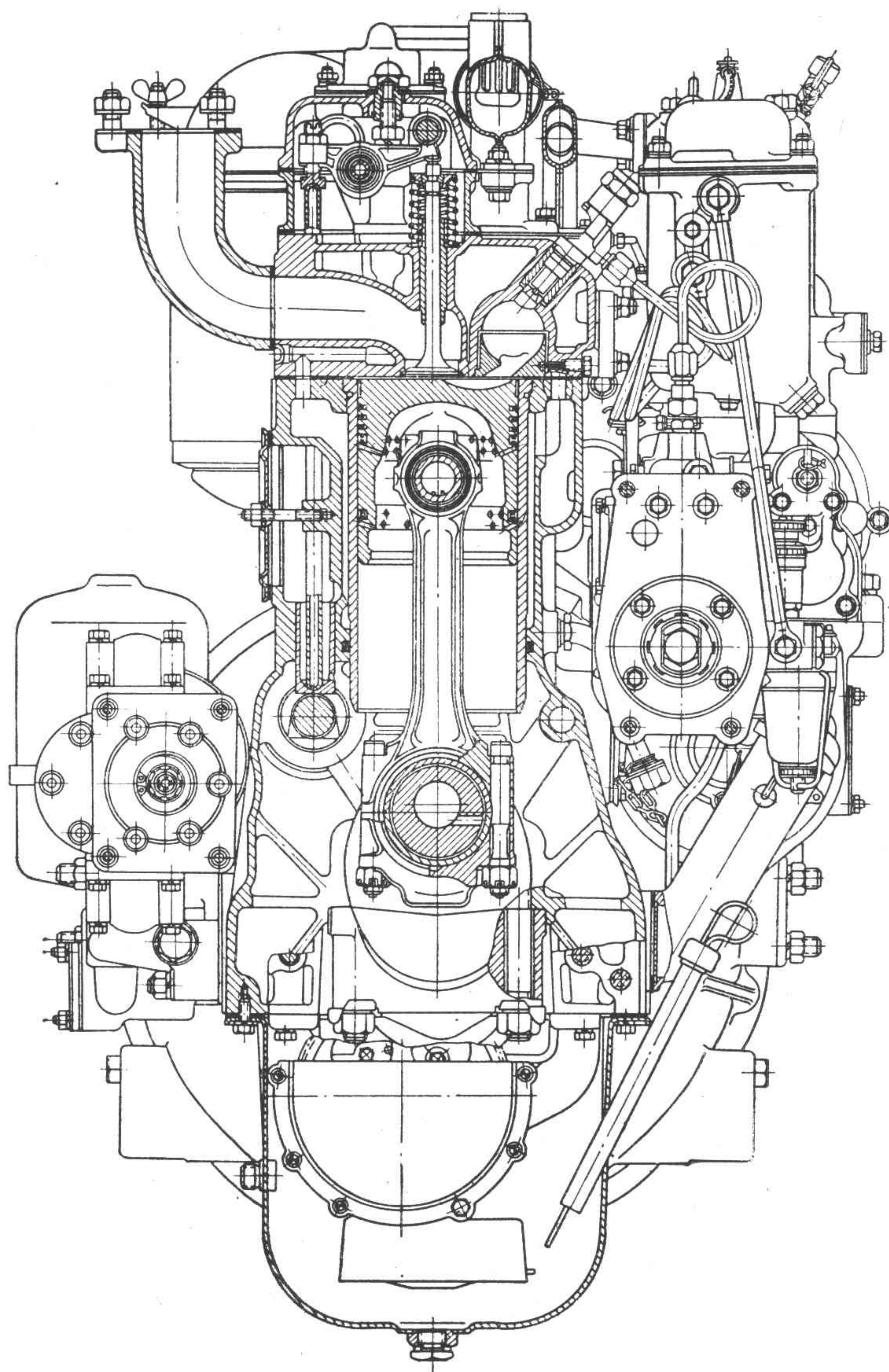


Рис. 32. Поперечный разрез дизеля СМД-14

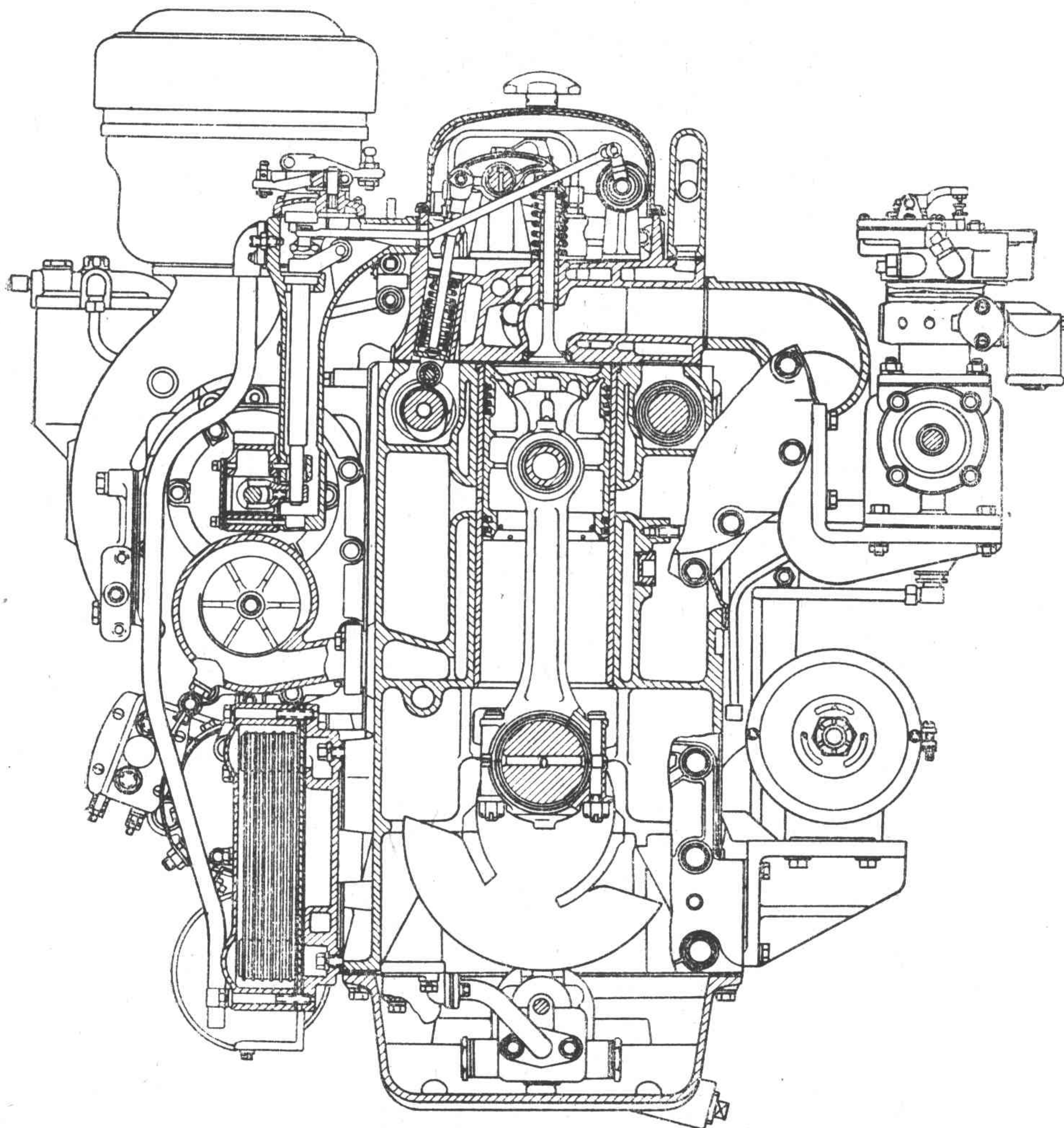


Рис. 33. Поперечный разрез дизеля ЯАЗ-204, ЯАЗ-206

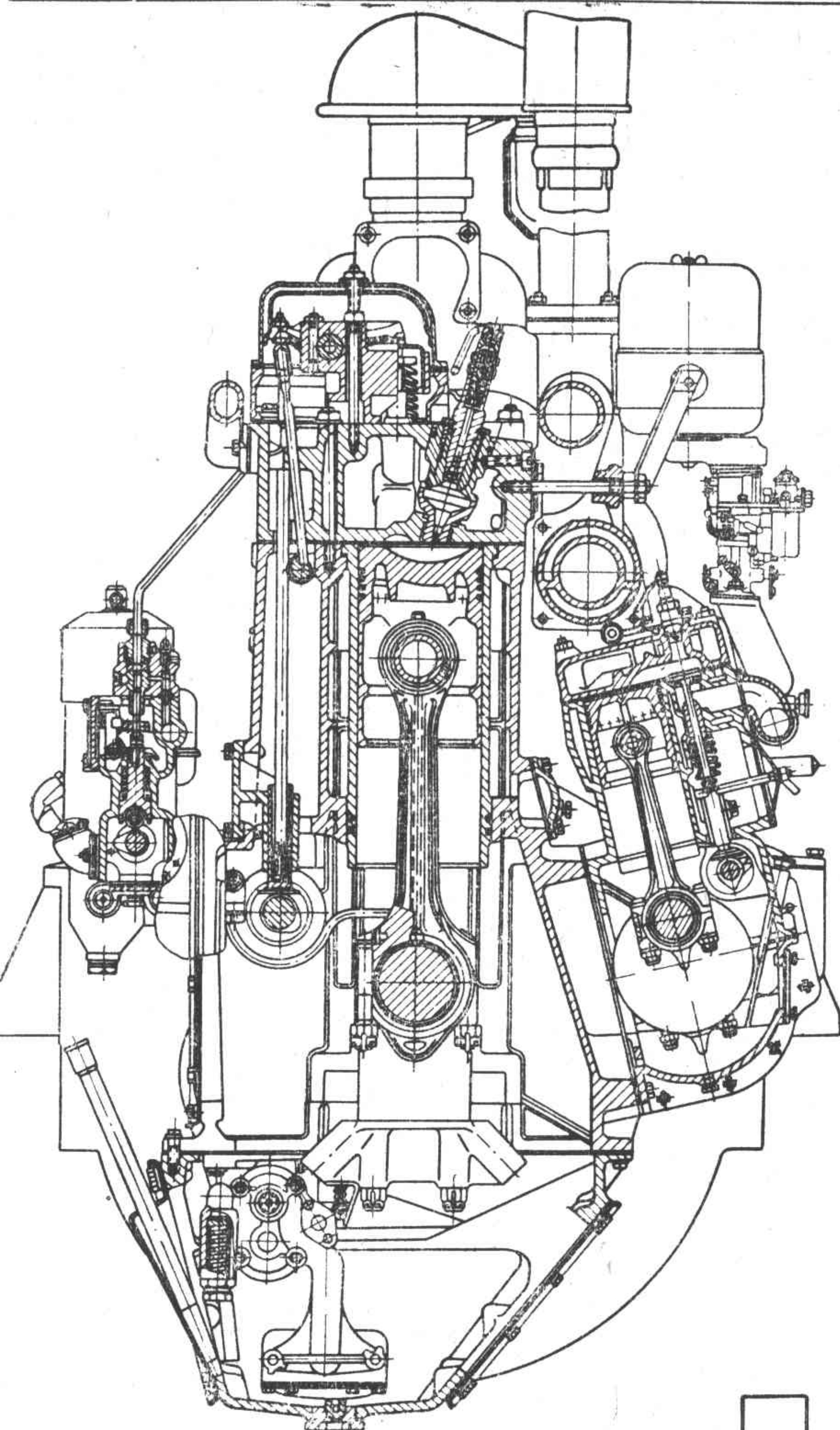


Рис. 34. Поперечный
разрез дизеля КДМ-46,
6КДМ-50

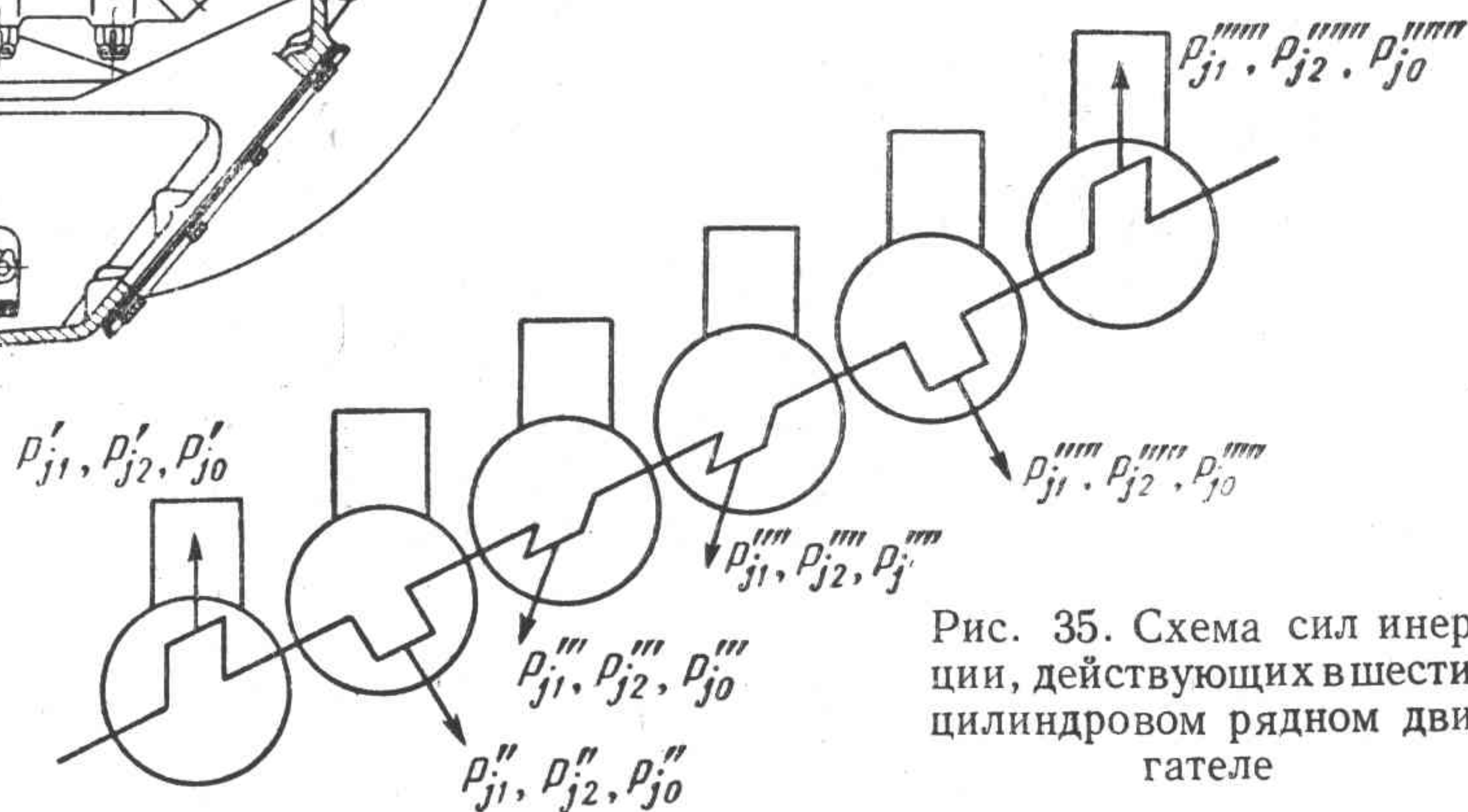


Рис. 35. Схема сил инерции, действующих в шестицилиндровом рядном двигателе

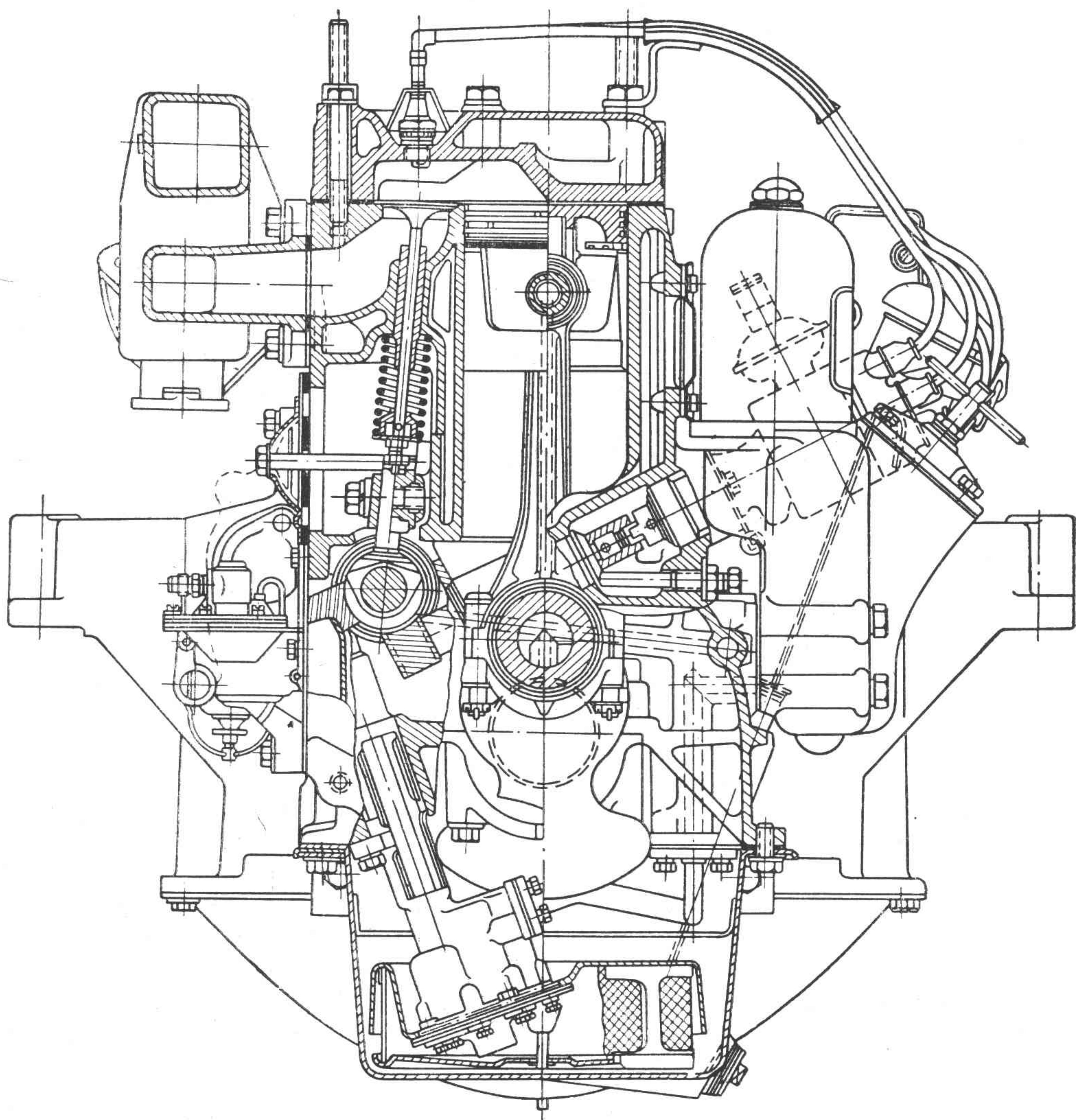


Рис. 36. Поперечный разрез двигателя ЗИЛ-120

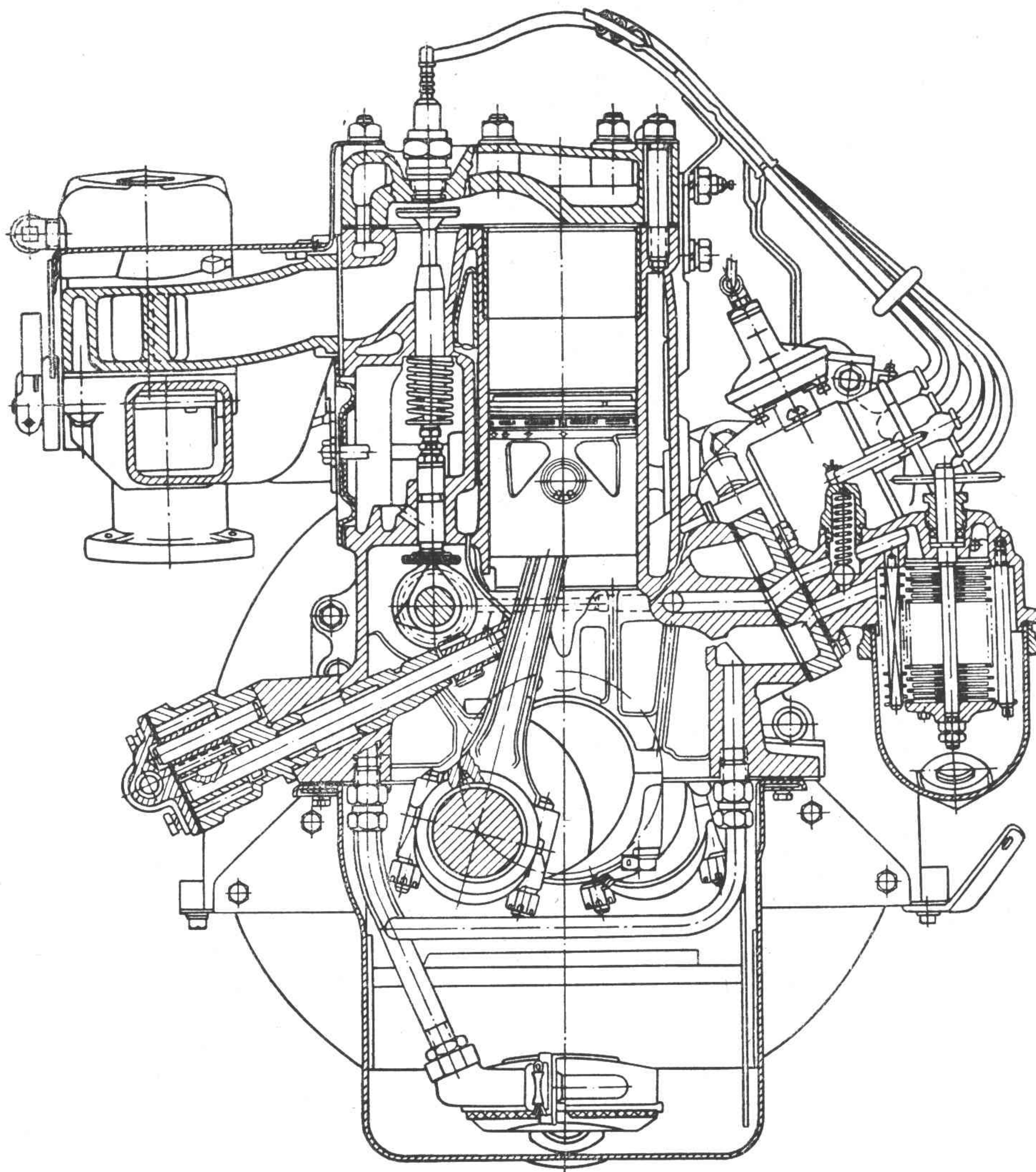


Рис. 37. Поперечный разрез двигателя ГАЗ-51, ГАЗ-12

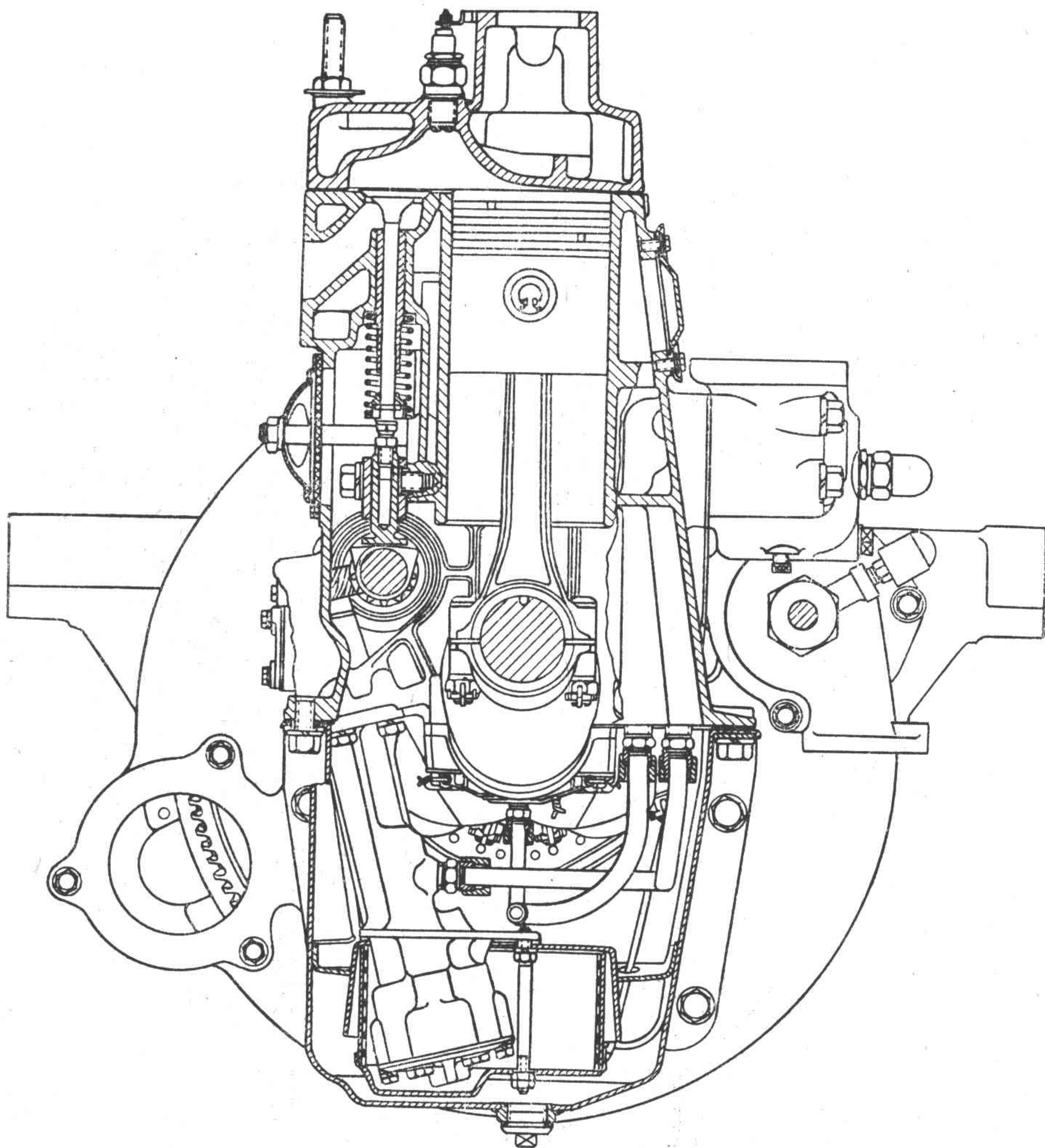


Рис. 38. Поперечный разрез двигателя Урал-5М

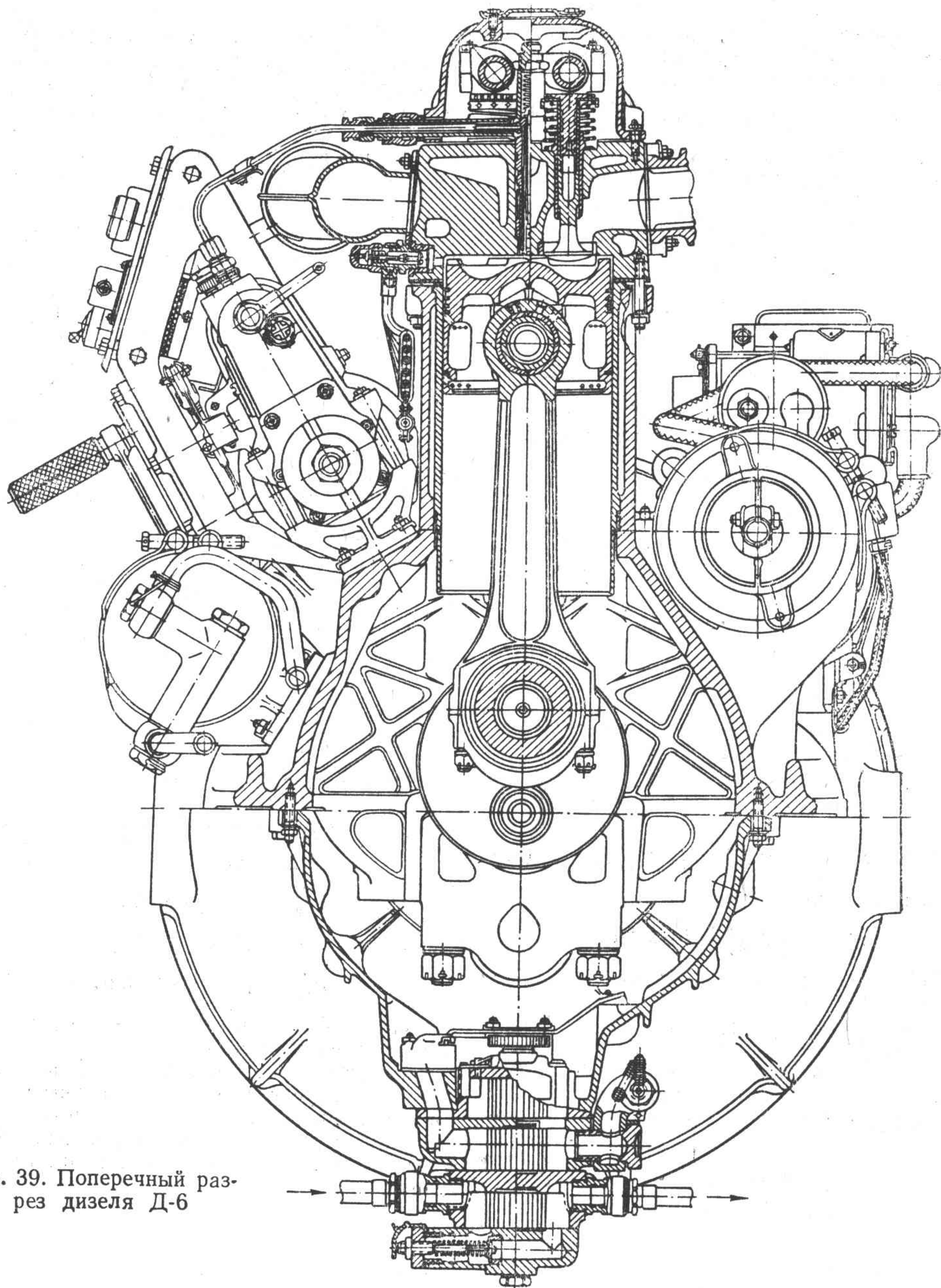


Рис. 39. Поперечный раз-
рез дизеля Д-6

Направлена также вдоль кривошипа. Таким образом, по оси кривошипа направлена суммарная сила

$$P_{j\Sigma} = -(m_A + m_0) R \omega^2. \quad (88)$$

Для уравнивания этой силы на щеках ставят противовесы с общей массой

$$m_{np} = \frac{(m_A + m_0) R}{2\varrho}.$$

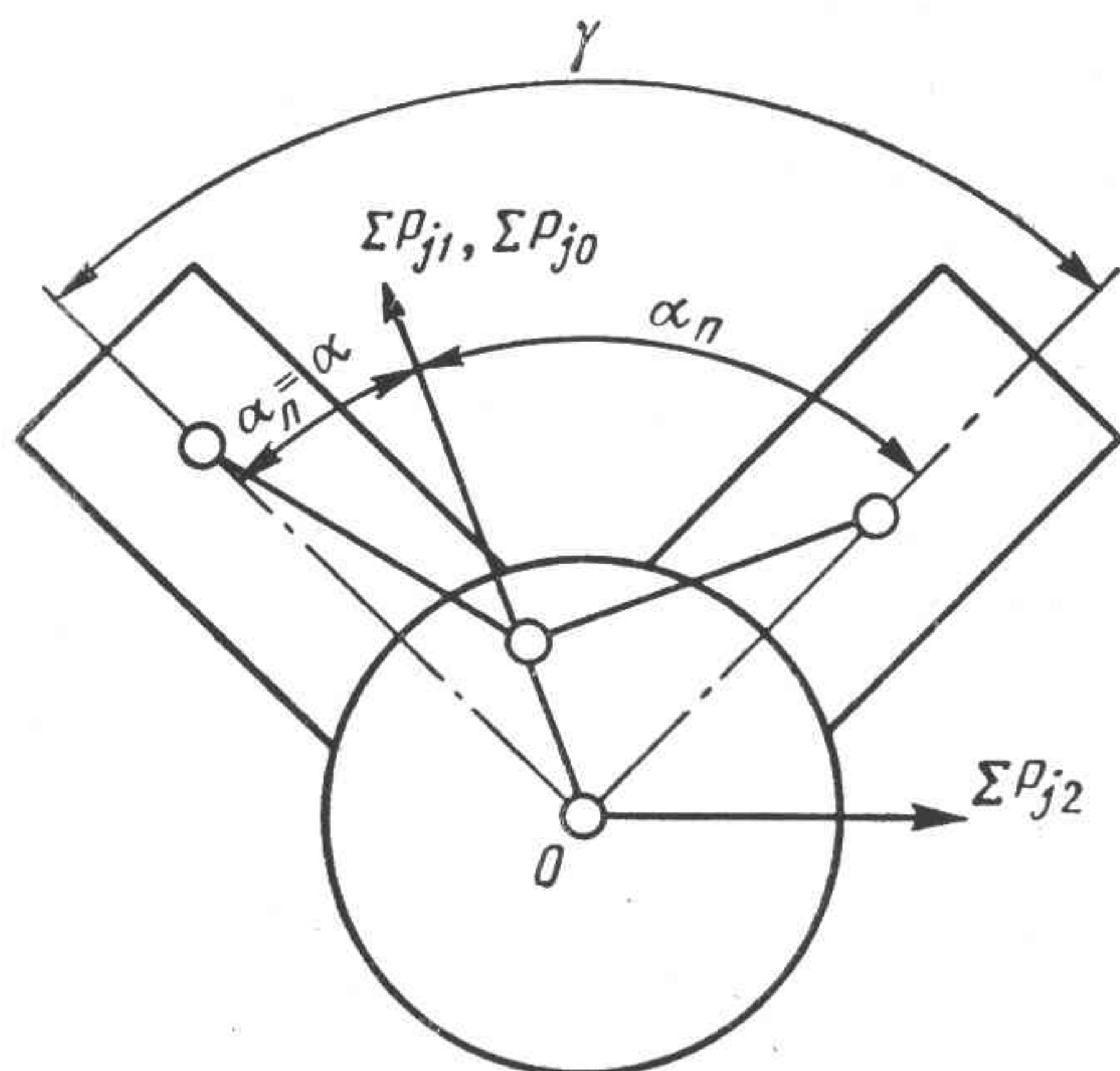


Рис. 40. Схема сил инерции, действующих в двухцилиндровом двигателе V-90

Силы инерции второго порядка: в левом цилиндре

$$P_{j2}^L = -m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha; \quad (89)$$

в правом цилиндре

$$P_{j2}^R = -m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha.$$

Так как угол между силами 90° , то их сумма

$$\sum P_{j2} = -m_A R \omega^2 \lambda \sqrt{2} \cos 2\alpha. \quad (90)$$

Сила переменна по величине. Она изменяется под действием функции $\cos 2\alpha$.

Направление силы определяет отношение

$$\cos 2\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

Угол между равнодействующей $\sum P_{j2}$ и силой P_{j2} равен 45° . Поскольку вал имеет один кривошип, моменты сил инерции отсутствуют. Двигатель уравновешен лучше, чем однорядные двухцилиндровые двигатели.

Четырехцилиндровый четырехтактный двигатель V-90

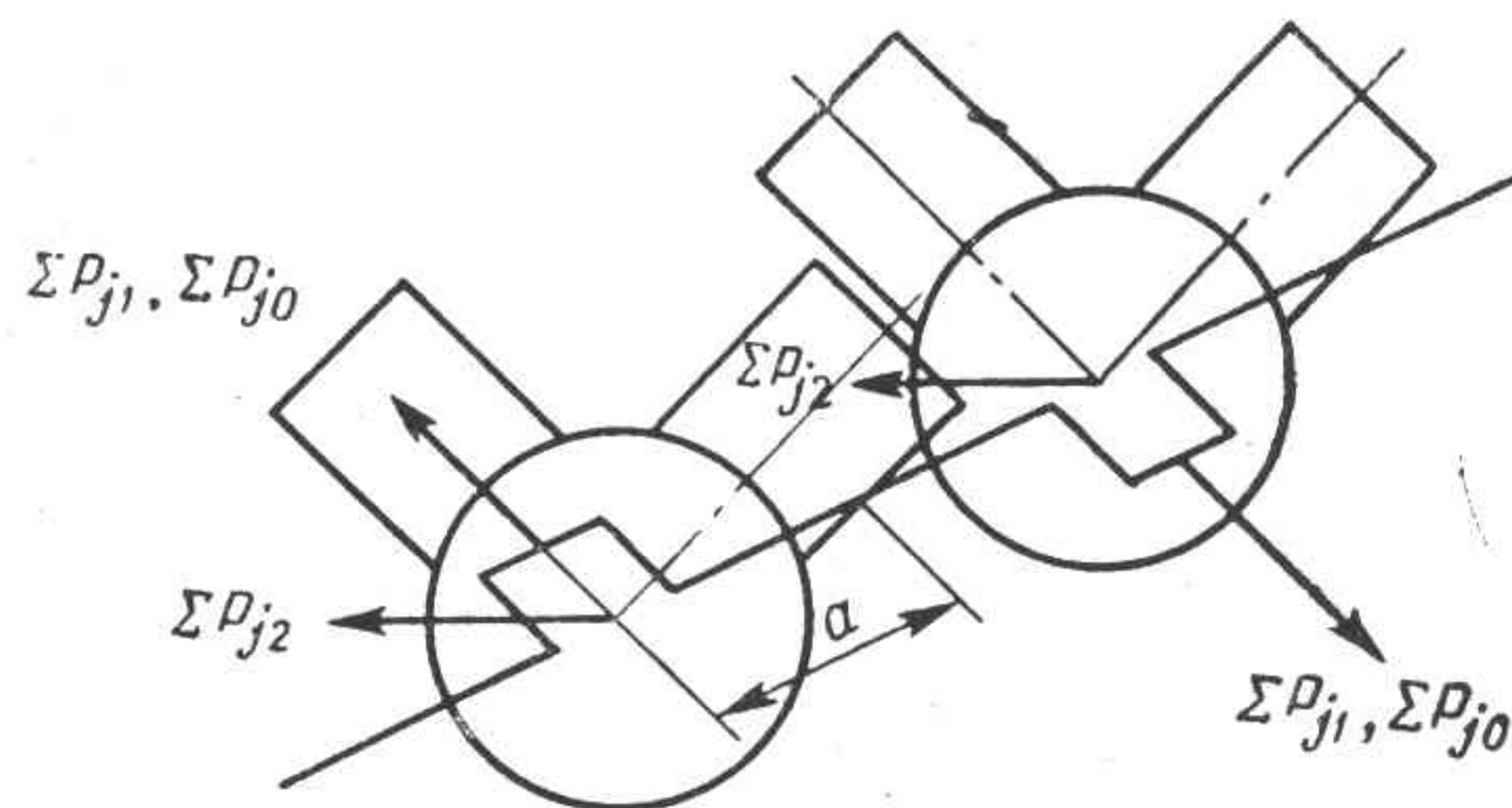


Рис. 41. Схема сил инерции, действующих в четырехцилиндровом двигателе V-90

из условий равномерности вспышек по цилиндрам имеет угол между кривошипами 180° .

Из схемы, приведенной на рис. 41, видно, что четырехцилиндровый двигатель представляет собой два двухцилиндровых двигателя с углом развала 90° .

Силы инерции 1-го порядка:
в 1-м левом цилиндре

$$P_{j1}^L = -m_A R \omega^2 \cos \alpha; \quad (91)$$

во 2-м левом цилиндре

$$P_{j2}^L = +m_A R \omega^2 \cos \alpha; \quad (92)$$

в первом правом

$$P_{j1}^R = -m_A R \omega^2 \sin \alpha;$$

во втором правом

$$P_{j2}^R = +m_A R \omega^2 \sin \alpha.$$

Силы постоянны по величине и противоположны по знаку.

Центробежные силы тоже равны нулю, в каждой паре цилиндров они равны по величине и противоположны по знаку.

Как и у двухцилиндрового двигателя V-90, все эти силы направлены вдоль кривошипов.

Суммарные силы, действующие вдоль кривошипов, создают изгибающий момент на плече a . Для уравнивания его на щеки ставят противовесы с массой

$$m_{np} = \frac{(m_0 + m_A) R}{2a}.$$

Силы инерции 2-го порядка по аналогии с двухцилиндровым двигателем в первой секции

$$\sum P'_{j2} = \sqrt{2} m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha; \quad (93)$$

во второй секции

$$\sum P''_{j2} = \sqrt{2} m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha. \quad (94)$$

Тогда

$$\sum P_{j2} = 2 \sqrt{2} m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha. \quad (95)$$

Эти силы направлены горизонтально и в одну сторону, так как знаки равны. Момент этих сил равен нулю.

Неуравновешенной силой у четырехцилиндрового двигателя V-90 остается сила инерции 2-го порядка. Но величина неуравновешенных сил двигателя меньше, чем у рядного четырехцилиндрового.

По другой схеме выполнены и уравновешены с помощью балансира вала двигателя МемЗ (рис. 42).

Шестицилиндровый четырехтактный двигатель V-90 из условий равномерности вспышек по цилиндрам имеет угол между кривошипами 120° .

На схеме (рис. 43) видно, что двигатель с шестью цилиндрами и углом развала 90° состоит из трех двухцилиндровых отсеков.

Если поставить противовесы на щеках коленчатого вала, то можно написать по аналогии с двухцилиндровым двигателем:

$$\sum P_{j0} = 0; \quad \sum M_0 = 0;$$

$$\sum P_{j1} = 0; \quad \sum M_1 = 0.$$

Масса противовесов подбирается так же, как для двух- и четырехцилиндровых двигателей

$$m_{np} = \frac{(m_A + m_0) R}{2a}.$$

Силы инерции 2-го порядка определяются аналитически

$$\sum P_{j2} = -\sqrt{2} R \omega^2 \lambda [\cos 2\alpha + \cos 2(\alpha + 120) + \cos 2(\alpha + 240)] = 0. \quad (96)$$

Они действуют в горизонтальной плоскости и сумма их равна нулю.

Момент сил инерции 2-го порядка действует также в горизонтальной плоскости, его величина относительно оси 1-го цилиндра

$$\sum M_2 = 2,45 m_A R \omega^2 \lambda a. \quad (97)$$

Двигатель имеет неуравновешенный момент сил инерции 2-го порядка.

По сравнению с рядным шестицилиндровым двигателем он уравновешен несколько хуже. Кроме того, у этого двигателя имеется неравномерность вспышек по цилиндрам, у него вспышки чередуются через $90-150-90-150^\circ$. По этой схеме выполнены двигатели ЯМЗ-236 (рис. 44).

Восемьцилиндровый четырехтактный двигатель V-90 из условий равномерности вспышек по цилиндрам имеет угол между кривошипами 90° .

Поставим на каждую шейку противовесы как у двухцилиндрового двигателя V-90. Тогда можно записать:

$$\sum P_{j0} = 0; \quad \sum P_{j1} = 0.$$

Покажем аналитически, что сумма сил инерции 2-го порядка также равна нулю.

В 1-й секции двигателя сумма сил инерции второго порядка рассмотрена выше и равна

$$\sum P'_{j2} = -\sqrt{2} m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha. \quad (98)$$

Суммарные силы инерции во 2 и 3-й секциях

$$\sum P''_{j2} = \sqrt{2} m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha.$$

В 4-й секции двигателя суммарная сила инерции будет

$$\sum P'''_{j2} = -\sqrt{2} m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha.$$

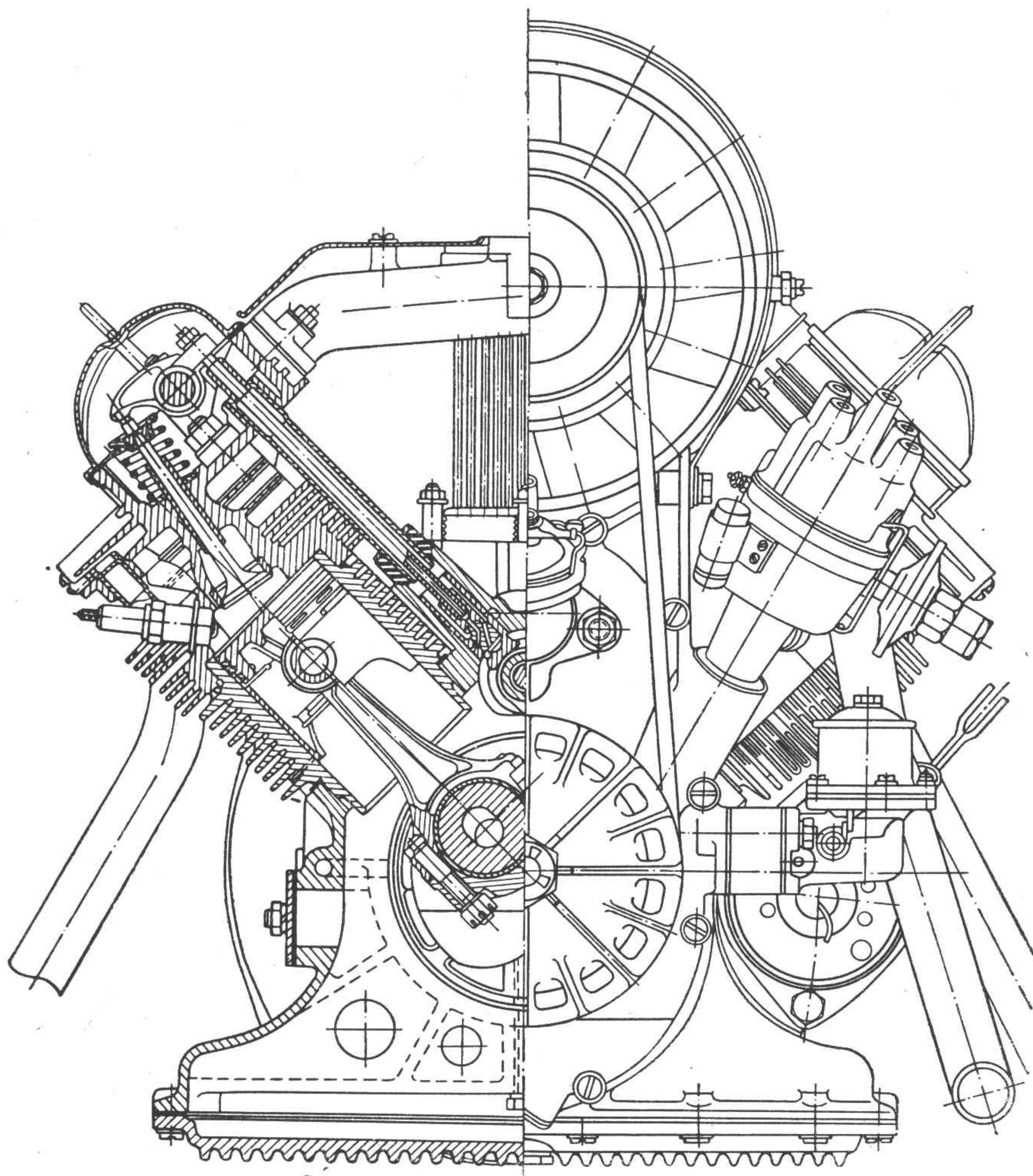


Рис. 42. Поперечный разрез двигателя MeM3-965

Поэтому сумма сил инерции в восьмицилиндровом двигателе V-90 с крестообразным валом равна нулю.

Направление сил инерции 2-го порядка горизонтальное и если вал симметричный, то и сумма моментов сил инерции 2-го порядка равна нулю.

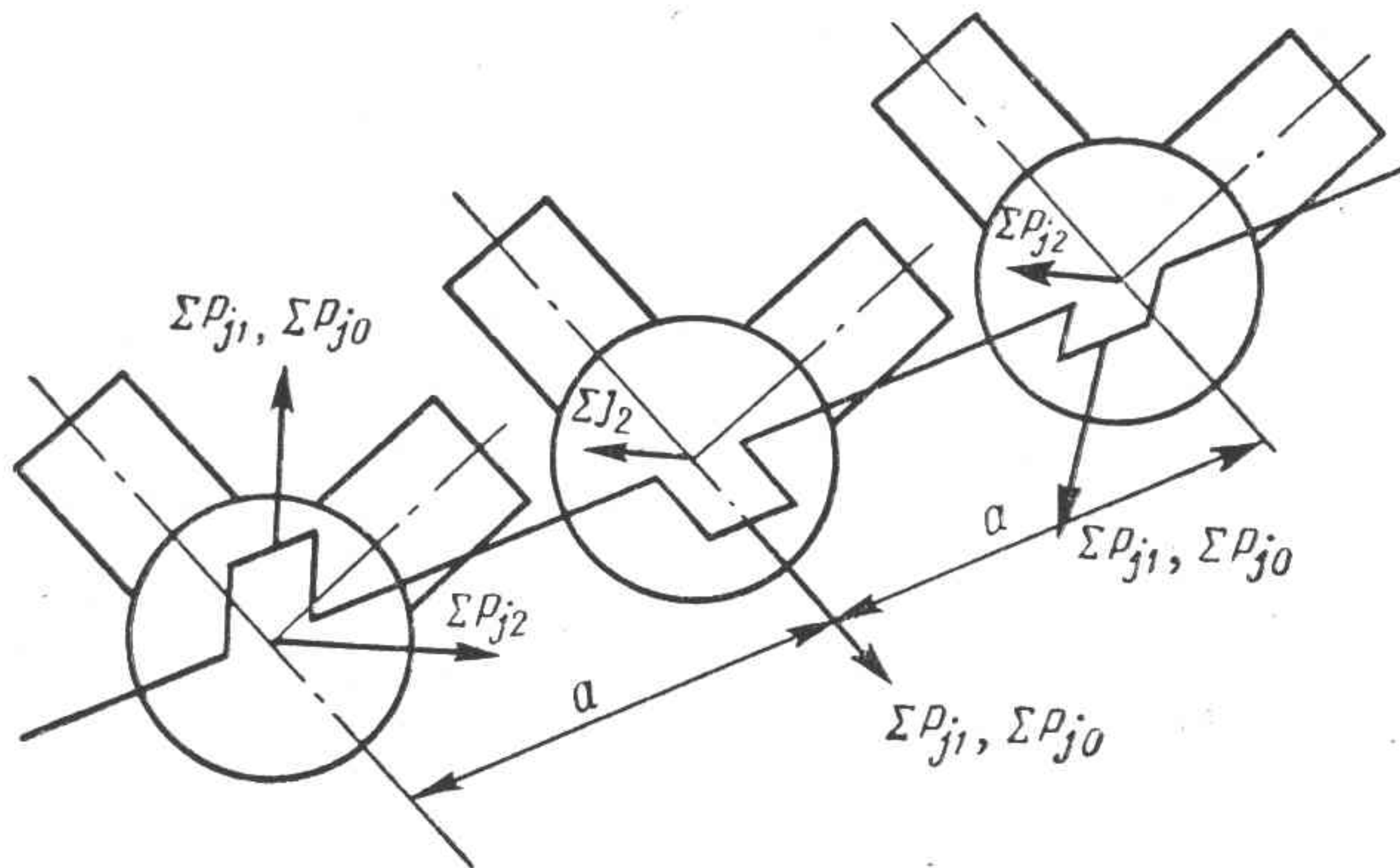


Рис. 43. Схема сил инерции, действующих в шестицилиндровом двигателе V-90

Моменты сил инерции 1-го порядка и центробежных сил средних и крайних секций двигателя попарно создают изгибающие моменты относительно центра оси симметрии с плечами $3a$ и a (рис. 45).

Просуммируем эти моменты

$$M_{\Sigma} = a \sqrt{10} R \omega^2 (m_A + m_0). \quad (99)$$

Определим угол установки противовесов, разгружающих коленчатый вал от моментов,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{3}.$$

Угол установки противовесов равен $18^\circ 36'$. Обычно противовесы, масса которых определяется по общим правилам, устанавливают с таким расчетом, чтобы 50% массы приходилось на маховик и шкив и 50% на щеки вала.

4*

Уравновешенность восьмицилиндрового двигателя V-90 полная, неуравновешенных сил и моментов нет. По этой схеме выполнены все современные V-образные восьмицилиндровые двигатели (рис. 46—48).

Оппозитные двигатели являются так же двухрядными, как и V-образные, и уравновешенность их определяется теми же факторами. Угол развала цилиндров у всех оппозитных двигателей равен 180° .

Ниже кратко рассматривается уравновешенность этих двигателей.

Двухцилиндровый оппозитный двигатель можно выполнить по двум схемам: с одним кривошипом; с двумя кривошипами на коленчатом валу.

У двигателя, выполненного по схеме с одним кривошипом, поршни совершают перемещение одновременно в одну сторону, значит силы инерции поступательно-движущихся масс будут складываться, а центробежная сила инерции будет нагружать подшипники коленчатого вала.

Если двигатель выполнен по схеме с двумя кривошипами на коленчатом валу, то на каждом из них установлен шатун. Поршни у этого двигателя перемещаются одновременно в противоположные стороны, значит силы инерции 1 и 2-го порядков полностью уравновешены. Уравновешена и центробежная сила, так как на каждом кривошипе она направлена от оси вращения к шатуну:

$$\sum P_{j0} = 0; \quad \sum P_{j1} = 0; \quad \sum P_{j2} = 0.$$

Моменты сил инерции не уравновешены; имея плечо a , получаем:

$$\left. \begin{aligned} \sum M_0 &= a m_0 R \omega^2; \\ \sum M_1 &= a m_A R \omega^2 \cos \alpha; \\ \sum M_2 &= a m_A R \omega^2 \lambda \cos 2\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (100)$$

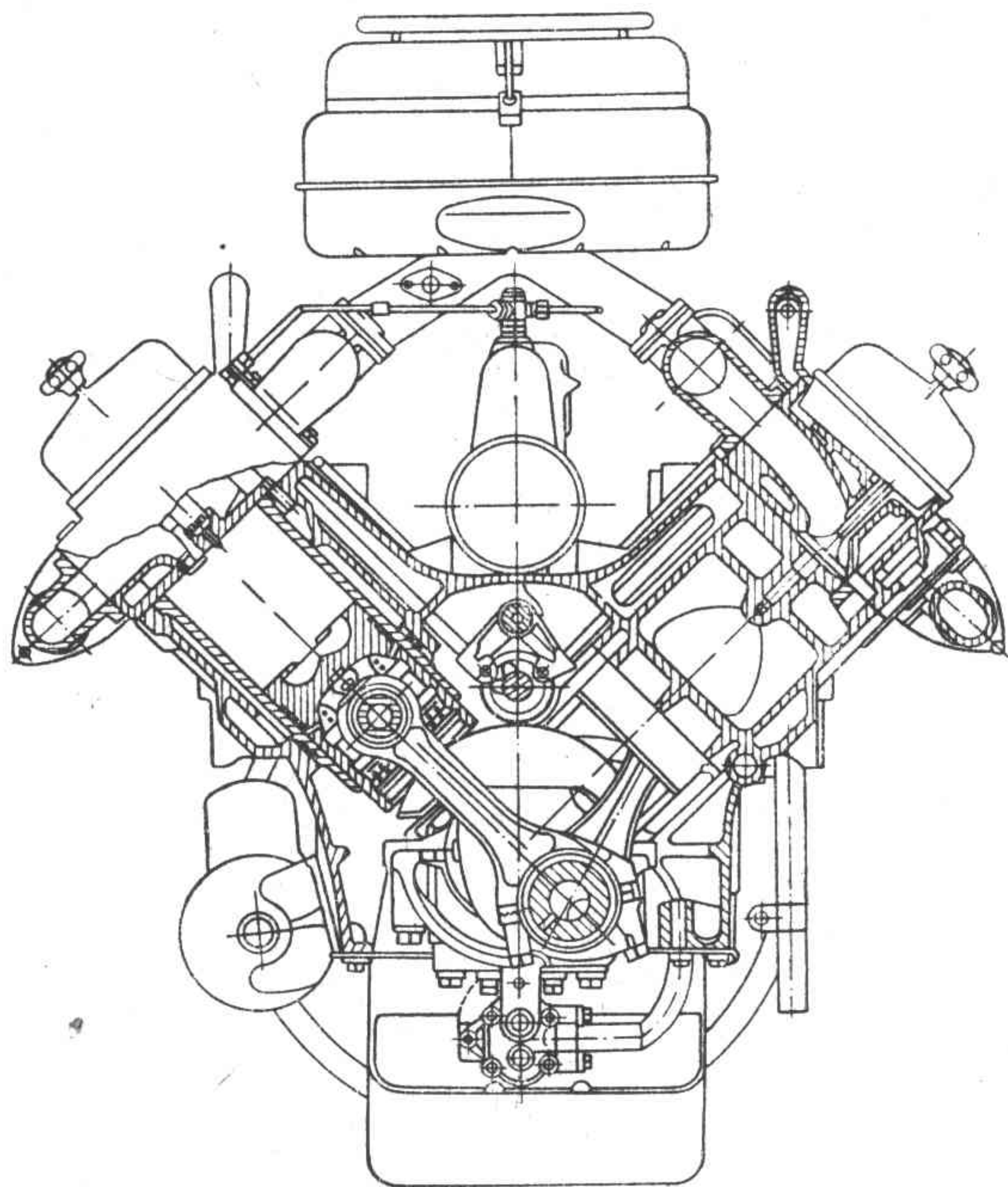


Рис. 44. Поперечный разрез дизеля ЯМЗ-236, ЯМЗ-238

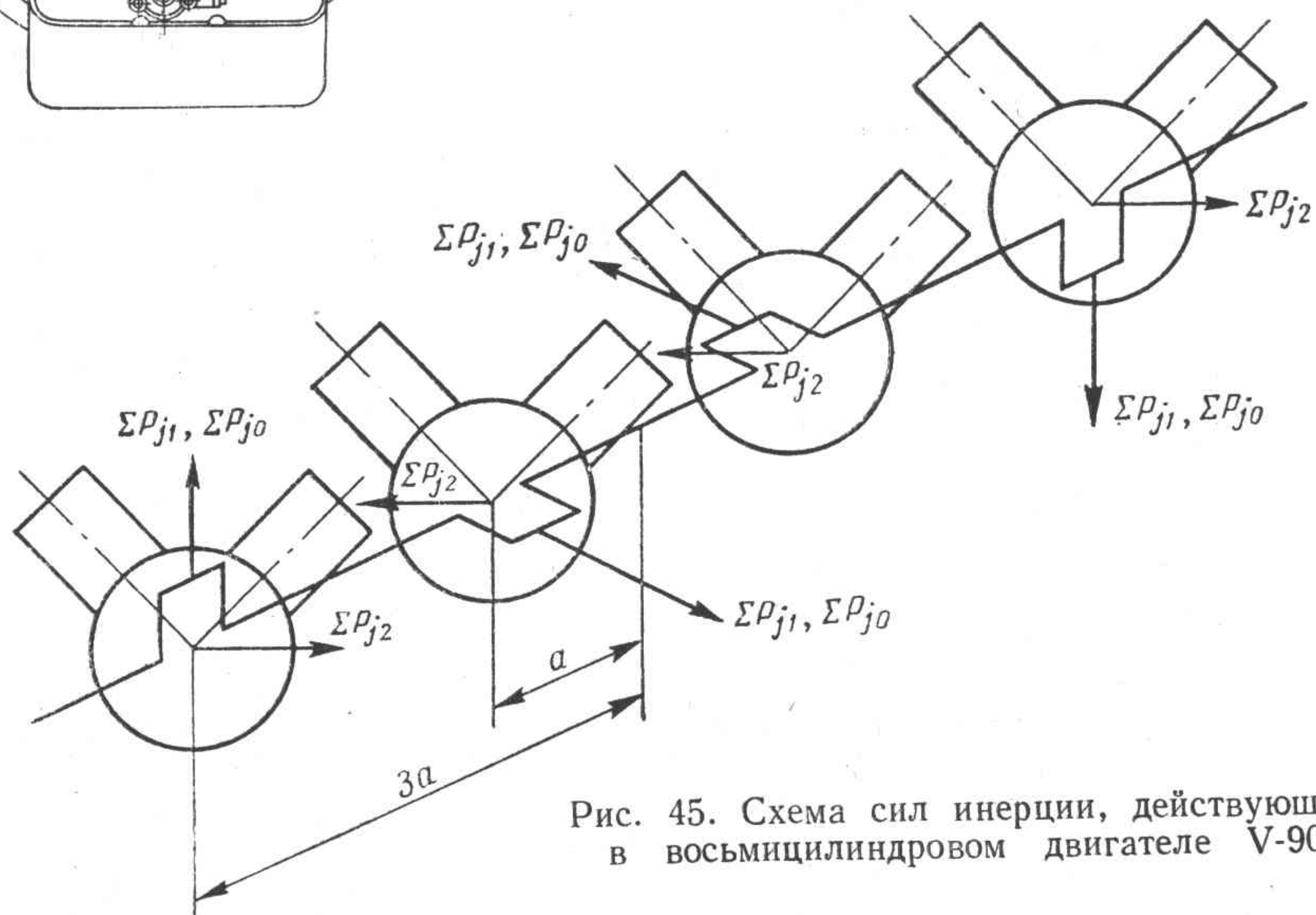


Рис. 45. Схема сил инерции, действующих в восьмицилиндровом двигателе V-90

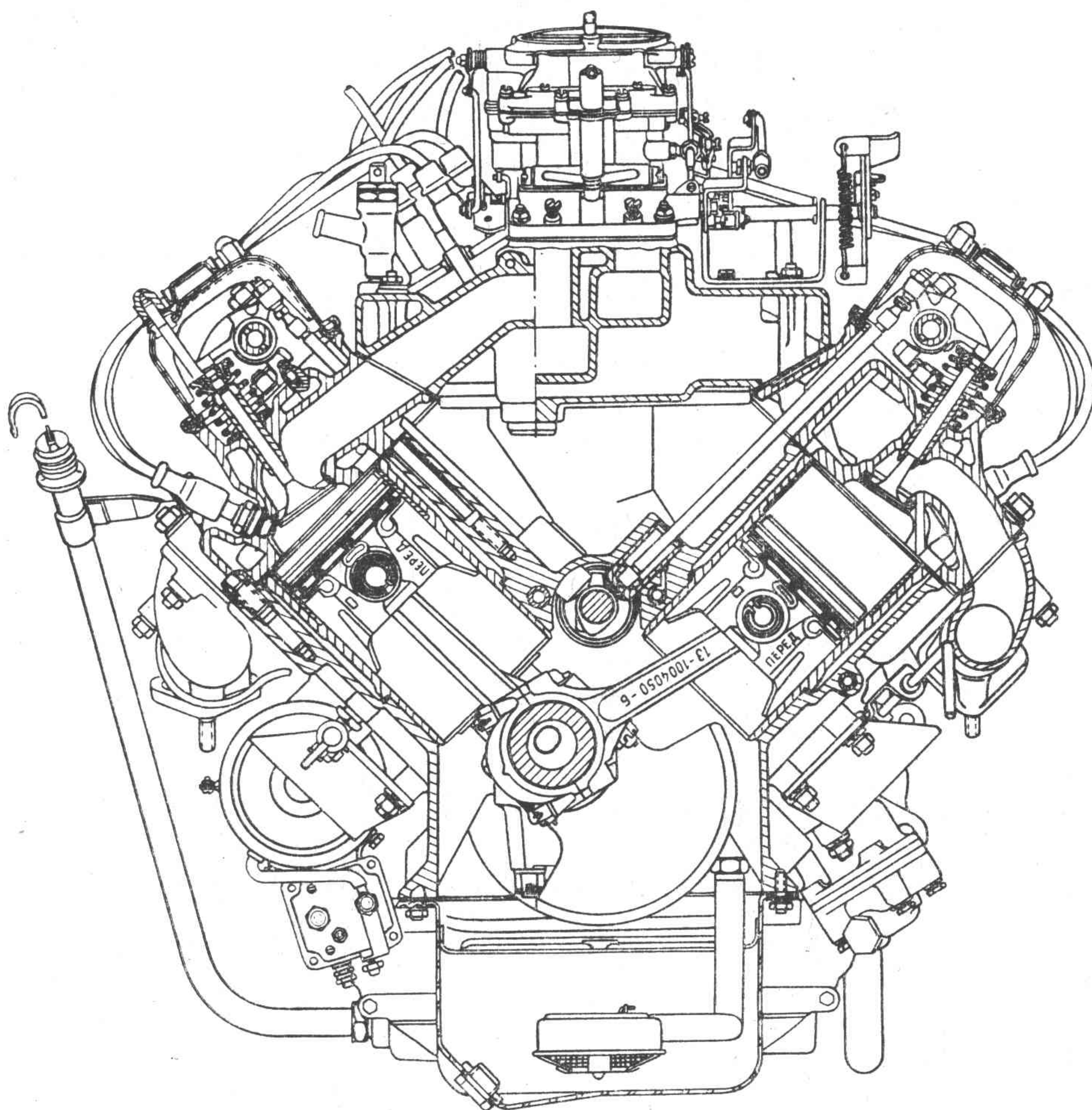


Рис. 46. Поперечный разрез двигателя ГАЗ-13

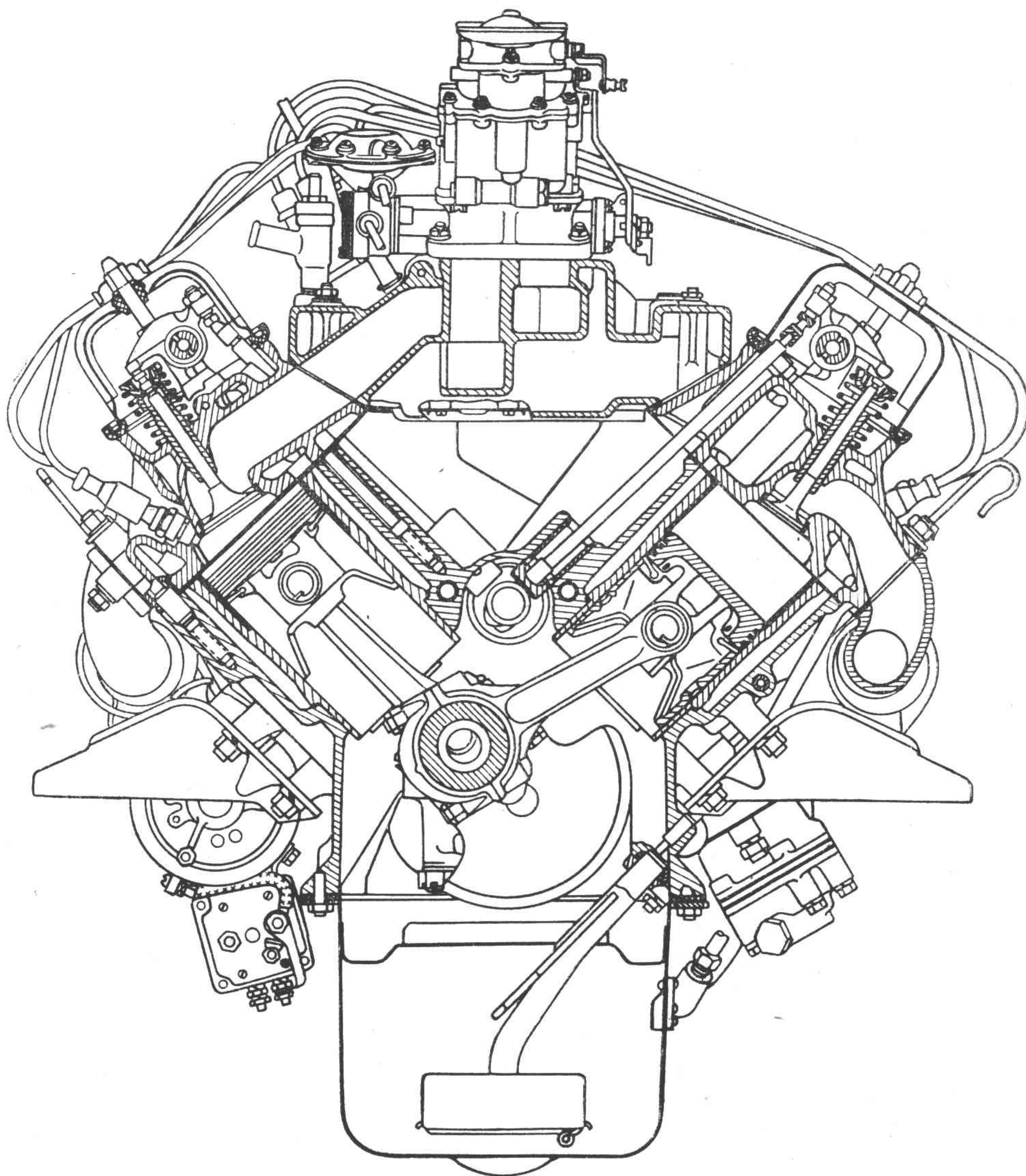


Рис. 47. Поперечный разрез двигателя ГАЗ-66

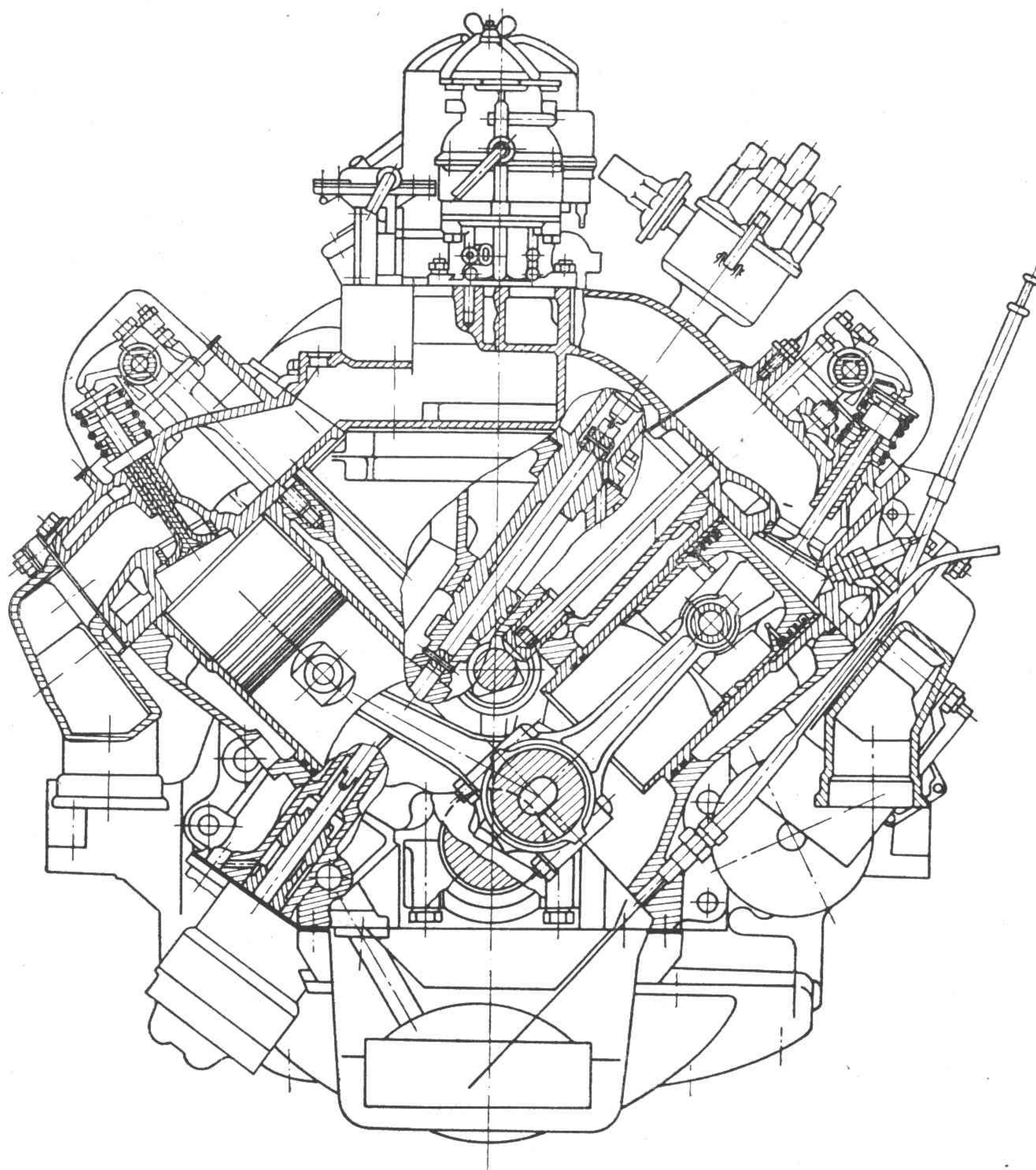


Рис. 48. Поперечный разрез двигателя ЗИЛ-130, ЗИЛ-375

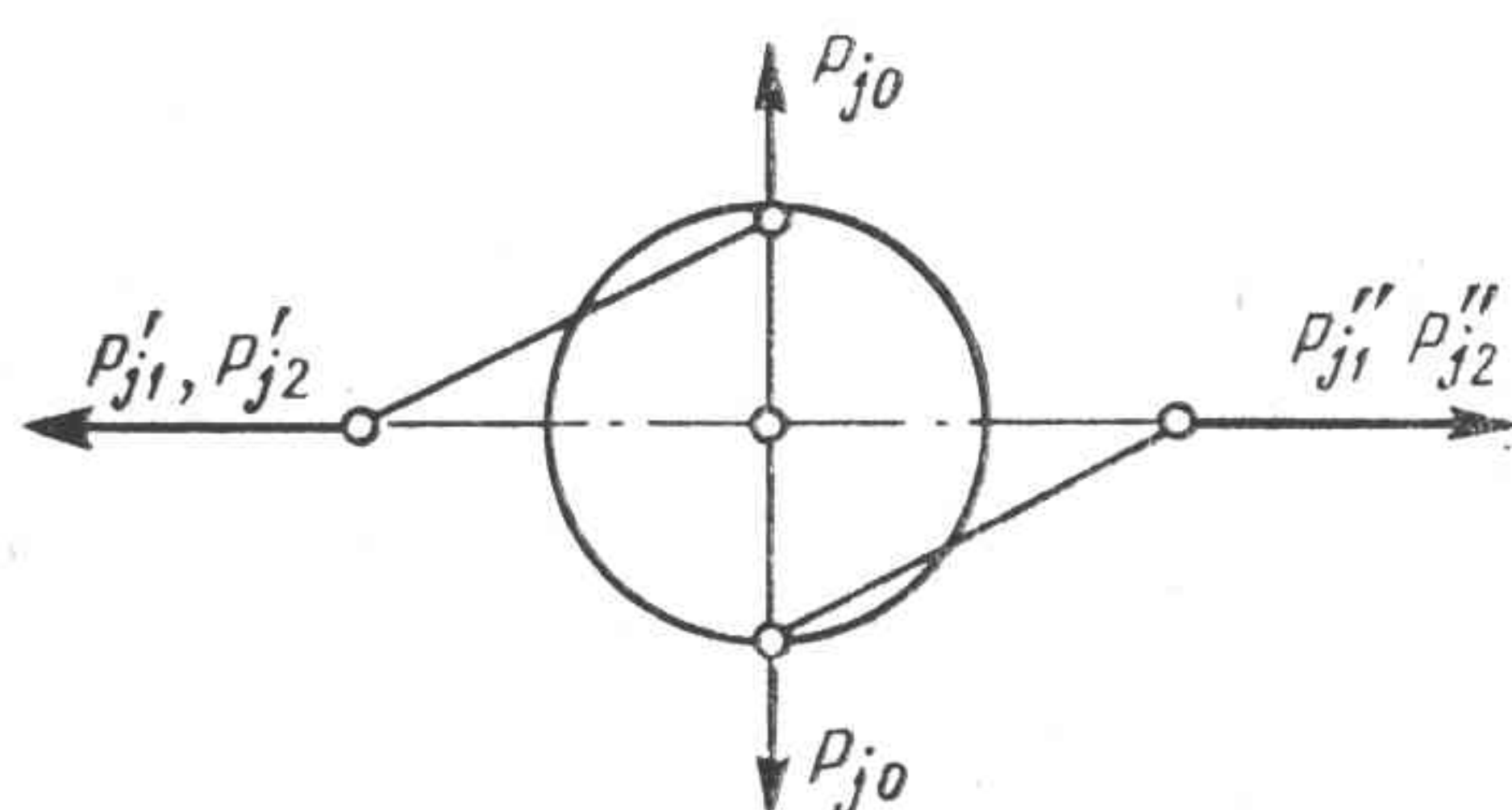


Рис. 49. Схема сил инерции, действующих в оппозитном двигателе

Для уравнивания момента центробежных сил ставят противовесы, приведенная масса которых определяется уравнением

$$m_{np} = \frac{m_0 R a}{\varrho l} \cdot \quad (101)$$

Момент сил инерции 1-го порядка уравнивают частично. К массе противовеса добавляют массу, которая уравнивает момент в горизонтальной плоскости на 50%, но вызывает дополнительный момент в вертикальной плоскости. Величина этой массы

$$m_{np} = 0,5 \frac{m_A R \omega^2 a}{\varrho l} \cdot \quad (102)$$

Уравновешенность двигателя неполная. Неуравновешен момент от сил инерции 2-го порядка и частично от сил инерции 1-го порядка.

Таким образом уравновешены мотоциклетные двигатели (рис. 49).

На рис. 50—52 приведены другие характерные компоновочные схемы двигателей.

§ 6. ВЕС ДЕТАЛЕЙ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА И ПОРШНЕВОГО КОМПЛЕКТА

ТАБЛИЦА 1

Вес движущихся деталей поршневой группы

Марка двигателя	Вес поршневой группы в г						
	поршня	поршневых колец		расширительного кольца	пальца	кольца крепления пальца	общий
		компрессионного	масло-съемного				
МЗМА-400	224	12,0	15,0	—	66,5	1,0	331,5
МЗМА-407	310	11,3	12,0	—	95	1,0	441,6
МеМЗ-965	194	8,5	10,0	—	64	1,0	287
М-20	448	15,0	18,5	—	110	1,0	627
М-21	578	19,0	22,0	—	100	3,0	722
ГАЗ-12	448	15,0	18,5	—	110	1,0	627
ГАЗ-13	630	25,0	38,0	—	210	3,0	908
ЗИЛ-110	568	23,5	23,5	—	113	1,7	786
ЗИЛ-111	720	20,0	28	10,0	210	3,0	1034
ЗИЛ-120	825	27,5	33,0	—	217	1,7	1160,9
ГАЗ-51	448	15,0	18,5	—	110	1,0	627
ГАЗ-66	578	19,0	22,0	—	100	3,0	722
ГАЗ-41	630	25,0	38,0	—	210	3,0	908

Продолжение табл. 1

Марка двигателя	Вес поршневой группы в г						
	поршня	поршневых колец		расширительного кольца	пальца	кольца крепления пальца	общий
		компрессионного	масло-съемного				
Урал-5М	827	28,0	30,0	—	270	1,5	1216
ЗИЛ-130	892	19,0	22,0	10,0	210	3,0	1187
ЗИЛ-375	968	25,0	38,0	10,0	210	3,0	1307
Д-16	920	24,0	21,0	—	300	2,0	1338
Д-20	2700	40,0	40,0	—	860	6,0	3732
Д-30	920	24,0	21,0	—	300	2,0	1338
Д-35	—	—	—	—	—	—	1956
Д-37	1730	33,0	31,0	—	512	2,0	1407
Д-48	—	—	—	—	—	—	—
Д-54	4293	50,0	50,0	—	860	4,5	5362
СМД-7	—	—	—	—	—	—	—
Д-75	4293	50,0	50,0	—	860	4,5	5362
СМД-14	—	—	—	—	—	—	—
КДМ-46	4300	91,0	73,0	—	1275	14,0	5931
6КДМ-50	4300	91,0	73,0	—	1275	14,0	5931
ЯАЗ-204	2480	29,5	16,0	4,0	456	2,5	3040
ЯАЗ-206	2480	29,5	16,0	4,0	456	2,5	3040
Д-6	2409	37,0	65,0	—	1034	—	3721
ЯМЗ-236	2180	43,0	52,0	—	1105	3,0	3524
ЯМЗ-238	2180	43,0	52,0	—	1105	3,0	3524
ЯМЗ-240	2180	43,0	52,0	—	1105	3,0	3524
Д-12А	2409	37,0	65,0	—	1134	—	3821
Д-12-525	2409	37,0	65,0	—	1134	—	3821
УД-1	286	8,0	14,0	—	80	1,0	396
УНД-5	286	8,0	14,0	—	80	1,0	396
УД-2	286	8,0	14,0	—	80	1,0	396
УНД-7	194	8,5	10,0	—	64	1,0	287
УНД-10	286	8,0	14,0	—	80	1,0	396

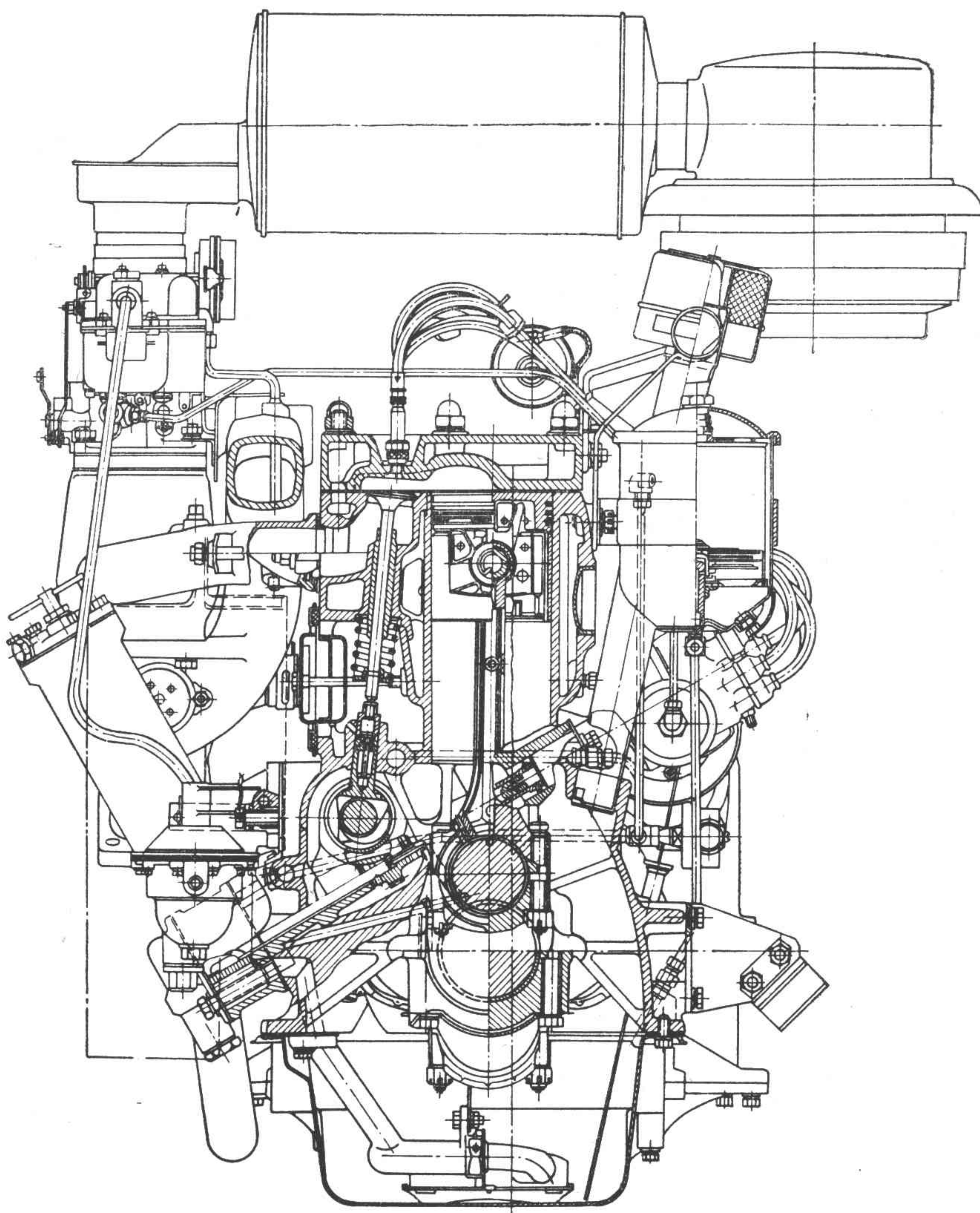


Рис. 50. Поперечный разрез двигателя ЗИЛ-110

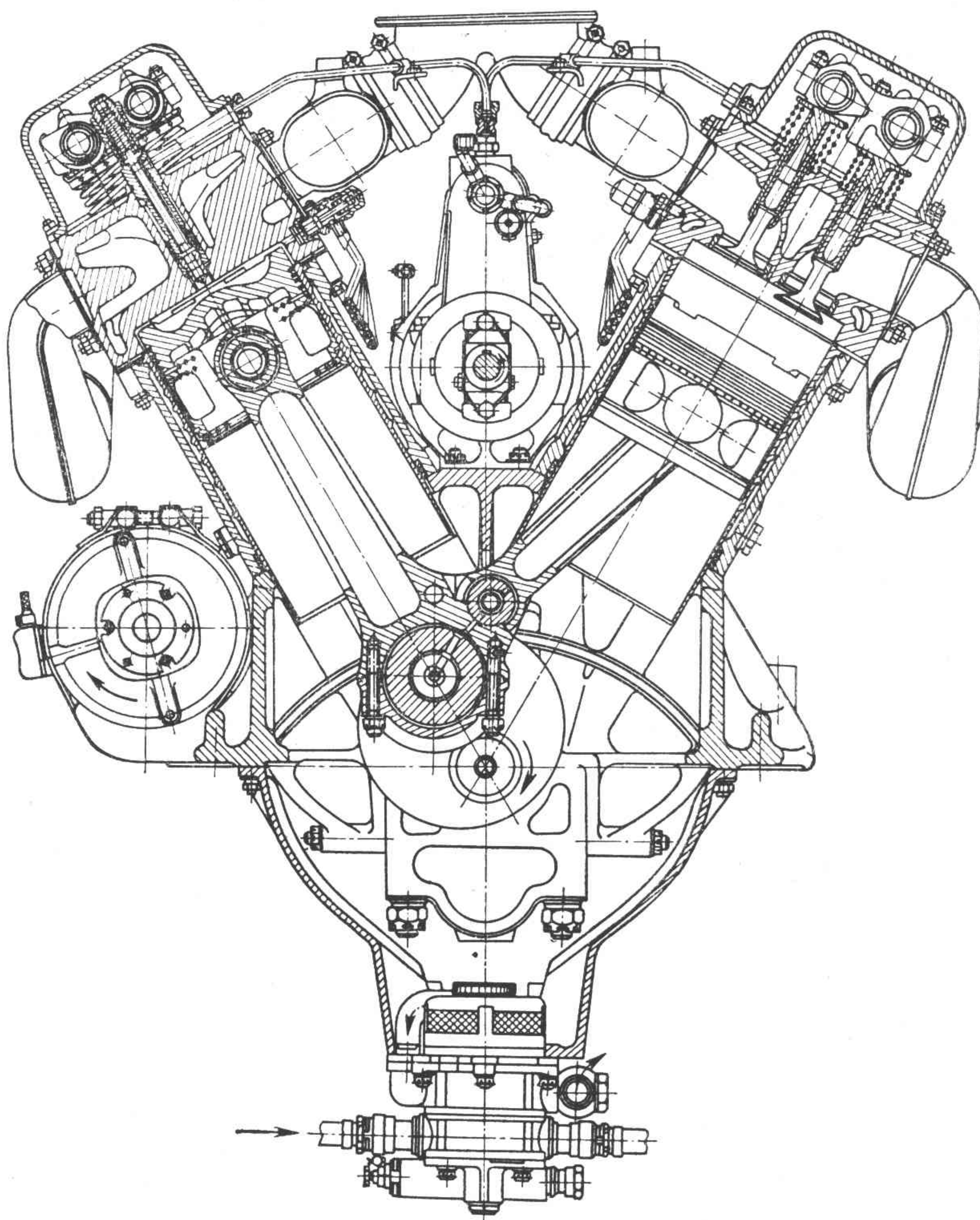


Рис. 51. Поперечный разрез дизеля Д-12А

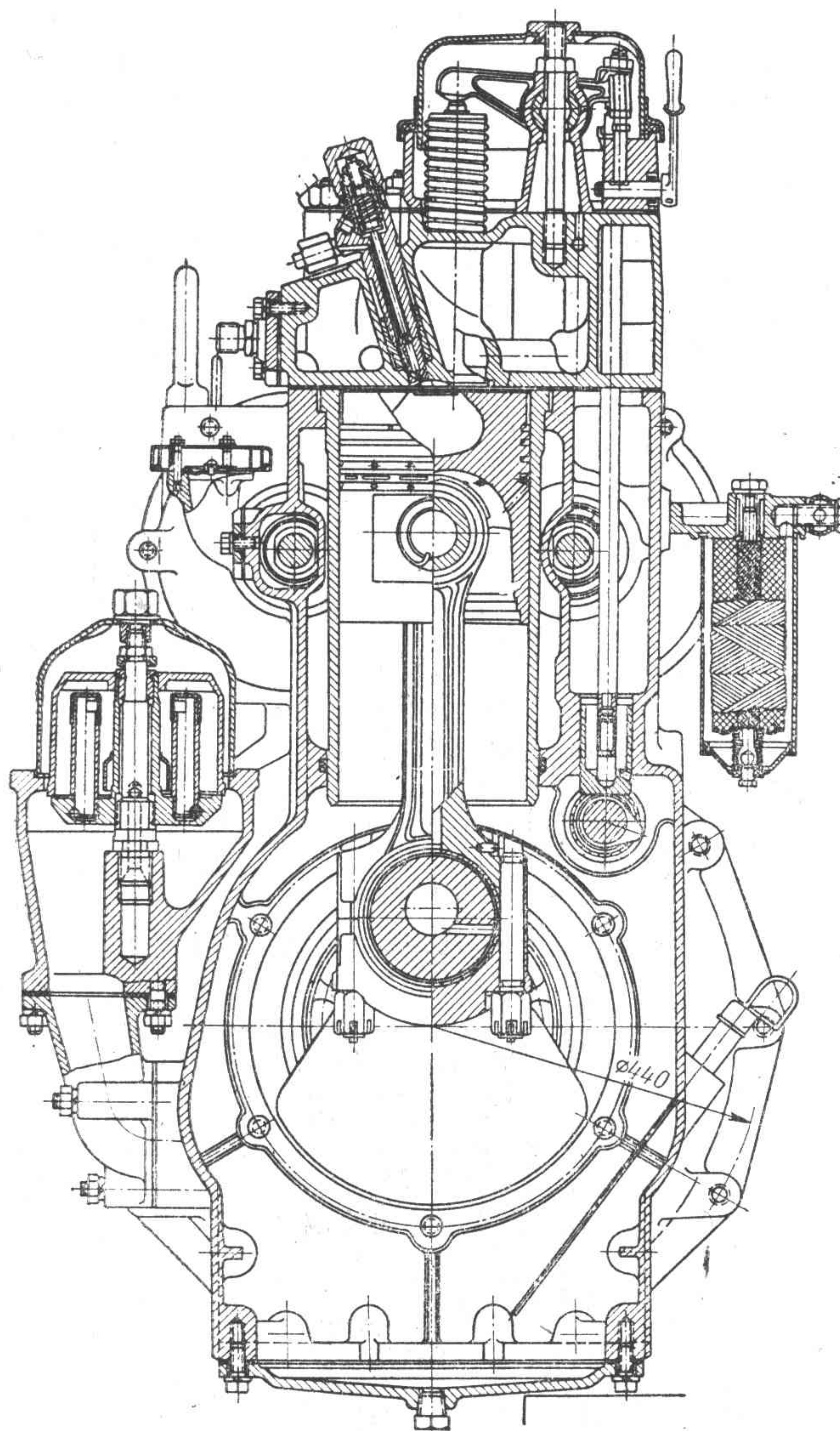


Рис. 52. Поперечный разрез дизеля Д-20

Продолжение табл. 2

Марка двигателя	Вес шатунной группы в г							вес, отнесенный к головкам	
	шатунa	втулки верхней головки	крышки шатунa	вкладыша шатунного подшипника	шатунного болта	общий		верхней	нижней
КДМ-46	5440	382,0	1950	415	330,0	9262		2600	6662
6КДМ-50	5440	382,0	1950	415	330,0	9262		2600	6662
ЯАЗ-204	1985	66,5	596	163	64,0	3140		1230	1900
ЯАЗ-206	1985	66,5	596	163	64,0	3140		1230	1900
Д-6	3281	390,0	1172	162	38,0	5205		1115	4090
ЯМЗ-236	2838	70,0	897	150	115,0	4335		1210	3125
ЯМЗ-238	2838	70,0	897	150	115,0	4335		1210	3125
ЯМЗ-240	2838	70,0	897	150	115,0	4335		1210	3125
Д-12А	4366	390,0	1172	162	38,0	6370		1420	4950
Д-12-525	4366	390,0	1172	162	38,0	6370		1420	4950
УД-1	560	10,0	96	—	28,0	722		197	525
УНД-5	228	11,0	96	18	21,2	439		125	314
УД-2	560	10,0	96	—	28,0	722		197	525
УНД-7	228	11,0	96	18	21,2	439		125	314
УНД-10	228	11,0	96	18	21,2	439		125	314

ТАБЛИЦА 3

Вес элементов коленчатого вала

Марка двигателя	Вес группы коленчатого вала в г			Отклонение веса в г		
	коленчатого вала	съёмного противовеса	маховика	поршня	шатунa	поршня в сборе с шатуном
МЗМА-400	9 722	—	9 700	5	7	12
МЗМА-407	10 485	—	8 350	5	7	12
МеМЗ-965	6 628	—	5 327	3	5	7

Продолжение табл. 3

Марка двигателя	Вес группы коленчатого вала в г			Отклонение веса в г		
	коленчатого вала	съёмного противовеса	маховика	поршня	шатуна	поршня в сборе с шатуном
М-20	24 400	—	13 700	6	8	14
М-21	16 900	—	12 500	6	8	14
ГАЗ-12	30 800	—	26 500	6	8	14
ГАЗ-13	28 300	—	26 500	6	8	14
ЗИЛ-110	40 000	—	24 300	2	10	12
ЗИЛ-111	38 400	—	—	8	12	20
ЗИЛ-120	44 000	—	27 060	8	12	20
ГАЗ-51	30 800	—	15 750	6	8	14
ГАЗ-66	30 000	—	13 700	6	8	14
ГАЗ-41	28 300	—	15 700	6	8	14
Урал-5М	44 000	—	33 800	10	12	22
ЗИЛ-130	38 440	—	21 200	8	10	18
ЗИЛ-375	38 400	—	21 200	8	10	18
Д-16	10 000	—	32 600	10	20	30
Д-20	26 580	—	95 100	10	20	30
Д-30	25 340	—	24 420	10	20	30
Д-35	57 500	—	60 050	10	20	30
Д-37	27 040	—	24 420	10	20	30
Д-48	—	—	—	10	20	30
Д-54	62 050	2754	85 740	30	30	60
СМД-7	—	—	45 500	7	30	37
Д-75	62 050	2754	85 740	30	30	60
СМД-14	—	—	45 500	7	30	37
КДМ-46	123 000	2723	165 000	15	40	55
6КДМ-50	184 723	—	77 400	15	40	55
ЯАЗ-204	52 130	2858	76 000	20	20	40
ЯАЗ-206	76 086	—	77 600	20	20	40
Д-6	84 400	—	—	10	25	35

Продолжение табл. 3

Марка двигателя	Вес группы коленчатого вала в г			Отклонение веса в г		
	коленчатого вала	съемного противовеса	маховика	поршня	шатуна	поршня в сборе с шатуном
ЯМЗ-236	72 500	2900	66 100	20	20	40
ЯМЗ-238	94 130	2900	65 000	20	20	40
ЯМЗ-240	—	—	—	20	20	40
Д-12А	102 500	—	—	10	25	35
Д-12-525	102 500	—	—	10	25	35
УД-1	4 438	—	8 159	—	—	—
УД-2	6 954	—	—	—	—	—

§ 7. ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Динамический расчет двигателя производится с целью исследования нагрузок, действующих на детали кривошипно-шатунного механизма; определения расчетных режимов и положений кривошипа; получения сил для прочностного расчета.

Процессы, протекающие во всех цилиндрах двигателя, одинаковы, поэтому динамический расчет сводится к расчету одного цилиндра.

Расчет ведется на рабочий цикл двигателя, т. е. 720° п. к. в. для четырехтактного и 360° п. к. в. для двухтактного.

Существует три метода динамического расчета: аналитический; графический; графоаналитический.

Аналитический метод расчета удобен для выявления физической сущности явлений, происходящих в двигателе. Графический метод удобен при реальном проектировании, так как значительно сокращает время расчета. Аналитический метод изложен в разделе расчета коленчатого вала на износ.

Сущность динамического расчета сводится к определению нагрузок, действующих на детали кривошипно-шатунного механизма от давления газов, сил инерции, суммарных сил.

Определение нагрузок от давления газов на поршень производится по индикаторной

диаграмме (рис. 3) для режима максимальной мощности. Под индикаторной диаграммой строится вспомогательная полуокружность из центра o с радиусом, равным половине хода поршня в масштабе.

В направлении н. м. т. наносится центр o'' на расстоянии поправки Брикса, величина которой дана на рисунке. Из центра o'' под углами $22,5^\circ$ проводятся лучи до пересечения с полуокружностью. Из точек на полуокружности проводятся вертикальные линии до пересечения с линиями индикаторной диаграммы. По точкам пересечения линий диаграммы с вертикальными линиями определяют величину давления газов на поршень.

Нагрузка от сил инерции, отнесенная к единице площади поршня (как и давление газов), строится графически. Из центра o (рис. 53) чертят полуокружность, условно изображающую путь шатунной шейки за ход поршня.

В сторону н. м. т. от центра o откладывается поправка Брикса. Из нового центра o' вычерчиваются две полуокружности радиусами Q_1 и Q_2 :

$$Q_1 = m_A R \omega^2 a;$$

$$Q_2 = \lambda Q_1,$$

где R — длина кривошипа;
 ω — угловая скорость;

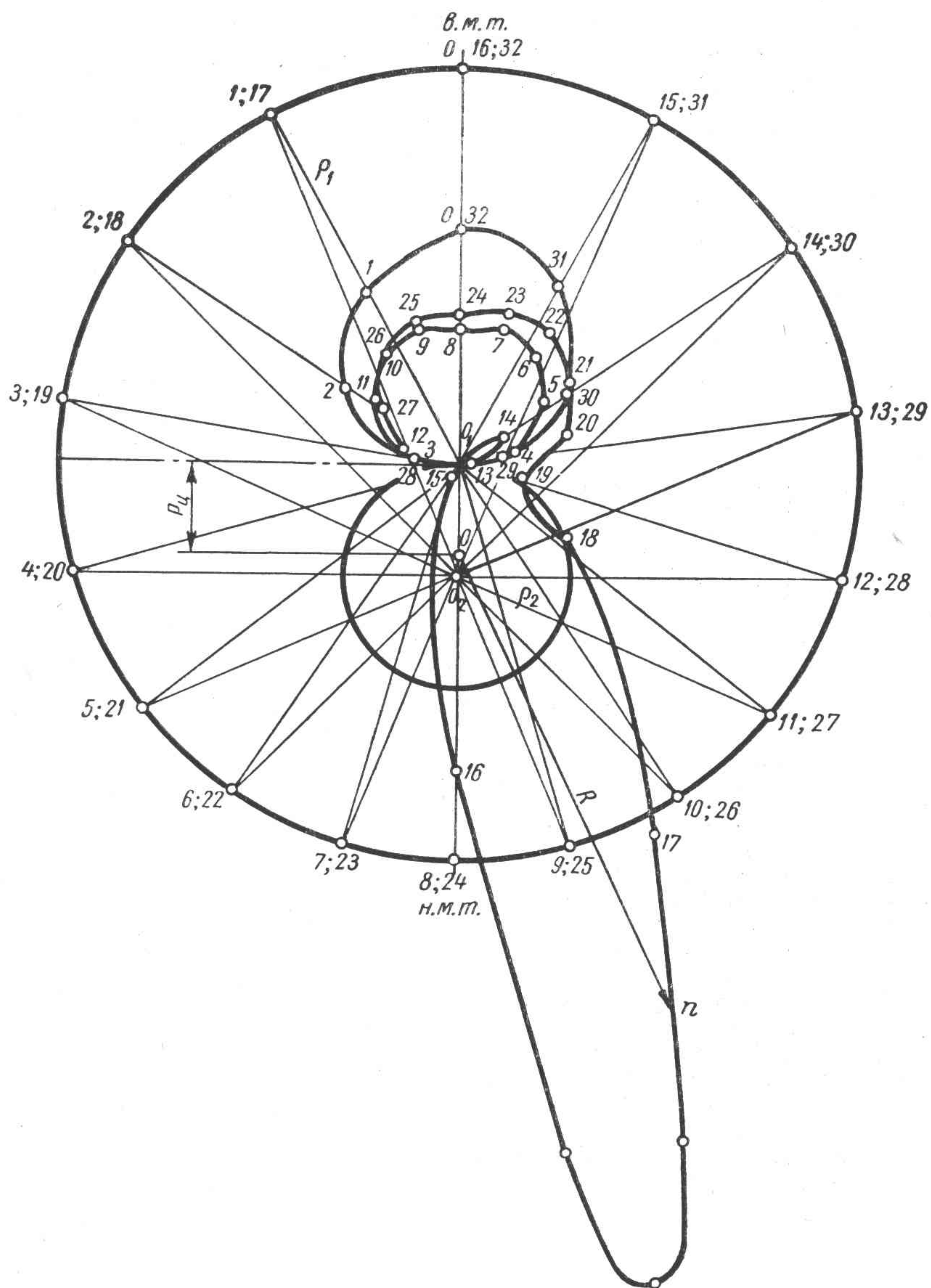


Рис. 56. Полярная диаграмма сил, действующих на шейку вала

Для определения тангенциальной и радиальной силы нужно провести из точки f линию, параллельную направлению кривошипа ok , и опустить на нее из точки n перпендикуляр. Отрезок fd изобразит в масштабе чертежа радиальную силу Z , а отрезок nd — тангенциальную силу T .

Диаграммы изменения сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме

коленчатого вала, а точка o_1 — ось шатунной шейки.

Из развернутой диаграммы сил переносим векторы сил $P_{ш}$ и откладываем их от центра o_1 по направлению шатуна с учетом знака силы. Если сила действует в сторону в. м. т. — знак минус, в сторону н. м. т. — плюс.

Для определения результирующей силы, действующей на шатунную шейку, надо учесть

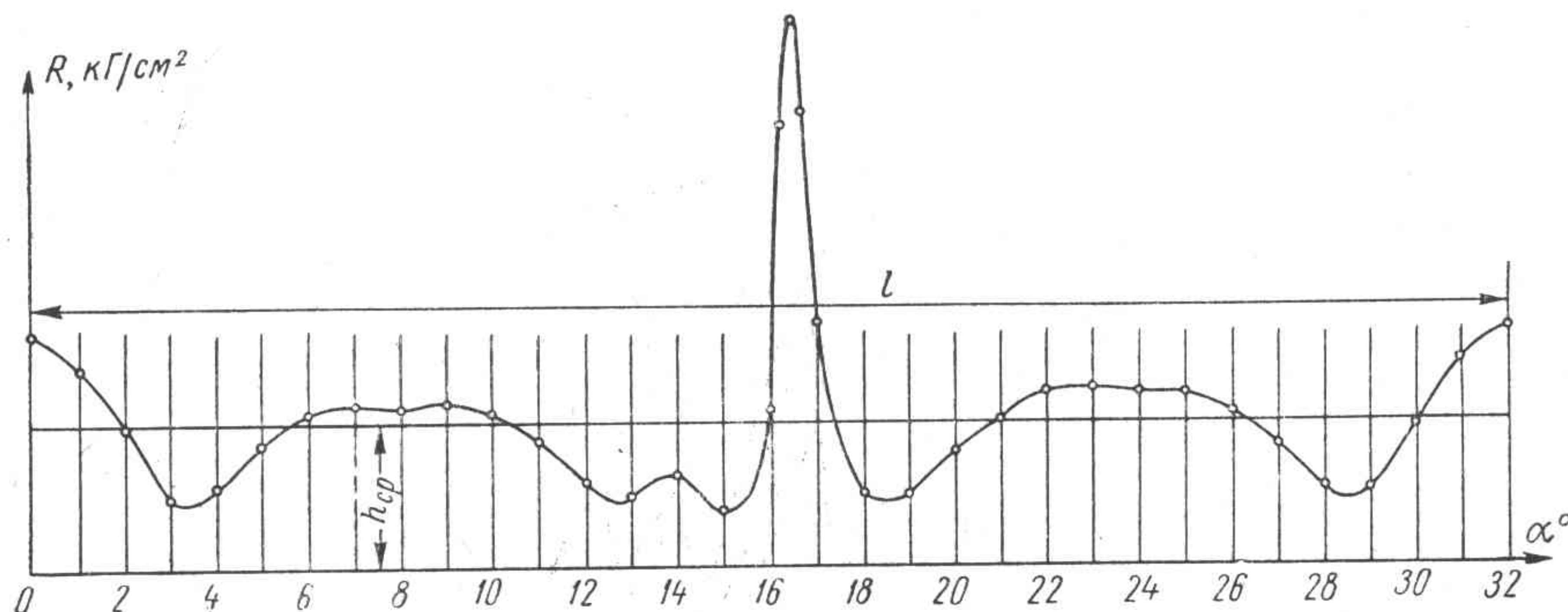


Рис. 57. Развернутая полярная диаграмма

четырехтактного двигателя, приведены на рис. 55.

Для расчета подшипников коленчатого вала необходимо иметь полярную диаграмму сил, действующих на шейки вала.

Из центра o_1 (рис. 56) вычерчивается окружность радиусом q_1 в масштабе, изображающая длину шатуна. Вторая окружность строится внутри первой с радиусом $q_2 = \lambda q_1$ так, как показано на рисунке.

Окружность радиусом q_2 делим на шестнадцать частей. Из центра o_2 проводим лучи до встречи с окружностью радиусом q_1 . Точки пересечения лучей с окружностью нумеруем как показано на рисунке и соединяем с центром o_1 . Получаем кинематическую схему механизма, в котором точка o_2 — ось

еще центробежную силу вращающейся части шатуна

$$P_{j0ш} = (0,7 \div 0,8) m_{ш}^B R \omega^2,$$

где $m_{ш}^B$ — масса шатуна, отнесенная к площади поршня.

Величина силы $P_{j0ш}$ постоянна по величине и направлена всегда вдоль кривошипа. Отложив ее в масштабе сил вниз от центра o_1 , получим полюс o .

Результирующая сила R определится для 1-го положения кривошипа отрезком on .

Соединив концы построенных таким образом векторов, получим полярную диаграмму сил, а на рис. 57 приведена развернутая полярная диаграмма.

ГЛАВА II

КОРПУС ДВИГАТЕЛЯ

§ 8. РАСЧЕТ КОРПУСА ДВИГАТЕЛЯ

У большинства современных двигателей блок цилиндров и картер изготовлены в одной отливке, которая выполняет роль корпуса двигателя. К деталям корпуса относятся также другие неподвижные детали двигателя: головка блока, поддон картера, крышка шестерен газораспределения, гильза цилиндра, корпус водяного и масляного насосов, крышка оси коромысел, детали уплотнения.

На корпусе размещаются все механизмы двигателя. При работе двигателя главные детали корпуса: блок-картер, головка блока, гильза цилиндра, корпуса и крышки насосов подвергаются воздействию знакопеременных динамических и тепловых нагрузок.

Основные требования, предъявляемые к деталям корпуса, определяются его функциями в двигателе: высокая механическая прочность, достаточная жесткость, минимальный вес, хорошая теплопроводность, технологичность конструкции.

Требования, предъявляемые к деталям корпуса, удовлетворяются выбором материалов и рациональными конструктивными формами, которые приведены в соответствующих таблицах и чертежах данного справочника. Из деталей корпуса двигателя расчету подвергаются блок-картер, гильза цилиндра, головка блока, корпус масляного и крышка водяного насосов, шпильки крепления головки блока.

Расчет деталей корпуса двигателя производится в два этапа: расчет на прочность, тепловой расчет.

Расчет на прочность

Расчет на прочность заключается в определении напряжений растяжения, сжатия и изгиба в деталях корпуса.

Блок-картер двигателя подвергается воздействию суммарной силы R , действующей на стенку блок-картера.

Суммарная сила складывается из силы давления газов, действующей на площадь камеры сгорания, отнесенную к числу шпилек, проходящих на цилиндр,

$$P_{z \max} = \frac{0,95 p_z D_{ц}^2}{z} \text{ кг}, \quad (103)$$

где $D_{ц}$ — диаметр цилиндра;
 z — число шпилек,

и максимальной силы инерции при разном числе оборотов, отнесенной к числу болтов крепления двух крышек коренных подшипников,

$$P_j = \frac{[m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^B] R \omega_p^2}{z_1} \text{ кг}, \quad (104)$$

где m_A — масса, приведенная к оси поршневого пальца;

$m_{ш}^B$ — масса шатуна, приведенная к оси шатунной шейки;

z_1 — число болтов крепления двух крышек;

ω_p — угловая скорость при разном числе оборотов.

Поскольку число шпилек крепления головки, приходящееся на одну боковую стенку,

у большинства двигателей равно двум, а болтов крепления крышек коренных подшипников — четырем, то

$$R = \frac{1,9p_z D_{\text{ц}}^2}{z} + \frac{2R\omega_p^2 [m_A(1+\lambda) + m_{\text{ш}}^B]}{z_1} \text{ кГ.} \quad (105)$$

Суммарная сила R вызывает напряжения разрыва стенки водяной рубашки блока

$$\sigma_p = \frac{R}{l_{\text{э}}\delta_{\text{в}}} \text{ кГ/см}^2, \quad (106)$$

где $l_{\text{э}}$ — эквивалентная длина разрыва, равная двум диаметрам цилиндра;

$\delta_{\text{в}}$ — толщина стенки водяной рубашки.

Сила давления газов вызывает изгиб стенки картера в месте перехода ее в стенку блока

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{0,475p_z D_{\text{ц}}^2 \cos \frac{\gamma}{2} (B_{\text{бв}} - B_{\text{кн}})}{l_{\text{э}}\delta_{\text{к}}^2} \text{ кГ/см}^2, \quad (107)$$

где $\delta_{\text{к}}$ — толщина стенки картера;

γ — угол развала цилиндров;

$B_{\text{бв}}$ — ширина блока сверху;

$B_{\text{кн}}$ — ширина картера внизу.

Такие же напряжения действуют на наклонные стенки в развале блока.

Сила давления газов, действующая на площадь камеры сгорания, вызывает срез болтов крепления картера маховика

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{0,95p_z D_{\text{ц}}^2}{0,785d_{\text{б}}^2 z'} \text{ кГ/см}^2, \quad (108)$$

где $d_{\text{б}}$ — диаметр болта крепления картера маховика;

z' — число болтов.

Болты крепления картера маховика и болты крепления передней опоры двигателя подвергаются срезу под действием силы тяжести двигателя:

$$\sigma'_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{дв}}}{0,785d_{\text{б}}^2 z'} \text{ кГ/см}^2. \quad (109)$$

Результирующее напряжение среза болтов

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{\text{ср}} + \sigma'_{\text{ср}} \text{ кГ/см}^2. \quad (110)$$

Гильза цилиндра двигателя рассчитывается на разрыв и изгиб под действием максимальной силы давления газов.

Напряжение разрыва по образующей

$$\sigma_p = \frac{p_z D_{\text{ц}}}{2\delta} \text{ кГ/см}^2, \quad (111)$$

где δ — толщина стенки гильзы.

Напряжение разрыва по кольцевому сечению

$$\sigma'_p = \frac{p_z D_{\text{ц}}}{4\delta} \text{ кГ/см}^2. \quad (112)$$

Напряжение изгиба гильзы

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{0,08p_z D_{\text{ц}}^2 l}{0,1 \left(\frac{D_{\text{г}}^4 - D_{\text{ц}}^4}{D_{\text{г}}} \right)} \text{ кГ/см}^2, \quad (113)$$

где $D_{\text{г}}$ — наружный диаметр гильзы.

Результирующее напряжение в стенке гильзы

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma'_p + \sigma_{\text{и}} \text{ кГ/см}^2. \quad (114)$$

Головка блока рассчитывается на изгиб под действием максимальной силы давления газов. Стенка камеры сгорания головки верхнеклапанного двигателя считается как эллиптическая или круглая пластина с защемленными краями.

Напряжение изгиба в стенке с учетом влияния перемычек

$$\sigma_{\text{и}} = 0,17 \frac{p_z D_{\text{ц}}^2}{\delta_{\text{к}}^2} \text{ кГ/см}^2. \quad (115)$$

Шпильки головки блока рассчитываются на разрыв с учетом предварительной затяжки. Под действием силы

$$P_{\text{з}} = 0,94p_z D_{\text{ц}}^2 \text{ кГ} \quad (116)$$

напряжение разрыва шпильки

$$\sigma_p = \frac{0,94p_z D_{\text{ц}}^2}{0,785d_{\text{ш}}^2 z_{\text{ш}}} \text{ кГ/см}^2, \quad (117)$$

где $d_{ш}$ — диаметр шпильки;

$z_{ш}$ — число шпилек на один цилиндр.

Шпильки крепления крышки шестерен газораспределения, корпуса масляного насоса и крышки водяного насоса рассчитываются по величине давления и по площади, на которую действует это давление: для масляного насоса усилие затяжки

$$P'_3 = 1,88 p_m d_{ш}^2 \text{ кг}, \quad (118)$$

где $d_{ш}$ — наружный диаметр шестерни насоса;

p_m — давление в системе смазки; для крышки водяного насоса

$$P''_3 = 1,84 p_v d_k^2 \text{ кг}, \quad (119)$$

где d_k — диаметр крыльчатки;

p_v — давление в системе охлаждения.

Напряжение в шпильках будет

$$\sigma_p = \frac{P_3}{0,785 d^2 z} \text{ кг/см}^2. \quad (120)$$

Тепловой расчет

Тепловой расчет деталей корпуса заключается в определении дополнительных тепловых напряжений, возникающих в деталях корпуса при работе двигателя в условиях низких и высоких температур окружающего воздуха. Эти напряжения действуют в период пуска двигателя, пока его тепловое состояние отлично от расчетного.

Тепловые напряжения действуют в следующих сопряжениях деталей корпуса: направляющая клапана, головка блока; седло клапана, головка блока; шпилька крепления головки, блок; направляющая толкателя, толкатель; гильза, блок; коленчатый вал, блок.

Под действием температурного напора в сопряжении появляется дополнительный натяг

$$\delta = \pm \Delta t (d\alpha - d_1\alpha_1) \pm \Delta \text{ мм},$$

где Δt — температурный напор;

d, d_1 — внутренний и наружный диаметры охватываемой детали;

Δ — расчетный зазор.

Под действием натяга появляется равномерно-распределенная нагрузка

$$p = \frac{\delta 10^{-3}}{\left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right) d} \text{ кг/мм}^2, \quad (121)$$

где E_1, E_2 — модули упругости охватываемой и охватывающей деталей;

c_1, c_2 — коэффициенты, характеризующие остаточную деформацию материала;

$$c_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1; \quad c_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} - \mu_2, \quad (122)$$

где μ_1, μ_2 — коэффициенты Пуассона материала; $\mu_1 = 0,25$; $\mu_2 = 0,34$,

d_2 — диаметр охватывающей детали.

Тепловые нагрузки вызывают напряжения разрыва охватывающей детали

$$\sigma_p = \frac{p d_2}{2 \delta_d} \text{ кг/см}^2, \quad (123)$$

где δ_d — толщина стенки охватывающей детали.

В период пуска двигателя тепловые напряжения складываются с напряжениями от действия давления газов. Результирующие напряжения, действующие на детали

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_u^2} \text{ кг/см}^2. \quad (124)$$

Величины напряжений (в кг/см^2), действующих в деталях корпуса, приведены ниже.

Детали корпуса	Серый чугун	Чугун специальный	Алюминиевые сплавы
Блок-картер . .	500—550	590—600	300—350
Гильза цилиндра	590—600	770—800	—
Головка блока .	490—520	500—550	300—350
Шпильки крепления (сталь) . .	3400	4900	—

§ 9. БЛОК-КАРТЕРЫ

ТАБЛИЦА 4

Гильзы и зеркала цилиндров

Марка двигателя	Материал ¹		Диаметр цилиндра в мм	Тип гильзы	Диаметр посадочного пояса в мм		Длина в мм	
	блок-картера	гильзы			гильзы	блока	цилиндра	гильзы
МЗМА-400	СПЧ	СПЧ	67,50 67,49	С	71,09 71,06	71,07 70 88	147,0	40,5
МЗМА-407	СПЧ	СПЧ	76,165 76,155	С	—	—	144,1 143,9	40,1 39,9
МеМЗ-965	МЛ-5	СПЧ	66,018 66,0	—	77,85 77,80	105,0	105,0	—
М-20	СЧ 24-44	ЛЧ	82,0 82,012	С	86,14 86,105	86,0 86,035	192,0	144,2 143,8
М-21	АЛ4	СЧ 24-44	92,06 92,0	М	99,982 99,962	100,054 100,0	147,027 146,973	155,0 154,74
ГАЗ-12	СЧ 24-44	ЛЧ	82,0 82,012	С	86,14 86,105	86,0 86,035	202,0	50,7 50,3
ГАЗ-13	АЛ4	СЧ 24-44	100,06 100,0	М	107,985 107,982	108,054 108,0	164,027 163,973	170,0 169,74
ЗИЛ-110	СЧ 18-36	—	90,0 90,006	—	—	—	205,0	—
ЗИЛ-111	АЛ4	СПЧ	100,06 100,0	М	131,00 131,80	132,070 132,062	169,0 168,4	170,0 169,47
ЗИЛ-120	СЧ 15-32	—	101,58 101,56	—	—	—	210,0	—
ГАЗ-51	СЧ 24-44	ЛЧ	82,0 82,012	С	86,14 86,105	86,0 86,035	202,0	50,7 50,3
ГАЗ-66	АЛ-4	СЧ 24-44	92,06 92,0	М	99,982 99,962	100,054 100,0	147,027 146,973	155,0 157,74
ГАЗ-41	АЛ4	СЧ 24-44	100,06 100,0	М	107,985 107,982	108,054 108,0	164,027 163,973	170,0 169,74
Урал-5М	СЧ 15-32	—	101,58 101,56	—	—	—	215,0	—
ЗИЛ-130	СЧ 18-36	СПЧ	100,06 100,0	М	125,0 124,96	125,04 125,0	169,0 168,4	170,0 169,47

¹ СПЧ — специальный чугун; ЛЧ — легированный чугун; ЛС — легированная сталь.

Продолжение табл. 4

Марка двигателя	Материал ¹		Диаметр цилиндра в мм	Тип гильзы	Диаметр посадочного пояса в мм		Длина в мм	
	блок-картера	гильзы			гильзы	блока	цилиндра	гильзы
ЗИЛ-375	СЧ 18-36	СПЧ	108,6 108,0	М	125,0 124,96	125,04 125,0	169,0 168,4	170,0 169,47
Д-16	СЧ 15-32	СЧ 21-40	95,06 95,04	С	107,95 107,86	108,07 100,0	—	232,58 231,42
Д-20	СЧ 15-32	СЧ 21-40	125,09 125,07	М	143,9 143,845	144,07 144,0	255,7	270,1 269,9
Д-30	СЧ 18-36	ЛЧ	95,06 95,04	С	107,95 107,86	108,07 100,0	—	231,058 231,0
Д-35	СЧ 18-36	СПЧ	100,0 100,035	М	119,92 119,875	120,0 120,054	—	262,0 261,5
Д-37	СЧ 18-36	ЛЧ	105,06 105,0	С	115,95 115,86	116,14 116,0	241,58 240,42	—
Д-48	СЧ 15-32	СЧ 21-40	105,06 105,04	М	122,85 122,86	123,054 123,0	220,0	263,1 263,0
Д-54	СЧ 15-32	СЧ 21-40	125,07 125,01	М	143,9 143,85	144,0 144,08	—	292,0
СМД-7	СЧ 21-40	СПЧ	115,06 115,04	М	132,9 132,845	133,08 133,0	202,06 201,94	242,75 241,25
Д-75	СЧ 15-32	ЛЧ	125,07 125,01	М	143,9 143,85	144,0 144,08	274,0	292,0
СМД-14	СЧ 18-36	СПЧ	120,06 120,04	М	134,95 134,91	135,08 135,0	217,0	262,0
КДМ-46	СЧ 21-40	ЛЧ	145,08 145,06	М	172,0 171,92	172,105 172,05	360,0	380,8 379,2
6КДМ-50	СЧ 21-40	ЛЧ	145,08 145,06	М	172,0 171,92	172,105 172,05	360,0	380,8 379,2
ЯАЗ-204	СПЧ	СПЧ	107,97 107,957	С	117,513 117,487	117,538 117,513	282,0	282,0

¹ СПЧ — специальный чугун; ЛЧ — легированный чугун; ЛС — легированная сталь.

Продолжение табл. 4

Марка двигателя	Материал ¹		Диаметр цилиндра в мм	Тип гильзы	Диаметр посадочного пояса в мм		Длина в мм	
	блок-картера	гильзы			гильзы	блока	цилиндра	гильзы
ЯАЗ-206	СПЧ	СПЧ	107,97 107,957	С	117,513 117,487	117,538 117,513	282,0	282,0
Д-6	СПЧ	ЛС	150,0 150,04	М	159,93 160,0	160,0 160,04	217,65 217,55	278,0
ЯМЗ-236	СПЧ	СПЧ	130,04 130,0	М	153,0 152,96	153,04 153,0	230,0	281,04 281,0
ЯМЗ-238	СПЧ	СПЧ	130,04 130,0	М	153,0 152,96	153,04 153,0	230,0	281,04 281,0
ЯМЗ-240	СПЧ	СПЧ	130,04 130,0	М	153,0 152,96	153,04 153,0	230,0	281,04 281,0
Д-12А	СПЧ	ЛС	150,0 150,04	М	159,93 160,0	160,0 160,04	217,65 217,55	278,0
Д-12-525	СПЧ	ЛС	150,0 150,04	М	159,93 160,0	160,0 160,04	217,65 217,55	278,0
УД-1	СЧ 21-40	СПЧ	72,009 72,018	—	79,85 79,80	80,57 80,18	149,0	—
УНД-5	АЛ4	СПЧ	72,009 72,018	—	79,85 79,80	80,57 80,18	149,0	—
УД-2	СЧ 21-40	СПЧ	72,009 72,018	—	79,85 79,80	80,57 80,18	149,0	—
УНД-7	АЛ4	СПЧ	66,009 66,0	—	77,85 77,80	105,0	105,0	—
УНД-10	АЛ4	СПЧ	72,009 72,018	—	79,85 79,80	80,57 80,18	149,0	—

¹ СПЧ — специальный чугун; ЛЧ — легированный чугун; ЛС — легированная сталь.

ТАБЛИЦА 5

Водяные рубашки блоков

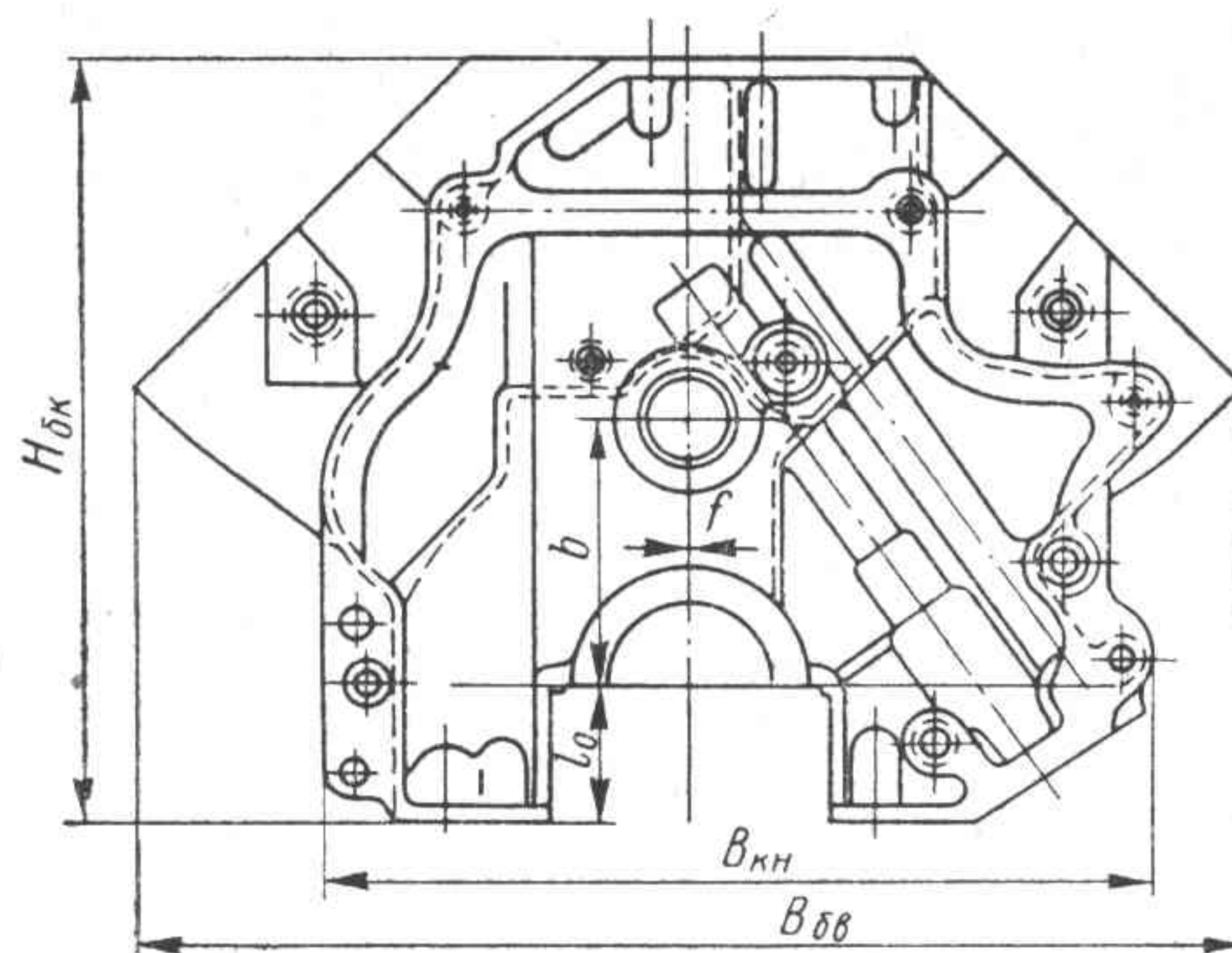
Марка двигателя	Расстояние в мм		Толщина стенок в мм			Ширина водяного промежутка в мм		Наибольшая длина в мм	
	между осями цилиндра	до передней плоскости блока	цилиндра	рубашки	картера	b	b_{cp}	блока	картера
МЗМА-400	117	79,38	6	4	4	4,5	39	409	468,33
МЗМА-407	84	70,5	6	4	6	6	—	435	465
МеМЗ-965	105	—	6	—	6	—	—	—	352
М-20	103 107	72	7	5,5	5	7	11	448	479,1
М-21	116	91	6	6	6	6	—	475	509
ГАЗ-12	90 99	68	5,1	5	5	6,8	—	600	630
ГАЗ-13	122	85	6	6	5	6	—	583	583
ЗИЛ-110	106 114	70	6	5	6	4	12	888	914
ЗИЛ-111	135	87	6	6	6	6	—	575	646
ЗИЛ-120	117 149	81	6	5	5	4	35	775	825
ГАЗ-51	90 99	68	5,1	5	5	6,8	—	600	630
ГАЗ-66	122	85	6	6	5	6	—	583	583
ГАЗ-41	122	85	6	6	5	6	—	583	583
Урал-5М	117,5 149,2	—	6,5	5	5	3	35	763	811
ЗИЛ-130	135	87	6	6	6	6	—	575	646
ЗИЛ-375	135	87	6	6	6	6	—	575	646
Д-16	152	—	7,5	—	7	—	—	—	318
Д-20	—	—	7,6	6	6	6	—	230	230
Д-30	140	87	7,5	—	7	—	—	—	596
Д-35	140 154	104	5	4	5	26	40	635	676

Продолжение табл. 5

Марка двигателя	Расстояние в мм		Толщина стенок в мм			Ширина водяного промежутка в мм		Наибольшая длина в мм	
	между осями цилиндра	до передней плоскости блока	цилиндра	рубашки	картера	b	b_{cp}	блока	картера
Д-37	140	87	7,5	—	7	—	—	—	596
Д-48	154	102	7	7	10	44	50	645	676
Д-54	183 189	—	7	7	10	44	50	797	820
СМД-7	145	108	7	7	7	10	—	638	682
Д-75	183 189	122	7	7	10	44	50	—	820
СМД-14	145	108	7	7	7	10	—	638	682
КДМ-46	245 305	165	10	9	9	80	140	1008	1170
6 КДМ-50	245 305	167	10	9	9	80	140	1510	1680
ЯАЗ-204	146,05	107,15	6	7	7	16	16	652	652
ЯАЗ-206	146,05	107,15	6	7	7	16	16	—	—
Д-6	175	185	5	8	10	10	—	1220	1290
ЯМЗ-236	200	108	8	8	8	10	—	610	652
ЯМЗ-238	200	108	8	8	8	10	—	815	870
ЯМЗ-40	200	108	8	8	8	10	—	—	—
Д-12А	175	185	5	8	10	10	—	1220	1360
Д-12-525	175	185	5	8	10	10	—	1220	1360
УД-1	—	—	6	—	5,5	—	—	—	199
УНД-5	—	—	6	—	5,5	—	—	—	144
УД-2	114	—	6	—	5,5	—	—	—	317
УНД-7	105	—	6	—	6	—	—	—	250,3
УНД-10	105	—	6	—	6	—	—	—	250,3

ТАБЛИЦА 6

Габаритные размеры блок-картера



Марка двигателя	Высота в мм		Ширина в мм		Координаты распределительного вала в мм	
	нижней плоскости от оси коленчатого вала l_0	полная блок-картера $H_{бк}$	блока вверху $B_{бв}$	картера внизу $B_{кн}$	f	b
МЗМА-400	—	241,5	168,5	262,0	47,677 47,577	91,178 91,078
МЗМА-407	—	217,0	163,0	289,0	47,627 47,527	90,0
МеМЗ-965	144,0 143,5	316,0	—	184,0	84,0	—
М-20	4,07 3,93	307,0	190,0	268,0	88,05 87,95	78,613
М-21	76,0	341,5	166,5	278,0	139,0	82,0
ГАЗ-12	4,07 3,93	312,0	195,0	285,0	95,05 94,95	70,0
ГАЗ-13	75,0	341,5	481,0	274,0	122,525 122,475	—
ЗИЛ-110	63,0	411,0	200,0	318,0	98,0	100,0

Продолжение табл. 6

Марка двигателя	Высота в мм		Ширина в мм		Координаты распределительного вала в мм	
	нижней плоскости от оси коленчатого вала l_0	полная блок-картера $H_{бк}$	блока сверху $B_{бв}$	картера снизу $B_{кн}$	f	b
ЗИЛ-111	66,1 65,9	372,0	535,0	292,0	130,266 130,166	—
ЗИЛ-120	70,0	400,0	225,0	306,0	88,0	100,0
ГАЗ-51	4,07 3,93	312,0	195,0	285,0	95,05 94,95	70,0
ГАЗ-66	75,0	341,5	481,0	274,0	122,525 122,475	—
ГАЗ-41	75,0	341,5	481,0	274,0	122,525 122,475	—
Урал-5М	—	343,0	216,0	300,0	99,0	89,0
ЗИЛ-130	66,1 65,9	372,0	535,0	292,0	130,266 130,166	—
ЗИЛ-375	66,1 65,9	372,0	535,0	292,0	130,266 130,166	—
Д-16	111,5	537,0	—	254,0	99,0	82,5
Д-20	—	627,0	178,0	202,0	83,5	72,5
Д-30	95,05 97,95	596,0	—	306,0	103,0	103,0
Д-35	110,0	530,0	208,0	338,0	130,0	90,0
Д-37	98,05 97,95	596,0	—	306,0	100,05 99,95	100,05 99,95
Д-48	109,94 109,8	530,0	235,0	341,0	128,5	90,7
Д-54	148,05 147,95	650,0	242,0	350,0	141,74	105,0
СМД-7	80,015 79,985	347,0	230,0	316,0	137,0	93,5

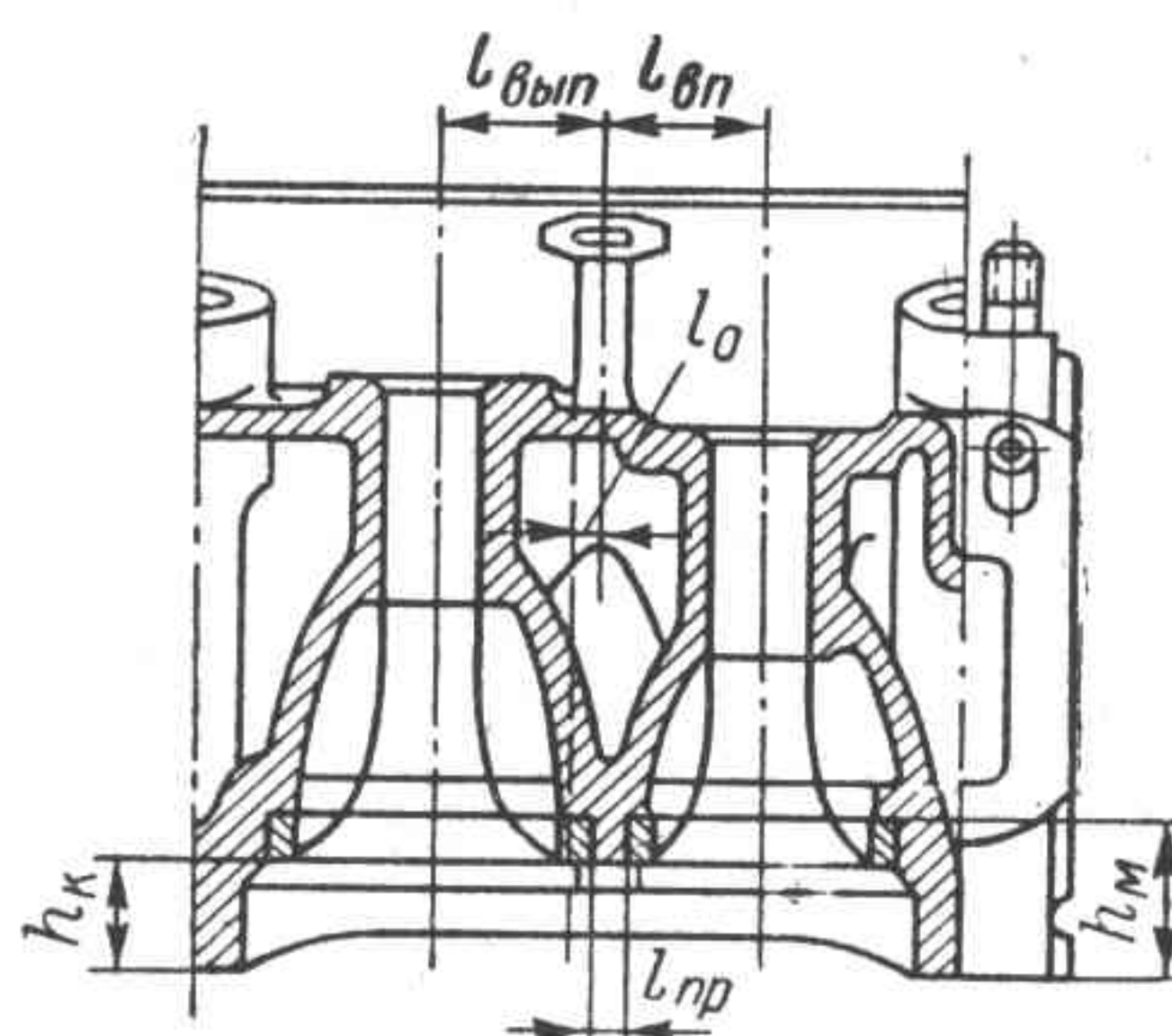
Продолжение табл. 6

Марка двигателя	Высота в мм		Ширина в мм		Координаты распределительного вала в мм	
	нижней плоскости от оси коленчатого вала l_0	полная блок-картера $H_{бк}$	блока вверху $B_{бв}$	картера внизу $B_{кн}$	f	b
Д-75	148,05 147,95	650,0	276,0	384,0	141,75	105,0
СМД-14	80,015 79,985	478,0	230,0	328,0	121,0	85,0
КДМ-46	96,0	710,0	398,0	504,0	182,767	159,0 159,05
6КДМ-50	96,0	710,0	398,0	504,0	182,767	159,0 159,05
ЯАЗ-204	120,0	530,0	300,0	345,0	370,0	106,0
ЯАЗ-206	120,0	530,0	300,0	345,0	370,0	106,0
Д-6	—	—	213,0	560,0	—	—
ЯМЗ-236	100,1 99,9	500	752	421	167,905 167,305	—
ЯМЗ-238	100,1 99,9	500	752	421	167,905 167,305	—
Д-12А	—	—	213,0	560,0	—	—
Д-12-525	—	—	213,0	560,0	—	—
УД-1	—	469,0	—	276,0	56,5	71,5
УНД-5	—	255,0	—	318,0	7,0	64,5
УД-2	—	469,0	—	276,0	56,5	71,5
УНД-7	—	255,0	—	321,5	7,0	65,25
УНД-10	—	255,0	—	321,5	7,0	65,25

§ 10. ГОЛОВКИ БЛОКОВ

ТАБЛИЦА 7

Камеры сгорания

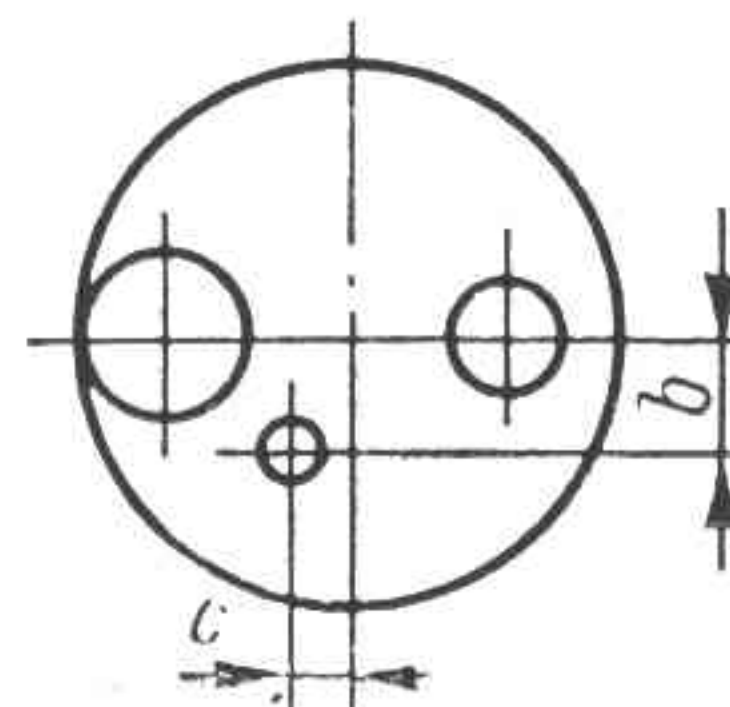


Марка двигателя	Материал головки	Камера сгорания		Размеры профиля камеры сгорания в мм					
				Координаты осей			Промежутки и перемычки		
		Тип	Объем в см ³	l_0	$l_{вп}$	$l_{вып}$	$l_{пр}$	$h_к$	$h_м$
МЗМА-400	СЧ 24-44	Л-образная	50,9	63,0	20,5	19,5	10	8,0	—
МЗМА-407	АЛ9	Клиновья	48,6	3,0	20,0	20,0	8,0	8,5	1,5
МеМЗ-965	АЛ5	»	$31 \pm 0,5$	—	17,1 16,9	18,1 17,9	20,0	9,0	12,0
М-20	АЛ2	Л-образная	102,0	71,0	22,0	25,0	13,0	12,3	—
М-21	АЛ4	Клиновья	$72 \pm 1,5$	27,0	2,0	26,5	5,0	8,0	18,7
ГАЗ-12	АЛ2	Л-образная	102,0	73,0	20,0	23,0	9,0	13,8	—
ГАЗ-13	АЛ4	Клиновья	$82 \pm 1,5$	33,0	21,0	26,5	3,6	7,0	14,6
ЗИЛ-110	СЧ 18-36	Л-образная	106,0	80,0	27,0	22,0	8,0	9,0	—
ЗИЛ-111	АЛ4	Клиновья	71,0	20,0	25,5	32,5	8,0	10,1	—
ЗИЛ-120	СЧ 15-32	Л-образная	157,5	81,0	26,0	29,0	10,0	25,0	—
ГАЗ-51	АЛ2	»	102,0	73,0	20,0	23,0	9,0	13,8	—
ГАЗ-66	АЛ4	Клиновья	$72 \pm 1,5$	33,0	21,0	26,5	3,6	7,0	14,6
ГАЗ-41	АЛ4	»	$103 \pm 1,5$	33,0	21,0	26,5	3,6	7,0	14,6
Урал-5М	СПЧ	Л-образная	218	89,0	22,5	28,5	9,0	23,4	—
ЗИЛ-130	АЛ4	Клиновья	$119 \pm 1,5$	20,0	25,5	32,5	8,0	19,1	—

Продолжение табл. 7

Марка двигателя	Материал головки	Камера сгорания		Размеры профиля камеры сгорания в мм					
				Координаты осей			Промежутки и перемычки		
		Тип	Объем в см ³	l_0	$l_{вп}$	$l_{вып}$	$l_{пр}$	h_k	h_m
ЗИЛ-375	АЛ4	Клиновая	140±1,5	20,0	25,5	32,5	8,0	19,1	—
Д-16	СЧ 21-40	Предкамера	47,0	6,0	24,0	26,0	—	—	—
Д-20	СЧ 21-40	Сферическая в поршне	114,0	14,1	30,5	33,5	—	—	—
Д-30	АЛ10В	Предкамера	51,2	11,5	24,0	26,0	—	—	—
Д-35	СПЧ	Вихревая	64,0	5,0	27,0	29,0	34,0	—	—
Д-37	АЛ10В	Сферическая в поршне	52,5	11,5	27,5	37,5	—	8,0	3,0
Д-48	СЧ 21-40	Вихревая	66,0	3,75	28,1	28,1	37,5	—	—
Д-54	СЧ 21-40	»	133,0	—	33,0	33,0	14,0	—	—
СМД-7	СЧ 21-40	»	82,0	4,0	28,5	31,0	32,6	—	—
Д-75	СЧ 21-40	»	133,0	—	33,0	33,0	14,0	—	—
СМД-14	СЧ 21-40	»	95,5	2,0	28,5	31,0	34,5	—	—
КДМ-46	СЧ 21-40	Предкамера	241,0	23,0	32,5	32,5	10,9	—	—
6 КДМ-50	СЧ 21-40	»	241,0	23,0	32,5	32,5	10,9	—	—
ЯАЗ-204	СПЧ	Полусферическая	66,0	—	—	31,0	36,0	—	—
ЯАЗ-206	СПЧ	То же	66,0	—	—	31,0	36,0	—	—
Д-6	СИЛ-0	»	244,0	—	33,5	33,5	78,0	19,0	—
ЯМЗ-236	СПЧ	Тороидная в поршне	107,0	3,5	32,5	39,5	4,0	—	—
ЯМЗ-238	СПЧ	То же	107,0	3,5	32,5	39,5	4,0	—	—
ЯМЗ-240	СПЧ	»	107,0	3,5	32,5	39,5	4,0	—	—
Д-12А	АЛ4	Полусферическая	244,0	—	33,5	33,5	78,0	19,0	—
Д-12-525	АЛ4	То же	244,0	—	33,5	33,5	78,0	19,0	—
УД-1	АЛ4В	Л-образная	61,0	72,0	22,0	22,0	—	23,0	—
УНД-5	АЛ4В	Клиновая	33,7	—	17,1 16,9	18,1 17,9	—	14,0	9,0
УД-2	АЛ4В	Л-образная	61,0	72,0	22,0	22,0	—	23,0	—
УНД-7	АЛ4В	Клиновая	31,3	—	17,1 16,9	18,1 17,9	—	14,0	9,0
УНД-10	АЛ4В	»	33,7	—	17,1 16,9	18,1 17,9	—	14,0	9,0

Болты крепления и прокладки головок блоков



Марка двигателя	Толщина стенок в мм		Высота головки в мм	Болты (шпильки) крепления			Прокладка		Координаты запальной свечи (форсунки)	
	камеры сгорания	водяной рубашки		Марка стали	Количество	Диаметр и резьба	Материал ¹	Толщина в мм	b	c
МЗМА-400	5,5—6,0	4,0—4,5	35,0	30	15	M12×1,25	АСК	1,75	70,0	8,0
МЗМА-407	7,5—8,0	5,5—6,0	94,5	40X	10	M12×1,25	АСЛ	1,75	33,0	3,0
МеМЗ-965	7,5—8,0	—	113,2	40X	8	M10×1,25	АСЛ	1,75	32,0	—
М-20	10,0	5,0	46,5	40X	23	M11	АСК	1,5	68,0	15,0
М-21	10,0	5,0	98,28	40X	10	M11	АСЛ	1,5	27,0	2,5
ГАЗ-12	10,0	5,0	48,7	40X	33	M11	АСК	1,5	73,0	10,0
ГАЗ-13	10,0	5,0	112,0	40X	16	M11	АСЛ	1,5	33,0	5,0
ЗИЛ-110	9,0	5,0	45,0	40ХН	38	M10×1,0	АМЛ	2,0	75,0	23,0
ЗИЛ-111	10,0	5,0	115,46	40X	16	M12×1,25	АСЛ	1,75	30,0	5,5
ЗИЛ-120	7,0	4,0	55,0	30	30	M12	АСЛ	1,7	81,0	23,5
ГАЗ-51	10,0	5,0	48,7	40X	33	M11	АСК	1,5	73,0	10,0
ГАЗ-66	10,0	5,0	105,0	40X	16	M11	АСЛ	1,5	33,0	5,0

Марка двигателя	Толщина стенок в мм		Высота головки в мм	Болты (шпильки) крепления			Прокладка		Координаты запальной свечи (форсунки)	
	камеры сгорания	водяной рубашки		Марка стали	Количество	Диаметр и резьба	Материал ¹	Толщина в мм	b	c
ГАЗ-41	10,0	5,0	105,0	40X	16	M11	АСЛ	1,5	33,0	5,0
Урал-5М	7,0	5,0	55,0	30	30	M12	АСК	1,8	59,5	21,5
ЗИЛ-130	10,0	5,0	115,46	40X	16	M12	АСЛ	1,75	30,0	5,5
ЗИЛ-375	10,0	5,0	115,46	40X	16	M12	АСЛ	1,75	30,0	5,5
Д-16	12	—	93,1	40X	4	M14	Сталь 08	1,4	61,0	—
Д-20	10,0	8,0	108,0	20	4	M20	АСК	1,95	12,0	—
Д-30	10,0	—	98,0	40X	4	M14	Сталь 08	1,4	—	—
Д-35	10,0	5,0	108,0	40X	23	M14	АСК	1,8	40,0	6,0
Д-37	11,0	—	93,1	40X	4	M14	Сталь 08	1,4	—	—
Д-48	14,0	8,0	108,0	40X	22	M14	АСК	1,9	40,0	5,0
Д-54	12,0	9,0	120,26	20	21	M16	АСК	1,95	50,0	—
СМД-7	12	7,0	105,0	40	19	M14	АСЛ	2,5	50,0	—
Д-75	12,0	6,0	128,0	40X	21	M16	АСЛ	2,5	50,0	—
СМД-14	12—15	7,0	105,0	40X	17	M14	АСЛ	2,5	—	—
КДМ-46	12—15	7,0	138,0	45	15	M22	АСК	2,5	21,0	—
6КДМ-50	12—15	7,0	138,0	45	15	M22	АСК	2,5	21,0	—
ЯАЗ-204	11,0	5,0	132,0	40	10	M16	Сталь 08	2,5	—	—

Марка двигателя	Толщина стенок в мм		Высота головки в мм	Болты (шпильки) крепления			Прокладка		Координаты запальной свечи (форсунки)	
	камеры сгорания	водяной рубашки		Марка стали	Количество	Диаметр и резьба	Материал ¹	Толщина в мм	b	c
ЯАЗ-206	11,0	5,0	132,0	40	14	M16	Сталь 08	2,5	—	—
Д-6	14,0	10,0	124,0	18ХНВА	14	M12×1,25	АЛ2	2,88	—	—
ЯМЗ-236	10,0	6,0	132,26	40	16	M16	АСЛ	1,4	7,0	—
ЯМЗ-238	10,0	6,0	132,26	40	20	M16	АСЛ	1,4	7,0	—
ЯМЗ-240	10,0	6,0	132,26	40	32	M16	АСЛ	1,4	7,0	—
Д-12А	14,0	10,0	124,0	18ХНВА	14	M12×1,25	АЛ2	2,88	—	—
Д-12-525	14,0	10,0	124,0	18ХНВА	14	M12×1,25	АЛ2	2,88	—	—
УД-1	7,5—8,0	—	59,0	40Х	—	M8×1,0	АСЛ	1,75	55,0	—
УНД-5	7,5—8,0	—	113,2	40Х	—	M8×1,0	АСЛ	1,75	32,0	—
УД-2	7,5—8,0	—	59,0	40Х	—	M8×1,0	АСЛ	1,75	55,0	—
УНД-7	7,5—8,0	—	113,2	40Х	—	M8×1,0	АСЛ	1,75	32,0	—
УНД-10	7,5—8,0	—	113,2	40Х	—	M8×1,0	АСК	1,75	32,0	—

¹ АСЛ — асбокартон с арматурой из стальной ленты; АСК — асбокартон с арматурой из латуни; АМЛ — асбокартон с арматурой из меди.

ГЛАВА III

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

§ 11. РАСЧЕТ ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

Детали поршневой группы в системе кривошипного механизма обеспечивают уплотнение внутрицилиндрового пространства

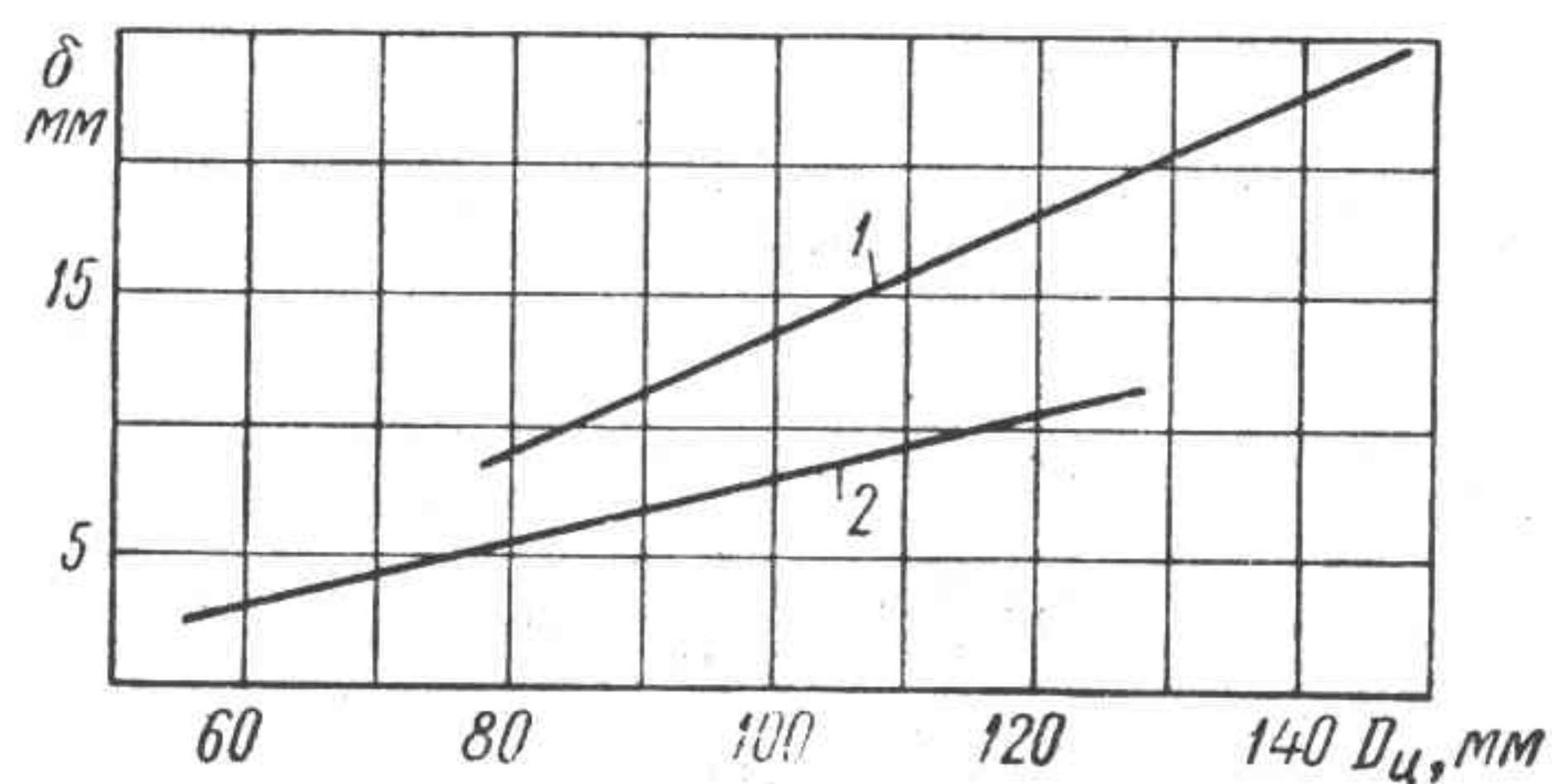


Рис. 58. Зависимость толщины днища поршня от диаметра цилиндра:

1 — дизельного двигателя; 2 — карбюраторного двигателя

и воспринимают усилие газов. Поршневая группа работает в условиях высоких температур при истечении агрессивных газов.

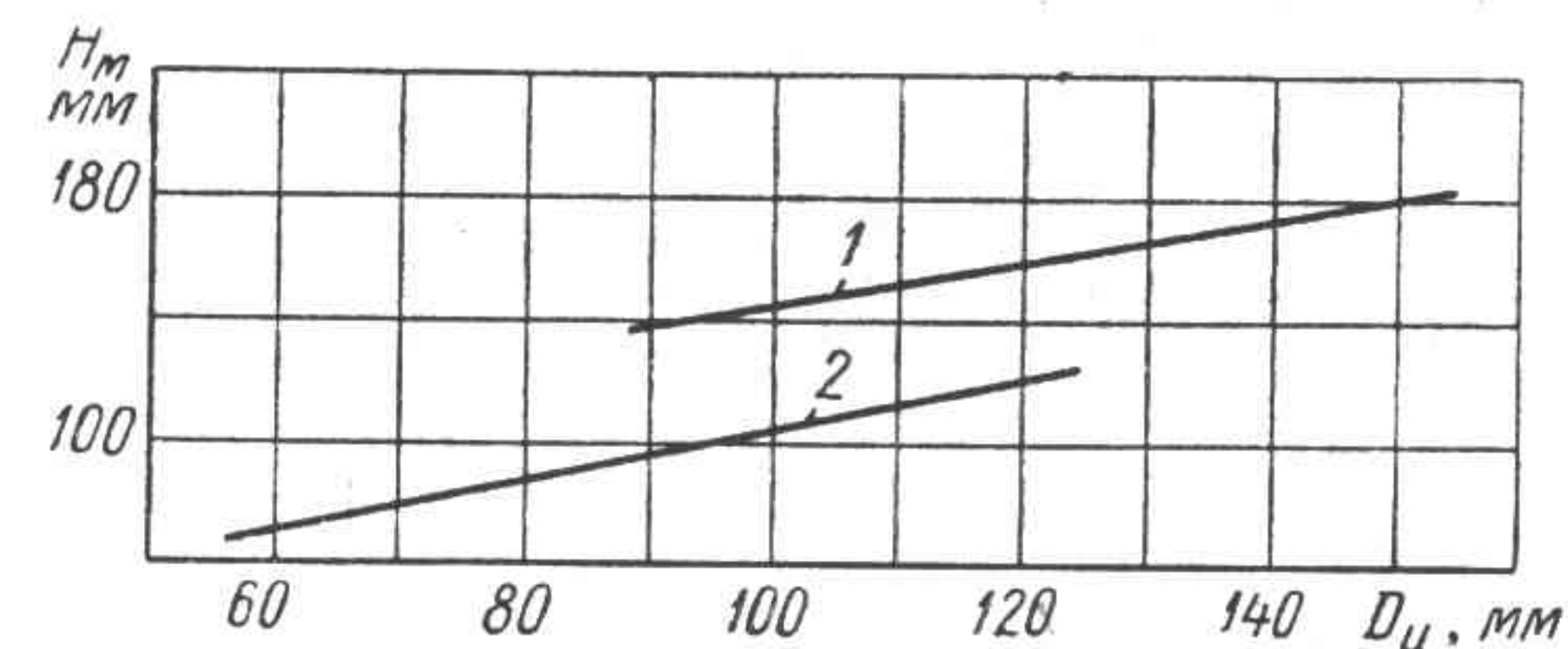


Рис. 59. Зависимость полной длины поршня от диаметра цилиндра:

1 — дизельного двигателя; 2 — карбюраторного двигателя

Основные требования к деталям поршневой группы: надежное уплотнение цилиндра; минимальный коэффициент трения; минимальный вес; эффективный теплоотвод; высокая прочность и надежность.

Основные требования, предъявляемые к поршню, пальцу, кольцам, удовлетворяются

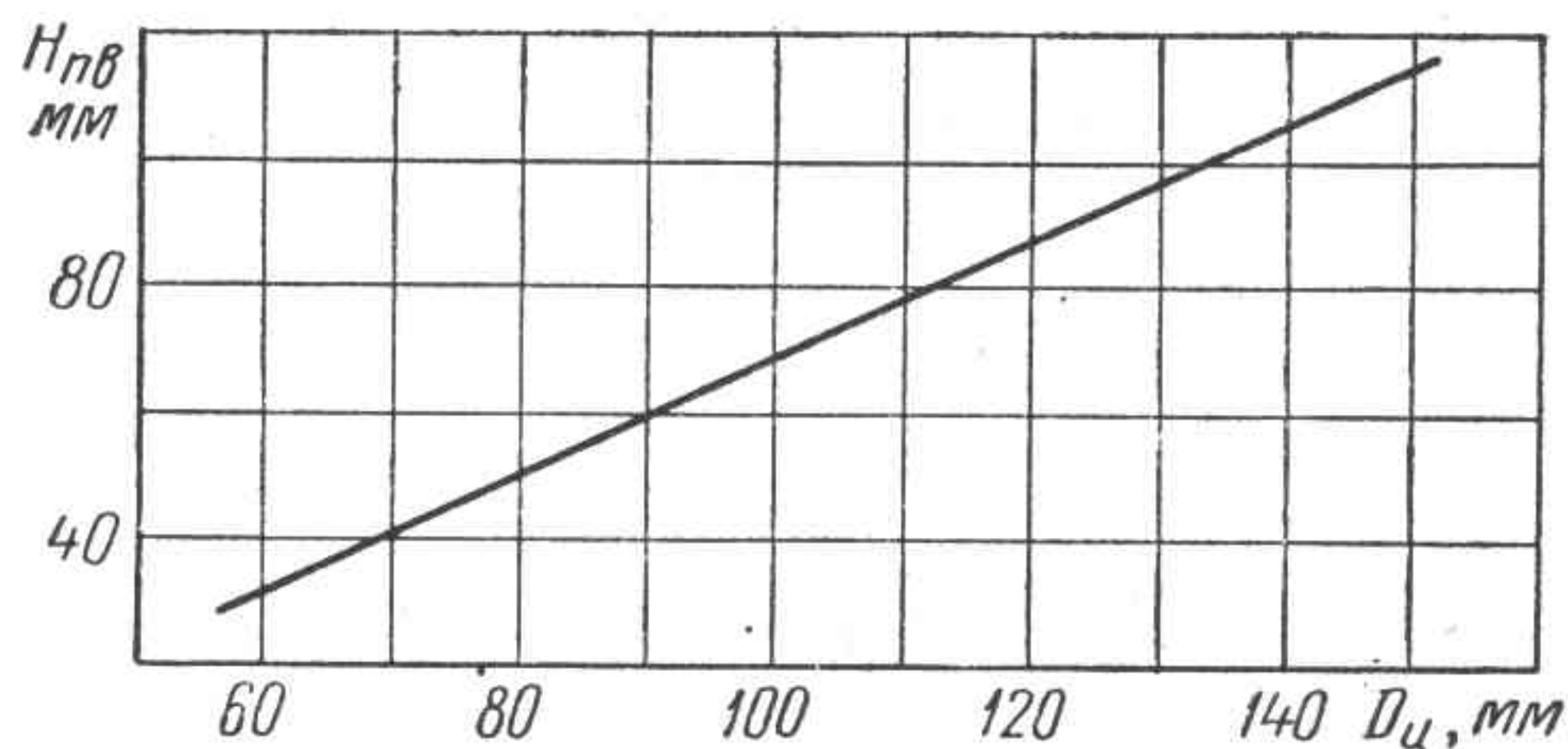


Рис. 60. Зависимость расстояния днища поршня до оси поршневого пальца от диаметра цилиндра

подбором материалов, данные по которым приведены в справочнике. Конструктивные соотношения поршней, принятые при проектировании быстроходных поршневых двигателей, приведены на графиках (рис. 58, 59, 60).

Детали поршневой группы рассчитываются в три этапа: расчет на прочность; расчет на износ; тепловой расчет.

Расчет на прочность

Расчет на прочность заключается в определении напряжений изгиба поршня, поршневых колец и пальца.

Днище поршня рассчитывается на изгиб максимальной силой давления газов.

Опасным положением при расчете поршня принимается верхняя мертвая точка для режима максимального крутящего момента.

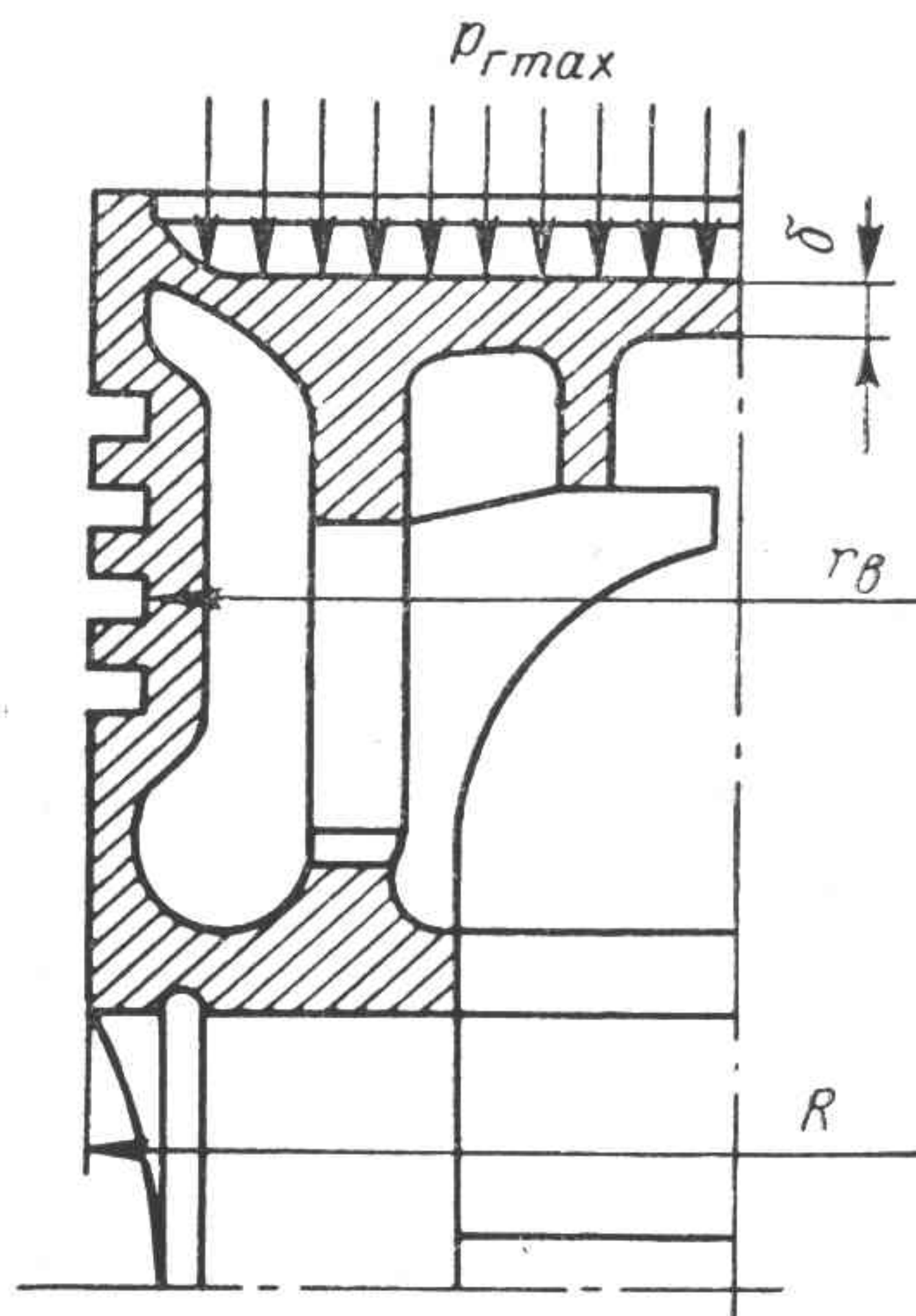


Рис. 61. Схема расчета днища поршня

Днище поршня считается как круглая пластина, опирающаяся на кольцевую опору (рис. 61). Изгибающий момент днища

$$M_{изг} = 0,3 p_z r^3 \text{ кг} \cdot \text{см}, \quad (125)$$

а напряжение изгиба

$$\sigma_u = \frac{p_z r^2}{\delta^2} \text{ кг/см}^2, \quad (126)$$

где δ — толщина стенки днища;
 r — внутренний радиус днища.

Поршень подвергается также сжатию под действием той же силы

$$\sigma_c = \frac{0,785 p_z D_{ц}^2}{0,59 (d_{ю}^2 - d_{ю1}^2)} \text{ кг/см}^2, \quad (127)$$

где $d_{ю}$, $d_{ю1}$ — наружный и внутренний диаметры юбки.

Поршневой палец рассчитывается как балка на двух опорах (рис. 62), нагруженная равномерно распределенной нагрузкой. Опоры располагают посередине длины бобышки. Нагрузка распределяется по длине верхней головки шатуна $l_{гш}$.

Момент, изгибающий палец,

$$M_{изг} = 0,196 p_z D_{ц}^2 \left(l - \frac{l_{гш}}{2} \right) \text{ кг} \cdot \text{см}. \quad (128)$$

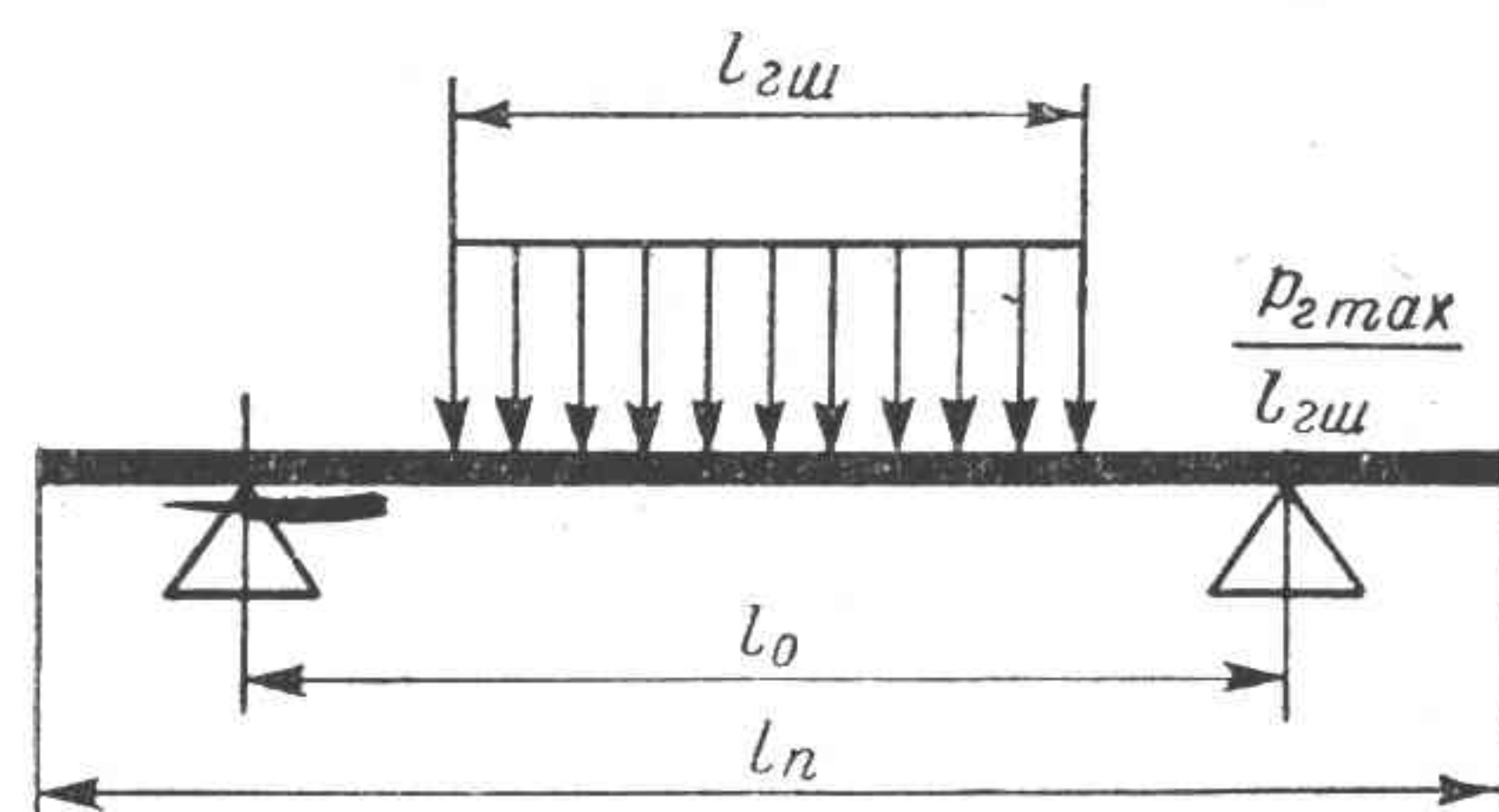


Рис. 62. Схема расчета поршневого пальца

Напряжение изгиба пальца

$$\sigma_u = \frac{0,196 p_z D_{ц}^2 \left(l - \frac{l_{гш}}{2} \right) d_n}{0,1 (d_n^4 - d_{в}^4)} \text{ кг/см}^2, \quad (129)$$

где l — расстояние между серединами бобышек;
 d_n , $d_{в}$ — наружный и внутренний диаметры пальца.

Поршневые кольца рассчитываются на изгиб:

в рабочем состоянии

$$\sigma_u = 0,4242 \frac{E \frac{S}{t}}{\left(\frac{D}{t} - 1 \right) \frac{D}{t}} \text{ кг/см}^2; \quad (130)$$

при надевании на поршень

$$\sigma'_u = 0,265 \frac{E \left(9,425 - \frac{S}{t} \right)}{\left(\frac{D}{t} - 1 \right)^2} \text{ кг/см}^2, \quad (131)$$

где E — модуль упругости;
 S — вырез в замке;
 t — радиальная толщина кольца;
 D — диаметр кольца.

Расчет на износ

Расчет на износ заключается в определении удельных давлений в сопряжениях деталей поршневой группы, возникающих под действием максимальной газовой силы. Расчету подвергаются поршень, поршневой палец и поршневое компрессионное кольцо.

Поршень проверяется на удельное давление от боковой силы

$$N = 0,08 p_z D_{\text{ц}}^2 \text{ кг.} \quad (132)$$

Максимальное удельное давление

$$k_{\text{max}} = \frac{0,08 p_z D_{\text{ц}}}{H_{\text{ю}}} \text{ кг/см}^2, \quad (133)$$

где $H_{\text{ю}}$ — длина юбки поршня.

Поршневой палец проверяется на удельное давление в верхней головке шатуна

$$k_{\text{max}} = \frac{0,785 p_z D_{\text{ц}}^2}{l_{\text{ши}} d_n} \text{ кг/см}^2. \quad (134)$$

Поршневые кольца проверяются на удельное давление, создаваемое упругой силой кольца на стенку гильзы цилиндра

$$P_R = 0,1414 \frac{E \frac{S}{t}}{\left(\frac{D}{t} - 1\right)^3 \frac{D}{t}} \text{ кг/см}^2. \quad (135)$$

Тепловой расчет

Тепловому расчету из деталей поршневой группы подвергают поршень и поршневой палец.

Поршень и поршневой палец подвергаются воздействию тепловых напряжений, возникающих при работе двигателя в условиях низких и высоких температур окружающего воздуха. Эти напряжения действуют в период пуска двигателя.

Под действием температурного напора в сопряжении бобышка — палец и палец — верхняя головка шатуна появляется натяг

$$\delta = \pm \Delta t (d_b \alpha_n - d_n \alpha_m) \pm \Delta \text{ мм},$$

где d_b, d_n — диаметры бобышки и пальца;
 α_n, α_m — коэффициенты линейного расширения поршня и пальца.

В сопряжениях возникают равномерно распределенные нагрузки, определяемые по уравнению (121).

Напряжения разрыва, возникающие в бобышках поршня, и сжатия в пальце рассчитываются по уравнению (123).

К тепловому расчету относятся также расчет тепловых зазоров в головке и юбке поршня:

тепловой зазор в головке и в юбке поршня

$$\left. \begin{aligned} \Delta_g &= D_{\text{ц}} (\alpha_n t_g - \alpha_{\text{ц}} t_{\text{ц}}) \text{ мм;} \\ \Delta_{\text{ю}} &= D_{\text{ц}} (\alpha_n t_{\text{ю}} - \alpha_{\text{ц}} t_{\text{ц}}) \text{ мм,} \end{aligned} \right\} \quad (136)$$

где $\alpha_n, \alpha_{\text{ц}}$ — коэффициенты линейного расширения поршня и цилиндра;

$t_g, t_{\text{ю}}, t_{\text{ц}}$ — температуры головки, юбки и цилиндра.

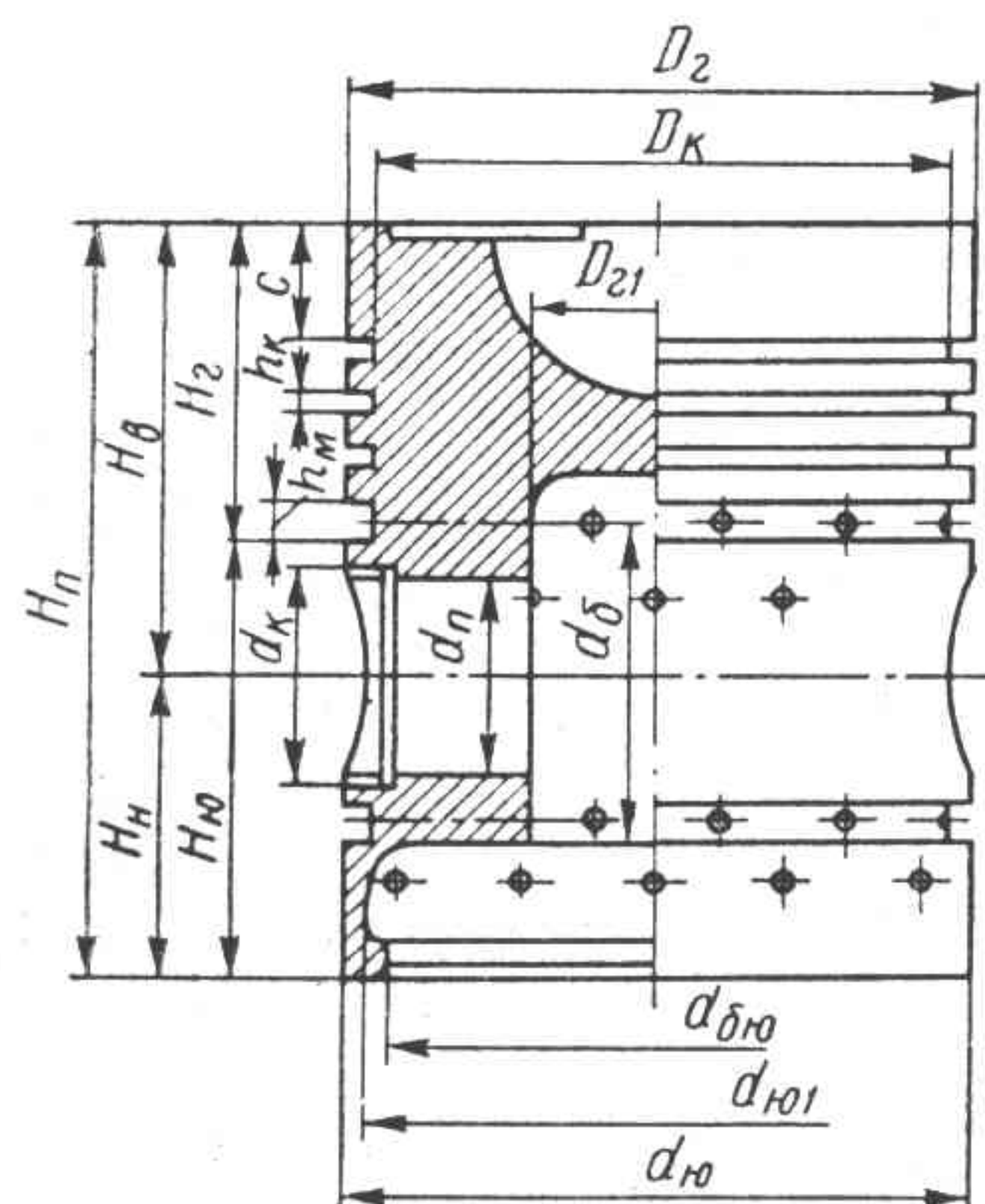
Величины напряжений (в кг/см^2), действующих в деталях, и примерные температуры деталей (в $^{\circ}\text{C}$) для расчета теплового зазора приведены ниже.

	Напряжение изгиба	Удельное давление	Тепловое напряжение
Поршень	790—1470	5,9—10,9	165—175
Палец [.]	1960—3900	490—790	65—70
Кольца	1960—2900	2—4	—
		Карбюратор- ный двига- тель	Дизель
Цилиндр		120	150
Головка поршня		500	400
Юбка поршня		250	200

§ 12. ПОРШНЕВАЯ ГРУППА ДВИГАТЕЛЯ

ТАБЛИЦА

Поршни



Марка двигателя	Материал ¹	Длина (высота) в мм					Число колец		
		H_n	H_b	H_n	H_2	$H_{ю}$	ком- прес- сион- ных	маслосъемных в го- ловке	в юбке
МЗМА-400	АС	80,0	44,0 43,9	36,0	23,0	57,0	2	1	—
МЗМА-407	ЖЛС	76,0	42,0 41,9	34,0	28,0	48,0	3	1	—
МеМЗ-965	АС	70,0	33,7 33,6	36,4	19,5	50,5	2	1	—
М-20	АС	94,0	51,06 50,94	43,0	29,0	65,0	2	2	—
М-21	АК4	100	51,05 50,95	49,0	26,0	74,0	2	1	—
ГАЗ-12	АК4	94,0	51,06 50,94	43,0	29,0	65,0	2	2	—
ГАЗ-13	АК4	102,0	54,06 53,94	48,0	28,5	73,5	2	1	—
ЗИЛ-110	АЛ1	98	54,06 53,94	41,0	24,0	74,0	2	1	—

Продолжение табл. 9

Марка двигателя	Материал ¹	Длина (высота) в мм					Число колец		
		H_n	H_v	H_H	H_2	H_{10}	ком-прес-сион-ных	маслосъемных	
								в го-ловке	в юбке
ЗИЛ-111	АК4	110	62,56 62,44	47,5	32,25	77,75	3	1	—
ЗИЛ-120	АС	106,0	56,08 55,92	50,0	31,0	75,0	3	1	—
ГАЗ-51	АС	94,0	51,06 50,94	43,0	29,0	65,0	2	2	—
ГАЗ-66	АК4	100,0	51,05 50,95	49,0	26,0	74,0	2	1	—
ГАЗ-41	АК4	102,0	54,06 53,94	48,0	28,5	73,5	2	1	—
Урал-5М	СЧ 12-28	116,0	55,8 55,55	60,0	26,0	90,0	3	1	—
ЗИЛ-130	АК4	110,0	62,56 62,44	47,5	32,25	77,75	3	1	—
ЗИЛ-375	АК4	110,0	62,56 62,44	47,5	32,25	77,75	3	1	—
Д-16	АЛ10В	110,0	69,95 69,85	40,1	44,0	76,0	3	1	1
Д-20	АЛ10В	150,0	92,565 92,505	58,0	63,6	86,4	3	1	—
Д-30	АС	110,0	70,1	39,9	48,6	61,4	3	1	1
Д-35	АЛ25	150	95,0 94,92	55,0	52,0	98,0	4	1	1
Д-37	СИЛ-0	127,0	77,08 77,0	49,9	53,0	73,0	3	1	1
Д-48	АЛ10В	150	95,0 94,92	55,0	53,0	97,0	4	1	1
Д-54	СЧ 21-40	155,0	96,0 96,05	59,0	57,0	98,0	4	1	1
СМД-7	АЛ10В	145,0	75,5 75,42	70,0	43,0	102,0	3	1	1
Д-75	АЛ10В	155,0	96,0 96,05	59,0	57,0	98,0	4	1	1

Продолжение табл. 9

Марка двигателя	Материал ¹	Длина (высота) в мм					Число колец		
		H_n	H_b	$H_{\text{ш}}$	H_c	$H_{\text{ю}}$	ком-прес-сион-ных	маслосъемных	
								в го-ловке	в юбке
СМД-14	АЛ10В	143,0	78,7 78,64	64,3	54,0	89	3	1	1
КДМ-46	АС	234,0	132,0 131,9	102,0	61,0	173,0	3	2	—
6КДМ-50	АС	234,0	132,0 131,9	102,0	61,0	173,0	3	2	—
ЯАЗ-204	ЧК	152,0	89,32 89,28	63,0	41,0	111,0	4	—	2
ЯАЗ-206	ЧК	152,0	89,32 89,28	63,0	41,0	111,0	4	—	2
Д-6	АЛ10В	120,0	75,5	44,5	53,6	66,4	4	1	1
ЯМЗ-236	АК4	175,0	100,0 99,9	75,0	58,0	117	3	1	1
ЯМЗ-238	АК4	175,0	100,0 99,9	75,0	58,0	117	3	1	1
ЯМЗ-240	АК4	175,0	100,0 99,9	75,0	58,0	117	3	1	1
Д-12А	АЛ10В	120,0	75,5	44,5	53,6	66,4	4	1	1
Д-12-525	АЛ10В	120,0	75,5	44,5	53,6	66,4	4	1	1
УД-1	АЛ25	85,0	45,0	40,0	32,0	53,0	2	2	—
УНД-5	АЛ25	85,0	45,0	40,0	32,0	53,0	2	2	—
УД-2	АЛ25	85,0	45,0	40,0	32,0	53,0	2	2	—
УНД-7	АЛ25	70,0	33,7 33,6	36,4	19,5	50,5	2	1	—
УНД-10	АЛ25	85,0	45,0	40,0	32,0	53,0	2	2	—

¹ АС — алюминиевый сплав; ЖЛС — железоалюминиевый сплав; ЧК — чугун ковкий.

ТАБЛИЦА 10

Головки поршней (см. рисунок к табл. 9)

Марка двигателя	Размеры канавок поршневых колец в мм			с в мм	Диаметры в мм				
					ГОЛОВКИ		ЮБКИ		
	D_K	h_K	h_M		D_2	D_{21}	$d_{ю}$	$d_{ю1}$	$d_{бю}$
МЗМА-400	61,3	3,025	5,02	5,5	67,295	54,0	67,44	62,0	55,0
	61,1	3,015	5,005		67,265		67,31		
МЗМА-407	68,2	2,25	4,052	7,9	75,475	58,0	78,885	69,0	—
	67,95	2,23	4,021		75,375		78,805		
МеМЗ-965	59,0	2,06	4,06	7,6	65,7	50,0	65,97	62,0	—
	58,8	2,04	4,04		65,1		65,95		
М-20	72,7	2,47	4,06	7,3	81,2	59,0	81,88	77,0	—
	72,45	2,45	4,04		81,08		81,58		
М-21	82,5	2,555	5,055	6,0	91,45	60,5	92,0	84,0	—
	82,25	2,59	5,075		91,31		91,88		
ГАЗ-12	72,7	2,47	4,06	7,3	81,2	59,0	81,88	77,0	—
	72,45	2,45	4,04		81,08		81,08		
ГАЗ-13	88,6	2,07	5,06	8,5	96,6	72,0	99,972	92,0	—
	88,35	2,05	5,04		96,46		99,994		
ЗИЛ-110	80,0	2,57	5,05	7,6	89,3	70,0	89,98	85,0	—
	79,8	2,55	5,025		89,18		89,72		
ЗИЛ-111	88,6	2,07	5,05	11,0	96,6	—	100,02	94,0	—
	88,4	2,05	5,025		96,46		99,96		
ЗИЛ-120	92,0	3,06	4,81	6,0	100,89	68,0	101,48	94,0	—
	91,77	3,035	4,79		100,78		101,50		
ГАЗ-51	72,7	2,47	4,06	7,3	81,2	59,0	81,88	77,0	—
	72,45	2,45	4,04		81,08		81,08		
ГАЗ-66	82,5	2,555	5,055	6,0	91,45	60,5	92,0	84,0	—
	82,25	2,59	5,075		91,31		91,88		
ГАЗ-41	88,6	2,07	5,06	8,5	96,6	72,0	99,972	92,0	—
	88,35	2,05	5,04		96,46		99,994		
Урал-5М	92,7	4,8	4,8	5,0	101,15	86,0	101,48	97,0	94,0
	92,4	4,77	4,77		100,95		101,50		
ЗИЛ-130	88,6	2,07	5,05	11,0	96,6	—	100,02	94,0	—
	88,4	2,05	5,025		96,46		99,96		
ЗИЛ-375	96,0	2,07	5,05	11,0	104,6	—	108,02	102,0	—
	95,8	2,05	5,025		104,46		107,96		

Продолжение табл. 10

Марка двигателя	Размеры канавок поршневых колец в мм			с в мм	Диаметры в мм				
	D _к	h _к	h _м		ГОЛОВКИ		ЮБКИ		
					D _г	D _{г1}	d _ю	d _{ю1}	d _{бю}
Д-16	85,5 84,4	2,595 2,575	5,075 5,050	15,0	94,4 94,27	—	94,82 94,76	85,0	82,0
Д-20	113,4 113,2	3,12 2,905	5,08 5,02	—	124,45 124,37	—	124,86 124,78	115,0	105,0
Д-30	84,5 84,27	2,615 2,595	5,095 5,07	17,5	94,38 94,32	52,0	95,0 94,84	85,0	82,0
Д-35	90,4 90,15	3,105 3,08	5,075 5,05	19,0	99,4 99,32	65,0	98,81 99,5	84,0	—
Д-37	98,013 97,987	3,046 3,095	6,096 6,07	19,0	104,38 104,32	42,0	104,8 104,74	98,0	91,0
Д-48	95,0 94,75	3,105 3,08	6,075 6,05	19,0	104,4 104,92	47,0	104,541 104,41	84,0	82,0
Д-54	113,27 113,04	4,1 4,125	6,025 5,050	22,0	124,4 124,32	104,0	124,92 124,86	120,0	105,0
СМД-7	103,17 102,94	3,105 3,08	6,04 6,015	18,0	114,0 113,93	76,0	114,82 114,76	—	101
Д-75	113,27 113,04	4,1 4,125	6,025 5,050	22,0	124,4 124,32	104,0	124,92 124,86	120,0	105,0
СМД-14	—	3,105 3,08	6,04 6,015	21,0	119,0 118,93	—	120,0	112,0	106,0
КДМ-46	130,95 130,67	5,0 5,02	6,0 6,02	27,0	144,05 143,95	110,0	144,75 144,74	139,0	125,0
6КДМ-50	130,95 130,67	5,0 5,02	6,0 6,02	27,0	144,05 143,95	110,0	144,75 144,74	139,0	125,0
ЯАЗ-204	98,13 97,87	3,46 3,42	4,81 4,78	19,0	107,25 107,15	102,0	107,81 107,8	102,0	—
ЯАЗ-206	98,13 97,87	3,46 3,42	4,81 4,78	19,0	107,25 107,15	102,0	107,81 107,8	102,0	—
Д-6	137,8 137,54	2,5	2,5	20,6	148,8 148,75	120,0	149,55 149,5	143,0	135,0
ЯМЗ-236	117,5 117,73	3,55	6,6 6,57	23,0	129,83 129,8	62,0	130,02 129,8	118,0	113,0

Продолжение табл. 10

Марка двигателя	Размеры канавок поршневых колец в мм			с в мм	Диаметры в мм				
					головки		юбки		
	D_K	h_K	h_M		D_2	D_{21}	$d_{ю}$	$d_{ю1}$	$d_{бю}$
ЯМЗ-238	117,5 117,73	3,55	6,6 6,57	23,0	129,83 129,8	62,0	130,02 129,8	118,0	113,0
ЯМЗ-240	117,5 117,73	3,55	6,6 6,57	23,0	129,83 129,8	62,0	130,02 129,8	118,0	113,0
Д-12А	137,8 137,54	2,5	2,5	20,6	148,8 148,75	120,0	149,55 149,5	143,0	135,0
Д-12-525	137,8 137,54	2,5	2,5	20,6	148,8 148,75	120,0	149,55 149,5	143,0	135,0
УД-1	66,0	3,025 3,015	4,05 4,02	6,0	71,7 71,1	44,0	71,97 71,95	67,0	—
УНД-5	66,0	3,025 3,015	4,05 4,02	6,0	71,7 71,1	44,0	71,97 71,95	67,0	—
УД-2	66,0	3,025 3,015	4,05 4,02	6,0	71,7 71,1	44,0	71,97 71,95	67,0	—
УНД-7	59,0 58,8	2,06 2,04	4,06 4,04	7,6	65,6 65,54	44,0	65,97 65,95	62,0	—
УНД-10	66,0	3,025 3,015	4,05 4,02	6,0	71,7 71,1	44,0	71,97 71,95	67,0	—

ТАБЛИЦА 11

Бобышки поршней (см. рисунок к табл. 9)

Марка двигателя	Бобышки в мм				Толщина днища в мм	Сверления для масла		Ширина про- рези в юбке в мм
	Диаметры			Пролет		Число	Диаметр в мм	
	d_n	d_K	$d_б$					
МЗМА-400	19,86 19,857	21,14 21,0	28,0	26,0	3,5	2 про- рези	2,5	—
МЗМА-407	22,002 22,012	23,28 23,0	32,0	29,0	5,0	12	3,0	—
МеМЗ-965	19,995 19,985	21,14 21,0	26,0	26,0	5,5	4	4,0	—

Продолжение табл. 11

Марка двигателя	Бобышки в мм				Толщина днища в мм	Сверления для масла		Ширина про- рези в юбке в мм
	Диаметры			Пролет		Число	Диаметр в мм	
	d_n	d_k	d_b					
М-20	21,995 21,985	23,32 23,08	30,0	33,0	8,0	13	3,0	1,5
М-21	24,005 24,008	27,72 27,48	36,0	35,0	7,5	4	3,0	1,5
ГАЗ-12	21,995 21,985	23,32 23,08	30,0	33,0	8,0	13	3,0	1,5
ГАЗ-13	28,015 28,005	30,17 30,0	47,0	40,0	8,0	4	3,0	1,5
ЗИЛ-110	21,995 21,992	24,74 24,6	32,0	36,0	6,0	12	4,0	1,3
ЗИЛ-111	28,015 28,005	30,5	64,0	40,0	9,0	6	2,5	1,5
ЗИЛ-120	27,995 27,992	30,14 30,00	40,0	42,4 41,6	7,5	10	3,5	1,5
ГАЗ-51	21,995 21,985	23,32 23,08	40,0	33,0	8,0	13	3,0	1,5
ГАЗ-66	24,005 24,008	27,72 27,48	36,0	35,0	7,5	4	3,0	1,5
ГАЗ-41	28,015 28,005	30,17 30,0	47,0	40,0	8,0	4	3,0	1,5
Урал-5М	28,58 28,56	—	42,0	28,0	5,0	—	3,5	—
ЗИЛ-130	28,015 28,005	30,5	64,0	40,0	9,0	6	2,5	1,5
ЗИЛ-375	28,015 28,005	30,5	64,0	40,0	9,0	6	2,5	1,5
Д-16	29,982 29,97	32,5	50,0	40,0	12,0	8	3,0	—
Д-20	47,91 47,85	50,25	—	50,0	9,4	8	4,0	—
Д-30	29,991 29,978	32,5	50,0	40,0	12,0	8	4,5	—

Продолжение табл. 11

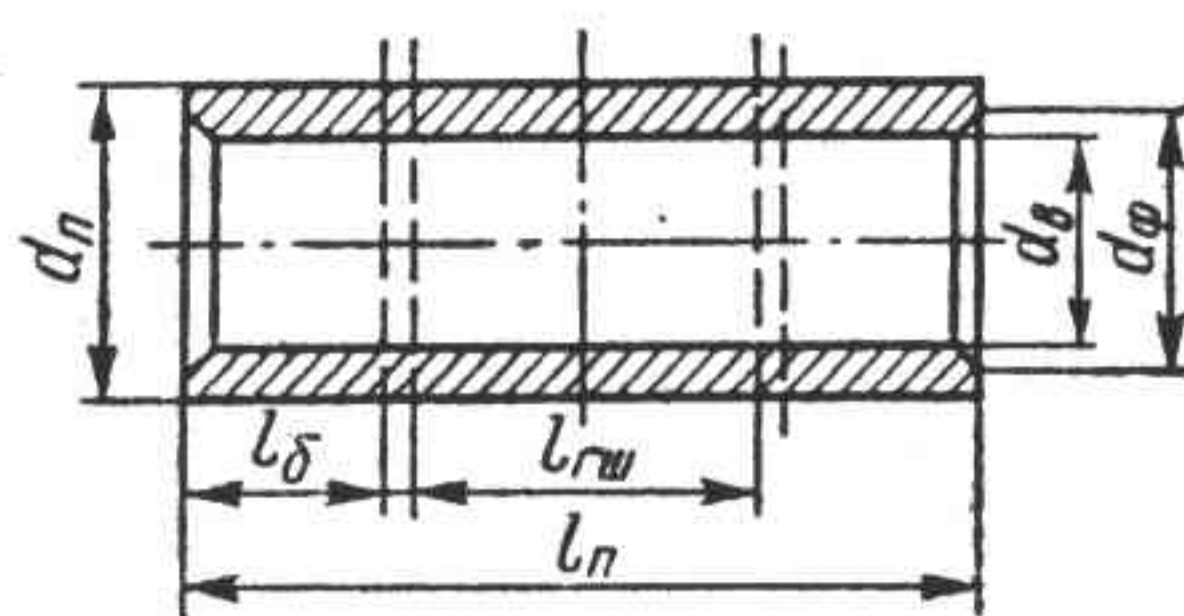
Марка двигателя	Бобышки в мм				Толщина днища в мм	Сверления для масла		Ширина про- рези в юбке в мм
	Диаметры			Пролет		Число	Диаметр в мм	
	d_n	d_k	d_b					
Д-35	37,996 37,988	40,67 40,5	50,0	41,5	14,0	12	3,0	—
Д-37	34,991 34,978	37,0	50,0	42,0	12,0	8	3,0	—
Д-48	37,992 37,98	40,5	64,0	42,0	14,0	12	3,0	—
Д-54	47,995 47,98	50,0 50,34	62,0	52,0	12,0	10	5,0	—
СМД-7	39,995 39,991	42,5	—	45,0	11,7	10	3,0	—
Д-75	47,995 47,98	50,0 50,34	62,0	52,0	12,0	10	5,0	—
СМД-14	41,995 41,991	44,5	—	45,0	14,5	12	4,0	—
КДМ-46	59,99 59,98	64,3 63,7	84,0	57,0	24,0	14	5,0	—
6КДМ-50	59,99 59,98	64,3 63,7	84,0	57,0	24,0	14	5,0	—
ЯАЗ-204	38,07 38,06	44,9 44,7	57,0	48,0	4,5	8	2,5	—
ЯАЗ-206	38,07 38,06	44,9 44,7	57,0	48,0	4,5	8	2,5	—
Д-6	47,988 47,972	—	62,0	56,0	14,0	18	4,0	—
ЯМЗ-236	49,994 49,972	53,4 53,0	79,0	50,0	20,0	10	4,0	—
ЯМЗ-238	49,994 49,972	53,4 53,0	79,0	50,0	20,0	10	4,0	—
ЯМЗ-240	49,994 49,972	53,4 53,0	79,0	50,0	20,0	10	4,0	—
Д-12А	47,988 47,972	—	62,0	56,0	14,0	18	4,0	—

Продолжение табл. 11

Марка двигателя	Бобышки в мм				Толщина днища в мм	Сверления для масла		Ширина про- рези в юбке в мм
	Диаметры			Пролет		Число	Диаметр в мм	
	d_n	d_k	d_o					
Д-12-525	47,988 47,972	—	62,0	56,0	14,0	18	4,0	—
УД-1	19,86 19,85	21,5 22,0	27,0	33,0	5,5	12	2,5	—
УНД-5	19,86 19,85	21,5 22,0	27,0	33,0	5,5	12	2,5	—
УД-2	19,86 19,85	21,5 22,5	27,0	33,0	5,5	12	2,5	—
УНД-7	19,995 19,985	21,14 21,0	26,0	26,0	5,5	4	4,0	—
УНД-10	19,86 19,85	21,5 22,0	27,0	33,0	5,5	12	2,5	—

ТАБЛИЦА 12

Поршневые пальцы



Марка двигателя	Марка стали	Диаметры в мм			Длина в мм		
		наруж- ный d_n	внутренние		полная l_n	в бобыш- ках l_o	в шатуне $l_{ш}$
			d_o	$d_{ф}$			
МЗМА-400	20	19,858 19,855	14,0 13,75	—	56,8 56,7	15,5	22,0

Продолжение табл. 12

Марка двигателя	Марка стали	Диаметры в мм			Длина в мм		
		наруж- ный d_n	внутренние		полная l_n	в бобыш- ках l_b	в шатуне $l_{гш}$
			d_s	d_{ϕ}			
МЗМА-407	45	21,998 21,988	16,0	21,0	65,6 65,56	17,5	29,0
МеМЗ-965	15X	20,0 19,99	14,0	16,0	55,0 54,99	14,0	26,0
М-20	45	22,000 22,997	14,8	—	70,1 69,8	18,5	29,0
М-21	45X	25,0 24,997	14,8	18,0	80,1 79,9	23,0	30
ГАЗ-12	45	22,000 22,997	14,8	—	70,1 69,9	18,5	29,0
ГАЗ-13	45X	28,0 27,997	19,0	22,0	82,1 81,9	21,5	35,0
ЗИЛ-110	15XH	22,000 21,997	16,0	—	76,1 75,9	20,0	32,0
ЗИЛ-111	15X	28,000 27,997	19,0	22,0	82,1 81,9	20,5	37,0
ЗИЛ-120	15X	28,000 27,997	22,0	—	88,0 87,77	23,0	38,0
ГАЗ-51	45	22,000 21,997	16,0	—	70,1 69,9	18,5	29,0
ГАЗ-66	45X	25,000 24,997	14,8	18,0	80,1 79,9	23,0	30,0
ГАЗ-41	45X	28,000 27,997	19,0	22,0	82,1 81,9	21,5	35,0
Урал-5М	20X	28,552 28,560	—	—	91,0 90,5	31,0	22,0

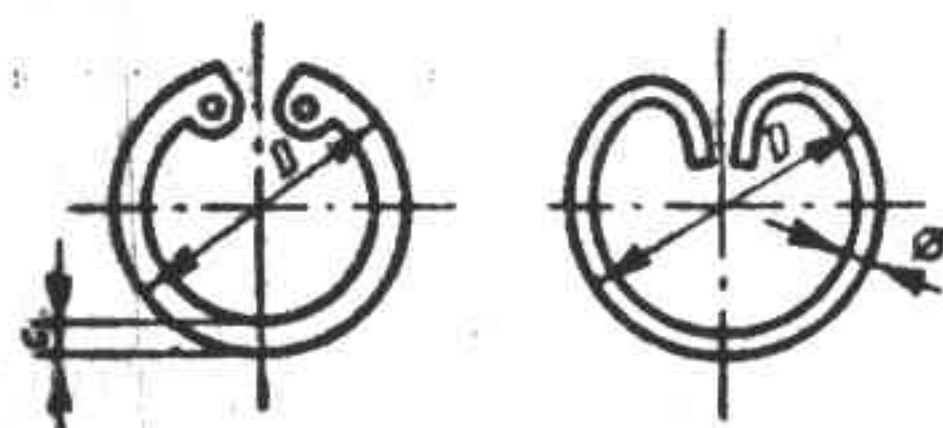
Продолжение табл. 12

Марка двигателя	Марка стали	Диаметры в мм			Длина в мм		
		наруж- ный d_n	внутренние		полная l_n	в бобыш- ках l_6	в шатуне $l_{ши}$
			$d_в$	$d_ф$			
ЗИЛ-130	15X	28,000 27,997	19,0	22,0	82,1 81,9	20,0	37,0
ЗИЛ-375	15X	28,000 27,977	19,0	22,0	84,1 83,9	21,0	37,0
Д-16	12ХН3А	30,000 29,991	16,24 16,0	26,0	77,8 77,4	38,0	40,0
Д-20	12ХН3А	48,005 47,990	32,4 32,0	—	105,0 104,54	61,0	44,0
Д-30	12ХН3А	30,000 29,991	16,43 16,0	26,0	77,8 77,4	38,0	40,0
Д-35	20X	38,000 37,995	26,0	—	82,0 81,67	20,5	38,0
Д-37	12ХН3А	35,000 34,991	17,43 17,0	—	88,79 88,3	23,0	42,0
Д-48	20X	38,000 37,992	24,28 23,62	28,0	87,0 86,77	49,0	38,0
Д-54	12ХН3А	48,005 47,990	31,0 31,34	—	107,5 107,27	27,5	47,0
2СМД-7	12ХН3А	40,000 39,991	26,0 26,1	—	97,0 96,77	52,0	45,0
Д-75	12ХН3А	48,005 47,990	31,0 31,34	—	107,5 107,27	27,5	47,0
СМД-14	12ХН3А	42,000 41,991	24,14 24,0	—	102,0 101,77	57,0	45,0
КДМ-46	20Г	60,000 59,994	43,0	—	120,00 119,54	31,5	54,0

Продолжение табл. 12

Марка двигателя	Марка стали	Диаметры в мм			Длина в мм		
		наруж- ный d_n	внутренние		полная l_n	в бобыш- ках l_b	в шатуне $l_{ш}$
			d_{θ}	d_{ϕ}			
6КДМ-50	20Г	60,000 59,994	43,0	—	120, 119,54	31,5	54,0
ЯАЗ-204	12ХНЗА	38,000 37,990	31,0	—	92,20 92,06	21,0	45,5
ЯАЗ-206	12ХНЗА	38,000 37,990	31,0	—	92,20 92,06	21,0	45,5
Д-6	12ХНЗА	42,000 41,989	30,0	—	132 131,74	41,5	50,0
ЯМЗ-236	12ХНЗА	50,000 49,988	29,0	38,0	110,0 109,77	28,0	48,0
ЯМЗ-238	12ХНЗА	50,000 49,988	29,0	38,0	110,0 109,77	28,0	48,0
ЯМЗ-240	12ХНЗА	50,000 49,988	29,0	38,0	110,0 109,77	28,0	48,0
Д-12А	12ХНЗА	48,000 47,989	30,0	—	132,0 131,74	41,5	50,0
Д-12-525	12ХНЗА	48,000 47,989	30,0	—	132,0 131,74	41,5	50,0
УД-1	15Х	20,000 19,990	14,0	16,0	60,0	14,0	29,0
УНД-5	15Х	20,000 19,990	14,0	16,0	60,0	14,0	29,0
УД-2	15Х	20,000 19,990	14,0	16,0	60,0	14,0	29,0
УНД-7	15Х	20,000 19,990	14,0	16,0	55,0 54,99	14,0	26,0
УНД-10	15Х	20,000 19,990	14,0	16,0	60,0	14,0	29,0

Детали крепления поршневых пальцев



Марка двигателя	Стопорные кольца			
	Марка стали	Толщина или диаметр в мм	Наружный диаметр D в мм	Наибольшая ширина c в мм
МЗМА-400	65Г	1,00 0,95	—	—
МЗМА-407		0,94 1,00	23,3	—
МеМЗ-965		0,94 1,00	23,3	—
М-20		1,00 0,94	23,3	3,0
М-21		1,00 0,94	28,3	3,0
ГАЗ-12		1,00 0,94	23,3	3,0
ГАЗ-13		0,94 1,00	31,1	3,0
ЗИЛ-110		2,04 1,98	25,2 24,8	—
ЗИЛ-111		1,80 1,70	31,1	3,0
ЗИЛ-120		1,5—1,8	31,0	—
ГАЗ-51		0,94—1,0	23,3	3,0
ГАЗ-66		0,94—1,0	28,3	3,0
ГАЗ-41		0,94—1,0	31,1	3,0
Урал-5М		1,78—1,83	31,0	—
ЗИЛ-130		1,78—1,83	31,1	3,0
ЗИЛ-375		1,5—1,8	31,1	3,0
Д-16		3,50	35,0	—
Д-20		3,50	53,0	—

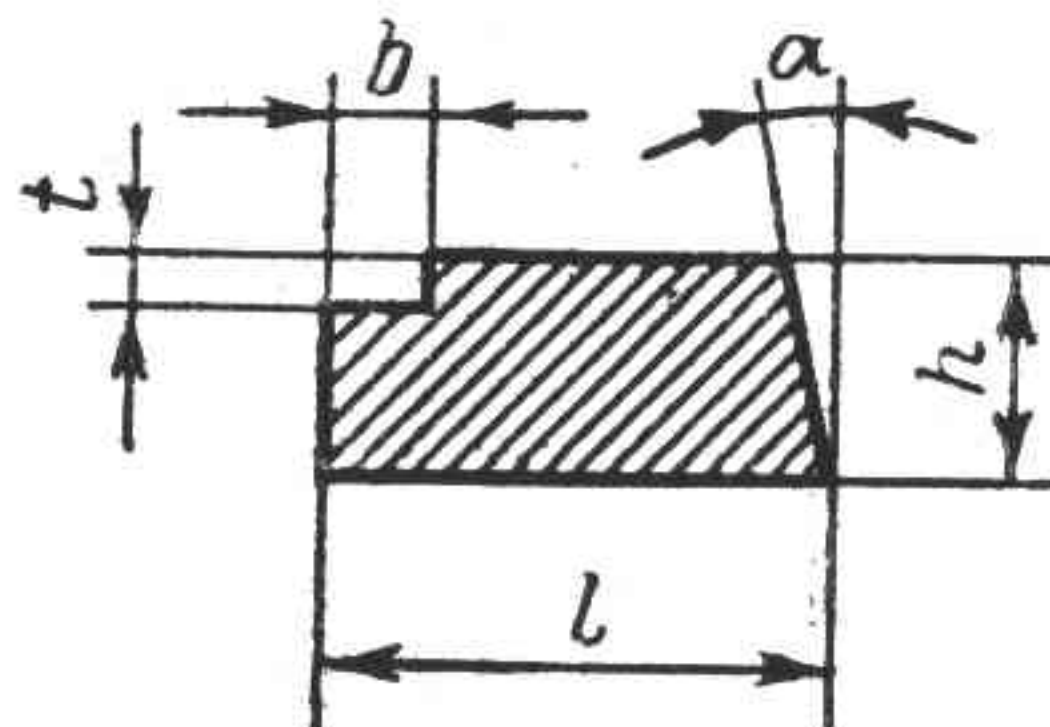
Продолжение табл. 13

Марка двигателя	Стопорные кольца			
	Марка стали	Толщина или диаметр в мм	Наружный диаметр D в мм	Наибольшая ширина c в мм
Д-30	65Г	3,50	35,0	—
Д-35		3,50	44,0	—
Д-37		3,50	35,0	—
Д-48		3,50	43,0	—
Д-54		3,50	52,0	—
СМД-7		3,50	45,5	—
Д-75		3,50	52,0	—
СМД-14		3,50	47,5	—
КМД-46		2,38	51,0	4,0
		2,44	53,0	4,5
6КДМ-50		2,38	51,0	4,0
		2,44	53,0	4,5
ЯАЗ-204		1,20	41,0	—
		1,14		
ЯАЗ-206		1,20	41,0	—
		1,14		
Д-6	АЛ ¹	—	—	—
ЯМЗ-236	65Г	3,50	53,5	2,0
ЯМЗ-238	65Г	3,50	53,5	2,0
ЯМЗ-240	65Г	3,50	53,5	2,0
Д-12А	АЛ ¹	—	—	—
Д-12-525	АЛ ¹	—	—	—
УД-1	65Г	0,95	23,3	1,5
		1,00		
УНД-5	65Г	0,95	23,3	1,5
		1,00		
УД-2	65Г	0,95	23,3	1,5
		1,00		
УНД-7	65Г	0,94	23,3	1,5
		1,00		
УНД-10	65Г	0,95	23,3	1,5
		1,00		

¹ Алюминиевая заглушка.

ТАБЛИЦА 1

Компрессионные кольца



Марка двигателя	Материал	Основные размеры в мм					Сечение кольца			
		h	l	Замок в мм		Конус или уклон α в град	проточки в мм		канавки	
				Вырез	Температурный зазор		t	b	глубина в мм	конусность в град
МЗМА-400	СПЧ ¹	2,988	2,788	4,9	0,76	15,0	—	—	0,05	70,0
		2,975	2,62	6,8	0,41				0,03	
МЗМА-407		2,185	3,4	4,9	0,76	—	0,5	1,0	—	—
		2,173	3,0	6,8	0,41					
МеМЗ-965		2,0	3,1	13,2	0,6	—	0,5	1,0	—	—
		1,988	2,9	10,0	0,35					
М-20		2,4	4,1	13,2	0,4	27,0	1,4	—	—	—
		2,388	3,9	9,3	0,2					
М-21		2,5	4,42	13,2	0,5	—	0,6	1,3	0,05	70,0
		2,488	4,18	9,3	0,3				0,09	
ГАЗ-12		2,4	4,1	—	0,2	27,0	1,4	—	—	—
		2,388	3,9		0,4					
ГАЗ-13		2,0	5,0	14,8	0,4	—	0,6	1,3	0,05	70,0
		1,988	4,7	10,0	0,15				0,03	
ЗИЛ-110		2,5	4,5	—	0,15	0,05	0,05	1,0	0,05	70,0
		2,488	4,3		0,40				0,03	
ЗИЛ-111		2,0	5,0	12,4	0,4	0,582	0,5	1,2	0,05	70,0
		1,988	4,85		0,15				0,03	
ЗИЛ-120		3,0	4,1	—	0,25	0,83	0,5	0,9	0,05	70,0
		2,988	4,3		0,45				0,03	
ГАЗ-51		2,4	4,1	—	0,2	27,0	1,4	—	—	—
		2,388	3,9		0,4					

Продолжение табл. 14

Марка двигателя	Материал	Основные размеры в мм					Сечение кольца			
		h	l	Замок в мм		Конус или уклон α в град	проточки в мм		канавки	
				Вырез	Температурный зазор		t	b	глубина в мм	конусность в град
ГАЗ-66	СПЧ	2,5 2,488	4,42 4,18	13,2 9,3	0,5 0,3	—	0,6	1,3	0,05 0,03	70,0
ГАЗ-41		2,0 1,988	5,0 4,7	14,8 10,0	0,4 0,15	—	0,6	1,3	0,05 0,03	70,0
Урал-5М		4,755 4,73	3,8	13,8	0,15 0,45	—	—	—	—	—
ЗИЛ-130		2,0 1,988	5,0 4,85	12,4	0,4 0,15	0,582	0,5	1,2	0,05 0,03	70,0
ЗИЛ-375		2,0 1,988	5,45 5,3	13,1 10,9	0,25 0,15	0,582	0,5	1,2	0,05 0,03	70,0
Д-16		2,50 2,495	4,0 3,85	10,6	0,6 0,2	—	0,6	1,0	—	—
Д-20		3,0 2,982	5,3 4,9	14,2	0,8 0,6	—	0,5	1,35	—	—
Д-30		2,50 2,492	4,12 3,88	7,0 8,5	0,3 0,55	—	0,6	1,0	—	—
Д-35		3,00 2,985	4,2 4,03	15,0	0,65 0,40	—	—	—	—	—
Д-37		2,5 2,492	4,12 3,88	8,5 7,0	0,55 0,3	—	0,6	1,0	—	12,167
Д-48		3,0 2,98	4,4 4,3	10,6	0,8 0,5	—	—	—	—	—
Д-54		3,983 3,965	5,1 4,9	—	0,4 0,6	—	—	—	—	—
СМД-7		3,0 2,98	4,8 4,7	—	0,7 0,5	30	—	—	—	—
Д-75		3,983 3,965	5,1 4,9	—	0,4 0,6	—	—	—	—	—
СМД-14		3,0 2,98	4,9 4,7	—	0,55 0,35	—	0,8	1,3	—	—
КДМ-46		4,92 4,90	6,2 5,8	20,0	0,7 1,0	—	—	—	—	—

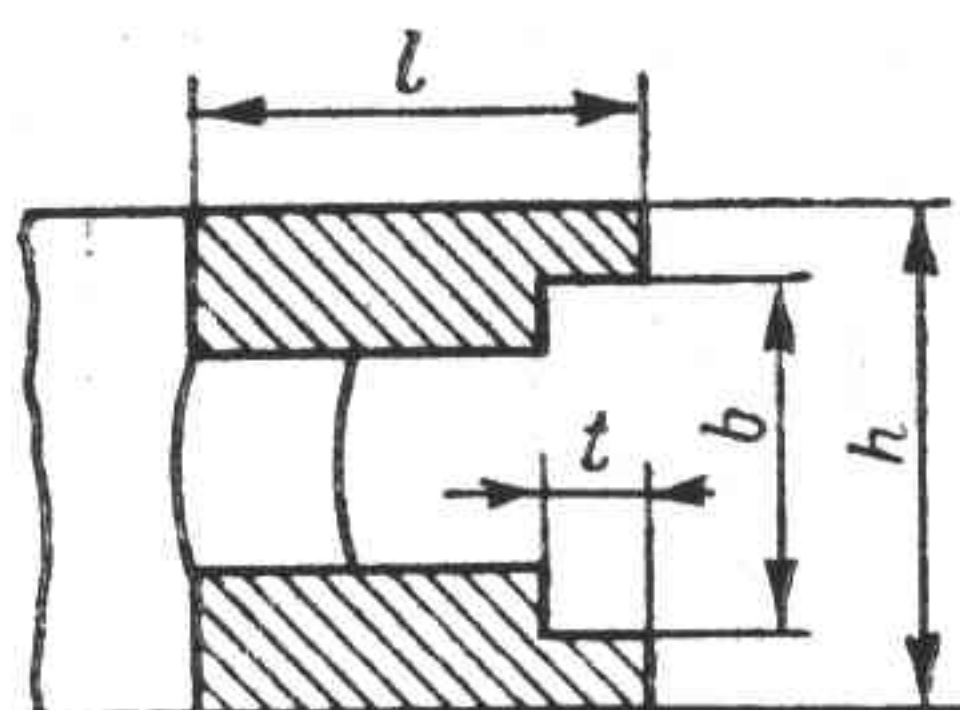
Продолжение табл. 14

Марка двигателя	Материал	Основные размеры в мм					Сечение кольца			
		h	l	Замок в мм		Конус или уклон α в град	проточки в мм		канавки	
				Вырез	Температурный зазор		t	b	глубина в мм	конусность в град
6КДМ-50	СПЧ ¹	4,92 4,90	6,2 5,8	20,0	0,7 1,0	—	—	—	—	—
ЯАЗ-204		3,15 3,135	4,24 4,08	19,0	0,5 0,65	—	—	—	0,32 0,42	24,0
ЯАЗ-206		3,15 3,135	4,24 4,08	19,0	0,5 0,65	—	—	—	0,32 0,42	24,0
Д-6		2,38 2,36	4,76	16,0	0,7 0,5	—	—	—	—	—
ЯМЗ-236		3,5 3,452	5,3 5,1	18,8 14,2	0,65 0,45	10,167	—	—	0,3	12,167
ЯМЗ-238		3,5 3,452	5,3 5,1	18,8 14,2	0,65 0,45	10,167	—	—	0,3	12,167
ЯМЗ-240		3,5 3,452	5,3 5,1	18,8 14,2	0,65 0,42	10,167	—	—	0,3	12,167
Д-12А		2,38 2,36	4,76	16,0	0,7 0,5	—	—	—	—	—
Д-12-525		2,38 2,36	4,76	16,0	0,7 0,5	—	—	—	—	—
УД-1		2,0 1,998	3,1 2,9	4,9 6,8	0,6 0,35	—	0,4	0,7	—	—
УНД-5		2,0 1,998	3,1 2,9	4,9 6,8	0,6 0,35	—	0,4	0,7	—	—
УД-2		2,0 1,998	3,1 2,9	4,9 6,8	0,6 0,35	—	0,4	0,7	—	—
УНД-7		2,0 1,998	3,1 2,9	13,0 10,0	0,6 0,35	—	0,4	0,7	—	—
УНД-10		2,0 1,998	3,1 2,9	4,9 6,8	0,6 0,35	—	0,4	0,7	—	—

¹ СПЧ — специальный чугуун.

ТАБЛИЦА 15

Маслосъемные кольца



Марка двигателя	Материал	Основные размеры в мм				Сечение кольца			
		h	l	Замок в мм		проточки в мм		прорези	
				Вырез	Температурный зазор	t	b	число	ширина в мм
МЗМА-400	СПЧ ¹	4,988	2,78	—	0,76	1,0	2,0	8	1,5
		4,975	2,62		0,41				
МЗМА-407		3,99	3,32	6,8	0,76	—	—	8	1,5
		3,97	3,08	4,9	0,41				
МеМЗ-965		4,00	3,1	13,2	0,6	—	—	8	1,5
		3,98	2,9	10,0	0,35				
М-20		4,00	3,6	—	0,2	0,6	2,5	8	0,9
		3,988	3,8		0,4				
М-21		5,00	4,02	13,2	0,5	1,1	3,1	8	1,5
		4,988	3,78	9,3	0,9	0,9	2,9		
ГАЗ-12		4,00	3,6	—	0,2	0,6	2,5	9	0,9
		3,988	3,8		0,4				
ГАЗ-13		5,00	4,42	14,8	0,5	1,1	3,1	8	1,5
		4,988	4,18	10,0	0,3	0,9	2,9		
ЗИЛ-110		5,00	3,2	—	0,15	0,8	3,4	6	1,2
		4,988	3,18		0,40				
ЗИЛ-111		5,00	4,42	12,4	0,4	1,3	3,1	8	1,5
		4,988	4,18		0,15	1,1	2,9		
ЗИЛ-120		4,755	4,1	—	0,15	0,75	2,7	10	1,0
		4,735	4,3		0,45				
ГАЗ-51		4,00	3,6	—	0,2	0,6	2,5	9	0,9
		3,988	3,8		0,4				

Продолжение табл. 15

Марка двигателя	Материал	Основные размеры в мм				Сечение кольца			
		h	l	Замок в мм		проточки в мм		прорези	
				Вырез	Темпера- турный зазор	t	b	число	шири- на в мм
ГАЗ-66	СПЧ ¹	5,00 4,988	4,02 3,78	13,2 9,3	0,5 0,3	1,1 0,9	3,1 2,9	8	1,5
ГАЗ-41		5,00 4,988	4,42 4,18	14,8 10,0	0,5 0,3	1,1 0,9	3,1 2,9	8	1,5
Урал-5М		4,755 4,73	4,0	10,9	0,15 0,45	—	—	8	1,2
ЗИЛ-130		5,0 4,988	4,42 4,18	10,9	0,6 0,25	1,3 1,1	3,1 2,9	8	1,5
ЗИЛ-375		5,0 4,988	4,42 4,18	10,9	0,6 0,25	1,3 1,1	3,1 2,9	8	1,5
Д-16		5,0 4,988	3,85 3,55	6,5 5,0	0,4 0,2	1,2 0,8	3,1 2,9	8	1,6 1,4
Д-20		5,983 5,965	5,3 4,9	—	0,8 0,6	1,25 0,85	4,0	12	2,1 1,9
Д-30		5,0 4,982	3,82 3,68	7,0 8,15	0,55 0,3	1,2 0,9	3,0	8	1,6 1,4
Д-35		5,0 4,985	4,2 4,03	15,0	0,65 0,40	1,0	2,5	10	1,6 1,5
Д-37		5,0 4,982	4,4 4,1	14,2	0,55 0,3	1,2 0,9	3,0	8	1,5
Д-48		6,0 5,8	4,4 4,1	14,7	0,8 0,5	1,1 0,8	2,0	10	2,1 2,0
Д-54		5,983 5,965	5,15 4,85	14,2	0,4 0,6	1,15 0,85	4,0	12	2,0 2,1
СМД-7		5,975 5,955	4,9 4,7	10,9	0,7 0,5	1,0 0,7	4,0	8	2,1 1,9
Д-75		5,983 5,965	5,15 4,85	14,2	0,4 0,6	1,15 0,85	4,0	12	2,0 2,1
СМД-14		5,975 5,955	4,9 4,7	10,9	0,5 0,3	1,0 0,7	4,0	8	2,1 1,9
КДМ-46		5,96 5,94	5,5 5,1	21,0	0,5 0,9	0,7 0,5	4,2 3,8	12	2,0 2,25

Продолжение табл. 15

Марка двигателя	Материал	Основные размеры в мм				Сечение кольца			
		h	l	Замок в мм		проточки в мм		прорези	
				Вырез	Температурный зазор	t	b	число	ширина в мм
6КДМ-50	СПЧ ¹	5,96	5,5	21,0	0,5	0,7	4,2	12	2,0
		5,94	5,1		0,9	0,5	3,8		2,25
ЯАЗ-204		2,35	3,89	19,0	0,25	—		6	0,35
		2,335	3,73		0,50				
ЯАЗ-206		2,35	3,89	19,0	0,25	—	—	6	0,35
		2,335	3,73		0,50				
Д-6		2,38	4,76	19,0	0,6	—	—	—	—
		2,36			0,4				
ЯМЗ-236		6,487	5,8	18,8	0,65	1,55	4,6	10	2,6
		6,473	5,6	14,2	0,45	1,4			
ЯМЗ-238		6,487	5,8	18,8	0,65	1,55	4,6	10	2,6
		6,473	5,6	14,2	0,45	1,4			
ЯМЗ-240		6,487	5,8	18,8	0,65	1,55	4,6	10	2,6
		6,473	5,6	14,2	0,45	1,4			
Д-12А		2,38	4,76	19,0	0,6	—	—	—	—
		2,36			0,4				
Д-12-525		2,38	4,76	19,0	0,6	—	—	—	—
		2,36			0,4				
УД-1		4,0	3,1	—	0,6	—	—	8	1,5
		3,98	2,9		0,35				
УМД-5		4,0	3,1	—	0,6	—	—	8	1,5
		3,98	2,9		0,35				
УД-2		4,0	3,1	—	0,6	—	—	8	1,5
		3,98	2,9		0,35				
УНД-7		4,0	3,1	—	0,6	—	—	8	1,5
		3,98	2,9		0,35				
УНД-10		4,0	3,1	—	0,6	—	—	8	1,5
		3,98	2,9		0,36				

¹ СПЧ — специальный чугун.

§ 13. РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ ГРУППЫ ШАТУНА

Шатун является деталью, связывающей поршень с коленчатым валом. При работе двигателя на шатун действуют знакопеременные нагрузки сил инерции и давления газов. Силы инерции увеличиваются с повышением числа оборотов двигателя. В некоторые периоды работы двигателя нагрузки на шатун носят ударный характер.

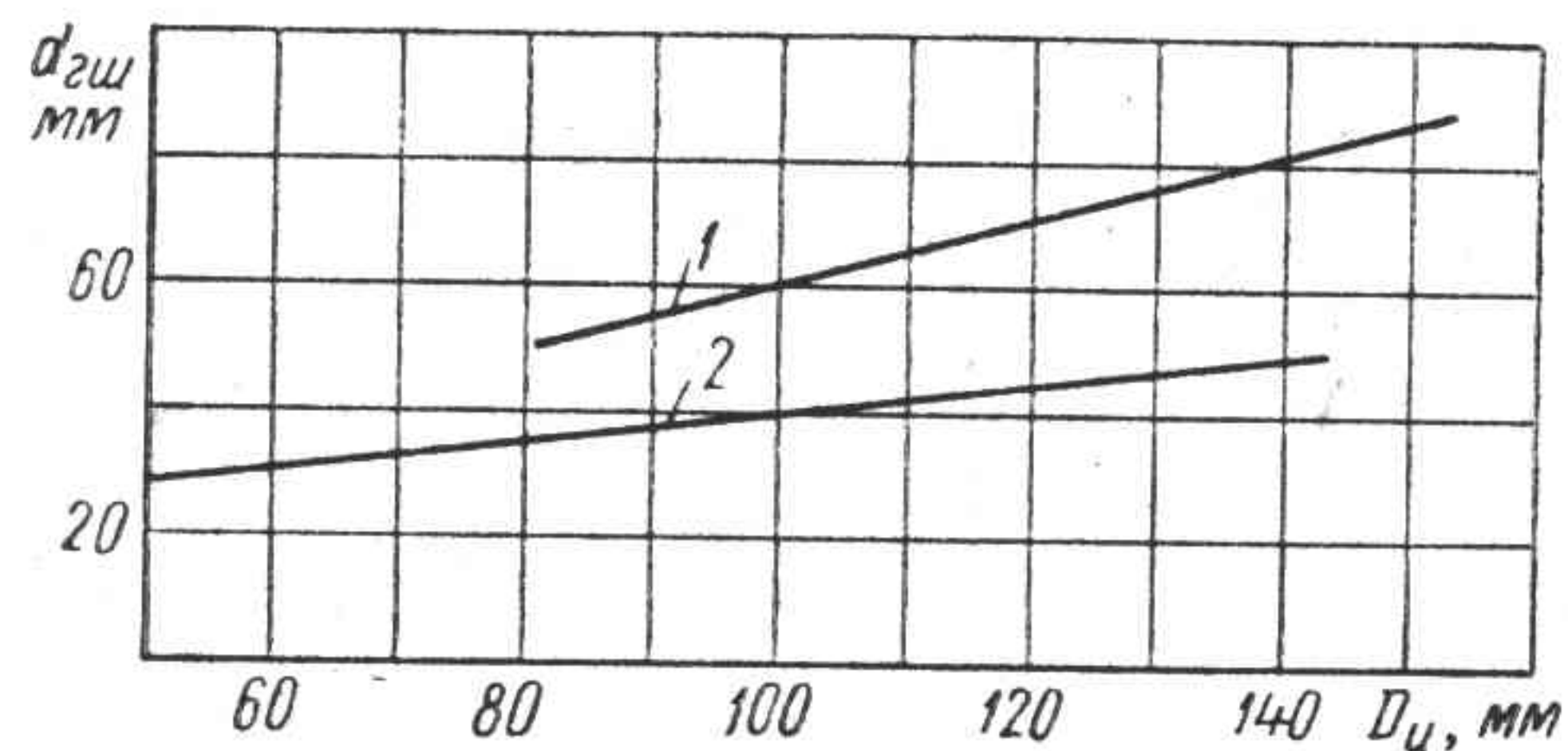


Рис. 63. Зависимость диаметра верхней головки шатуна от диаметра цилиндра:

1 — дизельного двигателя; 2 — карбюраторного двигателя

Исходя из условий работы шатуна, основные требования к нему могут быть сформулированы следующим образом: высокая сопротивляемость к ударным нагрузкам, устойчивость против усталостных напряжений, высокая жесткость, минимальный вес, технологичность конструкции.

Высокие требования, предъявляемые к шатуну, обеспечиваются подбором материалов и конструкции шатунов. Материалы, применяемые для шатунов, приведены в соответствующем разделе данного справочника, а основные конструктивные соотношения — на графиках (рис. 63, 64, 65, 66).

Расчет шатуна производится в четыре этапа: расчеты на прочность, на жесткость, на усталость и тепловой расчет.

Расчет на прочность

Расчет на прочность заключается в определении напряжений разрыва и изгиба в верхней и крышке нижней головок шатуна,

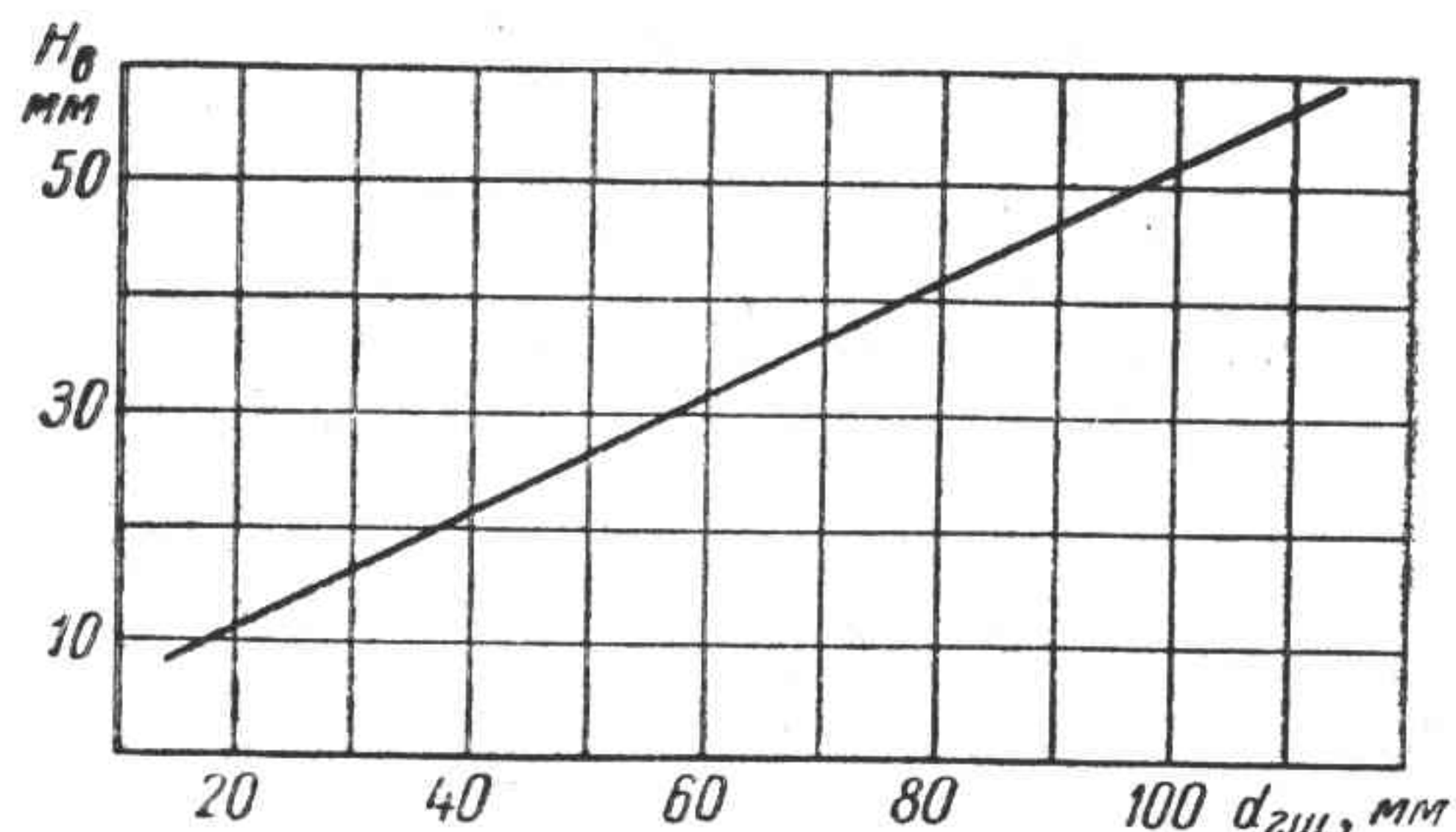


Рис. 64. Зависимость верхнего сечения шатуна от диаметра его верхней головки

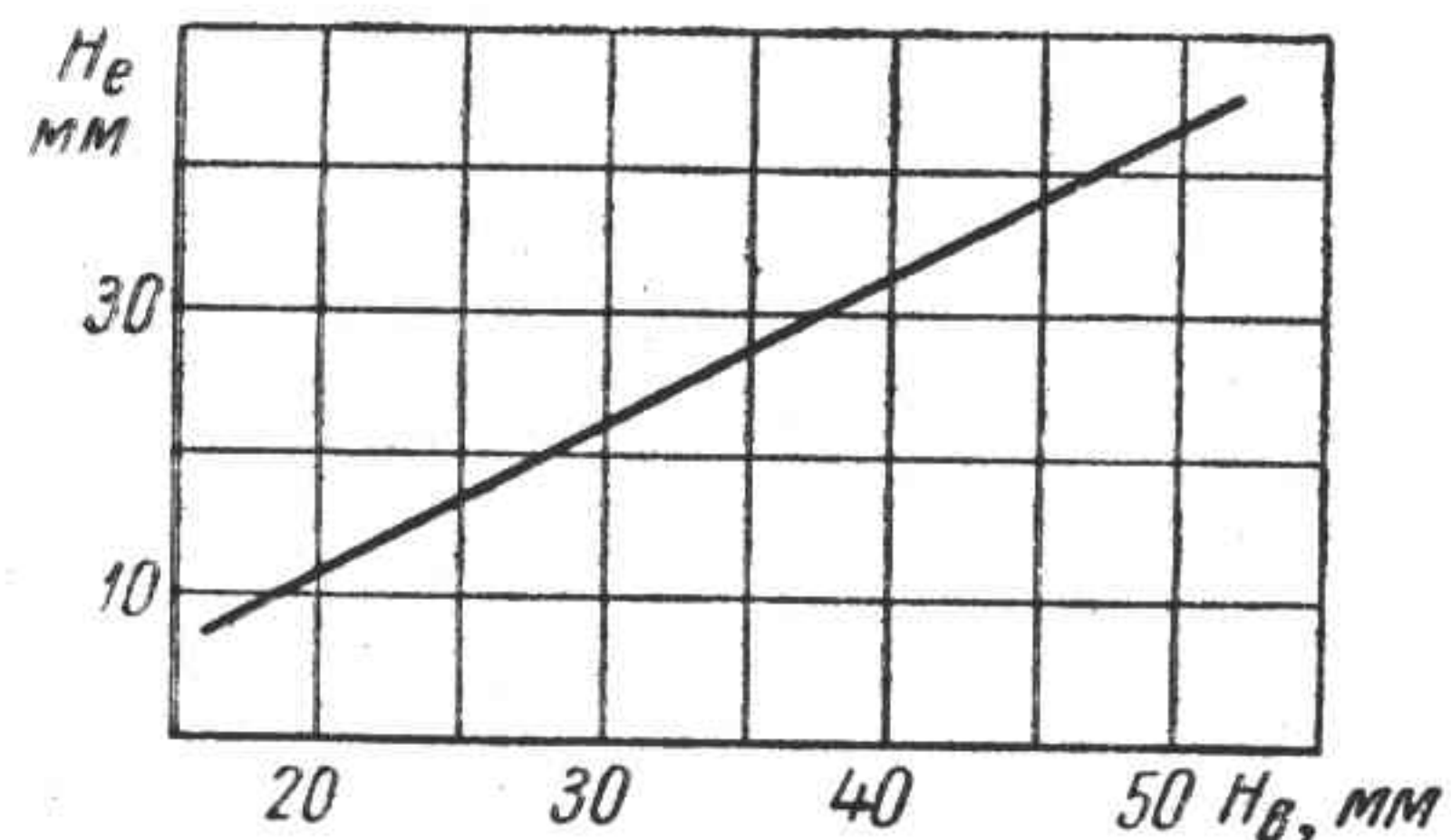


Рис. 65. Зависимость среднего сечения шатуна от величины его верхнего сечения

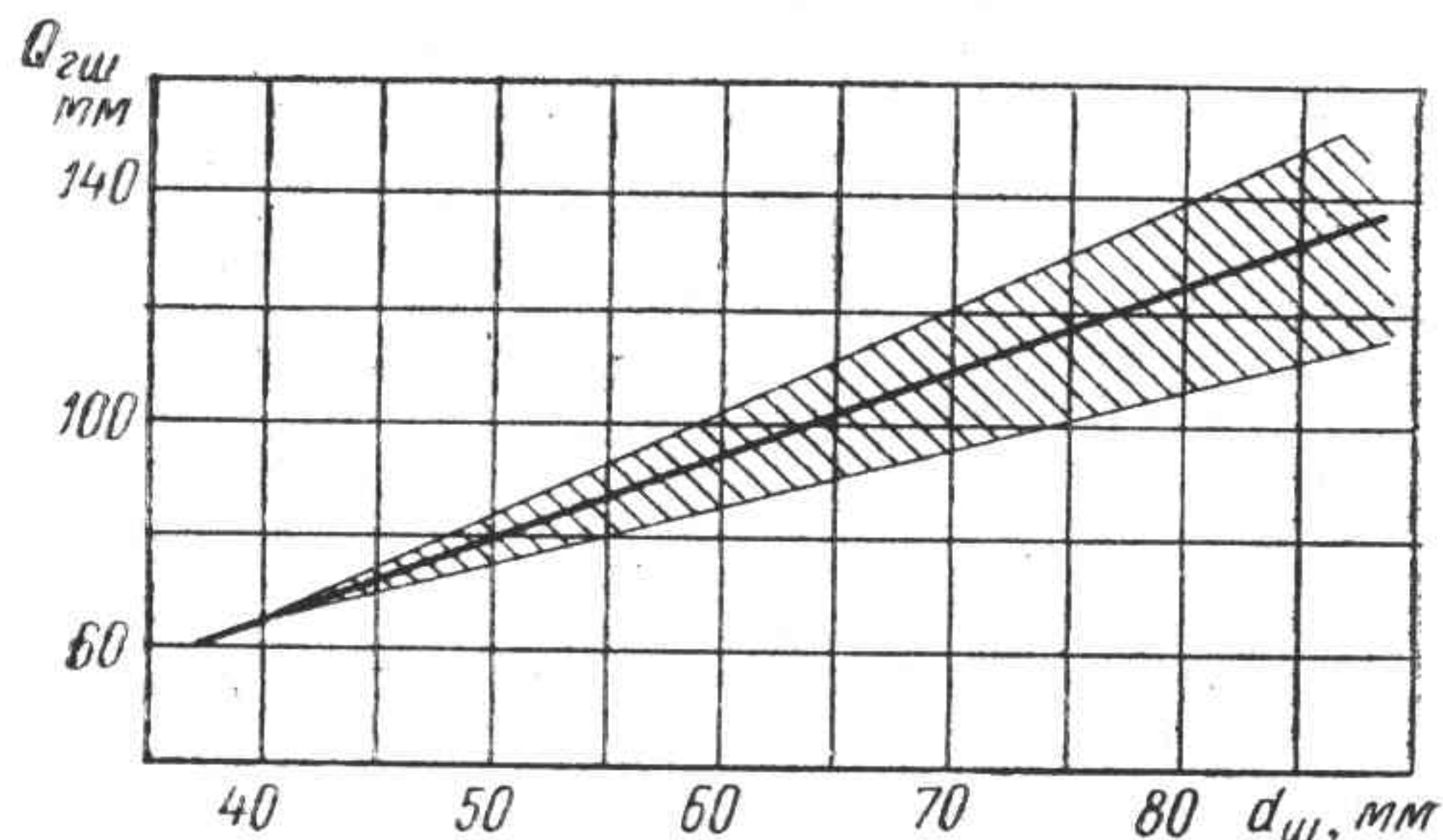


Рис. 66. Ширина нижней головки шатуна в зависимости от диаметра шатунной шейки

стержне шатуна и определении напряжений разрыва болтов крепления крышки нижней головки шатуна.

Верхняя головка шатуна рассчитывается на разрыв максимальной силой инерции

$$P_{j \max} = m_A R \omega^2 (1 + \lambda) \text{ кГ.} \quad (137)$$

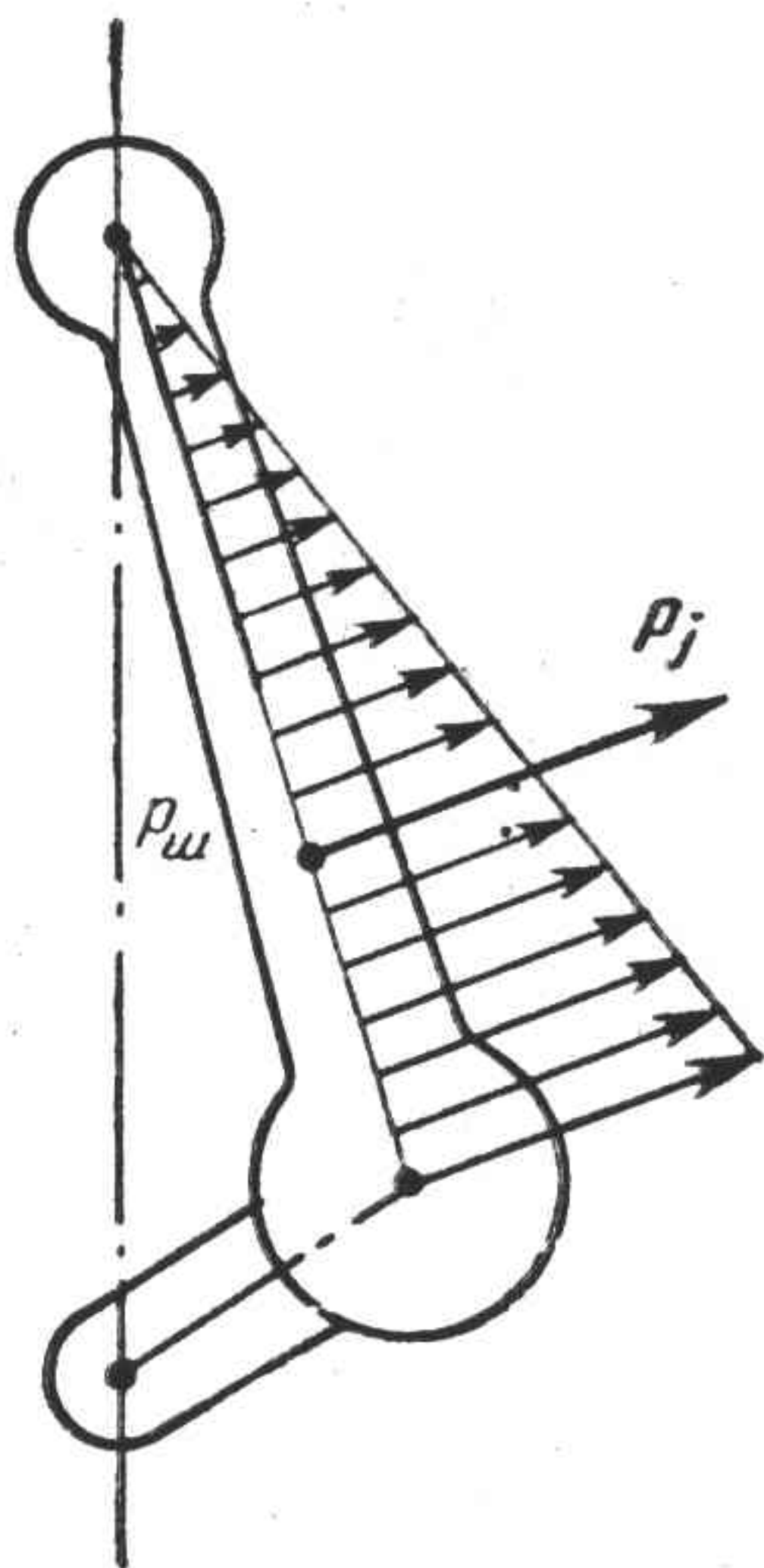


Рис. 67. Схема сил, действующих на стержень шатуна

Сечение, подвергающееся разрыву, равно толщине стенки, умноженной на длину головки шатуна. Напряжение разрыва

$$\sigma_p = \frac{m'_A R \omega^2 (1 + \lambda) \delta l_{\text{гш}}}{\delta l_{\text{гш}}} \text{ кГ/см}^2, \quad (138)$$

где m'_A — масса поршневой группы и втулки шатуна;

δ — толщина стенки верхней головки.

Стержень шатуна изгибается максимальной силой давления газов

$$P_z = 0,785 p_z D_u^2 \text{ кГ}$$

в двух плоскостях: в плоскости качания шатуна и в плоскости оси коленчатого вала (рис. 67).

Напряжение изгиба в плоскости качания шатуна

$$\sigma_{ux} = P_z \left(\frac{1}{f_{cp}} + 0,000526 \frac{L^2}{J_x} \right) \text{ кГ/см}^2.$$

Напряжение изгиба в плоскости оси коленчатого вала

$$\sigma_{uy} = P_z \left(\frac{1}{f_{cp}} + 0,000526 \frac{L^2}{4J_y} \right) \text{ кГ/см}^2.$$

(139)

Напряжения изгиба зависят от площади поперечного сечения шатуна f_{cp} и длины шатуна L

$$f_{cp} = 0,36 H_{cp}^2 \text{ см}^2, \quad (140)$$

моментов инерции шатуна относительно осей

$$\left. \begin{aligned} J_x &= 0,048 H_{cp}^4 \text{ см}^4; \\ J_y &= 0,012 H_{cp}^4 \text{ см}^4. \end{aligned} \right\} \quad (141)$$

где H_{cp} — ширина средней части шатуна.

Стержень шатуна проверяется на продольный изгиб по формуле Ясинского

$$P_{кр} = \left(4690,5 - 26,175 \frac{L}{\varrho} \right) f_{cp} \text{ кГ,} \quad (142)$$

где ϱ — радиус инерции шатуна;

$$\varrho_x = \sqrt{\frac{J_x}{f_{cp}}}; \quad \varrho_y = \sqrt{\frac{J_y}{f_{cp}}}. \quad (143)$$

После определения критической силы определяется запас прочности на продольный изгиб

$$\varphi = \frac{P_{кр}}{P_z}. \quad (144)$$

У выполненных конструкций запас прочности на продольный изгиб $\varphi = 2,5 \div 3,0$.

Крышка нижней головки проверяется на разрыв и изгиб под действием максимальной силы инерции (рис. 68)

$$P_{j \max} = m_A R \omega^2 (1 + \lambda) + m_{ш}^e R \omega^2 \text{ кГ}, \quad (145)$$

где $m_{ш}^e$ — масса шатуна, отнесенная к оси шатунной шейки.

где l_δ — расстояние между осями болтов крепления крышки.

Шатунные болты рассчитываются на разрыв максимальной силой инерции. С учетом предварительной затяжки болтов напряжения разрыва

$$\sigma_p = \frac{1,25 R \omega^2 [m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^e]}{0,785 d_\delta^2 z} \text{ кГ/см}^2, \quad (148)$$

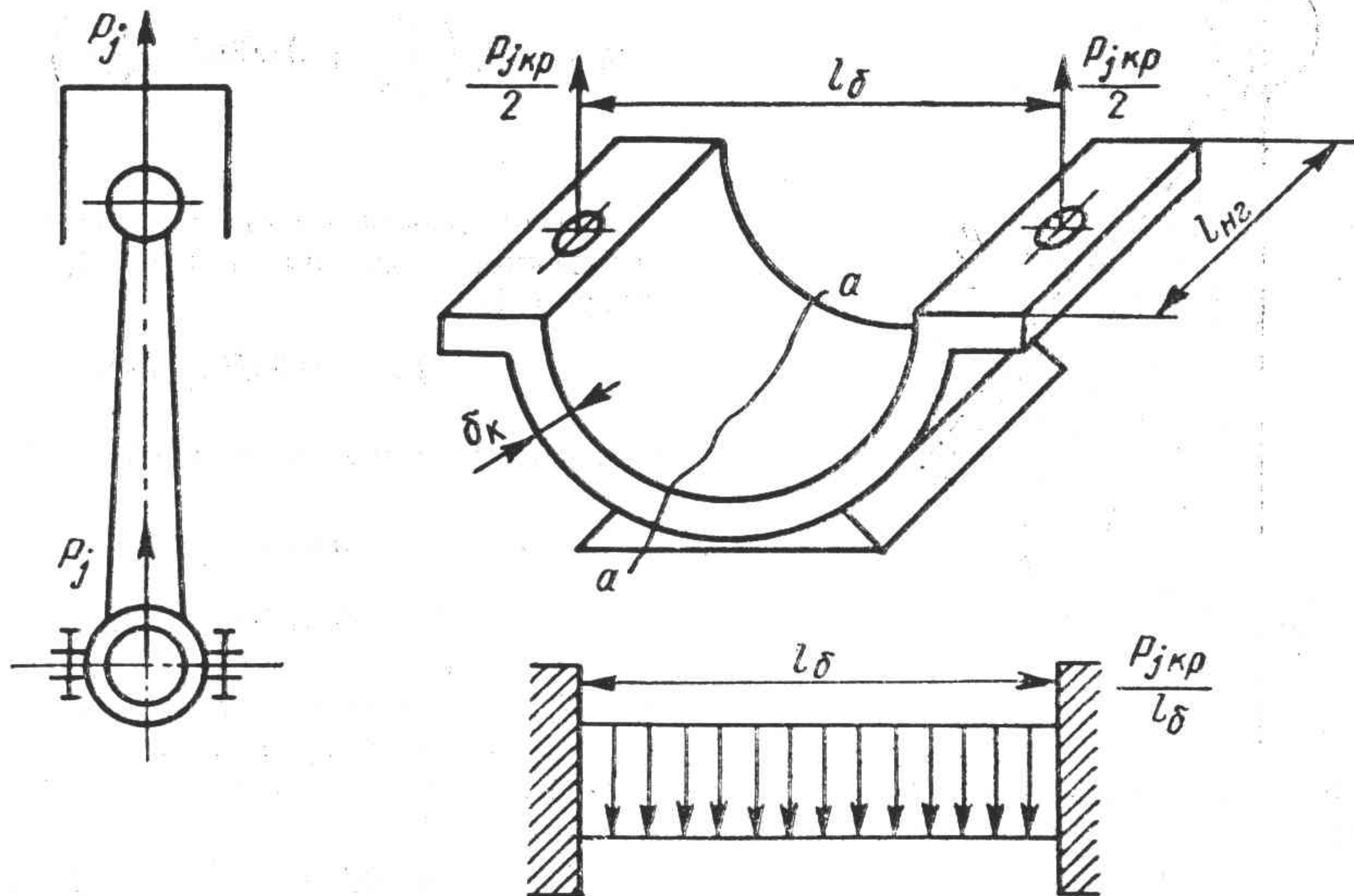


Рис. 68. Схема расчета крышки шатуна

Напряжение разрыва крышки нижней головки шатуна

$$\sigma_p = \frac{R \omega^2 [m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^e]}{a_{гш} l_{ш2}} \text{ кГ/см}^2. \quad (146)$$

Напряжение изгиба крышки

$$\sigma_u = \frac{R \omega^2 [m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^e] l_\delta}{2 a_{гш}^2 d_{ш}} \text{ кГ/см}^2, \quad (147)$$

где d_δ — диаметр болта;
 z — число болтов;

$m_{ш}^e$ — масса шатуна, отнесенная к оси шатунной шейки, без массы крышки.

Расчет на жесткость

Расчету на жесткость из элементов шатуна подвергается верхняя головка, которая деформируется под действием силы инерции

$$P_{j \text{ нг}} = m'_A R \omega^2 (1 + \lambda) \text{ кГ}, \quad (149)$$

где m'_A — масса поршневой группы и масса втулки верхней головки.

Деформация по Нейману

$$y' = \frac{0,017 P_{j\text{ нг}} D_{cp}^2}{EJ} \text{ см}, \quad (150)$$

где E — модуль упругости материала;
 J — момент инерции площади сечения головки.

Деформация головки, отнесенная к сантиметру среднего диаметра, допускается не более

$$y' = 0,007 \div 0,01.$$

Расчет на усталость

Расчету на усталость подвергаются два элемента шатуна: верхняя головка и стержень.

Расчет на усталость заключается в определении запаса прочности n_σ .

Расчетное сечение верхней головки подвергается переменной нагрузке сил инерции, величина которой от $P_{j\text{ нг max}}$ до 0.

Запас прочности верхней головки

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + \sigma_m \alpha_\sigma}, \quad (151)$$

где σ_{-1} — предел усталости на изгиб;
 σ_a — амплитудное напряжение цикла;
 σ_m — среднее напряжение цикла;

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}; \quad \sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}; \quad (152)$$

k_σ — коэффициент концентрации напряжений;

ε_σ — коэффициент размерности;

α_σ — коэффициент материала.

Для шатунов автотракторных двигателей величины коэффициентов равны:

$$k_\sigma = 1 \div 2; \quad \varepsilon_\sigma = 1,0; \quad \alpha_\sigma = 0,12 \div 0,16.$$

При определении запаса прочности стержня его величина определяется отдельно

для двух плоскостей изгиба шатуна. Величины напряжений изгиба в этих плоскостях принимаются как напряжения максимальные. Минимальное напряжение в стержне будет

$$\sigma_{\min} = \frac{m_A R \omega^2 (1 + \lambda)}{0,36 H_{cp}^2} \text{ кг/см}^2. \quad (153)$$

После определения амплитудных напряжений и средних напряжений цикла определяют запасы прочности в двух плоскостях:

$$n_{\sigma x} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{ax} \frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + \sigma_{mx} \alpha_\sigma}; \quad (154)$$

$$n_{\sigma y} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{ay} \frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + \sigma_{my} \alpha_\sigma}.$$

Запас прочности у выполненных конструкций шатунов колеблется в пределах

$$n_{\sigma x} \approx n_{\sigma y} \approx n_\sigma = 1,2 \div 1,5.$$

Тепловой расчет

Тепловой расчет шатуна заключается в определении дополнительных тепловых напряжений, возникающих в верхней головке шатуна. Эти напряжения возникают при пуске двигателя в условиях низких и высоких температур окружающего воздуха.

В сопряжении втулка верхней головки шатуна — палец появляется натяг, вызывающий равномерно распределенную нагрузку на длине верхней головки шатуна, величина которой определяется по уравнению (121), а напряжение — по уравнению (123).

Тепловое напряжение складывается с напряжением разрыва верхней головки шатуна.

Результирующее напряжение

$$\sigma_\Sigma = \sigma_p + \sigma'_p \text{ кг/см}^2. \quad (155)$$

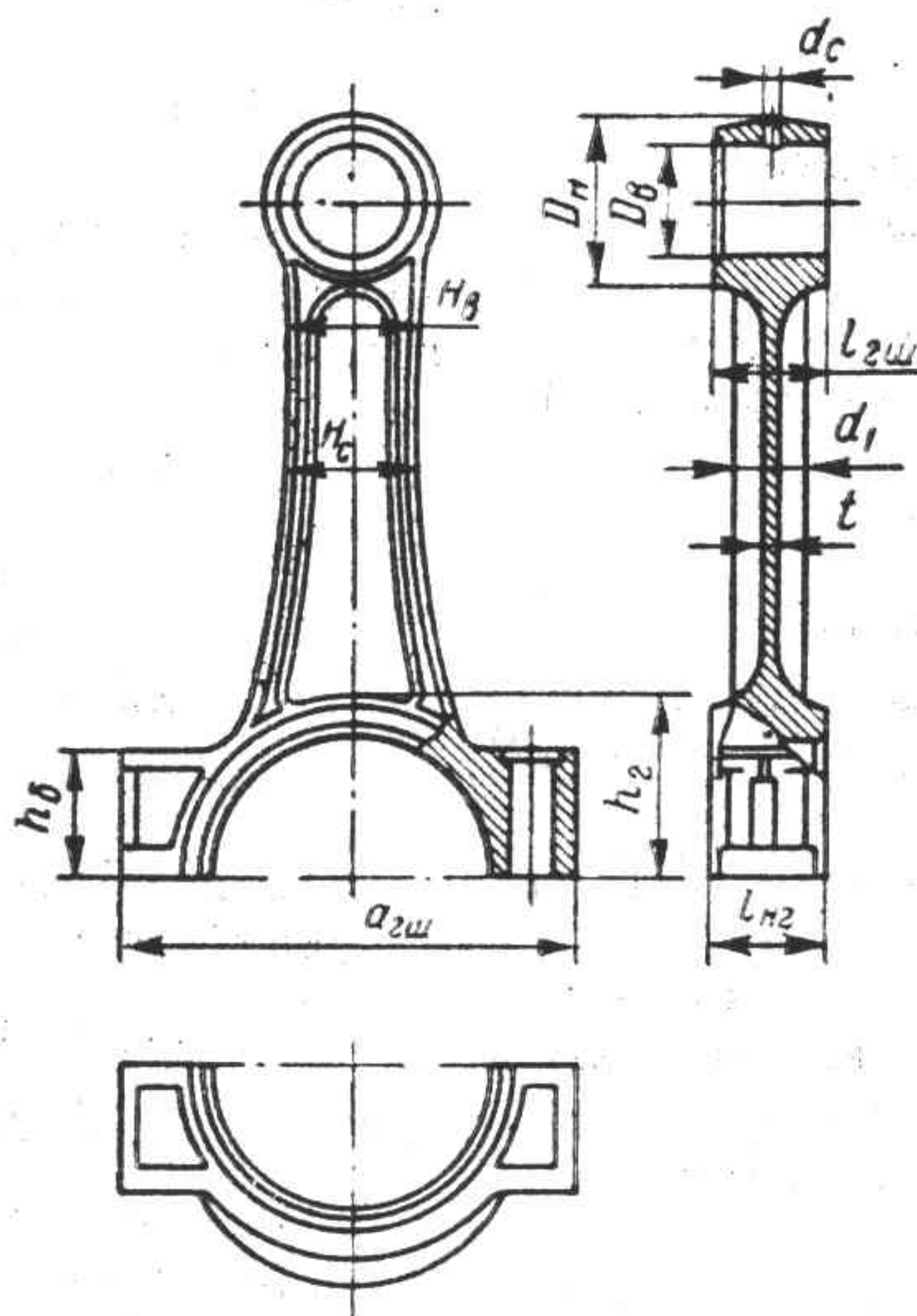
Допустимые напряжения в элементах шатуна (в кг/см²) приведены ниже:

	σ_p	σ_u	σ'_p
Верхняя головка	147—294	—	59—69
Стержень	490—1470	1570—2450	—
Крышка нижней головки	147—294	980—1080	—
Шатунные болты	590—1860	—	—

§ 14. ШАТУННАЯ ГРУППА

ТАБЛИЦА 16

Основные данные верхних головок шатунов



Марка двигателя	Марка стали	Длина шатуна	Верхняя головка в мм				
			Диаметр			Наименьшая толщина стенки	$l_{2ш}$
			D_H	D_B	d_c		
МЗМА-400	40	160,05 159,95	32,0	23,813 23,775	—	4,0	22,0
МЗМА-407	40	140,15 139,85	35,0	23,33 23,27	5	5,0	25,2 24,8
МеМЗ-965	40P	115,04 114,96	34,0	27,17 27,11	4,0	3,5	21,0 20,8
М-20	45Г2	202,05 201,95	32,0	23,27 23,29	3,0	4,5	29,15 28,85
М-21	45Г2	169,05 168,95	38,0	26,5 26,27	6,0	6,2	30,0 29,986
ГАЗ-12	45Г2	202,05 201,95	32,0	23,27 23,29	3,0	4,5	29,15 28,85

Продолжение табл. 16

Марка двигателя	Марка стали	Длина шатуна	Верхняя головка в мм				
			Диаметр			Наименьшая толщина стенки	$l_{гш}$
			D_H	D_B	d_c		
ГАЗ-13	45Г2	168,05 167,95	42,0	29,523 29,5	6,0	6,2	35,0 34,85
ЗИЛ-110	40ХН	235,05 234,95	37,0	23,5 23,52	—	6,5	32,0
ЗИЛ-111	40ХНМА	175,05 174,95	41,5	29,028 29,0	5,0	4,5	37,0 36,87
ЗИЛ-120	38ХА	217,05 216,95	42,0	29,5 29,523	3,0	4,0	38,0 37,83
ГАЗ-51	45Г2	202,05 201,95	32,0	23,27 23,9	3,0	4,5	29,15 28,85
ГАЗ-66	45Г2	156,05 155,95	38,0	26,5 26,27	6,0	6,2	30,0 29,986
ГАЗ-41	45Г2	168,05 167,95	42,0	29,523 29,5	6,0	6,2	35,0 34,85
Урал-5М	38ХА	231,85 231,70	—	28,57 28,5	—	10,0	22,4 22,0
ЗИЛ-130	40Р	185,05 184,95	41,5	29,028 29,0	5,0	4,5	37,0 36,87
ЗИЛ-375	40Р	185,05 184,95	41,5	29,028 29,0	5,0	4,5	37,0 36,87
Д-16	40Х	215,05 214,95	50,0	35,027 35,0	8,0	7,5	35,0 34,83
Д-20	45	250,05 249,95	70,0	55,03 55,0	6,0	7,5	44,0 43,66
Д-30	45Х	215,05 214,95	50,0	35,027 35,0	8,0	7,5	35,0 34,83
Д-35	45	260,05 259,95	62,0	44,0 44,027	5,0	7,0	38,0 37,66
Д-37	45Х	215,05 214,95	55,5	40,081 40,01	8,0	6,0	41,83 41,66
Д-48	45	260,0 259,9	60,0	44,027 44,0	6,0	10,5	38,0 37,48

Марка двигателя	Марка стали	Длина шатуна	Верхняя головка в мм				
			Диаметр			Наименьшая толщина стенки	$l_{гш}$
			D_H	D_B	d_c		
Д-54	45	330,05 329,95	74,0	55,0 55,03	—	6,0	44,0 43,66
СМД-7	45	230,0 229,9	66,0	46,027 46,0	5,0	8,4	42,0
Д-75	45	330,05 329,95	74,0	55,0 55,03	—	6,0	44,0 43,66
СМД-14	40X	250,0 249,973	66,0	48,027 48,0	5,0	8,4	42,0
КДМ-46	45	380,1 379,9	95,0	68,0 68,03	2×1,5	7,0	54,0
6КДМ-50	45	380,1 379,9	95,0	68,0 68,03	2×1,5	7,0	54,0
ЯАЗ-204	45Г2	257,2 257,15	64,0	44,0 44,027	8,0	8,0	45,5 45,4
ЯАЗ-206	45Г2	257,2 257,15	64,0	44,0 44,027	8,0	8,0	45,5 45,4
Д-6	18ХНВА	320,05 319,95	64,0	52,7	6×8,5	5,0	50,0
ЯМЗ-236	40X	265,03 264,97	78,0	56,03 56,0	5,0	8,0	47,6 47,26
ЯМЗ-238	40X	265,03 264,97	78,0	56,03 56,0	5,0	8,0	47,6 47,26
ЯМЗ-240	40X	265,03 264,97	78,0	56,03 56,0	5,0	8,0	47,6 47,26
Д-12А	18Х2НВА	320,05 319,95	64,0	52,7	6×8,5	5,0	50,0
Д-12-525	18ХНВА	320,05 319,95	64,0	52,7	6×8,5	5,0	50,0
УД-1	40P	154,0	30,0	23,8	4,0	5,0	29,0
УНД-5	40P	115,04 114,96	34,0	27,17 27,11	4,0	4,0	21,0 20,8
УД-2	40P	154,0	30,0	23,8	4,0	5,0	29,0

Продолжение табл. 16

Марка двигателя	Марка стали	Длина шатуна	Верхняя головка в мм				
			Диаметр			Наименьшая толщина стенки	$l_{гш}$
			D_n	D_g	d_c		
УНД-7	40P	115,04 114,96	34,0	27,17 27,11	4,0	4,0	21,0 20,8
УНД-10	40P	115,04 114,96	34,0	27,17 27,11	4,0	4,0	21,0 20,8

ТАБЛИЦА 17

Крышки нижних головок шатунов (см. рисунок в табл. 16)

Марка двигателя	Нижняя головка и крышка в мм							Боковое сверление
	Диаметр под вкладыши	Толщина крышки	Габариты головки			Размеры под болты		
			$a_{гш}$	$l_{нг}$	$h_г$	Длина	Диаметр	
МЗМА-400	44,45 44,2	5,5	66,0	31,65 31,599	43,0	55,05 54,95	9,14 9,09	—
МЗМА-407	51,524 51,512	5,0	74,9 74,7	31,55 31,5	20,5	20,5	10,03 10,0	
МеМЗ-965	48,515 48,5	5,0	73,0	20,96 20,85	14,0	14,0	8,222 8,2	—
М-20	55,012 55,0	5,5	81,0	31,85 31,8	46,0	66,05 65,95	10,03 10,0	5,0
М-21	63,512 63,5	9,1	91,25 90,75	35,85 35,78	25,0	62,0	10,03 10,0	1,5
ГАЗ-12	55,012 55,0	5,5	81,0	31,85 31,8	46,0	66,05 65,95	10,03 10,0	5,0
ГАЗ-13	63,512 63,5	9,1	91,25 90,75	25,85 25,78	25,0	62,0	10,03 10,0	1,5
ЗИЛ-110	61,518 61,5	7,0	89,0	34,85 34,8	59,0	74,05 73,95	11,027 11,0	3,0
ЗИЛ-111	85,0	8,0	99,47 99,23	28,94 28,87	46,0	70,5	12,27 12,2	5,0

Продолжение табл. 1

Марка двигателя	Нижняя головка и крышка в мм							Боковое сверление
	Диаметр под вкладыши	Толщина крышки	Габариты головки			Размеры под болты		
			$a_{гш}$	$l_{нг}$	$h_г$	Длина	Диаметр	
ЗИЛ-120	65,5 65,482	8,0	99,0	37,925 37,84	51,0	81,045 80,955	12,2 12,227	5,0
ГАЗ-51	55,012 55,0	5,5	81,0	31,85 31,8	46,0	66,05 65,95	10,03 10,0	5,0
ГАЗ-66	63,512 63,5	9,1	91,25 90,75	25,85 25,78	25,0	62,0	10,03 10,0	1,5
ГАЗ-41	63,512 63,5	9,1	91,25 90,75	25,85 25,78	25,0	62,0	10,03 10,0	1,5
Урал-5М	60,7 59,9	5,5	93,0	37,95 37,85	45,0	74,66 74,57	13,0	—
ЗИЛ-130	85,0	8,0	99,47 99,23	28,94 28,87	46,0	70,5	12,27 12,2	5,0
ЗИЛ-375	85,0	8,0	99,47 99,23	28,94 28,87	46,0	70,5	12,27 12,2	5,0
Д-16	66,018 66,0	10,0	97,0	41,83 41,66	25,65 25,45	67,0	9,8 10,0	—
Д-20	91,021 91,0	7,5	133,0	59,8 59,6	41,0 40,66	131,0	16,0 15,988	5,9
Д-30	76,018 76,0	11,0	102,0 101,77	41,83 41,66	30,0	—	12,0	—
Д-35	81,015 81,0	8,0	130,0	53,86 53,79	—	91,1 98,9	—	—
Д-37	76,018 76,0	11,0	102,0 101,77	41,83 41,66	30,0	—	12,0	—
Д-48	81,015 81,0	14,5	82,0 81,8	53,75 53,65	—	67,0	14,98 14,93	—
Д-54	91,0 91,015	12,0	122,0	59,8 59,6	87,5	105,1 140,9	16,027 16,0	—
СМД-7	81,021 81,0	8,5	114,0	53,8 53,6	42,0 41,48	116,0 117,4	14,0 13,988	—
Д-75	91,015 91,0	12,0	122,0	59,8 59,6	87,5	105,1 104,9	16,027 16,0	—

Продолжение табл. 17

Марка двигателя	Нижняя головка и крышка в мм							Боковое сверление
	Диаметр под вкладыши	Толщина крышки	Габариты головки			Размеры под болты		
			$a_{гш}$	$l_{нг}$	$h_г$	Длина	Диаметр	
СМД-14	84,02 84,0	9,0	114,0	49,83 49,66	42,0 41,48	114,9 113,5	14,0 13,988	—
КДМ-46	100,021 100,0	15,0	147,0	86,77 86,69	66,0	120,1 119,9	18,019 18,0	—
6КДМ-50	100,021 100,0	15,0	147,0	86,77 86,69	66,0	120,1 119,9	18,019 18,0	—
ЯАЗ-204	77,79	11,0	108,0	53,75 53,7	60,0	90,6 90,4	11,019 11,0	—
ЯАЗ-206	77,79	11,0	108,0	53,75 53,7	60,0	90,6 90,4	11,019 11,0	—
Д-6	90,0	10,0	—	70,0	—	105,0	13,0	4,0
ЯМЗ-236	93,021 93,0	13,0	140,1 139,9	41,325 41,285	86,0	95/75	16,105 16,078	—
ЯМЗ-238	93,021 93,0	13,0	140,1 139,9	41,325 41,285	86,0	95/75	16,106 16,078	—
ЯМЗ-240	93,021 93,0	13,0	140,1 139,9	41,325 41,285	86,0	95/75	16,105 16,078	—
Д-12А	90,0	10,0	132,0	70,0	—	105,0	13,0	4,0
Д-12-525	90,0	10,0	132,0	70,0	—	105,0	13,0	4,0
УД-1	—	5,5	66,0	31,65 31,59	19,0	58,0	8,22 8,2	—
УНД-5	47,989 47,78	5,0	73,0	20,96 20,85	14,0	48,0	8,22 8,2	—
УД-2	—	5,5	66,0	31,65 31,59	19,0	58,0	8,22 8,2	—
УНД-7	47,989 47,78	5,5	73,0	20,96 20,85	14,0	48,0	8,22 8,2	—
УНД-10	47,989 47,78	5,0	73,0	20,96 20,85	14,0	48,0	8,22 8,2	—

**Стержни и втулки верхних головок шатунов
(см. рисунок к табл. 16)**

Марка двигателя	Стержень в мм						Втулка верхней головки		
	Диаметр		Размеры сечения			t	Материал	Диаметры в мм	
	утол-щения	свер-ления	H_v	H_c	d_1			наруж-ный D_H	под палец
МЗМА-400	10,4	5,5	16,0	16,0	13,0	—	Бр.ОЦС 4-4-17	23,864 23,839	19,865 19,862
МЗМА-407	—	—	18,0	20,0	15,0	3,5		58,0	48,055 48,035
МеМЗ-965	—	—	15,0	26,0	12,0	3,0		27,2	22,0
М-20	—	—	18,5	21,5	17,0	2,5		23,47 23,44	21,095 21,092
М-21	—	—	22,0	25,0	17,0	4,0		23,47 23,44	24,999 24,997
ГАЗ-12	—	—	18,5	21,5	17,0	2,5		23,47 23,44	21,095 21,092
ГАЗ-13	—	—	22,0	27,0	17,0	4,0		31,2 31,1	28,095 28,092
ЗИЛ-110	10,5	5,5	22,0	22,0	16,0	2,5		23,7 23,67	22,007 22,004
ЗИЛ-111	—	—	27,0	29,0	18,5	4,0		31,2 31,1	28,007 27,997
ЗИЛ-120	11,0	6,0	25,0	29,0	19,0	4,0		29,7 29,67	28,007 28,004
ГАЗ-51	—	—	18,5	21,5	17,0	2,5		23,47 23,44	21,095 21,092
ГАЗ-66	—	—	22,0	25,0	17,0	4,0		23,47 23,44	24,999 24,997
ГАЗ-41	—	—	22,0	27,0	17,0	4,0		31,2 31,1	28,095 28,092
Урал-5М	—	—	30,0	30,0	19,0	—		—	—
ЗИЛ-130	—	—	27,0	29,0	18,5	4,0		31,2 31,1	28,007 27,997
ЗИЛ-375	—	—	27,0	29,0	18,5	4,0		31,2 31,1	28,007 27,997

Продолжение табл. 18

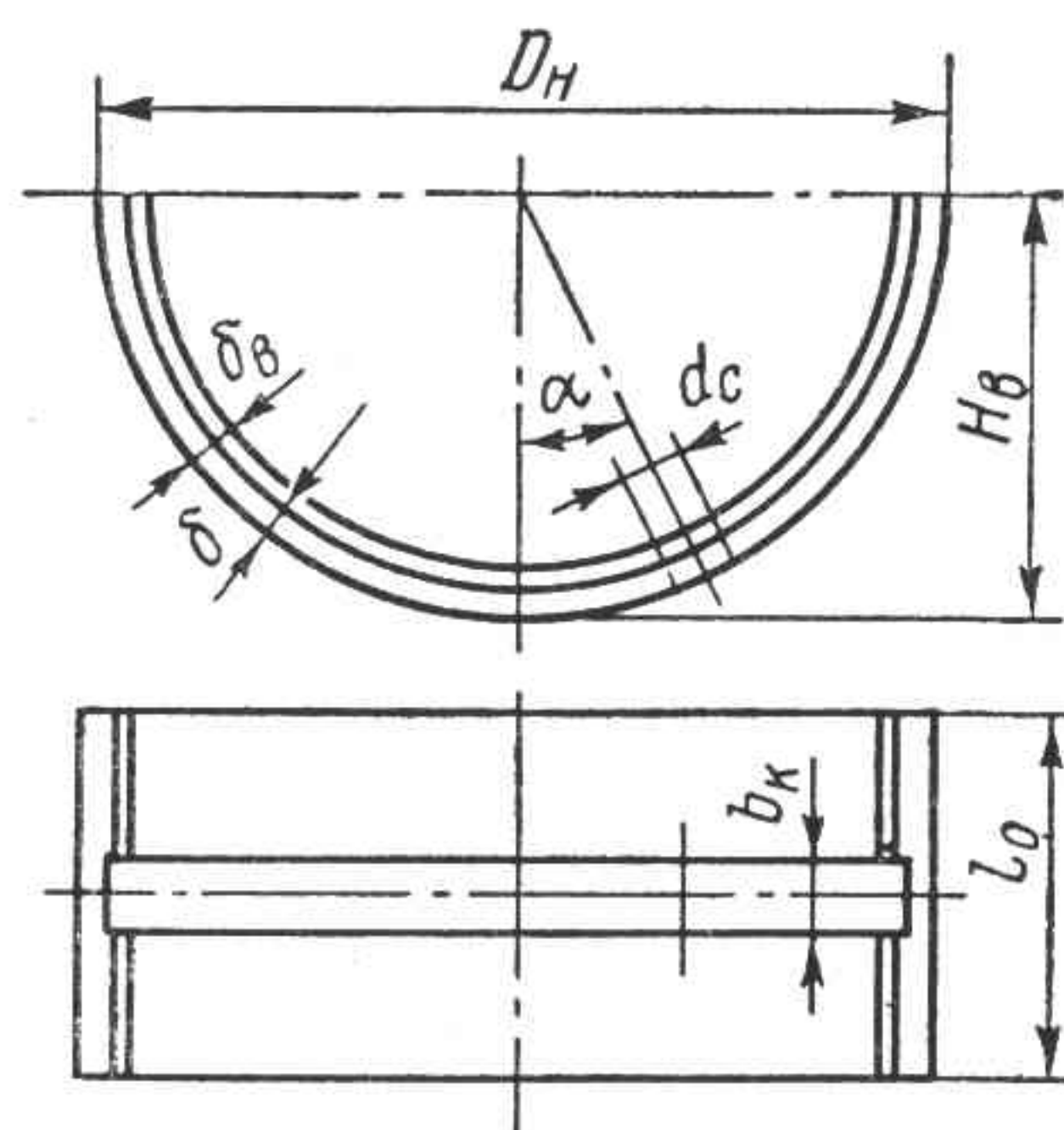
Марка двигателя	Стержень в мм						Втулка верхней головки		
	Диаметр		Размеры сечения			t	Материал	Диаметры в мм	
	утол-щения	свер-ления	H _в	H _с	d ₁			наруж-ный D _н	под палец
Д-16	—	—	26,0	30,0	25,0	5,6 6,5	Бр.ОЦС 4-4-17	35,115 35,065	30,021 30,01
Д-20	15,0	8,4	40,0	40,0	30,0	7,1 6,5		55,015 55,009	48,045 48,030
Д-30	—	—	26,0	30,0	25,0	6,5 5,6		35,115 35,065	30,021 30,01
Д-35	—	—	32,0	36,0	26,0	5,5		44,125 44,075	38,01 38,003
Д-37	—	—	33,0	35,0	28,0	5,5	Бр.ОЦС 3-11-5	40,0 39,63	35,021 35,01
Д-48	—	—	34	40,0	28,0	4,5	Бр.ОЦС 3-11-5	44,125 44,075	38,02 38,008
Д-54	16,0	10,0	40,0	45,0	32,0	5,0	Бр.ОЦ 10-2	55,15 55,09	48,045 48,03
СМД-7	—	—	—	36,0	26,0	5,5	Бр.ОЦС 3-11-5	46,125 46,075	40,083 40,018
Д-75	16,0	10,0	40,0	45,0	32,0	5,0	Бр.ОЦ 10-2	55,15 55,09	48,045 48,03
СМД-14	—	—	33,0	36,0	26,0	5,0	Бр.ОЦС 3-11-5	48,125 48,075	42,033 42,018
КДМ-46	16,0	8,0	40,0	42,5	35,0	6,0	Бр.ОС 10-2	68,12 68,09	60,018 60,0
6КДМ-50	16,0	8,0	40,0	42,5	35,0	6,0	Бр.ОС 10-2	68,12 68,09	60,018 60,0
ЯАЗ-204	14,0	6,8	35,0	35,0	22,0	4,0	Бр.ОЦС 3-11-5	44,13 44,1	38,074 38,064
ЯАЗ-206	14,0	6,8	35,0	35,0	22,0	4,0	Бр.ОЦС 3-11-5	44,13 44,1	38,074 38,064
Д-6	—	—	50,0	54,0	30,0	5,4	Бр.ОЦ 10-2	—	42,035 42,055
ЯМЗ-236	14,0	6,8	42,0	42,0	30,0	7,5	Бр.ОЦС 3-11-5	56,0 55,97	50,026 50,02

Продолжение табл. 18

Марка двигателя	Стержень в мм						Втулка верхней головки		
	Диаметр		Размеры сечения			t	Материал	Диаметры в мм	
	утол-щения	свер-ления	H_v	H_c	d_1			наруж-ный D_H	под палец
ЯМЗ-238	14,0	6,8	42,0	42,0	30,0	7,5	Бр.ОЦС 3-11-5	56,0 55,97	50,026 50,02
ЯМЗ-240	14,0	6,8	42,0	42,0	30,0	7,5	Бр.ОЦС 3-11-5	56,0 55,97	50,026 50,02
Д-12А	—	—	50,0	54,0	30,0	5,4	Бр.ОЦ 10-2	—	48,035 48,055
Д-12-525	—	—	50,0	54,0	30,0	5,4	Бр.ОЦ 10-2	—	48,035 48,055
УД-1	—	—	16,0	20,0	13,5	3,5	Бр.ОЦ 10-2	23,8	19,86
УНД-5	—	—	16,0	20,0	13,5	3,5	Бр.ОЦ 10-2	23,8	19,86
УД-2	—	—	16,0	20,0	13,5	3,5	Бр.ОЦ 10-2	23,8	19,86
УНД-7	—	—	15,0	20,0	12,0	3,5	Бр.ОЦ 10-2	27,2	22,0
УНД-10	—	—	16,0	20,0	13,5	3,5	Бр.ОЦ 10-2	23,8	19,86

Вкладыши шатунных подшипников

ТАБЛИЦА 19



Марка двигателя	Материал		Диаметральный зазор в мм	Размеры в мм			
	тела (сталь, бронза)	заливки		δ	δ_v	D_H	H_v
МЗМА-400	08	Баббит	0,013 0,051	0,635	0,675	—	—

Продолжение табл. 19

Марка двигателя	Материал		Диаметральный зазор в мм	Размеры в мм			
	тела (сталь, бронза)	заливки		δ	δ_v	D_H	H_v
МЗМА-407	08	СОС 6-6 ¹	0,07 0,012	1,5 1,39	1,744 1,737	52,725 51,025	25,788 25,763
МеМЗ-965	08	СОС 6-6	0,076 0,025	1,5 1,39	1,744 1,737	48,0	24,0
М-20	08	Баббит	0,012 0,063	1,45 1,34	1,744 1,737	55,012	27,53 27,506
М-21	08кп	СОС 6-6	0,026 0,077	1,8 1,7	2,237 2,23	63,512	31,78 31,756
ГАЗ-12	08	Баббит	0,012 0,063	1,45 1,34	1,744 1,737	55,012	27,53 27,506
ГАЗ-13	08кп	СОС 6-6	0,026 0,065	1,8 1,7	2,237 2,23	63,512	31,78 31,756
ЗИЛ-110	08	Баббит	0,012 0,051	1,45 1,34	1,744 1,737	61,512	30,78 30,494
ЗИЛ-111	08	СОС 6-6	0,026 0,064	1,7 1,6	1,987 1,98	69,5	34,735 34,71
ЗИЛ-120	08	Баббит	0,012 0,064	1,45 1,34	1,744 1,737	65,515	32,78 32,756
ГАЗ-51	08	Баббит	0,012 0,063	1,45 1,34	1,744 1,737	55,012	27,53 27,506
ГАЗ-66	08кп	СОС 6-6	0,026 0,065	1,8 1,7	2,237 2,23	63,512	31,78 31,756
ГАЗ-41	08кп	СОС 6-6	0,026 0,065	1,8 1,7	2,237 2,23	63,512	31,78 31,756
Урал-5М	08	Баббит	0,025 0,07	1,45 1,34	1,744 1,737	—	—
ЗИЛ-130	08	СОС 6-6	0,026 0,064	1,7 1,6	1,987 1,98	69,5	34,735 34,71
ЗИЛ-375	08	СОС 6-6	0,026 0,064	1,7 1,6	1,987 1,98	69,5	34,735 34,71
Д-16	08	АСМ ²	0,123	2,5 2,25	2,875 2,861	66,7 66,4	33,1 33,05
Д-20	08	АСМ	0,123	2,5 2,25	2,87 2,86	92,4 91,4	45,5

Продолжение табл. 19

Марка двигателя	Материал		Диаметральный зазор в мм	Размеры в мм			
	тела (сталь, бронза)	заливки		δ	δ_v	D_H	H_v
Д-30	08	АСМ	0,123	2,5 2,25	2,874 2,861	66,7 66,4	33,1 33,05
Д-35	08	Бр.С30	0,075 0,121	2,3 2,5	3,0 2,992	81,5 81,2	40,535 40,012
Д-37	08	АСМ	0,123	2,5 2,25	2,874 2,861	71,28	35,5
Д-48	08	АСМ	0,123	2,38 2,27	2,88 2,87	82,4 81,5	40,55 40,25
Д-54	10	Бр.С30	0,08 0,13	2,5 2,3	3,0 2,99	91,00	45,55 45,53
СМД-7	08	АСМ	0,07 0,11	2,38 2,27	2,88 2,77	82,4 81,5	40,6 40,55
Д-75	08	АСМ	0,07 0,11	2,38 2,27	2,88 2,77	91,1 91,2	45,6 45,55
СМД-14	08	АСМ	0,07 0,11	2,38 2,27	2,88 2,77	85,4 84,5	42,1 42,05
КДМ-46	Бр.ОЦС 5-5-5	БТ	0,04 0,096	3,85 3,65	4,0	100,019 100,003	50,04 50,03
6КДМ-50	Бр.ОЦС 5-5-5	БТ	0,04 0,096	3,85 3,65	4,0	100,019 100,003	50,04 50,03
ЯАЗ-204	10	Бр.С30	0,05 0,091	3,1 3,6	3,949 3,942	77,788	38,945 38,915
ЯАЗ-206	10	Бр.С30	0,05 0,091	3,1 3,6	3,949 3,942	77,788	38,945 38,915
Д-6	10	Бр.С30	0,06 0,101	2,2	2,5	90,0	—
ЯМЗ-236	10	Бр.С30	0,056 0,106	3,1 3,6	3,472 3,465	94,2 93,7	46,6 46,55
ЯМЗ-238	10	Бр.С30	0,056 0,106	3,1 3,6	3,472 3,465	94,2 93,7	46,6 46,55
ЯМЗ-240	10	Бр.С30	0,056 0,106	3,1 3,6	3,472 3,465	94,2 93,7	46,6 46,55
Д-12А	10	Бр.С30	0,06 0,101	2,2	2,5	90,0	—

Продолжение табл. 19

Марка двигателя	Материал		Диаметральный зазор в мм	Размеры в мм			
	тела (сталь, бронза)	залитки		δ	δ_v	D_H	H_v
Д-12-525	10	Бр.С30	0,06 0,101	2,2	2,5	90,0	—
УД-1	—	Баббит ³	0,07 0,02	—	—	—	—
УНД-5	08	Баббит	0,07 0,02	1,5 1,39	1,744 1,737	48,0	24,0
УД-2	—	Баббит ³	0,07 0,02	—	—	—	—
УНД-7	08	Баббит	0,07 0,02	1,5 1,39	1,744 1,737	48,0	24,0
УНД-10	08	Баббит	0,07 0,02	1,5 1,39	1,744 1,737	48,0	24,0

¹ СОС — свинцовисто-оловянистый сплав.
² АСМ — алюминивно-сурьмянисто-магниевый сплав.
³ Заливка в тело шатуна.

ТАБЛИЦА 20

Основные размеры вкладышей и шатунных болтов
(см. рисунок к табл. 19)

Марка двигателя	Размеры вкладышей в мм				Шатунные болты		
	l_0	b_K	d_c	α в град	Марка стали	Диаметры в мм	
						резьбы	фиксирующего участка
МЗМА-400	—	—	—	—	38ХА	M9×1,0	9,09 9,06
МЗМА-407	25,4 25,06	—	—	—	38ХА	M10×1,0	10,0 9,985
МеМЗ-965	20,0	—	—	—	38ХА	M8×1,0	8,0
М-20	25,8 25,55	—	3,5	25,87	38Х	M10×1,0	10,0 9,985
М-21	23,3 23,1	—	3,5	15,0	38ХА	M10×1,0	10,0 9,85

Продолжение табл. 20

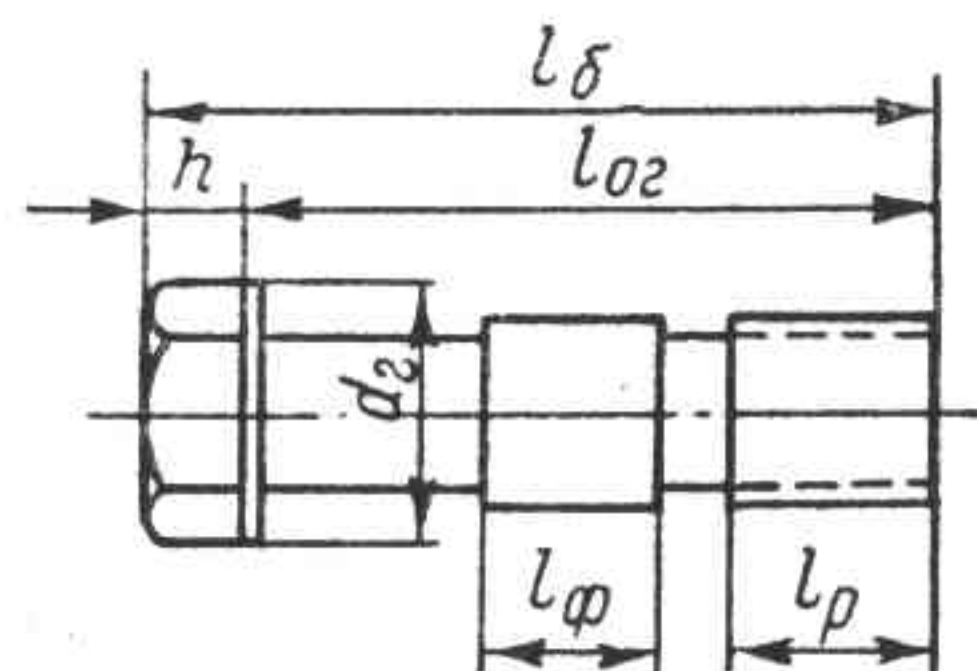
Марка двигателя	Размеры вкладышей в мм				Шатунные болты		
	l_0	b_k	d_c	α в град	Марка стали	Диаметры в мм	
						резьбы	фикси- рующего участка
ГАЗ-12	25,8 25,55	—	3,5	25,87	38X	M10×1,0	10,0 9,985
ГАЗ-13	23,3 23,1	—	3,5	15,0	38XA	M10×1,0	10,0 9,85
ЗИЛ-110	31,8 31,55	—	5,5	30,0	35XH3	M11×1,0	11,0 10,982
ЗИЛ-111	27,5 27,22	—	3,5	33,0	40X	M12×1,25	12,2 12,1
ЗИЛ-120	32,0 31,66	—	5,0	40,0	40X	M12×1,25	12,2 12,182
ГАЗ-51	25,8 25,55	—	3,5	25,87	38X	M10×1,0	10,0 9,985
ГАЗ-66	23,3 23,1	—	3,5	15,0	38XA	M10×1,0	10,0 9,85
ГАЗ-41	23,3 23,1	—	3,5	15,0	38XA	M10×1,0	10,0 9,85
Урал-5М	—	—	—	—	40X	M12×1,25	12,65 12,6
ЗИЛ-130	27,5 27,22	—	3,5	33,0	40X	M12×1,25	12,2 12,1
ЗИЛ-375	27,5 27,22	—	3,5	33,0	40X	M12×1,25	12,2 12,1
Д-16	33,0 32,66	—	—	—	40XH	M11×1,0	10,0 9,8
Д-20	49,0 48,66	—	8,36 8,0	—	40XH	M16×1,5	16,0 15,988
Д-30	33,0 32,66	—	—	—	40XH	M11×1,0	11,0 10,8
Д-35	44,0 43,83	7,0	—	—	40XH	M14×1,5	—
Д-37	33,0 32,66	—	5,0	—	40XH	M11×1,0	11,0 10,8
Д-48	42,0 41,75	—	—	—	40XH	M16×1,5	14,98 14,93

Продолжение табл. 20

Марка двигателя	Размеры вкладышей в мм				Шатунные болты		
	l_0	b_K	d_c	α в град	Марка стали	Диаметры в мм	
						резьбы	фикси- рующего участка
Д-54	51,0 50,8	—	8	—	40XH	M16×1,5	16,0 15,988
СМД-7	41,66 42,00	—	—	—	40XH	M14×1,5	14,0 13,988
Д-75	51,0 50,8	—	8,0	—	40XH	M16×1,5	16,0 15,988
СМД-14	39,0 38,66	—	—	—	40XH	M14×1,5	14,0 13,988
КДМ-46	81,0 80,54	6,0	10,03 10,0	—	45X	M18×1,5	17,994 17,982
6КДМ-50	81,0 80,54	6,0	10,03 10,0	—	45X	M18×1,5	17,994 17,982
ЯАЗ-204	47,6 47,4	10,0	7,0	50,0	4140	M11×1,0	11,2 11,188
ЯАЗ-206	47,6 47,4	10,0	7,0	50,0	4140	M11×1,0	11,2 11,188
Д-6	60,0 59,8	—	8,016 8,0	32,0	18XHBA	M12×1,0	12,2 12,18
ЯМЗ-236	34,2 34,03	4,0	3,0	75,0	40XH	M16×1,5	16,105 16,078
ЯМЗ-238	34,2 34,03	4,0	3,0	75,0	40XH	M16×1,5	16,105 16,078
ЯМЗ-240	34,2 34,03	4,0	3,0	75,0	40XH	M16×1,5	16,105 16,078
Д-12А	60,0 59,8	—	8,016 8,0	32,0	18XHBA	M12×1,0	12,2 12,18
Д-12-525	60,0 59,8	—	8,016 8,0	32,0	18XHBA	M12×1,0	12,2 12,18
УД-1	—	—	—	—	40XH	M8×1,0	8,0
УНД-5	20,0	—	—	—	40XH	M8×1,0	8,0
УД-2	—	—	—	—	40XH	M8×1,0	8,0
УНД-7	20,0	—	—	—	40XH	M8×1,0	8,0
УНД-10	20,0	—	—	—	40XH	M8×1,0	8,0

ТАБЛИЦА 21

Шатунные болты



Марка двигателя	Наименьший диаметр в мм	Длина l_{δ} в мм	Длина участка в мм			Размеры головки в мм		Гайка	
			l_p	l_{ϕ}	$l_{ог}$	Ширина d_g	Высота h	Марка стали	Высота в мм
МЗМА-400	8,37 8,23	60,5 59,0	17,0	21,0	10,0	9,75 9,25	5,0	35X	10,0
МЗМА-407	9,6 9,5	68,0	20,0	28,0	62,0	11,0 10,7	6,5	40X	10,0
МеМЗ-965	6,0	53,0	15,0	18,0	46,0	7,0	7,0	40X	10,0
М-20	9,5 9,4	68,0	20,0	23,0	20,0	11,5	6,0	35X	13,0
М-21	9,6 9,5	62,0	20,0	26,0	55,5	11,5	6,5	35XA	13,0
ГАЗ-12	9,5 9,4	68,0	20,0	23,0	20,0	11,5	6,0	35X	13,0
ГАЗ-13	9,6 9,5	62,0	20,0	26,0	55,5	11,5	6,5	35XA	13,0
ЗИЛ-110	9,6 9,4	82,0	22,0	11,0	50,0	14,0	7,0	35	13,0
ЗИЛ-111	11,9 11,8	70,5	25,0	22,0	64,5	15,0	6,0	35	11,0
ЗИЛ-120	11,895 11,955	74,5	25,0	26	64,0	15,0	6,5	35	14,5

Продолжение табл. 21

Марка двигателя	Наименьший диаметр в мм	Длина l_0 в мм	Длина участка в мм			Размеры головки в мм		Гайка	
			l_p	l_ϕ	$l_{ог}$	Ширина d_2	Высота h	Марка стали	Высота в мм
ГАЗ-51	9,5 9,4	68,0	20,0	23,0	20,0	11,5	6,0	35X	13,0
ГАЗ-66	9,6 9,5	62,0	20,0	23,0	55,5	11,5	6,5	35X	13,0
ГАЗ-41	9,6 9,5	62,0	20,0	23,0	55,5	11,5	6,5	35X	13,0
Урал-5М	11,88 11,94	63,0	21	31	—	16,0	5,0	35	14,5
ЗИЛ-130	11,9 11,8	70,5	25,0	22,0	64,5	15,0	6,0	35	11,0
ЗИЛ-375	11,9 11,8	70,5	25,0	22,0	64,5	15,0	6,0	35	11,0
Д-16	10,0 9,8	67,36 67,0	28,0	30,0 28,0	58,0	—	9,36	—	—
Д-20	14,7 14,0	131,4 130,9	47,0	85,0 83,0	116,4 115,9	—	15,0	—	27,78
Д-30	10,0 9,8	67,36 67,0	28,0	30,0 28,0	58,0	—	9,36	—	—
Д-35	11,9 11,78	63,0	25	—	—	22,0	13,0	—	—
Д-37	10,0 9,8	81,0	28,0	14,0	73,0	—	9,36	—	—
Д-48	14,7 14,5	65,0	23,0	30,0	53,0	21,0	12,0	—	—
Д-54	14,7 14,0	127,0	34,0	57,0 59,0	112,5 113,5	19,0	10,0	40X	27,0
СМД-7	12,7 12,0	117,4 116,0	30,0	50,1	101,46 101,0	19,0	10,0	40X	20,0

Продолжение табл. 21

Марка двигателя	Наименьший диаметр в мм	Длина l_6 в мм	Длина участка в мм			Размеры головки в мм		Гайка	
			l_p	l_ϕ	$l_{ог}$	Ширина d_2	Высота h	Марка стали	Высота в мм
Д-75	14,7 14,0	127,4 125,0	34,5 33,5	58,0	112,5 113,5	19,0	10,0	40X	27,0
СМД-14	12,7 12,0	113,64 113,5	27,5	51,0 49,0	98,46 98,0	19,0	10,0	40X	20,0
КДМ-46	17,5	137,0 136,0	33,0	63,0	119,0	24,5	14,0	20Г	24,0
6КДМ-50	17,5	137,0 136,0	33,0	63,0	119,0	24,5	14,0	20Г	24,0
ЯАЗ-204	9,7 9,6	94,0	22,0	10,0	57,0	14,5	8,0	40XH	13,0
ЯАЗ-206	9,7 9,6	94,0	22,0	10,0	57,0	14,5	8,0	40XH	13,0
Д-6	10,5	—	21,0	—	—	—	—	—	15,0
ЯМЗ-236	9,6 9,5	95/75	21,5 19,5	15,0	84/64	24,0	11,0	—	—
ЯМЗ-238	9,6 9,5	95/75	21,5 19,5	15,0	84/64	24,0	11,0	—	—
ЯМЗ-240	9,6 9,5	95/75	21,5 19,5	15,0	84/64	24,0	11,0	—	—
Д-12А	10,5	—	21,0	—	—	—	—	—	15,0
Д-12-525	10,5	—	21,0	—	—	—	—	—	15,0
УД-1	6,0	58,0	21,0	28,0	52,0	10,5	6,0	40X	12,0
УНД-5	6,0	48,0	15,0	18,0	42,0	10,5	6,0	40X	12,0
УД-2	6,0	58,0	21,0	28,0	52,0	10,5	6,0	40X	12,0
УНД-7	6,0	48,0	15,0	18,0	42,0	10,5	6,0	40X	12,0
УНД-10	6,0	48,0	15,0	18,0	42,0	10,5	6,0	40X	12,0

§ 15. РАСЧЕТ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Коленчатый вал является основной силовой деталью двигателя, которая воспринимает нагрузки газов и сил инерции и передает их через маховик на трансмиссию машины в виде крутящего момента.

Основные требования, предъявляемые к коленчатому валу, вытекают из его функции

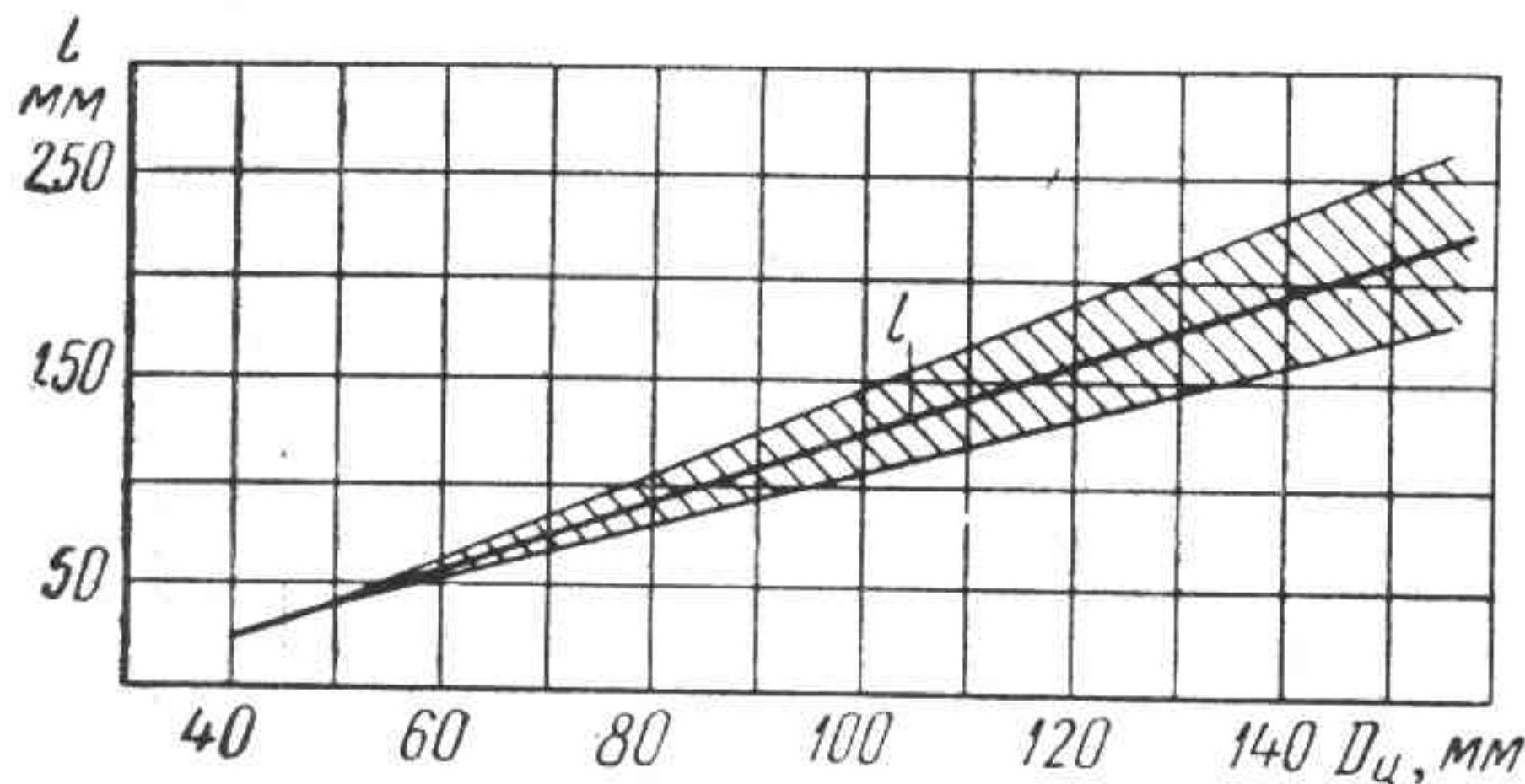


Рис. 69. Полная длина кривошипа в зависимости от диаметра цилиндра

в системе кривошипного механизма: высокая прочность, жесткость и износостойкость; минимальный вес; отсутствие резонанса, крутильных, поперечных и осевых колебаний; высокая точность изготовления элементов вала; высокая твердость поверхности и вязкость сердцевины; статическая и динамическая уравновешенность; разгруженность подшипников от действия сил инерции; технологичность изготовления.

Основные требования, предъявляемые к валу, в некоторой мере удовлетворяются подбором материалов валов, которые приведены в настоящем справочнике. Конструктивные формы вала и его элементов могут быть определены при помощи графиков (рис. 69, 70, 71, 72). Из графиков видно, что основные элементы кривошипа вала находятся в прямой зависимости от диаметра цилиндра.

Исходя из условий работы быстроходного поршневого двигателя, расчет коленчатого вала разбивается на пять этапов: расчет на прочность; на износ; на усталость; на крутильные колебания; тепловой расчет.

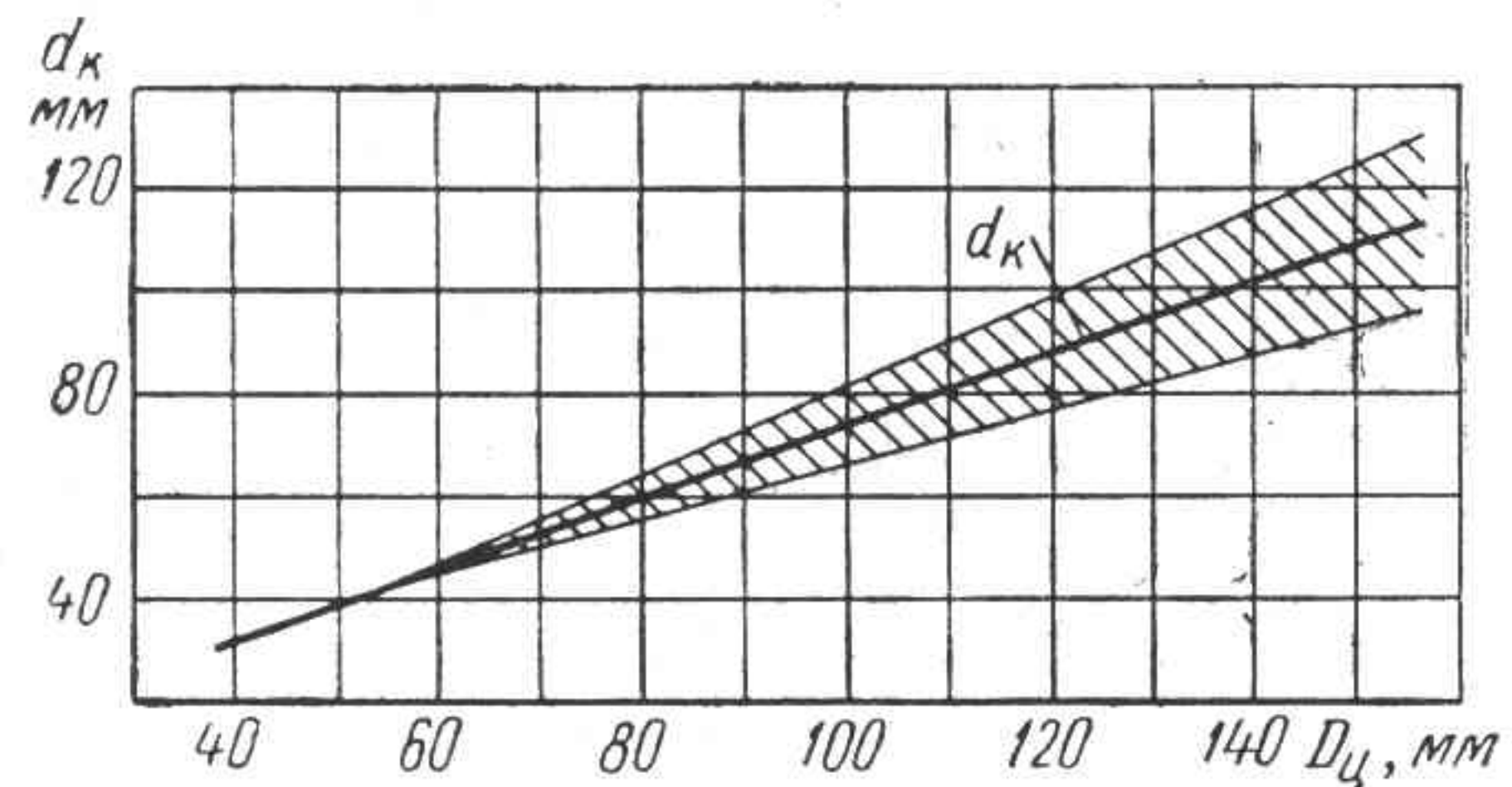


Рис. 70. Диаметр коренной шейки в зависимости от диаметра цилиндра

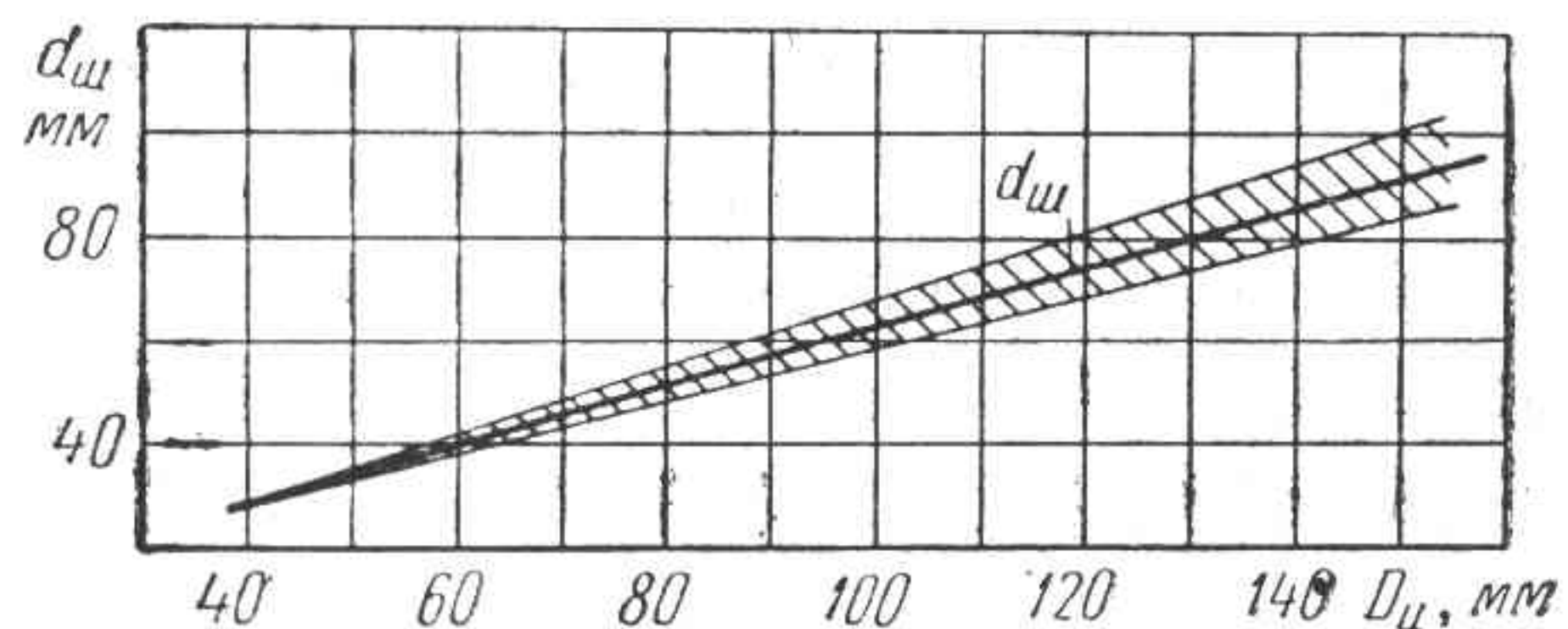


Рис. 71. Диаметр шатунной шейки в зависимости от диаметра цилиндра

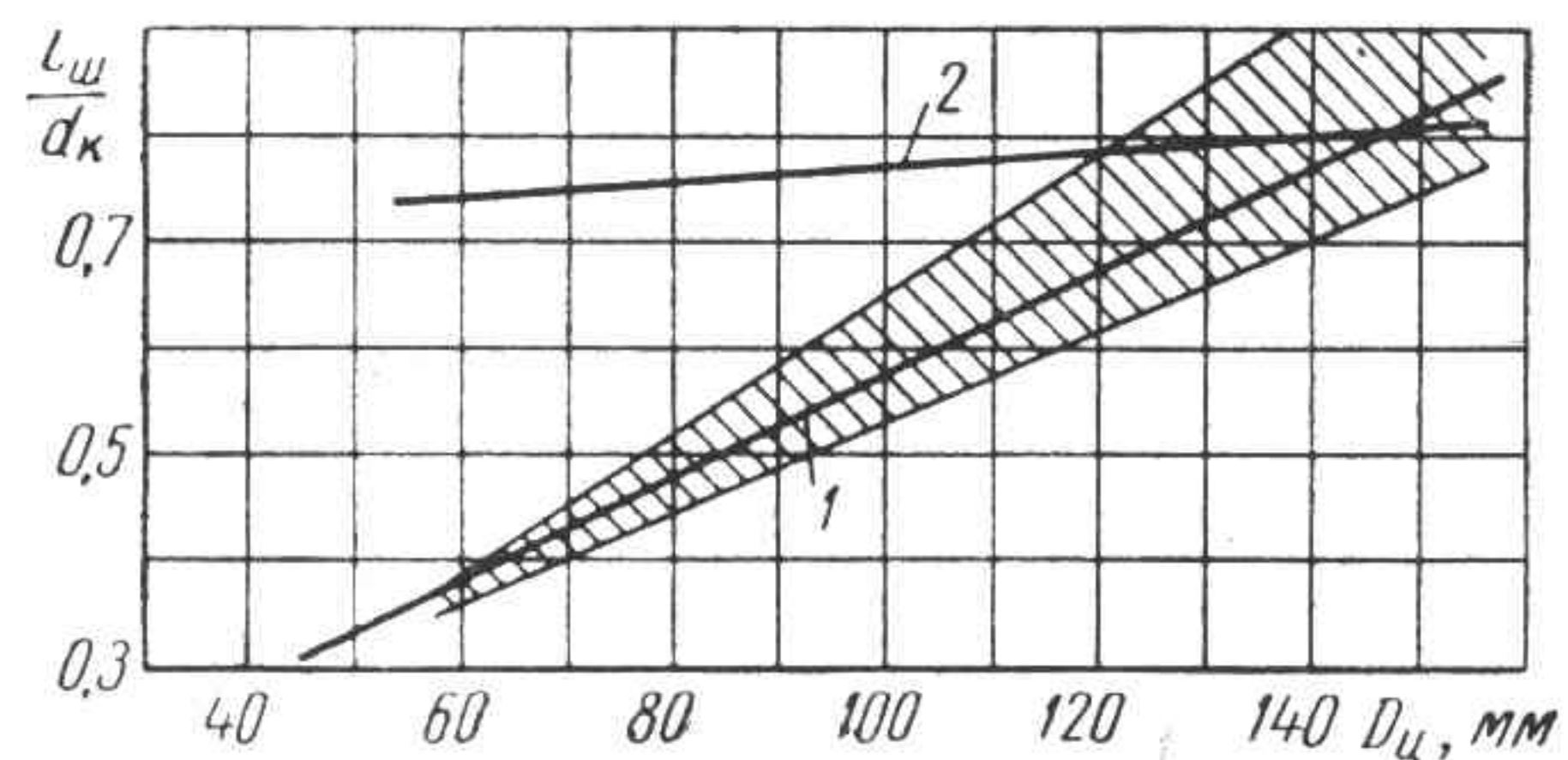


Рис. 72. Отношение длины коренной шейки к ее диаметру в зависимости от диаметра цилиндра:

1 — рядного двигателя; 2 — V-образного двигателя

Расчет на прочность

Расчет на прочность заключается в определении напряжений изгиба и сжатия в шейках и щеках кривошипа вала. Расчетными силами принимаются силы давления газов при положении поршня в верхней мертвой точке

$$P_{z \max} = 0,785 p_z D_u^2 \text{ кГ}, \quad (156)$$

где p_z — максимальное давление сгорания;
 D_u — диаметр поршня,
или сила инерции при разном числе оборотов

$$P_{j \max} = R \omega_p^2 [m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^B] \text{ кГ}. \quad (157)$$

где m_A — масса, приведенная к оси поршневого пальца;
 $m_{ш}^B$ — масса шатуна, приведенная к оси шатунной шейки;
 ω_p — угловая скорость при разном числе оборотов.

Кривошип рассчитывается как разрезная балка на двух опорах. Опоры расположены посередине длины соседних коренных шеек. Для такого случая опоры реакции (рис. 73):

$$\left. \begin{aligned} A = B &= 0,393 p_z D_u^2 \text{ кГ}; \\ A = B &= 0,5 [m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^B] R \omega_p^2 \text{ кГ}. \end{aligned} \right\} \quad (158)$$

Реакции опор изгибают шейки и щеки кривошипа вала и вызывают напряжения: изгиба шеек

$$\left. \begin{aligned} \sigma_u &= \frac{0,393 p_z D_u^2 l}{0,2 d^3} \text{ кГ/см}^2; \\ \sigma_u &= \frac{0,5 [m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^B] R \omega_p^2 l}{0,2 d^3} \text{ кГ/см}^2; \end{aligned} \right\} \quad (159)$$

изгиба щек

$$\left. \begin{aligned} \sigma_u &= \frac{0,393 p_z D_u^2 \left(\frac{l - l_{ш}}{2} \right)}{0,167 h b^2} \text{ кГ/см}^2; \\ &0,5 [m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^B] \times \\ &\times R \omega_p^2 \left(\frac{l - l_{ш}}{2} \right) \\ \sigma_u &= \frac{\quad}{0,167 h b^2} \text{ кГ/см}^2, \end{aligned} \right\} \quad (160)$$

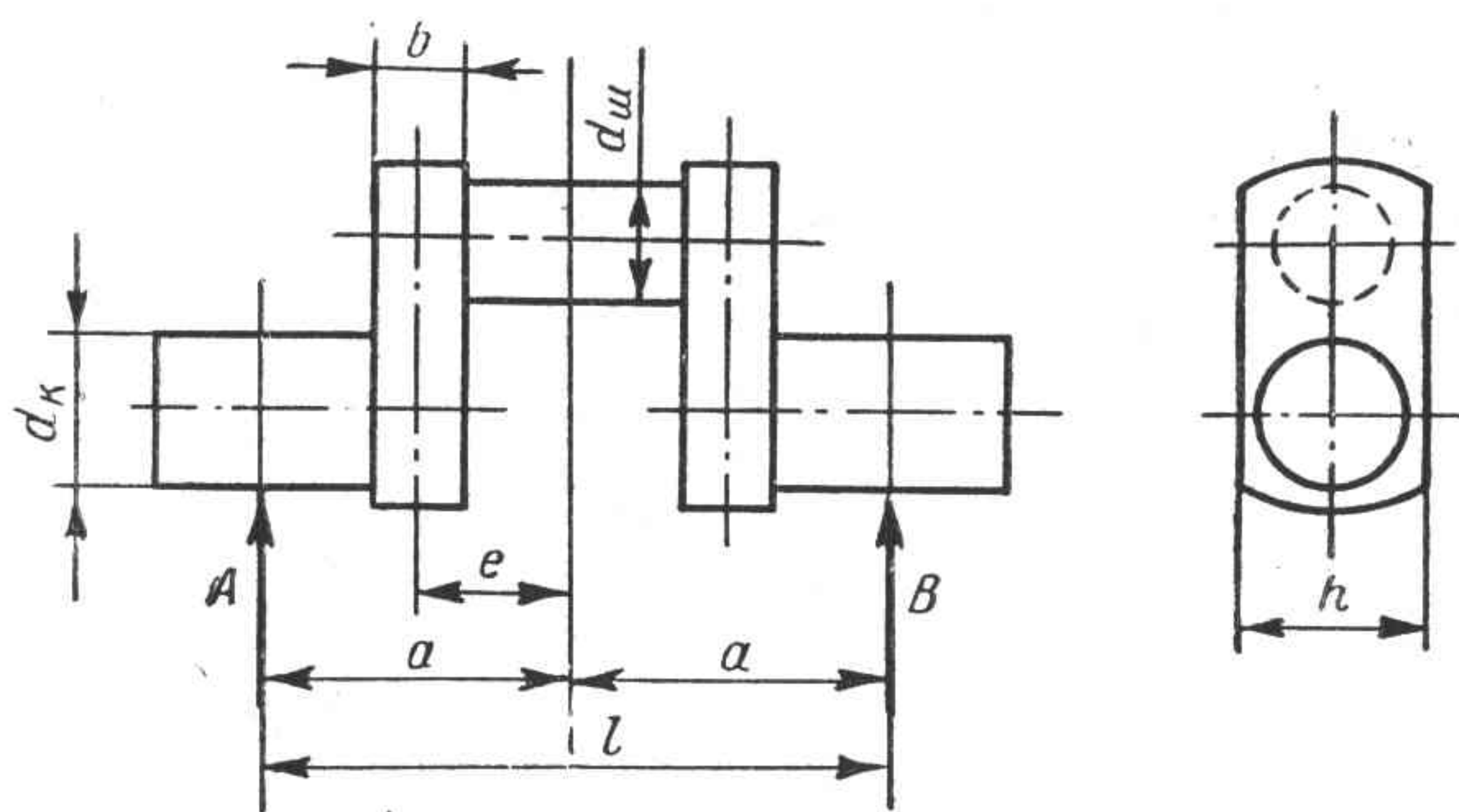


Рис. 73. Схема расчета кривошипа коленчатого вала

где l — длина кривошипа;
 $l_{ш}$ — длина шатунной шейки;
 b, h — длина и ширина щеки.

Реакции опор вызывают напряжения сжатия щеки

$$\left. \begin{aligned} \sigma_c &= \frac{0,393 p_z D_u^2}{2 h b} \text{ кГ/см}^2; \\ &0,5 [m_A (1 + \lambda) + m_{ш}^B] \times \\ &\times R \omega_p^2 \\ \sigma_c &= \frac{\quad}{2 h b} \text{ кГ/см}^2. \end{aligned} \right\} \quad (161)$$

На щеку кривошипа действует результирующее напряжение

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_u + \sigma_c \text{ кГ/см}^2.$$

Допустимые напряжения (в кГ/см²) в элементах вала приведены ниже:

	Специальный чугун	Углеродистая сталь	Легированная сталь
Коренная шейка	490—590	590—980	785—1180
Шатунная шейка	590—785	785—1180	980—1470
Щека	785—980	1180—1760	1470—2450

Расчет на износ

Расчет на износ заключается в определении удельных давлений в подшипниках вала, возникающих под действием результирующей силы R .

Результирующая R определяется посредством построения полярных диаграмм и представляет собой алгебраическую сумму тангенциальной и радиальной сил.

Тангенциальная сила

$$T = \frac{P_1 \sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \text{ кГ.}$$

Радиальная сила

$$Z = \frac{P_1 \cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \text{ кГ,} \quad (162)$$

где P_1 — сила, действующая по оси цилиндра,

$$P_1 = 0,785 p_z D_u^2 \pm m_A R \omega^2 (1 + \lambda) \text{ кГ.} \quad (163)$$

Функции углов поворота кривошипа и отклонения шатуна приведены в табл. 22, 23 и 24.

Планиметрированием развернутой полярной диаграммы определяется среднее значение результирующей силы и определяется удельное давление в подшипнике

$$k = \frac{R_{cp}}{dl} \text{ кГ/см}^2, \quad (164)$$

где d — диаметр шейки вала;

l — длина шейки вала.

У выполненных конструкций двигателей удельные давления достигают

$$k = 110 \div 130 \text{ кГ/см}^2.$$

Расчет на усталость

Расчет на усталость заключается в определении запаса прочности элементов вала под действием знакопеременных нагрузок.

9*

Знакопеременные нагрузки вызывают тангенциальную и радиальную силы.

Ориентировочно величины тангенциальной и радиальной сил могут быть определены по уравнению: для карбюраторного двигателя

$$\left. \begin{aligned} T_{\max} &= 0,29 p_z D_u^2 \text{ кГ;} \\ Z_{\max} &= 0,55 p_z D_u^2 \text{ кГ;} \end{aligned} \right\} \quad (165)$$

для дизеля

$$\begin{aligned} T_{\max} &= 0,388 p_z D_u^2 \text{ кГ;} \\ Z_{\max} &= 0,76 p_z D_u^2 \text{ кГ.} \end{aligned}$$

На опоры вала действуют реакции сил:

$$\left. \begin{aligned} T_0 &= (0,145 \div 0,194) p_z D_u^2 \text{ кГ;} \\ Z_0 &= (0,275 \div 0,38) p_z D_u^2 \text{ кГ,} \end{aligned} \right\} \quad (166)$$

которые вызывают максимальные напряжения изгиба шейки в плоскости кривошипа и плоскости действия сил

$$\sigma_u = \frac{[(0,0725 \div 0,097) + (0,137 \div 0,19)] p_z D_u^2 l}{0,1 d^3} \text{ кГ/см}^2. \quad (167)$$

Шейка вала подвергается кручению под действием силы T

$$\tau_k = \frac{(0,145 \div 0,194) p_z D_u^2 R}{0,1 d^3} \text{ кГ/см}^2. \quad (168)$$

Результирующее напряжение изгиба и кручения

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_u^2 + 4\tau_k^2} \text{ кГ/см}^2. \quad (169)$$

Реакция опоры Z_0 вызывает напряжения изгиба щеки в плоскости кривошипа

$$\sigma_u = \frac{(0,275 \div 0,38) p_z D_u^2 0,5 l_k}{0,167 h b^2} \text{ кГ/см}^2, \quad (170)$$

сжимает щеку

$$\sigma_c = \frac{(0,275 \div 0,38) p_z D_{\text{ц}}^2}{hb} \text{ кг/см}^2,$$

а реакция опоры T_0 скручивает щеку в плоскости действия сил

$$\tau_k = \frac{(0,145 \div 0,194) p_z D_{\text{ц}}^2 0,5 l_k}{hb^2} \text{ кг/см}^2. \quad (171)$$

Результирующее напряжение изгиба в щеке

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_u^2 + 4\tau_k^2} \text{ кг/см}^2. \quad (172)$$

Минимальные результирующие напряжения в элементах вала определяют аналогично, а величина минимальных тангенциальной и радиальной сил определяется по уравнениям: для карбюраторного двигателя:

$$\left. \begin{aligned} T_{\min} &= 0,0725 p_z D_{\text{ц}}^2 \text{ кг}; \\ Z_{\min} &= 0,159 p_z D_{\text{ц}}^2 \text{ кг}; \end{aligned} \right\} \quad (173)$$

для дизеля:

$$\begin{aligned} T_{\min} &= 0,097 p_z D_{\text{ц}}^2 \text{ кг}; \\ Z_{\min} &= 0,22 p_z D_{\text{ц}}^2 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Запас прочности шеек и щек вала на изгиб

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} + \sigma_m \alpha_{\sigma}}, \quad (174)$$

где σ_{-1} — предел прочности на усталость;
 σ_a — амплитудные напряжения цикла;
 σ_m — средние напряжения цикла.

Запас прочности на кручение

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \tau_m \alpha_{\tau}}, \quad (175)$$

где τ_{-1} — запас прочности на усталость при кручении;
 τ_a — амплитудные напряжения цикла;
 τ_m — средние напряжения цикла;
 $\frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} = \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} = 2,5$ — коэффициенты концентрации напряжений;
 $\alpha_{\sigma}, \alpha_{\tau}$ — коэффициенты асимметрии цикла.

Для цикла поршневого двигателя

$$\alpha_{\tau} = 0,05; \quad \alpha_{\sigma} = 0,2.$$

Общий запас прочности в элементах вала

$$n_{\Sigma} = \frac{n_{\sigma} n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}}. \quad (176)$$

Для выполненных конструкций двигателей запас прочности достигается

$$n_{\Sigma} = 1,7 \div 2,0.$$

Расчет на крутильные колебания

Крутильные колебания коленчатых валов быстроходных поршневых двигателей, как правило, не вызывают опасных напряжений. Напряжения крутильных колебаний по величине небольшие, однако эти колебания вызывают неприятные шумы в двигателе. Расчет на крутильные колебания производится для рядных двигателей с числом цилиндров шесть и более.

Сущность расчета на крутильные колебания заключается в определении критических оборотов, при которых частота собственных колебаний совпадает с частотой возмущающих колебаний.

При расчете реальная система кривошипного механизма заменяется расчетной (рис. 74). Составление расчетной схемы вала заключается в приведении длин и масс.

$$l = \left(l_{\kappa} + 0,6 \frac{b}{l_{\kappa}} d_{\kappa} \right) +$$

$$+ \left(0,8l_{uu} + 0,2 \frac{h}{R} d_{\kappa} \right) \frac{d_{\kappa}^4}{d_{uu}^4} +$$

$$+ \sqrt{\frac{R}{d_{uu}}} R \frac{d_{\kappa}^4}{bh^3} \text{ см}, \quad (177)$$

где l — длина кривошипа;
 l_k — длина коренной шейки;
 $l_{ш}$ — длина шатунной шейки;
 d_k — диаметр коренной шейки;
 $d_{ш}$ — диаметр шатунной шейки;
 h, b — ширина и длина щеки;
 R — радиус кривошипа.

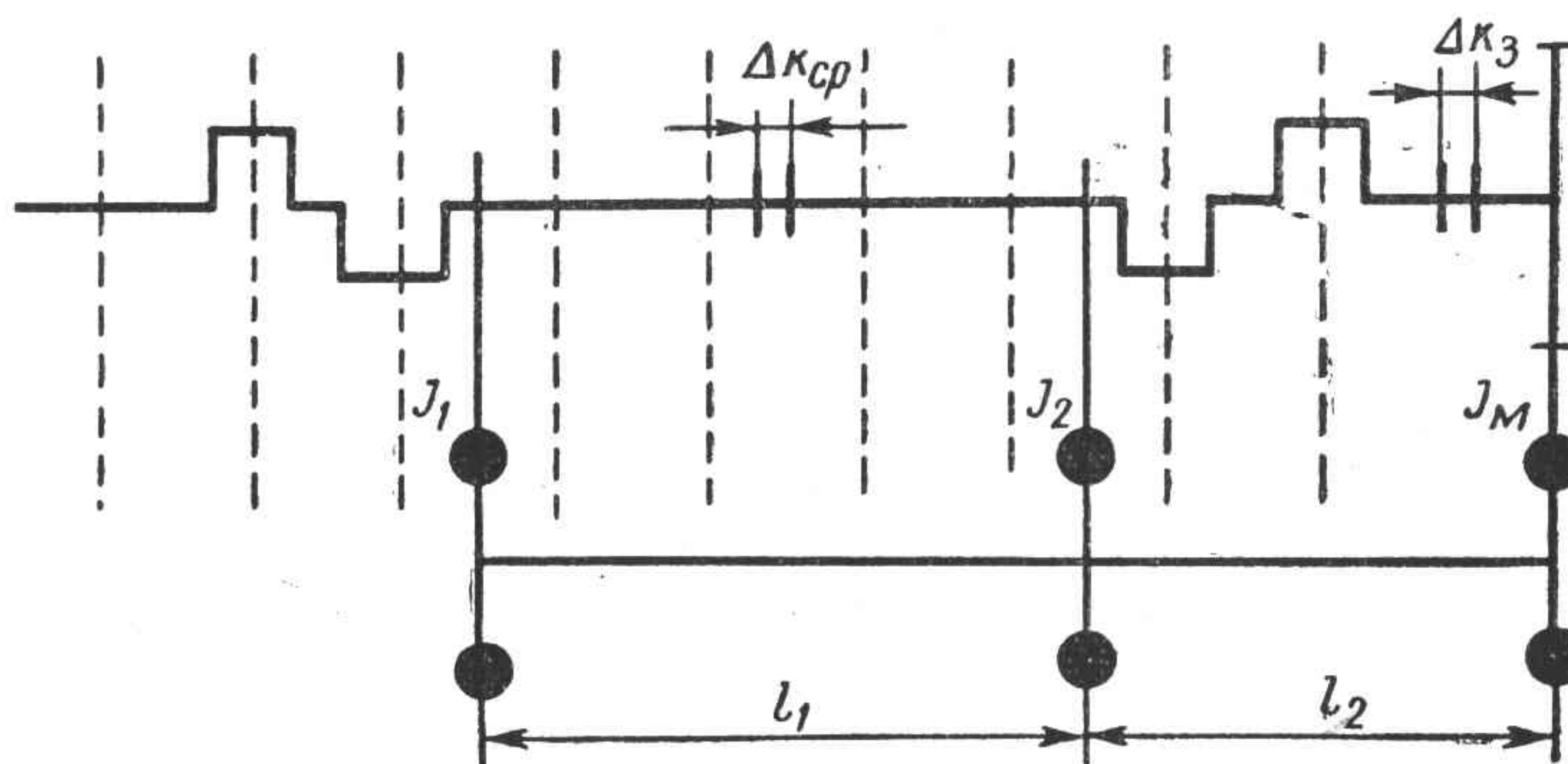
$$l_2 = 1,5l + l_3 \text{ см.} \quad (179)$$
$$l_1 = 3l + l_{cp} \text{ см.} \quad (180)$$
$$J_1 = J_2 = J_u 0,5i. \quad (181)$$
$$J_3 = J_M. \quad (182)$$


Рис. 74. Схема приведения коленчатого вала восьмицилиндрового двигателя

Приведенная длина среднего колена

$$l_{cp} = l + \Delta k_{cp} \text{ см.} \quad (178)$$

$$l_3 = 0,5l + \Delta k_3 + l_x \text{ см.}$$

Моменты инерции элементов вала, шатуна, деталей поршневой группы и маховика определяются по общим правилам теоретической механики.

$$\left(\frac{J_1 J_2 J_3}{c_1 c_2}\right) \omega_c^4 - \left(J_1 \frac{J_2 + J_3}{c_1} + J_3 \frac{J_1 + J_2}{c_2}\right) \omega_c^2 + (J_1 + J_2 + J_3) = 0, \quad (183)$$

где J_1, J_2, J_3 — моменты инерции масс;
 c_1, c_2 — жесткости участков;

$$c_1 = \frac{J_p G}{l_1} \text{ кг·см}; \quad c_2 = \frac{J_p G}{l_2} \text{ кг·см}, \quad (184)$$

где G — модуль упругости на сдвиг.
 Полярный момент инерции

$$J_p = \frac{\pi d_\kappa^4}{32} \text{ см}^4.$$

Биквадратное уравнение можно преобразовать к виду

$$Ay^2 - By + C = 0$$

и решать его как квадратное уравнение с корнями:

$$y_1 = \frac{B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

и

$$y_2 = \frac{B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \text{ 1/сек}^2.$$

Корни этого уравнения дадут два значения частоты собственных колебаний вала: низшую и высшую

$$\omega_{cI} = \sqrt{y_1} \text{ 1/сек}; \quad \omega_{cII} = \sqrt{y_2} \text{ 1/сек}^2. \quad (185)$$

Частоте собственных колебаний соответствуют два значения критических оборотов, при которых возможен резонанс:

$$\left. \begin{aligned} n_{кI} &= \frac{9,55\omega_{cI}}{0,5i} \text{ об/мин}; \\ n_{кII} &= \frac{9,55\omega_{cII}}{0,5i} \text{ об/мин}, \end{aligned} \right\} \quad (186)$$

где i — число цилиндров двигателя.

Если критические обороты лежат в рабочем диапазоне скоростей вала, необходимо подобрать гаситель крутильных колебаний.

Гаситель крутильных колебаний подбирается опытным путем.

Тепловой расчет

Тепловой расчет коленчатого вала заключается в определении дополнительных тепловых напряжений. Тепловые напряжения возникают в двигателях, блоки которых изготовлены из легких сплавов. Тепловые напряжения в блоках, изготовленных из чер-

ных сплавов, невелики. Вследствие разницы коэффициентов линейного расширения при работе двигателя в условиях низких и высоких температур окружающего воздуха в соприкосновении возникает натяг

$$\delta = \pm \Delta t (l\alpha - l_1\alpha_1) \pm \Delta \text{ мм}, \quad (187)$$

где Δt — температурный напор;
 l, l_1 — длина вала и блока по внутреннему краю блока;

α, α_1 — коэффициенты линейного расширения вала и блока;

Δ — осевой зазор.

На торцах вала возникает равномерно распределенная нагрузка

$$P = \frac{\delta 10^{-3}}{\left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2}\right) l} \text{ кг/см}^2, \quad (188)$$

где E_1, E_2 — модуль упругости материала;
 c_1, c_2 — коэффициенты, характеризующие остаточную деформацию материала;

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= \frac{l^2 + l_1^2}{l^2 - l_1^2} - \mu_1; \\ c_2 &= \frac{l_2^2 + l^2}{l_2^2 - l^2} - \mu_2, \end{aligned} \right\} \quad (189)$$

где l_2 — полная длина блока по наружному краю;

μ_1, μ_2 — коэффициенты Пуассона;

$$\mu_1 = 0,25; \quad \mu_2 = 0,34.$$

Равномерно распределенная нагрузка вызывает напряжение сжатия

$$\sigma_c = \frac{p (d_\phi - d_\kappa)}{\delta_\kappa} \text{ кг/см}^2,$$

где d_ϕ — диаметр фланца вала;
 d_κ — диаметр коренной шейки.

У выполненных конструкций двигателей тепловые напряжения достигают значений

$$[\sigma_c] = 60 \div 70 \text{ кг/см}^2.$$

Тепловому расчету подвергается шатунный подшипник коленчатого вала. Коли-

чество тепла, выделенное в подшипнике от трения, должно быть отведено маслом.

Решая уравнение теплового баланса подшипника, можно определить количество масла, подаваемого в подшипник в секунду,

$$v_m = 0,00645 \frac{R_{cp} n}{l_{ш}} \text{ см}^3/\text{сек}, \quad (190)$$

где R_{cp} — среднее значение равнодействующей силы;

$l_{ш}$ — длина шатунного подшипника;

n — число оборотов.

У выполненных конструкций двигателей количество масла, подаваемого в подшипник, колеблется в пределах

$$v_m = 5 \div 50 \text{ см}^3/\text{сек}.$$

Функции углов поворота кривошипа

ТАБЛИЦА 22

Функции $(\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha)$

°	Знак	Для значений λ											Знак	°
		1/3,4	1/3,5	1/3,6	1/3,7	1/3,8	1/3,9	1/4,0	1/4,1	1/4,2	1/4,3	1/4,4		
0	+	1,294	1,286	1,278	1,270	1,263	1,256	1,250	1,244	1,238	1,233	1,227	+	360
10	+	1,261	1,253	1,246	1,239	1,232	1,226	1,220	1,214	1,208	1,203	1,198	+	350
20	+	1,165	1,159	1,152	1,147	1,141	1,136	1,131	1,126	1,122	1,118	1,114	+	340
30	+	1,013	1,009	1,005	1,001	0,998	0,994	0,991	0,988	0,985	0,982	0,980	+	330
40	+	0,817	0,816	0,814	0,813	0,812	0,811	0,809	0,808	0,807	0,806	0,805	+	320
50	+	0,592	0,593	0,594	0,596	0,597	0,598	0,599	0,600	0,601	0,602	0,603	+	310
60	+	0,353	0,357	0,361	0,365	0,368	0,372	0,375	0,378	0,381	0,384	0,386	+	300
70	+	0,117	0,123	0,129	0,135	0,140	0,146	0,150	0,155	0,160	0,164	0,168	+	290
80	—	0,103	0,095	0,087	0,080	0,074	0,067	0,061	0,055	0,050	0,045	0,040	—	280
90	—	0,294	0,286	0,278	0,270	0,263	0,256	0,250	0,244	0,238	0,233	0,227	—	270
100	—	0,450	0,442	0,435	0,428	0,421	0,415	0,409	0,403	0,397	0,392	0,387	—	260
110	—	0,567	0,561	0,555	0,549	0,544	0,538	0,533	0,529	0,524	0,520	0,516	—	250
120	—	0,647	0,643	0,639	0,635	0,632	0,628	0,625	0,622	0,619	0,616	0,614	—	240
130	—	0,694	0,692	0,691	0,690	0,688	0,687	0,686	0,685	0,684	0,683	0,682	—	230
140	—	0,715	0,716	0,718	0,719	0,720	0,721	0,723	0,724	0,725	0,726	0,726	—	220
150	—	0,719	0,723	0,727	0,731	0,734	0,738	0,741	0,744	0,747	0,750	0,752	—	210
160	—	0,714	0,721	0,727	0,733	0,738	0,743	0,748	0,753	0,757	0,762	0,766	—	200
170	—	0,708	0,716	0,724	0,731	0,737	0,744	0,750	0,756	0,761	0,766	0,771	—	190
180	—	0,706	0,714	0,722	0,730	0,737	0,744	0,750	0,756	0,762	0,767	0,773	—	180

ТАБЛИЦА 23

Функции $\frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$

°	Знак	Для значений λ											Знак	°
		1/3,4	1/3,5	1/3,6	1/3,7	1/3,8	1/3,9	1/4,0	1/4,1	1/4,2	1/4,3	1/4,4		
0	+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		360
10	+	0,224	0,227	0,221	0,220	0,219	0,217	0,216	0,215	0,214	0,213	0,213	—	350
20	+	0,437	0,434	0,432	0,429	0,427	0,425	0,423	0,421	0,419	0,417	0,415	—	340
30	+	0,629	0,625	0,621	0,618	0,615	0,612	0,609	0,606	0,604	0,601	0,599	—	330
40	+	0,790	0,786	0,782	0,778	0,774	0,771	0,767	0,764	0,761	0,759	0,756	—	320
50	+	0,915	0,910	0,906	0,902	0,898	0,895	0,891	0,888	0,885	0,882	0,880	—	310
60	+	0,998	0,994	0,990	0,986	0,983	0,980	0,977	0,974	0,971	0,969	0,966	—	300
70	+	1,038	1,035	1,032	1,029	1,027	1,025	1,022	1,020	1,018	1,016	1,014	—	290
80	+	1,037	1,036	1,034	1,033	1,031	1,030	1,029	1,028	1,027	1,026	1,025	—	280
90	+	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	—	270
100	+	0,932	0,934	0,935	0,937	0,938	0,939	0,940	0,942	0,943	0,944	0,945	—	260
110	+	0,841	0,844	0,847	0,850	0,852	0,855	0,857	0,859	0,861	0,863	0,865	—	250
120	+	0,734	0,738	0,742	0,746	0,749	0,752	0,755	0,758	0,761	0,763	0,766	—	240
130	+	0,617	0,622	0,626	0,630	0,634	0,637	0,641	0,644	0,647	0,650	0,652	—	230
140	+	0,495	0,500	0,504	0,508	0,511	0,515	0,518	0,521	0,524	0,527	0,530	—	220
150	+	0,371	0,375	0,378	0,382	0,385	0,388	0,391	0,394	0,396	0,399	0,401	—	210
160	+	0,247	0,250	0,252	0,255	0,257	0,259	0,261	0,263	0,265	0,267	0,269	—	200
170	+	0,123	0,125	0,126	0,127	0,129	0,130	0,131	0,132	0,133	0,134	0,135	—	190
180	+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	—	180

ТАБЛИЦА 24

Функции $\frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$

°	Знак	Для значения λ											Знак	°
		1/3,4	1/3,5	1/3,6	1/3,7	1/3,8	1/3,9	1/4,0	1/4,1	1/4,2	1/4,3	1/4,4		
0	+	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	+	360
10	+	0,976	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977	0,978	0,978	0,978	+	350
20	+	0,905	0,906	0,907	0,908	0,909	0,910	0,910	0,911	0,912	0,912	0,913	+	340
30	+	0,792	0,794	0,796	0,798	0,800	0,801	0,803	0,805	0,806	0,807	0,809	+	330

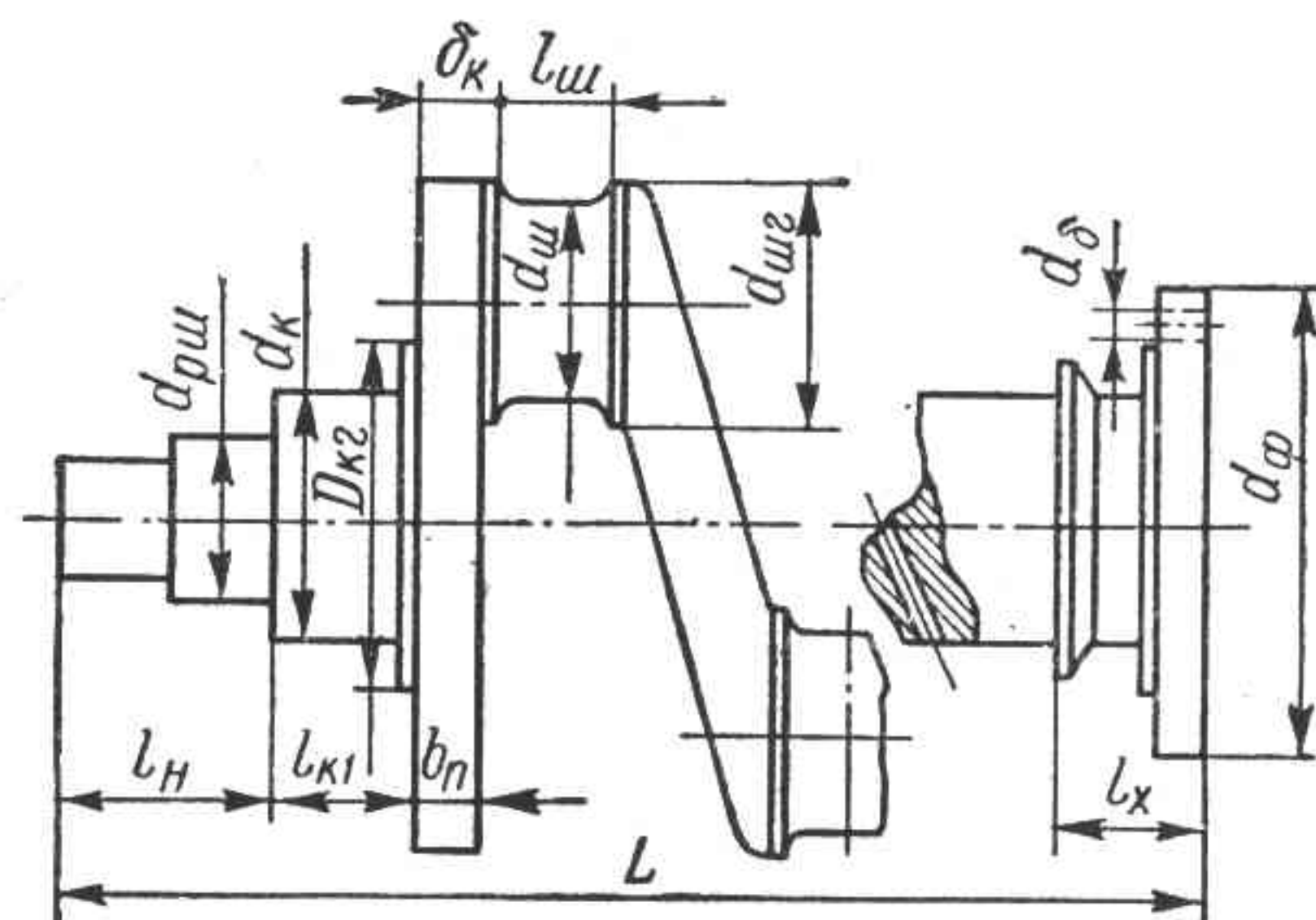
Продолжение табл. 24

φ	Знак	Для значений λ											Знак	φ
		1/3,4	1/3,5	1/3,6	1/3,7	1/3,8	1/3,9	1/4,0	1/4,1	1/4,2	1/4,3	1/4,4		
40	+	0,642	0,646	0,649	0,653	0,656	0,659	0,661	0,664	0,666	0,669	0,671	+	320
50	+	0,466	0,471	0,476	0,481	0,485	0,490	0,493	0,497	0,501	0,504	0,507	+	310
60	+	0,272	0,279	0,285	0,291	0,297	0,303	0,308	0,313	0,317	0,322	0,326	+	300
70	+	0,072	0,080	0,088	0,095	0,102	0,109	0,115	0,121	0,126	0,132	0,137	+	290
80	—	0,124	0,115	0,106	0,098	0,091	0,083	0,076	0,070	0,064	0,058	0,052	—	280
90	—	0,308	0,298	0,289	0,281	0,273	0,265	0,258	0,252	0,245	0,240	0,233	—	270
100	—	0,472	0,462	0,454	0,446	0,438	0,431	0,424	0,417	0,411	0,405	0,400	—	260
110	—	0,612	0,604	0,596	0,589	0,582	0,575	0,569	0,563	0,558	0,552	0,547	—	250
120	—	0,723	0,721	0,715	0,708	0,703	0,697	0,692	0,687	0,682	0,678	0,674	—	240
130	—	0,820	0,815	0,810	0,805	0,800	0,796	0,792	0,788	0,785	0,781	0,778	—	230
140	—	0,890	0,886	0,883	0,880	0,876	0,873	0,871	0,868	0,865	0,863	0,861	—	220
150	—	0,940	0,940	0,936	0,934	0,932	0,931	0,929	0,927	0,926	0,924	0,923	—	210
160	—	0,974	0,973	0,972	0,971	0,971	0,970	0,970	0,968	0,968	0,967	0,966	—	200
170	—	0,994	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	—	190
180	—	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	—	180

§ 16. КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ

ТАБЛИЦА 25

Опоры коленчатых валов



Марка двигателя	Материал	Радиус кривошипа в мм	Длина вала L в мм	Коренные шейки в мм				
				Диаметр d_k	Длина шеек			
					передней $l_{к1}$	средней	задней	промежуточных
МЗМА-400	Сталь 40	37,5	545,88	45,976 45,951	54,77	59,9 59,825	61,0	—

Марка двигателя	Материал	Радиус кривошипа в мм	Длина вала L в мм	Коренные шейки в мм				
				Диаметр d_k	Длина шеек			
					передней l_{k1}	средней	задней	промежуточных
МЗМА-407	Сталь 45	37,55 37,45	542,0	51,0 50,975	54,5	50,0	61,0	—
МеМЗ-965	СПЧ ¹	27,3 27,20	350,0	50,0 49,989	28,0	24,0	39,25 38,75	—
М-20	Сталь 45	50,05 49,995	577,0	64,0 63,987	36,5 36,45	—	48,5 48,8	32,3 32,0
М-21	СПЧ	46,05 45,95	577,0	64,0 63,987	36,5 36,45	32,0	48,8 48,5	32,3 32,0
ГАЗ-12	Сталь 45	50,05 49,995	735,0	64,0 63,987	36,5 36,45	—	50,3 50,0	32,3 32,0
ГАЗ-13	СПЧ	44,05 43,95	692,5	70,0 69,987	30,5 29,45	30,5 29,45	30,5 29,45	30,5 29,45
ЗИЛ-110	Сталь 45	59,05 58,95	1059,0	70,0 69,987	34,0 33,75	44,05 44,0	58,1 58,0	36,1 36,0
ЗИЛ-111	Сталь 45Л	47,55 47,45	787,0	75,0 74,987	32,16 31,925	31,17 31,0	45,17 45,0	31,17 31,0
ЗИЛ-120	Сталь 45	57,25 57,05	958,0	66,0 65,98	43,6 43,55	70,4 70,0	60,0	38,34 38,0
ГАЗ-51	Сталь 45	55,05 54,95	728,0	64,0 63,987	36,5 36,45	—	50,3 50,0	32,3 32,0
ГАЗ-66	СПЧ	40,05 39,95	692,5	70,0 69,987	30,5 29,45	30,5 29,45	30,5 29,45	30,5 29,45
ГАЗ-41	СПЧ	44,05 43,95	692,5	70,0 69,987	30,5 29,45	30,5 29,45	30,5 29,45	30,5 29,45
Урал-5М	Сталь 45	57,25 57,00	949,0	66,625 66,0	44,7 44,2	70,1 69,9	69,9 69,825	38,3 37,9
ЗИЛ-130	Сталь 45ЛК	47,55 47,45	784,0	75,0 74,987	32,16 31,925	31,17 31,0	45,17 45,0	31,17 31,0
ЗИЛ-375	Сталь 45ЛК	47,55 47,45	784,0	75,0 74,987	32,16 31,925	31,17 31,0	45,17 45,0	31,17 31,0
Д-16	Сталь 45	60,05 59,95	416,55 414,45	60,185 60,170	40,17 39,83	42,1 42,0	42,34 42,0	—

Продолжение табл. 25

Марка двигателя	Материал	Радиус кривошипа в мм	Длина вала L в мм	Коренные шейки в мм				
				Диаметр d_k	Длина шеек			
					передней l_{k1}	средней	задней	промежуточных
Д-20	Сталь 45	70,05 69,95	411,0 409,45	95,026 95,003	43,0 42,38	—	96,23 96,0	—
Д-30	Сталь 45	60,05 59,95	725,0	70,18 70,165	38,17 38,0	46,05 46,0	42,17 42,0	42,17 42,0
Д-35	Сталь 45	65,0 64,9	805,5	84,92 84,905	58,0	60,2 60,0	60,05 60,0	46,2 46,0
Д-37	Сталь 45	60,5 59,95	735	70,18 70,165	38,17 38,0	46,05 46,0	42,17 42,0	42,17 42,0
Д-48	Сталь 45	72,2 71,8	805,5	85,17 85,15	58,0	60,4 60,0	60,1 60,0	46,34 46,0
Д-54	Сталь 45	76,0	1004,0 1001,0	84,92 84,905	61,2 61,0	66,5 66,0	85,09 85,0	60,0
СМД-7	Сталь 45	65,0 64,9	846,0	85,15 85,145	57,7 57,5	60,1 60,0	65,4 64,8	42,34 41,8
Д-75	Сталь 45	76,0	1004 1001	84,92 84,905	61,2 61,0	66,5 66,0	85,09 85,0	60,0
СМД-14	Сталь 45Г2	70,0 69,92	860,0	88,15 88,145	57,7 57,5	60,1 60,0	65,4 64,9	42,34 41,8
КДМ-46	Сталь 45Г2	102,5	1438,0 1436,0	94,96 94,925	91,4 90,6	126,0	126,0	65,0
6КДМ-50	Сталь 45Г2	102,5	1926,0 1924,0	94,96 94,925	91,4 90,6	126,0	126,0	65,0
ЯАЗ-204	Сталь 50Г	63,55 63,45	889,0	88,9 88,885	38,25 38,1	38,25 38,1	38,25 38,1	38,25 38,1
ЯАЗ-206	Сталь 50Г	63,55 63,45	1081,0	88,9 88,885	38,25 38,1	38,25 38,1	38,25 38,1	38,25 38,1
Д-6	Сталь 18ХНВА	90,1 89,85	1394,0	94,93 94,91	50,1 49,9	56,1 55,9	164,0	56,1 55,9
ЯМЗ-236	Сталь 50Г	70,05 69,95	—	105,0 104,985	56,2 56,0	56,2 56,0	56,2 56,0	56,2 56,0
ЯМЗ-238	Сталь 50Г	70,05 69,95	1094	105,0 104,985	56,2 56,0	56,2 56,0	56,2 56,0	56,2 56,0

Продолжение табл. 25

Марка двигателя	Материал	Радиус кривошипа в мм	Длина вала L в мм	Коренные шейки в мм				
				Диаметр d_k	Длина шеек			
					передней $l_{к1}$	средней	задней	промежуточной
ЯМЗ-240	Сталь 50Г	Разборный вал						
Д-12А	Сталь	90,1	1394,0	94,93	50,1	56,1	164,0	56,1
	18ХНВА	89,85		94,91	49,9	55,9		55,9
Д-12-525	Сталь	90,1	1394,0	94,93	50,1	56,1	164,0	56,1
	18ХНВА	89,85		94,91	49,9	55,9		55,9
УД-1	Сталь 45	37,5	260,0	33,0	18,0	—	20,0	—
УНД-5	Сталь 45	27,25	317,0	36,0	18,0	—	18,0	—
УД-2	Сталь 45	37,5	467,0	33,0	18,0	—	20,0	—
УНД-7	Сталь 45	27,25	425,0	36,0	18,0	—	20,0	—
УНД-10	Сталь 45	27,25	425,0	36,0	18,0	—	20,0	—

¹ СПЧ — специальный чугун.

¹ СПЧ — специальный чугун.

ТАБЛИЦА 26

Кривошипы коленчатых валов (см. рисунок к табл. 25)

Марка двигателя	Шатунные шейки в мм		Щеки короткие в мм		Противовесы		Галтели в мм			
	Диаметр $d_{ш}$	Длина $l_{ш}$	Толщина δ_k	Ширина	Число	Толщина b_n в мм	Радиус в мм	Ширина выступа	Диаметр	
									шатунной $D_{ш}$ шейки	коренной D_k шейки
МЗМА-400	41,975 41,950	31,789 31,713	17,46	66,0	—	—	2,4 1,75	0,75 0,5	55,6	55,6
МЗМА-407	48,0 47,975	30,5	16,0	67,0	—	—	2,0	1,0	59,0	62,0
МеМЗ-965	45,0 44,989	21,1 21,0	12,15 11,85	67,0	4	19,5 12,0	2,0	1,0	60,0	68,0
М-20	51,5 51,487	32,1 32,0	21,5 19,5	84,4	6	17,5/75,0	2,5 1,7	1,5 0,5	65,0	86,0
М-21	60,0 59,987	36,1 36,0	18,1 16,9	87,0	7	17,5/65,0	2,0 1,2	2,0 1,2	72,0	80,0

Продолжение табл. 26

Марка двигателя	Шатунные шейки в мм		Щеки короткие в мм		Противовесы		Галтели в мм			
	Диаметр $d_{ш}$	Длина $l_{ш}$	Толщина δ_k	Ширина	Число	Толщина b_n в мм	Радиус в мм	Ширина выступа	Диаметр	
									шатунной $D_{ш}$ шейки	коренной D_k шейки
ГАЗ-12	51,5 51,487	32,1 32,0	17,5	113,0	4	16,0/52,0	2,5 1,7	2,5 0,5	65,0	86,0
ГАЗ-13	60,0 59,987	52,1 52,0	18,25	87,0	6	18,25/37,5	2,0 1,2	2,0 1,2	72,0	80,0
ЗИЛ-110	58,0 57,987	35,1 35,0	17,55 17,45	85,0	8	19,0	2,0 1,5	0,7 0,5	—	92,0
ЗИЛ-111	65,5 65,487	58,12 58,0	23,12 23,0	73,0	6	23,0/36,0	2,0 1,5	1,0	79,0	98,0
ЗИЛ-120	62,0 61,98	38,1 38,0	20,75 20,25	104,0	12	15,0	2,0 1,0	0,7 0,5	75,0	82,0
ГАЗ-51	51,5 51,487	32,1 32,0	20,5	90,0	4	18,5/52,0	3,0 2,2	2,5 0,5	65,0	80,0
ГАЗ-66	60,0 59,987	52,1 52,0	18,25	87,0	6	18,25/37,5	2,0 1,2	2,0 1,2	72,0	80,0
ГАЗ-41	60,0 59,987	52,1 52,0	18,25	87,0	6	18,25/37,5	2,0 1,2	2,0 1,2	72,0	80,0
Урал-5М	57,075 57,050	38,15 38,05	21,0 20,2	102,0	—	—	3,5 1,8	0,8	70,0	80,0
ЗИЛ-130	65,5 65,487	58,12 58,0	23,12 23,0	73,0	6	23,0/36,0	2,0 1,5	1,0	79,0	98,0
ЗИЛ-375	65,5 65,487	58,12 58,0	23,12 23,0	73,0	6	23,0/36,0	2,0 1,5	1,0	79,0	98,0
Д-16	60,185 60,17	42,17 42,0	28,14 27,86	120,0	—	—	4,0	4,0	80,0	80,0
Д-20	84,92 84,90	60,4 60,0	25,0	92,0	2	32,0	3,0 1,0	1,0	92,0	110,0
Д-30	60,185 60,17	42,1 42,0	26,15 25,0	116,0	—	—	4,0	4,0	75,0	84
Д-35	74,94 74,925	54,12 54,0	20,5 20,25	120,0	8	19,0	3,0	0,8	94,0	108,0
Д-37	65,185 65,17	42,1 42,0	26,15 25,85	120	4	25,0	5,0	2,5	80,0	94,0

Продолжение табл. 26

Марка двигателя	Шатунные шейки в мм		Щеки короткие в мм		Противовесы		Галтели в мм			
	Диаметр $d_{ш}$	Длина $l_{ш}$	Толщина δ_k	Ширина	Число	Толщина b_n в мм	Радиус в мм	Ширина выступа	Диаметр	
									шатунной $D_{ш}$ шейки	коренной D_k шейки
Д-48	75,185 75,165	54,2 54,0	20,5	—	—	—	6,0	4,0	108,0	108,0
Д-54	84,92 84,94	60,2 60,0	31,5	132,0	4	28,0	5,25 4,75	0,5	105,0	105,0
СМД-7	75,165 75,14	54,12 53,88	28,0	136,0	—	—	4,5	0,5	94,0	107,0
Д-75	84,92 84,905	60,2 60,0	31,5	132,0	4	28,0	4,75	0,5	105,0	105,0
СМД-14	88,15 88,135	50,1 50,0	30,0	150,0	—	—	4,5	0,5	98,0	110,0
КДМ-46	89,5 89,0	87,23 87,0	46,0	134,0	8	46,0	5,5	1,0	112,0	116,5
6КДМ-50	89,5 89,0	87,23 87,0	46,0	134,0	—	46,0	5,5	1,0	112,0	116,5
ЯАЗ-204	69,85 69,835	54,025 53,925	27,25 26,75	110,0	4	26,0	3,6	0,7	88,0	108,0
ЯАЗ-206	69,85 69,935	54,025 53,925	27,25 26,75	110,0	4	26,0	3,6	0,7	88,0	108,0
Д-6	84,94 84,92	70,195 70,095	24,5 24,3	182,0	12	22,0	5,5	—	—	—
ЯМЗ-236	85,0 84,985	83,14 83,0	30,0	103,0	6	27,2	6,0	2,0	105,0	123,0
ЯМЗ-238	85,0 84,985	83,14 83,0	30,0	103,0	8	27,2	6,0	2,0	105,0	123,0
ЯМЗ-240	85,0 84,985	83,14 83,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Д-12А	84,94 84,92	70,195 70,095	24,5 24,3	182,0	—	—	5,5	—	—	—
Д-12-525	84,94 84,92	70,195 70,095	24,5 24,3	182,0	—	—	5,5	—	—	—
УД-1	45,0 44,989	21,1 21,0	22,0	40,0	2	22,0	2,0	1,0	44,0	—

Продолжение табл. 26

Марка двигателя	Шатунные шейки в мм		Щеки короткие в мм		Противовесы		Галтели в мм			
	Диаметр $d_{ш}$	Длина $l_{ш}$	Толщина δ_k	Ширина	Число	Толщина b_n в мм	Радиус в мм	Ширина выступа	Диаметр шатунной $D_{ш}$ шейки	Диаметр коренной D_k шейки
УНД-5	45,0 44,989	21,1 21,0	19,0	56,0	2	22,0	2,0	1,5	55,5	48,0
УД-2	45,0 44,989	21,1 21,0	22,0	40,0	2	22,0	2,0	1,0	44,0	—
УНД-7	45,0 44,989	21,1 21,0	19,0	56,0	3	19,0/61,0	2,0	2,5	55,5	48,0
УНД-10	45,0 44,989	21,1 21,0	19,0	56,0	3	19,0/61,0	2,0	2,5	55,5	48,0

ТАБЛИЦА 27

Концевые пролеты коленчатых валов (см. рисунок к табл. 25)

Марка двигателя	Носок в мм		Хвостовик					Масляные каналы	
	Длина l_n	Диаметр под шестерню $d_{рш}$	Длина в мм l_x	Уплотнительный участок		Диаметры фланца в мм		Тип	Диаметр сверления в мм
				диаметр в мм	резьба	наружный d_f	окружности под болты		
МЗМА-400	54,0	25,385 25,365	23,8	55,38 55,34	Есть	117,454 117,429	—	Сверленный	7,5
МЗМА-407	53,0	27,0 26,95	34,0	55,0	»	117,454 117,429	93,5	»	5,0
МеМЗ-965	82,5	40,0 39,983	10,0	—	—	—	—	»	5,0
М-20	71,0	40,035 39,982	35,0	68,0 67,7	—	122,014 121,986	—	»	6,5
М-21	85,0	40,02 40,003	37,0	68,0 67,7	Есть	122,01 121,986	—	»	5,0
ГАЗ-12	71,0	40,035 39,982	42,0	68,0 67,7	—	122,014 121,986	100,0	»	6,5

Продолжение табл. 27

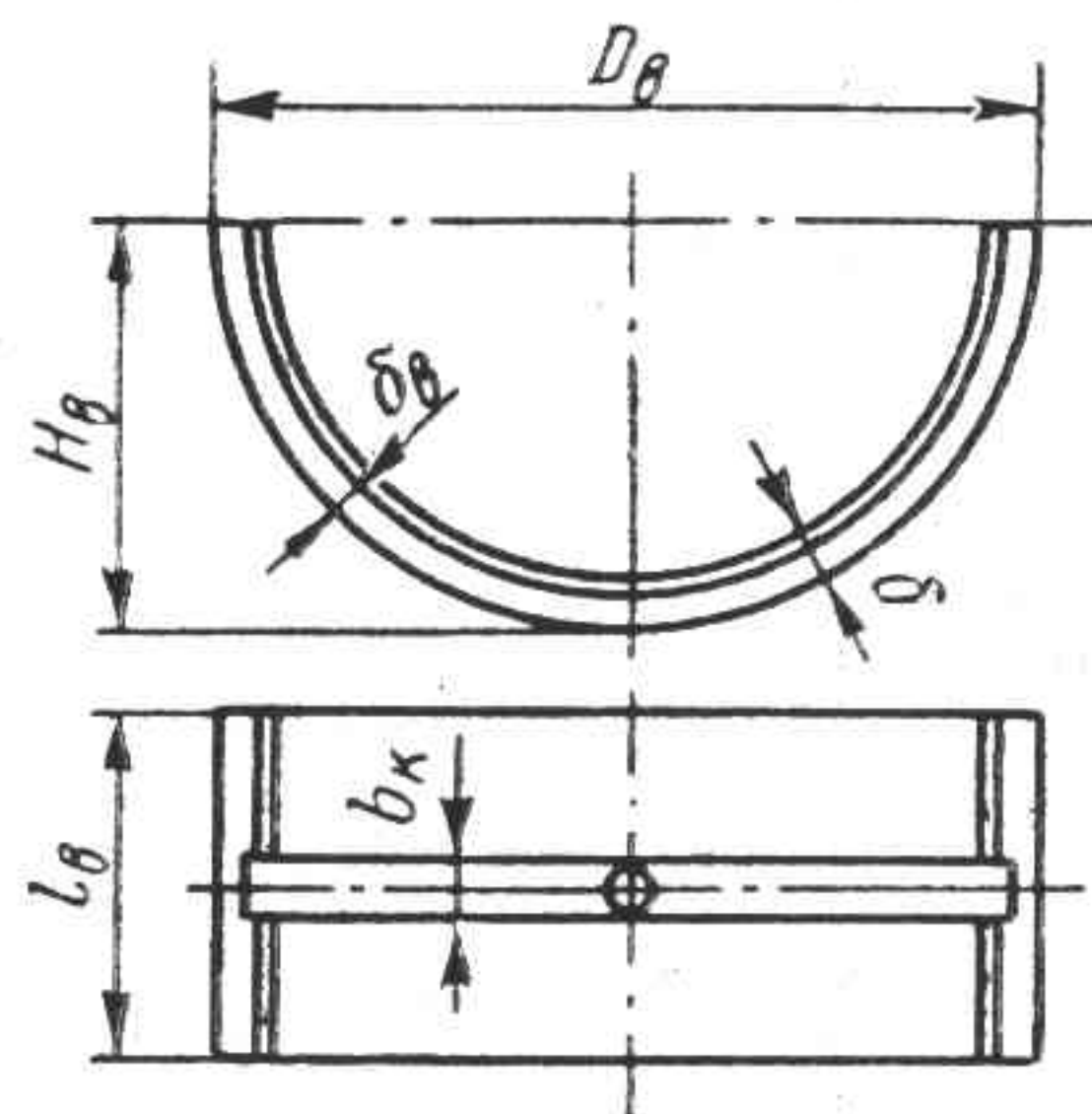
Марка двигателя	Носок в мм		Хвостовик					Масляные каналы	
	Длина l_n	Диаметр под шестерню d_{pi}	Длина в мм l_x	Уплотнительный участок		Диаметры фланца в мм		Тип	Диаметр сверления в мм
				диаметр в мм	резьба	наружный d_{ϕ}	окружности под болты		
ГАЗ-13	85,0	40,02 40,003	37,0	68,0 67,7	Есть	122,01 121,986	100,0	Сверленный	5,0
ЗИЛ-110	106,0	35,0 34,975	40,0	74,0	—	124,014 123,986	100,0	»	6,0
ЗИЛ-111	120,0	45,98 45,95	62,0	77,97 77,94	Есть	140,02 139,99	116,0	»	6,0
ЗИЛ-120	114,0	50,034 50,009	42,0	80,0	»	140,0 139,96	—	»	6,0
ГАЗ-51	71,0	40,035 39,982	35,0	67,7	—	122,014 121,986	—	»	6,5
ГАЗ-66	85,0	40,02 40,003	37,0	68,0 67,7	Есть	122,01 121,986	100,0	»	5,0
ГАЗ-41	85,0	40,02 40,003	37,0	68,0 67,7	»	122,01 121,986	100,0	»	5,0
Урал-5М	120,0	49,225 49,2	16,0	—	—	138,1 138,06	—	»	6,0
ЗИЛ-130	120,0	45,98 45,95	62,0	77,97 77,94	Есть	140,02 139,99	116,0	»	6,0
ЗИЛ-375	120,0	45,98 45,95	62,0	77,97 77,94	»	140,02 139,99	116,0	»	6,0
Д-16	70,0	36,008 36,992	39,0	—	—	82,0 81,13	65,0	»	7,6
Д-20	133,0	50,008 49,992	96,23 96,0	—	—	—	—	»	8,0
Д-30	83,0	38,035 38,018	34,5 33,5	—	—	87,5 87,27	68,0	»	8,0
Д-35	114,0	44,975 44,95	53,5	87,88 87,82	Есть	144,98 144,96	—	»	6,0
Д-37	88,0	38,035 38,018	39,5 38,5	87,0 86,77	—	87,5 87,27	68,0	»	8,0
Д-48	205,0	44,75 44,5	52,5	87,8 87,85	Есть	143,08 143,0	120 02 119 98	»	7,0

Продолжение табл. 27

Марка двигателя	Носок в мм		Хвостовик					Масляные каналы	
	Длина l_n	Длина под шестерню d_{pi}	Длина в мм l_x	Уплотнительный участок		Диаметры фланца в мм		Тип	Диаметр сверления в мм
				диаметр в мм	резьба	наружный d_f	окружности под болты		
Д-54	184,0	45,035 45,018	56,4	84,77 84,54	Есть	159,955 159,982	—	Сверленный	9,0
СМД-7	130,0	—	22,0	85,0	»	129,95 129,91	105,0	»	7,0
Д-75	184,0	45,035 45,018	56,3	84,77 84,54	»	159,955 159,982	—	»	9,0
СМД-14	125,5 123,5	56,042 55,983	30,0	85,0	»	129,95 129,91	105,0	»	7,0
КДМ-46	222,0	75,04 75,02	14,0	—	»	189,978 189,948	160,0	»	10,0
6КДМ-50	222,0	75,04 75,02	14,0	—	»	189,978 189,948	160,0	»	10,0
ЯАЗ-204	178,0	63,988 63,968	89,12	119,035 119,012	—	119,035 119,012	—	»	8,0
ЯАЗ-206		63,988 63,968	89,12	119,035 119,012	—	119,035 119,012	—	»	8,0
Д-6	283,0	94,94 94,925	128,5	94,96 94,925	—	—	—	Ловушки	—
ЯМЗ-236	101,0	65,0	47,0	111,0	—	140,0 139,986	112,0	Сверленный	5,0
ЯМЗ-238	101,0	65,0	47,0	111,0	—	140,0 139,986	112,0	»	5,0
Д-12А	283,0	94,94 94,925	128,5	94,96 94,925	—	—	—	Ловушки	—
Д-12-525	283,0	94,94 94,925	128,5	94,96 94,925	—	—	—	»	—
УД-1	81,0	—	119,65	33,0	—	—	—	Сверленный	5,0
УНД-5	62,5	—	118,5	32,0	—	—	—	»	5,0
УД-2	81,0	—	119,5	33,0	—	—	—	»	5,0
УНД-7	63,0	—	118,5	32,0	—	—	—	»	5,0
УНД-10	63,0	—	118,5	32,0	—	—	—	»	5,0

§ 17. КОРЕННЫЕ ПОДШИПНИКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

ТАБЛИЦА 28

Основные данные и антифрикционный слой вкладышей

Марка двигателя	Число подшипников	Диаметральный зазор в мм	Номер фиксирующего подшипника	Способ фиксации ¹	Осевой зазор в мм	Вкладыши			
						Материал		Толщина в мм	
						тела (сталь)	заливки	δ	δ _в
МЗМА-400	3	0,05 0,10	2	БВ	0,099 0,0255	08	Баббит	3,18 3,35	3,96 3,97
МЗМА-407	3	0,025 0,082	1	УШ	0,099 0,0255	08	СОС 6-6	2,00 1,87	2,261 2,254
МеМЗ-965	3	0,05 0,09	1	БВ	0,05 0,015	08	СОС 6-6	5,85	5,987 5,96
М-20	4	0,026 0,077	1	УШ	0,075 0,175	08	Баббит	1,9 1,77	2,237 2,23
М-21	5	0,026 0,083	1	УШ	0,075 0,175	08кп	СОС 6-6	1,80 1,70	2,15 2,10
ГАЗ-12	4	0,026 0,077	1	УШ	0,075 0,175	08	Баббит	1,90 1,77	2,237 2,23
ГАЗ-13	5	0,026 0,071	1	УШ	0,075 0,175	08кп	СОС 6-6	1,80 1,70	2,15 2,10
ЗИЛ-110	9	0,026 0,065	5	УШ	0,075 0,0175	08	Б-83	2,2 2,07	2,737 2,73
ЗИЛ-111	5	0,026 0,065	1	УШ	0,05 0,15	08	СОС 6-6	1,80 1,67	2,237 2,23

Продолжение табл. 28

Марка двигателя	Число подшипников	Диаметральный зазор в мм	Номер фиксирующего подшипника	Способ фиксации	Осевой зазор в мм	Вкладыши			
						Материал		Толщина в мм	
						тела (сталь)	заливки	δ	δ_s
ЗИЛ-120	7	0,026 0,09	1	УШ	0,05 0,23	08	Баббит	1,90 1,77	2,23 2,22
ГАЗ-51	4	0,026 0,077	1	УШ	0,075 0,175	08	Баббит	1,9 1,77	2,237 2,23
ГАЗ-66	5	0,026 0,071	1	УШ	0,075 0,175	08кп	СОС 6-6	1,80 1,70	2,15 2,10
ГАЗ-41	5	0,026 0,071	1	УШ	0,075 0,175	08кп	СОС 6-6	1,80 1,70	2,15 2,10
Урал-5М	7	0,04 0,09	7	БВ	0,05 0,18	08	БНМ Б-83	2,574 2,571	2,874 2,871
ЗИЛ-130	5	0,026 0,065	1	УШ	0,05 0,15	08	СОС 6-6	1,80 1,67	2,237 2,23
ЗИЛ-375	5	0,026 0,065	1	УШ	0,05 0,15	08	СОС 6-6	1,80 1,67	2,237 2,23
Д-16	3	0,08 0,133	2	УШ	0,04 0,1	08	АСМ	—	—
Д-30	5	—	3	УШ	0,04 0,1	08	АСМ	3,38 3,37	3,88 3,87
Д-35	5	0,08 0,126	5	БВ	0,095 0,215	10	Бр.С-30	4,5 4,3	5,0 4,99
Д-37	4	0,05 0,09	3	УШ	0,04 0,1	08	АСМ	3,47 3,07	3,942 3,949
Д-48	5	0,08 0,136	5	БВ	0,04 0,1	10	Бр.С-30	4,86 4,85	5,350 4,940
Д-54	5	0,08 0,136	5	БВ	—	10	Бр.С-30	4,3 4,5	5,0 4,99
СМД-7	5	0,075 0,12	3	БВ	0,195 0,385	10	АСМ	4,375 4,175	4,998 4,988
Д-75	5	0,08 0,136	5	БВ	0,072 0,188	10	Бр.С-30	4,375 4,175	4,999 4,98
СМД-14	5	0,075 0,12	3	БВ	0,195 0,385	10	АСМ	4,375 4,175	4,998 4,988

Продолжение табл. 28

Марка двигателя	Число подшипников	Диаметральный зазор в мм	Номер фиксирующего подшипника	Способ фиксации ¹	Осевой зазор в мм	Вкладыши			
						Материал		Толщина в мм	
						тела (сталь)	заливки	δ	δ_{θ}
КМД-46	5	0,08 0,136	1	УД	0,1 0,5	10	Б83	11,8 12,1	12,6
6КДМ-50	7	0,08 0,136	1	УД	0,1 0,5	10	Б83	11,8 12,1	12,6
ЯАЗ-204	5	0,05 0,091	5	УШ	0,072 0,188	10	Бр.С-30	3,47 3,07	3,949 3,942
ЯАЗ-206	7	0,05 0,091		УШ	0,072 0,188	10	Бр.С-30	3,47 3,07	3,949 3,942
Д-6	7	0,06 0,08	7	БВ	0,04 0,1	10	Бр.С-30	4,12 4,15	5,0
ЯМЗ-236	4	0,076 0,129	4	УШ	0,072 0,188	10	Бр.С-30	3,47 4,0	5,472 5,455
ЯМЗ-238	5	0,076 0,129	5	УШ	0,072 0,188	10	Бр.С-30	3,47 4,0	5,472 5,455
Д-12А	7	0,06 0,08	7	БВ	0,04 0,1	10	Бр.С-30	4,12 4,15	5,0
Д-12-525	7	0,06 0,08	7	БВ	0,04 0,1	10	Бр.С-30	4,12 4,15	5,0
Д-20; УД-1; УНД-5; УД-2; УНД-7; УНД-10; ЯМЗ-240	Подшипники качения								

¹ УШ — упорной шайбой; БВ — буртом вкладыша; УД — упорным диском.

ТАБЛИЦА 29

Геометрические размеры вкладыша (см. рисунок к табл. 28)

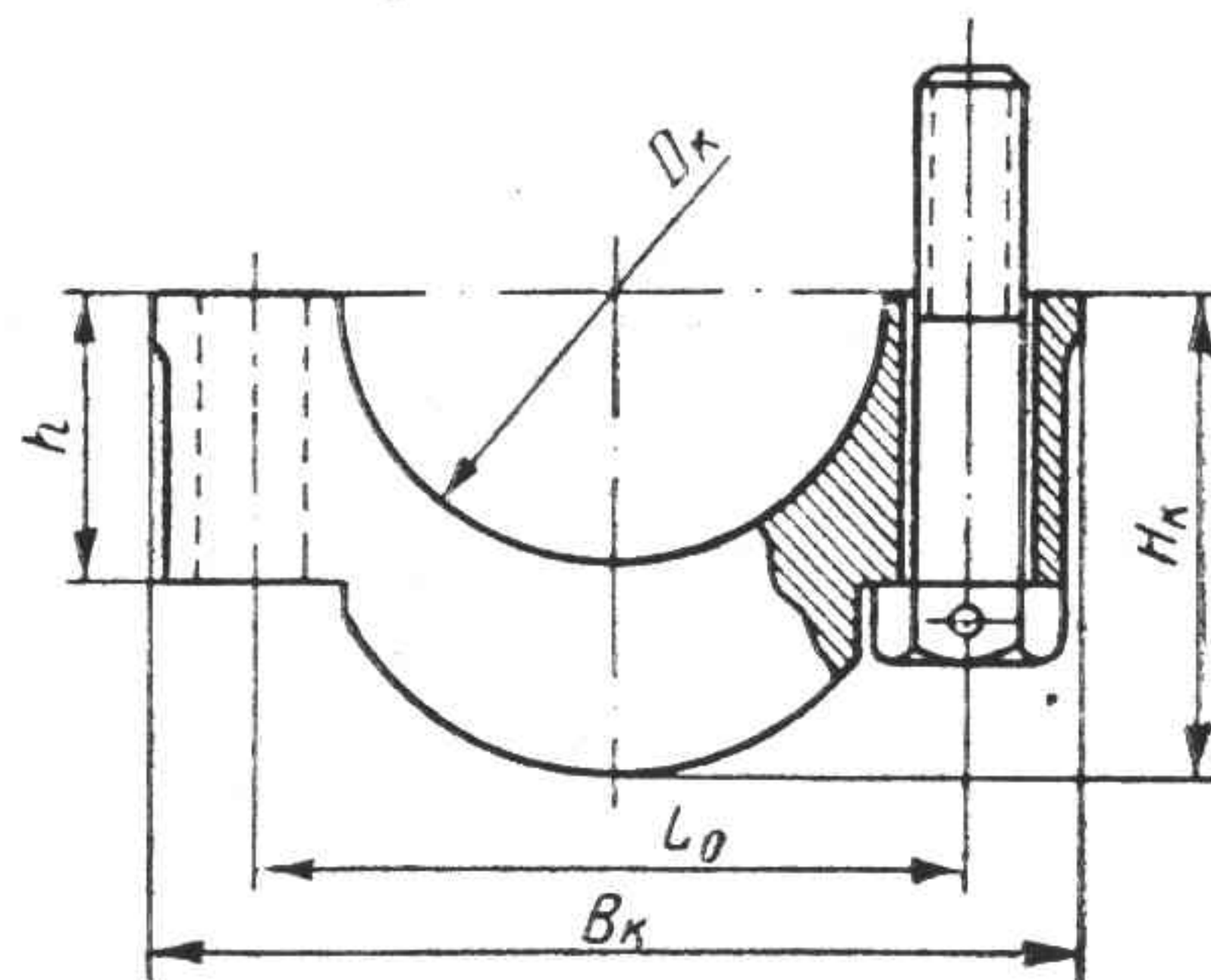
Марка двигателя	Наружный диаметр D_{θ} в мм	Высота H_{θ} в мм	Длина в мм				Диаметр бурта в мм	Ширина канавки b_{κ} в мм
			переднего l_{θ}	промежуточных	среднего	заднего		
МЗМА-400	53,997; 55,565; 57,152	20,6; 27,8 28,6	44,0	—	44,0	54,0	66,667 66,550	4,5

Продолжение табл. 29

Марка двигателя	Наружный диаметр $D_в$ в мм	Высота $H_в$ в мм	Длина в мм				Диаметр бурта в мм	Ширина канавки $b_к$ в мм
			переднего $l_в$	промежуточных	среднего	заднего		
МЗМА-407	55,565	27,803 27,783	40,0 39,66	40,0 39,66	40,0 39,66	40,0 39,66	—	2,5
МеМЗ-965 М-20	62,0 68,512	31,0 34,25	28,0 30,5 30,25	— 26,0 25,75	20,0 —	28,0 42,5 42,25	70,0 —	5 2,5
М-21	68,512	34,244 34,22	24,0 23,8	24,0 23,8	24,0 23,8	24,0 23,8	—	4,1 3,9
ГАЗ-12	68,512	34,25	30,5 30,25	26,0 25,75	—	44,0 43,75	—	2,5
ГАЗ-13	72,512	36,244 36,22	24,0 23,8	24,0 23,8	24,0 23,8	24,0 23,8	—	4,1 3,9
ЗИЛ-110	75,512	37,78 37,756	34,0 33,75	30,0 29,75	43,925 43,875	53,0 52,75	92,0	4,0 5,0
ЗИЛ-111	79,512	39,68 39,71	26,0 25,72	26,0 25,72	26,0 25,72	41,0 40,66	—	5,0
ЗИЛ-120	70,515	35,258 35,255	37,5 37,16	34,0 33,84	66,0 65,6	54,0 53,6	—	5,0
ГАЗ-51	68,512	34,25	30,5 30,25	26,0 25,75	—	44,0 43,75	—	2,5
ГАЗ-66	72,512	36,244 36,22	24,0 23,8	24,0 23,8	24,0 23,8	24,0 23,8	—	4,1 3,9
ГАЗ-41	72,512	36,244 36,22	24,0 23,8	24,0 23,8	24,0 23,8	24,0 23,8	—	4,1 3,9
Урал-5М	—	—	41,30 41,05	34,95 34,70	66,70 66,45	69,77 69,72	47	5,0
ЗИЛ-130	79,512	39,68 39,71	26,0 25,72	26,0 25,72	26,0 25,72	41,0 40,66	—	5,0
ЗИЛ-375	79,512	39,68 39,71	26,0 25,72	26,0 25,72	26,0 25,72	41,0 40,66	—	5,0
Д-16	66,01 60,04	33,1 33,05	33,0 32,64	33,0 32,64	—	33,0 32,64	—	7,0
Д-30	78,08 78,05	39,05 39,10	32,83 33,0	32,83 31,0	37,83 37,0	32,83 33,0	—	5,5

ТАБЛИЦА 30

Крышки коренных подшипников



Марка двигателя	Материал	Диаметр постели D_k в мм	Высота в мм		Длина передней, промежуточной, задней в мм	Ширина B_k в мм
			H_k	h		
МЗМА-400	СПЧ	53,9; 55,5; 57,1	54; 42; 40	—	43; 42,8; 67	—
МЗМА-407	СПЧ	55,557 55,547	51,0 50,0	31,0 30,0	44,45; 49,45; 68,25	133,4
МеМЗ-965	МЛ5	62	—	—	28; 20; 28	
М-20	СЧ 24-44	68,5; 68,518	59,0	38,0	34; 27; 58	115,03
М-21	Д1	68,018; 68,0	63,0	47,5	35,5; 33,0; 40,5	115,25
ГАЗ-12	СЧ 24-44	68,5; 68,518	59,0	39,0	24; 27; 58	115,03
ГАЗ-13	СЧ 24-44	74,518; 74,0	79,9 79,7	55,0 54,6	28; 25; 46	141,017
ЗИЛ-110	СЧ 18-36	—	60,0	48,0	34; 31; 74,5; 39	128,03
ЗИЛ-111	АЛ4	79,512; 79,0	66,0 65,8	52,0	72,5	134,03
ЗИЛ-120	СЧ 15-32	—	63,0	55,0	38; 35; 82; 67	125,04
ГАЗ-51	СЧ 24-44	68,5 68,518	59,0	38,0	24; 27; 58	115,03
ГАЗ-66	СЧ 24-44	74,518 74,0	79,9 79,7	55,0 54,6	28; 25; 46	141,017
ГАЗ-41	СЧ 24-44	74,518 74,0	79,9 79,7	55,0 54,6	28; 25; 46	141,017

Продолжение табл. 30

Марка двигателя	Материал	Диаметр постели D_K в мм	Высота в мм		Длина передней, промежуточной, задней в мм	Ширина B_K в мм
			H_K	h		
Урал-5М	—	—	48,0	—	41; 34; 69	125,0
ЗИЛ-130	СЧ 18-36	79,512 79,0	66,0 65,8	52,0	72,5	134,03
ЗИЛ-375	СЧ 18-36	79,512 79,0	66,0 65,8	52,0	72,5	134,03
Д-16	СЧ 15-32	60,0	93,5	52,7	46	121,0
Д-30	СЧ 18-36	78,06 78,0	112,0	64,0	36	125,025
Д-35	СЧ 18-36	95,0 95,015	110,0	85,0	51; 40; 86; 50	160,026
Д-37	СЧ 18-36	78,06 78,0	112,0	64,0	36; 46	125,025
Д-48	СЧ 15-32	95,5 9,2	105,0	72,0	43; 42; 32	168,0
Д-54	СЧ 15-32	95,0 95,021	123,5	110,0	61; 55; 69	185,04
СМД-7	СЧ 21-40	95,0	74,0	46,0	43; 30; 56	165,0
Д-75	СПЧ	95,0 95,021	123,5	110,0	61; 55; 69	185,04
СМД-14	СЧ 18-36	98,0	88,5	74,5	56; 40; 63	165,0
КДМ-46	СЧ 21-40	118,0 118,021	112,0	85,0	68; 53; 113	211,9
6КДМ-50	СЧ 21-40	118,0 118,021	112,0	85,0	68; 53; 113	211,9
ЯАЗ-204	СПЧ	96,85 96,837	96,0	81,0	34,7	157,026
ЯАЗ-206	СПЧ	96,85 96,837	96,0	81,0	34,7	157,026
Д-6	СПЧ	105,0 105,02	154,0	118,0	49,4	175,04
ЯМЗ-236	СПЧ	116,021 116,0	120,0	75,0	47,0	254,03
ЯМЗ-238	СПЧ	116,021 116,0	120,0	75,0	47,0	254,03

Продолжение табл. 30

Марка двигателя	Материал	Диаметр постели D_K в мм	Высота в мм		Длина передней, промежуточной, задней в мм	Ширина B_K в мм
			H_K	h		
Д-12А	СПЧ	105,0 105,02	154,0	118,0	49,4	175,04
Д-12-525	СПЧ	105,0 105,02	154,0	118,0	49,4	175,04
Д-20; УД-1; УНД-5; УД-2; УНД-7; УНД-10; ЯМЗ-240	Подшипники качения					

ТАБЛИЦА 31

**Детали крепления крышки коренного подшипника
(см. рисунок к табл. 30)**

Марка двигателя	Болты (шпильки) крышки			
	Расстояние между осями L_0 в мм	Марка стали	Количество	Резьба
МЗМА-400	71,44 69,86	12ХНЗА	2 4 ¹	M12 M11
МЗМА-407	69,86	12ХНЗА	2	M11
МеМЗ-965	—	12ХНЗА	2	M8
М-20	86,0	40Х	2	M14
М-21	86,0	40Х	2	M14
ГАЗ-12	86,0	40Х	2	M14
ГАЗ-13	96,12 95,88	40Х	2	M14
ЗИЛ-110	95,0	40ХА	2	M12
ЗИЛ-111	100,15 99,85	40Х	2	M12
ЗИЛ-120	92,0 92,2	40ХА	4 ¹ 2	M12
ГАЗ-51	86,0	40Х	2	M14

Продолжение табл. 31

Марка двигателя	Болты (шпильки) крышки			
	Расстояние между осями L_0 в мм	Марка стали	Количество	Резьба
ГАЗ-66	96,12	40X	2	M14
	95,88			
ГАЗ-41	96,12	40X	2	M14
	95,88			
Урал-5М	90,45	40X	4 ¹	M12
	93,65		2	
ЗИЛ-130	100,15	40X	2	M12
	99,85			
ЗИЛ-375	100,15	40X	2	M12
	99,85			
Д-16	85,0	40X	2	M18
Д-30	97,0	40X	2	M18
Д-35	119,9	40X	2	M18
Д-37	97,0	40X	2	M18
Д-48	138	40XH	2	M18
Д-54	138	40XH	2	M27×3,0
СМД-7	123,5	40XH	2	M18
Д-75	138	40XH	2	M27×3,0
СМД-14	123,5	40XH	2	M18
КДМ-46	160	45	2	M18
	180		4 ¹	
6КДМ-50	160	45	2	M18
	180		4 ¹	
ЯАЗ-240	125,15	40XH	2	M16
	120,85			
ЯАЗ-206	125,15	40XH	2	M16
	120,85			
Д-6	134,1	12XH3A	2	M21×1,5
	133,9			
ЯМЗ-236	199,1	40XH	4	M16
	237,9			
ЯМЗ-238	199,1	40XH	4	M16
	237,9			
Д-12А	134,1	12XH3A	2	M8×1,0
	133,9			
Д-12-525	134,1	12XH3A	2	M8×1,0
	133,9			
Д-20; УД-1; УНД-5; УД-2; УНД-7; УНД-10; ЯМЗ-240	Подшипники качения			

¹ Крышка заднего коренного подшипника.

ГЛАВА IV

ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ

§ 18. РАСЧЕТ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Газораспределение в двигателе внутреннего сгорания выполняет вспомогательную роль, обеспечивая работу основной системы — кривошипного механизма.

Детали газораспределения управляют процессом очистки и наполнения цилиндра.

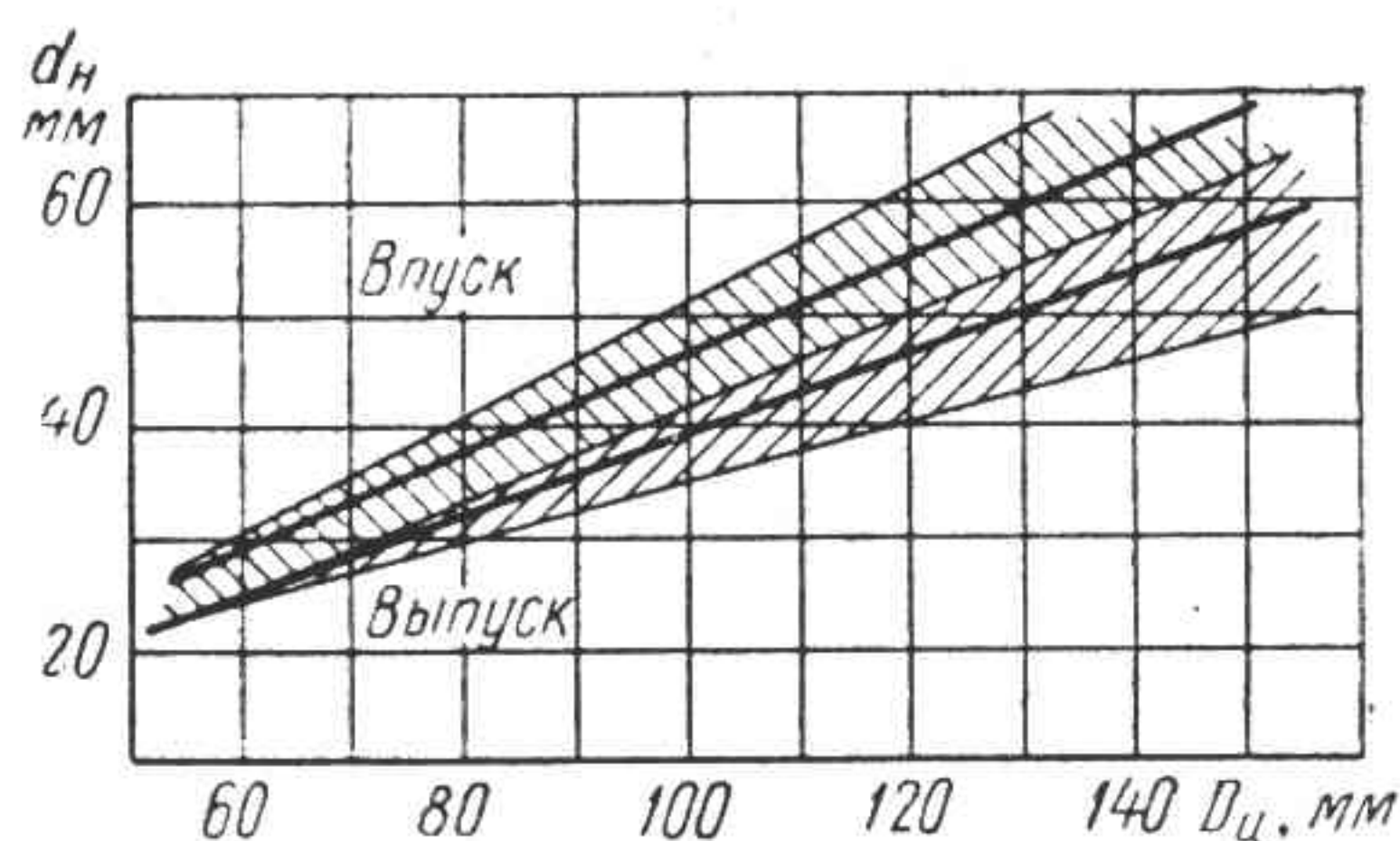


Рис. 75. Зависимость наружного диаметра клапана от диаметра цилиндра

Большинство деталей клапанного газораспределения совершает сложные возвратно-поступательные и вращательные движения, а коромысла клапанов качаются вокруг оси.

К деталям клапанного газораспределения относятся: клапаны и направляющие; пружины с деталями крепления; штанги; толкатели и направляющие; коромысла; распределительные валы.

Условия работы перечисленных деталей различны, однако ряд требований к ним общий: высокая прочность к ударным нагрузкам; износостойкость; высокая коррозионная стойкость; стойкость к усталост-

ным напряжениям; прочность при высоких температурах; минимальный вес; технологичность.

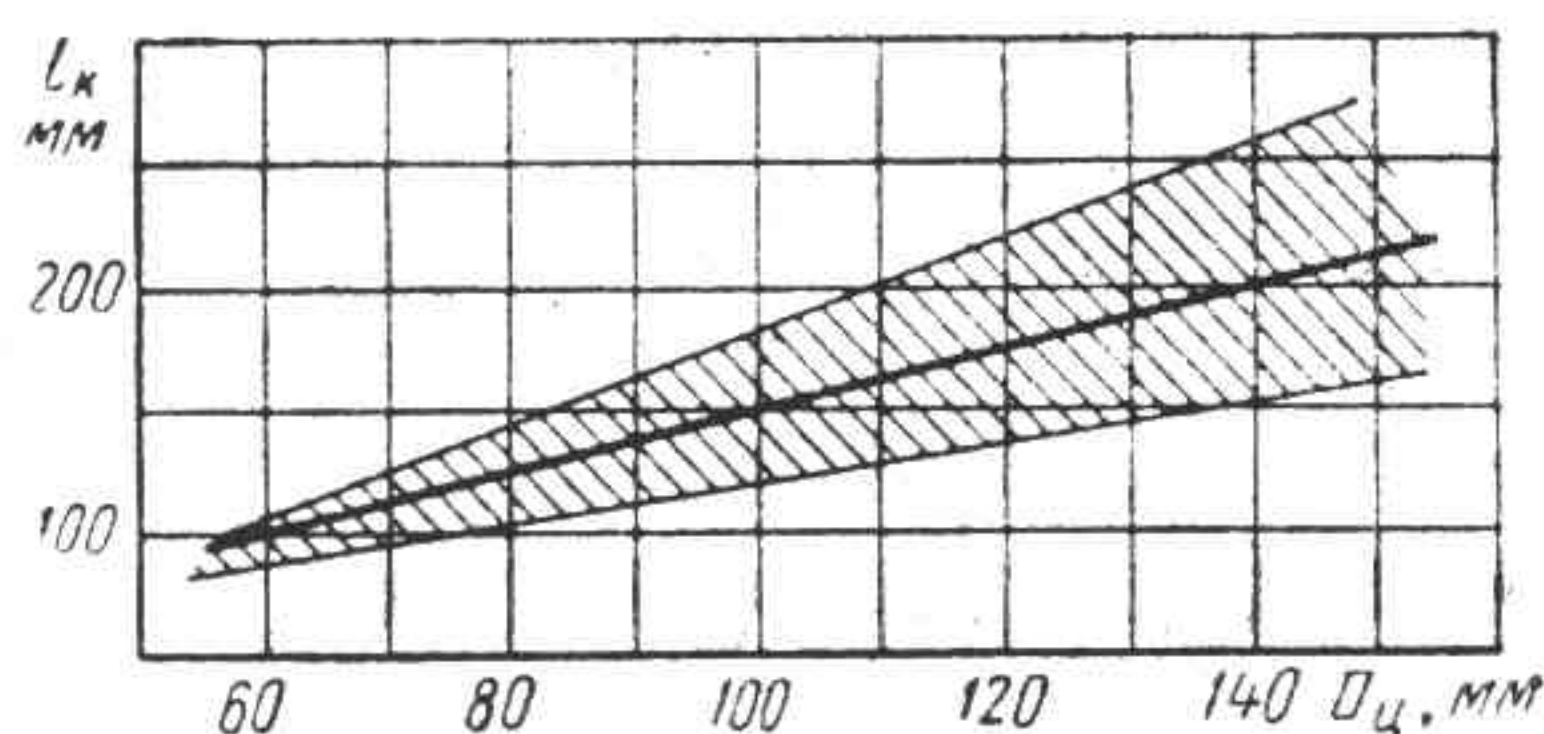


Рис. 76. Зависимость длины клапана от диаметра цилиндра

Выполнение указанных требований обеспечивается в основном подбором материалов и конструктивными формами. Конструктивные соотношения основных деталей определяются по графикам (рис. 75—78).

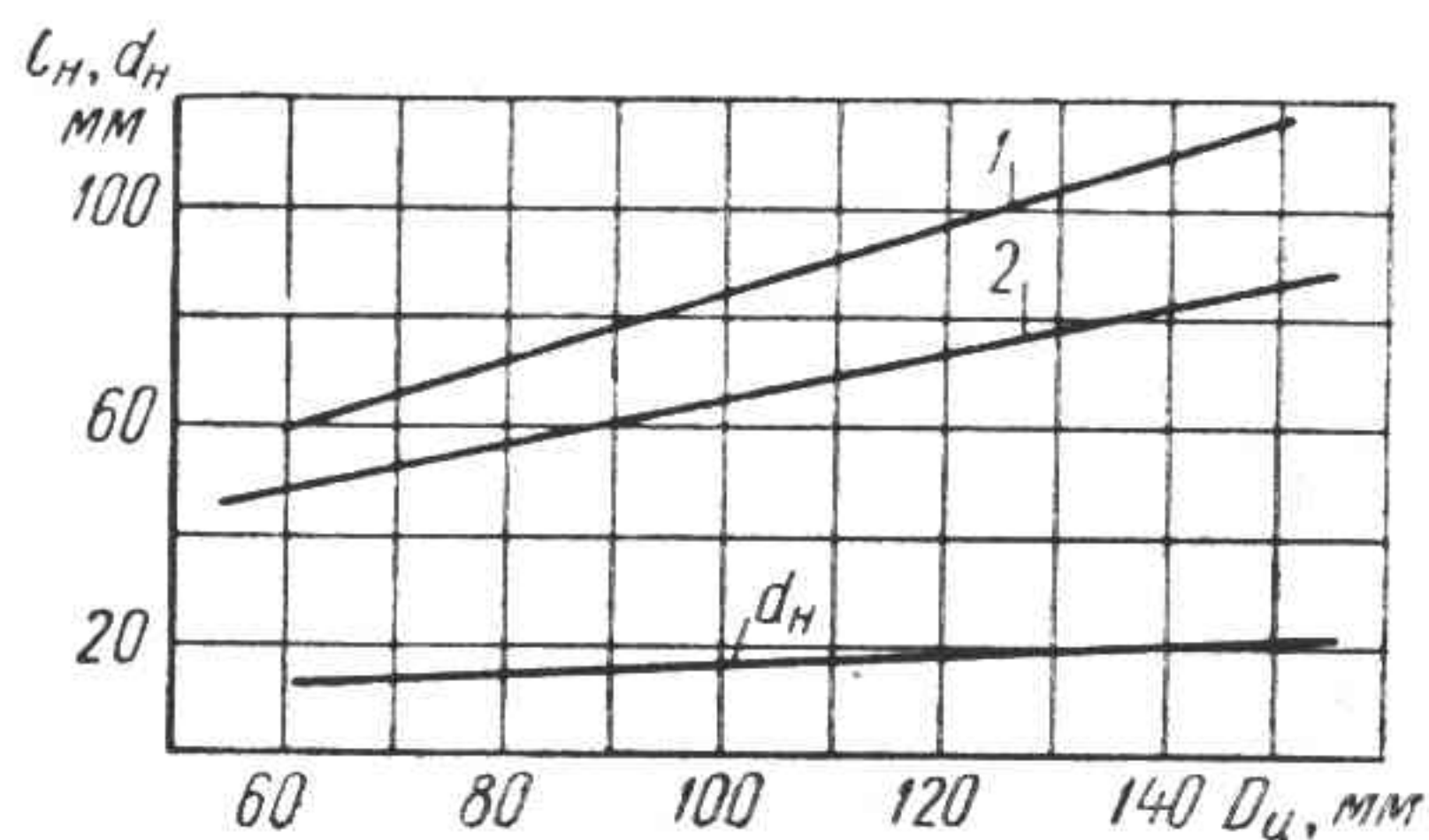


Рис. 77. Зависимость длины и диаметра направляющей клапана от диаметра цилиндра:

1 — рядного двигателя; 2 — V-образного двигателя

Расчет газораспределения заключается в определении основных размеров и напряжений в деталях при работе двигателя.

Расчет разбивается на семь этапов: профилирование кулачка; определение проход-

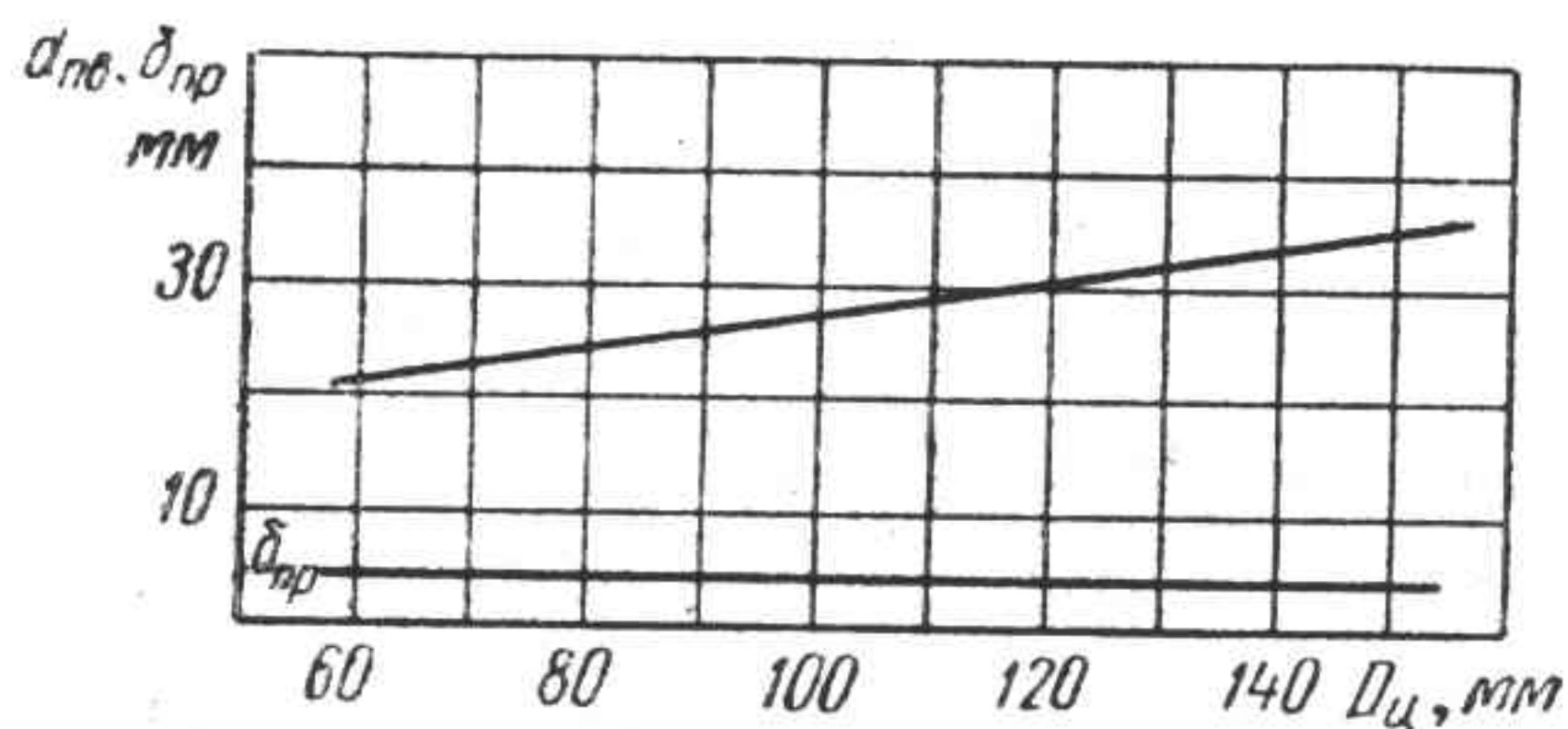


Рис. 78. Зависимость диаметра витка и проволоки пружины от диаметра цилиндра

ного сечения клапанного патрубка и клапана; расчет на прочность; расчет на жесткость; расчет на износ; расчет на усталость; тепловой расчет.

Профилирование кулачка

От профиля кулачка зависит характер и продолжительность подъема клапана. На современных быстроходных двигателях встречаются три типа профилей: выпуклый; тангенциальный; параболический.

Наиболее распространен выпуклый профиль, который обеспечивает наибольшее проходное сечение клапана и, следовательно, наполнение цилиндра двигателя.

Выпуклый профиль образуется путем сопряжения дуг нескольких радиусов при заданном угле открытия клапана φ .

Для четырехтактного двигателя: на впуске

$$\varphi = \frac{\alpha_{вп}}{2};$$

на выпуске

$$\varphi = \frac{\alpha_{вып}}{2}. \quad (191)$$

Для двухтактного двигателя

$$\varphi_{вып} = \alpha_{вып},$$

где $\alpha_{вп}$ и $\alpha_{вып}$ — углы, определяемые фазами газораспределения.

Величина подъема клапана определяется из эмпирических уравнений в зависимости от диаметра клапанного патрубка:

$$h = \frac{d}{6} + 3 \text{ мм}$$

или

$$h = \frac{d}{8} + 5 \text{ мм}. \quad (192)$$

Радиус закругления вершины кулачка r принимается из технологических соображений 3—5 мм.

Минимальный диаметр вала и диаметр начальной окружности кулачка D_0 определяются при компоновке двигателя.

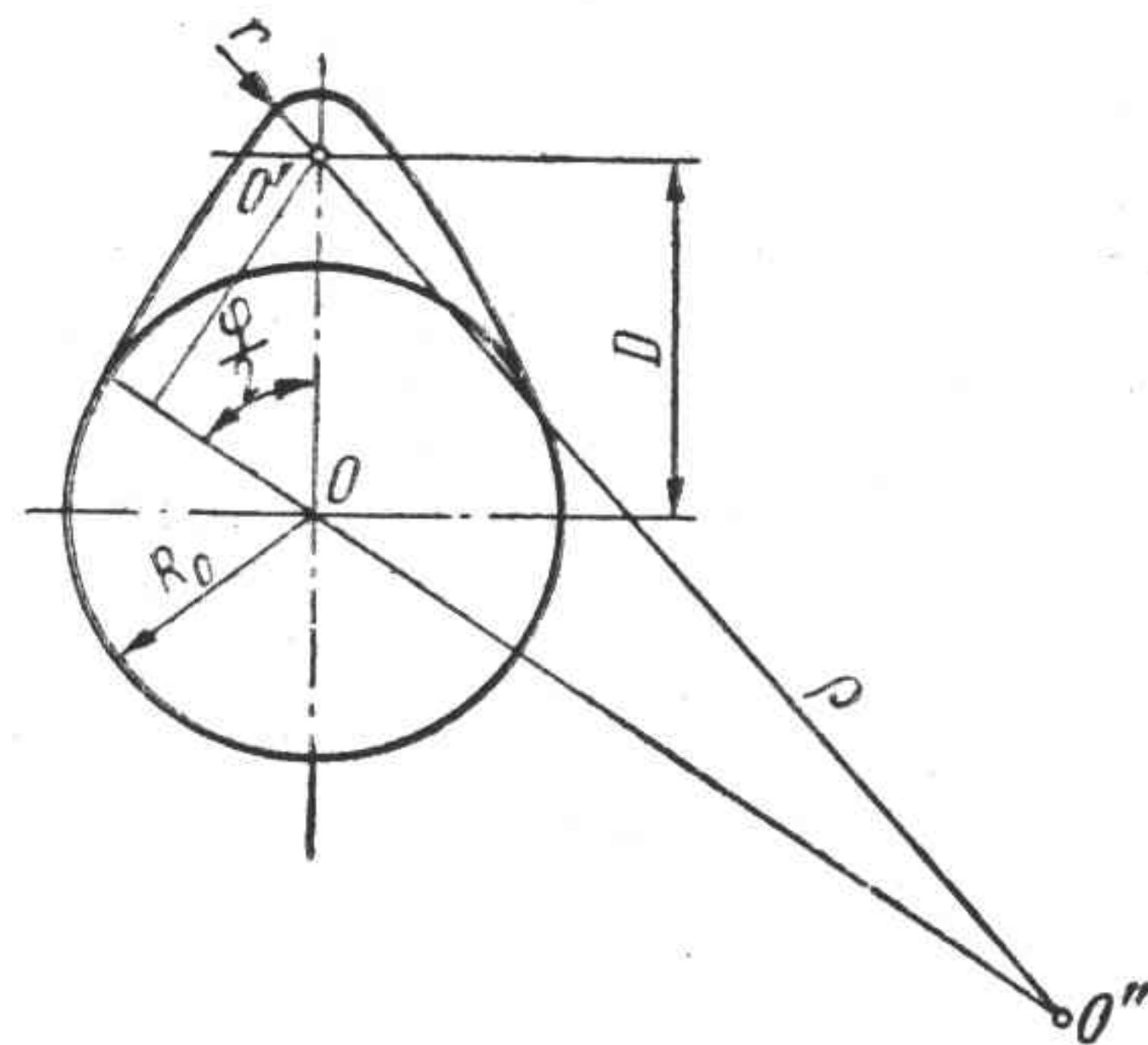


Рис. 79. Схема профилирования кулачка

Зная эти величины, радиус дуг сопряжений определяется по уравнению (рис. 79)

$$r = \frac{D^2 - r^2 + R_0^2 - 2R_0D \cos \frac{\varphi}{2}}{2 \left(R_0 - r - D \cos \frac{\varphi}{2} \right)} \text{ мм}, \quad (193)$$

где

$$D = R_0 + h - r.$$

После расчета дуг определяется величина температурного зазора в клапане, которая принимается равной 0,15—0,4 мм, и радиус затылка кулачка

$$R_z = R_0 - \Delta \text{ мм}.$$

Определение проходного сечения клапана

Расчет проходного сечения клапана заключается в определении внутреннего диаметра тарелки по допустимой скорости потока. Расчет ведется из условий неразрывности потока заряда в клапане и в цилиндре.

Большинство современных двигателей внутреннего сгорания имеет угол фаски клапана 45° , а допустимая скорость истечения заряда в клапане принята 105—113 м/сек.

Для этих условий внутренний диаметр тарелки клапана

$$d_v = \frac{D_{ц}^2 c_m - 153h^2}{308h} \quad (194)$$

Наружный диаметр тарелки клапана определяется из геометрических соотношений

$$d_n = d_v + 2h \cos \alpha \sin \alpha, \quad (195)$$

где h — высота подъема клапана;
 α — угол фаски.

Расчет на прочность

Расчету на прочность подвергаются пружина клапана, оси роликов толкателя и качающегося коромысла, штанга и коромысло клапана.

При работе двигателя пружина скручивается под действием максимальной силы отрыва, приведенной к оси клапана. С учетом коэффициента запаса пружины ее величина

$$P_j = 0,0001 d_n^2 \omega^2 (q - R_0) \text{ кг}, \quad (196)$$

где d_n — наружный диаметр тарелки клапана.

Величина напряжений кручения

$$\tau_k = \frac{2,54 P_j D_{ср}}{\delta^3} \text{ кг/см}^2, \quad (197)$$

где $D_{ср}$ — средний диаметр витка;
 δ — диаметр проволоки.

Оси ролика толкателя и качающегося коромысла изгибаются от максимальной силы, действующей на кулачок,

$$P_k = 1,96 (p_r d_v^2 - p_a d_n^2) + i [0,0001 d_n^2 i \omega^2 (q - R_0)] \text{ кг}, \quad (198)$$

где i — передаточное отношение коромысла;
 p_r — давление выпуска;
 p_a — давление впуска.
Напряжение изгиба оси ролика

$$\sigma_u = \frac{0,5 P_k l}{0,8 d_p^3} \text{ кг/см}^2, \quad (199)$$

где l — длина оси ролика;
 d_p — диаметр оси ролика.

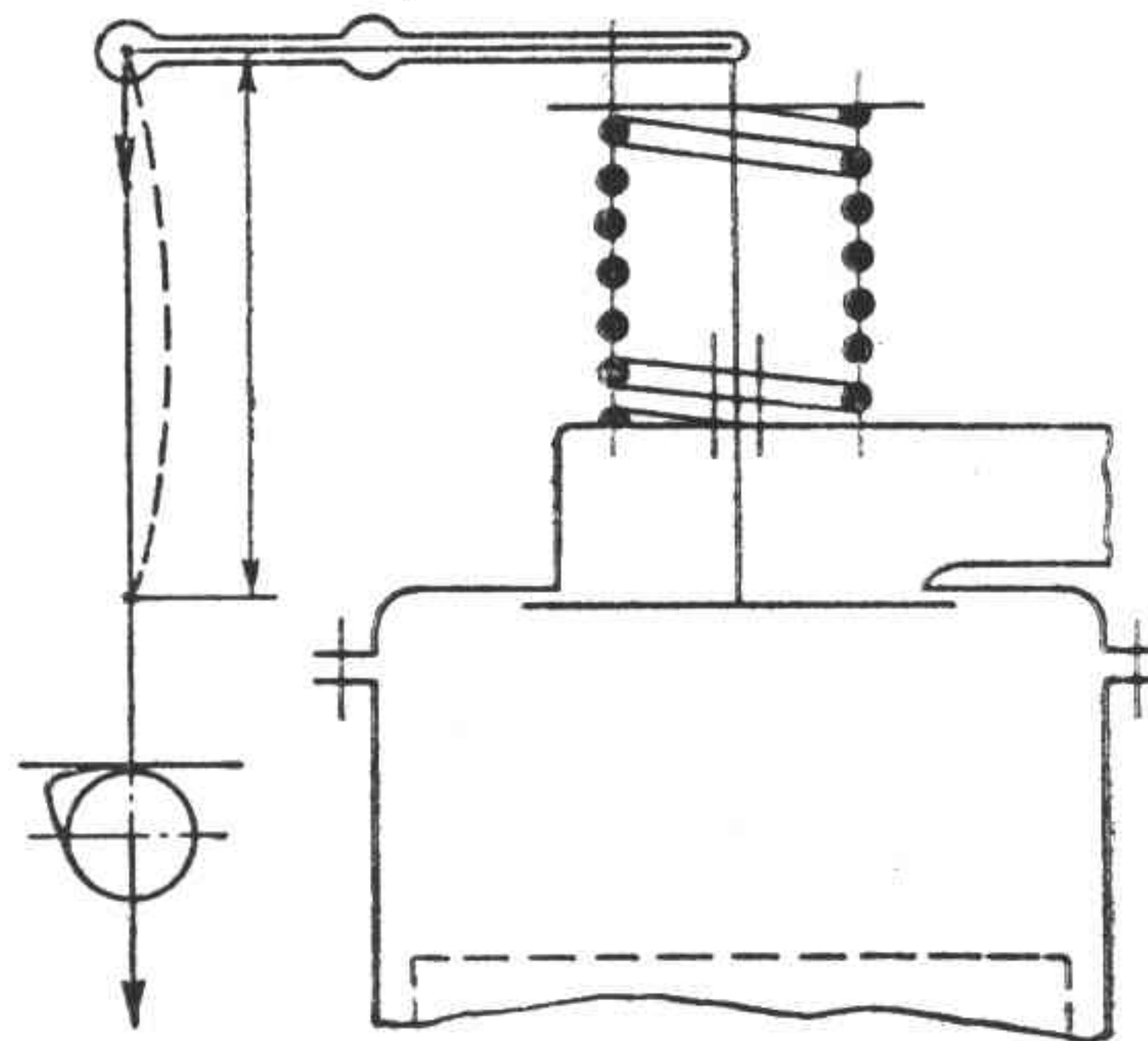


Рис. 80. Схема расчета штанги

Штанга подвергается изгибу от силы, действующей вдоль оси штанги. Величина этой силы в практических расчетах может

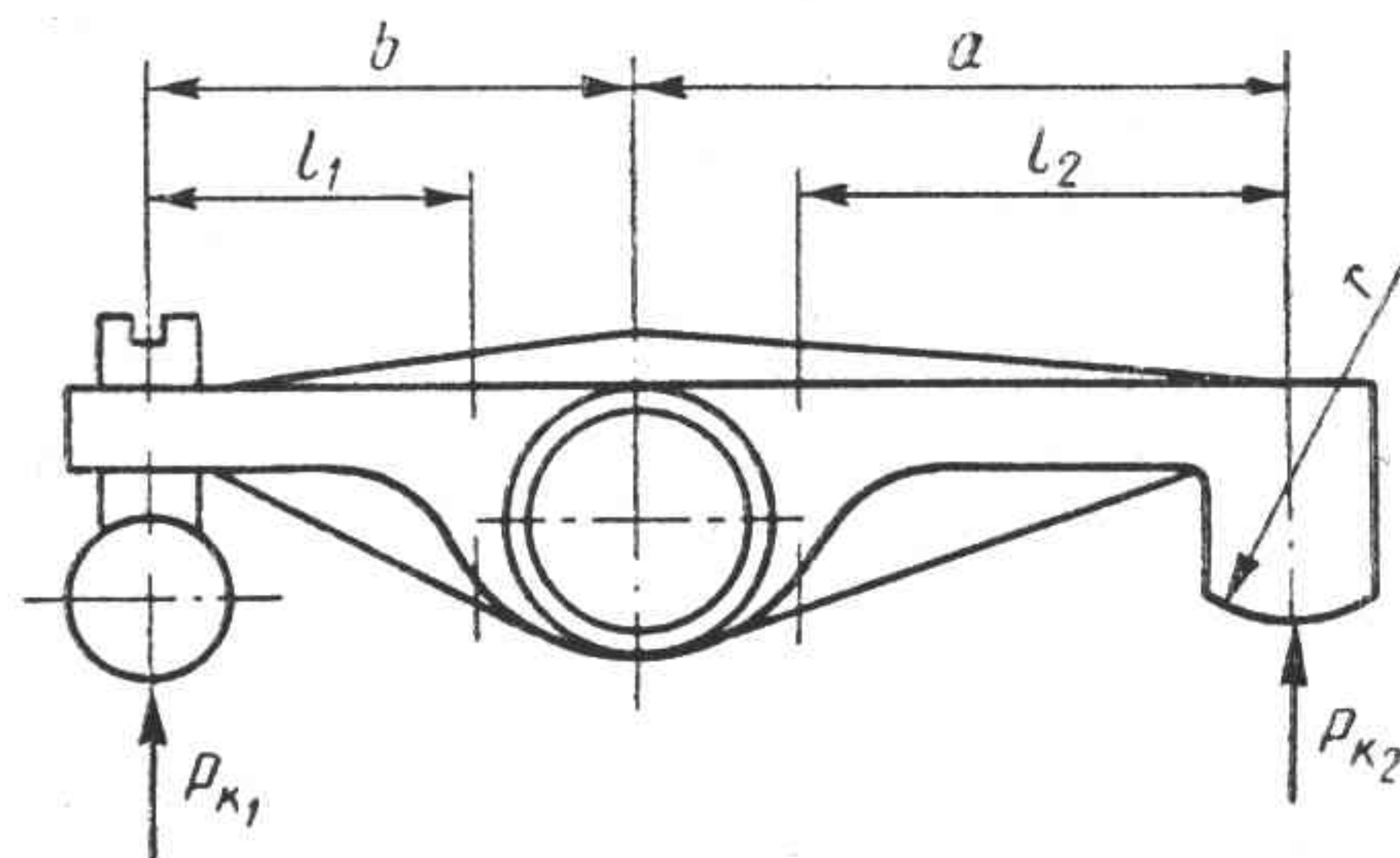


Рис. 81. Схема сил, действующих на коромысло

быть принята равной силе, действующей на кулачок. Штанга рассчитывается на продольный изгиб по формуле Ясинского (рис. 80).

Коромысло клапана подвергается изгибу под действием силы, величина которой равна силе, действующей на кулачок, за исключением сил инерции толкателя и штанги (рис. 81).

Момент, изгибающий коромысло,

$$M_{изг} = P_{к1} l_1 \text{ кг} \cdot \text{см}, \quad (200)$$

а напряжение изгиба

$$\sigma_{из} = \frac{P_{к1} l_1}{W} \text{ кг/см}^2. \quad (201)$$

Расчет на жесткость

Расчету на жесткость из деталей газораспределения подвергается распределительный вал. Расчет распределительного вала на прочность, как правило, не производят. При принятых конструктивных соотношениях напряжения невелики и не определяют прочности распределительного вала. Практически расчет на жесткость заключается в определении стрелы прогиба от силы, действующей на кулачок (198).

При недостаточной жесткости вала возникают прогибы, которые приводят к нарушению работы газораспределения. При наличии прогиба угол открытия клапана φ сместится относительно верхней мертвой точки в сторону запаздывания (рис. 82). Это вызовет уменьшение время — сечения клапана, а следовательно, и наполнения цилиндра. Пролет вала рассчитывается как балка на двух опорах.

Величина стрелы прогиба

$$\bar{f} = \frac{P_{к1} a^2 b^2}{3lEJ} \text{ см}, \quad (202)$$

где a — расстояние от середины опорной шейки до оси кулачка;

b — расстояние от оси кулачка до середины второй опорной шейки;

l — расстояние между серединами опорных шеек;

E — модуль упругости материала;
 J — момент инерции вала

$$J = 0,05 (d_g^4 - d_0^4) \text{ см}^4 \quad (203)$$

(d_g, d_0 — внутренний и наружный диаметры вала).

Если на каждый цилиндр двигателя приходится два клапана, стрела прогиба определяется по уравнению

$$\bar{f} = \frac{P_{к1} a (3l^2 - 4a^2)}{24EJ} \text{ см}, \quad (204)$$

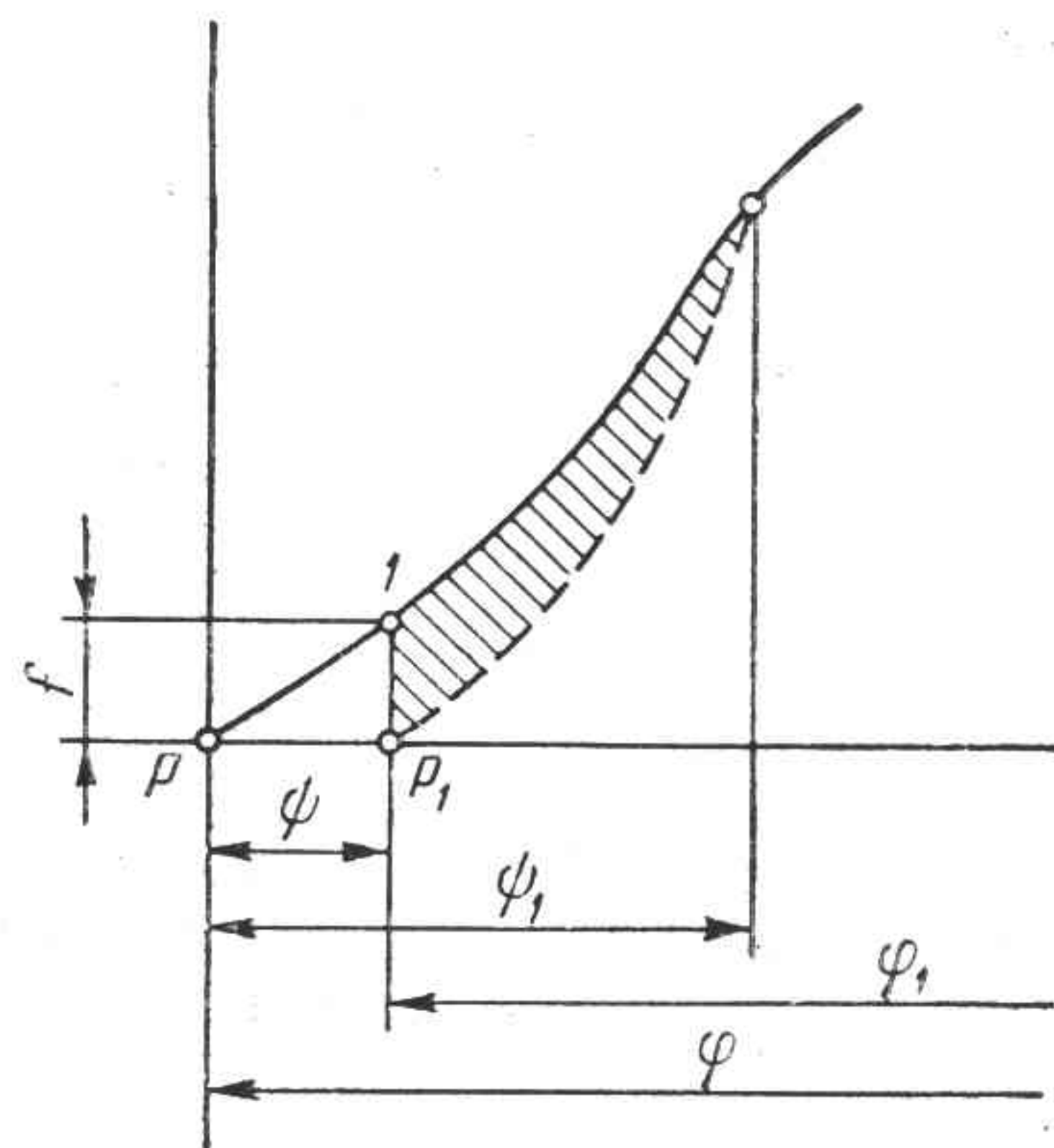


Рис. 82. Схема расчета распределительного вала на жесткость

Для обеспечения нормальной работы двигателя стрела прогиба должна быть меньше $\bar{f} = 0,005 \text{ см}$.

Расчет на износ

Расчету на износ подвергаются распределительный вал, толкатель, штанга и коромысло клапана. Расчет заключается в определении контактных напряжений в местах контакта распределительного вала и толкателя, толкателя и штанги, штанги и коромысла, коромысла и торца клапана.

Величина контактных напряжений смятия: для плоского толкателя и кулачка

$$\sigma_{см} = 0,418 \sqrt{\frac{P_k E}{b_k R_0}} \text{ кг/см}^2, \quad (205)$$

где b — ширина кулачка;

для цилиндрического толкателя и кулачка, штанги и толкателя, штанги и коромысла, коромысла и торца клапана

$$\sigma_{см} = 0,388 \sqrt[3]{\frac{P_k E}{R^2}} \text{ кг/см}^2, \quad (206)$$

где R — радиус сферы в месте контакта;
для роликового толкателя

$$\sigma_{см} = 0,418 \times \sqrt{\frac{P_k E}{b_k} \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{r_p} \right)} \text{ кг/см}^2, \quad (207)$$

где r_p — радиус ролика.

Расчет на усталость

Расчету на усталость подвергается пружина клапана. Запас прочности пружины

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a + \frac{2\tau_{-1} - \tau_0}{\tau_0} \tau_m}, \quad (208)$$

где τ_{-1} — предел усталости на кручение при симметричном цикле;

τ_0 — предел усталости на кручение при пульсирующем цикле.

Величина τ_{min} при определении запаса прочности берется как величина упругой силы пружины при закрытом клапане. Эта величина приведена в соответствующем разделе данного справочника.

Среднее напряжение цикла подсчитывается по уравнению

$$\tau_m = \frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2k_c} \quad (209)$$

где k_c — коэффициент, характеризующий кривизну проволоки.

Коэффициент является функцией отношения среднего диаметра витка пружины к диаметру проволоки.

d_{cp}/δ	5	10
k_c	1,19	1,09

Тепловой расчет

Тепловому расчету подвергаются направляющая клапана, направляющая толкателя, оси коромысел клапана. Тепловые напряжения возникают в этих деталях в период пуска при работе двигателя в условиях низких и высоких температур окружающего воздуха.

Расчет ведется по уравнениям (121—123) по методике, изложенной в § 8.

Допускаемые величины напряжений в деталях газораспределения (в кг/см^2) и механические свойства сталей, применяемых в моторостроении, приведены ниже

	$\sigma_{кр}$	$\sigma_{и}$	$\sigma_{см}$
Пружина клапана 3940—5900	—	—	—
Коромысло . . .	—	980—1190	9800
Штанга	—	—	9800
Толкатель . . .	—	—	9800
Распределитель- ный вал . . .	—	—	9800

Группа стали	τ_{-1}	σ_{-1}
Углеродистая	2960	5300
Кремнистая	3430	6100
Марганцевая	2920	5900
Хромистая	2940	6250
Хромованадиевая	5520	6650

§ 19. ВЕС ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

ТАБЛИЦА 32

Вес деталей, движущихся с клапаном, в г

Марка двигателя	Клапан		Пружина		Тарелка пружины	Сухарь тарелки	Полный вес комплекта
	впускной	выпускной	наружная	внутренняя			
МЗМА-400	56,0	56,0	74,0	—	17,0	2,5	121,0
МЗМА-407	82,0	75,5	62,0	26,7	20,0	1,5	193,7
МеМЗ-965	45,0	45,0	35,0	—	12,0	1,2	94,4
М-20	97,0	89,0	62,0	—	20,0	1,5	184,0
М-21	80,0	70,0	30,0	—	20,0	1,5	133,0
ГАЗ-12	97,0	89,0	62,0	—	20,0	1,5	184,0
ГАЗ-13	88,0	82,0	30,0	—	20,0	1,5	141,0
ЗИЛ-110	129,4	112,5	66,1	—	23,8	1,6	217,5
ЗИЛ-111	149,5	120,6	102,0	44,0	33,0	1,65	331,8
ЗИЛ-120	155,0	145,0	90,0	—	27,0	2,0	276,0
ГАЗ-51	97,0	89,0	62,0	—	20,0	1,5	184,0
ГАЗ-66	80,0	75,0	30,0	—	20,0	1,5	133,0
ГАЗ-41	88,0	82,0	30,0	—	20,0	1,5	141,0
Урал-5М	150,0	140,0	90,0	—	27,0	2,0	271,0
ЗИЛ-130	149,5	120,6	102,0	44,0	33,0	1,65	331,8
ЗИЛ-375	149,5	120,6	102,0	44,0	33,0	1,65	331,8
Д-16	115,0	100,0	52,0	—	15,0	2,0	184,0
Д-20	260,0	240,0	160,0	—	40,0	3,5	467,0
Д-30	150,0	126,0	45,0	—	21,0	2,0	220,0
Д-35	173,0	160,0	126,0	—	41,0	5,0	392,0
Д-37	127,0	117,0	45,0	—	21,0	2,0	197,0
Д-48	183,0	160,0	126,0	—	41,0	5,0	396,0
Д-54	260,0	223,0	160,0	—	65,0	7,0	499,0
Д-75	260,0	223,0	160,0	—	65,0	7,0	499,0
КДМ-46	406,0	426,0	315,0	—	90,0	15,0	865,0
6КДМ-50	406,0	426,0	315,0	—	90,0	15,0	865,0
ЯАЗ-204	—	140,0	70,0	—	24,0	2,5	204,0

Продолжение табл. 32

Марка двигателя	Клапан		Пружина		Тарелка пружины	Сухарь тарелки	Полный вес комплекта
	впускной	выпускной	наружная	внутренняя			
ЯАЗ-206	—	140,0	70,0	—	24,0	2,5	204,0
Д-6	252,0	251,0	66,0	44,0	107,0	41,0	510,0
ЯМЗ-236	268,0	236,0	115,0	63,0	56,0	3,0	508,0
ЯМЗ-238	268,0	236,0	115,0	63,0	56,0	3,0	508,0
ЯМЗ-240	268,0	236,0	115,0	63,0	56,0	3,0	508,0
Д-12А	252,0	251,0	66,0	44,0	107,0	41,0	510,0
Д-12-525	252,0	251,0	66,0	44,0	107,0	41,0	510,0
УД-1	69,0	69,0	48,0	—	18,0	1,0	137,0
УНД-5	45,0	45,0	35,0	—	12,0	1,2	94,4
УД-2	69,0	69,0	48,0	—	18,0	1,0	137,0
УНД-7	45,0	45,0	35,0	—	12,0	1,2	94,4
УНД-10	45,0	45,0	35,0	—	12,0	1,2	94,4

ТАБЛИЦА 33

Вес группы распределительного вала

Марка двигателя	Вес передаточных деталей в г			Вес распределительного вала в г	
	толкателя в сборе	штанги в сборе	коромысла	отдельно	в сборе
МЗМА-400	137	—	—	3 175	4 255
МЗМА-407	82	76	75,0	3 118	3 585
МеМЗ-965	49	24	53; 60	975	1 435
М-20	117	—	—	3 430	4 330
М-21	107	75	136	3 888	4 675
ГАЗ-12	117	—	—	4 400	5 300
ГАЗ-13	107	75	154	5 500	6 287
ЗИЛ-110	118	—	—	7 220	9 100
ЗИЛ-111	77	136	154	5 752	8 419
ЗИЛ-120	126	—	—	—	—

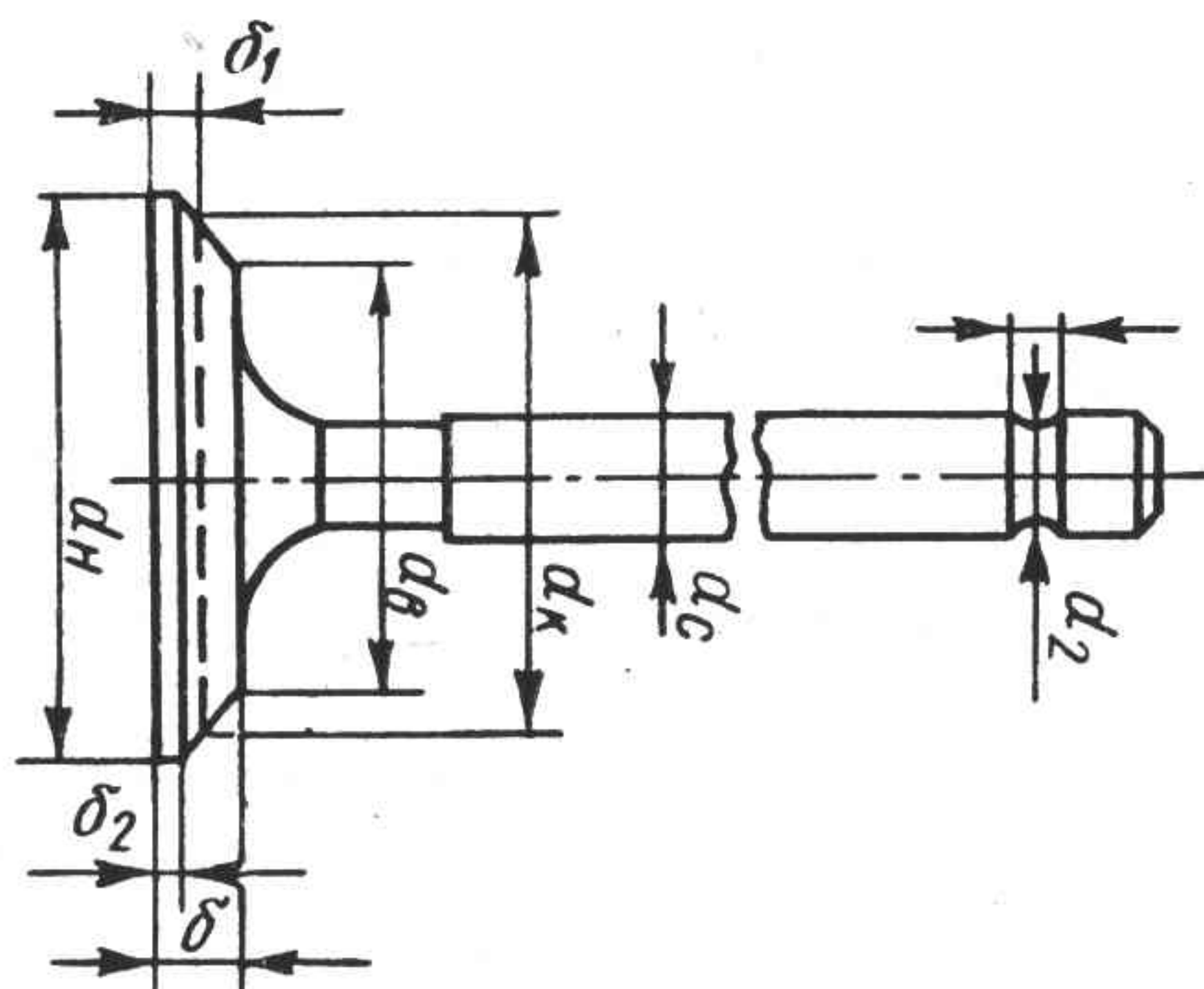
Продолжение табл. 3

Марка двигателя	Вес передаточных деталей в г			Вес распределительного вала в г	
	толкателя в сборе	штанги в сборе	коромысла	отдельно	в сборе
ГАЗ-51	117	—	—	4 400	5 300
ГАЗ-66	107	75	154	5 500	6 287
ГАЗ-41	107	75	154	5 500	6 287
Урал-5М	128	—	—	—	—
ЗИЛ-130	77	136	154	5 752	8 419
ЗИЛ-375	77	136	154	5 752	8 419
Д-16	120	131	121	1 900	2 347
Д-20	200	263	339	1 225	5 739
Д-30	106	118	121	4 330	5 171
Д-35	162	153	195	—	—
Д-37	106	125	130	4 330	5 171
Д-54	331	271	457	9 085	11 810
Д-75	331	271	457	9 085	11 810
КДМ-46	270	385	469	16 600	33 000
6КДМ-50	270	385	469	23 600	49 400
ЯАЗ-204	206	58	206	6 520	13 000
ЯАЗ-206	206	58	206	9 780	18 100
Д-6	—	—	—	3 932	4 313
ЯМЗ-236	311	214	267	6 310	11 860
ЯМЗ-238	311	214	267	8 410	13 960
ЯМЗ-240	311	214	267	12 620	18 170
Д-12А	—	—	—	3 932	4 313
Д-12-525	—	—	—	3 932	4 313
УД-1	108	—	—	478	1 178
УНД-5	49	24	53; 60	643	1 343
УД-2	108	—	—	890	1 590
УНД-7	49	24	53; 60	975	1 675
УНД-10	49	24	53; 60	975	1 675

ТАБЛИЦА 34

§ 20. КЛАПАНЫ, СЕДЛА И НАПРАВЛЯЮЩИЕ

Диаметры клапанов



Марка двигателя	Марка стали		Диаметры в мм			
	впускного	выпускного	наружный		внутренний	
			впускного d_n	выпускного d_n	впускного d_b	выпускного d_b
МЗМА-400	40X	ЭСХ8	28,8 28,6	28,8 28,6	21,0	21,0
МЗМА-407	7Х9С2	ЭИ48	36,5 36,3	31,5 31,3	29,0	24,5
МеМЗ-965	5Х9С2	ЭИ48	29,0	27,5	27,0	25,5
М-20	40X	ЭСХ8	39,1 38,9	36,1 35,9	34,5	29,0
М-21	40	ЭИ992	44,1 43,9	36,1 35,9	39,0	32,0
ГАЗ-12	40X	ЭСХ8	39,1 38,9	36,1 35,9	34,5	29,0
ГАЗ-13	Х9С2	ЭИ992	47,0 46,83	39,1 38,9	42,0	35,0
ЗИЛ-110	40ХНМА	ЭИ72	43,1 42,9	36,6 36,4	40,0	32,0
ЗИЛ-111	Х10СГМ	ЭИ992	50,5 50,3	41,0 40,83	43,0	36,0

Марка двигателя	Марка стали		Диаметры в мм			
	впускного	выпускного	наружный		внутренний	
			впускного d_n	выпускного d_n	впускного d_v	выпускного d_v
ЗИЛ-120	40X	X10CM	48,5 48,16	44,0 43,66	38,0	34,0
ГАЗ-51	40X	ЭСХ8	39,1 38,9	36,1 35,9	34,5	29,0
ГАЗ-66	X9C2	ЭИ992	44,1 43,9	36,1 35,9	39,0	32,0
ГАЗ-41	X9C2	ЭИ992	47,0 46,83	39,1 38,9	42,0	35,0
Урал-5М	40X	X10CM	47,75 47,375	44,75 44,375	40,0	38,0
ЗИЛ-130	X10CGM	ЭИ992	50,5 50,3	41,0 40,83	43,0	36,0
ЗИЛ-375	X10CGM	ЭИ992	50,5 50,3	41,0 40,83	43,0	36,0
Д-16	40X	X9C2	39,3 38,9	36,3 35,9	34,0	29,0
Д-20	40X	X9C2	54,0	47,5	45,0	40,0
Д-30	40X	X9C2	39,15 38,85	35,15 34,85	33,8	31,0
Д-35	40XH	ЭСХ8	41,0 40,9	37,0 36,9	—	—
Д-37	40X	X9C2	45,0 44,9	41,15 40,85	40,0	34,0
Д-48	40XH	ЭСХ8	45,0 44,9	41,0 39,9	—	—
Д-54	37XC	ЭСХ8	55,5 55,3	47,5 47,3	—	—
СМД-7	40XH	X9C2	50,1 49,8	45,1 44,8	43	38,0
Д-75	40XC	X9C2	55,5 55,3	47,5 47,33	—	—
СМД-14	40XH	X9C2	52,1 51,8	45,1 44,8	44,5	38,0

Продолжение табл. 34

Марка двигателя	Марка стали		Диаметры в мм			
	впускного	выпускного	наружный		внутренний	
			впускного d_n	выпускного d_n	впускного d_e	выпускного d_e
КДМ-46	50ХН	СХ8	60,2 59,8	60,2 59,8	—	—
6КДМ-50	50ХН	СХ8	60,2 59,8	60,2 59,8	—	—
ЯАЗ-204	—	ЭЯ2	—	40,0 39,84	—	33,0
ЯАЗ-206	—	ЭЯ2	—	40,0 39,84	—	33,0
Д-6	ЭХНВА	ЭИ107	53,96 53,88	49,968 49,9	—	—
ЯМЗ-236	ЭИ107	ЭИ69	61,5	48,0	54,0	41,0
ЯМЗ-238	ЭИ107	ЭИ69	61,5	48,0	54,0	41,0
ЯМЗ-240	ЭИ107	ЭИ69	61,5	48,0	54,0	41,0
Д-12А	ЭХНВА	ЭИ107	53,96 53,88	49,968 49,9	—	—
Д-12-525	ЭХНВА	ЭИ107	53,96 53,88	49,968 49,9	—	—
УД-1	Х9С2	Х9С2	37,0	37,0	29,0	29,0
УНД-5	Х9С2	ЭИ69	29,0	27,5	27,0	25,5
УД-2	Х9С2	Х9С2	37,0	37,0	29,0	29,0
УНД-7	Х9С2	ЭИ69	29,0	27,5	27,0	25,5
УНД-10	Х9С2	ЭИ69	29,0	27,5	27,0	25,5

ТАБЛИЦА 35

Контрольные размеры тарелки клапана (см. рисунок к табл. 34)

Марка двигателя	Контрольный диаметр в мм		Высота в мм		
	впускного d_k	выпускного d_k	до посадочного пояса δ_1	тарелки δ	кромки δ_2
МЗМА-400	26,8	26,8	2,3 1,7	4,25 4,0	0,7
МЗМА-407	35,0	30,0	2,0 1,75	4,0 3,5	1,2

Продолжение табл. 35

Марка двигателя	Контрольный диаметр в мм		Высота в мм		
	впускного d_K	выпускного d_K	до посадочного поояса δ_1	тарелки δ	кромки δ_2
МеМЗ-965	28,0	26,5	1,8	4,2	0,8
М-20	38,0	35,0	2,15 1,85	4,15 3,85	1,75 1,5
М-21	43,0	35,0	2,35 1,85	4,15 3,85	1,65 1,35
ГАЗ-12	38,0	35,0	2,15 1,85	4,15 3,85	1,75 1,5
ГАЗ-13	46,0	36,0	2,15 1,85	4,15 3,85	1,75 1,5
ЗИЛ-110	42,5	35,5	2,95 2,55	4,0 3,85	1,5
ЗИЛ-111	49,5	40,0	2,7 2,3	4,0 3,84	1,7 1,3
ЗИЛ-120	46,0	42,0	2,0	5,4 4,75	2,7 2,3
ГАЗ-51	38,0	35,0	2,15 1,85	4,15 3,85	1,75 1,5
ГАЗ-66	43,0	35,0	2,35 1,85	4,15 3,85	1,75 1,5
ГАЗ-41	46,0	36,0	2,15 1,85	4,15 3,85	1,75 1,5
Урал-5М	—	—	—	5,0	1,5
ЗИЛ-130	49,5	40,0	2,7 2,3	4,0 3,84	1,7 1,3
ЗИЛ-375	49,5	40,0	2,7 2,3	4,0 3,84	1,7 1,3
Д-16	38,0	35,0	3,0 2,5	4,5 3,5	2,35 1,85
Д-20	50,5	44,0	3,87 3,51	5,5 5,0	1,0
Д-30	37,0	33,0	2,1 1,9	4,25 3,75	0,5
Д-35	38,0	34,0	2,75 2,65	4,0	1,25

Продолжение табл. 35

Марка двигателя	Контрольный диаметр в мм		Высота в мм		
	впускного d_k	выпускного d_k	до посадоч- ного пояса δ_1	тарелки δ	кромки δ_2
Д-37	42,0	38,0	2,1 1,9	4,25 3,75	0,5
Д-48	42,0	38,0	3,0 2,6	5,0 4,0	1,0
Д-54	52,0	44,0	3,87 3,63	5,5 5,0	2,0
СМД-7	46,0	41,0	3,2 2,9	5,21 4,5	3,0 2,0
Д-75	50,5	44,0	3,87 3,5	5,5 5,0	1,0
СМД-14	48,0	41,0	3,9 3,6	5,7 4,95	2,5 1,5
КДМ-46	—	—	—	8,2 7,8	3,0
6КДМ-50	—	—	—	8,2 7,8	3,0
ЯАЗ-204	—	37,0	2,4 2,25	4,0	—
ЯАЗ-206	—	37,0	2,4 2,25	4,0	—
Д-6	—	—	—	5,0	1,85
ЯМЗ-236	58,0	46,0	—	6,0	1,5
ЯМЗ-238	58,0	46,0	—	6,0	1,5
ЯМЗ-240	58,0	46,0	—	6,0	1,5
Д-12А	—	—	—	5,0	1,85
Д-12-525	—	—	—	5,0	1,85
УД-1	30,0	30,0	1,8	4,1	0,8
УНД-5	28,0	26,5	1,8	4,1	0,8
УД-2	30,0	30,0	1,8	4,1	0,8
УНД-7	28,0	26,5	1,8	4,1	0,8
УНД-10	28,0	26,5	1,8	4,1	0,8

ТАБЛИЦА 36

Тарелки и стержни клапанов (см. рисунок к табл. 34)

Марка двигателя	Тарелки		Диаметры стержня в мм			
	Радиус перехода в мм	Фаска в град	верхнего пояса	впускного d_c	выпускного d_c	под сухарь
МЗМА-400	6,0	45,0	7,0	7,112 7,092	7,074 7,054	5,16 5,08
МЗМА-407	11,0	45,0	8,0	7,987 7,955	7,987 7,955	7,0 6,9
МеМЗ-965	11,0	45,0	7,0	6,95 6,93	6,95 6,93	5,0
М-20	10—11	45,0	8,9	8,95 8,925	8,92 8,898	8,0 7,8
М-21	18,0	45,0	8,9	8,95 8,93	8,95 8,93	8,0 7,8
ГАЗ-12	10—11	45,0	8,9	8,95 8,925	8,92 8,898	8,0 7,8
ГАЗ-13	18,0	45,0	8,9	8,95 8,93	8,95 8,93	8,0 7,8
ЗИЛ-110	9,0	30/45	8,9	8,975 8,953	8,94 8,918	8,0 7,9
ЗИЛ-111	11,0	30/45	12,5	9,43 9,45	9,43 9,45	9,2 9,0
ЗИЛ-120	12,0	30/45	9,4	9,475 9,455	9,475 9,455	—
ГАЗ-51	10—11	45,0	8,9	8,95 8,925	8,92 8,898	8,0 7,8
ГАЗ-66	18,0	45,0	8,9	8,95 8,93	8,95 8,93	8,0 7,8
ГАЗ-41	18,0	45,0	8,9	8,95 8,93	8,95 8,93	8,0 7,8
Урал-5М	11,0	45,0	9,4	9,48 9,465	9,48 9,465	—

Продолжение табл. 36

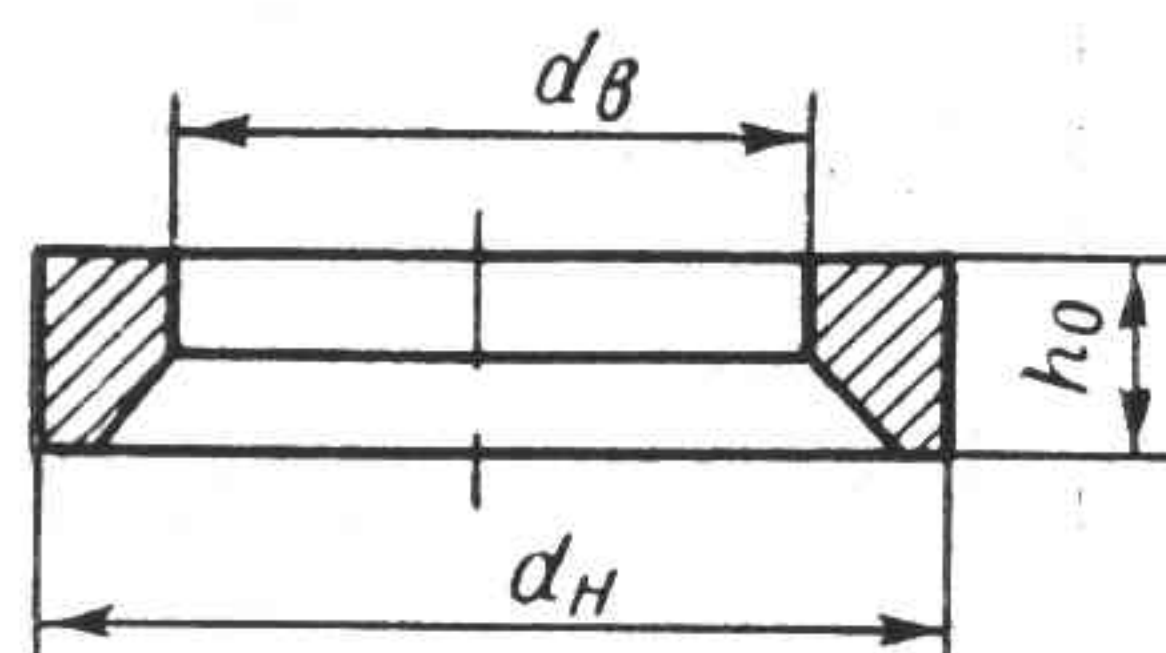
Марка двигателя	Тарелки		Диаметры стержня в мм			
	Радиус перехода в мм	Фаска в град	верхнего пояса	впускного d_c	выпускного d_c	под сухарь
ЗИЛ-130	11,0	30/45	12,5	9,43 9,45	9,43 9,45	9,2 9,0
ЗИЛ-375	11,0	30/45	12,5	9,43 9,45	9,45 9,45	9,2 9,0
Д-16	10,0	44,5	9,0	9,03 9,055	9,065 9,085	8,0 7,8
Д-20	12,0	45,0	12,0	11,92 11,9	11,92 11,9	10,0
Д-30	12,0	45,0	9,0	9,04 9,07	9,07 9,09	8,0 7,8
Д-35	16,0	45,0	10,9	10,95 10,93	10,93 10,91	8,0 7,9
Д-37	12,0	45,0	9,0	9,04 9,07	9,07 9,09	8,0 7,8
Д-48	17,0	45,0	10,7 10,58	11,05 11,07	11,07 11,09	9,0 8,8
Д-54	16,0	45,0	11,5	11,92 11,9	11,92 11,9	10,0 9,8
СМД-7	18,0	45,0	11,0	11,03 11,055	11,06 11,085	9,0
Д-75	12,0	45,0	12,0	11,92 11,9	11,92 11,9	10,0
СМД-14	16,0	45,0	11,0	11,03 11,055	11,06 11,085	9,0
КДМ-46	17,0	45,25	12,9	12,955 12,925	12,925 12,9	10,0 9,9
6КДМ-50	17,0	45,25	12,9	12,955 12,925	12,925 12,9	10,0 9,9

Продолжение табл. 36

Марка двигателя	Тарелки		Диаметры стержня в мм			
	Радиус пере- хода в мм	Фаска в град	верхнего пояса	впуск- ного d_c	выпуск- ного d_c	под сухарь
ЯАЗ-204	18,0	45,25	8,8	—	8,975 8,95	7,2 7,1
ЯАЗ-206	18,0	45,25	8,8	—	8,975 8,95	7,2 7,1
Д-6	16,0	45,5	—	17,96 17,498	17,96 17,498	—
ЯМЗ-236	20,0	45,0	12,0	12,0	12,0	10,6 10,48
ЯМЗ-238	20,0	45,0	12,0	12,0	12,0	10,6 10,48
ЯМЗ-240	20,0	45,0	12,0	12,0	12,0	10,6 10,48
Д-12А	16,0	45,5	—	17,96 17,498	17,96 17,498	—
Д-12-525	16,0	45,5	—	17,96 17,498	17,96 17,498	—
УД-1	6,0	45,0	7,0	6,95 6,93	6,95 6,93	5,0
УНД-5	6,0	45,0	7,0	6,95 6,93	6,95 6,93	5,0
УД-2	6,0	45,0	7,0	6,95 6,93	6,95 6,93	5,0
УНД-7	6,0	45,0	7,0	6,95 6,93	6,95 6,93	5,0
УНД-10	6,0	45,0	7,0	6,95 6,93	6,95 6,93	5,0

ТАБЛИЦА 37

Клапаны и седла



Марка двигателя	Клапаны			Седла			
	Ширина канавки в мм	Хвостовик	Полная длина в мм	Материал ¹	Диаметры в мм		Высота h_0 в мм
					наружный	внутренний	
МЗМА-400	8,88 8,26	Под сухарь	119,4 118,8	СПЧ	31,11 31,09	23,5	4,5
МЗМА-407	7,0 6,8	» »	111,9 111,6	СПЧ	39,17 39,15	32,0	9,0
МеМЗ-965	6,0	» »	98,1 97,9	СПЧ	31,2 31,18	23,5	7,5
М-20	2,6 2,5	» »	123,35 122,65	СПЧ	38,625 38,6	31,5	6,45
М-21	2,5	» »	117,2 116,8	СПЧ	47,125 47,1	36,34 36,0	6,45
ГАЗ-12	2,6 2,5	» »	123,35 122,65	СПЧ	38,625 38,6	31,5	6,45
ГАЗ-13	2,5	» »	117,2 116,8	СПЧ	49,125 49,1	40,34 40,0	6,45
ЗИЛ-110	5,0	» »	157,6 157,2	—	—	—	—
ЗИЛ-111	3,5	» »	142,5 142,1	СПЧ	56,0/42,0	47,0/38,0	9,0
ЗИЛ-120	5,0	» »	148,0 147,5	—	—	—	—
ГАЗ-51	2,6 2,5	» »	123,35 122,65	СПЧ	38,625 38,6	31,5	6,45

Продолжение табл. 37

Марка двигателя	Клапаны			Седла			
	Ширина канавки в мм	Хвостовик	Полная длина в мм	Материал ¹	Диаметры в мм		Высота h_0 в мм
					наружный	внутренний	
ГАЗ-66	2,5	Под сухарь	117,2 116,8	СПЧ	47,125 47,1	36,34 36,0	6,45
ГАЗ-41	2,5	» »	117,2 116,8	СПЧ	49,125 49,1	40,34 40,0	6,45
Урал-5М	5,0	» »	147,07 147,0	—	—	—	—
ЗИЛ-130	3,5	» »	142,5 142,1	СПЧ	56,0/42,0	47,0/38,0	9,0
ЗИЛ-375	3,5	» »	142,5 142,1	СПЧ	56,0/42,0	47,0/38,0	9,0
Д-16	2,6 2,5	» »	123,25 122,75	—	—	—	—
Д-20	12,5	» »	181,0 180,5	—	—	—	—
Д-30	2,62 2,5	» »	131,0 130,47	СПЧ	44,5	32,0	8,0
Д-35	10,0	» »	168,75 168,5	—	—	—	—
Д-37	2,62 2,5	» »	131,0 130,47	СПЧ	50,0	40,0	8,0
Д-48	13,5	» »	169,0 168,0	—	—	—	—
Д-54	12,0	» »	181,0 180,5	—	—	—	—
СМД-7	12,5	» »	158,0 157,74	—	—	—	—
Д-75	12,5	» »	181,0 180,5	—	—	—	—
СМД-14	2,6 2,5	» »	158,0 158,74	—	—	—	—
КДМ-46	15,0	» »	228,25 227,75	—	—	—	—

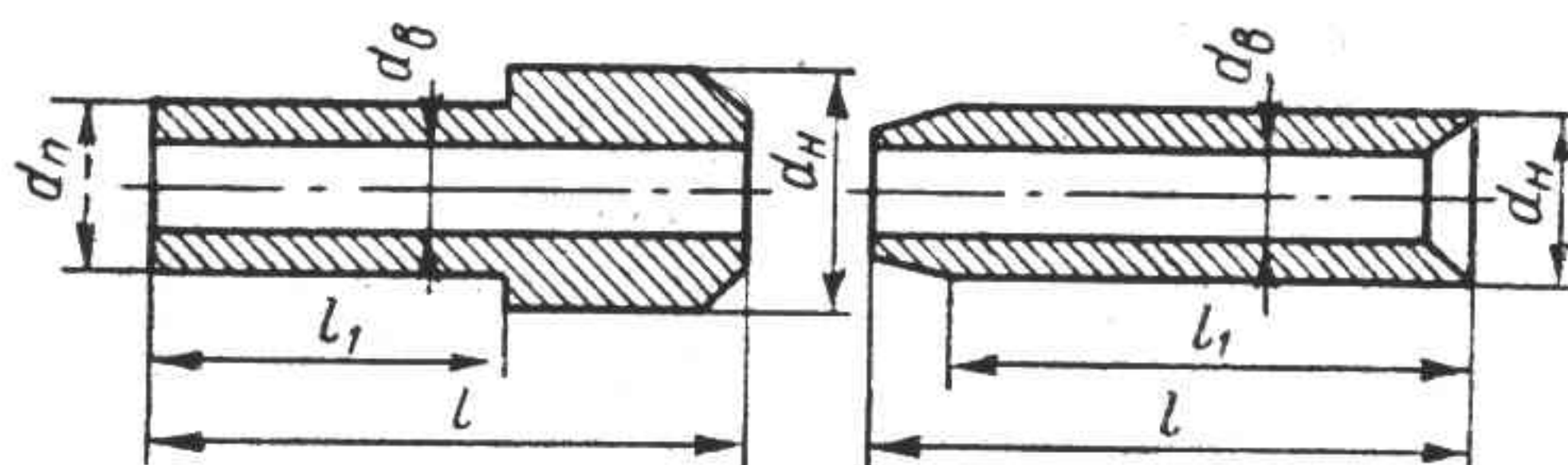
Продолжение табл. 37

Марка двигателя	Клапаны			Седла			
	Ширина канавки в мм	Хвостовик	Полная длина в мм	Материал ¹	Диаметры в мм		Высота h_0 в мм
					наружный	внутренний	
6КДМ-50	15,0	Под сухарь	228,25 227,75	—	—	—	—
ЯАЗ-204	5,9	» »	163,9 163,6	СПЧ	41,095 41,075	32,0	8,025 7,975
ЯАЗ-206	5,9	» »	163,9 163,6	СПЧ	41,095 41,075	32,0	8,025 7,975
Д-6	—	» тарель	139,5 138,5	Сталь ХНВА	58,09 58,0	48,0	12,5
ЯМЗ-236	3,12 3,0	» сухарь	155,2 155,0	СПЧ	69,0	55,0	8,05 7,95
ЯМЗ-238	3,12 3,0	» »	155,2 155,0	СПЧ	69,0	55,0	8,05 7,95
ЯМЗ-240	3,12 3,0	» »	155,2 155,0	СПЧ	69,0	55,0	8,05 7,95
Д-12А	—	» тарель	139,5 138,5	Бр.АЖМц 10-3-1,5	58,09 58,0	48,0	12,5
Д-12-525	—	» »	139,5 138,5	Бр.АЖМц 10-3-1,5	58,09 58,0	48,0	12,5
УД-1	8,8	» сухарь	101,0	СПЧ	40,0	30,0	7,0
УНД-5	8,8	» »	98,1 97,9	МК	31,2 31,18	23,5	7,5
УД-2	8,8	» »	101,0	СПЧ	40,0	30,0	7,0
УНД-7	8,8	» »	98,1 97,9	МК	31,2 31,18	23,5	7,5
УНД-10	8,8	» »	98,1 97,9	МК	31,2 31,18	23,5	7,5

¹ СПЧ — специальный чугун; МК — металлокерамика.

ТАБЛИЦА 38

Направляющие клапана



Марка двигателя	Материал ¹	Тип	Диаметры в мм			Длина в мм	
			наруж- ный d_n	внутрен- ний d_8	посадоч- ный d_n	пол- ная l	посад- ки l_1
МЗМА-400	СПЧ	Без бурта	12,764 12,793	7,155 7,125	—	63,0	15,0
МЗМА-407	МК	С буртом	15,07 15,057	8,022 7,992	15,07 15,057	59,0	49,0
МеМЗ-965	СПЧ	Без бурта	10,1 10,0	7,1 7,0	10,1 10,0	49,0	28,0
М-20	СПЧ	» »	17,085 17,060	9,022 9,0	—	71,0	59,0
М-21	СПЧ	» »	15,066 15,047	9,022 9,0	15,066 15,047	60,0	29,0
ГАЗ-12	СПЧ	» »	17,085 17,060	9,022 9,0	—	71,0	59,0
ГАЗ-13	МК	» »	15,066 15,047	9,022 9,0	15,066 15,047	60,0	29,0
ЗИЛ-110	СЧ 15-32	» »	17,085 17,06	9,022 9,0	—	82,0	74,0
ЗИЛ-111	Бр.АЖМц 10-3-1,5	» »	19,065 19,047	9,522 9,5	17,07 17,04	70,0	53,0
ЗИЛ-120	СЧ 15-32	» »	17,075 17,045	9,53 9,5	—	78,0	60,0
ГАЗ-51	СПЧ	» »	17,085 17,06	9,022 9,0	—	71,0	59,0
ГАЗ-66	МК	» »	15,066 15,047	9,022 9,0	15,066 15,047	71,0	59,0
ГАЗ-41	МК	» »	15,066 15,047	9,022 9,0	15,066 15,047	71,0	59,0

Продолжение табл. 38

Марка двигателя	Материал ¹	Тип	Диаметры в мм			Длина в мм	
			наруж- ный d_n	внутрен- ний d_e	посадоч- ный d_n	пол- ная l	посад- ки l_1
Урал-5М	СЧ 15-32	Без бурта	16,705 16,680	9,535 9,5	—	93,0	58,0
ЗИЛ-130	МК	» »	19,065 19,047	9,552 9,5	17,07 17,04	70,0	53,0
ЗИЛ-375	МК	» »	19,065 19,047	9,552 9,5	17,07 17,04	70,0	53,0
Д-16	АСЧ	» »	16,5 16,0	9,3 9,0	16,0	61,0 59,0	—
Д-20	АСЧ	С буртом	28,0 26,0	12,035 12,0	22,095 22,050	93,5 90,5	47,0
Д-30	АСЧ	» »	19,0 17,5	9,03 9,0	15,075 15,04	61,0 59,0	42,0
Д-35	СПЧ	» »	18,048 18,023	11,0 11,027	28,0 26,0	93,5 90,5	44,0
Д-37	АСЧ	» »	19,0 17,5	9,03 9,0	15,075 15,04	61,0 59,0	42,0
Д-48	СЧ 21-40	» »	19,5 17,5	11,25 11,1	19,075 19,04	100,0	47,0
Д-54	СПЧ	» »	22,095 22,05	12,035 12,0	26,0	92,0	44,0
СМД-7	АСЧ	» »	20,062 20,032	11,033 11,0	20,062 20,032	88,0	48,0
Д-75	АСЧ	» »	28,0 26,0	12,035 12,0	22,095 22,050	93,5 90,5	47,0
СМД-14	АСЧ	» »	20,062 20,032	11,035 11,0	20,062 20,032	81,0	46,0
КДМ-46	СПЧ	» »	24,062 24,039	13,035 13,0	17,0	117,0	73,0
6КДМ-50	СПЧ	» »	24,062 24,039	13,035 13,0	17,0	117,0	73,0
ЯАЗ-204	СЧ 18-36	Без бурта	14,548 14,529	9,025 9,0	—	86,0	86,0
ЯАЗ-206	СЧ 18-36	» »	14,548 14,529	9,025 9,0	—	86,0	86,0

Продолжение табл. 38

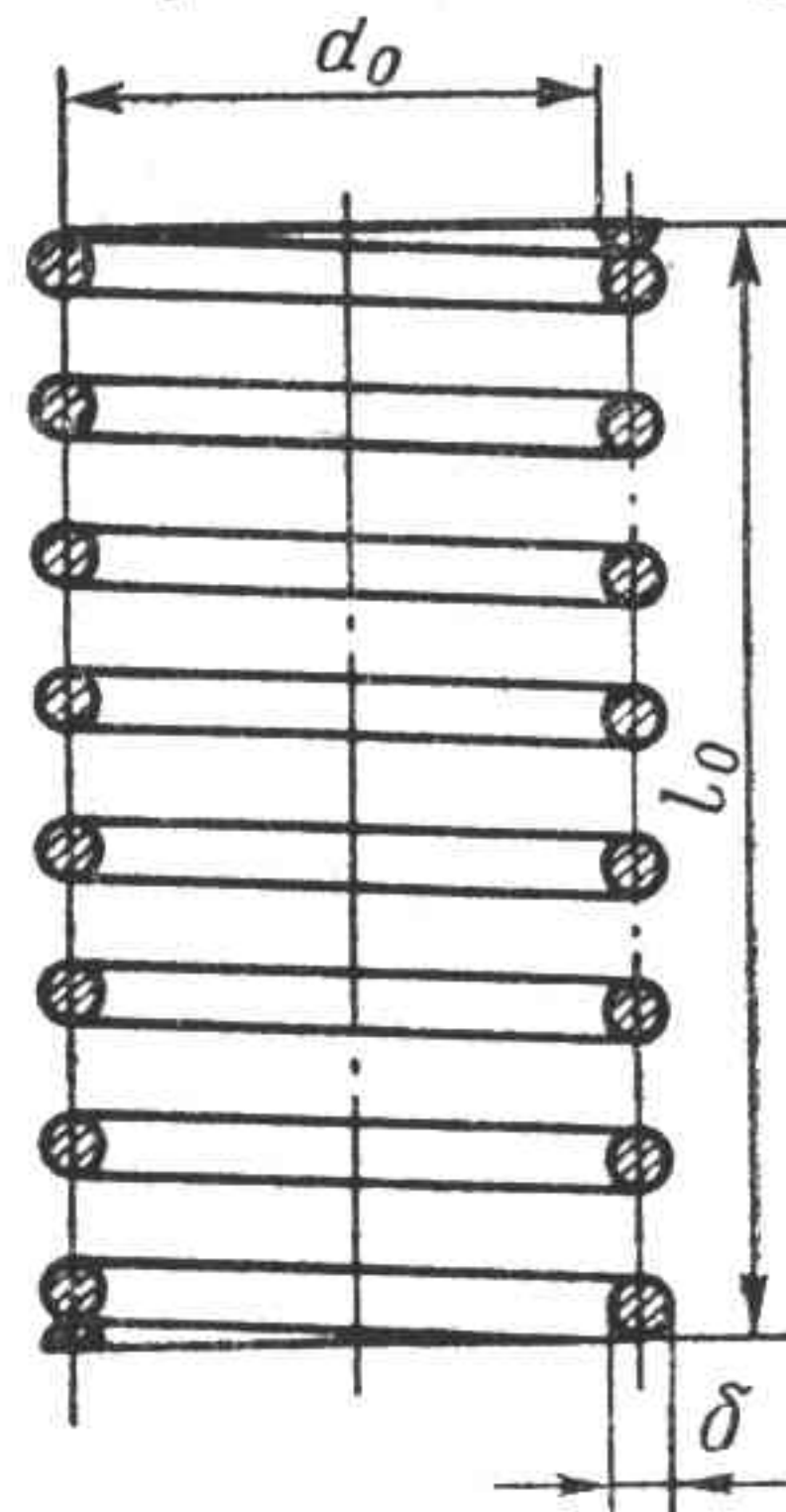
Марка двигателя	Материал ¹	Тип	Диаметры в мм			Длина в мм	
			наруж- ный d_H	внутрен- ний d_B	посадоч- ный d_n	пол- ная l	посад- ки l_1
Д-6	СПЧ	С буртом	23,075 23,059	18,019 18,0	23,0	80,0	63,0
ЯМЗ-236	МК	Без бурта	19,062 19,039	12,019 12,0	19,062 19,039	80,0	50,0
ЯМЗ-238	МК	» »	19,062 19,039	12,019 12,0	19,062 19,039	80,0	50,0
ЯМЗ-240	МК	» »	19,062 19,039	12,019 12,0	19,062 19,039	80,0	50,0
Д-12А	СПЧ	С буртом	23,075 23,059	18,019 18,0	23,0	80,0	63,0
Д-12-525	СПЧ	» »	23,075 23,059	18,019 18,0	23,0	80,0	63,0
УД-1	СЧ	Без бурта	12,1 12,0	7,15 7,12	12,1 12,0	59,0	28,0
УНД-5	Бр.АЖМц 10-3-1,5	» »	10,1 10,0	7,15 7,12	10,1 10,0	49,0	28,0
УД-2	СЧ	» »	12,1 12,0	7,15 7,12	12,1 12,0	59,0	28,0
УНД-7	Бр.АЖМц 10-3-1,5	» »	10,1 10,0	7,15 7,12	10,1 10,0	49,0	28,0
УНД-10	Бр.АЖМц 10-3-1,5	» »	10,1 10,0	7,15 7,12	10,1 10,0	49,0	28,0

¹ СПЧ — специальный чугун; СЧ — серый чугун; МК — металлокерамика; АСЧ — аустенитный чугун.

§ 21. ПРУЖИНЫ КЛАПАНОВ

ТАБЛИЦА 39

Характеристика пружин



Марка двигателя	Марка стали	Направление навивки	Диаметры в мм		Полное число витков	Длина в свободном состоянии l_0 в мм	Усилия при длинах пружин			
			пружины внутренний d_0	провода δ			P_1 в кг	l_1 в мм	P_2 в кг	l_2 в мм
МЗМА-400	65А	Правое	25,1 24,6	4,07 3,97	8,5	55,3	22,5 19,5	43,8	38,5 35,5	37,0
МЗМА-407	65А	» Левое	28,5 18,5	4,1 3,0	6,25 8,0	50 42	41,6 23,6	29,0 26,0	23,8 10	38,0 35,0
МеМЗ-965	50ХФВА	Правое	20,4	3,5	6,0	39,5	1,5 1,0	33,5	35,5 31,5	26,0
М-20	65А	Левое	21,5 21,0	4,13 4,07	8,5	51,0	21,1 18,4	44,5	49,0 46,2	35,7
М-21	50ХФА	»	25,5 25,0	4,8	7,0	53,5	33,0 28,0	46,0	70,0 63,0	37,0
ГАЗ-12	65А	»	21,5 21,0	4,13 4,07	8,5	51,0	21,1 18,4	44,5	49,0 46,2	35,7
ГАЗ-13	50ХФА	»	25,5 25,0	4,8	7,0	53,5	33,0 28,0	46,0	70,0 63,0	37,0
ЗИЛ-110	50ХФА	Правое	24,0 23,5	4,56 4,48	6,5	51,8	26,5 23,5	45,0	62,5 58,0	36,0

Марка двигателя	Марка стали	Направление навивки	Диаметры в мм		Полное число витков	Длина в свободном состоянии l_0 в мм	Усилия при длинах пружин			
			пружины внутрен- ний d_0	прово- локи δ			P_1 в кг	l_1 в мм	P_2 в кг	l_2 в мм
ЗИЛ-111	65Г	Правое	30,0	5,0	6,0	58,0	26,8	48,25	68,0 60,0	32,5
ЗИЛ-120	65Г	»	24,0	3,75	11,0	90,0	23,75 21,5	70,0	34,65 31,5	60,0
ГАЗ-51	65А	Левое	21,5 21,0	4,13 4,07	8,5	51,0	21,1 18,4	44,5	49,0 46,2	35,7
ГАЗ-66	50ХФА	»	25,5 25,0	4,8	7,0	53,5	33,0 28,0	46,0	70,0 63,0	37,0
ГАЗ-41	50ХФА	»	25,5 25,0	4,8	7,0	53,5	33,0 28,0	46,0	70,0 63,0	37,0
Урал-5М	65Г	»	24,6 23,8	3,75	11,0	93,0	23,75 21,5	69,8	—	—
ЗИЛ-130	65Г	Правое	30,0	5,0	6,0	58,0	26,8	48,25	68,0 60,0	32,5
ЗИЛ-375	65Г	»	30,0	5,0	6,0	58,0	26,8	48,25	68,0 60,0	32,5
Д-16	65Г	Левое	27,3 26,7	3,55 3,53	7,5	52,0 50,0	23,0 21,0	42,8	44,0 42,0	32,8
Д-20	65Г	Правое	35,5	4,05 4,03	11,5	96,0 91,0	19,0	75,0	—	—
Д-30	65Г	Левое	27,3 26,7	3,55 3,53	7,5	52,0 50,0	23,0 21,0	42,8	44,0 42,0	32,8
Д-35	65Г	»	27,3 26,7	4,05 3,95	9,5	90,5 87,5	20,0 18,0	65,0	32,0 27,0	53,0
Д-37	65Г	»	27,3 26,7	3,55 3,53	7,5	52,0 50,0	23,0 21,0	42,8	44,0 42,0	32,8
Д-48	65Г	Правое Левое	30,0 21,5	4,05 2,85	9,5 12,5	92,0 78,0	19,0	75,0	—	—
Д-54	65Г	Правое	31,5	4,57 4,47	11,5	95,0 91,0	19,0 17,0	75,5	—	—
СМД-7	65Г	» Левое	34,0 22,0	4,0 2,5	9,5 13,5	77,0 76,0	26 9	53 52,5	32 40,5	43 10,0

Продолжение табл. 39

Марка двигателя	Марка стали	Направление навивки	Диаметры в мм		Полное число витков	Длина в свободном состоянии l_0 в мм	Условия при длинах пружин			
			пружины внутрен- ний d_0	прово- локи δ			P_1 в кг	l_1 в мм	P_2 в кг	l_2 в мм
Д-75	65Г	Правое	35,5	4,05 4,03	11,5	96,0 91,0	19,0 17,0	75,5	—	—
СМД-14	65Г	»	34,0	4,0	9,5	77	26	53	32	43
		Левое	22,0	2,5	13,5	76	9	52,5	40	10
КДМ-46	65Г	Правое	35,5	6	10,2	93	68,0	67,0	—	—
		Левое	23,1	2,3	9,7	90,0	49,3	61,0	—	—
6КДМ-50	65Г	Правое	35,5	6	10,2	93	68,0	67,0	—	—
		Левое	23,1	2,3	9,7	90,0	49,3	61,0	—	—
ЯАЗ-204	65Г	Правое	20,2 20,0	4,57 4,47	8,5	60,5	22,0 20,0	55,5	66,0 60,0	46,0
ЯАЗ-206	65Г	»	20,2 20,0	4,57 4,47	8,5	60,5	22,0 20,0	55,5	66,0 60,0	46,0
Д-6	ХВА	»	40,3	3,5	7,0	65,0	16	35,0	10,3	22,0
		Левое	30,8	3,0	8,0	61,6	14	31,6	8,3	18,6
ЯМЗ-236	65Г	»	35,6	4,5	7,0	73,0	9,9	61,5	20,8	51,5
		Правое	24,1	3,4	8,0	64,0	9,05	52,5	18,5	42,5
ЯМЗ-238	65Г	Левое	35,6	4,5	7,0	73,0	9,9	61,5	20,8	51,5
		Правое	24,1	3,4	8,0	64,0	9,05	52,5	18,5	42,5
ЯМЗ-240	65Г	Левое	35,6	4,5	7,0	73,0	9,9	61,5	20,8	51,5
		Правое	24,1	3,4	8,0	64,0	9,05	52,5	18,5	42,5
Д-12А	ХВА	»	40,3	3,5	7,0	65,0	16	35,0	10,3	22,0
		Левое	30,8	3,0	8,0	61,6	14	31,6	8,3	18,6
Д-12-525	ХВА	Правое	40,3	3,5	7,0	65,0	16	35,0	10,3	22,0
		Левое	30,8	3,0	8,0	61,6	14	31,6	8,3	18,6
УД-1	50ХФВА	Правое	28,4	3,5	8,0	48,5	12,0	38,5	24,0	28,5
УНД-5	50ХФВА	»	20,4	3,5	6	39,5	1,5 1,0	33,5	35,5 31,5	26,0
УД-2	50ХФВА	»	28,4	3,5	8,0	48,5	12,0	38,5	24,0	28,5

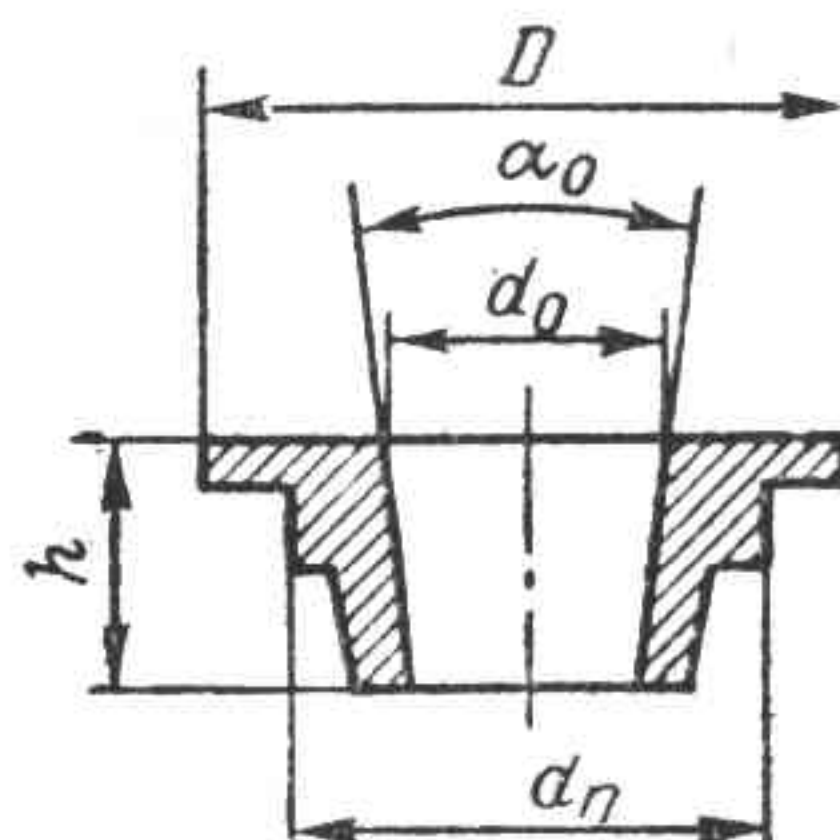
Продолжение табл. 39

Марка двигателя	Марка стали	Направление навивки	Диаметры в мм		Полное число витков	Длина в свободном состоянии l_0 в мм	Усилия при длинах пружин			
			пружины внутренний d_0	провода δ			P_1 в кг	l_1 в мм	P_2 в кг	l_2 в мм
УНД-7	50ХФВА	Правое	20,4	3,5	6	39,5	1,5 1,0	33,5	35,5 31,5	26,0
УНД-10	50ХФВА	»	20,4	3,5	6	39,5	1,5 1,0	33,5	35,5 31,5	26,0

Примечание. В числителе дробей — данные для наружной пружины, в знаменателе — для внутренней.

ТАБЛИЦА 40

Тарелки крепления пружины клапана



Марка двигателя	Тип тарелки	Диаметры в мм			Угол конуса α_0 в град	Высота h в мм	Марка стали
		наружный D	фиксация пружины d_n	внутренний d_0			
МЗМА-400	Под сухарь	31,0	28,0	8,0	12,0	12,5	08
МЗМА-407	» »	31,0	28,0	10,0	12,0	12,5	08
МеМЗ-965	» »	28,0	23,0	8,0	12,0	10,5	20
М-20	» »	28,5	21,0 20,86	13,0	14,25	10,5	A12
М-21	» »	34,5	—	19,8	14,25	27,0	08кп
ГАЗ-12	» »	28,5	21,0 20,86	13,0	14,25	10,5	A12

Продолжение табл. 40

Марка двигателя	Тип тарелки	Диаметры в мм			Угол конуса α_0 в град	Высота h в мм	Марка стали
		наруж- ный D	фиксация пружины d_n	внутрен- ний d_0			
ГАЗ-13	Под сухарь	34,5	—	19,8	14,25	27,0	08кп
ЗИЛ-110	» »	33,0	23,5 23,36	12,6	14,25	11,0	A12
ЗИЛ-111	» »	38,0	29,0 28,72	13,5	30,0	10,0	20
ЗИЛ-120	» »	29,0	27,75	13,0	14,25	14,0	A12
ГАЗ-51	» »	28,5	21,0 20,86	13,0	14,25	10,5	A12
ГАЗ-66	» »	34,5	—	19,8	14,25	27,0	08кп
ГАЗ-41	» »	34,5	—	19,8	14,25	27,0	08кп
Урал-5М	» »	29,0	23,0	13,0	14,25	14,0	A12
ЗИЛ-130	» »	38,0	29,0 28,72	13,5	30,0	10,0	20
ЗИЛ-375	» »	38,0	29,0 28,72	13,5	30,0	10,0	20
Д-16	» »	30,0 29,82	22,86 22,58	13,5 12,95	14,25	10,5	40
Д-20	» »	37,5 37,16	31,0	16,5 15,5	11,23	11,0	40
Д-30	» »	30,0 29,86	22,86 22,58	13,05 12,95	14,25	10,5	40
Д-35	» »	37,0	29,5	15,7	11,33	10,0	40
Д-37	» »	30,0 29,86	22,86 22,58	13,05 12,95	14,25	10,5	40
Д-48	» »	38,0	29,5	15,9 15,8	11,3	10,0	40
Д-54	» »	38,0	31,0	16,05 15,95	11,43	11,0	45
СМД-7	» »	40,0 39,5	30,5 30,16	16,1 16,0	11,24	10,0	45
Д-75	» »	37,5 37,16	31,0	16,5 15,5	11,23	11,0	40

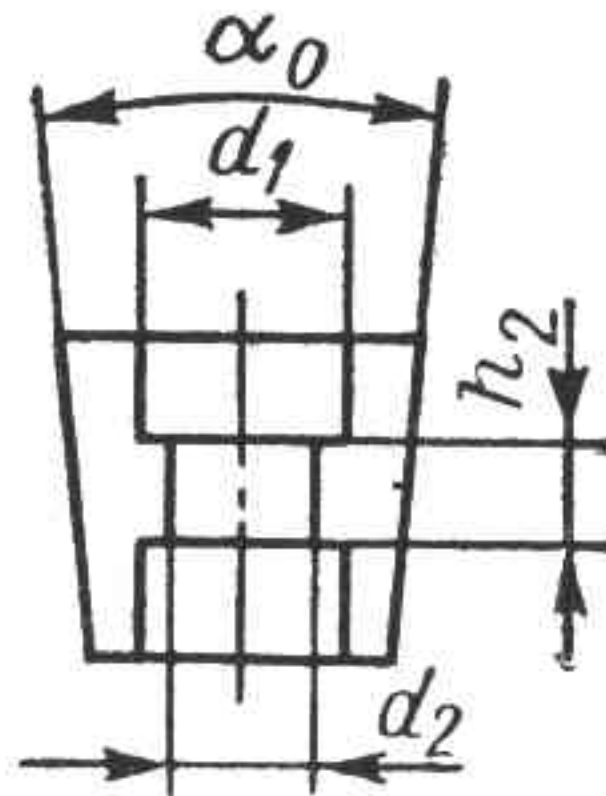
Продолжение табл. 40

Марка двигателя	Тип тарелки	Диаметры в мм			Угол конуса α_0 в град	Высота h в мм	Марка стали
		наружный D	фиксация пружины d_n	внутренний d_0			
СМД-14	Под сухарь	40,0 39,5	30,5 30,16	16,1 16,0	11,24	10,0	45
КДМ-46	» »	47,0	$\frac{34,0}{21,0}$	17,0	11,43	17,0	45
6КДМ-50	» »	47,0	$\frac{34,0}{21,0}$	17,0	11,43	17,0	45
ЯАЗ-204	» »	29,0	18,5	13,0	14,5	13,0	A12
ЯАЗ-206	» »	29,0	18,5	13,0	14,5	13,0	A12
Д-6	С резьбой и шлицами	56,0	—	—	—	56,0	12ХНЗА
ЯМЗ-236	Под сухарь	45,0	35,0	13,0	14,5	13,0	20
ЯМЗ-238	» »	45,0	35,0	13,0	14,5	13,0	20
ЯМЗ-240	» »	45,0	35,0	13,0	14,5	13,0	20
Д-12-А	С резьбой и шлицами	56,0	—	—	—	56,0	12ХНЗА
Д-12-525	То же	56,0	—	—	—	56,0	12ХНЗА
УД-1	Под сухарь	31,0	28,0	10,0	12,0	10,5	08
УНД-5	» »	28,0	23,0	8,0	12,0	10,5	08
УД-2	» »	31,0	28,0	10,0	12,0	10,5	08
УНД-7	» »	28,0	23,0	8,0	12,0	10,5	08
УНД-10	» »	28,0	23,0	8,0	12,0	10,5	08

Примечание. В числителе дробей — диаметр для наружной пружины, в знаменателе — для внутренней.

ТАБЛИЦА 41

*Сухари крепления пружины,
дополнительные детали комплекта*



Марка двигателя	Марка стали	Внутренние диаметры в мм		Уклон или угол конуса α_0	Высота пояса h_2 в мм	Ширина пояса в мм	Дополнительные детали клапанного комплекта
		d_1	d_2				
МЗМА-400	20	7,05 7,0	—	12,0	6,5	—	Обойма
МЗМА-407	A12	7,05 7,0	—	12,0	6,5	—	—
МеМЗ-965	A12	7,0	5,0	12,0	5,0	—	—
М-20	08	8,965 8,915	8,3 8,2	14,25	9,5	3,775 3,725	—
М-21	08	9,3 9,1	8,3 8,2	14,25	9,5	2,3 2,2	Втулка
ГАЗ-12	08	8,965 8,915	8,3 8,2	14,25	9,5	3,775 3,725	—
ГАЗ-13	08	9,3 9,1	8,3 8,2	14,25	9,5	2,3 2,2	Втулка
ЗИЛ-110	10	8,965 8,915	8,33 8,23	14,25	9,5	2,3 2,2	Шайба
ЗИЛ-111	08	11,3 11,1	9,8 9,3	14,25	12,7	5,25 4,75	—
ЗИЛ-120	10	—	—	14,25	12,7	—	—
ГАЗ-51	08	8,965 8,915	8,3 8,2	14,25	9,5	3,775 3,725	—
ГАЗ-66	08	9,3 9,1	8,3 8,2	14,25	9,5	2,3 2,2	Втулка
ГАЗ-41	08	9,3 9,1	8,3 8,2	14,25	9,5	2,3 2,2	»
Урал-5М	08	—	—	14,25	12,7	—	—

Продолжение табл. 41

Марка двигателя	Марка стали	Внутренние диаметры в мм		Уклон или угол конуса α_0	Высота пояса h_2 в мм	Ширина пояса в мм	Дополнительные детали клапанного комплекта
		d_1	d_2				
ЗИЛ-130	08	11,3 11,1	9,8 9,3	14,25	12,7	5,25 4,75	—
ЗИЛ-375	08	11,3 11,1	9,8 9,3	14,25	12,7	5,25 4,75	—
Д-16	08	9,3 9,1	8,3 8,2	14,25	9,5 9,3	3,75	—
Д-20	08	12,15 12,05	—	11,23	12,15	—	—
Д-30	08	9,3 9,1	8,3 8,2	14,25	9,5 9,3	3,75	—
Д-35	40X	8,1 8,0	—	11,33	12,0	—	—
Д-37	08	9,3 9,1	8,3 8,2	14,25	9,5 9,3	3,75	—
Д-48	08	10,9 10,8	—	11,24	10,0	—	—
Д-54	45	12,15 12,05	—	11,43	12,0	—	—
СМД-7	08	10,88 10,76	—	11,24	10,0	—	—
Д-75	08	12,15 12,05	—	11,23	12,15	—	—
СМД-14	08	11,3 11,1	10,2	11,24	11,0	2,3 2,2	—
КДМ-46	20	—	—	11,43	14,0	—	Стакан
6КДМ-50	20	—	—	11,43	14,0	—	»
ЯАЗ-204	A12	8,4	7,8	14,5	9,5	5,9	Шайба
ЯАЗ-206	A12	8,4	7,8	14,5	9,5	5,9	»
ЯМЗ-236	08	12,4 12,2	11,05 10,95	14,5	10,0	2,8 2,7	—
ЯМЗ-238	08	12,4 12,2	11,05 10,95	14,5	10,0	2,8 2,7	—
ЯМЗ-240	08	12,4 12,2	11,05 10,95	14,5	10,0	2,8 2,7	—

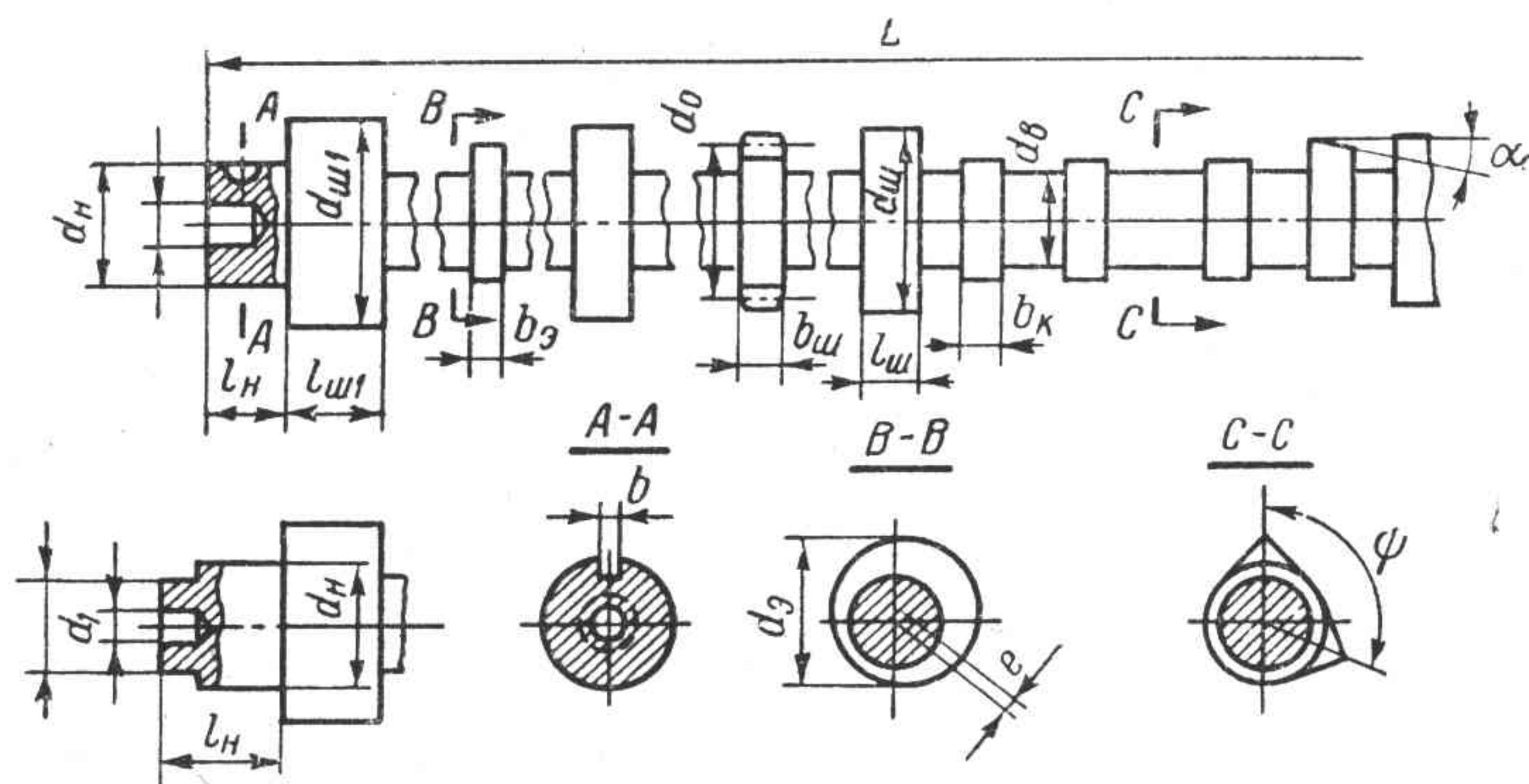
Продолжение табл. 41

Марка двигателя	Марка стали	Внутренние диаметры в мм		Уклон или угол конуса α_0	Высота пояса h_2 в мм	Ширина пояса в мм	Дополнительные детали клапанного комплекта
		d_1	d_2				
Д-12А, Д-6	—	—	—	—	—	—	Шайба
Д-12-525	—	—	—	—	—	—	»
УД-1	08	5,0	5,0	12,0	7,5	—	—
УНД-5	08	7,0	5,0	12,0	6,5	—	—
УД-2	08	5,0	5,0	12,0	7,5	—	—
УНД-7	08	7,0	5,0	12,0	6,5	—	—
УНД-10	08	7,0	5,0	12,0	6,5	—	—

§ 22. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ВАЛЫ

ТАБЛИЦА 42

Опорные шейки вала



Марка двигателя	Марка стали вала	Диаметр вала d_0 в мм	Полная длина L в мм	Число опорных шеек	Диаметр шейки в мм			Длина шейки в мм		
					передней $d_{ш1}$	задней	промежуточных $d_{ш2}$	передней $l_{ш1}$	задней	промежуточных $l_{ш2}$
МЗМА-400	40	23,5	462,25	3	46,763	41,213	45,171	50,0	30,5	49,0
		23,0	460,75		46,750	41,2	45,158	49,5		
МЗМА-407	40	23,5	459,0	3	46,81	41,239	45,197	50,0	30,5	13,0
		23,0			46,735	41,215	45,173	49,5		

Продолжение табл. 42

Марка двигателя	Марка стали вала	Диаметр вала d_6 в мм	Полная длина L в мм	Число опорных шеек	Диаметр шейки в мм			Длина шейки в мм		
					передней $d_{ш1}$	задней	промежуточных $d_{ш}$	передней $l_{ш1}$	задней	промежуточных $l_{ш}$
МеМЗ-965	40	24,5	274,0	2	37,0	36,5	—	28,0	33,0	—
М-20	40	27,0	483,5	4	52,0 51,983	48,0 47,983	51,0 50,98	28,0	20,0	20,0
М-21	40	27,5 26,5	483,5	4	52,0 51,983	48,0 47,983	51,0 50,98	28,0	20,0	20,0
ГАЗ-12	40	27,0	635,5	4	52,0 51,983	48,0 47,983	51,0 50,98	28,0	20,0	20,0
ГАЗ-13	40	27,5 26,5	602,0	5	50,0 49,983	50,0 49,983	50,0 49,983	25,0	22,0	22,0
ЗИЛ-110	45	28,0	934,0	8	51,0 50,98	47,5 47,483	50,5	26,0	26,0	22,0
ЗИЛ-111	15X	31,0 29,0	669,0	5	51,0 50,98	47,0 46,983	48,0	33,0	23,0	23,0
ЗИЛ-120	45	31,0	832,0	4	53,95 53,93	53,95 53,93	53,95 53,93	39,0	33,0	23,0
ГАЗ-51	40	27,0	635,0	4	52,0 51,98	48,0 47,983	51,0 50,983	28,0	22,0	20,0
ГАЗ-66	40	27,5 26,5	602,0	5	50,0 49,983	50,0 49,983	50,0 49,983	25,0	22,0	22,0
ГАЗ-41	40	27,5 26,5	602,0	5	50,0 49,983	50,0 49,983	50,0 49,983	25,0	22,0	22,0
Урал-5М	20	31,0	836,5 836,0	4	53,9 53,875	53,9 53,875	53,9 53,875	34,9	34,9	25,4
ЗИЛ-130	СПЧ	31,0 29,0	669,0	5	51,0 49,98	45,0 44,983	51,0 49,983	33,0	24,0	24,0
ЗИЛ-375	СПЧ	31,0 29,0	669,0	5	51,0 49,98	45,0 44,983	51,0 49,983	33,0	24,0	24,0
Д-16	45	31,5 29,5	335,0	2	25,017 25,002	20,017 20,002	—	14,0 13,57	11,0	—
Д-20	45	25,5 24,5	258,0	2	30,017 30,002	24,0 23,48	—	12,0	11,0	—
Д-30	45	29,5 27,5	615,0	3	50,945 50,895	46,95 46,815	49,95 49,815	30,52 29,48	26,52 25,48	21,5 19,5

Продолжение табл. 42

Марка двигателя	Марка стали вала	Диаметр вала d_6 в мм	Полная длина L в мм	Число опорных шеек	Диаметр шейки в мм			Длина шейки в мм		
					передней $d_{ш1}$	задней	промежуточных $d_{ш3}$	передней $l_{ш1}$	задней	промежуточных $l_{ш3}$
Д-35	20	32,0	677,0	3	49,95 49,915	49,95 49,915	49,95 49,915	51,0	44,0	44,0
Д-37	45	29,5 27,5	633,0	3	50,945 50,895	46,95 46,815	49,95 49,815	30,52 29,48	26,52 25,48	21,5 19,5
Д-48	45	31,0 29,0	677,0	3	57,935 57,895	—	—	52,0 50,0	45,5 42,5	41,0
Д-54	20	32,0 31,38	853,0	3	57,935 57,895	37,95 37,915	55,935 55,895	72,0	62,0	70,0
СМД-7	08	30,0 28,0	718,0	3	55,012 55,032	48,025 48,05	52,03 52,06	51,0 49,0	42,0 40,0	54,0 52,0
Д-75	20	32,0	863,0	3	57,935 57,895	37,95 37,915	55,935 55,915	72,0	62,0	70,0
СМД-14	08	30,0 28,0	718,0	3	55,012 55,032	48,05 48,085	52,03 52,06	51,0 49,0	43,0 40,0	54,0 52,0
КДМ-46	20Г	38,5 37,5	1207	3	67,935 67,895	67,905 67,855	67,935 67,895	95,0	70,0	140,0
6КДМ-30	20Г	38,5 37,5	1805	4	67,935 67,895	67,905 67,855	67,935 67,895	95,0	70,0	140,0
ЯАЗ-204	15НМ	36,0	778,5 777,5	5	37,965 37,95	37,965 37,95	37,965 37,95	73,0	73,0	38,0
ЯАЗ-206	15НМ	36,0	1167,5	7	37,965 37,95	37,965 37,95	37,965 37,95	73,0	73,0	38,0
Д-6	—	30,0 29,72	1142,0	7	30,0 29,72	30,0 29,72	30,0 29,72	37,0	44,0	38,0
ЯМЗ-236	45	33,0	675,0	4	53,945 53,9	53,945 53,9	53,945 53,9	39,0	32,0	32,0
ЯМЗ-238	45	33,0	—	5	53,945 53,9	53,945 53,9	53,945 53,9	39,0	32,0	32,0
ЯМЗ-240	45	33,0	—	—	53,945 53,9	53,945 53,9	53,945 53,9	39,0	32,0	32,0
Д-12А	—	30,0 29,72	1142,0	7	30,0 29,72	30,0 29,72	30,0 29,72	37,0	44,0	38,0
Д-12-525	—	30,0 29,72	1142,0	7	30,0 29,72	30,0 29,72	30,0 29,72	37,0	44,0	38,0
УД-1	40	32,0	187,0	2	16,0	16,0	—	—	12,0	—
УНД-5	40	27,8	103,0	2	19,0	19,0	—	48,0	48,0	—
УД-2	40	32,0	303,0	2	16,0	16,0	—	—	12,0	—
УНД-7	40	27,8	207,0	2	16,0	16,0	—	32,0	32,0	—
УНД-10	40	27,8	207,0	2	16,0	16,0	—	32,0	32,0	—

ТАБЛИЦА 43

Кулачки и носки распределительных валов
(см. рисунок к табл. 42)

Марка двигателя	Кулачки			Носок					
	Ширина b_k в мм	Угол ϕ между разноименными кулачками в град	Конусность α в град	Форма носка	Диаметр d_n в мм	Длина l_n в мм	Резьба	Сверление d_1 в мм	Под шпонку b в мм
МЗМА-400	11,5	109,0	0,33 0,5	Без уступа	22,239 22,213	27,0	—	—	4,775 4,725
МЗМА-407	13,0	108,0	0,33	То же	22,19 22,175	24,5	M10×1,0	—	4,77 4,72
МеМЗ-965	9,0	108,0	0,33	С фланцем	72,0	9,0	—	Вал полый	—
М-20	16,0	109,0	0,208 0,125	Без уступа	28,035 28,015	30,0	M12×1,25	—	4,985 4,945
М-21	16,0	109,0	0,208 0,125	То же	28,017 28,002	30,0	M12×1,25	—	5,055 5,015
ГАЗ-12	16,0	109,0	0,208 0,125	»	28,035 28,015	30,0	M12×1,25	—	4,985 4,945
ГАЗ-13	12,0	107,0	0,167	»	28,017 28,002	39,0	M12×1,25	—	5,055 5,015
ЗИЛ-110	17,0	111,25	0,133 0,097	С уступом	30,0 29,97	—	M24×2,0	—	4,985 4,945
ЗИЛ-111	15,0	108,0	0,1	Без уступа	30,036 29,985	50,0	M30×2,0	10,05	5,99 5,94
ЗИЛ-120	22,0	113,5	—	С уступом	30,036 30,015	—	M30×2	10,0	5,99 5,945
ГАЗ-51	16,0	109,0	0,208 0,125	Без уступа	28,035 28,015	30,0	M12×1,25	—	4,985 4,945
ГАЗ-66	12,0	107,0	0,167	То же	28,017 28,002	39,0	M12×1,25	—	5,055 5,015
ГАЗ-41	12,0	107,0	0,167	»	28,017 28,002	39,0	M12×1,25	—	5,055 5,015

Продолжение табл. 43

Марка двигателя	Кулачки			Носок					
	Ширина b_K в мм	Угол ψ между разноименными кулачками в град	Конусность α в град	Форма носка	Диаметр d_H в мм	Длина l_H в мм	Резьба	Сверление d_1 в мм	Под шпонку b в мм
Урал-5М	22,2	112,5	—	С уступом	31,775 31,75	48,0 47,5	M24×1,5	11,6	6,4 6,32
Д-54	22,0	110,0	—	Фланец	100,0	40,5	—	16,035 16,0	—
СМД-7	26,0 24,5	110,5	—	»	54,988 54,978	40,0	—	16,0	—
Д-75	22,0	110,0	—	»	100,0	40,5	—	16,035 16,0	—
СМД-14	26,0 24,5	110,5	—	»	54,988 54,978	40,0	—	16,0	—
КДМ-46	28,0	102,5 100,5	—	С уступом	45,035 45,018	70,0	M30×2	—	9,985 9,945
6КДМ-50	28,0	102,5 100,5	—	То же	45,035 45,018	70,0	M30×2	—	9,985 9,945
ЯАЗ-204	19,0	—	—	»	30,042 30,028	46,0	M27×2	—	5,985 5,945
ЗИЛ-130	15,0	108,0	0,1	Без уступа	30,036 29,985	49,0	M30×2,0	10,0	5,99 5,75
ЗИЛ-375	15,0	108,0	0,1	То же	30,036 29,985	49,0	M30×2,0	10,0	5,99 5,75
Д-16	21,5 19,5	102,0	—	С уступом	24,007 23,993	41,0	M20×1,5	—	4,99 4,845
Д-20	25,5 23,5	108,0	—	Без уступа	24,0	18,0	M24×1,5	—	—
Д-30	21,5 19,5	102,0	—	То же	20,023 20,002	17,2 16,8	—	8,0	—
Д-35	24	110,0	0,167 0,125	»	32,035 32,018	39,0	M12×1,25	—	5,985 5,945

Марка двигателя	Кулачки			Носок					
	Ширина b_k в мм	Угол φ между разноименными кулачками в град	Конусность α в град	Форма носка	Диаметр d_n в мм	Длина l_n в мм	Резьба	Сверление d_1 в мм	Под шпонку b в мм
Д-37	19,5	102,0	—	Без уступа	20,023 20,002	43,0	M20×2,0	—	5,67 5,0
Д-48	24,0	110,5	—	»	32,035 32,018	39,0	—	15,0	5,985 5,945
ЯАЗ-206	19,0	—	—	С уступом	30,042 30,028	46,0	M27×2	—	5,985 5,945
Д-6	16,0 15,76	—	—	Под шестерню	34,0	—	—	—	Шлицы
ЯМЗ-236	18,0	108,5	—	Без уступа	30,042 30,028	31,0	M12×1,25	—	5,99 5,945
ЯМЗ-238	18,0	108,5	—	То же	30,042 30,028	31,0	M12×1,25	—	5,99 5,945
ЯМЗ-240	18,0	108,5	—	»	30,042 30,028	31,0	M12×1,25	—	5,99 5,945
Д-12А	16,0 15,76	—	—	Под шестерню	34,0	—	—	—	Шлицы
Д-12-525	16,0 15,76	—	—	То же	34,0	—	—	—	То же
УД-1	14,0	100,0	0,33 0,5	Без уступа	17,0	42,0	M12×1,25	—	4,77 4,72
УНД-5	10,0	107,5	0,33	То же	30,0	16,0	—	17,0	—
УД-2	14,0	100,0	0,33	»	17,0	42,0	M12×1,25	—	4,77 4,72
УНД-7	10,0	107,5	0,33	»	30,0	16,0	—	17,0	—
УНД-10	10,0	107,5	0,33	»	30,0	16,0	—	17,0	—

ТАБЛИЦА 44

Привод вспомогательных агрегатов
(см. рисунок к табл. 42)

Марка двигателя	Шестерня масляного насоса						Эксцентрик			
	Расположение	Число зубьев	Модуль по нормам	Диаметр d_0 в мм	Ширина $b_{ш}$ в мм	Направление винтовой линии	Расположение между кулачками	Эксцентриситет e в мм	Диаметр $d_э$ в мм	Ширина $b_э$ в мм
МЗМА-400	Посередине	13	1,587	41,048	23,0	Левое	2—3	3,251 3,099	35,25 37,75	12,1 11,9
МЗМА-407	Две посередине	13; 9	1,5; 1,25	41,048; 36,902	23; 12	» Правое	2—3	3,2	38,25 37,75	12,0
М-20	Посередине	10	2,0	42,33	12,0	Левое	2—3	3,28 3,12	36,0 35,83	12,0
М-21	То же	10	2,0	42,33	12,0	»	2—3	3,28 3,12	36,0 35,83	12,0
ГАЗ-12	»	10	—	42,33	12,0	Правое	2—3	3,28 3,12	38,0 37,83	12,0
ГАЗ-13	Заднее	16,0	2,0	49,65	12,0	»	Переднее	3,2	36,0 35,83	12,0
ЗИЛ-110	Посередине	17	1,587	38,165	13,0	»	3—4	4,08 4,0	40,0 39,83	16,0
ЗИЛ-111	Заднее	12	2,25	38,184	18,0	»	Переднее	3,38 3,22	43,0 42,83	10,0
ЗИЛ-120	Посередине	11	2,25	49,01	19,0	»	9—10	4,0	42,0 41,66	13,0
ГАЗ-51	То же	10	—	42,33	12,0	»	2—3	3,28 3,12	38,0 37,83	12,0
ГАЗ-66	Заднее	16	2,0	49,65	12,0	»	Переднее	3,2	36,0 35,83	12,0
ГАЗ-41	»	16	2,0	49,65	12,0	»	»	3,2	36,0 35,83	12,0
Урал-5М	Посередине	11	2,25	49,01	19,0	»	10—11	4,0	42,0 41,66	13,0
ЗИЛ-375, ЗИЛ-130	Заднее	12	2,25	38,184	18,0	Левое	Переднее	3,38 3,22	43,0 42,83	10,0
УД-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
УНД-5	—	—	—	—	—	—	1—2	3,2	30,0	8,0

Продолжение табл. 44

Марка двигателя	Шестерня масляного насоса						Эксцентрик			
	Расположение	Число зубьев	Модуль по нормам	Диаметр d_0 в мм	Ширина $b_{ш}$ в мм	Направление винтовой линии	Расположение между кулачками	Эксцентриситет e в мм	Диаметр $d_э$ в мм	Ширина $b_э$ в мм
УД-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
УНД-7	—	—	—	—	—	—	1—2	3,2	30,0	8,0
УНД-10	—	—	—	—	—	—	1—2	3,2	30,0	8,0

ТАБЛИЦА 45

Фазы газораспределения

Марка двигателя	Впуск			Выпуск			Угол перекрытия в в. м. т.	Профиль кулачка
	Начало до в. м. т.	Конец после н. м. т.	Продолжительность	Начало до н. м. т.	Конец после в. м. т.	Продолжительность		
МЗМА-400	10	45	235	45	10	235	20	Выпуклый
МЗМА-407	21	55	256	57	19	256	40	»
МеМЗ-965	10	46	236	46	10	236	20	»
М-20	9	51	240	47	13	240	22	»
М-21	9	51	240	47	13	240	22	»
ГАЗ-12	9	51	240	47	13	240	22	»
ГАЗ-13	24	64	268	50	22	252	46	»
ЗИЛ-110	28,434	109,566	318	71,066	67,066	318,132	95,5	»
ЗИЛ-111	45	97,5	322,5	81	61,5	322,5	106,5	»
ЗИЛ-120	20	69	269	67	22	269	42	»
ГАЗ-51	9	51	240	47	13	240	22	»
ГАЗ-66	24	64	268	50	22	252	46	»
ГАЗ-41	24	64	268	50	22	252	46	»
Урал-5М	1,87	46,87	225	43,1167	1,87	22,18	3,74	»
ЗИЛ-130	16	71	267	52	35	267	51	»
ЗИЛ-375	20,5	75,5	276	56,5	36,5	273	57	»
Д-16	16	40	236	40	16	236	32	»

Продолжение табл. 4

Марка двигателя	Впуск			Выпуск			Угол перекрытия в в. м. т.	Профиль кулачка
	Начало до в. м. т.	Конец после н. м. т.	Продолжительность	Начало до н. м. т.	Конец после в. м. т.	Продолжительность		
Д-20	10	46	236	46	10	236	20	Выпуклый
Д-30	16	40	236	40	16	236	32	»
Д-35	10	46	236	56	10	246	20	»
Д-37	16	40	236	40	16	236	32	»
Д-48	10	46	236	56	10	246	20	»
Д-54	8	22	210	46	14	240	22	»
СМД-7	10	46	236	56	10	246	22	»
Д-75	8	22	210	46	14	240	22	»
СМД-14	10	46	236	56	10	246	20	»
КДМ-46	14	32	226	54	26	260	40	Выпуклый из трех дуг
6КДМ-50	14	32	226	54	26	260	40	То же
ЯАЗ-204	—	—	—	85	54	139	—	Выпуклый
ЯАЗ-206	—	—	—	85	54	139	—	»
Д-6	20	48	248	48	20	248	40	Тангенциальный
ЯМЗ-236	20	56	256	56	20	256	40	Выпуклый
ЯМЗ-238	20	56	256	56	20	256	40	»
ЯМЗ-240	20	56	256	56	20	256	40	»
Д-12А	20	48	248	48	20	248	40	Тангенциальный
Д-12-525	20	48	248	48	20	248	40	То же
УД-1	30	58	268	38	50	268	68	Выпуклый
УНД-5	10	45	235	45	10	235	20	»
УД-2	30	58	268	38	50	268	68	»
УНД-7	10	45	235	45	10	235	20	»
УНД-10	13	39	224	50	6	236	19	»

ТАБЛИЦА 46

Профиль кулачков распределительных валов

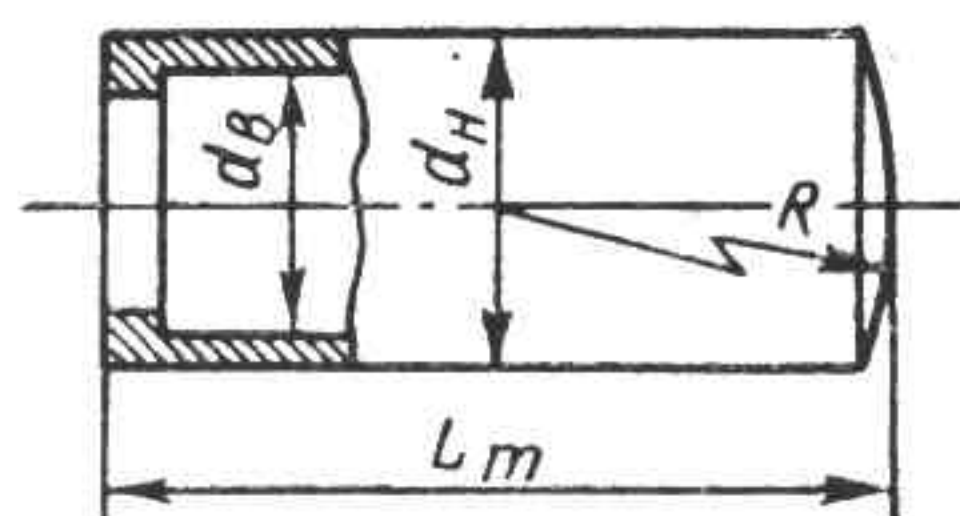
Марка двигателя	Радиусы в мм						Угол переходного участка в град	Наибольший подъем		$R+h$ в мм	Зазор в мм
	начальной окружности	затылка кулачка	вершины	ρ	ρ_1	наибольшего подъема клапана		толкателя	клапана		
МЗМА-400	15,0871	14,828	1,727	103,985	—	21,828	25,5	7,28	7,28	21,828	0,259 0,29
МЗМА-407	15,0871	14,84	1,7	103,9	—	21,825	25,5	—	—	21,82	0,25 0,3
МеМЗ-965	15,2	14,88	2,9	65,4	—	—	—	—	—	—	0,15
М-20	15,232	14,884	2,9	65,4	—	24,422	30,0	8,675	8,675	22,452	0,35
М-21	15,232	14,884	2,9	65,4	—	24,42	44,0	6,25	9,53	19,68	0,34
ГАЗ-12	15,232	14,884	2,9	65,4	—	24,422	30,0	8,675	8,675	22,452	0,35
ГАЗ-13	15,232	15,0	2,9	65,4	—	21,24	37,0	6,25	8,57	19,68	0,34
ЗИЛ-110	15,125	15,125	—	—	—	23,8	—	8,675	8,675	—	—
ЗИЛ-111	16,5	16,18	1,6	106,5	39,6	23,2	16,0	6,6	9,8	21,6	0,44
ЗИЛ-120	16,5	16,8	1,6	106,3	39,6	26,6	19,15	10,42	10,42	26,6	0,32
ГАЗ-51	15,232	14,884	2,9	65,4	—	24,422	30,0	8,675	8,675	22,452	0,35
ГАЗ-66	15,232	15,0	2,9	65,4	—	21,24	37,0	6,25	8,57	19,68	0,34
ГАЗ-41	15,232	15,0	2,9	65,4	—	21,24	37,0	6,25	8,57	19,68	0,34
Урал-5М	16,76	16,51	0,99	113,8	—	25,9	20,0	9,39	9,39	25,91	0,25
ЗИЛ-130	16,5	16,18	1,6	106,5	39,6	23,2	16,0	6,6	9,8	21,6	0,44
ЗИЛ-375	16,5	16,18	1,6	106,5	39,6	23,2	16,0	6,6	9,8	21,6	0,44
Д-16	17,0	16,82	2,4	67,492	—	24,5	20,0	7,68	10,1	24,68	0,25 0,3
Д-20	14,75	14,75	5,5	98,142	—	21,82	20,0	7,07	10,7	21,82	0,3

Д-30	17,0	16,82	2,4	67,492	—	24,2	20,0	7,38	9,7	24,38	0,30 0,35
Д-35	17,0	16,82	2,4	67,429	—	24,5	20,0	7,5	12,0	24,5	0,18
Д-37	17,0	16,8	2,4	67,492	—	24,2	20,0	7,38	9,7	24,38	0,35
Д-48	17,0	16,82	2,4	67,492	—	24,5	20,0	7,68	12,4	24,68	0,25 0,35
Д-54	17,69	17,46	4,12	124,98	—	24,58	16,0	7,12	11,6	24,62	0,23
СМД-7	17,0	16,82	2,4	67,492	—	24,5	24,0	7,68	12,6	24,68	0,3 0,35
Д-75	17,69	17,46	4,12	124,98	—	24,58	16,0	7,12	11,6	24,62	0,23
СМД-14	18,0	17,7	2,4	—	—	35,5	27,0	7,8	12,9	25,8	0,4 0,45
КДМ-46	21,8	21,5	3,5	59,1	36,6	29,6	8,5	8,1	11,14	29,6	0,3
6КДМ-50	21,8	21,5	3,5	59,1	36,6	29,6	8,5	8,1	11,14	29,6	0,3
ЯАЗ-204	19,4	19,1	14,02	150,0	17,0	27,04	20,5	7,94	9,8	27,34	0,3
ЯАЗ-206	19,4	19,1	14,02	150,0	17,0	27,04	20,5	7,94	9,8	27,34	0,3
Д-6	20,0	17,66	4,5	—	—	30,66	—	—	13,0	33,0	—
ЯМЗ-236	35,45	34,4	11,5	150,0	—	34,0	22,0	4,25	7,8	38,15	0,3
ЯМЗ-238	35,45	34,4	11,5	150,0	—	34,0	22,0	4,25	7,8	38,15	0,3
ЯМЗ-240	35,45	34,4	11,5	150,0	—	34,0	22,0	4,25	7,8	38,15	0,3
Д-12А	20,0	17,66	4,5	—	—	30,66	—	—	13,0	33,0	—
Д-12-525	20,0	17,66	4,5	—	—	30,66	—	—	13,0	33,0	—
УД-1	13,0	12,0	1,7	53,5	—	21,8	20,0	7,5	7,5	21,8	0,2
УНД-5	15,2	14,8	2,9	53,5	—	—	20,0	—	—	—	0,15
УД-2	13,0	12,0	1,7	53,5	—	21,8	20,0	7,5	7,5	21,8	0,2
УНД-7	15,2	14,8	2,9	53,5	—	—	20,0	—	—	—	0,15
УНД-10	15,2	14,8	2,9	53,5	—	—	20,0	—	—	—	0,15

§ 23. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ДЕТАЛИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

ТАБЛИЦА 47

Толкатели и их направляющие

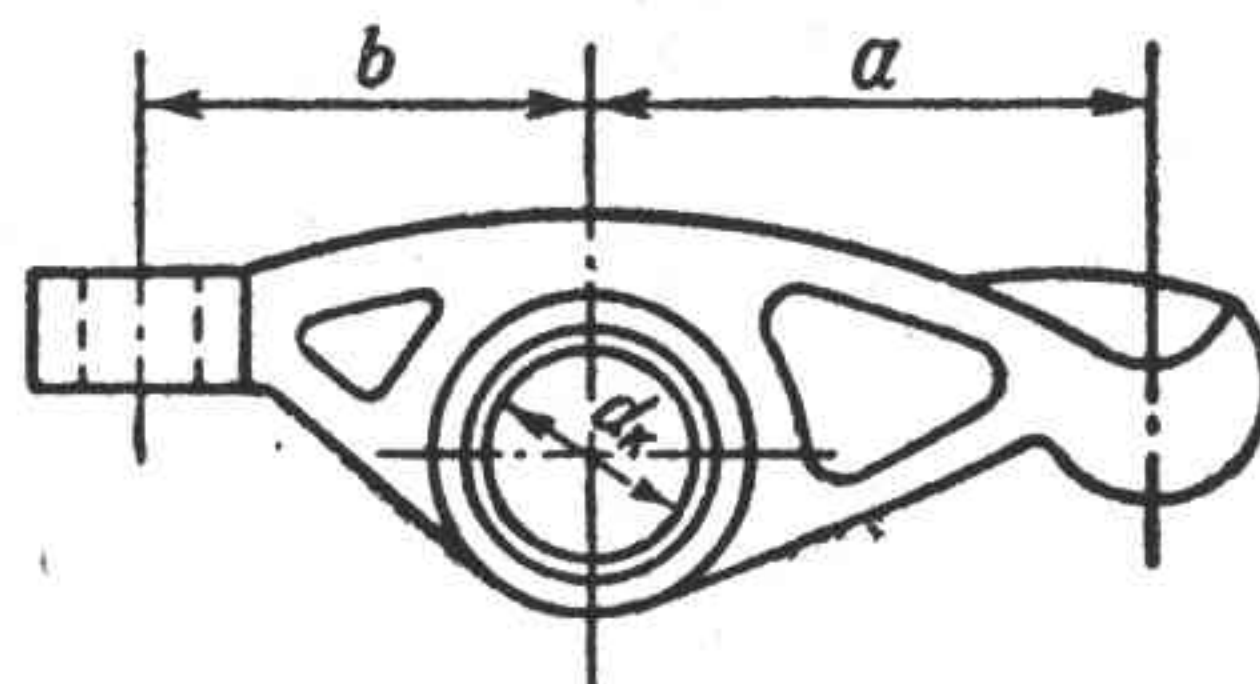


Марка двигателя	Толкатели						Направляющие толкателей		
	Материал	Тип толкателя	Диаметры в мм		R в мм	L _m в мм	Тип	Материал	Рабочая длина в мм
			d _н	d _в					
МЗМА-400	СПЧ	Цилиндр	22,227 22,214	10,0	—	50,0 49,0	В блоке	—	32,0
МЗМА-407	Сталь 35	»	22,225 22,205	19,0	300,0	50,0 49,0	» »	—	51,0
МеМЗ-965	Сталь 35	Цилиндр	18,0	14,0	300,0	50,0	В блоке	—	51,0
М-20	Сталь 35	Тарель- чатый	32,0 31,66	9,0	750,0	62,0 61,6	» »	—	34,5 33,0
М-21	Сталь 35	Цилиндр	24,992 24,978	20,5	750,0	56,0	» »	—	—
ГАЗ-12	Сталь 35	Тарель- чатый	32,0 31,66	9,0	750,0	62,0 61,6	» »	—	34,4 33,0
ГАЗ-13	Сталь 35	Цилиндр	24,992 24,978	20,5	750,0	56,0	» »	—	—
ЗИЛ-110	Сталь А12	»	17,994 17,982	11,01 11,0075	850,0	58,905 58,805	» »	—	38,0

ЗИЛ-111	СПЧ	»	24,992 24,978	21,0	750,0	55,0	» »	—	—
ЗИЛ-120	Сталь 15Х	Тарель- чатый	37,0	9,0	750,0	62,0 61,6	Обойма	СЧ 15-23	35,0
ГАЗ-51	Сталь 35	То же	32,0 31,66	9,0	750,0	62,0 61,6	В блоке	—	34,5 33,0
ГАЗ-66	Сталь 35	Цилиндр	24,992 24,982	20,5	750,0	56,0	» »	—	—
ГАЗ-41	Сталь 35	»	24,978 32,0	20,5	750,0	56,0	» »	—	—
Урал-5М	Сталь 15ХФ	Тарель- чатый	31,75 24,992	9,0	—	62,7	Обойма	СЧ 15-32	40,0
ЗИЛ-130	СПЧ	Цилиндр	24,978 24,992	21,0	750,0	55,0	В блоке	—	—
ЗИЛ-375	СПЧ	»	24,978 31,0	21,0	750,0	55,0	» »	—	—
Д-16	Сталь 20Х	Тарель- чатый	30,83 48,0	—	—	50,0 49,66	Втулка	СПЧ	51,0
Д-20	Сталь 20	Цилиндр	31,0	28,0	750,0	59,0	В блоке	—	—
Д-30	Сталь 20Х	Тарель- чатый	30,48 33,99	—	—	50,0 49,48	Втулка	СПЧ	57,0
Д-35	Сталь 45	Цилиндр	33,973	28,28 28,0	750	58,0 57,75	В блоке	—	40,0
Д-37	Сталь 20Х	Тарель- чатый	31,0 30,48	—	—	50,0 49,48	Втулка	СПЧ	57,0
Д-48	Сталь 45	Цилиндр	33,99 33,973	28,3 27,7	—	58,25 57,75	В блоке	—	—
Д-54	СПЧ	Тарель- чатый	46,0	18,0	—	115,0 114,13	Втулка	СЧ 15-32	106
СМД-7	Сталь 20	Цилиндр	33,91 33,973	27	—	68,0 67,8	В блоке	—	—
Д-75	СПЧ	Тарель- чатый	46,0	18,0	—	115,0 114,13	Втулка	СЧ 15-32	106

Марка двигателя	Толкатели						Направляющие толкателей		
	Материал	Тип толкателя	Диаметры в мм		R в мм	L_m в мм	Тип	Материал	Рабочая длина в мм
			d_n	d_v					
СМД-14	Сталь 20	Цилиндр	33,91	27	—	68,0	В блоке	—	—
КДМ-46	СПЧ	Тарельчатый	33,973 46,0	19,0	—	67,8 127,0	Обойма	СЧ 18-36	90,0
6КДМ-50	СПЧ	То же	46,0	19,0	—	127,0	»	СЧ 18-36	90,0
ЯАЗ-204	Сталь 40Х	Цилиндр	26,975 26,955	24,5	Ролик 23,0	63,5	В головке	—	72,0
ЯАЗ-206	Сталь 40Х	»	26,975 26,955	24,5	Ролик 23,0	63,5	То же	—	72,0
ЯМЗ-236	Сталь 40Х	Качающийся	—	—	12,0	62,15 61,85	Оси	Сталь 20	—
ЯМЗ-238	Сталь 40Х	То же	—	—	12,0	62,15 61,85	»	Сталь 20	—
ЯМЗ-240	Сталь 40Х	»	—	—	12,0	62,15 61,85	»	Сталь 20	—
УД-1	Сталь 10	Тарельчатый	16,0	8,0	—	56,0	Втулка	СПЧ	37,0
УНД-5	Сталь 10	То же	10,0	8,0	—	77,0	»	СПЧ	48,0
УД-2	Сталь 10	»	16,0	8,0	—	56,0	»	СПЧ	37,0
УНД-7	Сталь 10	»	10,0	8,0	—	77,0	»	СПЧ	48,0
УНД-10	Сталь 10	»	10,0	8,0	—	77,0	»	СПЧ	48,0

ТАБЛИЦА 48

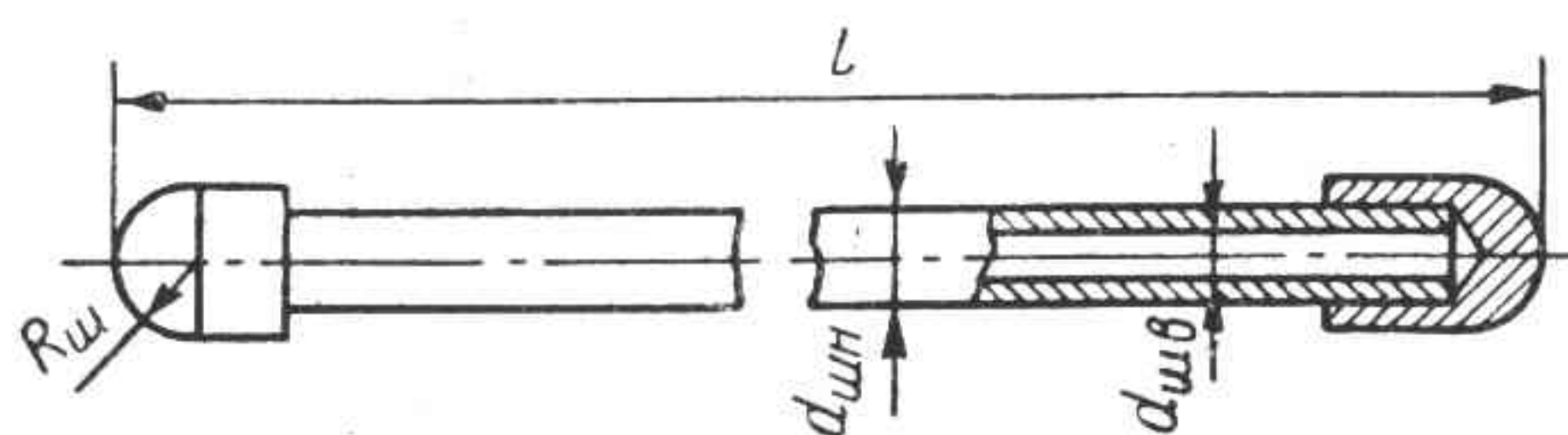
Коромысла и оси коромысел

Марка двигателя	Коромысла					Оси коромысел	
	Марка стали	Плечи в мм		d_k в мм	Ширина в мм	Марка стали	Диаметр в мм
		a	b				
МЗМА-407	20Х	34,35 34,05	23,35 23,05	16,019 16,0	20,0 19,85	20	16,0
МеМЗ-965	20Х	28,5	19,0	16,02 16,0	20,0	20	16,0
М-21	45Л	38,6 38,4	26,0 25,8	22,02 22,007	29,1 28,9	45	22,0 21,986
ГАЗ-13	45Л	44,0	32,5	22,02 22,007	29,1 28,9	45	22,0 21,986
ЗИЛ-111	45	42,3 41,9	28,4 28,0	22,09 22,008	34,0 33,83	45	22,0 21,979
ГАЗ-66	45Л	38,6 38,4	26,0 25,8	22,02 22,007	29,1 28,9	45	22,0 21,986
ГАЗ-41	45Л	44,0	32,5	22,02 22,007	29,1 28,9	45	22,0 21,986
ЗИЛ-130	45	42,3 41,9	28,4 28,0	22,03 22,008	34,0 33,83	45	22,0 21,979
ЗИЛ-375	45	42,3 41,9	28,4 28,0	22,03 22,008	34,0 33,83	45	22,0 21,979
Д-16	55Л	46,2 45,8	35,2 34,8	20,0	22,8 21,5	20	16,0 15,988
Д-20	45	64,0	43,0	30,0	—	20	26,0
Д-30	45Л	46,2 45,8	35,2 34,8	20,0	18,65 17,35	20Х	16,0 15,988
Д-35	45	55,0	34,5	22,03 22,008	11,94 11,82	20	22,0 21,979

Продолжение табл. 48

Марка двигателя	Коромысла					Оси коромысел	
	Марка стали	Плечи в мм		d_k в мм	Ширина в мм	Марка стали	Диаметр в мм
		a	b				
Д-37	45Л	46,2 45,8	35,2 34,8	20,0	18,65 17,35	20Х	16,0 15,988
Д-48	45	56,0	34,5	26,03 26,0	26,3 26,7	20	22,0 21,979
Д-54	45	65,75 65,25	40,25 39,75	30,033 30,0	—	20	29,98 29,96
СМД-7	45Л	56,2 55,8	35,2 34,8	28,033 28,0	24,28 23,72	20Х	24,0 23,979
Д-75	45	65,75 65,25	40,25 39,75	30,033 30,0	—	20	29,98 29,96
СМД-14	45Л	58,0	35,0	28,033 28,0	24,28 23,72	20Х	24,0 23,979
КДМ-46	45	81,03 80,7	55,2 54,8	32,06 32,025	15,0	20Г	31,975 31,95
6КДМ-50	45	81,03 80,7	55,2 54,8	32,06 32,026	15,0	20Г	31,975 31,95
ЯАЗ-204	20	41,6 41,4	33,58 33,42	22,05 22,02	11,0	20	22,0 21,986
ЯАЗ-206	20	41,6 41,4	33,58 33,42	22,05 22,02	11,0	20	22,0 21,986
ЯМЗ-236	45	71,25 70,95	39,8 39,6	27,02 27,0	35,0 34,83	45	25,0 24,986
ЯМЗ-238	45	71,25 70,95	39,8 39,6	27,02 27,0	35,0 34,83	45	25,0 24,986
ЯМЗ-240	45	71,25 70,95	39,8 39,6	27,02 27,0	35,0 34,83	45	25,0 24,986
УНД-5	40Х	30,0	20,0	16,02 16,0	20,0	20	16,0
УНД-7	40Х	30,0	20,0	16,02 16,0	20,0	20	16,0
УНД-10	40Х	30,0	20,0	16,02 16,0	20,0	20	16,0

ТАБЛИЦА 49

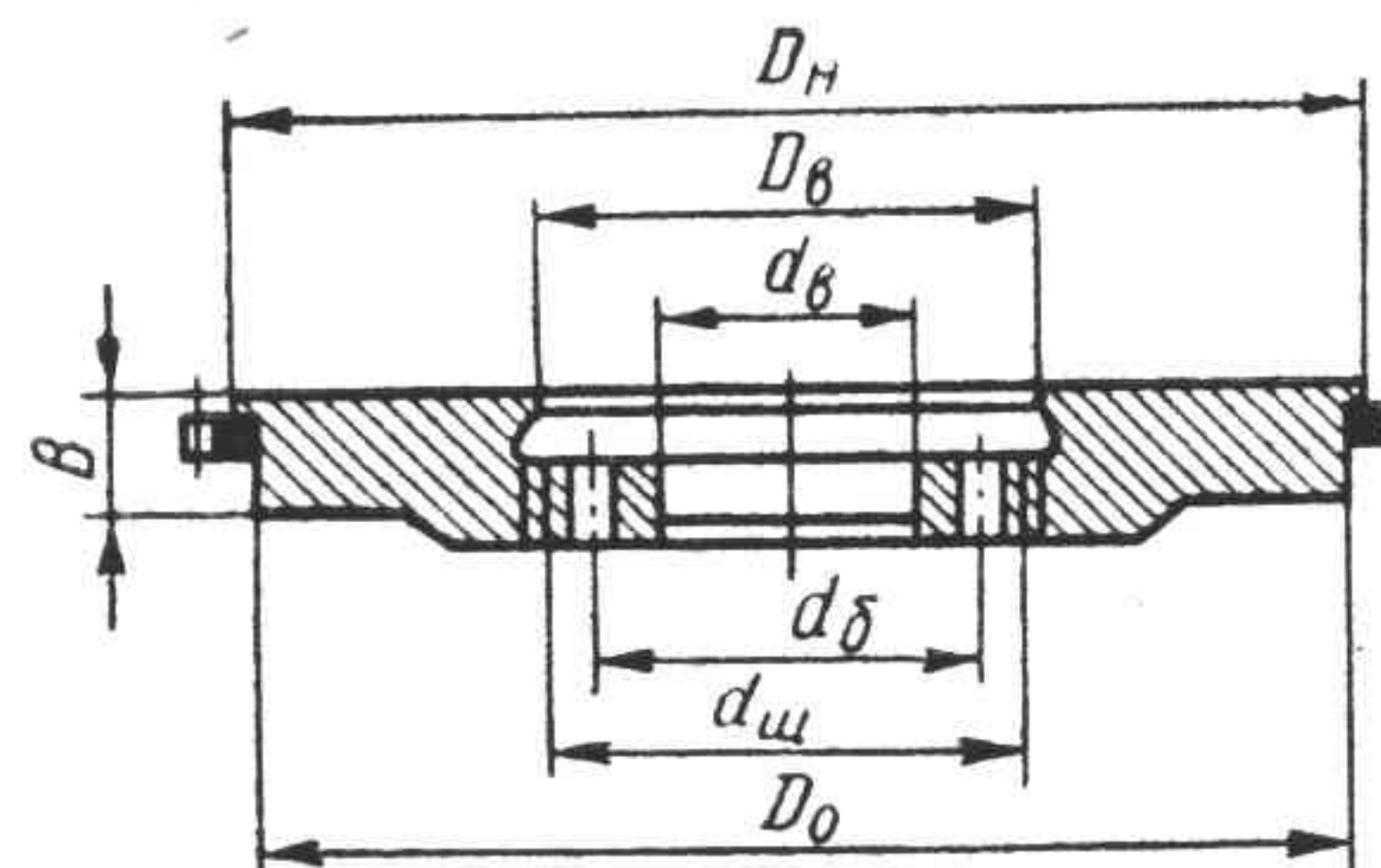
Штанги и наконечники в сборе

Марка двигателя	Материал	Тип	Диаметры в мм		l в мм	Радиусы сферы $R_{ш}$ в мм
			$d_{шн}$	$d_{шв}$		
МЗМА-407	Сталь 20	Трубка	8,01 7,9	5,01 4,9	277,5 276,5	6,5/4,5
МеМЗ-965	ДТ	»	8,01 7,9	5,01 4,9	177,5 176,5	6,5
М-21	ДТ	Пруток	9,5 9,4	—	278,0 277,67	8,7/3,5
ГАЗ-13	ДТ	»	9,5 9,4	—	278,0 277,67	8,7/3,5
ЗИЛ-111	Сталь 45	»	8,2 7,8	—	323,3 322,7	8,0/4,0
ГАЗ-66	ДТ	»	9,5 9,4	—	278,0 277,67	8,7/3,5
ГАЗ-41	ДТ	»	9,5 9,4	—	278,0 277,67	8,7/3,5
ЗИЛ-130	Сталь 45	»	8,2 7,8	—	323,3 322,7	8,0/4,0
ЗИЛ-375	Сталь 45	»	8,2 7,8	—	323,3 322,7	8,0/4,0
Д-16	Сталь 40	»	8,0 7,8	—	309,5 308,5	4/4
Д-20	Сталь 20	Трубка	13,15 12,85	9,0	410,0	6,5/6,5
Д-30	Сталь 40	Пруток	8,0 7,9	—	217,5	4/4
Д-35	Сталь 20	Трубка	12,15 11,85	9,0	430,5 427,5	6,0
Д-37	Сталь 40	Пруток	8,0 7,9	—	217,5	4/4

Продолжение табл. 49

Марка двигателя	Материал	Тип	Диаметры в мм		l в мм	Радиусы сферы $R_{ш}$ в мм
			$d_{шн}$	$d_{шв}$		
Д-48	Сталь 45	Трубка	12,15 11,85	10,058 10,0	409,3	6,0
Д-54	Сталь 45	»	13,15 12,85	9,0	419,0 417,0	6,5
СМД-7	Сталь 45	»	10,0	6,4	356,0 354,0	5/5
Д-75	Сталь 45	»	13,15 12,85	9,0	419,0 417,0	6,5
СМД-14	Сталь 45	»	10,0	6,4	384,0 382,0	5/5
КДМ-46	Сталь 20	»	13,15 12,85	9,0	600,0 599,0	13,0
6КДМ-50	Сталь 20	»	13,15 12,85	9,0	600,0 599,0	13,0
ЯАЗ-204	Сталь 40ХН	Пруток	8,0 7,8	—	140,0	12,0
ЯАЗ-206	Сталь 40ХН	»	8,0 7,8	—	140,0	12,0
ЯМЗ-236	Сталь 35	Трубка	12,03 12,0	9,03 9,0	419,1 418,5	6/6
ЯМЗ-238	Сталь 35	»	12,03 12,0	9,03 9,0	419,1 418,5	6/6
ЯМЗ-240	Сталь 35	»	12,03 12,0	9,03 9,0	419,1 418,5	6/6
УНД-5	ДТ	»	8,01 7,9	5,01 4,9	155,0	6,5
УД-2	—	—	—	—	—	—
УНД-7	ДТ	Трубка	8,01 7,9	5,01 4,9	155,0	6,5
УНД-10	ДТ	»	8,01 7,9	5,01 4,9	155,0	6,5

Маховики



Марка двигателя	Обод в мм				Ступица в мм				Венец			
	$D_{\text{н}}$	$D_{\text{в}}$	D_0	Ширина B	$d_{\text{в}}$	$d_{\text{б}}$	$d_{\text{ш}}$	Толщина	Диаметр в мм	Зубья		
										Длина в мм	Мо-дуль	Число
МЗМА-400	271,47	197,0	250,9	34,93	53,5	10,8	11,1	13,0	250,5	12,5	2,5	115
МЗМА-407	266,0	238,0	259,5	35,0	62,0	10,8	11,1	12,0	259,0	14,0	2,5	115
МеМЗ-965	250,0	186,0	238,5	25,0	50,0	—	6,0	8,0	238,0	12,0	2,5	105
М-20	302,0	—	298,5	34,0	140,0	12,027	—	—	298,15	12,0	2,5	130
М-21	300,0	—	287,5	32,0	72,0	12,027	—	—	287,0	12,0	2,5	148
ЗИЛ-110	350,0	—	336,5	40,0	144,0	12,019	—	—	336,15	12,8	2,5	144
ЗИЛ-120	410,0	333,0	395,5	58,0	164,0	14,03	—	12,0	395,25	22,0	3,0	141
ГАЗ-51	328,0	—	345,5	34,0	140,0	12,027	—	—	345,15	12,0	2,5	148
ГАЗ-66	350,0	297,0	344,5	32,0	114,0	12,027	—	12,0	344,0	12,0	2,5	148
ГАЗ-41	350,0	297,0	344,5	32,0	114,0	12,027	—	12,0	344,0	12,0	2,5	148
Урал-5М	420,0	333,0	405,43	77,0	158,0	15,1	12,5	13,5	404,93	22,0	2,5	135
ЗИЛ-130	397,0	350,0	384,0	45,0	84,0	14,03	—	12,0	383,5	22,0	2,5	140
ЗИЛ-375	397,0	350,0	384,0	45,0	84,0	14,03	—	12,0	383,5	22,0	2,5	140

[illegible]

ГЛАВА V

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ, СМАЗКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ

§ 24. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ТОПЛИВОМ

Определение конструктивных размеров топливной системы, обеспечивающих необходимые характеристики впрыска и распыливания топлива, сводится к выбору размеров диаметра и хода плунжера топливоподающего насоса и насоса высокого давления, а также определению диаметра отверстия форсунки. У карбюраторного двигателя определяются диаметры отверстий распылителя и диаметры диффузоров в зависимости от заданной скорости топлива и воздуха в них.

После определения размеров основных топливных агрегатов рассчитывают производительность топливоподкачивающих насосов и емкость топливных баков.

Расчет секции топливного насоса высокого давления

Производительность секции топливного насоса определяется на основании заданного в тепловом расчете удельного расхода топлива с учетом некоторой перегрузки при максимальном числе оборотов.

Объемное количество топлива, которое необходимо подавать в цилиндр за один цикл, определяется формулой

$$\Delta V_{\text{цт}} = \frac{g_e N_e}{60 n i \gamma_t} \text{ мм}^3/\text{цикл}, \quad (210)$$

где g_e — удельный расход топлива;
 N_e — мощность;
 n — число оборотов;

i — число цилиндров;

γ_t — удельный вес топлива.

Подставив значение мощности, получим

$$\Delta V_{\text{цт}} = \frac{g_e p_e V_h}{19,8 \cdot 10^3 \gamma_t} \text{ мм}^3/\text{цикл}. \quad (211)$$

В зависимости от конструкции системы насоса, объема нагнетательной полости, параметра впрыска и режима работы на производительность насосной секции влияют следующие факторы: утечка топлива через зазоры; сжимаемость топлива; деформация деталей; дросселирование на впуске; запаздывание посадки клапанов.

Поэтому теоретическое количество топлива отличается от действительного

$$\Delta V_{\text{цт}} \neq \Delta V_{\text{цд}}. \quad (212)$$

Производительность системы учитывается коэффициентом подачи насоса

$$\eta_n = \frac{\Delta V_{\text{цд}}}{\Delta V_{\text{цт}}}. \quad (213)$$

Практически у золотниковых насосов $\eta_n = 0,8 \div 0,9$.

Учитывая перегрузку на 20—30% и коэффициент подачи, получим действительную подачу топлива за цикл

$$\Delta V_{\text{цд}} = \frac{1,2 (g_e p_e V_h)}{19,8 \cdot 10^3 \gamma_t \eta_n} \text{ мм}^3/\text{цикл}. \quad (214)$$

Это количество топлива должно быть равно объему, описываемому плунжером за активный ход,

$$\frac{\pi d_{nl}^2}{4} h_{nl} = \frac{1,2 (p_e g_e V_h)}{19,8 \cdot 10^3 \gamma_m \eta_n}, \quad (215)$$

отсюда

$$d_{nl} = \sqrt{\frac{4,8 g_e p_e V_h}{62,1 \cdot 10^3 \gamma_m \eta_n h_{nl}}} \text{ мм.} \quad (216)$$

Расчет диаметра сопла форсунки, диаметра жиклера и диффузора карбюратора

Суммарная площадь сопловых отверстий форсунки и отверстий жиклеров карбюратора должна обеспечить проход действительного количества топлива, подаваемого за цикл,

$$\dot{f}_\Sigma = \frac{\Delta V_{цд}}{\mu \omega_m \tau} \text{ мм}^3, \quad (217)$$

где ω_m — средняя скорость топлива;
 τ — время впрыска в сек;
 μ — скоростной коэффициент, равный 0,7—0,8.

Скорость истечения определяется по уравнению

$$\omega_m = \sqrt{2g \frac{p_{вн} - p_{ц}}{\gamma_m}} \text{ м/сек},$$

а время впрыска определяется из выражения

$$\tau = \frac{\varphi}{6n} \text{ сек},$$

где φ — угол впрыска.
 Отсюда

$$d_c = \sqrt{\frac{4\mu \dot{f}_\Sigma}{\pi z}} \text{ мм}, \quad (218)$$

где z — число отверстий.

Расход топлива у двигателя, имеющего внешнее смесеобразование, в секунду будет

$$G_m = \frac{g_e p_e V_h n i}{11,9 \cdot 10^5 \tau} \text{ кг.} \quad (219)$$

Это количество топлива должно быть пропущено через жиклеры карбюратора, тогда

$$d_{ж} = \sqrt{\frac{4G_m}{(\omega_m \pi \gamma_m) z}} \text{ мм}, \quad (220)$$

где ω_m — скорость топлива в жиклере;
 z — число жиклеров.

Внутренний диаметр смесительной камеры карбюратора определяется по эмпирическому уравнению

$$d = a \sqrt{V_{hi} \frac{n}{1000}} \text{ мм}, \quad (221)$$

где a — коэффициент пульсации, величина которого приведена ниже.

Число цилиндров	1	2	3	4	5	6
a	24,2	17,1	14,15	13,0	12,85	11,9

Размеры диффузоров многодиффузорных карбюраторов определяют по соотношениям: однодиффузорного

$$d_d = (0,6 \div 0,8) d;$$

двухдиффузорного

$$\left. \begin{aligned} d_n &= (0,6 \div 0,8) d; \\ d_b &= (0,2 \div 0,3) d; \end{aligned} \right\} \quad (222)$$

трехдиффузорного

$$\left. \begin{aligned} d_n &= (1,0 \div 1,2) d; \\ d_c &= (0,4 \div 0,5) d; \\ d_b &= (0,2 \div 0,3) d. \end{aligned} \right\}$$

Расчет топливоподкачивающего насоса

Топливоподкачивающий насос должен обеспечить подачу топлива к каждому цилиндру и учесть перекачку топлива через перепускные клапаны.

Производительность подкачивающего насоса роторного типа определяется по уравнению

$$\Delta V_{цдик} = \left\{ \left[0,785 (d_k^2 - d_p^2) b \right] - \delta \frac{d_k - d_p}{2} z \right\} \eta_n, \quad (223)$$

где d_k — диаметр корпуса насоса;
 d_p — диаметр ротора;
 b — ширина лопатки;
 δ — толщина лопатки;
 k — количество топлива, перепускаемое через клапаны;
 i — число цилиндров.

Из этого уравнения определяются диаметр ротора и корпуса при заданных параметрах лопатки или параметры лопатки при заданных диаметрах.

Производительность насоса диафрагменного типа

$$\Delta V'_{ц\partial ik} = Fh, \quad (224)$$

$\Delta V'_{ц\partial}$ — количество топлива, подаваемое за один ход штока насоса для одного цилиндра;

F — площадь мембраны;

h — ход штока.

Отсюда определяется диаметр мембраны

$$d = \sqrt{\frac{4\Delta V'_{ц\partial ik}}{\pi h}} \text{ мм.} \quad (225)$$

Расчет емкости топливных баков

Емкость топливных баков (табл. 51) рассчитывается исходя из запаса хода машины, заданного в тактико-технических требованиях.

Для транспортной машины задается, как правило, расход топлива на 100 км пробега, тогда емкость топливных баков будет равна

$$V_6 = \frac{LG_{100}}{100\gamma_m} \text{ л,} \quad (226)$$

где L — запас хода;

γ_m — удельный вес топлива;

G_{100} — расход на 100 км.

Для гусеничной машины задается время работы на одной заправке в моточасах. Тогда емкость топливных баков машины определяется по уравнению

$$V_6 = \frac{G_u \tau}{\gamma_m} \text{ л,} \quad (227)$$

где G_u — часовой расход топлива;

τ — время работы в моточасах.

ТАБЛИЦА 51

Емкостные данные двигателей

Марка двигателя	Емкость систем в л			Применяемые ГСМ	
	питания	смазки	охлаждения	Топливо (ГОСТ 9084—56 ГОСТ 305—62)	Смазка (ГОСТ 1862—63; ГОСТ 6304—50)
МЗМА-400	31	3,3	6,0	А-66	СУ
МЗМА-407	35	4,3	7,8	А-74	АКЗп-10, АКЗп-6
МеМЗ-965	30	2,8	—	А-74	Дп-11, Дп-8
М-20	55	6,0	10,5	А-66	СУ
М-21	60	6,2	14,0	А-74	АКЗп-10, АКЗп-6
ГАЗ-12	80	7,0	12,5	А-74	АКЗп-10, АКЗп-6
ГАЗ-13	80	6,5	17,0	А-93	АКЗп-10, АКЗп-6
ЗИЛ-110	80	7,1	18,5	А-74	СУ
ЗИЛ-111	120	7,5	23,0	А-95	АКЗп-10, АКЗп-6
ЗИЛ-120	150	8,5	21,0	А-66	АКЗп-10, АКЗп-6
ГАЗ-51	90	7,0	14,5	А-66	АКЗп-10, АКЗп-6
ГАЗ-66	90	7,0	22,5	А-74	АКЗп-10, АКЗп-6
ГАЗ-41	170	7,0	22,5	А-74	АКЗп-10, АКЗп-6
Урал-5М	90	7,0	23,0	А-66	АКЗп-10, АКЗп-6

Продолжение табл. 51

Марка двигателя	Емкость систем в л			Применяемые ГСМ	
	питания	смазки	охлаждения	Топливо (ГОСТ 9084—56; ГОСТ 305—62)	Смазка (ГОСТ 1862—63; ГОСТ 6304—50)
ЗИЛ-130	170	7,5	25,0	А-74	АКЗп-10, АКЗп-6
ЗИЛ-375	300	9,0	27,0	А-74	ДСп-11, Дп-8
Д-16	34	4,0	—	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
Д-20	48	4,5	7,4	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
Д-30	64	9,0	—	ДЛ, ДЗ	ДП-11, Дп-8
Д-35	97	16,0	33,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
Д-37	64	9,0	—	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
Д-48	100	16,0	28,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
Д-54	185	25,0	60,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
СМД-7	100	15,0	25,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
Д-75	200	22,0	60,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
СМД-14	185	24,0	65,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
КДМ-46	230	27,0	75,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
6КДМ-50	230	45,0	90,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
ЯАЗ-204	225	15,0	23,5	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
ЯАЗ-206	450	24,0	35,5	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
Д-6	500	45,0	40,0	ДЛ, ДЗ	МТ-16п
ЯМЗ-236	175	24	22	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
ЯМЗ-238	480	32,0	30,0	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
ЯМЗ-240	480	—	—	ДЛ, ДЗ	Дп-11, Дп-8
Д-12А	700	90,0	80,0	ДЛ, ДЗ	МТ-16п
Д-12-525	840	90,0	90,0	ДЛ, ДЗ	МТ-16п
УД-1	2	2,0	—	А-72	АКЗп-10, АКЗп-6
УНД-5	—	0,7	—	А-72	Дп-11, Дп-8
УД-2	—	4,0	—	А-72	АКЗп-10, АКЗп-6
УНД-7	—	2,3	—	А-72	Дп-11, Дп-8
УНД-10	1	2,3	—	А-72	Дп-11, Дп-8

Примечание. Двигатели МеМЗ-965, Д-16, Д-30, Д-37, УД-1, УНД-5, УД-2, УНД-7 и УНД-10 имеют воздушную систему охлаждения.

§ 25. ПРИБОРЫ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ
Технические данные топливных насосов высокого давления

Марка двигателя	Марка насоса	Число оборотов в минуту	Диаметр плунжера в мм	Ход плунжера в мм	Производительность в мм ³ /цикл	Угол опережения подачи в град		Давление начала впрыска в кг/см ²	Пределы регулирования в об/мин	
						установочный	авто-мат		включения	выключения
Д-16	Л2ТН-8,5×10М	800	8,5	10,0	45,0	17,0	—	125,0	800	850
Д-20	1ТН-8,5×10	900	8,5	10,0	97,0	29,0 33,0	—	125,0	900	950
Д-30	30М-4ТН-8,5×10	800	8,5	10,0	42,2	24,0	—	125,0	800	850
Д-35	КД4ТН-8,5×10	700	6,5	10,0	62,0	20,0	—	125,0	700	750
Д-37	30М-4ТН-8,5×10 ¹	800	8,5	10,0	63,2	24,0	—	125,0	800	850
Д-48	48М-4ТН-8,5×10	800	8,5	10,0	67,5	16,0	—	125,0	800	850
Д-54	4ТН-8,5×10	650	8,5	10,0	80,0	23,0	—	125,0	650	700
СМД-7	Л4ТН-8,5×10	850	8,5	10,0	85,5	21,0	—	125,0	850	900
Д-75	4ТН-8,5×10	750	8,5	10,0	99,0	15,0 19,0	—	125	750	800
СМД-14	Л4ТН-8,5×10Т	850	8,5	10,0	99,0	18	—	125,0	850	900
КДМ-46	КДМ	500	10,0	8,0	175,0	13	—	120,0	500	540
6КДМ-50	КДМ	500	10,0	8,0	206,0	17	—	120,0	500	540
ЯАЗ-204 ²	АР-20АЗ	2000	6,35	8,7	60,0	14	—	1400,0	2100	2150
ЯАЗ-206 ²	АР-20АЗ	2000	6,35	8,7	60,0	14	—	1400,0	2100	2150
Д-6	НК-6	750	10,0	10,0	150,0	27±0,5	—	200,0	750	790
ЯМЗ-236	ЯЗТА	1050	9,0	10,0	115,0	20±1	12,0	150,0	1050	1100
ЯМЗ-238	ЯЗТА	1050	9,0	10,0	115,0	20±1	12,0	150,0	1050	1100
ЯМЗ-240	ЯЗТА	1050	9,0	10,0	115,0	20±1	12,0	150,0	1050	1100
Д-12А	НК-10	750	10,0	10,0	150,0	27±0,5	—	180,0	750	790
Д-12-525	НК-10	1000	10,0	10,0	200,0	27±0,5	4,0	210,0	1000	1040

¹ Устанавливается также насос УТН-5.

² Насос-форсунки.

ТАБЛИЦА 53

Топливные форсунки

Марка двигателя	Марка форсунки	Число отверстий	Диаметры в мм					Число витков пружины	Конусы в град		
			сопла	иглы	стержня иглы	пружины	проволоки пружины		запорной иглы	уплотнительной иглы	полный распыла
Д-16	ФШ1×8	1	1,0	5,0	6,0	11,5	3,04 3,02	6,5	59,16	60,5	8,0
Д-20	ФШ1×14	1	3,6	5,0	6,0	11,5	3,04 3,02	6,5	59,16	60,5	26,0
Д-30	ФШ1×8	1	1,0	5,0	6,0	11,5	3,04 3,02	6,5	59,16	60,5	8,0
Д-35	ФШ1×15	1	1,5	5,0	5,0	10,5	3,04 3,02	6,5	60,0	60,5	23,0
Д-37	ФШ1×8	1	1,0	5,0	6,0	11,5	3,04 3,02	6,5	59,16	60,5	25,0
Д-48	ФШ1,5×25	1	1,5	5,0	5,0	10,5	3,04 3,02	6,5	60,5	60,0	25,0
Д-54	ФШ1×15	1	2,0	5,0	5,0	10,5	3,04 3,02	6,5	60,5	60,0	25,0
СМД-7	ФШ2×25	1	2,0	5,0	5,0	10,5	3,04 3,02	6,5	60,5	60,0	25,0
Д-75	ФШ2×25	1	2,0	5,0	5,0	10,5	3,04 3,02	6,5	60,5	60,0	25,0
СМД-14	ФШ2×25	1	2,0	5,0	5,0	10,5	3,04 3,02	6,5	60,5	60,0	25,0
КДМ-46	КДМ	1	0,645	6,0	5,0	11,5	3,0	6,0	90	—	8,0
ЯАЗ-204	АР-20АЗ	6	0,15	—	—	23,0	3,0	6,0	—	—	165
ЯАЗ-206	АР-20АЗ	6	0,15	—	—	23,0	3,0	6,0	—	—	165
Д-6	—	7	0,25	6,0	5,0	15,75	3,5	8,0	65	60	160
ЯМЗ-236	ЯЗТА	4	0,32	4,5	5,0	14,5	3,0	6,0	75	60	123
ЯМЗ-238	ЯЗТА	4	0,32	4,5	5,0	14,5	3,0	6,0	75	60	123
ЯМЗ-240	ЯЗТА	4	0,32	4,5	5,0	14,5	3,0	6,0	75	60	123
Д-12А	—	6	0,25	6,0	5,0	15,75	3,5	8,0	65	60	160
Д-12-525	—	7	0,25	6,0	5,0	15,75	3,5	8,0	65	60	160

Карбюраторы

41*

Марка двигателя	Марка карбюратора	Диаметры в мм				Производительность жиклеров в см ³ /мин				Уровень топлива в поплавковой камере в мм	Тип карбюратора ¹
		большого диффузора	малого диффузора	смесительной камеры	воздушной горловины	главного	холостого хода	экономай-зера	ускорительного насоса за 10 ходов		
МЗМА-400	К-25	19,0	8,75	30,0	43,0	152±2	72±2	252±3,5	12,0	22±1	1КПП
МЗМА-407	К-59	22,0	8,5	32,0	52,0	260±3	70±3	460±7	6,0	22±1	1КПП
МеМЗ-965	К-123	18,0	9,0	24,0	38,0	170±3	50±3	—	5,0	16±1	1КПП
М-20	К-22Е	38,0	9,5	33,0	50,5	315±7	52±3	225±5	12,0	20±1	1КПП
М-21	К-22И	38,0	9,5	33,0	50,5	320±5	52±3	325±8	12,0	20±1	1КПП
ГАЗ-12	К-21	25,5±0,1	—	36,0	55,0	270±3 5	52±3	257±3	20,0	17±1	—
ГАЗ-13	К-113	24,0	9,0	33,0	101,0	310±5	52,0	360±6	15,0	19±1	4КПП
ЗИЛ-110	МКЗ-ЛЗ	31	8,5	36,5	54,0	1100±5	135±2	—	20,0	15±0,5	2КПП
ЗИЛ-111	К-85	25,5	6,3	33,0	101,0	350±5	72,0	460±2	15,0	19±1	4КПП
ЗИЛ-120	К-82	30,0	8,5	42,0	56,0	485,0	70,0	450,0	15,0	—	1КПП
ГАЗ-51	К-22Г	38,0	9,5	40,0	50,5	300±7	52±3	295±7	12,0	20±1	1КПП
ГАЗ-66	К-126Б	24,0	9,0	33,0	70,0	365±5	52,0	360±6	15,0	19±1	2КПП
ГАЗ-41	—	24,0	9,0	36,0	101,0	365±5	52,0	382±6	15,0	19±1	2КПП
Урал-5М	К-75	30,0	—	44,0	50,5	330±4	70,0	310±3	15,0	18±1	1КПП
ЗИЛ-130	К-88	29,0	8,5	36,0	60,0	300±4	70,0	330±2	15,0	19±1	2КПП
ЗИЛ-375	К-89	31,0	8,5	39,0	60,0	310±4	70,0	400±2	15,0	19±1	2КПП
УД-1	К-16Б	19,0	—	28,0	30,0	85±2	50±3	—	—	22±1,5	1КГП
УНД-5	—	22,0	—	28,0	30,0	106±2	50±3	—	—	22±1,5	1КГП
УД-2	К-16В	22,0	—	28,0	30,0	125±2	50±3	—	—	22±1,5	1КГП
УНД-7	—	22,0	—	28,0	32,0	150±2	50±3	—	—	22±1,5	1КГП
УНД-10	—	18,0	9,0	24,0	38,0	210±2	50±3	—	—	22±1,5	1КГП

¹ 1, 2, 4 К — число камер; ПП — с падающим потоком; ГП — с горизонтальным потоком.

ТАБЛИЦА 55

Топливоподкачивающие насосы

Марка двигателя	Марка насоса	Диаметр диафрагмы (плунжера) в мм	Диаметр рабочей поверхности в мм	Число клапанов	Конструкция клапанов ¹	Давление нулевой подачи в мм рт. ст.	Производительность в л/ч	Число оборотов в об/мин	Полный ход штока в мм
МЗМА-400	МЗМА	80	55	2	НР	114	40	1700	5,8
МЗМА-407	МЗМА	80	55	2	НР	114	40	1700	5,8
МеМЗ-965	МеМЗ	70	40	2	Р	115	35	2000	5
М-20	А-1; А-2	84	56	2	НР	210	50	1800	5
М-21	ГАЗ	80	55,5	2	НР	210	50	1800	5
ГАЗ-12	А-3; А-4	84	56	2	НР	210	50	1800	5
ГАЗ-13	Б-9Б	90	60	3	Р	225	125	1300	7
ЗИЛ-110	Б-5	99	71	2	НР	210	90	1300	10
ЗИЛ-111	Б-9Б	90	60	3	Р	225	125	1300	7
ЗИЛ-120	Б-6	85	78	2	НР	210	60	1300	10
ГАЗ-51	А-3; А-4	84	56	2	НР	210	50	1800	5
ГАЗ-66	Б-9Б	90	60	3	Р	225	125	1300	7
ГАЗ-41	Б-9Б	90	60	3	Р	225	125	1300	7
Урал-5М	Б-6	85	78	2	НР	210	60	1300	10
ЗИЛ-130	Б-9Б	90	60	3	Р	225	125	1300	7
ЗИЛ-375	Б-9Б	90	60	3	Р	225	125	1300	7
Д-16; Д-20; Д-30; Д-37; Д-48; Д-54; СМД-7; Д-75; СМД-14 КДМ-46	НЗТА	22	22	2	Г	530	80	800	10
6КДМ-50	КДМ	Шестеренчатый	—	—	—	437	72	500	—
ЯАЗ-204; ЯАЗ-206	КДМ	То же	—	—	—	437	150	500	—
Д-6	ЯАЗ	Роторный	—	1	Р	530	90	1200	—
ЯМЗ-236; ЯМЗ-238; ЯМЗ-240	БНК-12ТК	»	—	2	Г	530	1140	1500	—
Д-12А	ЯЗТА	22	22	2	Г	530	150	1050	10
Д-12-525	БНК-12ТК	Роторный	—	2	Г	530	1140	1500	—
УНД-5	БНК-12ТК	»	—	2	Г	530	1140	1500	—
УНД-7	МеМЗ	70	40	2	Р	115	—	1500	5
УНД-10	МеМЗ	70	40	2	Р	115	—	1500	5
	МеМЗ	70	40	2	Р	115	—	1500	5

¹ Р — разборный; НР — не разборный; Г — грибовидный.

§ 26. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ СМАЗКИ

Система смазки двигателя является важной системой, которая обеспечивает нормальную работу основных систем двигателя.

Система смазки в двигателе обеспечивает: повышение механического к. п. д. за счет снижения сил трения во вращающихся деталях;

уменьшение износа деталей и вынос продуктов износа из сопряжений;

охлаждение деталей двигателя, не охлаждаемых водой или воздухом.

У быстроходных двигателей различают следующие системы смазки: разбрызгиванием, под давлением, комбинированная.

Самой распространенной является комбинированная смазка, при которой наиболее ответственные и нагруженные детали — подшипники коленчатого и распределительного валов, поршневые пальцы, привод клапанов и привод газораспределения — смазываются под давлением, а все остальные детали смазываются разбрызгиванием, т. е. осаждением масляного тумана на поверхности трения.

Часть деталей таких как толкатели, штанги и направляющие смазываются самоотекотом масла из специальных карманов, куда оно попадает, стекая сверху или осаждаясь из масляного тумана.

Эффективность смазки наиболее нагруженных деталей зависит от давления масла в главной масляной магистрали, величины зазора в сопряжении, вязкости масла и ряда других факторов.

Расчет системы смазки производится в четыре этапа: проверка подшипника на надежность жидкостного трения; расчет масляного насоса; расчет масляного радиатора; расчет центробежного фильтра.

Проверка подшипника на надежность жидкостного трения

Наиболее нагруженным звеном является шатунный подшипник. Для него диаметральный зазор по ходовой посадке

$$\Delta = 0,007 \sqrt{d_{ш}}; \quad (228)$$

относительный зазор $\frac{\Delta}{d_{ш}}$, исходя из

коэффициента линейного расширения, для баббита 0,0005—0,001; для свинцовой бронзы 0,0008—0,0015;

величина критического слоя масла в подшипнике, при которой жидкостное трение переходит в сухое,

$$h_{кр} = 0,005 \div 0,007 \text{ мм}; \quad (229)$$

минимальный слой смазки в подшипнике по гидродинамической теории смазки определяется по уравнению

$$h_{\min} = 55 \cdot 10^{-8} \lambda \frac{d_{ш}}{\Delta \sigma}, \quad (230)$$

где λ — коэффициент работы подшипника,

$$\lambda = \frac{\eta n}{k_{ср}}$$

(η — вязкость в °Е);

σ — коэффициент, характеризующий геометрию шейки,

$$\sigma = 1 + \frac{d_{ш}}{l_{ш}}.$$

После этого определяется коэффициент запаса надежности подшипника

$$\beta = \frac{h_{\min}}{h_{кр}} \geq 2. \quad (231)$$

Расчет масляного насоса

Расчет масляного насоса производится двумя методами:

по количеству масла, подаваемого в подшипник в секунду v_m ,

$$V_n = v_m (i + z) 10,8 \text{ л/ч}, \quad (232)$$

где i — число шатунных подшипников;

z — число коренных подшипников;

по удельной производительности

$$V_n = k N_e \text{ л/ч}, \quad (233)$$

где k — удельная производительность масляного насоса.

Для карбюраторных двигателей

$$k = 10 \div 20 \text{ л/л. с.-ч},$$

для дизелей

$$k = 20 \div 40 \text{ л/л. с.-ч.}$$

После этого рассчитывают длину зуба b шестерни насоса, считая, что она подает масло каждой впадиной,

$$b = 2660 \frac{V_n}{D_0 m n_n \eta_n z} \text{ мм}, \quad (234)$$

где η_n — коэффициент подачи насоса;

z — число зубьев насоса;

D_0 — начальный диаметр окружности шестерни;

m — модуль зуба.

Для обеспечения производительности насоса на холостом ходу длину зуба увеличивают в 1,5—2 раза.

Расчет масляного радиатора

Расчет сводится к определению необходимой охлаждающей поверхности при режиме максимальной мощности. Количество тепла, которое необходимо отвести, определяется величиной Δt , полученной в расчете подшипника, значит

$$Q_p = k \Delta t F_p \text{ ккал/ч}, \quad (235)$$

где k — коэффициент теплопередачи;

F_p — полная поверхность радиатора,

$$F_p = \frac{Q_p}{k \Delta t} \text{ м}^2. \quad (236)$$

Величина Q_p чаще всего определяется ориентировочно по удельному количеству тепла, отводимого радиатором,

$$q = \frac{Q_p}{N_e} \text{ ккал/л. с.-ч} \quad (237)$$

Величина коэффициента теплопередачи k берется из таблиц и имеет разбег: для водомасляных радиаторов 100—400; если трубки с завихрителями 700—1000; для воздушно-масляных радиаторов 25—100 ккал/м²·ч·°С.

Расчет центрифуги

Расчет центрифуги заключается в определении числа оборотов ротора, секундного объема расхода масла, величины оптималь-

ного расстояния от оси вращения до оси сопла.

При установившемся движении ротора реактивная сила, приложенная по оси отверстий, равна

$$F = \frac{G}{2g} (v_m - v_n), \quad (238)$$

где G — секунднй расход из насадка (сопла);

v_m — скорость истечения масла из сопла,

v_n — окружная скорость сопла.

Заменив вес и скорости, получим

$$F = \frac{V \rho}{19,6} \left(\frac{V}{2 \varepsilon f} - \frac{\pi n R}{30} \right) \text{ кг}, \quad (239)$$

где ρ — плотность масла;

V — объемный расход через сопло;

ε — коэффициент сжатия струи в сопле;

f — площадь сопла;

n — число оборотов ротора;

R — расстояние от оси до сопла.

Момент, приложенный к соплам

$$M_{кр} = \frac{\rho V R}{9,8} \left(\frac{V}{2 \varepsilon f} - \frac{\pi n R}{30} \right) \text{ кг·см} \quad (240)$$

Этот момент уравнивается моментом сопротивления, который определяется по эмпирическому уравнению,

$$M_c = a + k n, \quad (241)$$

где $a = 6 \cdot 10^{-4} \Omega \nu \text{ Г·см};$

$k = (0,03 + 0,002 \nu) 10^{-3} \Omega \text{ Г·см/об/мин};$

Ω — емкость ротора в см³;

ν — динамическая вязкость в г/см².

Приравняв моменты и найдем число оборотов

$$n = \frac{\frac{\rho V^2 R}{19,6 \varepsilon f} - a}{k + \frac{\pi \rho V R^2}{294}} \text{ об/мин.} \quad (242)$$

Найденное число оборотов должно быть не менее 5000—7000 об/мин, в этом случае достигается хорошая очистка масла.

Число оборотов возрастает с увеличением секундного расхода масла, с уменьшением радиуса вращения и уменьшением емкости ротора.

Секундный расход масла находится из уравнения

$$V = 2f\mu \times \sqrt{\frac{19,6}{\rho} p_m (1 - \psi) + \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 (R^2 - r^2)}, \quad (243)$$

где μ — коэффициент расхода масла через сопло;

p_m — давление в системе смазки;

ψ — коэффициент гидравлических потерь в центрифуге;

r — радиус оси.

Определение оптимального расстояния от оси вращения до оси сопла производится

путем дифференцирования уравнения n по R .

Приравняв величину $\frac{dn}{dR}$ нулю, определим расстояние

$$R_{opt} = \frac{19,6a\epsilon f}{\rho V^2} + \sqrt{\left(\frac{19,6a\epsilon f}{\rho V^2}\right)^2 + \frac{294k}{\pi \rho V}}. \quad (244)$$

Величина оптимального расстояния R_{opt} зависит так же, как и число оборотов, от секундного расхода через сопло, а величина секундного расхода — от давления в системе смазки. Для уменьшения габаритов и веса центрифуги и улучшения очистки масла нужно увеличивать давление в системе смазки.

§ 27. ПРИБОРЫ СИСТЕМЫ СМАЗКИ

ТАБЛИЦА 56

Масляные насосы

Марка двигателя	Число секций	Диаметры шестерен в мм		Высота зуба в мм	Число зубьев	Длина зуба шестерен в мм		Производительность в л/ч	Давление в системе в кг/см ²	Число оборотов в минуту
		наруж-ный	внутрен-ный			основной секции	дополнительной секции			
МЗМА-400	1	38,6	21,14	8,46	7	18,8	—	760,0	2,0—3,5	2000
МЗМА-407	1	38,697	20,571	9,063	7	18,8	—	845,0	3,5	2250
МеМЗ-965	1	29,0	19,0	5,0	7	30,0	—	382,0	4,0	2000
М-20	1	32,4	18,4	7,0	7	35,0	—	1000,0	2,0—4,0	1800
М-21	1	33,1	17,7	7,7	7	35,0	—	1110,0	4,0	2000
ГАЗ-12	1	32,4	18,4	7,0	7	35,0	—	1000,0	2,0—4,0	1800
ГАЗ-13	2	40,85	22,15	9,35	7	30,0	20	3050,0	4,5	2200
ЗИЛ-110	1	43,33	33,17	5,08	15	36,0	—	2270	2,5—3,0	1800
ЗИЛ-111	2	43,4	23,1	10,15	7	38,0	17,0	4800	3,0	1600
ЗИЛ-120	1	34,48	20,92	6,78	9	41,25	—	690,0	1,8—2,5	1200
ГАЗ-51	1	32,4	18,4	7,0	7	35,0	—	780,0	2,0—4,0	1400
ГАЗ-66	2	40,85	22,15	9,35	7	30,0	20,0	2080,0	4,5	1600
ГАЗ-41	2	40,85	22,15	9,35	7	30,0	20,0	2080,0	4,5	1600

Продолжение табл. 56

Марка двигателя	Число секций	Диаметры шестерен в мм		Высота зуба в мм	Число зубьев	Длина зуба шестерен в мм		Производительность в л/ч	Давление в системе ¹ в кг/см ²	Число оборотов в минуту
		наруж-ный	внутрен-ный			основной секции	дополнительной секции			
Урал-5М	1	30,5	19,5	5,5	10	41,2	—	740,0	3,2—4,5	1200
ЗИЛ-130	2	43,4	23,1	10,15	7	38,0	17,0	2540,0	3,5	1600
ЗИЛ-375	2	43,4	23,1	10,15	7	38,0	17,0	2540,0	3,5	1600
Д-16	1	35,95 35,915	24,0	6,0	10	16,955 16,925	—	1500,0	1,5—3,0	1680
Д-20	1	50,925 50,9	23	8,5	10	14,955 14,925	—	1400,0	2,0	1800
Д-30	1	48,0	32,0	8,0	8	32,0	—	1500,0	2,0	1600
Д-35	1	35,75	24,75	5,5	11	36,0	—	1500,0	2,0—3,0	1520
Д-37	1	48,0	32,0	8,0	8	32,0	—	1500,0	2,0—3,0	1600
Д-48	1	42,2 42,165	2,90	6,5	11	35,925 35,98	—	1500,0	2,0	1920
Д-54	1	51,0	31,0	10,0	10	36,0	—	1500,0	2,5	2000
СМД-7	1	59,38 59,355	42,0	8,5	12	36,075 35,985	—	2450	1,5—2,5	1300
Д-75	1	51,0	31,0	10,0		36,07	—	1500	2,5	2000
СМД-14	1	59,38 59,355	42,0	8,5	12	36,075 35,985	—	3000	1,0—2,5	1440
КДМ-46	1	48,0	32	8,0	10	32,0	—	1000	1,7—2,7	500
6КДМ-50	1	48,0	32	8,0	10	32,0	—	1000	1,7—2,7	500
ЯАЗ-204	1	42,5	25,5	8,5	8	36,5	—	1720	4,2	2000
ЯАЗ-206	1	42,5	25,5	8,5	8	36,5	—	1720	4,2	2000
Д-6	3	54,0	34,0	10,0	10	30,0	30,0	3540	6,5	1500
ЯМЗ-236	2	42,5	22,5	10,0	8	40,0	10,0	1500	6,0	2940
ЯМЗ-238	2	42,5	22,5	10,0	8	40,0	10,0	1500	6,0	2940
ЯМЗ-240	2	42,5	22,5	10,0	8	40,0	10,0	1500	6,0	2940
Д-12А	3	54,0	34,0	10,0	10	30,0	30,0	3540	6,5	1500
Д-12-525	3	54,0	34,0	10,0	10	30,0	30,0	4740	6,5	2000
УД-1	1	21,0	15,0	3,3	12	10,0	—	222,0	0,5	3000
УНД-5	1	21,0	15,0	3,3	12	10,0	—	222,0	3,0	3000

Продолжение табл. 56

Марка двигателя	Число секций	Диаметры шестерен в мм		Высота зуба в мм	Число зубьев	Длина зуба шестерен в мм		Производительность в л/ч	Давление в системе ¹ в кг/см ²	Число оборотов в минуту
		наружный	внутренний			основной секции	дополнительной секции			
УД-2	1	21,0	15,0	3,3	12	10,0	—	222,0	0,5	3000
УНД-7	1	21,0	15,0	3,3	12	10,0	—	222,0	3,0	3000
УНД-10	1	21,0	15,0	3,3	12	10,0	—	222,0	3,0	3000

¹ Давление, ограничиваемое редукционным клапаном.

ТАБЛИЦА 57

Центрифуги

Марка двигателя	Тип ¹	Диаметр в мм			Число сопел	Высота ротора в мм	Расстояние между соплами в мм	Число оборотов в об/мин	Производительность в л/мин
		сопла	ротора	оси					
МеМЗ-965	М	—	115	—	—	34	—	4000	6,3
ГАЗ-13	Р	1,75	100	14,5	2	85	65	6500	6,7
ЗИЛ-111	Р	1,75	105	15,25	2	117	56	5000	7,5
ГАЗ-66	Р	1,75	100	14,5	2	85	65	6500	6,7
ГАЗ-41	Р	1,75	100	14,5	2	85	65	6500	6,7
Урал-5М	Р	1,75	100	14,5	2	80	65	5000	7,0
ЗИЛ-130	Р	1,75	105	15,25	2	117	56	5000	7,5
ЗИЛ-375	Р	1,75	105	15,25	2	117	56	5000	7,5
Д-20	Р	1,75	110	16,8	2	101	70	6000	7,0
Д-30	М	7,3	122	24,5	8	77	—	4000	25,0
Д-37	М	7,3	122	24,5	8	77	—	4000	25,0
Д-54	Р	1,75	110	16,8	2	100	76	5000	7,2
Д-75	Р	1,75	110	16,8	2	100	76	5000	7,2

Продолжение табл. 57

Марка двигателя	Тип ¹	Диаметр в мм			Число сопел	Высота ротора в мм	Расстояние между соплами в мм	Число оборотов в об/мин	Производительность в л/мин
		сопла	ротора	оси					
СМД-7	Р	1,75	110	16,8	2	101	76	6000	7,8
СМД-14	Р	1,75	110	16,8	2	101	76	6000	7,8
ЯМЗ-236	Р	1,75	115	16,0	2	100	80	6000	10,0
ЯМЗ-238	Р	1,75	115	16,0	2	100	80	6000	10,0
ЯМЗ-240	Р	1,75	115	16,0	2	100	80	6000	10,0

¹ Р — реактивная; М — с механическим приводом.

§ 28. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Теплообмен между газами и деталями двигателя является одним из важнейших и сложных процессов. Этот процесс в значительной мере определяет динамические и экономические показатели работы двигателя и его надежность.

При работе двигателя большое количество тепла идет на нагрев деталей, вследствие этого температура деталей, соприкасающихся с газами, довольно высокая.

Высокая температура деталей цилиндрово-поршневой группы может привести к возникновению детонации, к пригоранию масла, к снижению наполнения и высоким износам трущихся поверхностей.

Снижение температуры деталей достигается за счет искусственного отвода тепла от них и передачи его непосредственно воздуху или жидкости.

По типу используемого охлаждающего реагента системы охлаждения делятся на две группы: жидкостная, воздушная.

В обеих этих системах подвод охлаждающего воздуха к теплообменнику может быть осуществлен вентилятором или эжектором.

В качестве жидкого охлаждающего реагента чаще всего используется вода. В двигателях спортивных и гоночных автомобилей охладителем деталей может быть масло.

В зависимости от типа и назначения двигателя система охлаждения должна обеспечивать: эффективный отвод тепла от деталей цилиндрово-поршневой группы; быстрый и равномерный прогрев двигателя при пуске; герметичность рубашек цилиндра у жидкостной системы охлаждения; регулирование количества отводимого тепла на всех режимах работы двигателя; минимальные габариты и вес системы; технологичность изготовления; простоту обслуживания и ремонта.

Преимущества и недостатки системы жидкостного охлаждения.

Системы жидкостного охлаждения имеют наибольшее распространение в двигателях внутреннего сгорания вследствие ряда преимуществ: высокой жесткости корпуса двигателя; высокой эффективности за счет интенсивной замкнутой циркуляции воды; относительно быстрого и равномерного прогрева двигателя; небольшой мощности на привод агрегатов системы; автоматичности работы на всех режимах двигателя; возможности форсирования двигателя без переделки системы охлаждения; технологичности изготовления.

Система жидкостного охлаждения имеет ряд недостатков: увеличивает вес двигателя; большие затраты на обслуживание и ремонт

в эксплуатации; сложность герметизации рубашки системы.

Преимущества и недостатки системы воздушного охлаждения.

Преимущества воздушного охлаждения связаны в основном с простотой обслуживания и надежностью, а также с уменьшением веса двигателя и возможностью размещения двигателя в любом месте машины.

Система воздушного охлаждения имеет ряд существенных недостатков: сложность изготовления ребер цилиндра; меньшая жесткость корпуса двигателя; высокие затраты мощности на привод воздухоудвки; низкие пусковые качества двигателя; высокая шумность работы.

Расчет системы охлаждения производится в 3 этапа: определение количества тепла, отводимого в систему охлаждения; определение емкости жидкостной системы охлаждения и поверхности ребер охлаждения; расчет приборов охлаждения.

Количество тепла, отводимого системой охлаждения

Основной величиной, по которой рассчитывают большинство приборов, является количество тепла, отводимого системой охлаждения.

Величина ее определяется аналитическим путем по величине тепла израсходованного топлива

$$\left. \begin{aligned} Q_m &= G_u H_u \text{ ккал/ч} \\ \text{или} \quad Q_m &= g_e N_e H_u \text{ ккал/ч.} \end{aligned} \right\} \quad (245)$$

Зная величину Q_m , легко подсчитать количество тепла, отведенное в систему охлаждения,

$$Q_0 = Q_m q_0 \text{ ккал/ч}, \quad (246)$$

где $q_0 = 0,2 \div 0,3$ — доля тепла, отводимая в систему охлаждения.

Практически величину тепла, отводимого в систему охлаждения, удобнее рассчитывать по величине удельного теплоотвода

$$q_N = \frac{Q_0}{N_e} \text{ ккал/л. с.} \quad (247)$$

Для быстроходных поршневых двигателей величина удельного теплоотвода колеблется в пределах 400—1100 ккал/л. с.

Расчет емкости системы охлаждения и поверхности охлаждающих ребер

Величина емкости системы охлаждения рассчитывается по емкости, приходящейся на единицу мощности двигателя,

$$V_{жс} = v_{уд} N_e \text{ л.} \quad (248)$$

Значение удельной емкости у двигателей колеблется в пределах

$$v_{уд} = 0,27 \div 1,6 \text{ л/л. с.}$$

Поверхность воздушного охлаждения определяется, исходя из величины тепла, отводимого в систему охлаждения,

$$F = \frac{Q_0}{k (t_{cp} - \tau_{cp})} \text{ м}^2, \quad (249)$$

где k — коэффициент теплопередачи;

t_{cp} — средняя температура цилиндра;

$\tau_{cp} = 40 \div 50^\circ \text{С}$ — средняя температура охлаждающего воздуха.

Аналитический расчет величины коэффициента теплоотдачи сложен, его определяют графически в зависимости от скорости воздуха, охлаждающего цилиндр. Скорость воздуха принимается в зависимости от диаметра цилиндра.

Диаметр цилиндра в мм . . .	75	100	150
Скорость воздуха в м/сек . . .	17,5	22	31

В зависимости от скорости воздуха, омывающего цилиндр, определяется коэффициент теплоотдачи.

Скорость воздуха в м/сек	10	20	30	40
Коэффициент теплоотдачи в ккал/м ² ·ч·град	50—100	95—216	120—280	160—350

При упрощенном расчете поверхности охлаждающих ребер пользуются величиной удельной поверхности f_N , приходящейся на 1 л. с. мощности. Для выполненных

конструкций

$$f_N = 290 \div 655 \text{ см}^2/\text{л. с.} \quad (250)$$

Вся поверхность охлаждения F разбивается на поверхность охлаждения головки F_1 и поверхность охлаждения цилиндра F_2
 $F_1 = 0,66F \text{ м}^2, F_2 = 0,33F \text{ м}^2. \quad (251)$

Расчет приборов системы охлаждения

В системе охлаждения двигателя подвергаются расчету следующие приборы: вентилятор, радиатор, водяной насос, трубопроводы.

Расчет вентилятора заключается в определении его производительности и увязке ее с конструктивными параметрами.

Количество воздуха, проходящее через радиатор, должно обеспечить отвод количества тепла в системе охлаждения

$$G_L = \frac{Q_0}{c_p \Delta t} \text{ кг/ч}, \quad (252)$$

где c_p — теплоемкость воздуха;
 Δt — нагрев воздуха при проходе его через радиатор.

Уравнение можно преобразовать к виду

$$G_L = \frac{q_N N_e}{c_p \Delta t} \text{ кг/ч.} \quad (253)$$

Обозначим

$$q_L = \frac{q_N}{c_p \Delta t},$$

где q_L — величина удельного расхода воздуха.

Формула производительности вентилятора примет простой вид

$$G_L = q_L N_e \text{ кг.} \quad (254)$$

Величина удельной производительности зависит от средней скорости движения автомобиля.

Зависимость удельной производительности от скорости автомобиля приведена ниже.

Скорость автомобиля
в км/ч.

25 50 75 100 125

Удельная
производительность
в кг/л. с.

136—200 160—210 94—180 83—150 75—135

Мощность, потребляемая вентилятором,

$$N_e = \frac{1}{75\eta_e} \left(\Delta p + \frac{\omega^2 \gamma'_e}{2g} \right) V_L \text{ л. с.} \quad (255)$$

где $\eta_e = 0,4 \div 0,6$ — к. п. д. вентилятора;
 $\Delta p = 50 \div 60 \text{ мм вод. ст.}$ — статический напор;
 $\omega = 10 \div 20 \text{ м/сек}$ — скорость воздуха в радиаторе.

По заданной мощности размеры вентилятора могут быть определены из выражения

$$(R^4 - r^4) b z \sin^2 \theta n_e^3 = N_e 2 \cdot 10^6, \quad (256)$$

где R — радиус лопастей;
 r — радиус ступицы;
 b — ширина лопасти;
 θ — угол атаки;
 z — число лопастей.

Расчет радиатора сводится к определению поверхности охлаждения

$$F = \frac{Q_0}{k (t_{cp} - \tau_{cp})} \text{ м}^2, \quad (257)$$

где k — коэффициент теплопередачи.

В практических расчетах величина коэффициента теплопередачи определяется в зависимости от скорости воздуха в радиаторе.

Скорость воздуха в м/сек . 10 20 30 40 50
 k в ккал/м²·ч·°С 62 107 148 187 224

Перепад температур в радиаторе принимается по опытным данным

$$(t_{cp} - \tau_{cp}) = 100 - 35 = 65^\circ \text{ С.}$$

Исходя из полученного значения величины поверхности охлаждения определяется лобовая поверхность радиатора. При

заданном лобовом коэффициенте ϕ и глубине радиатора b

$$F_L = \frac{F}{b\phi} \text{ м}^2. \quad (258)$$

Величина лобового коэффициента находится в пределах

$$\phi = 3 \div 60.$$

Лобовая ширина и высота радиатора определяются компоновкой машин.

Данные по некоторым радиаторам приведены ниже.

Марка машины	Удельная поверхность в м ² /л. с.	Лобовая площадь в м ²	Лобовой коэффициент
М-21	0,17	0,2	43
ГАЗ-53	0,21	0,3	55
ЗИЛ-130	0,132	0,28	50
МАЗ-200	0,139	0,37	49
Д-75	0,282	0,4	39
«Москвич-407»	0,158	0,18	28

Расчет водяного насоса сводится к определению размеров крыльчатки и мощности на привод насоса.

Если принять, что количество тепла, отводимого в систему охлаждения, отводится только радиатором, то

$$G_H = G_B \eta_H \text{ кг/ч.} \quad (259)$$

Это количество воды должно перегоняться насосом, при этом насос будет потреблять мощность

$$N_H = \frac{G_H H_H}{75 \eta_H 3600} \text{ л.с.}, \quad (260)$$

где H_H — напор насоса,

$$H_H = \frac{u^2 \eta_h}{g}, \quad (261)$$

u — окружная скорость крыльчатки;
 $\eta_h = 0,7 \div 0,8$ — гидравлический к. п. д.
 Принимая величину напора, найдем размеры крыльчатки

$$d_K = \sqrt{\frac{60u}{\pi n_H}} \text{ м.} \quad (262)$$

Расчет трубопроводов сводится к определению проходного сечения его по условиям допустимой скорости

$$d = \sqrt{\frac{4G_B}{\pi \omega}} \text{ м,} \quad (263)$$

где ω — допустимая скорость, равная 3—6 м/сек.

§ 29. ПРИБОРЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

ТАБЛИЦА 58

Водяные центробежные насосы

Марка двигателя	Диаметры в мм			Число лопаток	Глубина канала в мм	Число оборотов в минуту	Производительность в л/мин
	крыльчатки	ступицы	валика				
МЗМА-400	62,0	29,0	15,0	6	16,0	4750	220,0
МЗМА-407	56,0	21,0	15,0	3	17,0	6500	170,0
М-20	76,0	27	15,988	4/4 ¹	17,0	3780	157,0
М-21	76,0	30,0	17,0	4/4	17,0	4200	174,0

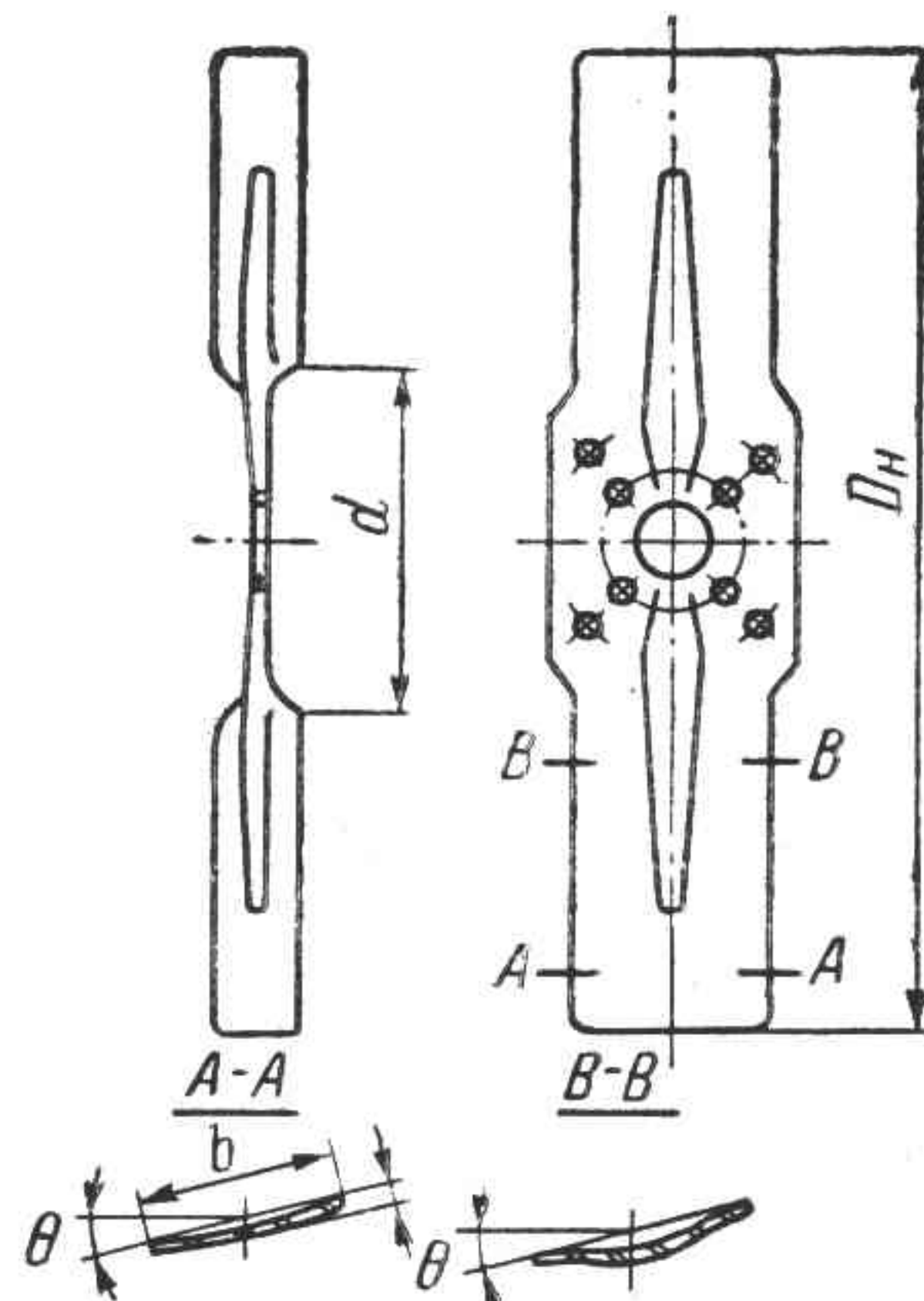
¹ 4 — больших, 4 — малых.

Продолжение табл. 58

Марка двигателя	Диаметры в мм			Число лопаток	Глубина канала в мм	Число оборотов в минуту	Производительность в л/мин
	крыльчатки	стопицы	валика				
ГАЗ-12	76,0	27,0	15,988	4/4	17,0	3860	162,0
ГАЗ-13	100,0	26,0	15,0	8	19,0	4400	288,0
ЗИЛ-110	98,0	44,0	16,0	8	27,0	3530	204,0
ЗИЛ-111	119,0	44,0	17,0	8	20,0	—	—
ЗИЛ-120	105,0	41	17,0	6	28,0	2880	146,0
ГАЗ-51	76,0	27,0	15,988	4,4	17,0	3920	163,0
ГАЗ-66	100,0	26,0	15,0	8	19,0	3250	214,0
ГАЗ-41	100,0	26,0	15,0	8	19,0	3250	214,0
Урал-5М	105,0	41,0	17,0	6,0	28,0	2880	142,0
ЗИЛ-130	119,0	44,0	17,0	8	20,0	3600	214,0
ЗИЛ-375	119,0	44,0	17,0	8	20,0	3600	214,0
Д-20	75,5 73,0	26 0	15,0	8	5,5	2250	242
Д-35	105,0	40,0	15,0	6	24,5	1930	154,0
Д-48	105,0 104,57	40,0	15,0	8	24,5	1930	184,0
Д-54	110,0	40,0	23,0	8	20,5	1800	167,0
СМД-7	100,0	41,0	17,019 16,993	8	21,0	1950	172,0
Д-75	110,0	40,0	23,0	8	20,5	1800	167,0
СМД-14	100,0	41,0	17,019 16,993	8	21,5	1950	172,0
КДМ-46	150,0	64,0	20,0	8	—	1408	234,0
6КДМ-50	150,0	64,0	20,0	8	—	1408	234,0
ЯАЗ-204	80,0	24,0	16,0	6	25,7	3800	300,0
ЯАЗ-206	80,0	24,0	16,0	6	25,7	3800	300,0
Д-6	128,0	62,0	—	6	20,0	1930	417,0
ЯМЗ-236	90,0	43,0	14,0	6	15,0	3850	300,0
ЯМЗ-238	90,0	43,0	14,0	6	15,0	3850	300,0
ЯМЗ-240	90,0	43,0	14,0	6	15,0	3850	300,0
Д-12А	128,0	62,0	—	6	20,0	1930	417,0
Д-12-525	128,0	62,0	—	6	20,0	2550	550,0

ТАБЛИЦА 59

Вентиляторы



Марка двигателя	Диаметры в мм		Ширина лопасти b в мм	Угол атаки θ в град	Число лопастей	Число оборотов в минуту ¹
	наружный D_n	ступицы d				
МЗМА-400	320,0	70,0	70,0	14	—	4750
МЗМА-407	312,0	96,0	70,0	27,0	4	650
МеМЗ-965	204,0	126,0	95,0	45,0	7	5720
М-20	380,0	130,0	76,0	23,0	4	3780
М-21	406,0	116,0	76,0	30,0	4	4200
ГАЗ-12	435,0	130,0	88,0	24,0	4	3860
ГАЗ-13	458,0	126,0	82,0	30,0	6	4400
ЗИЛ-110	470,0	—	111	5,25	5	3530
ЗИЛ-111	485,0	126,0	95,0	30,0	6	—
ЗИЛ-120	510,0	156,0	82,0	42,0	4	2880
ГАЗ-51	450,0	110,0	88,0	28,5	4	3920
ГАЗ-66	458,0	126,0	82,0	30,0	6	3250
ГАЗ-41	458,0	126,0	82,0	30,0	6	3250
Урал-5М	510,0	150,0	82,0	42,0	4	3450
ЗИЛ-130	485,0	126,0	95,0	30,0	6	3600
ЗИЛ-375	485,0	126,0	95,0	30,0	6	3600
Д-16	190,0	85,0	45,5	16,67	20	3900

Продолжение табл. 59

Марка двигателя	Диаметры в мм		Ширина лопаток в мм	Угол атаки θ в град	Число лопастей	Число оборотов в минуту ¹
	наружный D_n	ступицы d				
Д-20	340,0	100,0	76,0	38,0	2	2250
Д-30	295,5	156,0	60,5	23,0	8	4000
Д-35	540,0	152,0	100,0	35,0	6	1930
Д-37	295,5	156,0	60,5	23,0	8	4000
Д-48	580,0	130,0	100,0	35,0	4	1930
Д-54	570,0	170,0	105,0	30,0	4	1800
СМД-7	540,0	137,0	60,0	32,0	4	1950
Д-75	570,0	170,0	105,0	30,0	4	1800
СМД-14	540,0	137,0	60,0	32,0	6	1950
КДМ-46	650,0	206,0	152,0	30,0	6	1408
6КДМ-50	650,0	206,0	152,0	30,0	6	1408
ЯАЗ-204	468,0	—	96,0	30,0	6	2690
ЯАЗ-206	468,0	—	96,0	30,0	6	3800
Д-6	487,0	103,0	65,0	30	6	1950
ЯМЗ-236	560,0	168,0	90,0	30,0	6	2750
ЯМЗ-238	560,0	168,0	90,0	30,0	6	2750
ЯМЗ-240	560,0	168,0	90,0	30,0	6	—
Д-12А	584,0	280,0	77,0	30,0	12	1950
Д-12-525	584,0	280,0	77,0	30,0	12	2550
УД-1	254,0	165,0	44,0	38,5	20	3000
УНД-5	248,0	114,0	70,0	38,5	11	3000
УД-2	—	165,0	44	38,5	20	3000
УНД-7	248,0	114,0	70,0	38,5	11	3000
УНД-10	248,0	114,0	70,0	38,5	11	3000

¹ При максимальной мощности двигателя.

§ 30. ПРИБОРЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ТАБЛИЦА 60

Прерыватели — распределители

Марка двигателя	Марка прерывателя-распределителя	Направление вращения	Число размыканий за оборот	Максимальное число оборотов	Характеристика автоматов, регулирующих момент зажигания				Вес в кг
					центробежного		вакуумного		
					в диапазоне оборотов в об/мин	угол опережения в град ¹	при изменении разрежения в мм рт. ст.	угол опережения в град ¹	
МЗМА-400	P34	Левое	4	1900	400—1600	0—12	—	—	
МЗМА-407	P35	»	4	2200	500—2200	0—19	100—300	0—8	1,45
МеМЗ-965	P35-B	»	4	2000	500—2000	2—19	100—265	0—6,5	1,13
М-20	P23	Правое	4	1900	300—1900	0—9	100—320	0—7	—
М-21	P23-Б	Левое	4	2200	200—2200	0—20	60—280	0—13	2,55
ГАЗ-12	P20-Б	Правое	6	1900	300—1700	0,2—13	160—440	1—12	—
ГАЗ-13	P13	»	8	2500	200—2500	0—16	80—440	0—9,5	2,5
ЗИЛ-110	P22	Левое	8	1900	400—1500	10—11,5	220—420	0,5—5	2,0
ЗИЛ-111	P4	Правое	8	2500	500—2500	3—14,5	100—350	0—6	2,5
ЗИЛ-120	P21-A	»	6	1500	200—1900	0—10	100—400	0—9	2,3
ГАЗ-51	P20	»	6	1900	300—1700	0,2—13	100—400	1—12	2,1
ГАЗ-66	P11	Левое	8	1900	200—2000	0—16	10—110	0—12	2,1
ГАЗ-41	P11	»	8	1900	200—2000	0—16	10—110	0—12	2,1
Урал-5М	P32	Правое	6	1300	200—1300	0—10	100—400	0—9	2,3
ЗИЛ-130	P4-B	»	8	2000	500—2000	5—22	80—250	0—9,5	2,5
ЗИЛ-375	P102	»	8	2400	400—3500	0—13,5	100—350	0—6	2,5

¹ В градусах поворота распределительного вала.

¹ В градусах поворота распределительного вала.

ТАБЛИЦА 61

Катушки зажигания и свечи

Марка двигателя	Марка катушки	Номинальное напряжение в в	Бесперебойная работа на разрядник 7 мм		Вес катушки в кг	Искровая свеча	
			при угле замкнутого состояния в град	при числе оборотов распределителя в об/мин		Марка	Резьба
МЗМА-400	Б28	6	43	2200	0,8	CH24-Г	M14×1,25
МЗМА-407	Б7	12	43	2200	1,1	CH24-Г	M14×1,25
МеМЗ-965	Б7	12	43	2200	1,1	CH201	M14×1,25
М-20	Б7	12	43	2200	1,1	CH2-A	M18×1,5
М-21	Б7	12	43	2200	1,18	CH25-A	M14×1,25
ГАЗ-12	Б7	12	43	2200	1,1	CH26-A	M18×1,5
ГАЗ-13	Б13	12	30	2500	0,83	CH304	M14×12,5
ЗИЛ-110	Б15	6	—	—	—	—	M10×1,0
ЗИЛ-111	Б13	12	30	2500	0,83	CH303	M14×1,25
ЗИЛ-120	Б7	12	39	1900	1,1	CH26-B	M14×1,25
ГАЗ-51	Б21; Б7	12	39	1900	1,1	CH4-ЕДГ	M18×1,5
ГАЗ-66	Б7	12	39	1900	1,1	CH26-BГ	M14×1,25
ГАЗ-41	Б7	12	39	1900	1,1	CH26-BГ	M14×1,25
Урал-5М	Б7	12	39	1900	1,1	CH4-ЕГ	M18×1,5
ЗИЛ-130	Б13	12	30	2500	0,83	CH304	M14×1,25
ЗИЛ-375	Б102-Б	12	30	2500	1,2	CH307	M14×1,25

Генераторы

ТАБЛИЦА 62

Марка двигателя	Марка генератора	Мощность в <i>вт</i>	Номинальное напряжение в <i>в</i>	Номинальный ток в <i>а</i>	Начальное число оборотов в холодном состоянии в <i>об/мин</i>		Максимальное число оборотов в минуту	Ток в режиме электродвигателя (холостой ход)	Вес в <i>кг</i>
					при холостом ходе	при номинальном токе			
МЗМА-400	Г29	120	6	20	1200	2400	7500	5	7,0
МЗМА-407	Г22	200	12	16	1550	2400	7500	5	7,1
МеМЗ-965	Г114	160	12	13	1800	3000	7200	5	4,8
М-20	Г112	225	12	18	900	1600	7500	5	9,8
М-21	Г12	250	12	20	940	1750	7500	5	11,0
ГАЗ-12	Г111	350	12	18	825	1450	7520	5	12,5
ГАЗ-13	Г101	400	12	32	1500	2350	9500	7	12,3
ЗИЛ-110	Г16	210	6	35	900	1600	7500	5	12,5
ЗИЛ-111	Г8-В	440	12	35	1450	1900	7500	12	11,8
ЗИЛ-120	Г12-В	225	12	18	825	1450	4000	5	12,5
ГАЗ-51	Г12-Г	250	12	18	825	1600	4200	5	9,8
ГАЗ-66; ГАЗ-41	Г101; Г130	400	12	32	1500	2350	9500	7	12,3
Урал-5М	Г21-Б	220	12	18	825	1450	4000	5	12,5
ЗИЛ-130	Г130	350	12	28	1450	2500	5700	6	11,0
ЗИЛ-375	Г51	440	12	35	1450	1900	5600	12	14,5
Д-16; Д-20	Г80	120	12	10	—	950	—	5	7,4
Д-30; Д-37; Д-48	Г81	150	12	12	—	950	—	5	7,4
Д-35	Г31-А2	60	6	10	1450	2300	5700	6,5	6,5
Д-54	Г46-В	180	12	15	1900	3000	4000	—	7,4
СМД-7; Д-75; СМД-14	Г214	190	12	15	1900	2500	4000	5	7,5
КДМ-46; 6КДМ-50	Г66	240	12	20	—	950	—	7	22,3
ЯАЗ-204; ЯАЗ-206	Г8-Г107	450	12	35	1750	1800	3500	8,5	14,5
ЯМЗ-236; ЯМЗ-238; ЯМЗ-240	Г107-Б	400	24	16	1750	1800	3500	7,5	14,5
Д-12А; Д-12-525; Д-6	Г731	1500	24	52	650	1550	4000	18	44,0

ТАБЛИЦА 63

Реле-регуляторы

Марка двигателя	Марка регулятора	Количество элементов в реле-регуляторе	Рабочее напряжение регулятора при $+20^{\circ}\text{C}$ в в	Номинальный ток нагрузки в а	Вес реле-регулятора в кг
МЗМА-400	РР29	2	6,2—7,2	13	1,1
МЗМА-407	РР24-Б	3	13,2—14,8	15—17	0,82
МеМЗ-965	РР109	2	12,2—13,2	13	0,52
М-20; М-21; ЗИЛ-120; ГАЗ-51	РР24	3	13,8—14,6	19—21	0,82
ГАЗ-12	РР111-П	3	13,8—14,6	19—21	0,82
ГАЗ-13	РР101	3	13,8—14,6	32 ± 1	0,85
ЗИЛ-110; ЗИЛ-111	РР8-Б	4	13,8—14,6	25—39	2,8
ГАЗ-66; ГАЗ-41; ЗИЛ-130	РР130	3	13,8—14,8	$28 \pm 1,5$	0,9
Урал-5М	РР24-Г	3	13,8—14,6	19—21	0,82
ЗИЛ-375	РР51	4	13,7—15,7	35 ± 2	3,8
Д-16; Д-20	РР80-Б	3	13,8—14,8	14—16	1,1
Д-30; Д-37	РР-81	3	13,8—14,8	14—16	1,1
СМД-7; Д-75; СМД-14	РР81-Д	3	13,8—14,8	14—16	1,1
ЯАЗ-204; ЯАЗ-206	РР107	3	27,4—30,2	15—17	1,6
ЯМЗ-236; ЯМЗ-238; ЯМЗ-240	РР107	3	27,4—30,2	15—17	1,6
Д-12А Д-12-525; Д-6	РРТ30	5	27,4—29	51—59	9

ТАБЛИЦА 64

Стартеры

Марка двигателя	Марка стартера	Мощность в л. с.	Номинальное напряжение в в	Максимальная мощность при $n=0$ в л. с.	Ток при полном торможении в а	Число оборотов якоря при холостом ходе в об/мин	Ток при холостом ходе в а	Вес стартера в кг
МЗМА-400; МЗМА-407	СТ4	0,6	12	0,9	285	5 000	45	6,0
МеМЗ-965	СТ114	0,6	12	0,9	285	5 000	45	5,3
М-20	СТ20	1,3	12	1,6	600	5 000	75	11,5
М-21	СТ21	1,5	12	1,6	525	7 500	70	8,5
ГАЗ-12; ГАЗ-51	СТ8	1,3	12	3	600	4 500	75	11,5
ГАЗ-13; ГАЗ-66; ГАЗ-41	СТ101	1,4	12	3	650	3 500	80	12,5
ЗИЛ-110	СТ10	1,2	6,0	3,5	750	2 500	80	17,5
ЗИЛ-111	СТ14	1,4	12	3	650	3 500	80	12,5
ЗИЛ-120	СТ15-Б	1,3	12	3	600	4 500	75	14,0
Урал-5М	СТ15	1,3	12	3	600	4 300	90	14,0
ЗИЛ-130	СТ14-Б	1,4	12	3	650	3 500	80	12,5
ЗИЛ-375	СТ12	1,8	12	3	650	3 500	80	13,0
Д-16; Д-20	СТ80-Б	2,2	12	—	660	10 000	80	—
Д-30; Д-37; Д-48	СТ50	3,5	12	—	1100	6 800	100	—
СМД-7; Д-75; СМД-14	СТ114-Т	0,5	12	0,5	230	8 000	45	4,3
ЯАЗ-204; ЯАЗ-206	СТ25	7	24	6	1100	7 000	80	—
ЯМЗ-236; ЯМЗ-238; ЯМЗ-240	СТ103	7	24	6	800	5 000	110	34,6
Д-12А; Д-6	СТ16-М	15	24	19	2000	5 500	115	48
Д-12-525	СТ710	15	24	19	2000	5 500	145	48

ТАБЛИЦА 65

Аккумуляторные батареи

Марка двигателя	Марка аккумулятора	Напряжение в в	Разрядный ток при 10-часовом разряде в а	Емкость при 10-часовом разрядном режиме в а-ч	Стартерный разрядный режим					Вес в кг
					Ток в а	Время разряда в мин		Емкость в а-ч		
						при +30° С	при —18° С	при +30° С	при —18° С	
МЗМА-400	3СТ-60	6	6,0	60	180	5,5	2,25	16,5	6,7	15,2
МЗМА-407	6СТ-42	12	4,2	42	126	5,5	2,25	11,5	4,7	18,8
МеМЗ-965	6СТ-28	12	2,8	28	85	5,5	2,25	—	—	14,4
М-20; М-21	6СТ-54	12	5,4	54	160	5,5	2,25	14,6	6	24,7
ГАЗ-12; ГАЗ-51	3СТ-70	12	7,0	70	210	5,5	2,25	19,2	7,8	20,2
ГАЗ-13; ЗИЛ-111; Урал-5М; ЗИЛ-130; ГАЗ-66; ГАЗ-41; Д-16; Д-20	6СТ-68	12	6,8	68	205	5,5	2,25	18,7	7,6	30,4
ЗИЛ-110	3СТ-112	6	11,2	112	335	5,5	2,25	30,7	12,5	28,0
ЗИЛ-120	3СТ-84	6	8,4	84	250	5,5	2,25	22,8	9,3	22
Д-30; Д-37; Д-48; СМД-7; СМД-14; ЯАЗ-204; Д-75; ЯАЗ-206; Д-12А	6СТ-128	12	11,2	112	335	5,5	2,25	30,0	12,0	58
ЯМЗ-236; ЯМЗ-238; ЯМЗ-240	6СТ-165	12	16,5	165	495	5,5	2,25	—	—	—
Д-12-525; Д-6	6СТЭН-140М	12	12,6	126	420	5,5	2,25	35	14	63,5

ГЛАВА VI

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

§ 31. СКОРОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Быстроходный поршневой двигатель может работать при различных числах оборотов от минимального до максимального.

Максимальное допустимое число оборотов ограничивается: условиями качественного протекания рабочего процесса; инерционными усилиями в деталях; снижением коэффициента наполнения; термическими напряжениями в деталях.

Минимальное число оборотов двигателя определяется условиями устойчивой работы двигателя.

На каждом скоростном режиме крутящий момент и мощность двигателя изменяются от нуля до максимального значения, ограниченного одним из параметров, указанных выше.

Графическая зависимость параметров двигателя от числа оборотов довольно полно характеризует работу быстроходного поршневого двигателя.

Мощность и крутящий момент двигателя при данном числе оборотов устанавливают путем настройки органа управления — дросельной заслонки или рейки топливного насоса.

Механическая энергия, вырабатываемая двигателем, используется или генератором, если двигатель приводит его во вращение, или трансмиссией машины. Генератор тока работает при различных числах оборотов. В зависимости от числа оборотов изменяется мощность, потребная на привод генератора.

Если двигатель используется в качестве силовой установки транспортной машины, то число его оборотов пропорционально скорости

движения. От скорости машины зависит сопротивление движению, а значит, и мощность двигателя.

Изображение параметров источника мощности или потребителя ее в координатных осях называется характеристикой.

Зависимость параметров работы двигателя от числа оборотов называется скоростной характеристикой.

В соответствии с ГОСТом 491—55 в число обязательных параметров, изображаемых на скоростной характеристике, в функции от числа оборотов входят: максимальная мощность; максимальный крутящий момент; удельный расход топлива.

На графиках (рис. 83—118) приведены скоростные характеристики двигателя на полной подаче топлива.

Графики скоростных характеристик позволяют: определить максимальную мощность и крутящий момент; определить минимальную мощность; определить мощность и крутящий момент при любом числе оборотов на полной подаче топлива; определить часовой расход топлива при данном режиме; выбрать наиболее экономичный режим; определить среднее эффективное давление; определить эффективный к. п. д. [уравнения (37), (38)]; сравнить двигатели; подобрать потребитель мощности к двигателю и приводной двигатель к потребителю по его характеристике; определить режимы работы потребителя мощности; определить среднее эффективное давление.

В эксплуатационных условиях изменение скоростного режима работы двигателя встречается так же часто, как и изменение нагрузки.

Число оборотов оказывает наиболее сильное влияние на параметры рабочего цикла и на основные показатели работы двигателя. Повышение числа оборотов является одним из наиболее эффективных методов форсирования мощности двигателей.

Вследствие этого знание закономерностей и причин, обуславливающих изменение

Показатели работы двигателя, которые чаще всего исследуются и являются зависимыми переменными скоростной характеристики, следующие: крутящий момент, эффективная мощность, часовой и удельный расход топлива.

Скоростные характеристики могут быть получены при разных положениях органа, регулирующего подачу топлива. В зависимости от этого различаются следующие виды скоростных характеристик:

скоростная характеристика, получаемая при полном открытии дросселя или при полной подаче топлива;

частичная скоростная характеристика, получаемая при любом постоянном положении органа, регулирующего подачу топлива, кроме полной.

Характеристика холостого хода является частным случаем частичной скоростной характеристики, когда эффективная мощность и крутящий момент равны нулю.

По скоростной характеристике ГОСТом 491—55 установлены характерные числа оборотов и их обозначения для двигателей внутреннего сгорания:

максимальное число оборотов n_N — число оборотов коленчатого вала, соответствующее максимальной эффективной мощности по скоростной характеристике;

номинальное число оборотов n_n — число оборотов коленчатого вала, указанное заводом-изготовителем для номинальной мощности;

число оборотов коленчатого вала, соответствующее максимальному значению крутящего момента двигателя по скоростной характеристике при полном открытии дросселя или полной подаче топлива, n_m ;

число оборотов коленчатого вала, соответствующее минимальному удельному расходу топлива по скоростной характеристике при полностью открытом дросселе или полной подаче топлива, n_{d_e} ;

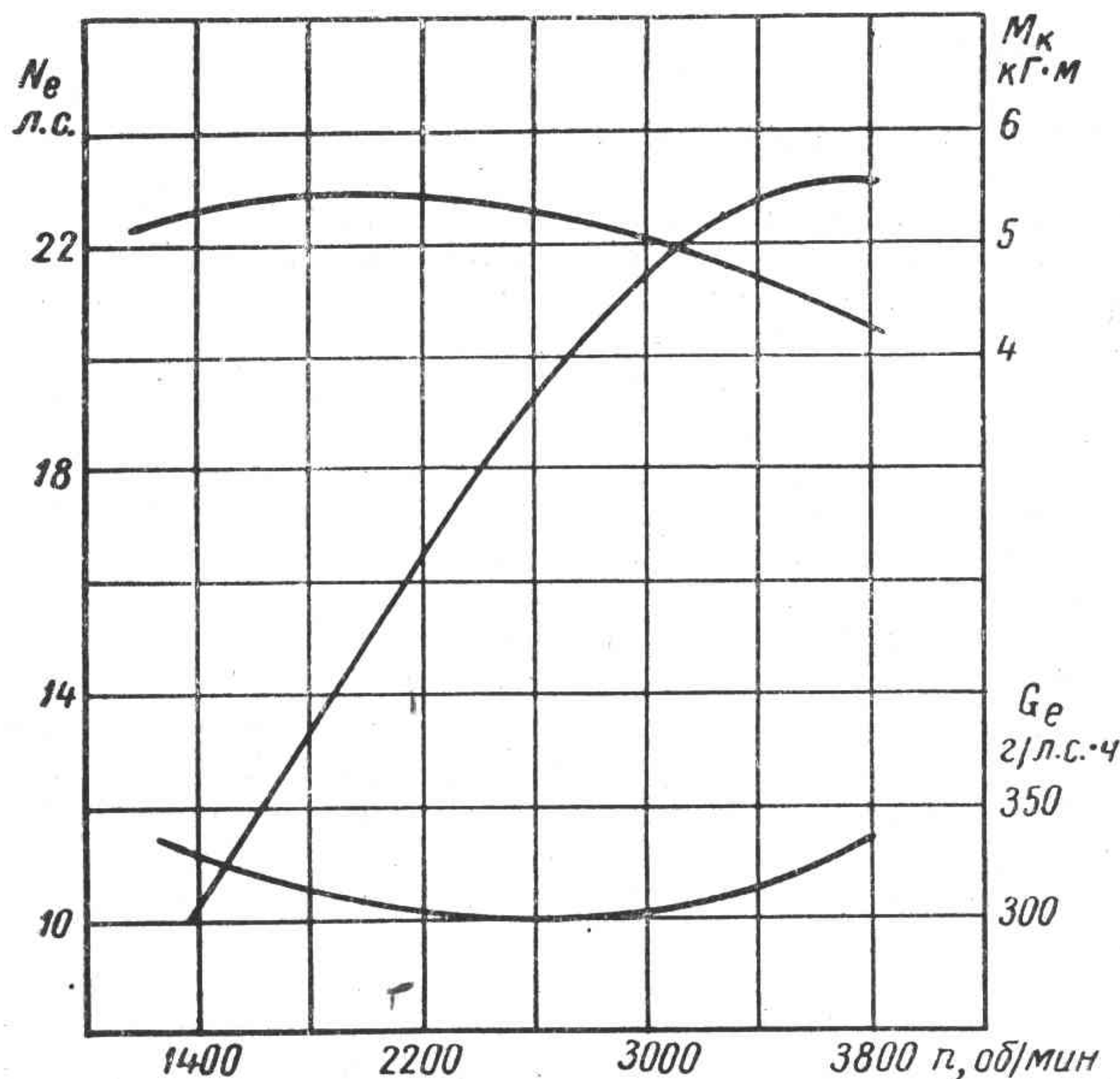


Рис. 83. Скоростная характеристика двигателя МЗМА-400

основных параметров рабочего цикла и показателей работы двигателя в функции числа оборотов, дает возможность определить наиболее эффективные способы улучшения его работы.

Скоростная характеристика может быть получена при следующих условиях:

независимой переменной, в функции которой рассматривается изменение основных показателей работы двигателя, является число оборотов;

константой характеристики служит положение органов, управляющих подачей топлива.

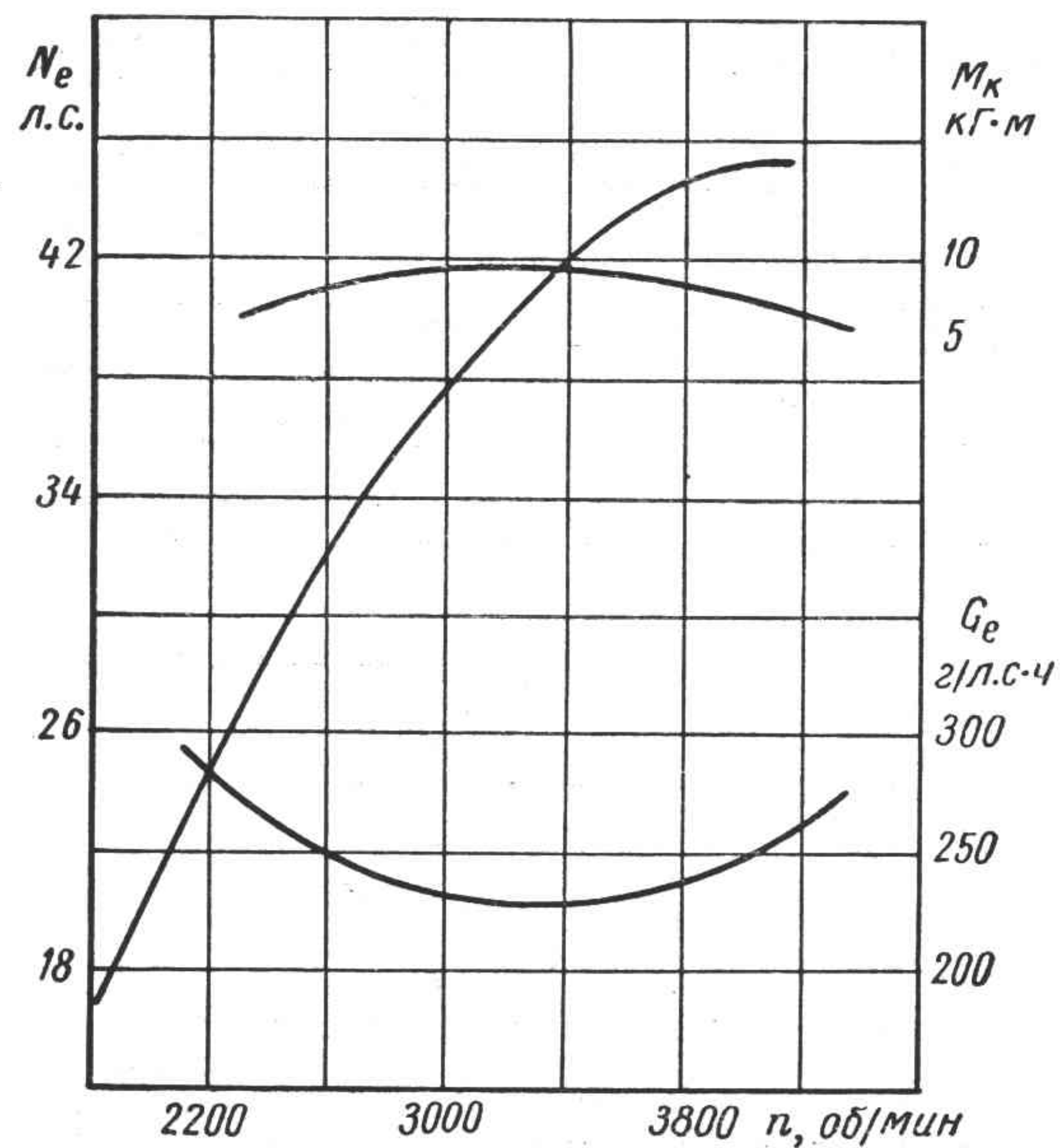


Рис. 84. Скоростная характеристика двигателя МЗМА-407

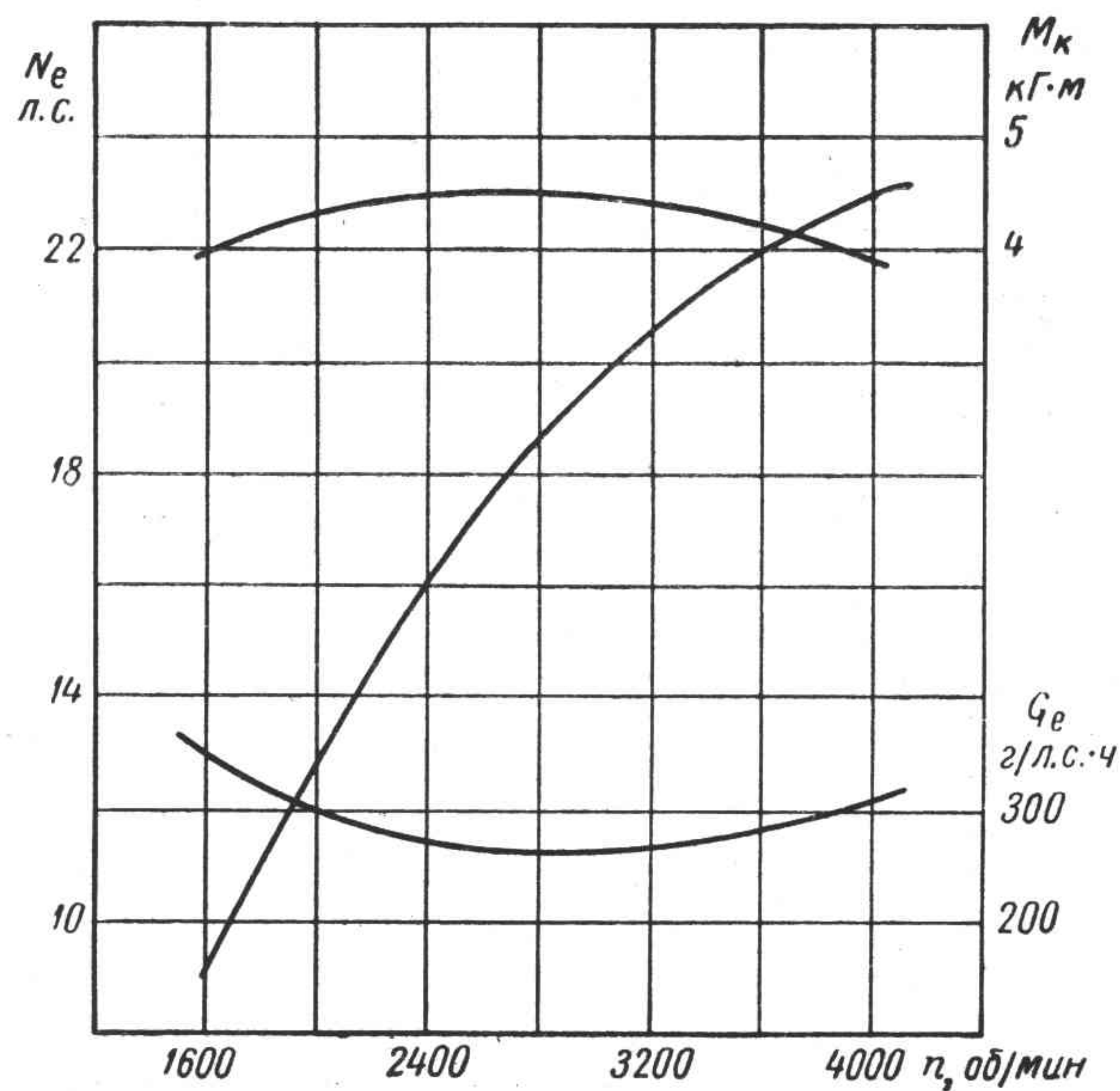


Рис. 85. Скоростная характеристика двигателя MeM3-965

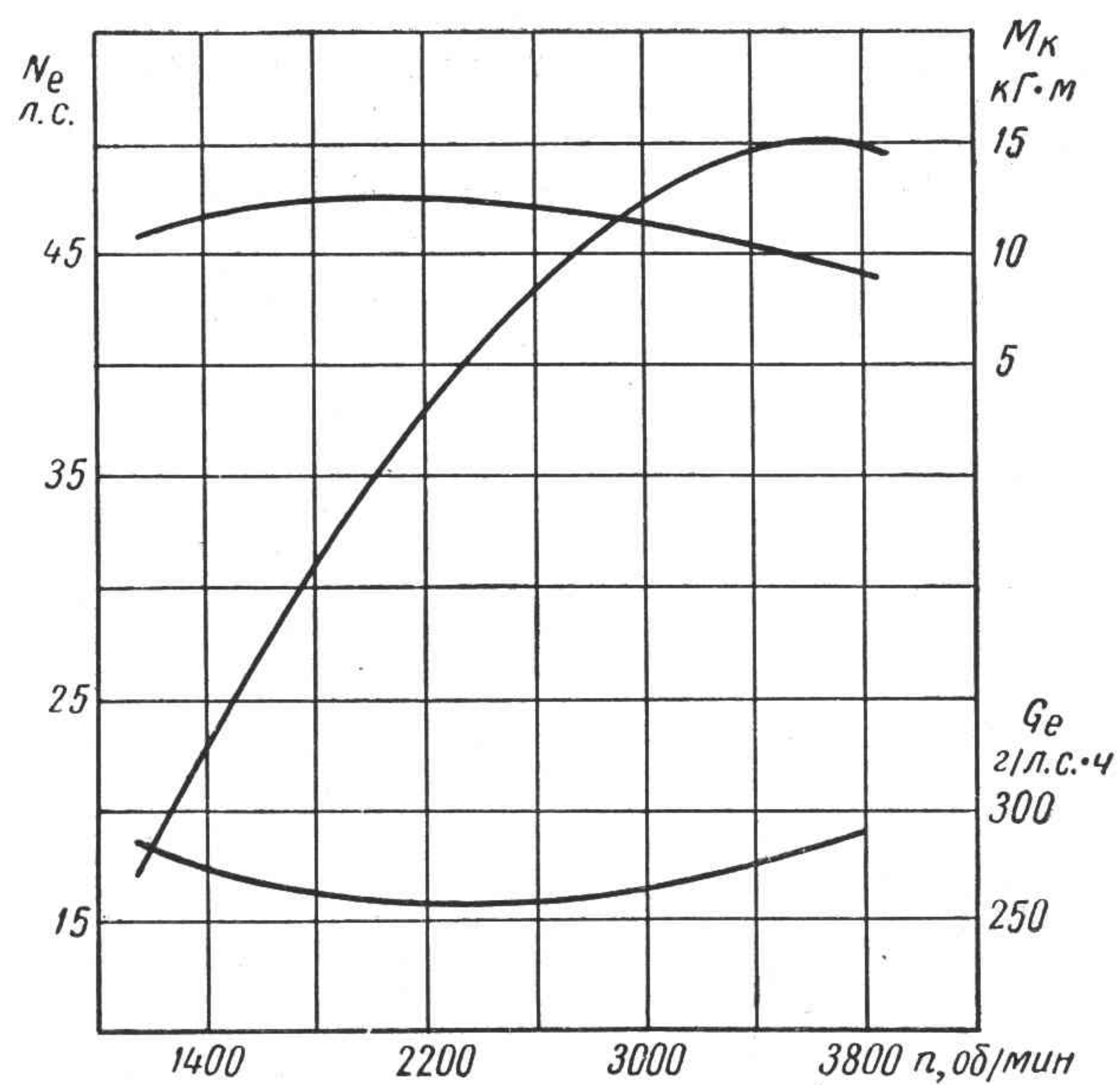


Рис. 86. Скоростная характеристика двигателя М-20

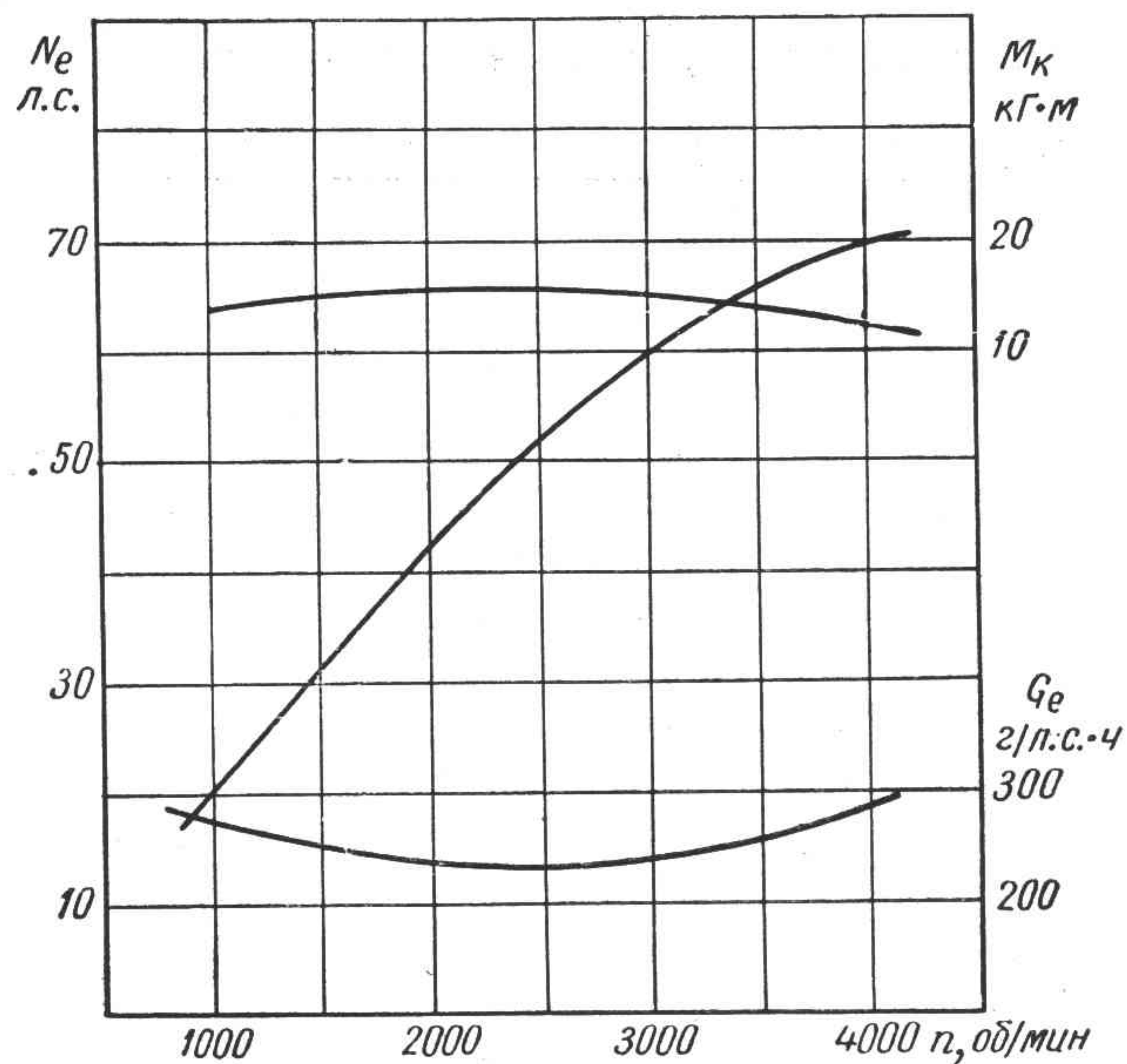


Рис. 87. Скоростная характеристика двигателя М-21

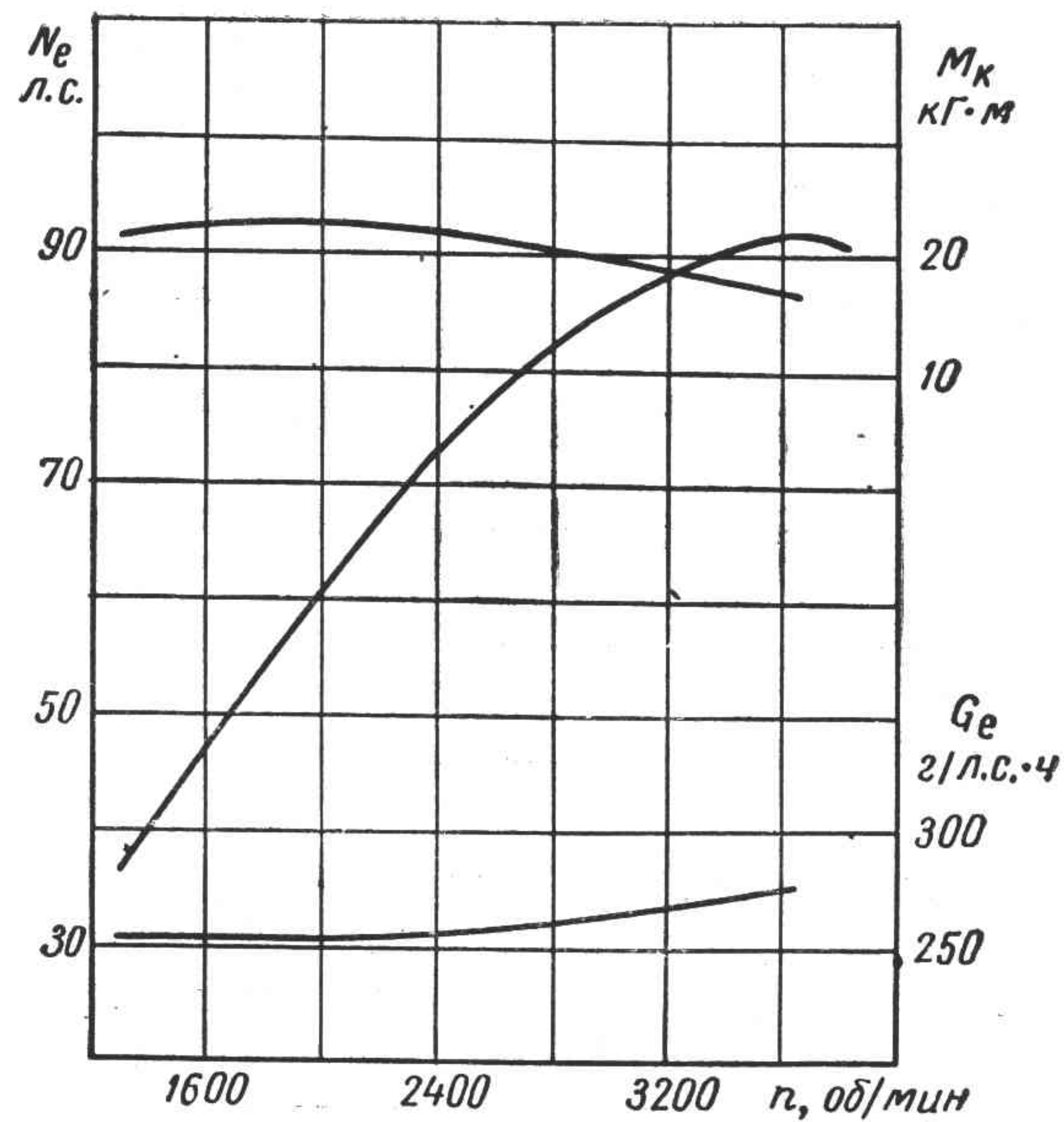


Рис. 88. Скоростная характеристика двигателя ГАЗ-12

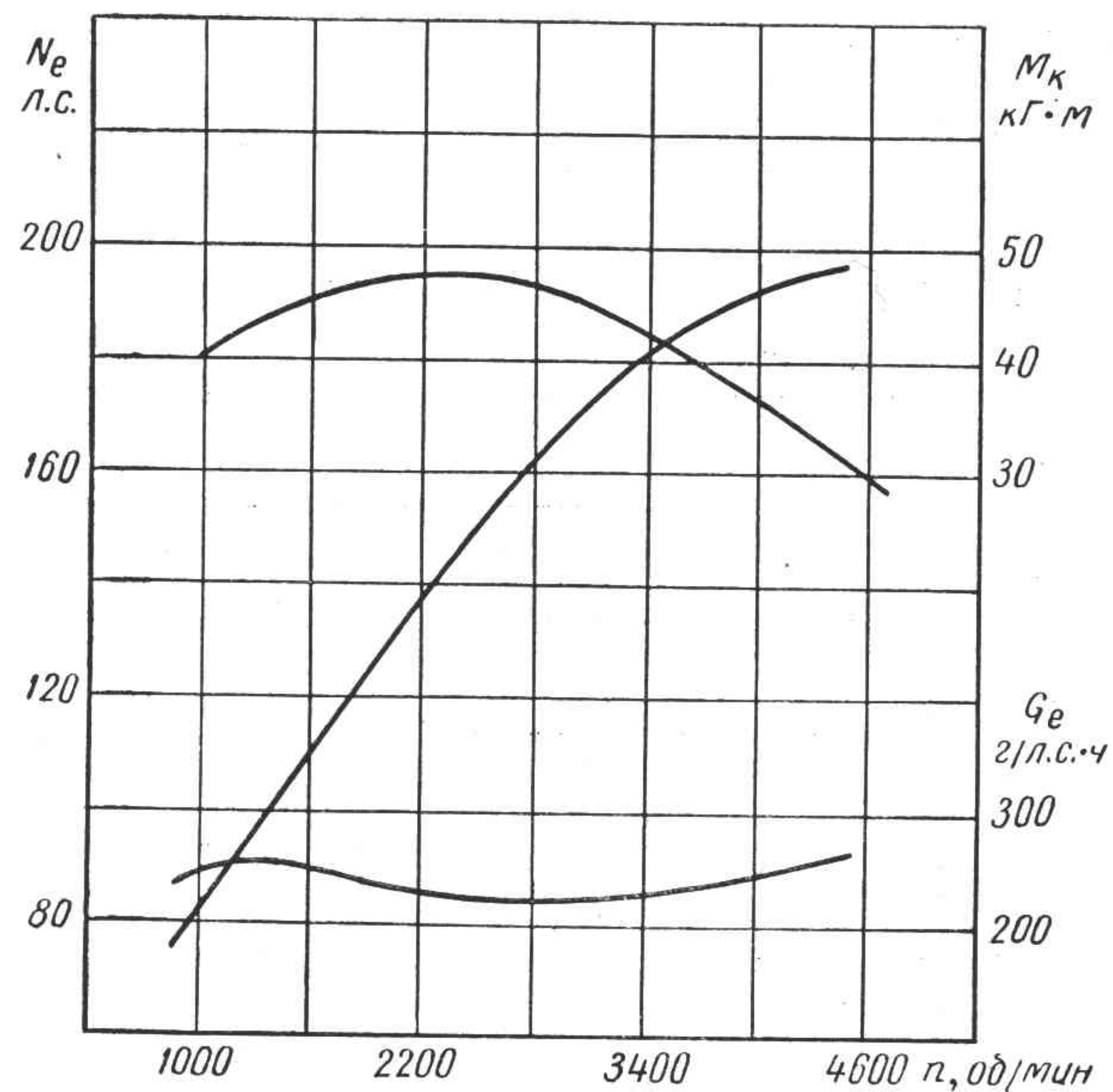


Рис. 89. Скоростная характеристика двигателя ГАЗ-13

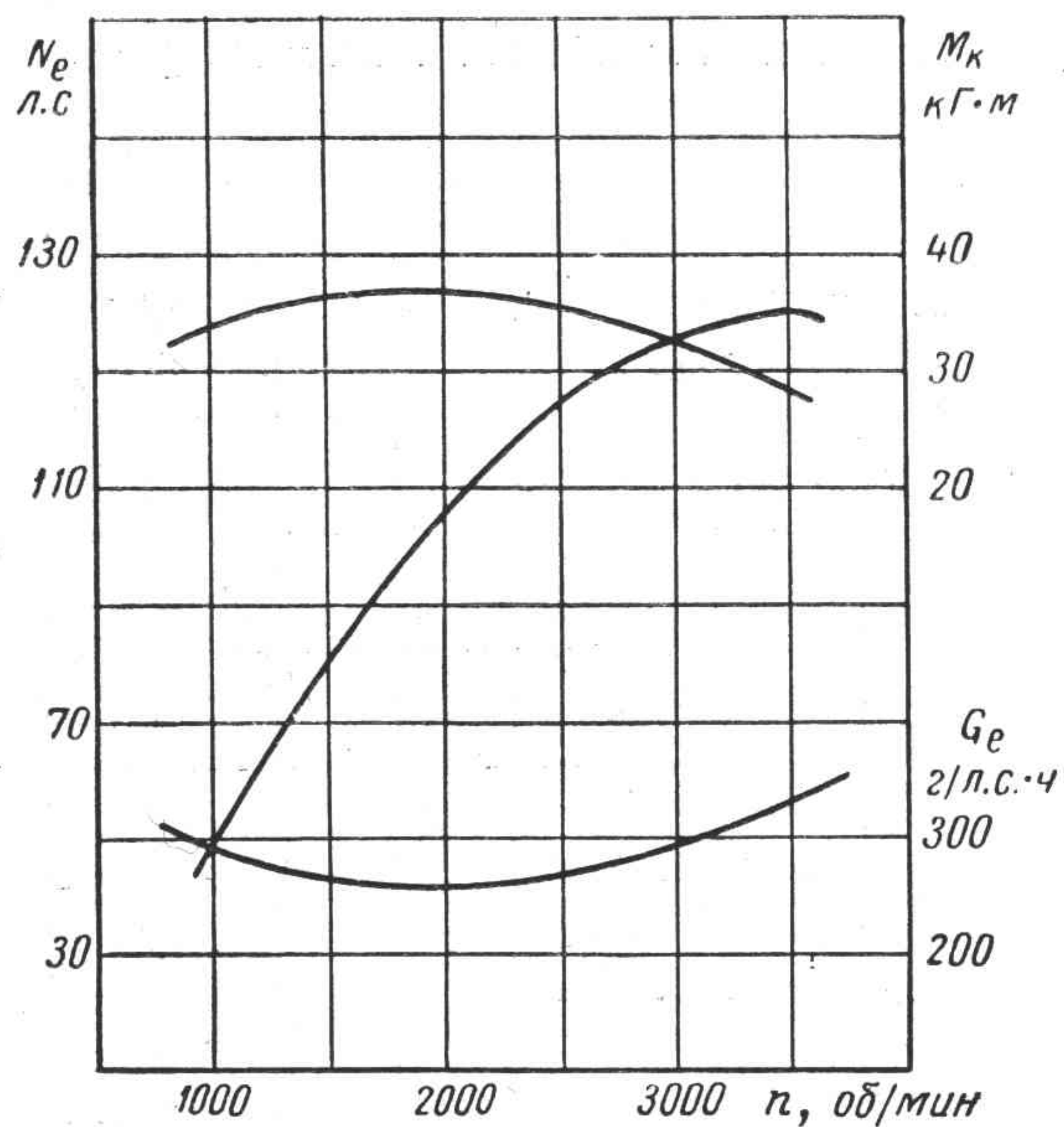


Рис. 90. Скоростная характеристика двигателя ЗИЛ-110

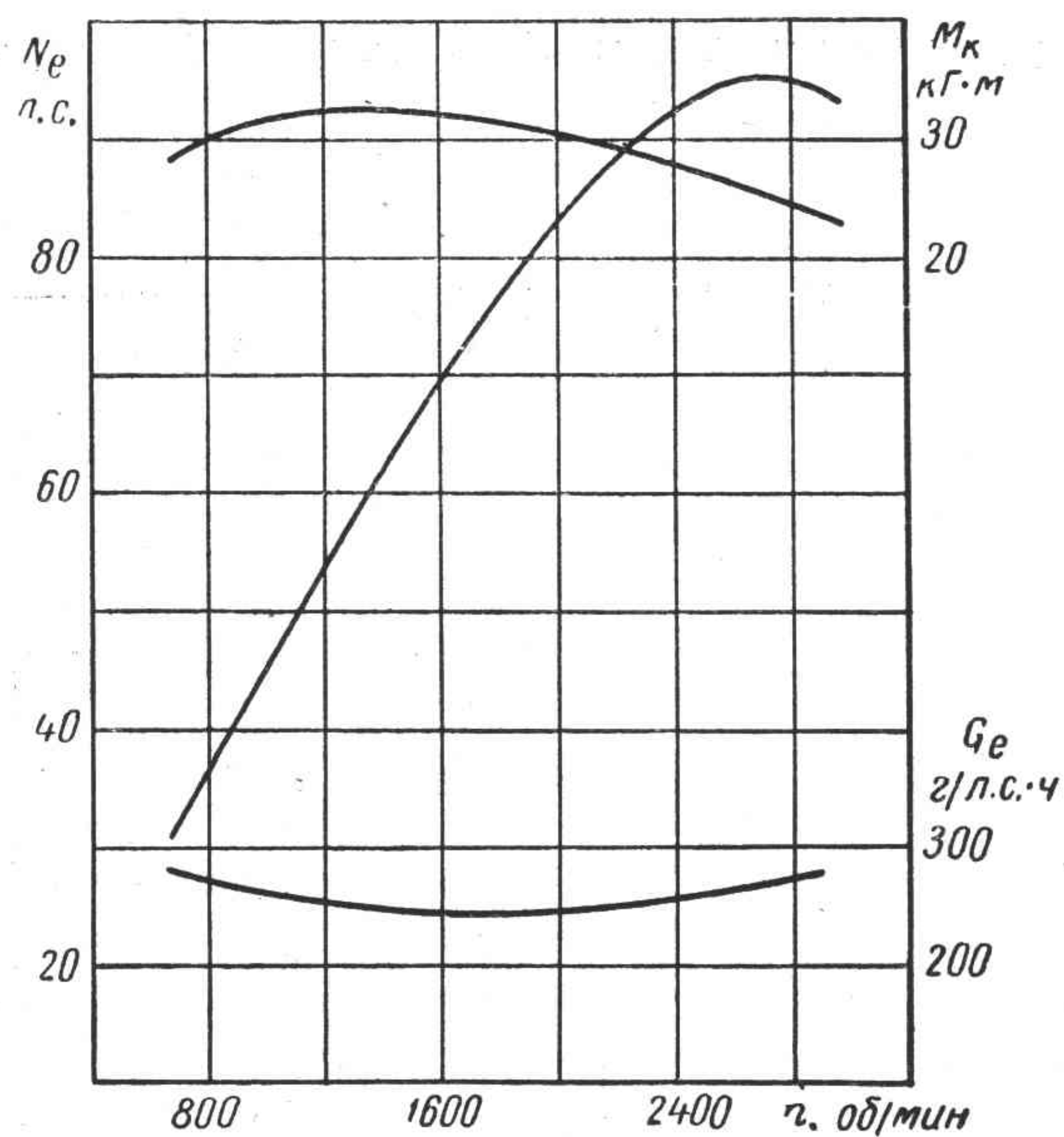


Рис. 91. Скоростная характеристика двигателя ЗИЛ-120

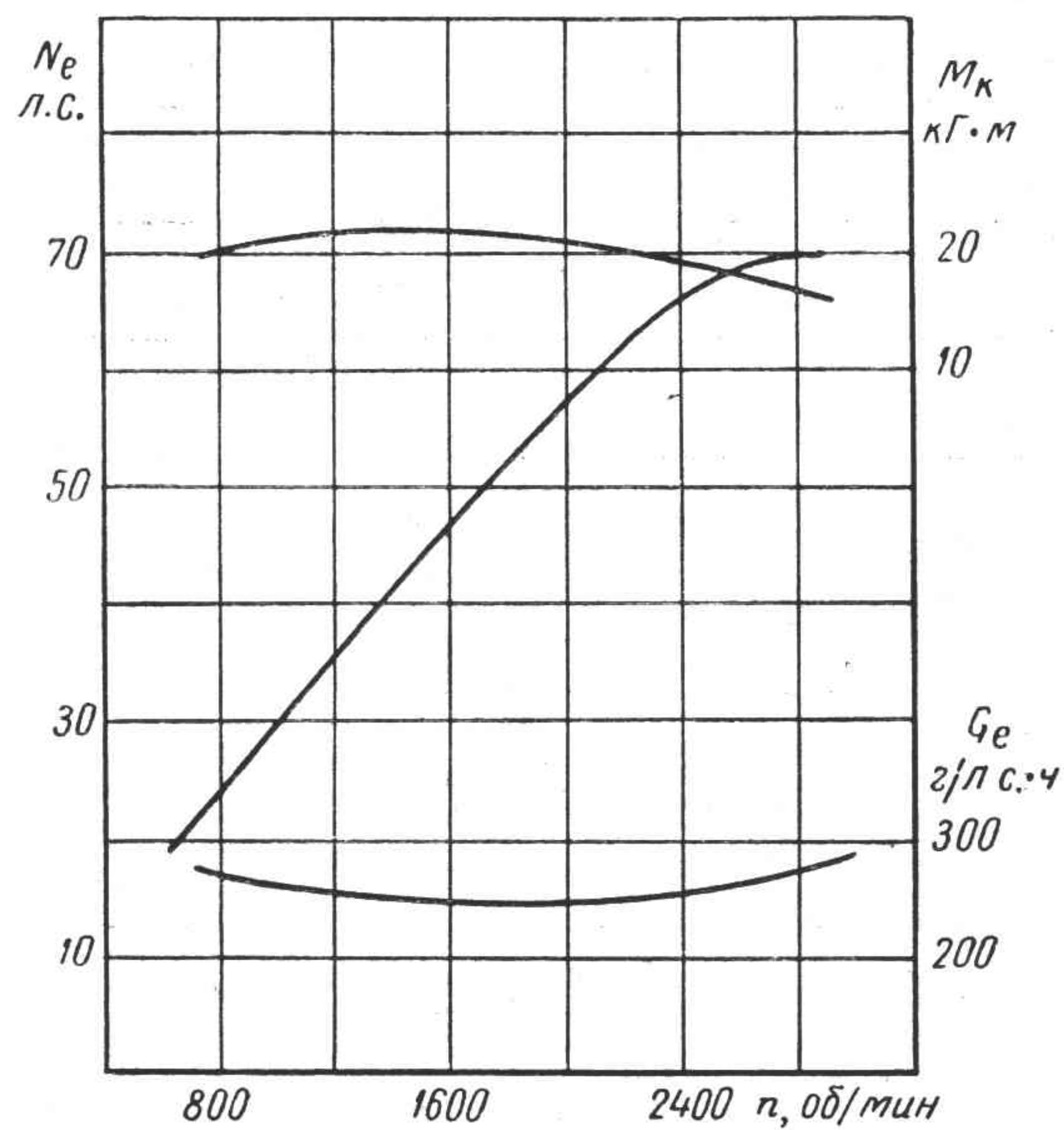


Рис. 92. Скоростная характеристика двигателя ГАЗ-51

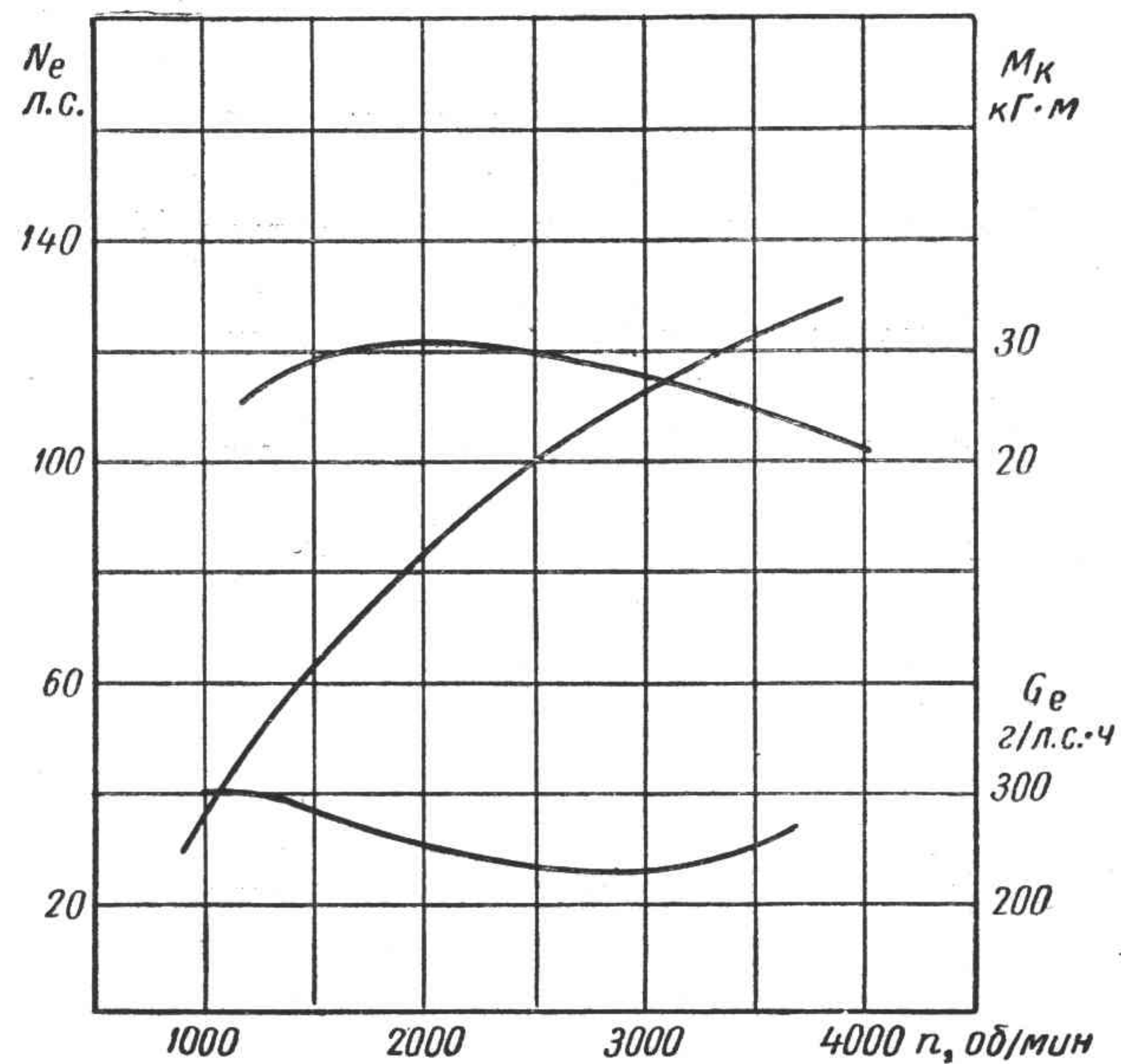


Рис. 93. Скоростная характеристика двигателя ГАЗ-66

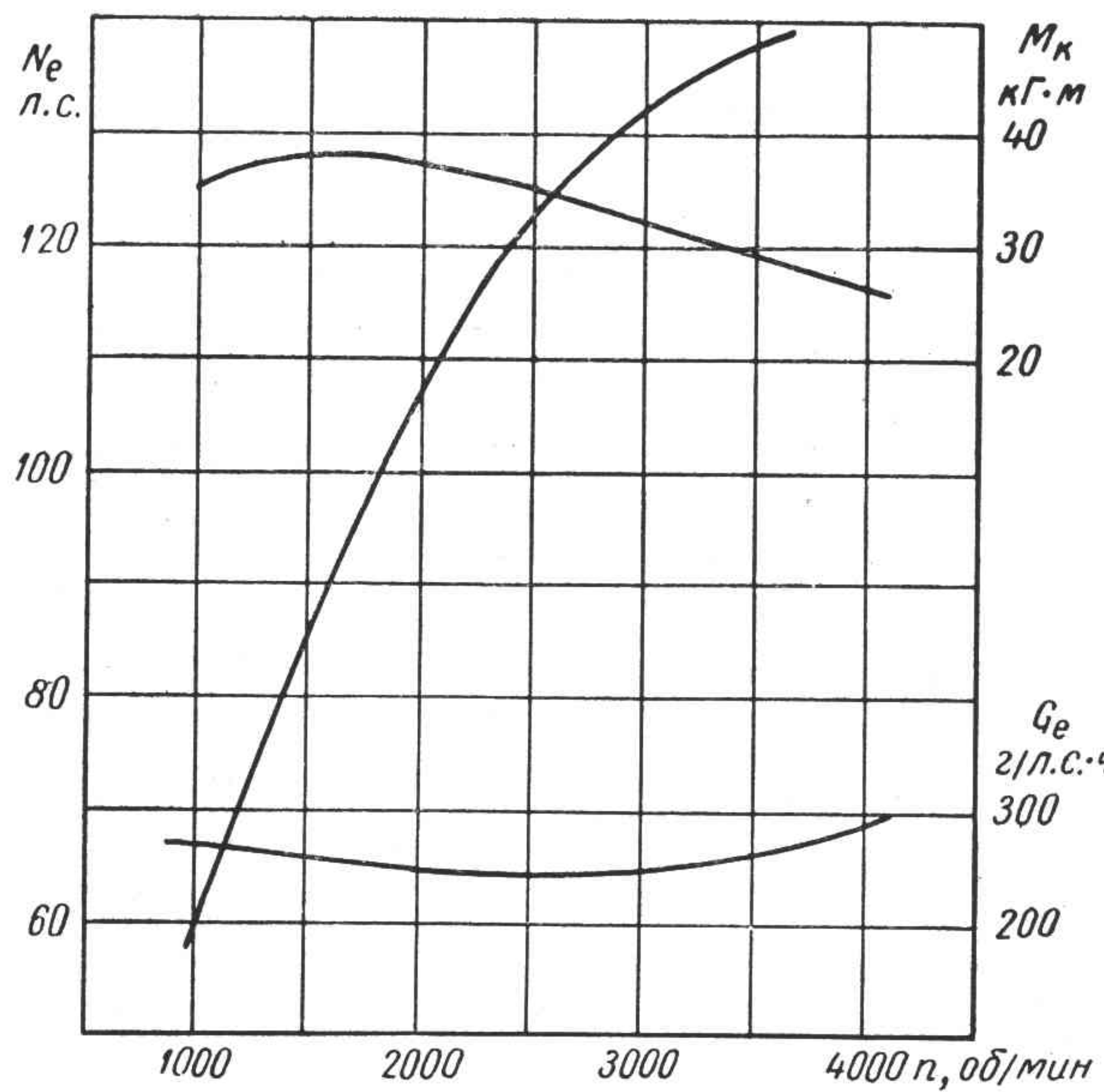


Рис. 94. Скоростная характеристика двигателя ГАЗ-41

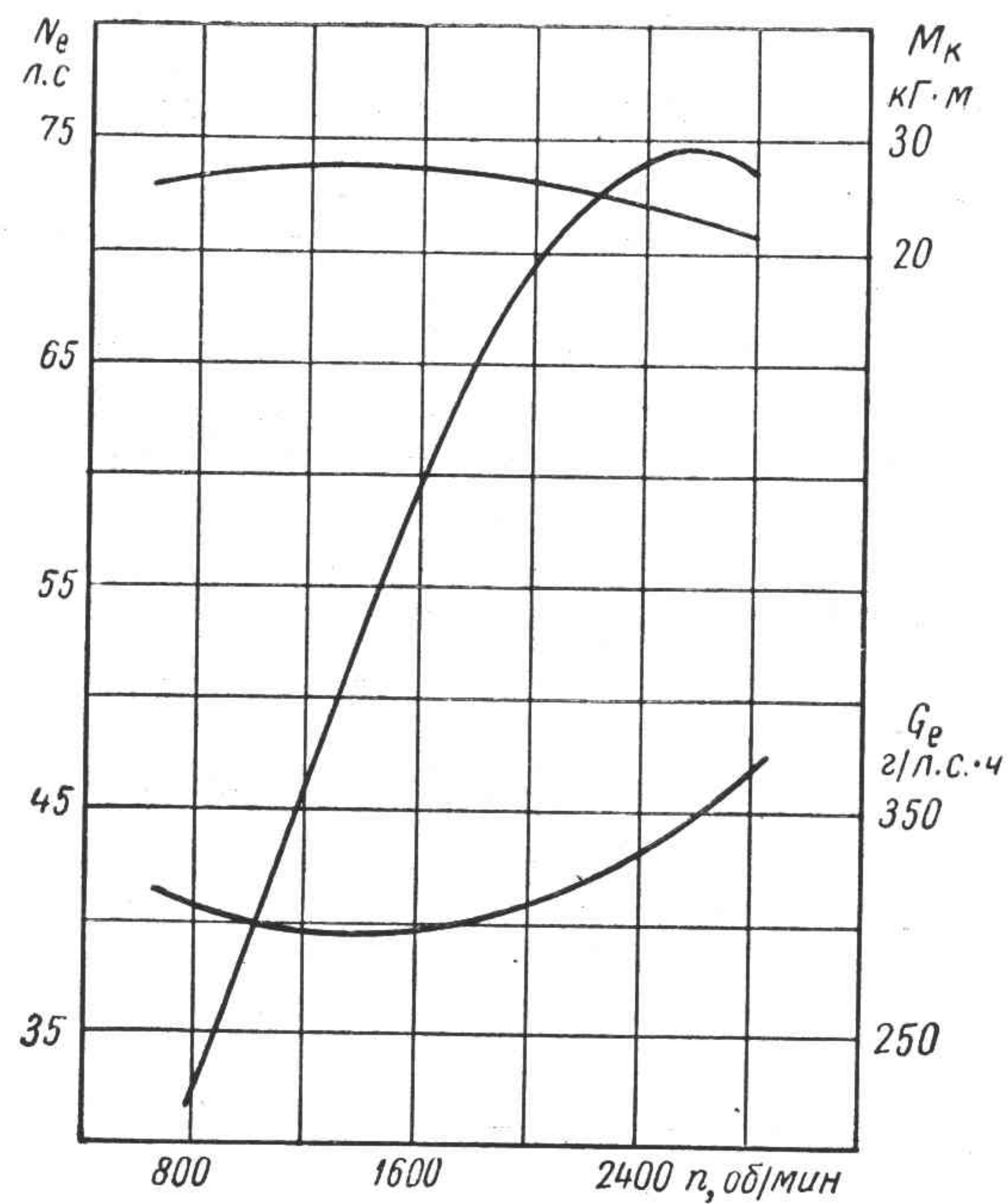


Рис. 95. Скоростная характеристика двигателя Урал-5М

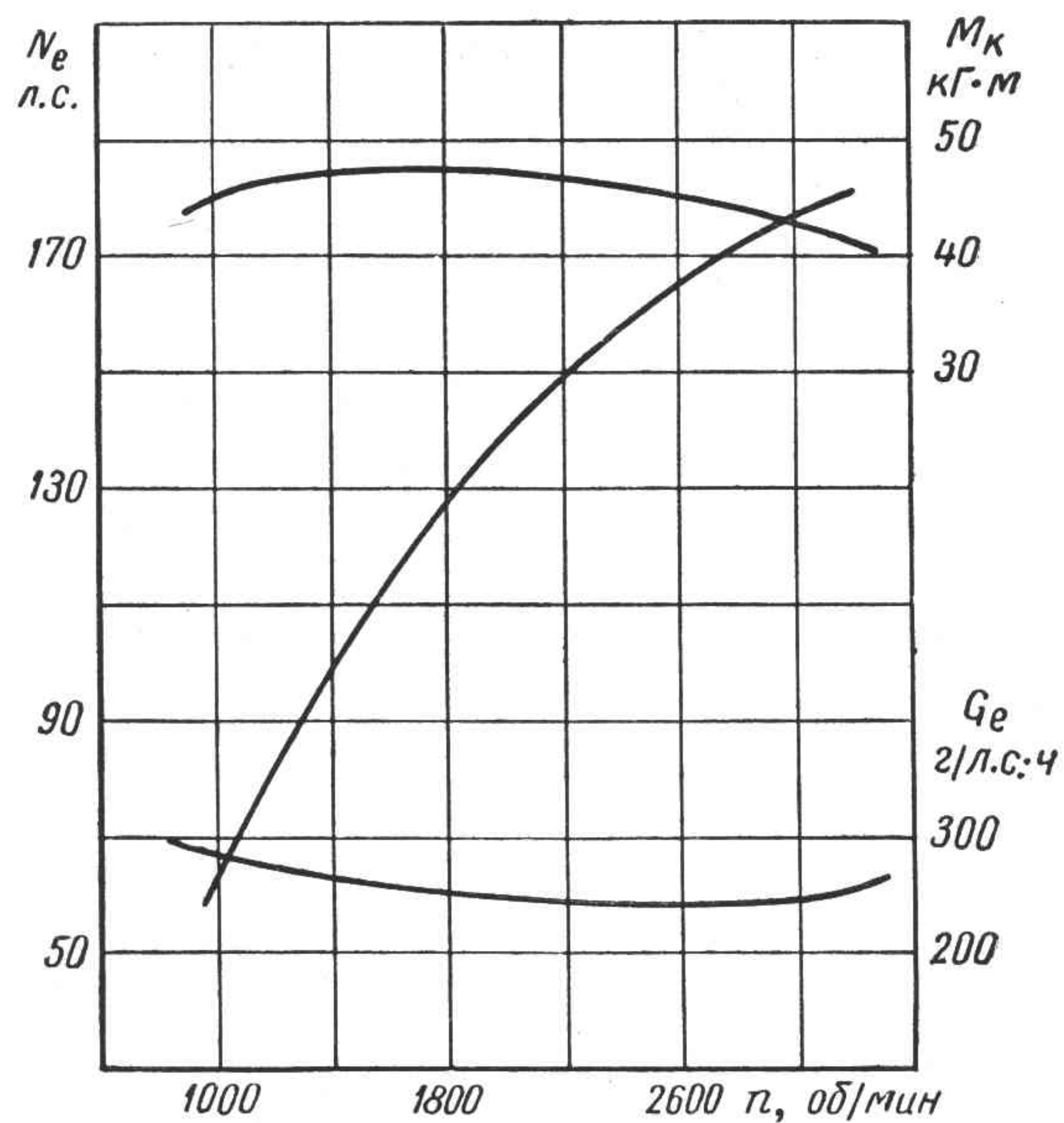


Рис. 96. Скоростная характеристика двигателя ЗИЛ-375

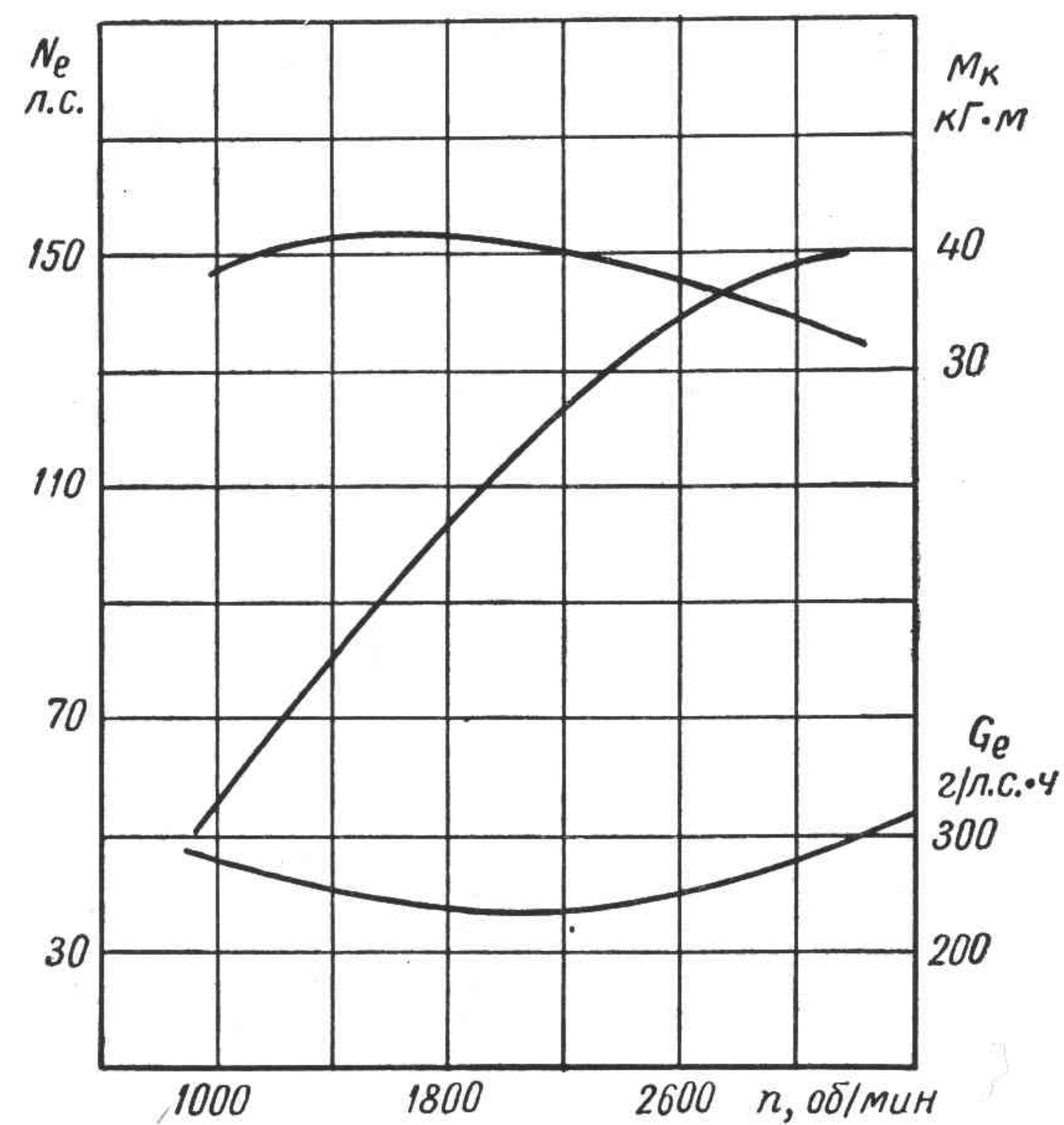


Рис. 97. Скоростная характеристика двигателя ЗИЛ-130

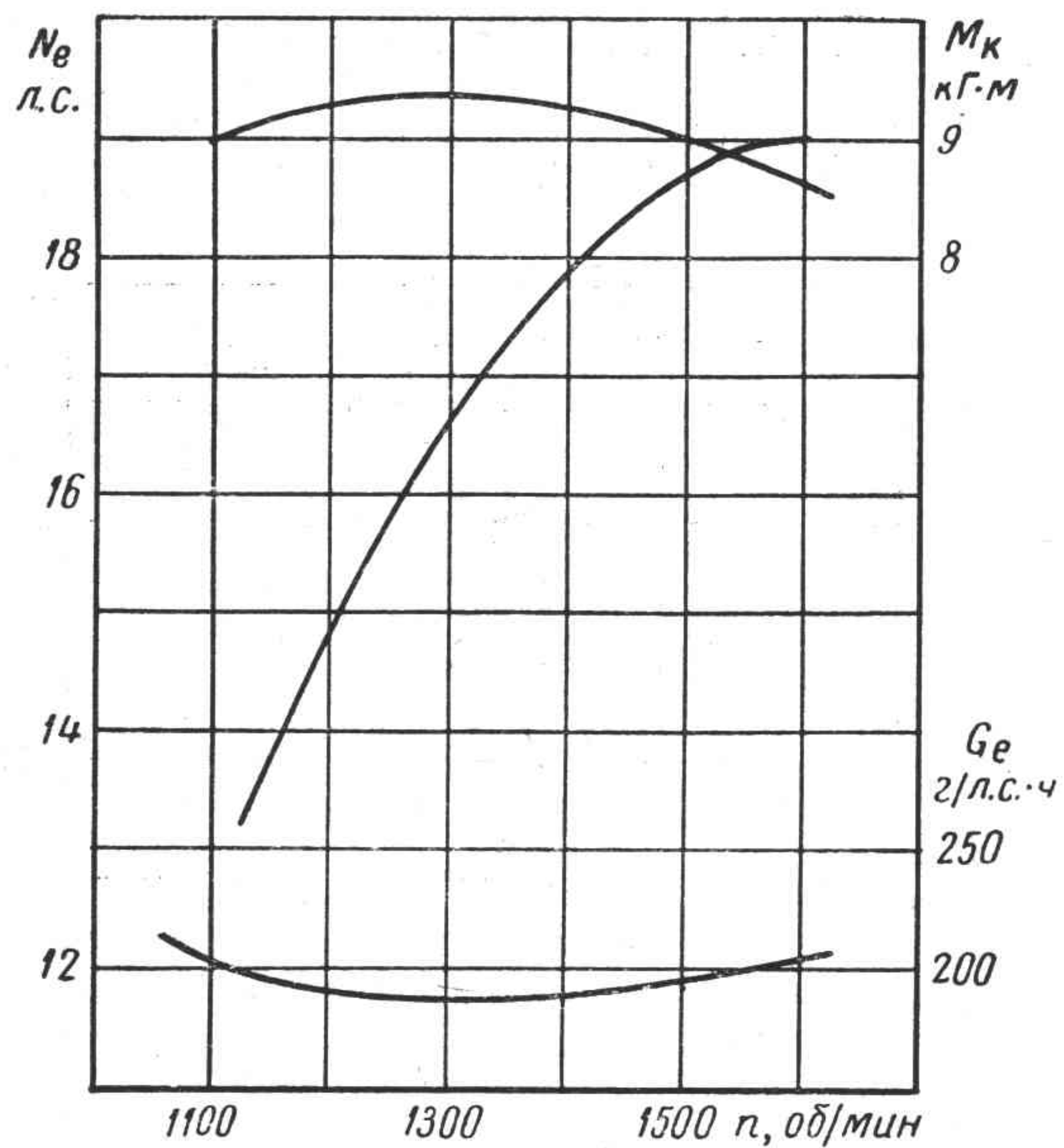


Рис. 98. Скоростная характеристика дизеля Д-16

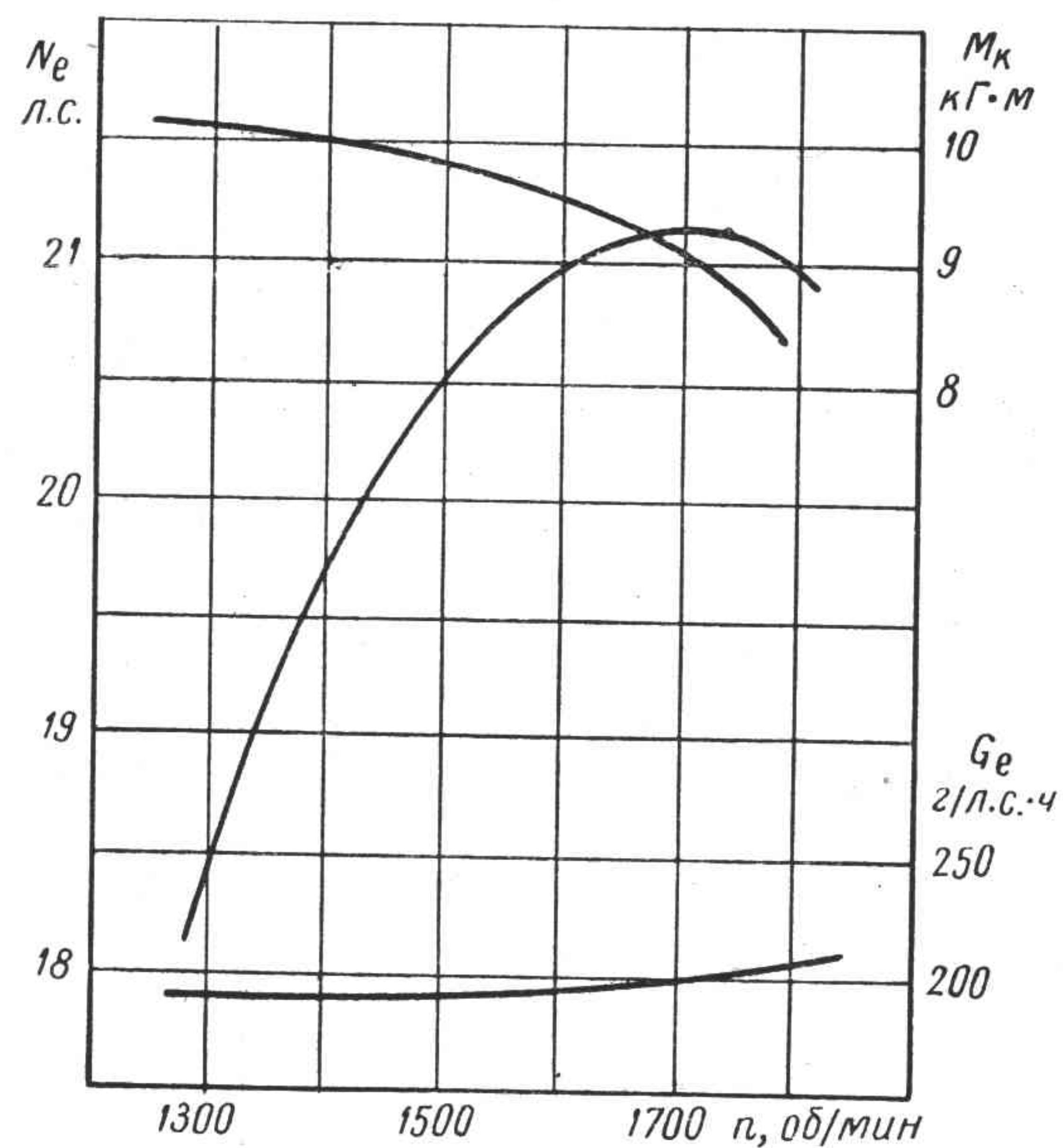


Рис. 99. Скоростная характеристика дизеля Д-20

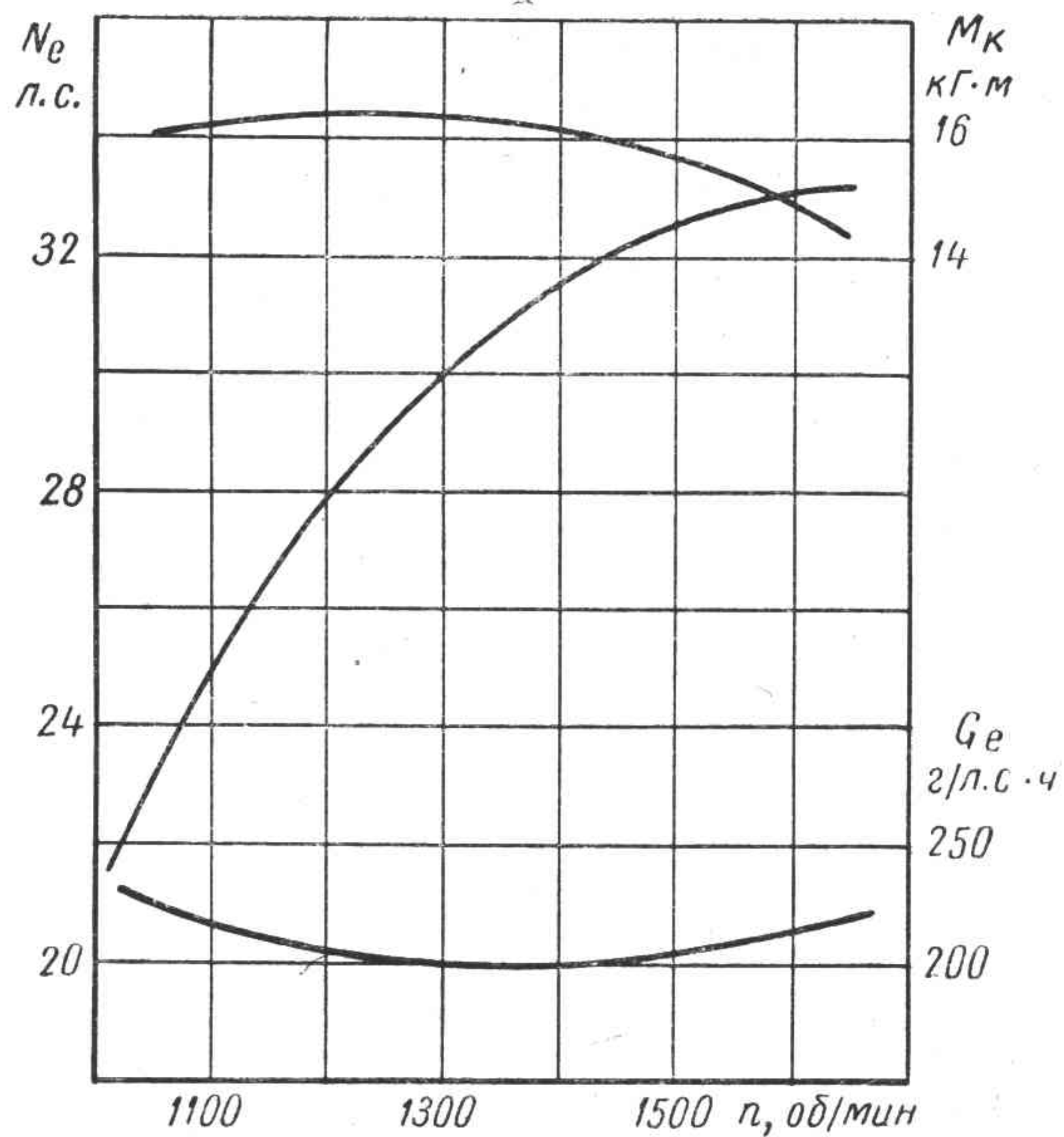


Рис. 100. Скоростная характеристика дизеля Д-30

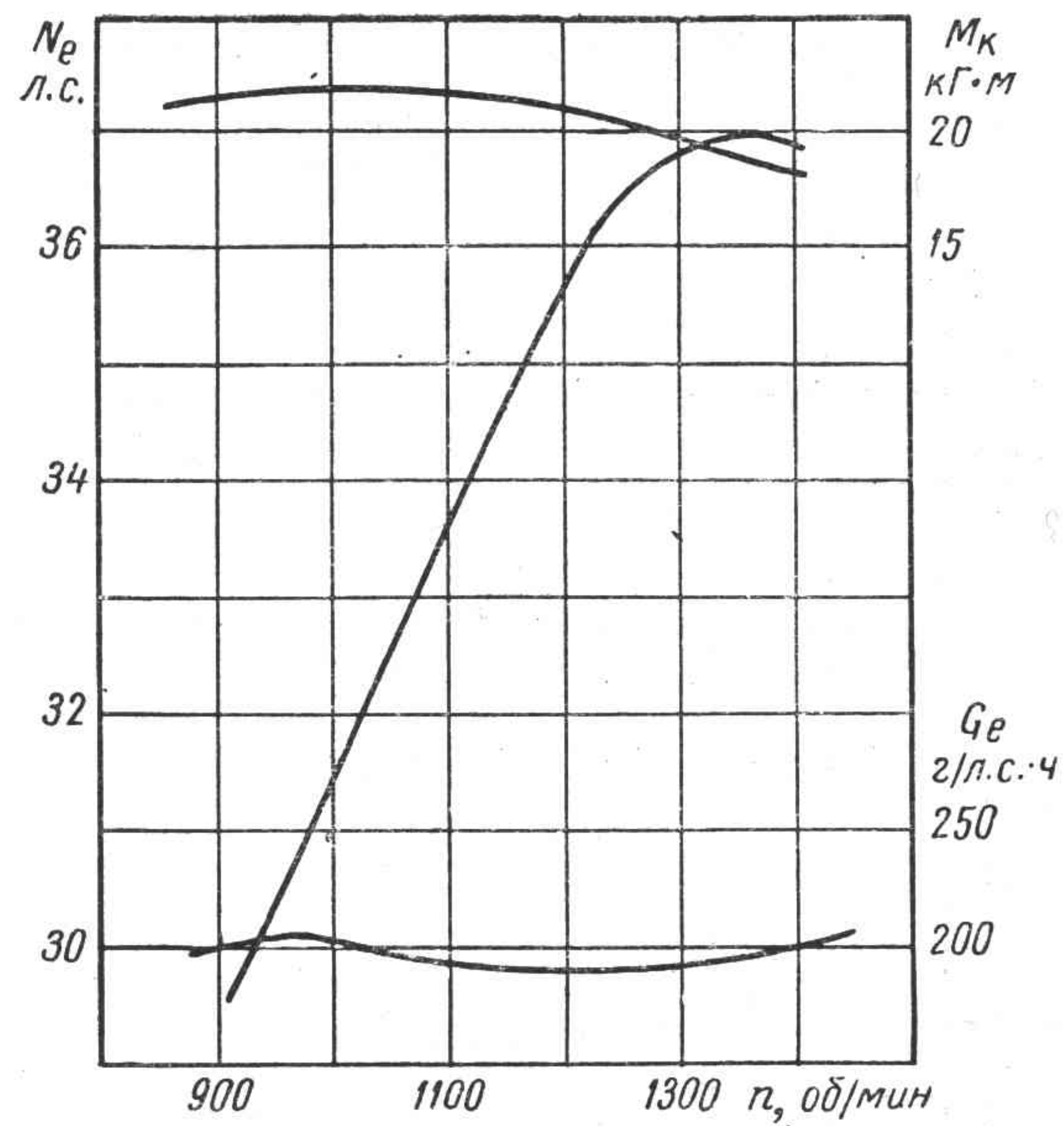


Рис. 101. Скоростная характеристика дизеля Д-35

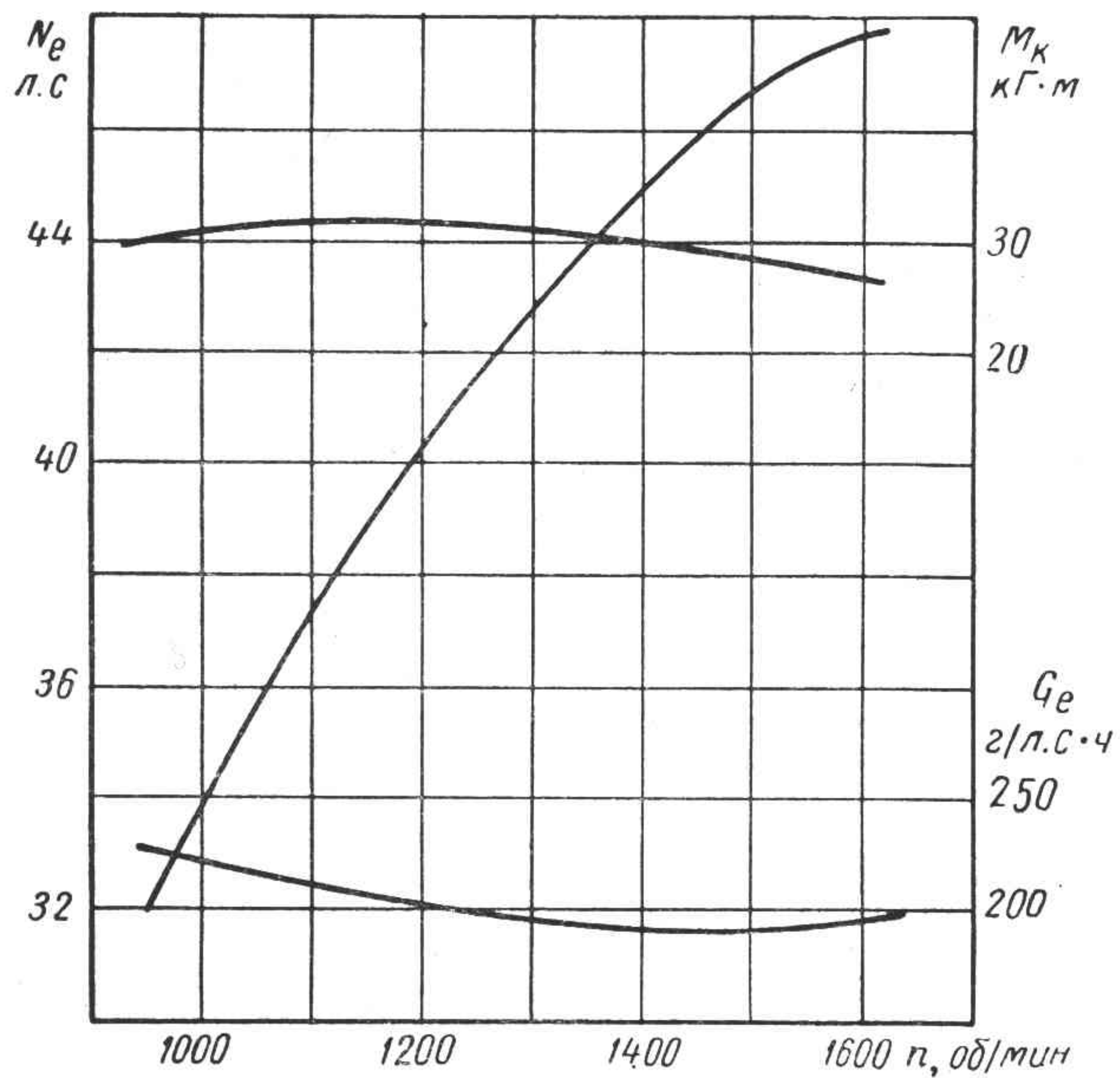


Рис. 102. Скоростная характеристика дизеля Д-48

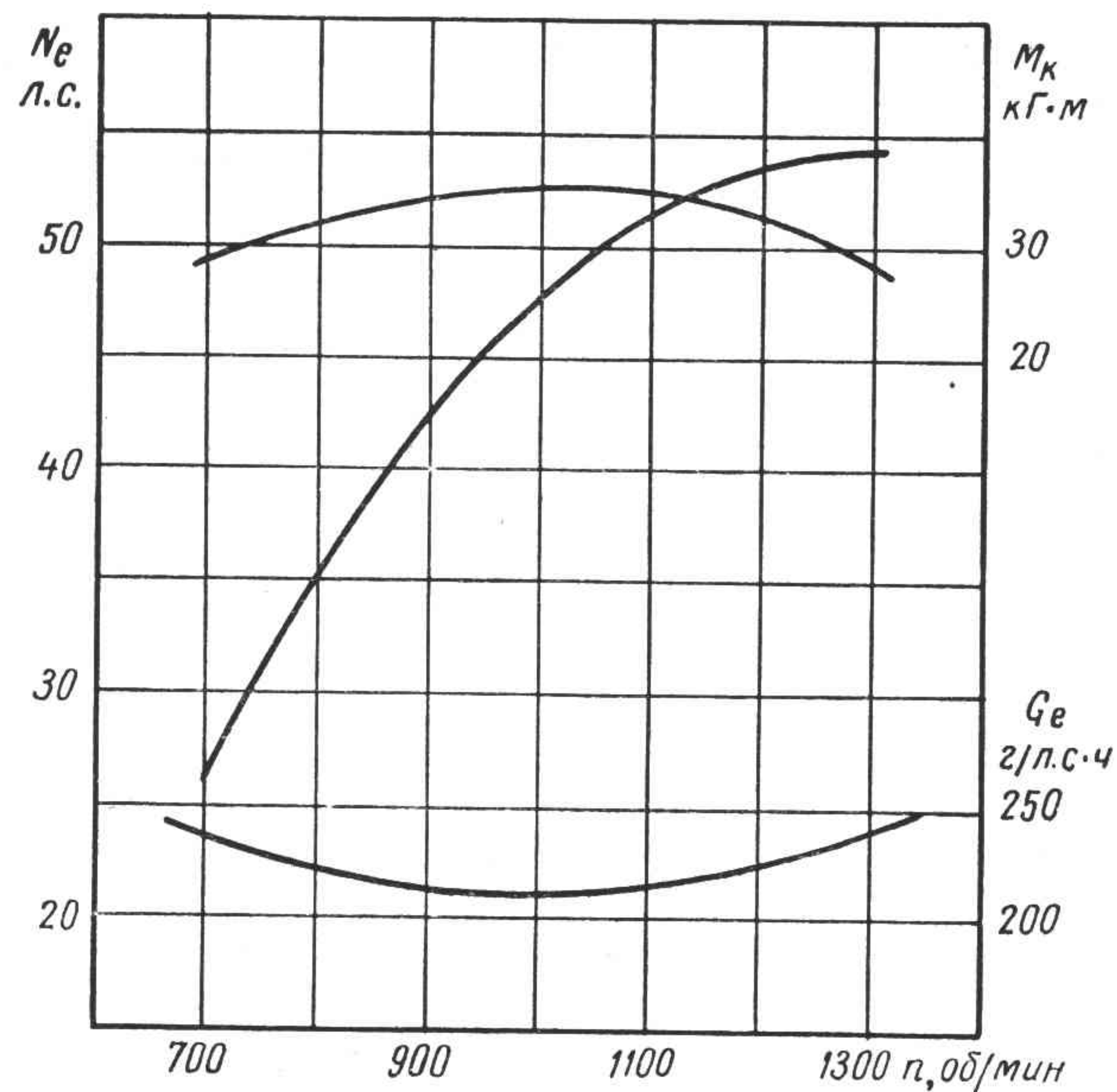


Рис. 103. Скоростная характеристика дизеля Д-54

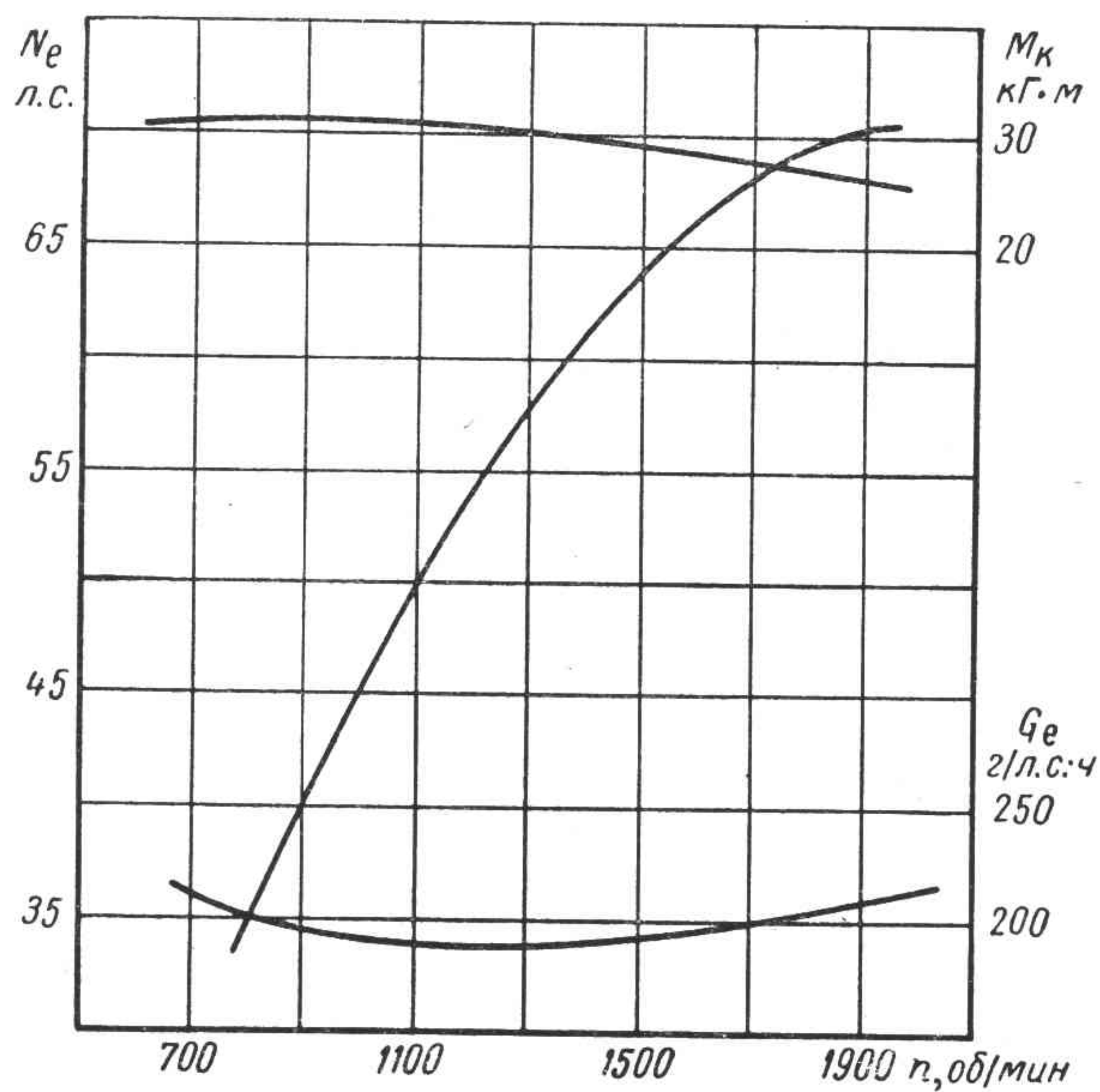


Рис. 104. Скоростная характеристика дизеля СМД-7

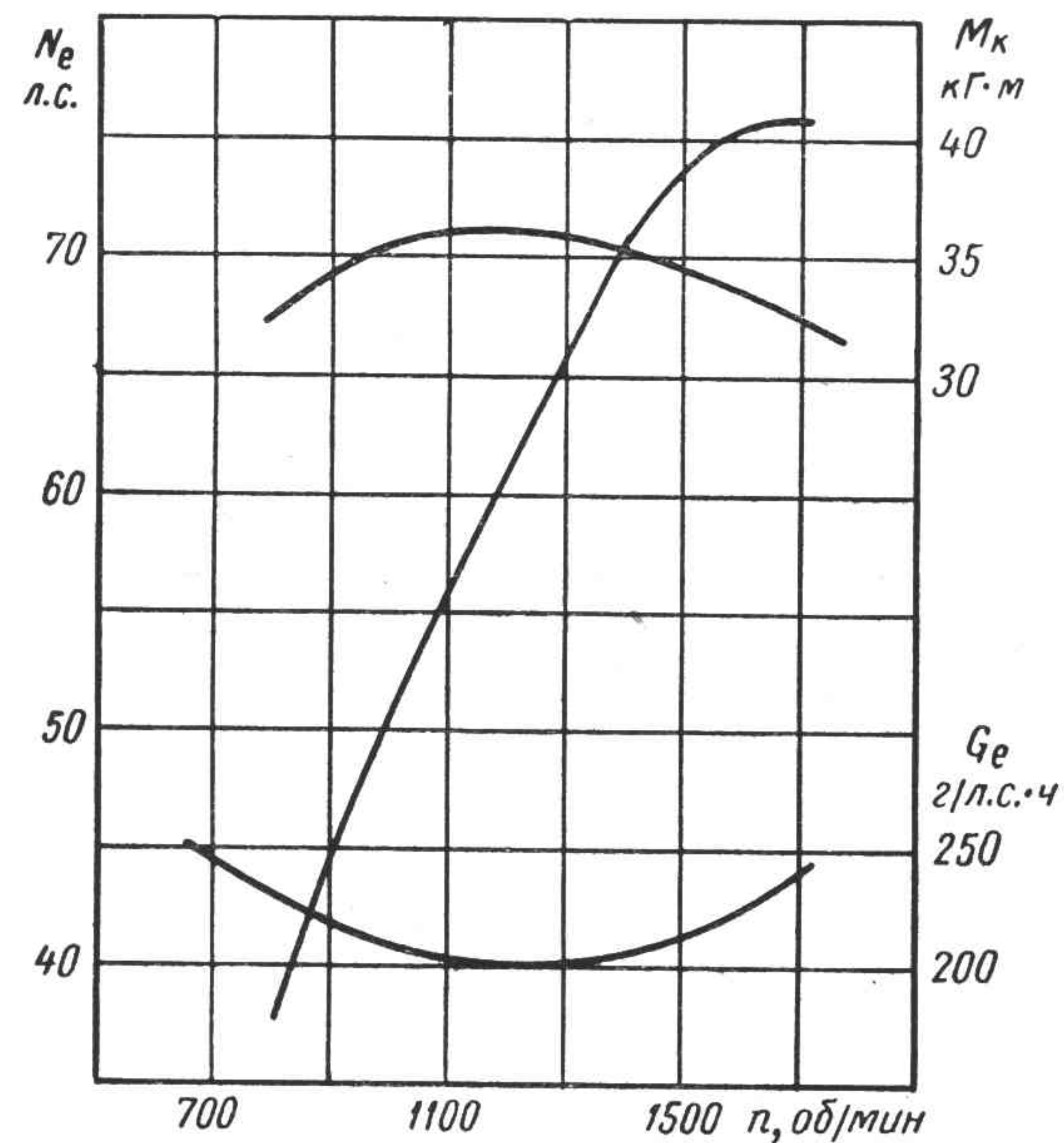


Рис. 105. Скоростная характеристика дизеля Д-75

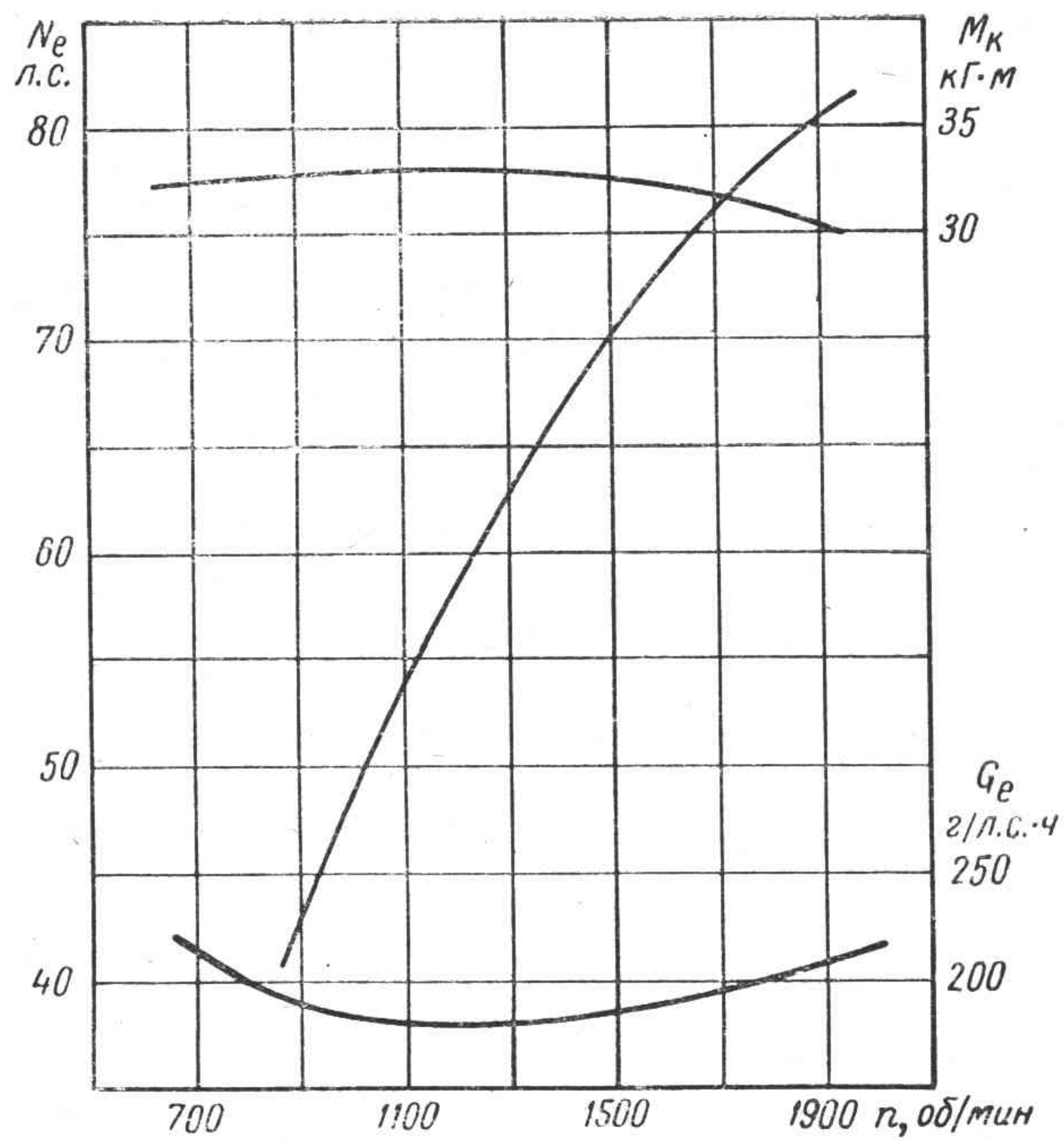


Рис. 106. Скоростная характеристика дизеля СМД-14

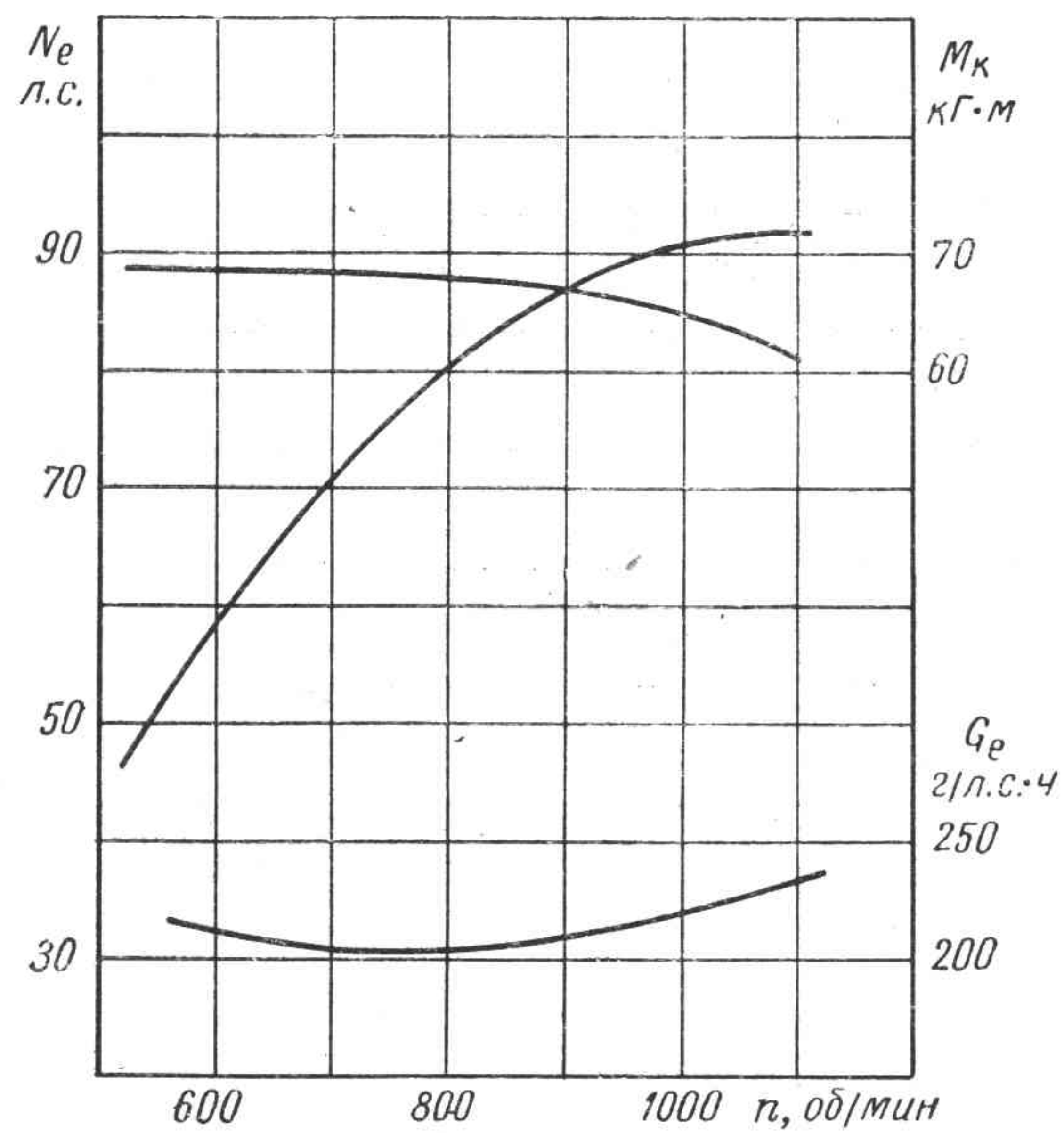


Рис. 107. Скоростная характеристика дизеля КДМ-46

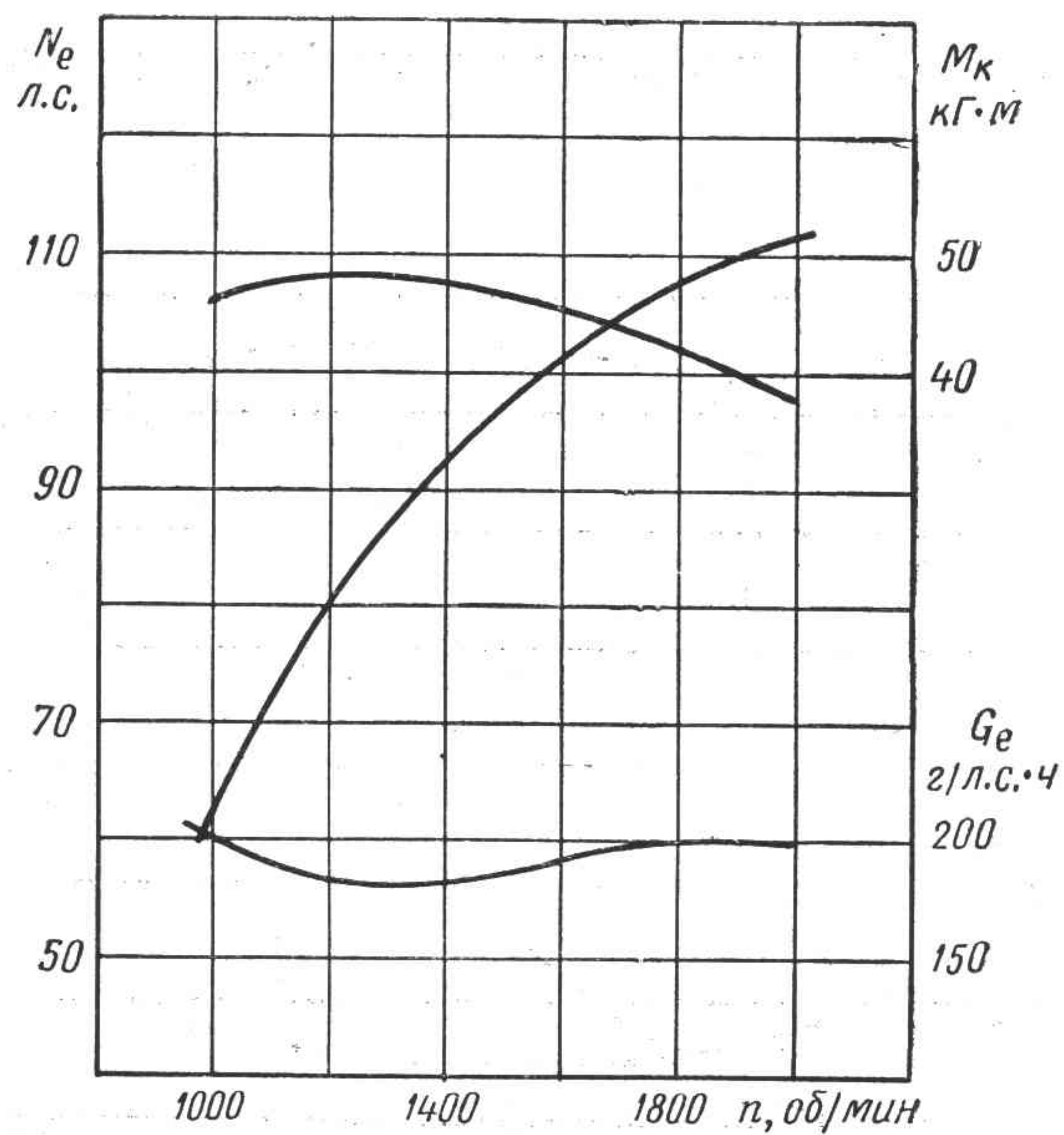


Рис. 108. Скоростная характеристика дизеля ЯАЗ-204

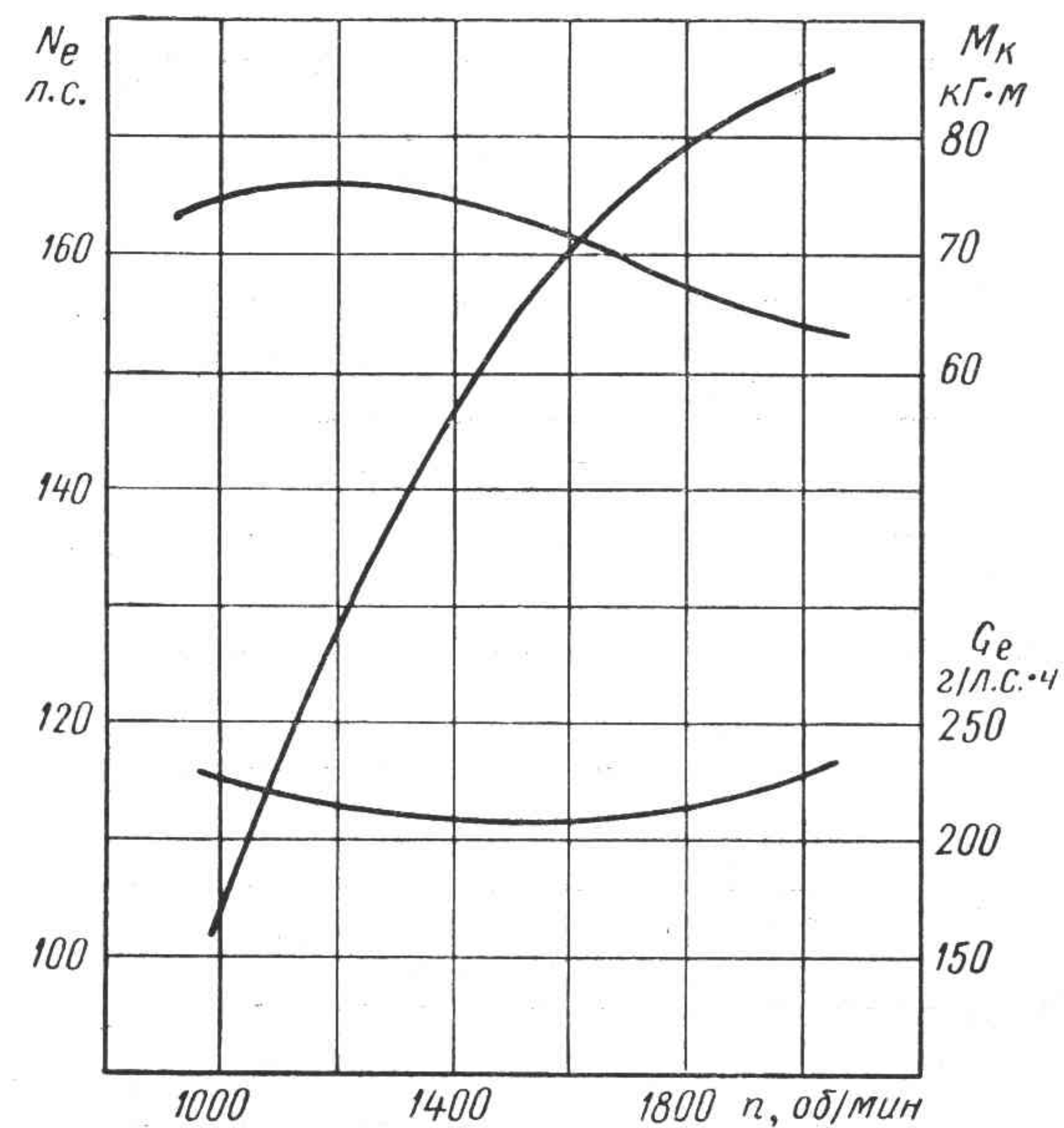


Рис. 109. Скоростная характеристика дизеля ЯАЗ-206

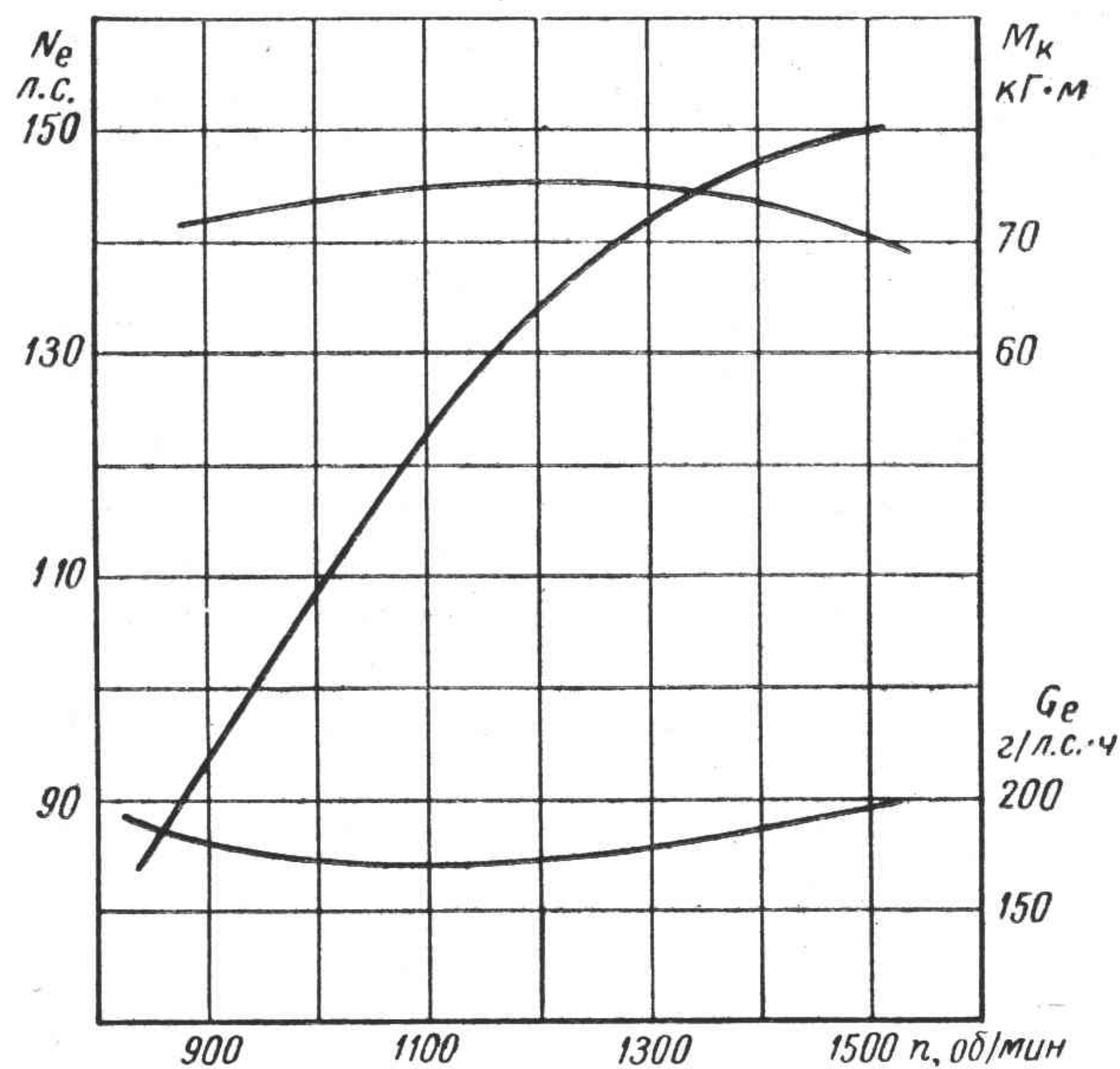


Рис. 110. Скоростная характеристика дизеля Д-6

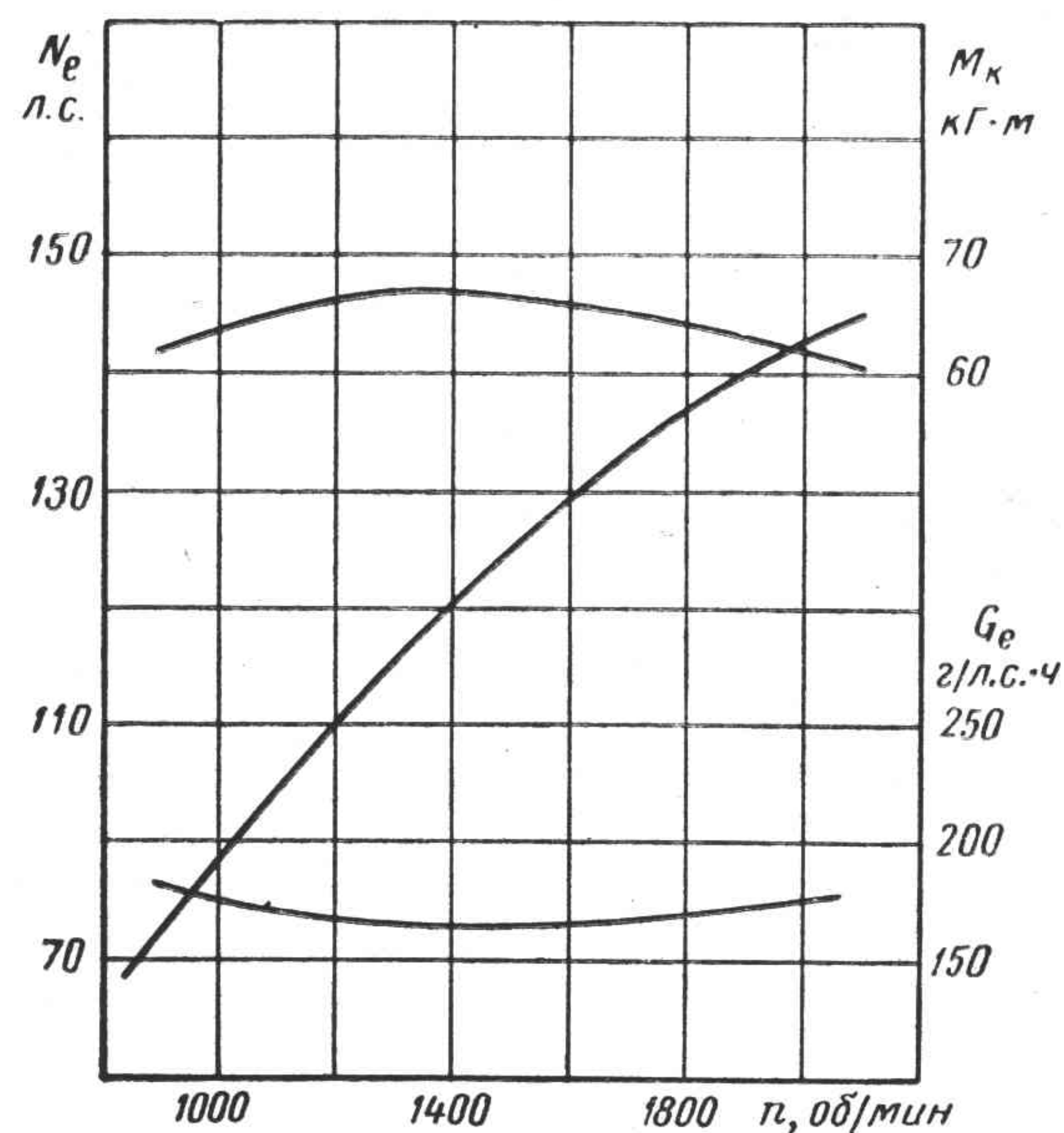


Рис. 111. Скоростная характеристика дизеля ЯМЗ-236

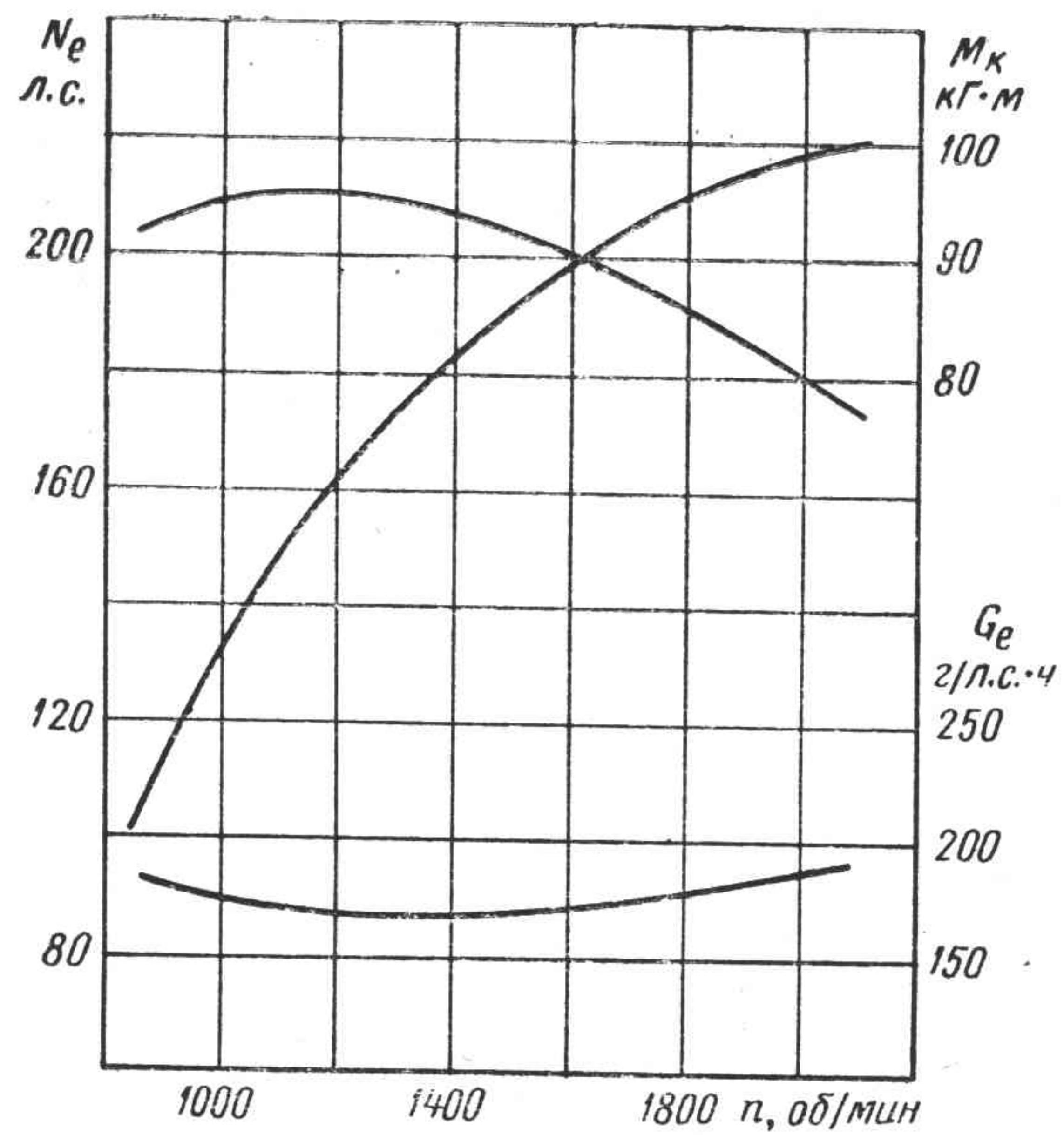


Рис. 112. Скоростная характеристика дизеля ЯМЗ-238

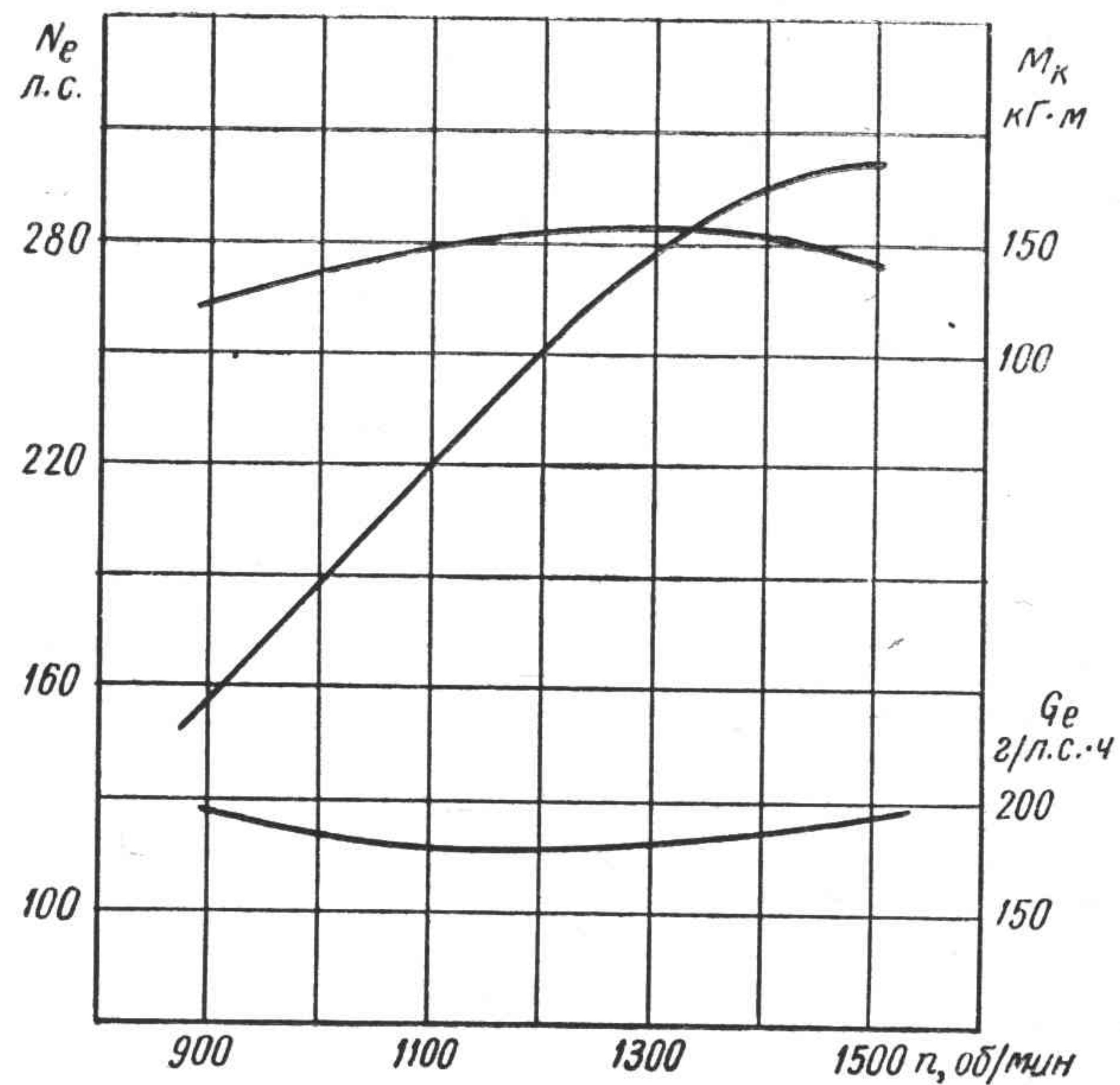


Рис. 113. Скоростная характеристика дизеля Д-12А

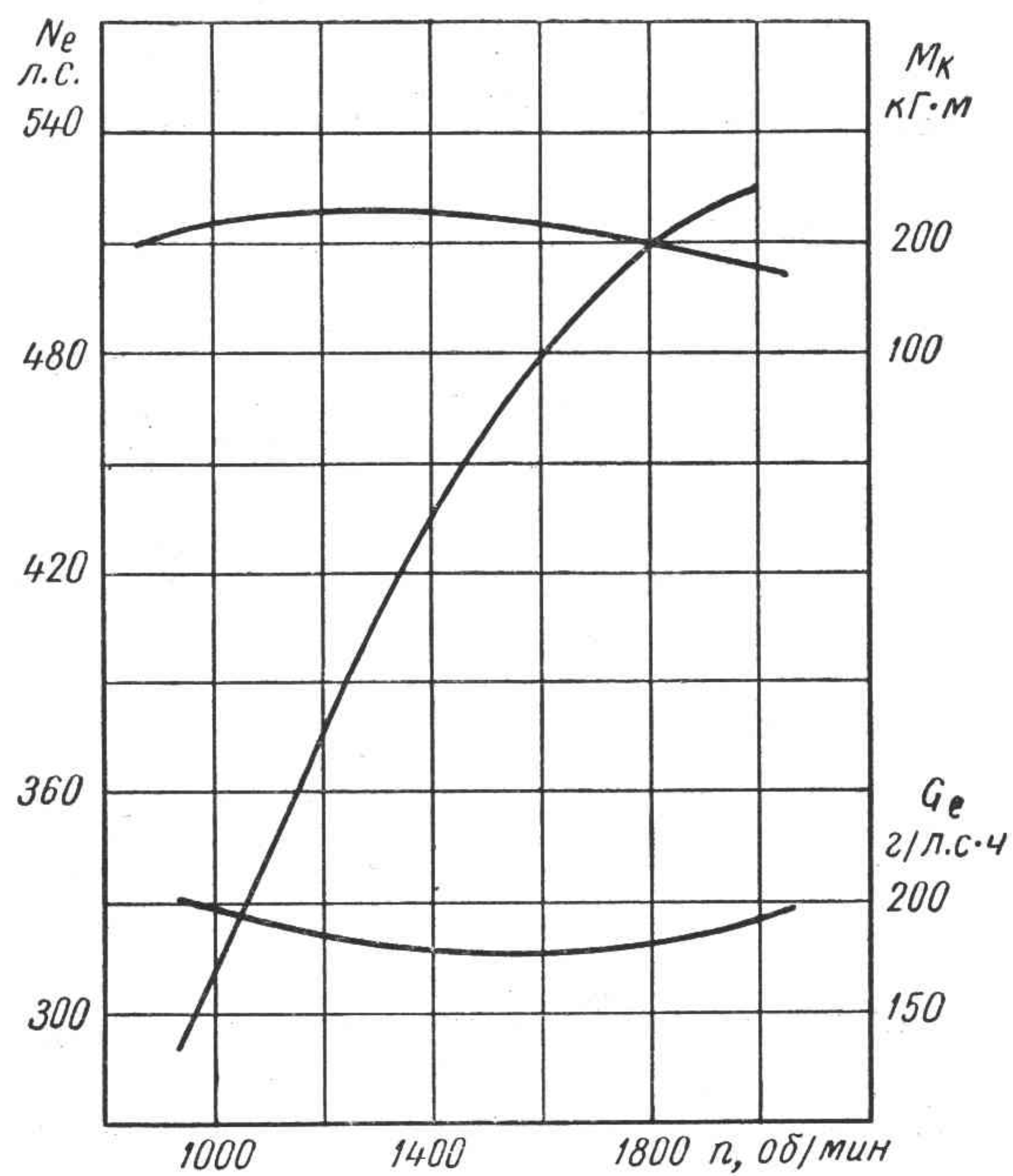


Рис. 114. Скоростная характеристика дизеля Д-12-525

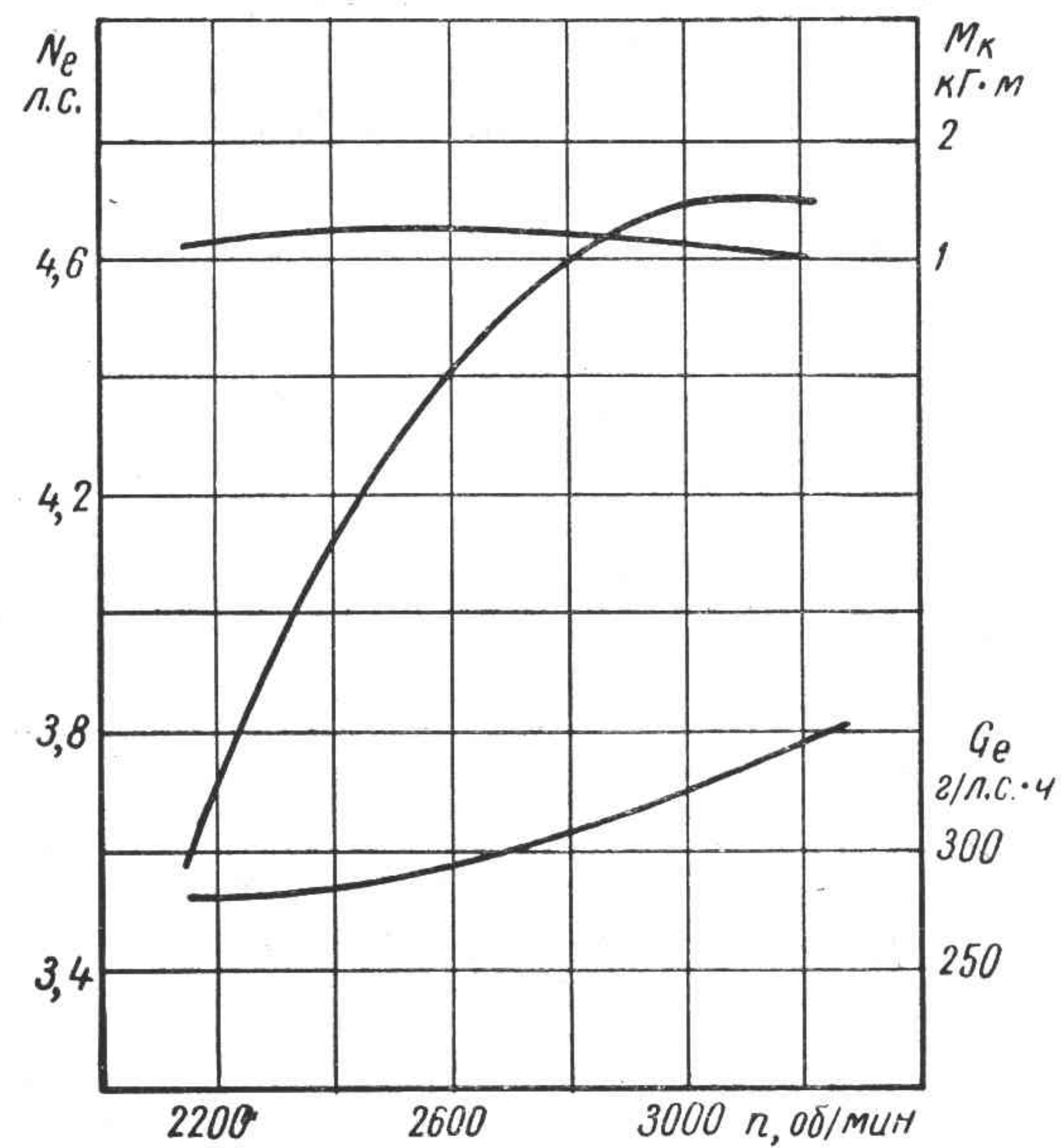


Рис. 115. Скоростная характеристика двигателя УД-1

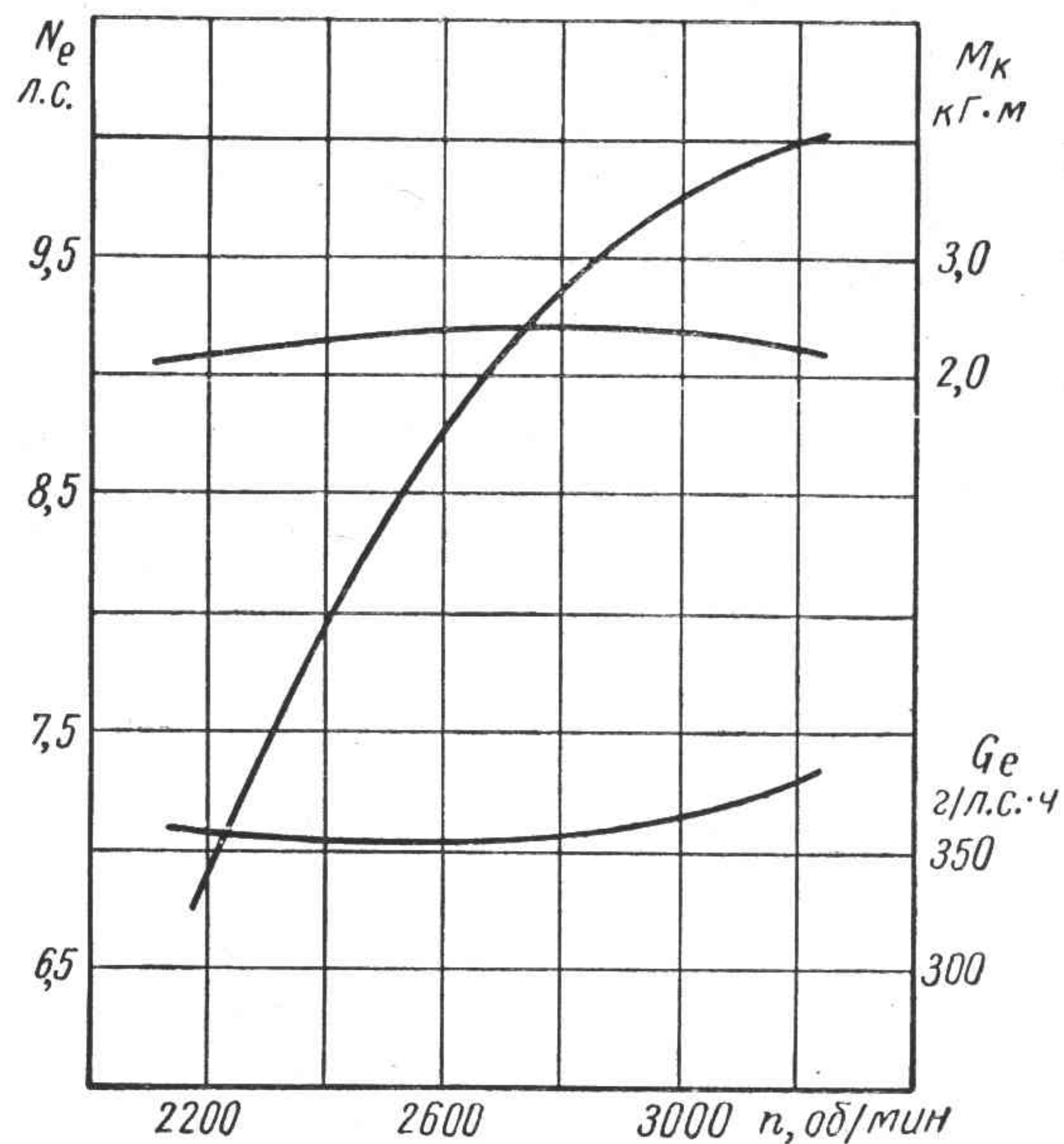


Рис. 116. Скоростная характеристика двигателя УД-2

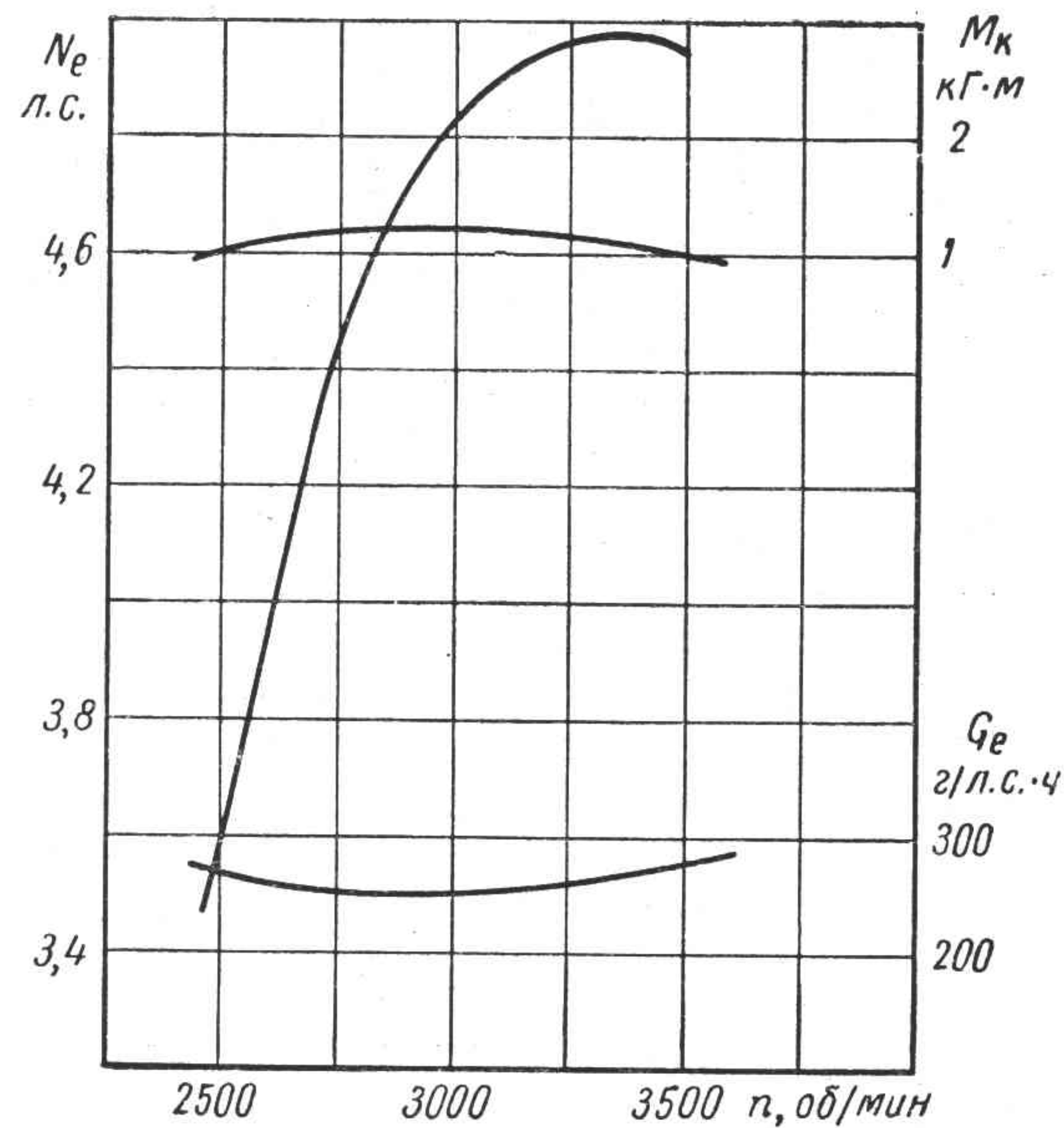


Рис. 117. Скоростная характеристика двигателя УНД-5

минимальное число оборотов холостого хода $n_{x \min}$ — наименьшее число оборотов двигателя на холостом ходу, указанное заводом-изготовителем или определенное при испытании, на котором двигатель работает устойчиво не менее 10 мин;

максимальное число оборотов холостого хода $n_{x \max}$ — наибольшее число оборотов двигателя при работе на холостом ходу при полностью открытом дросселе или полной подаче топлива;

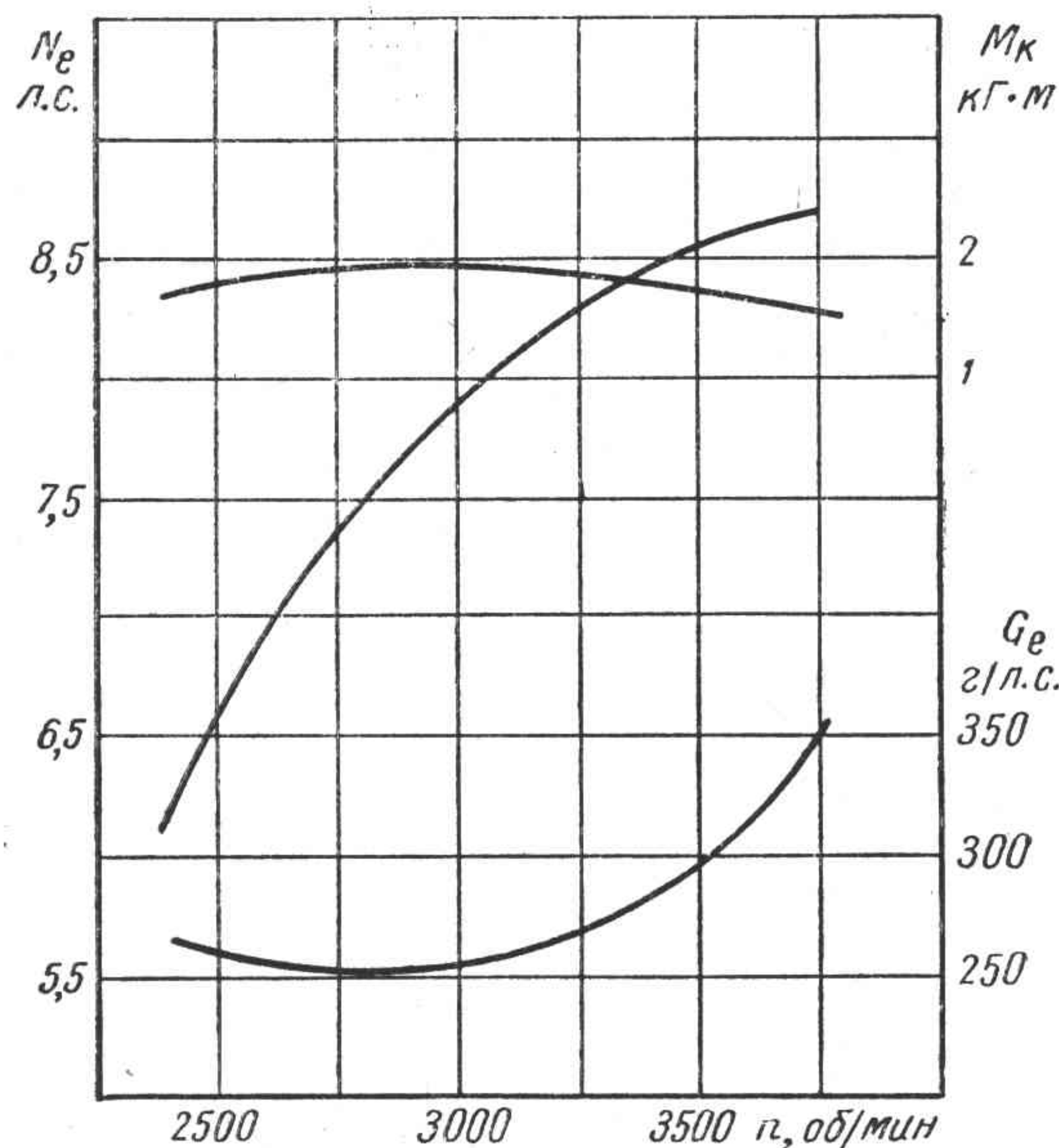


Рис. 118. Скоростная характеристика двигателя УНД-7

минимальное рабочее число оборотов n_{\min} — наименьшее число оборотов коленчатого вала при полном открытии дросселя или полной подаче топлива, на котором двигатель работает устойчиво не менее 10 мин.

Изменение основных показателей работы двигателя

Характеристики двигателей обычно получают на специально оборудованном стенде, где непосредственным измерением опреде-

ляется только часть основных показателей работы двигателя, а именно: крутящий момент и часовой расход топлива. Другие основные показатели являются, таким образом, производными от первых двух.

Учитывая влияние коэффициента избытка воздуха, можно сделать вывод о том, что по скоростной характеристике изменение M_k зависит главным образом от коэффициентов: индикаторного; наполнения; механического.

Увеличение перечисленных коэффициентов, начиная с n_{\min} , способствует росту M_k в диапазоне чисел оборотов от n_{\min} до n_m , когда произведение $\eta_i \eta_v \eta_m$ достигает максимума. При дальнейшем увеличении числа оборотов падение $\eta_m \eta_v$, несмотря на рост η_i , обуславливает снижение значений момента.

На кривой M_k согласно ГОСТу 491—55 отмечаются следующие характерные точки.

Максимальный крутящий момент $M_{k \max}$ — наибольшее значение крутящего момента двигателя по скоростной характеристике при полном открытии дросселя или при полной подаче топлива.

Номинальный крутящий момент M_{kn} — значение крутящего момента двигателя на номинальном числе оборотов.

По ГОСТу 491—55 установлен оценочный параметр изменения крутящего момента по скоростной характеристике — запас крутящего момента, являющийся отношением разности между максимальным и номинальным крутящими моментами к номинальному.

Для оценки приспособляемости двигателя к изменению внешней нагрузки введен коэффициент приспособляемости. Последний представляет собой отношение максимального и номинального крутящих моментов.

Коэффициент приспособляемости у двигателей колеблется: $K = 1,3 \div 1,35$.

С помощью коэффициента приспособляемости производится относительная оценка динамических качеств автомобиля.

Изменение эффективной мощности по скоростной характеристике является производным от крутящего момента и влияющих на него факторов.

При количественном регулировании мощности количество топлива, поступающего в цилиндры двигателя за каждый цикл при прочих равных условиях, определяется коэффициентами избытка воздуха и наполнения.

Часовой расход топлива плавно увеличивается с ростом числа оборотов, что объясняется одновременным повышением η_v и частоты циклов в диапазоне чисел оборотов от n_{\min} до n_m и влиянием частоты циклов на остальных скоростных режимах.

Наиболее эффективными мерами повышения топливной экономичности двигателей является повышение индикаторного и механического коэффициентов полезного действия. Меры, улучшающие теплоиспользование цикла и способствующие совершенству рабочего процесса и конструкции двигателя, ведут к снижению удельных расходов топлива.

В настоящее время можно наметить основные направления, по которым ведутся исследования и экспериментальные работы, преследующие цель повышения топливной экономичности карбюраторных двигателей.

В первую очередь к ним необходимо отнести организацию рабочего процесса при сильном обеднении смеси и использовании факельного зажигания.

Аналогичное использование бедных смесей имеет место при наддуве на частичных нагрузках, когда нагнетатель используется в качестве агрегата, подготавливающего смесь к сгоранию и более равномерно распределяющего ее по цилиндрам.

Следующее направление, повышающее топливную экономичность, использует повышение степени сжатия при условии сохранения неизменным октанового числа топлива. К нему нужно отнести рабочий процесс с продолженным расширением, а также организацию оптимального теплообмена.

Частичные скоростные характеристики двигателя

Из определения частичной скоростной характеристики следует, что она может быть получена при любом положении органа, регулирующего подачу.

Опытные данные показывают, что основные закономерности рабочего процесса могут быть установлены при анализе частичных характеристик, полученных через определенные интервалы изменения положения органа, регулирующего подачу топлива. Величина этих интервалов обычно колеблется от 10 до 20% изменения положения органа, регулирующего подачу топлива.

Условия получения частичных скоростных характеристик аналогичны условиям получения скоростной характеристики.

Целью получения частичных скоростных характеристик является анализ причин, влияющих на работу двигателя при частичных нагрузках, и выяснение возможностей улучшения его мощностных и экономических показателей.

Необходимо иметь в виду, что транспортные двигатели до 95% времени эксплуатации работают на частичных нагрузках. Вследствие этого улучшение показателей работы двигателей на этих режимах является весьма важной задачей.

При анализе частичные характеристики можно рассматривать как геометрическое место точек бесконечно большого числа нагрузочных характеристик, полученных при последовательном изменении числа оборотов на величину Δn . При этом для каждой данной частичной скоростной характеристики используются данные нагрузочных характеристик, соответствующие определенному проценту использования мощности.

Таким образом, в частичных скоростных характеристиках учитывается суммарное влияние факторов, сопутствующих нагрузочной и скоростной характеристикам. Выказанное положение справедливо для основных показателей работы двигателя и параметров рабочего цикла.

§ 32. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ

Марка двигателя	Тип двигателя	Число и расположение цилиндров ¹	Диаметр цилиндра в мм	Ход поршня в мм	Литраж двигателей в л	Мощность	
						л. с.	квт
МЗМА-400	Карбюраторный четырехтактный	P4	67,5	75	1,07	24,2	17,8
МЗМА-407	То же	P4	76	75	1,36	45	33
МеМЗ-965	»	V4	66	54,5	0,748	23	16,9
М-20	»	P4	82	100	2,12	52	38,2
М-21	»	P4	92	92	2,45	70	51,2
ГАЗ-12	»	P6	82	110	3,48	90	66,5
ГАЗ-13	»	V8	100	88	5,53	195	143,5
ЗИЛ-110	»	P8	90	118	6,0	140	103
ЗИЛ-111	»	V8	100	95	5,98	200	147
ЗИЛ-120	»	P6	101,6	114,3	5,55	95	70
ГАЗ-51	»	P6	82	110	3,48	70	51,2
ГАЗ-66	»	V8	92	80	4,25	110	81
ГАЗ-41	»	V8	100	88	5,53	135	100
Урал-5М	»	P6	101,6	114,3	5,55	76	55,7
ЗИЛ-130	»	V8	100	95	5,98	150	110
ЗИЛ-375	»	V8	108	95	7,0	180	132
Д-16	Дизель четырехтактный	P2	95	120	1,7	16	11,75
Д-20	То же	P4	125	140	1,71	18	13,25
Д-30	»	P4	95	120	3,4	30	22
Д-35	»	P4	100	130	4,08	37	27,2
Д-37	»	P4	105	120	4,15	45	33,0
Д-48	»	P4	105	130	4,48	48	35,3
Д-54	»	P4	125	152	7,45	54	39,7

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Число оборотов в минуту	Среднее эффек- тивное давление в кг/см ²	Вес в кг	Удельный вес в кг/л. с.	Литровый вес в кг/л	Степень сжатия	Октановое (це- тановое) число топлива	Средняя ско- рость поршня в м/сек	Порядок работы цилиндров
4000	5,46	134	5,55	125	6,3	66	10	1-3-4-2
4500	6,6	133	2,85	98	7	72	10,7	1-3-4-2
4000	6,6	78	3,9	104	6,5	72	7,27	1-3-4-2
3600	6,25	210	4,05	99	6,2	66	12	1-2-4-3
4000	6,42	145	2,07	59,3	6,7	72	12,3	1-2-4-3
3600	6,45	275	3,05	79	6,7	72	13,2	1-5-3-6-2-4
4400	7,25	240	1,23	43,5	8,5	93	12,9	1-5-4-2-6-3-7-8
3600	5,83	400	2,86	66,7	6,85	72	14,1	1-6-2-5-8-3-7-4
4200	7,3	374	1,87	62,5	10,5	95	13,3	1-5-4-2-6-3-7-8
2400	6,1	420	4,67	75,6	6,0	66	9,1	1-5-3-6-2-4
2800	6,46	260	3,61	74,6	6,2	66	10,3	1-5-3-6-2-4
3000	7,25	370	3,35	87	6,7	72	8	1-5-4-2-6-3-7-8
3000	7,35	246	1,82	44,8	6,7	72	8,8	1-5-4-2-6-3-7-8
2400	5,14	410	5,4	74	5,3	56	9,1	1-5-3-6-2-4
3200	7,05	447	2,96	74,5	6,5	72	10,2	1-5-4-2-6-3-7-8
3200	7,3	435	2,42	62,1	6,5	72	10,2	1-5-4-2-6-3-7-8
1600	5,3	210	13,15	131	18	45	6,4	1-2
1600	5,95	350	19,50	205	15	45	8,4	—
1600	5,47	320	10,67	93	16,5	45	6,4	1-3-4-2
1400	5,83	685	18,5	168	17	45	6,1	1-3-4-2
1600	6,1	340	7,56	82	16,5	45	6,4	1-3-4-2
1600	6,0	630	13,1	125	17	45	6,95	1-3-4-2
1300	5,01	1270	23,5	170	16	45	5,42	1-3-4-2

Марка двигателя	Тип двигателя	Число и расположение цилиндров ¹	Диаметр цилиндра в мм	Ход поршня в мм	Литраж двигателей в л	Мощность	
						л. с.	квт
СМД-7	Дизель четырехтактный	P4	115	130	5,4	65	47,7
Д-75	То же	P4	125	152	7,45	75	55
СМД-14	»	P4	120	140	6,3	75	55
КДМ-46	»	P4	145	205	13,5	80	59
6КДМ-50	»	P6	145	205	20,3	140	103
ЯАЗ-204	Дизель двухтактный	P4	108	127	4,65	112	82,5
ЯАЗ-206	То же	P6	108	127	7,95	165	121,1
Д-6	Дизель четырехтактный	P6	150	180	19,5	150	111
ЯМЗ-236	То же	V6	130	140	11,15	180	132
ЯМЗ-238	»	V8	130	140	14,85	240	177
ЯМЗ-240	»	V12	130	140	22,3	360	265
Д-12А	»	V12	150	180	38,9	300	220
Д-12-525	»	V12	150	180	38,9	525	386
УД-1	Карбюраторный четырехтактный	P1	72	75	0,305	4	2,94
УНД-5	То же	P1	72	54,5	0,222	5	3,68
УД-2	»	P2	72	75	0,610	8	5,9
УНД-7	»	P2	66	54,5	0,375	7,6	5,6
УНД-10	»	P2	72	54,5	0,444	10	7,36

¹ Р — рядный; V — V-образный.

Продолжение

Число оборотов в минуту	Среднее эффек- тивное давление в кг/см ²	Вес в кг	Удельный вес в кг/л. с.	Литровый вес в кг/л	Степень сжатия	Октановое (це- тановое) число топлива	Средняя ско- рость поршня в м/сек	Порядок работы цилиндров
1700	6,4	620	9,55	115	16,5	45	7,4	1-3-4-2
1500	6,1	975	13,2	130	16,5	45	7,6	1-3-4-2
1700	6,3	650	8,7	103	16,5	45	7,95	1-3-4-2
1000	5,35	2026	25,3	150	15,5	45	6,8	1-3-4-2
1000	6,2	3000	24,4	146,5	15,5	45	6,8	1-5-3-6-2-4
2000	5,42	800	7,15	173	16	45	8,5	1-3-4-2
2000	5,42	1150	7,0	145	16	45	8,5	1-5-3-6-2-4
1500	6,9	1250	8,3	64	15	45	9,0	1-5-3-6-2-4
2100	6,92	850	4,7	76	16,5	45	9,8	1-4-2-5-3-6
2100	6,92	980	4,1	66	16,5	45	9,8	1-5-4-2-6-3-7-8
2100	6,92	1150	3,2	51,5	16,5	45	9,8	1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9
1500	4,54	1450	4,84	37,3	15	45	9,0	1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9
2000	6,1	1450	2,76	37,3	15	45	12	1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9
3000	4	70	17,5	230	5	72	7,5	—
3000	6,8	38	7,66	172,5	6	72	5,45	—
3000	4	95	11,9	156	5	72	7,5	1-2
3000	6,7	50	6,57	133	6	72	5,45	1-2
3000	6,8	52	5,2	117	6	72	5,45	1-2

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин В. И. Советские автомобили. Справочник. М., Машгиз, 1955.
2. Анохин В. И. Отечественные автомобили. М., Машгиз, 1961.
3. Бабичев В. З. Автомобильные радиаторы. М., Машгиз, 1951.
4. Болтинский В. Н. Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей. М., Сельхозиздат, 1962.
5. Бюссиен Р. Автомобильный справочник. Пер. с нем. Т. 2. М., Машгиз, 1959.
6. Ваншейдт В. А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Л., Судпромгиз, 1958.
7. Грибанов В. И. Карбюраторы двигателей внутреннего сгорания. М.—Л., Машгиз, 1961.
8. Григорьев М. А. и Покровский Г. П. Автомобильные и тракторные центрифуги. М., Машгиз, 1961.
9. Дробкин Я. И. Об уравновешенности и компоновке V-образных двигателей. Труды харьковского политехнического института. Т. 23. 1959.
10. Дьяченко Н. Х. и др. Быстроходные поршневые двигатели внутреннего сгорания. М.—Л., Машгиз, 1962.
11. Житомирский В. К. Крутильные колебания валов авиационных поршневых двигателей. М., Машгиз, 1952.
12. Корчемный Л. В. Динамика газораспределительного механизма и профилирование кулачков быстроходных двигателей. М., Машгиз, 1960.
13. Масленников М. М. и Раппинпорт Н. С. Авиационные двигатели. М., Оборонгиз, 1946.
14. Минкин М. Л. и др. Исследование отечественных автомобильных радиаторов. М., Труды НАМИ, Вып. 74, 1954.
15. Можаяев В. Н. Электрооборудование тракторов, автомобилей и комбайнов. М.—Л., Изд. «Колос», 1964.
16. Орлин А. С., Вырубов Д. Н. и др. Двигатели внутреннего сгорания. М., Машгиз, 1962.
17. Степанов Ю. А. и др. Конструкция и расчет автотракторных двигателей. М., Машгиз, 1964.
18. Терских В. П. Расчеты крутильных колебаний силовых установок. Справочное пособие. М.—Л., Машгиз, 1954.
19. Фомин А. А. и др. Современные тракторные дизели. Атлас конструкций. М., Машгиз, 1963.
20. Автомобили горьковского автозавода. Горький. Книжное изд-во, 1963.
21. Автотракторное электрооборудование и приборы. Каталог. М., ЦНИИТмаш, 1962.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. ОБЩИЕ ДАННЫЕ ДВИГАТЕЛЕЙ	5
§ 1. Выбор параметров двигателя	—
Конструктивные параметры	—
Термодинамические параметры	6
Эксплуатационные параметры	7
Определение основных размеров двигателя	—
§ 2. Тепловой расчет двигателя	8
Параметры очистки и наполнения цилиндра	—
Параметры процесса сжатия	—
Параметры процесса сгорания	—
Параметры процесса расширения	9
Индикаторные показатели двигателя	—
Эффективные показатели двигателя	—
Размеры цилиндров	—
§ 3. Компоновка двигателя	10
Основные компоновочные схемы	—
Компоновка механизмов и систем двигателя	13
Техника выполнения компоновочных чертежей	—
§ 4. Опасные нагрузки для деталей двигателя и их особенности	17
Силы и режимы для расчета на прочность и износ деталей по наибольшей знакопеременной нагрузке	18
Оценка и выбор допускаемых напряжений	19
§ 5. Динамика двигателя	20
Исходные данные компоновки	21
Разнесение массы кривошипа	22
Разнесение массы шатуна	23
Подбор маховика	—
Уравновешивание двигателей	25
§ 6. Вес деталей кривошипно-шатунного механизма и поршневого комплекта	56
§ 7. Динамический расчет	64

Глава II. КОРПУС ДВИГАТЕЛЯ	69
§ 8. Расчет корпуса двигателя	—
Расчет на прочность	—
Тепловой расчет	71
§ 9. Блок-картеры	72
§ 10. Головки блоков	80
Глава III. КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ	85
§ 11. Расчет поршневой группы	—
Расчет на прочность	—
Расчет на износ	87
Тепловой расчет	—
§ 12. Поршневая группа двигателя	88
§ 13. Расчет деталей группы шатуна	108
Расчет на прочность	—
Расчет на жесткость	110
Расчет на усталость	111
Тепловой расчет	—
§ 14. Шатунная группа	112
§ 15. Расчет коленчатого вала	129
Расчет на прочность	130
Расчет на износ	131
Расчет на усталость	—
Расчет на крутильные колебания	132
Тепловой расчет	134
Функции углов поворота кривошипа	135
§ 16. Коленчатые валы	137
§ 17. Коренные подшипники коленчатого вала	146
Глава IV. ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ	155
§ 18. Расчет газораспределения	—
Профилирование кулачка	156
Определение проходного сечения клапана	157
Расчет на прочность	—
Расчет на жесткость	158
Расчет на износ	—
Расчет на усталость	159
Тепловой расчет	—
§ 19. Вес деталей механизма газораспределения	160
§ 20. Клапаны, седла и направляющие	163
§ 21. Пружины клапанов	177

§ 22. Распределительные валы	185
§ 23. Передаточные детали газораспределения	196
Глава V. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ, СМАЗКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ	205
§ 24. Расчет системы питания топливом	—
Расчет секции топливного насоса высокого давления	—
Расчет диаметра сопла форсунки, диаметра жиклера и диффузора карбюратора	206
Расчет топливopодкачивающего насоса	—
Расчет емкости топливных баков	207
§ 25. Приборы системы питания	209
§ 26. Расчет системы смазки	213
Проверка подшипника на надежность жидкостного трения	—
Расчет масляного насоса	—
Расчет масляного радиатора	214
Расчет центрифуги	—
§ 27. Приборы системы смазки	215
§ 28. Расчет системы охлаждения	218
Количество тепла, отводимого системой охлаждения	219
Расчет емкости системы охлаждения и поверхности охлаждающих ребер	—
Расчет приборов системы охлаждения	220
§ 29. Приборы системы охлаждения	221
§ 30. Приборы электрооборудования	225
Глава VI. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ	231
§ 31. Скоростные характеристики	—
Изменение основных показателей работы двигателя	250
Частичные скоростные характеристики двигателя	251
§ 32. Общие технические характеристики двигателей	252
Литература	256

Анатолий Михайлович ГУГИН
БЫСТРОХОДНЫЕ ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ
СПРАВОЧНИК

Редактор издательства *В. П. Васильева*
Переплет художника *Н. И. Васильева*

Сдано в производство 17/X 1966 г.
Подписано к печати 3/II 1967 г.
М-10061

Ленинградское отделение издательства
«МАШИНОСТРОЕНИЕ».
Ленинград, Д-65, ул. Дзержинского, 10

Технический редактор *Л. В. Щетинина*
Корректор *С. Г. Шистер*

Формат 70×90^{1/16}. Бумага типографская № 2.
Прив. печ. л. 19,01. Уч.-изд. л. 17,6
Тираж 9 000 экз. Заказ № 1273 Цена 1 р. 03 к .

Ленинградская типография № 6
Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР,
Ленинград, ул. Моисеенко, 10

1 р. 03 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
„МАШИНОСТРОЕНИЕ“