

На правах рукописи

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим работам**

по дисциплине

“ Гидравлические и пневматические системы в автомобилестроении ”

Ростов-на-Дону
2018

Практическая работа № 1

Задача 1.1. Сосуд заполнен водой, занимающей объем $W_1 = 2 \text{ м}^3$. На сколько уменьшится и чему будет равен этот объем при увеличении давления на величину на величину 200 бар при температуре 20°C ? Модуль объемной упругости для воды при данной температуре $E_0 = 2110 \text{ МПа}$.

Изменение объема жидкости определим из уравнения:

$$\Delta W = -\beta_p W \Delta p.$$

Коэффициент объемного сжатия определим из уравнения

$$\beta_p = 1/E_0$$

Увеличение давления $\Delta p = 200 \text{ бар} = 20 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Искомый объем будет равен:

$$W_2 = W_1 - \Delta W$$

Задача 1.2. Канистра, заполненная бензином и не содержащая воздуха, нагрелась на солнце до температуры 50°C . На сколько повысилось бы давление бензина внутри канистры, если бы она была абсолютно жесткой? Начальная температура бензина 20°C . Модуль объемной упругости бензина принять равным $E_0 = 1300 \text{ МПа}$, коэффициент температурного расширения ($\beta_t = 8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/град}$).

Из уравнения (1.8) находим относительное изменение объема бензина при увеличении температуры Δt на 30°C ($\Delta t = t_2 - t_1 = 30^\circ\text{C}$):

$$\Delta W / W = \beta_t \Delta t$$

Из уравнения находим изменение давления Δp при увеличении температуры Δt на 30°C :

$$\Delta p = \frac{\Delta W}{W} \frac{1}{\beta_p} = \frac{\Delta W}{W} E_0$$

Задача 1.3. Плотность масла АМТ-10 при температуре 20°C составляет 850 кг/м^3 . Определить плотность масла при повышении температуры до 60°C и увеличении давления с атмосферного ($p_1 = 0,1 \text{ МПа}$) до $p_2 = 8,7 \text{ МПа}$. Модуль объемной

упругости масла $E_0 = 1305$ МПа, температурный коэффициент $\rho_t = 0,0008$ 1/град.

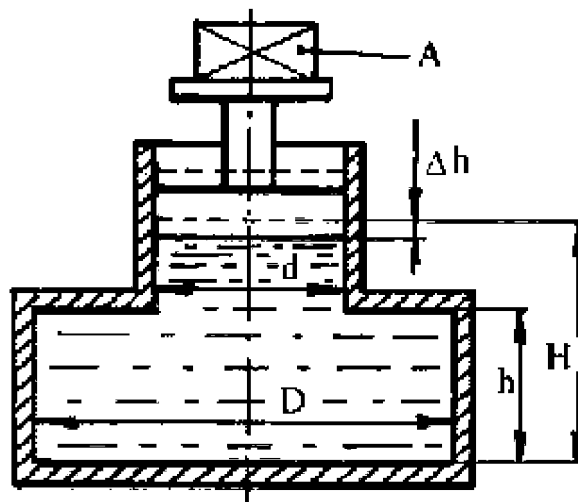
Плотность масла при повышении температуры до значения $t_2 = 60$ °С вычислим по формуле (1.9):

$$\rho_t = \rho_1 / (1 + \beta_t \Delta t)$$

Плотность масла при повышении давления до значения $p_2 = 8,7$ МПа вычисляем по формулам :

$$\rho_{II} = \rho_I / (1 - \beta_p dp) = \frac{\rho_I}{1 - (p_2 - p_1) / E_0}$$

Задача 1.4. Определить объемный модуль упругости жидкости, если под действием груза А массой 250 кг поршень прошел расстояние $\Delta h = 5$ мм. Начальная высота положения поршня (без груза) $H = 1,5$ м; диаметр поршня $d = 80$ мм и резервуара $D = 300$ мм; высота резервуара $h = 1,3$ м. Весом поршня пренебречь. Резервуар считать абсолютно жестким. -



Сила тяжести, создаваема грузом А, будет равна:

$$F = mg$$

Давление, создаваемое этой силой (т.е. приращение давления dp), определим как:

$$dp = F/S_{\pi} = 4F/\pi d^2$$

Первоначальный объем W жидкости равен:

$$W = S_1 h + S_2 (H - h) = \frac{\pi D^2}{4} h + \frac{\pi d^2}{4} (H - h)$$

Изменение объема равно:

$$dW = S_2 \Delta h = \frac{\pi d^2}{4} \Delta h$$

Модуль объемной упругости определим по формулам :

$$E_o = W \frac{dp}{dW}$$

Контрольные вопросы.

В чем заключается гипотеза сплошности жидкости?

Что такое плотность жидкости, от чего она зависит?

Какие силы относятся к массовым и поверхностным? Какие виды напряжений действуют в жидкости?

В чем состоит физический смысл объемного модуля упругости?

Что такое вязкость жидкости?

Какова связь кинематической и динамической вязкости?

Поясните природу неньютоновских жидкостей.

Какие причины вызывают кавитацию?

Что такое "холодное" кипение?

Какова природа явления поверхностного натяжения?

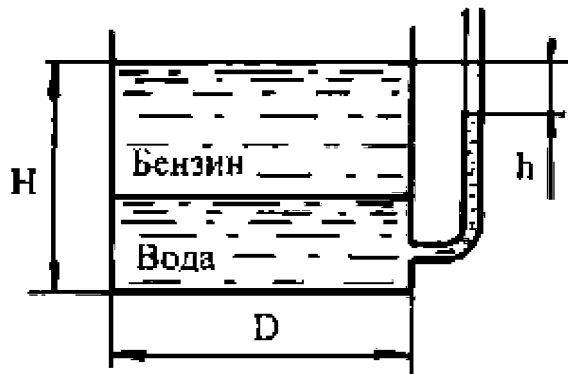
Практическая работа № 2

При решении задач по гидростатике необходимо различать такие понятия, как давление p и сила F .

Применяя основное уравнение гидростатики нужно помнить, что второй член в правой части уравнения может быть как положительным, так и отрицательным. Необходимо также твердо различать давления абсолютное, избыточное и вакуумметрическое, а также весовое давление жидкости.

При решении задач, в которых даны поршни или системы поршней, следует писать уравнение равновесия, то есть равенство нулю суммы всех сил, действующих на поршень или систему поршней. В задачах на относительный покой жидкости следует учитывать повышение давления за счет силы инерции переносного движения.

Задача 2.1. В цилиндрический бак диаметром 2 м до уровня $H = 1,5$ м налиты вода и бензин. Уровень воды в пьезометре ниже уровня бензина на $h = 300$ мм. Определить вес находящегося в баке бензина, если $\rho_6 = 700 \text{ кг/м}^3$.



Весовое (избыточное) давление воды и бензина в баке будет равно весовому давлению воды в пьезометре:

$$\rho_v g h_v + \rho_6 g h_6 = \rho_v g (H - h).$$

Поскольку в этом уравнении есть два неизвестных, выразим $h_v = H - h_6$, и подставим:

$$\rho_v g (H - h_6) + \rho_6 g h_6 = \rho_v g (H - h).$$

После сокращения получим:

$$h_6(\rho_B - \rho_6) = \rho_B h.$$

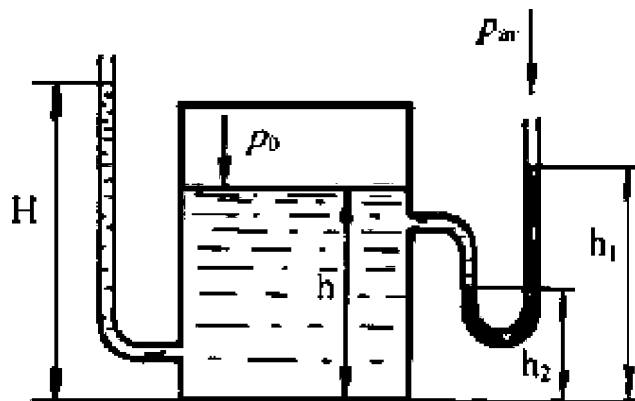
Высота бензина в баке:

$$h_6 = \frac{\rho_B h}{\rho_B - \rho_6}$$

Вес находящегося в баке бензина:

$$G = Mg = \rho_6 \cdot g \cdot S \cdot h_6 = \rho_6 \cdot g \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h_6$$

Задача 2.2. Определить давление p_0 воздуха в напорном баке по показанию ртутного манометра. Какой высоты H должен быть пьезометр для измерения того же давления p_0 ? Высоты $h=2,6$ м; $h_1=1,8$ м; $h_2=0,6$ м. Плотность ртути $\rho_{рт}=13600$ кг/м³, воды $\rho=1000$ кг/м³



Абсолютное давление в баке на уровне высоты h_2 будет равно абсолютному давлению в ртутном манометре на том же уровне:

$$p_a = p_0 + \rho_B g (h - h_2) = p_{ат} + \rho_{рт} g (h_1 - h_2).$$

$$p_0 = p_{ат} + \rho_{рт} g (h_1 - h_2) - \rho_B g (h - h_2)$$

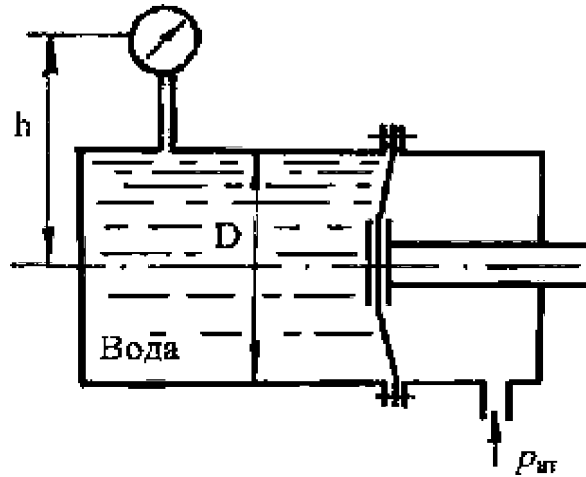
Для нахождения высоты H рассуждения аналогичны

$$p_{ат} + \rho_B g H = p_0 + \rho_B g h,$$

$$\text{откуда } H = \frac{p_0 + \rho_B g h - p_{ат}}{\rho_B g}$$

Задача 2.3. Определить силу F , действующую на шток гибкой диафрагмы, если

ее диаметр $D = 200$ мм, показания вакуумметра $p_{\text{вак}} = 0,05$ МПа, высота $h = 1$ м. Площадь штока пренебречь. Найти абсолютное давление в левой полости, если $h_a = 740$ мм. рт. ст



Действующее на шток диафрагмы давление вакуума определяется по показанию вакуумметра с учетом высоты столба воды h :

$$p_{\text{вак.д.}} = \rho gh - p_{\text{вак}}$$

Знак «-» указывает на то, что давление в левой полости гидроцилиндра по оси штока ниже атмосферного (давление вакуума).

Атмосферное давление составляет 98642 Па.

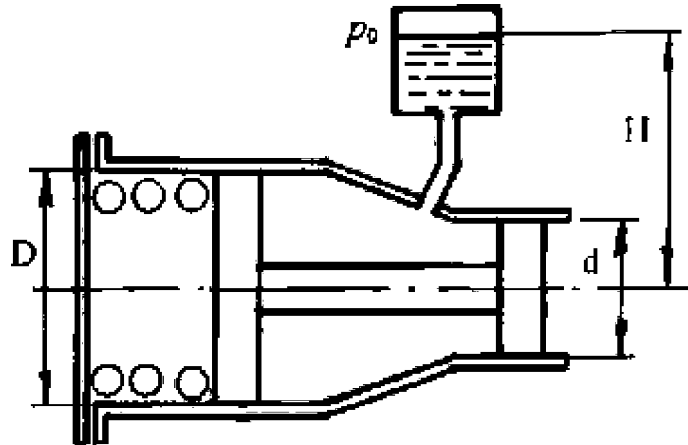
Абсолютное давление в левой полости (давление с учетом атмосферного давления):

$$p_{\text{аб}} = p_{\text{ат}} - p_{\text{вак.д.}}$$

Сила, действующая на шток диафрагмы, равна:

$$F = p_{\text{вак}} \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

Задача 2.4. Система из двух поршней, соединенных штоком, находится в равновесии. Определить силу, сжимающую пружину. Жидкость, находящаяся между поршнями и в бачке - масло с плотностью $\rho = 870 \text{ кг/м}^3$. Диаметры $D = 80 \text{ мм}$; $d = 30 \text{ мм}$; высота $H = 1000 \text{ мм}$; избыточное давление $p_0 = 10 \text{ кПа}$.



Избыточное давление, действующее на кольцевую поверхность поршней, будет равно:

$$p_{\text{изб}} = p_0 + \rho g H$$

Силы, действующие на кольцевые площади поршней с диаметрами $D = 80 \text{ мм}$ и $d = 30 \text{ мм}$, будут равны:

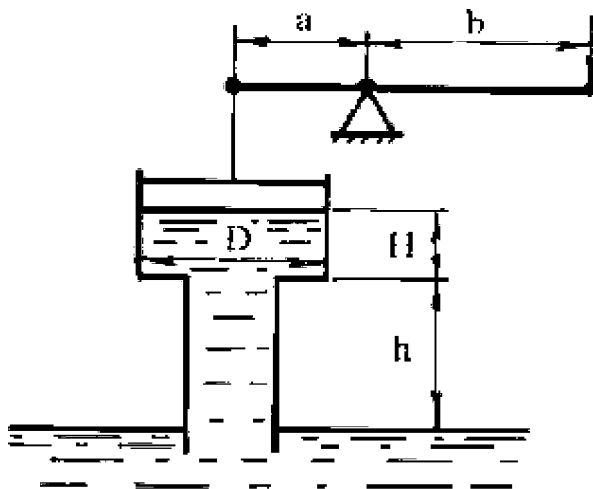
$$F_1 = p_{\text{изб}} \frac{\pi}{4} (D^2 - d_{\text{ш}}^2)$$

$$F_2 = p_{\text{изб}} \frac{\pi}{4} (d^2 - d_{\text{ш}}^2).$$

Сила, сжимающая пружину, будет равна:

$$F = F_1 - F_2 = p_{\text{изб}} \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

Задача 2.5. Определить силу F , необходимую для удержания в равновесии поршня, если труба под поршнем заполнена водой, а размеры трубы: $D = 100$ мм; $H = 0,5$ м; $h = 4$ м. Длины рычага: $a = 0,2$ м и $b = 1$ м. Собственным весом поршня пренебречь.



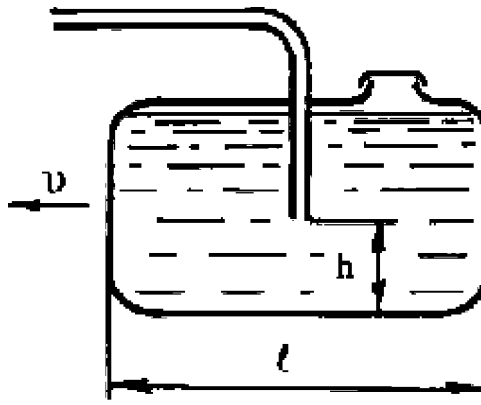
Логично предположить, что сила F , необходимая для удержания поршня в равновесии, должна соответствовать давлению под ним, то есть весовому давлению столба жидкости:

$$p = \rho g(H + h)$$

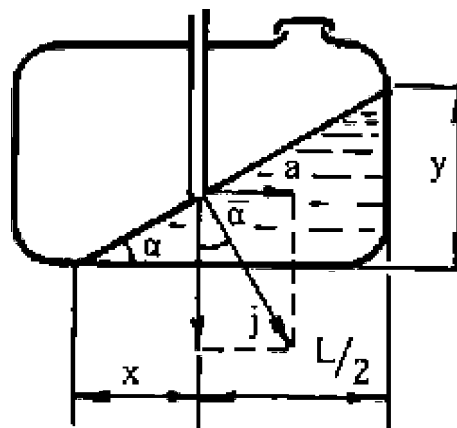
Сила F в соответствии с длинами плеч рычага равна:

$$F = \frac{a}{b} p \frac{\pi D^2}{4}$$

Задача 2.6. Топливный бак автомобиля длиной $L = 0,6$ м, шириной $b = 0,5$ м и высотой $H = 0,2$ м движется с ускорением $a = 3,27$ м/с². Определить минимальное количество топлива в баке, обеспечивающее его подачу без подсоса воздуха. Считать, что бензопровод установлен в центре горизонтальной проекции бака, его диаметр мал по сравнению с длиной бака, высота $h = 10$ мм.



Изобразим положение бензина в баке с минимальным объемом.



Обозначим стороны прямоугольного треугольника как l и y . Тогда:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$$

$$x = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$l = x + \frac{L}{2}$$

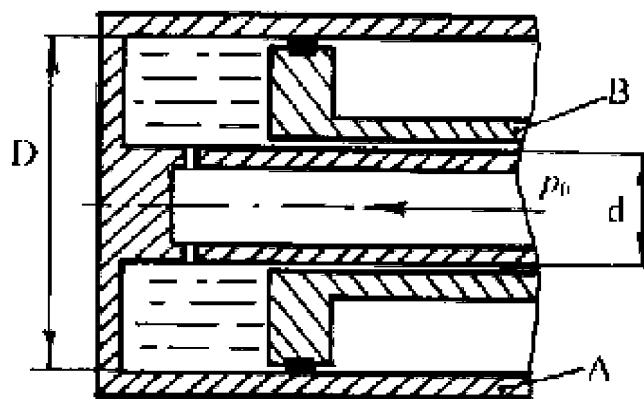
$$y = l \operatorname{tg} \alpha$$

Объем минимального количества бензина в баке, обеспечивающего его подачу без подсоса, будет равно:

$$W = S b = \frac{\ell y}{2} b$$

Задача 2.7. На рисунке показан элемент одной из возможных схем гидроусилителя сцепления автомобиля (трактора). Масло под давлением $p_0 = 0,5$ МПа подводится внутри вала и затем через отверстие - в полость между двумя

совместно вращающимися цилиндром А и поршнем Б, который может скользить вдоль вала. Давление масла, увеличенное благодаря действию центробежных сил, заставляет поршень перемещаться вправо и обеспечивает этим силу нажатия, необходимую для включения сцепления. Определить силу давления масла на поршень Б, если его диаметр $D = 120$ мм; диаметр вала $d = 20$ мм; частота вращения $n = 6\,000$ об/мин; плотность жидкости $\rho = 920$ кг/м³.



Определим угловую частоту вращения:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Увеличение давления за счет центробежной силы (уравнение 2.14) будет увеличиваться пропорционально увеличению расстояния от центральной оси элемента. В этом случае за увеличение давления примем его среднее значение:

$$\Delta p = \frac{\omega^2 \rho (R^2 + r^2)}{2} / 2$$

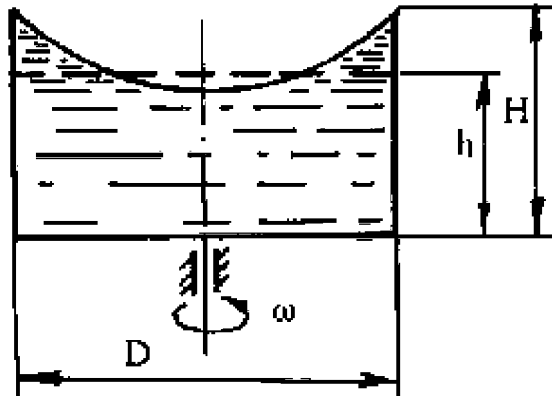
Давление в полости элемента с учетом увеличения давления за счет действия центробежной силы будет равно:

$$p = p_0 + \Delta p$$

Тогда сила, с которой действует давление p на поршень, будет равна:

$$F = p \frac{\pi}{4} (D^2 + d^2)$$

Задача 2.8. В сосуд высотой $H = 0,3$ м залита жидкость до уровня $h = 0,2$ м. Определить, до какой угловой скорости можно раскрутить сосуд, с тем, чтобы жидкость не выплеснулась из него, если диаметр сосуда $D = 100$ мм.



Уравнение свободной поверхности жидкости имеет вид (2.11):

$$H = z_0 + \frac{\omega^2 r^2}{2g},$$

где z_0 - вертикальная координата вершины параболоида. Объем параболоида вращения W_u равен:

$$W_u = \frac{1}{2} \pi R^2 (H - z_0).$$

Выразим объем жидкости $W_{ж}$, находящейся в сосуде объемом W_c , учитывая объем параболоида W_u :

$$W_{ж} = W_c - W_u = H \frac{\pi D^2}{4} - \frac{1}{2} \pi R^2 (H - z_0) = \frac{1}{2} \frac{\pi D^2}{4} (H + z_0).$$

Поскольку можно вычислить объем жидкости $W_{ж}$ в сосуде, находящегося в состоянии покоя, то можно записать:

$$h \frac{\pi D^2}{4} = \frac{1}{2} \frac{\pi D^2}{4} (H + z_0).$$

$$h = \frac{1}{2} (H + z_0).$$

$$z_0 = 2h - H.$$

Угловую скорость ω можно выразить из уравнения свободной поверхности жидкости в сосуде (2.11):

$$\omega = \sqrt{\frac{(H - z_0)2g}{r^2}}$$

Контрольные вопросы.

Дайте определение гидростатического давления.

$$p = f(x, y, z)?$$

Почему гидростатическое давление является функцией координат

Что такое весовое давление жидкости?

Может ли давление в жидкости быть меньше нуля, равно нулю?

В каких случаях плоскость пьезометрического напора располагается выше или ниже свободной поверхности покоящейся жидкости?

Что такое абсолютное, избыточное и вакуумметрическое давление?

Как можно измерить атмосферное давление? В чем разница между физической и технической атмосферой?

Может ли движущаяся жидкость находиться в состоянии покоя? Если может, то при каких условиях?

Практическая работа № 3

Задача 3.1. Труба, по которой течет вода, имеет переменное сечение. Определить скорость во втором сечении, если скорость в первом сечении $v_1=0,05$ м/с; $d_1=0,2$ м; $d_2=0,1$ м.

Из уравнения неразрывности потока (3.5) следует:

$$v_2 = v_1 \frac{S_1}{S_2} = v_1 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

По трубопроводу диаметром $d = 150$ мм перекачивается нефть плотностью $\rho = 800$ кг/м³ в количестве 1200 т. в сутки. Определить секундный объемный расход нефти Q и среднюю скорость ее течения v .

Предварительно находим секундный массовый расход:

$$Q = Q_m / \rho$$

Далее по уравнению расхода (3.5):

$$v = Q / S = Q / \frac{\pi d^2}{4}$$

Задача 3.2. По полностью затопленному трубопроводу перекачивается жидкость со скоростью $v = 0,2$ м/с. Определить расход жидкости Q , если гидравлический радиус $R = 0,015$ м.

Гидравлический радиус равен отношению площади живого сечения $S = \pi r^2$ и смоченного периметра $\chi = 2\pi r$:

$$R = S / \chi = \pi r^2 / 2\pi r = r / 2 .$$

Отсюда диаметр трубопровода $d = 2r = 4R$ Тогда расход жидкости:

$$Q = v \cdot S = v \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

Контрольные вопросы.

В чем разница между линией тока и траекторией? Могут ли они совпадать?

В чем различие установившегося и неуставившегося движения?

Что такое трубка тока, элементарная струйка жидкости?

Дайте определение живого сечения струйки, расхода жидкости и средней по живому сечению скорости.

Какой физический закон применительно к жидкости отражает уравнение неразрывности?

Каковы особенности безнапорных потоков, напорных потоков и гидравлических струй?

Что такое смоченный периметр и гидравлический радиус?

Практическая работа № 4

При применении уравнения Бернулли важно правильно выбрать те два сечения, для которых оно записывается. В качестве сечений рекомендуется брать:

свободную поверхность жидкости в резервуаре (баке), где скорость $v = 0$;

выход в атмосферу, где $p_{изб} = 0$; $p_{абс} = p_{ат}$;

сечение, где присоединен тот или иной манометр, пьезометр или вакуумметр;

неподвижный воздух вдалеке от входа в трубу, в которую происходит всасывание из атмосферы;

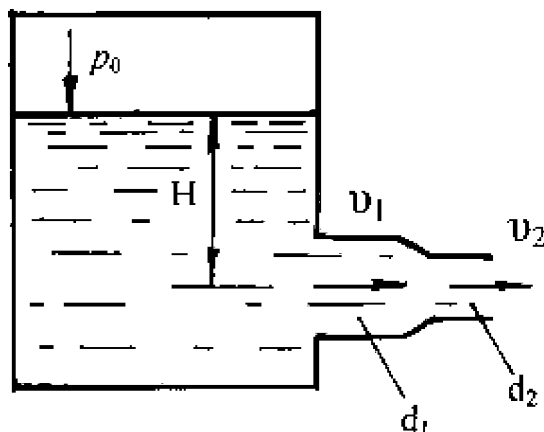
Уравнение Бернулли рекомендуется сначала записать в общем виде, а затем переписать с заменой его членов заданными буквенными величинами и исключить члены, равные нулю.

При этом необходимо помнить, что:

вертикальная ордината z всегда отсчитывается от произвольно выбранной плоскости вверх;

давление p , входящее в правую и левую части уравнения, должно быть задано в одной системе отсчета.

Задача 4.1. Из напорного бака вода течет по трубе диаметром $d_1 = 20$ мм, и затем вытекает в атмосферу через насадок с диаметром выходного отверстия $d_2 = 10$ мм. Избыточное давление воздуха в баке $p_0 = 0,18$ МПа; высота $H = 1,6$ м. Пренебрегая потерями энергии, определить скорости течения воды в трубе v_1 и на выходе из насадка.



В качестве сечений, для которых составим уравнение Бернулли, выберем свободную поверхность в резервуаре и сечение на выходе из насадка диаметром d_2 . Тогда:

$$H + \frac{p_0 + p_{\text{ат}}}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} = 0 + \frac{p_{\text{ат}}}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

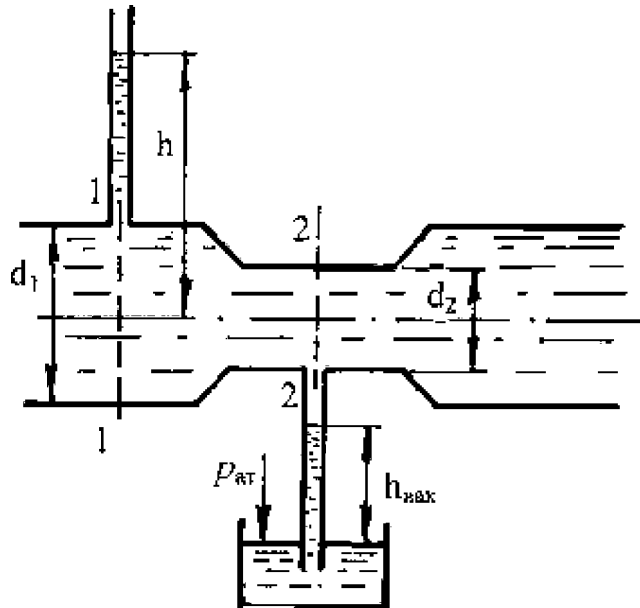
Ввиду значительных размеров сосуда по сравнению с поперечными размерами трубопровода скорость v_0 будет весьма мала и ею можно пренебречь, то есть $v_0 = 0$.

$$v_2^2 = \left(H + \frac{p_0}{\rho g}\right) \cdot 2g, \text{ откуда } v_2 = \sqrt{2gH + \frac{2p_0}{\rho}}$$

Из уравнения расхода (3.5) находим скорость v_1 ,:

$$v_1 = \frac{v_2 S_2}{S_1} = \frac{v_2 d_2^2}{d_1^2}$$

Задача 4.2. Определить, на какую высоту поднимется вода в трубке, один конец которой присоединен к суженному сечению трубопровода, а другой конец опущен в воду. Расход воды в трубе $Q = 0,025 \text{ м}^3/\text{с}$; избыточное давление $p_1 = 49 \text{ кПа}$; диаметры $d_1 = 100 \text{ мм}$ и $d_2 = 50 \text{ мм}$. Потерями напора пренебречь.



Уравнение Бернулли для сечений 1 и 2 относительно оси трубы при ($\alpha_1 = \alpha_2 = 1$) имеет вид:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Учитывая, что то

$$h_{\text{вак.}} = p_2 / \rho g, \quad v_1 = 4Q / \pi d_1^2 \quad \text{и} \quad v_2 = 4Q / \pi d_2^2$$

получим:

$$h_{\text{вак.}} = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{4^2 Q^2}{2g\pi^2} \left(\frac{1}{d_1^4} - \frac{1}{d_2^4} \right)$$

Полученная высота - вакуумметрическая высота. На эту высоту $h_{\text{вак}} = 2,76$ м и поднимется вода в трубке.

Контрольные вопросы.

Что такое пьезометрический, скоростной и гидродинамический напор? Как они изменяются по длине (по направлению движения жидкости)?

Как ориентирована напорная линия при установившемся движении вязкой жидкости?

Почему уравнение Бернулли выражает закон сохранения механической энергии в жидкости?

Что называется полной удельной энергией потока?

Чем отличается уравнение Бернулли для идеальной жидкости от того же уравнения для реальной жидкости?

Поясните смысл коэффициента Карриолиса в уравнении Бернулли.

За счет чего происходит уменьшение удельной энергии потока?

Что такое пьезометрический и гидравлический уклон?

В каких измерительных приборах используются закономерности уравнения Бернулли?

В чем разница между трубкой Пито и трубкой Пито - Прандтля?

Практическая работа № 5

Задача 5.1. Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром $d = 300$ мм, если расход $Q = 0,136$ м/с. Коэффициент кинематической вязкости для воды (при $t = 10^\circ \text{C}$) $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Живое сечение потока:

$$S = \pi d^2 / 4$$

Средняя скорость движения воды в трубе:

$$v = Q / S$$

Число Рейнольдса

$$Re = vd / \nu$$

Так как полученное $Re > Re_{кр} = 2300$, следовательно, движение воды будет турбулентным.

Задача 5.2 По трубопроводу диаметром $d = 100$ мм транспортируется нефть. Определить критическую скорость, соответствующую переходу ламинарного движения жидкости в турбулентное. Коэффициент кинематической вязкости принять равным $\nu = 8,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Критическое число Рейнольдса равно:

$$Re_{кр} = dv_{кр} / \nu$$

Откуда:

$$v_{кр} = \nu Re_{кр} / d$$

Задача 5.3. Как изменяется число Рейнольдса при переходе трубопровода от меньшего диаметра к большему при сохранении постоянства расхода ($Q = \text{const}$)?

Скорость движения жидкости из уравнения расхода равна:

$$v = Q/S = 4Q/\pi d^2 .$$

Подставив значение скорости в уравнение Рейнольдса (5.5), получим:

$$Re = 4Q/\pi d v .$$

Следовательно, число Рейнольдса уменьшится во столько раз, во сколько увеличится диаметр трубы d .

Контрольные вопросы.

В чем смысл коэффициентов гидродинамического подобия?

В зависимости от чего применяется тот или иной коэффициент подобия?

Каковы факторы, определяющие режим движения жидкости?

Каковы особенности ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости?

Что такое осредненная скорость при турбулентном режиме движения?

Приведите примеры особенности ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости.

Практическая работа № 6

Задача 6.1. Вентиляционная труба $d = 0,1$ м имеет длину $l = 100$ м. Определить потери давления, если расход воздуха, подаваемый по трубе, равен $Q = 0,078$ м³/с. Давление на выходе равно атмосферному ($p_{ат} = 0,1$ МПа). Местные сопротивления по пути движения воздуха отсутствуют. Кинематическая вязкость воздуха при $t = 20$ °С составляет $\nu = 15,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Средняя шероховатость выступов $\Delta = 0,2$ мм, плотность воздуха $\rho = 1,18$ кг/м³.

Скорость воздуха в трубе равна:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

Режим течения жидкости - турбулентный ($Re > 2300$), поэтому коэффициент гидравлического трения определим по формуле Альтшуля (6.12):

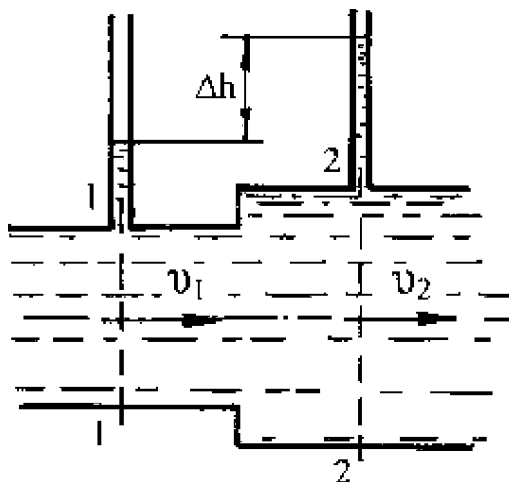
$$\lambda_r = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

Потери давления на трение по длине определим по формуле Дарси-Вейсбаха (6.6):

$$h_{тр} = \frac{\Delta p}{\rho g} = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v^2}{2g}, \text{ откуда}$$

$$\Delta p = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v^2}{2} \rho$$

Задача 6.2. При внезапном расширении трубы от $d = 50$ мм до $D = 150$ мм происходит увеличение давления, которому соответствует разность показаний пьезометров $\Delta h = 80$ мм. Определить скорости v_1 и v_2 и расход жидкости. Учесть потери на внезапное расширение.



Составим уравнение Бернулли для сечений 1 и 2 ($z_1 = z_2 = 0$):

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_m.$$

$$h_m = \left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}.$$

Потери на внезапное расширение определим по формулам (6.2) и (6.4):

Учтем также, что $\Delta h = \frac{p_2}{\rho g} - \frac{p_1}{\rho g}$. Выразим любую скорость (на пример, v_2) из уравнения расхода:

$$v_2 = v_1 \frac{d^2}{D^2}.$$

С учетом вышеизложенного уравнение Бернулли примет вид:

$$\Delta h = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} - h_m = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_1^2 \left(\frac{d^2}{D^2}\right)^2}{2g} - \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) \frac{v_1^2}{2g}$$

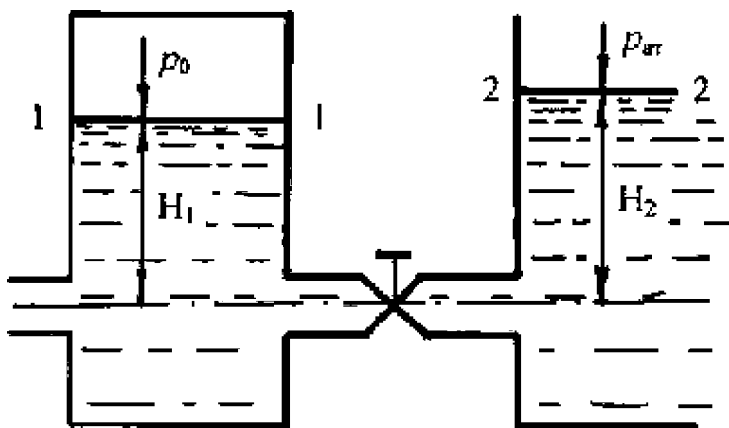
Откуда скорость v_1 , будет равна:

$$v_1 = \sqrt{\frac{\Delta h \cdot 2g}{1 - \left(\frac{d^2}{D^2}\right)^2 - \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2}}$$

Расход жидкости определим из уравнения расхода:

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{d^2}{D^2}$$

Задача 6.3 Вода перетекает из напорного бака, где избыточное давление воздуха $p_1 = 0,3$ МПа, в открытый резервуар по короткой трубе диаметром $d = 50$ мм, на которой установлен кран. Чему должен быть равен коэффициент сопротивления крана для того, чтобы расход воды составлял $Q = 8,7$ л/с. Высоты уровней $H_1 = 1$ м, $H_2 = 3$ м. Учесть потери напора на входе в трубу ($\zeta_{\text{вх}} = 0,5$) и на выходе из трубы (внезапное расширение).



Скорость в трубе из уравнения расхода:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Составим уравнение Бернулли для сечений 1 и 2 относительно плоскости сравнения, совпадающей с осью трубы:

$$H_1 + \frac{p_1 + p_{\text{ат}}}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = H_2 + \frac{p_{\text{ат}}}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_{\text{тр}}$$

Скоростями v_1 и v_2 можно пренебречь, то есть $v_1 = v_2 = 0$. Потери напора равны:

$$\sum h_{\text{тр}} = h_{\text{суж}} + h_{\text{м}} + h_{\text{расш}}.$$

Потери напора при сужении:

$$h_{\text{суж}} = \zeta_{\text{вх}} \frac{v^2}{2g}$$

где v - скорость течения жидкости в трубе.

Потери напора при расширении по формуле (6.4):

$$h_{\text{расш}} = \left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right)^2 \frac{v^2}{2g}$$

Поскольку $S_2 \gg S_1$, то:

$$h_{\text{расш}} = \frac{v^2}{2g}.$$

Местные потери напора:

$$h_{\text{м}} = \zeta_{\text{к}} \frac{v^2}{2g}$$

$$H_1 + \frac{p_1}{\rho g} = H_2 + \zeta_{\text{вх}} \frac{v^2}{2g} + \zeta_{\text{к}} \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g}$$

Перегруппировав члены уравнения и выразив ζ_k , получим:

$$\zeta_k = \frac{[H_1 - H_2 + \frac{p_1}{\rho g} - \frac{v^2}{2g(\zeta_{\text{вх}} + 1)] \cdot 2g}{v^2} = \frac{2g(H_1 - H_2) + \frac{2p_1}{\rho}}{v^2} - (\zeta_{\text{вх}} + 1)$$

Контрольные вопросы.

Из чего складываются потери напора?

От чего зависит коэффициент местного сопротивления?

Чем объясняются потери по длине трубопровода?

Как влияет режим течения жидкости на потери напора по длине и в местных сопротивлениях?

Почему на зависимость гидравлических потерь напора от расхода при ламинарном течении влияет изменение температуры жидкости?

Почему существуют понятия "гидравлически гладкие трубы" и "гидравлически шероховатые трубы"?

Почему толщина вязкого подслоя жидкости влияет на потери напора при турбулентном движении?

В чем разница между линейными потерями и квадратичными?

Практическая работа № 7

Задача 7.1. Определить расход и скорость вытекания воды из малого круглого отверстия диаметром $d = 3$ см в боковой стенке резервуара больших размеров. Напор над центром отверстия $H = 1$ м, кинематическая вязкость воды при $t = 20$ °С составляет $\nu = 10^{-6}$ м²/с.

Определяем число Рейнольдса, характеризующее истечение без учета коэффициента скорости φ :

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{d\sqrt{2gH}}{\nu}$$

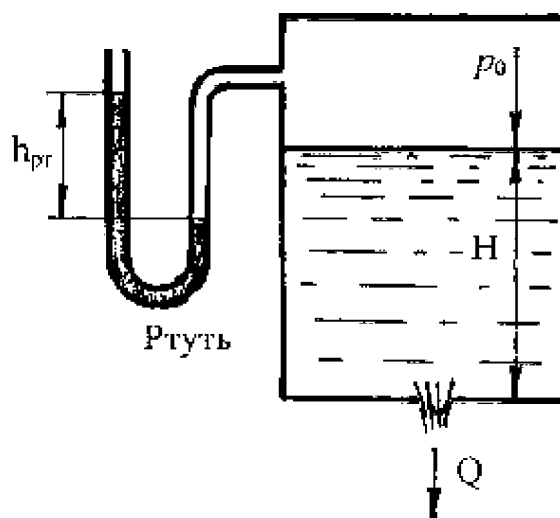
Из рис. 7.2 при $Re = 133\,000$ определяем коэффициенты скорости φ и расхода μ : $\varphi = 0,98$; $\mu = 0,59$. Тогда скорость истечения воды из отверстия будет равна:

$$v_c = \varphi\sqrt{2gH}$$

Расход вытекающей из отверстия воды будет равен:

$$Q = \mu S\sqrt{2gH}$$

Задача 7.2 Определить расход жидкости ($\rho = 800$ кг/м³), вытекающей из бака через отверстие площадью $S = 1$ см². Показание ртутного манометра $h = 268$ мм, высота $H = 2$ м, коэффициент расхода μ отверстия $\mu = 0,60$.



Расход жидкости определяем по формуле (7.9):

$$Q = \mu S \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}$$

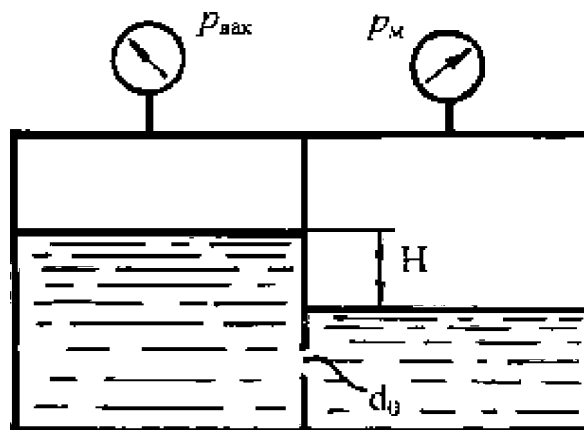
Перепад давления Δp с верхней и нижней стороны отверстия будет равен разности давления на дне сосуда (сумма p_0 и весового давления ρgH) и атмосферного давления, то есть

$$\Delta p = p_0 + \rho gH - p_{\text{ат.}}$$

Давление p_0 (абсолютное давление) определяется как

$$p_0 = p_{\text{ат.}} + \rho_{\text{рт.}} gh$$

Задача 7.3. Определить направление истечения жидкости с плотностью $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ через отверстие $d_0 = 5 \text{ мм}$ и расход, если разность уровней $H = 2 \text{ м}$, показание вакуумметра соответствует 147 мм. рт. ст. , показание манометра $h_M = 0,25 \text{ МПа}$, коэффициент расхода $\mu = 0,62$.



Разность давлений между баками равна:

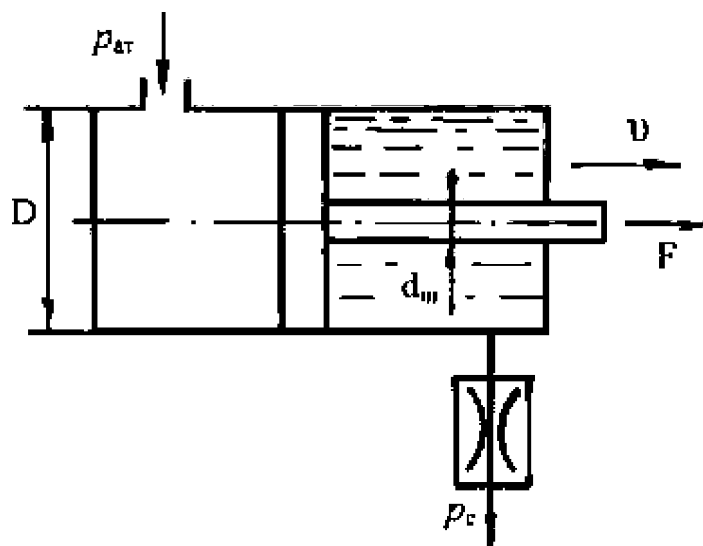
$$\Delta p = p_M - (\rho gH - p_{\text{вак.}})$$

Поскольку давление в правой части больше, то направление течения жидкости будет направлено в левую часть двойной емкости.

Тогда расход жидкости через отверстие с диаметром d_0 будет равен:

$$Q = \mu S \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}$$

Задача 7.4. Определить диаметр отверстия дросселя, установленного на сливе из гидроцилиндра, при условии движения штока цилиндра под действием внешней нагрузки $F = 60$ кН со скоростью $v = 200$ мм/с. Диаметры: штока $d_{\text{ш}} = 40$ мм, цилиндра $D = 80$ мм, коэффициент расхода дросселя $\mu = 0,65$, плотность жидкости $\rho = 850$ кг/м³, давление на сливе $p_c = 0,3$ МПа.



Определим давление, которое создает сила F в правой части гидроцилиндра:

$$p = \frac{4F}{\pi(D^2 - d_{\text{ш}}^2)}$$

Перепад давлений на дросселе Δp будет равен:

$$\Delta p = p - p_c$$

Расход жидкости, протекающей через дроссель:

$$Q = vS = v \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

Площадь сечения дросселя S будет равна:

$$S = \frac{Q}{\mu \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}}$$

Тогда диаметр отверстия дросселя:

$$d = \sqrt{4S/\pi}$$

Контрольные вопросы.

При выполнении какого условия отверстие называют малым?

В чем физический смысл коэффициента скорости?

Какова зависимость коэффициентов сжатия, скорости и расхода от числа Рейнольдса?

Чем отличается формула расхода жидкости для незатопленного и затопленного отверстия?

Практическая работа № 8

Задачи на расчет простого трубопровода можно разбить на три типа:

I тип. Даны расход жидкости Q в трубопроводе, все геометрические размеры (l , d , Δz), шероховатость труб, давление в конечном сечении (для всасывающих трубопроводов в начальном), и характеристика жидкости (плотность ρ и кинематическая вязкость ν). Местные сопротивления либо заданы коэффициентами ζ , или эквивалентными длинами $l_{\text{экв}}$, либо оцениваются по справочным данным.

Требуется найти потребный напор $H_{\text{потр}}$.

По Q , d и ν находится число Рейнольдса Re и определяется режим течения жидкости.

При ламинарном режиме течения искомый напор определяется по формулам (8.8) и (6.9):

$$H_{\text{потр}} = H_{\text{ст}} + KQ^m, \text{ где } K = \frac{128\nu l}{\pi g d^4}, m = 1.$$

При турбулентном режиме задача решается с помощью формул (8.8) и (8.4):

$$H_{\text{потр}} = H_{\text{ст}} + KQ^m, \text{ где } K = \left(\lambda_T \frac{l}{d} + \zeta_m\right) \frac{8}{g \pi^2 d^4}, m = 2.$$

II тип. Даны: напор $H_{\text{расп}}$, который будем называть располагаемым, и все величины, перечисленные в I типе задач, кроме расхода Q . Так как число Рейнольдса в данной задаче подсчитать нельзя, то необходимо выразить расход Q через критическое число Рейнольдса $Re = 2300$ и определить $H_{\text{кр}}$, соответствующее смене режима. Сравнив $H_{\text{кр}}$ и $H_{\text{расп}}$, можно легко определить режим течения.

При ламинарном режиме задача решается просто, как и в задаче I типа.

При турбулентном режиме задача решается по формулам (8.8) и (8.4).

В уравнении (8.4) содержатся два неизвестных (Q и λ_T), зависящие от числа Рейнольдса. Для решения задачи задают значение коэффициента λ_T с учетом шероховатости и определяют его по формуле Альтшуля при $Re \rightarrow \infty$;

$$\lambda_T = 0,11 \left(\Delta/d \right)^{0,25}.$$

Значение коэффициента Дарси изменяется в небольших пределах ($\lambda_T = 0,015... 0,04$).

Затем, решая уравнения (8.8) и (8.4), находят расход Q в первом приближении. По найденному расходу Q определяют R_e в первом приближении, а по R_e - уже более точное значение λ_T . Обычно бывает достаточно второго приближения.

Для решения этой же задачи графическим способом строят кривую потребного (располагаемого) напора для данного трубопровода с учетом переменности λ_T , то есть для ряда значений Q подсчитывают v , R_e , λ_T и $H_{\text{потр}} = f(Q)$ по формуле (8.8). Затем, построив кривую $H_{\text{потр}} = f(Q)$, и зная ординату $H_{1\text{Ютр}} = H_{\text{расп}}$, находят соответствующую ей абсциссу, то есть находят расход Q .

III тип. Даны расход Q , располагаемый напор $H_{\text{расп}}$, и все величины, перечисленные ранее, кроме диаметра трубопровода d , который и нужно определить.

Так как число Рейнольдса определить нельзя, то выражают диаметр через критическое число Рейнольдса $R_e = 2300$ и определяют $H_{\text{кр}}$, соответствующее смене режима движения жидкости. Сравнивая $H_{\text{кр}}$ и $H_{\text{расп}}$, определяют режим течения.

При ламинарном режиме задача решается просто по формулам (6.9) и (8.8).

При турбулентном режиме задачу решают графически. При этом задаются рядом значений диаметра d и по ним подсчитывают $H_{\text{потр}}$. Затем строят график $H_{\text{потр}} = f(d)$ и по нему, зная $H_{\text{расп}}$, определяют диаметр d .

Если трубопровод состоит из n последовательно соединенных участков, то справедливы равенства:

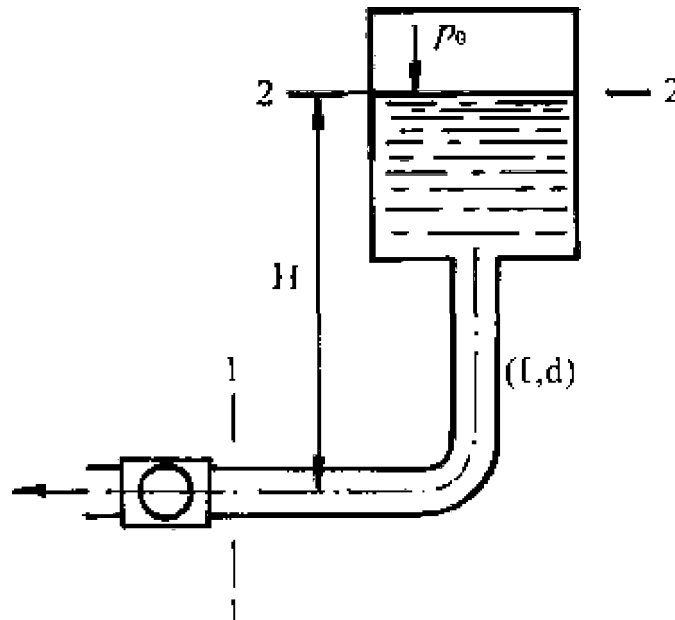
$$\begin{cases} Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n \\ h_{\text{тр}} = \sum h_1 + \sum h_2 + \dots + \sum h_n \end{cases}$$

При параллельном соединении n трубопроводов:

$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \\ \sum h_1 = \sum h_2 = \dots = \sum h_n \end{cases}$$

где Q - расход в точке разветвления.

Задача 8.1. На рисунке показан всасывающий трубопровод гидросистемы. Длина трубопровода $l = 1$ м, диаметр $d = 20$ мм, расход жидкости $Q = 0,314$ л/с, абсолютное давление воздуха в бачке $p_0 = 100$ кПа, высота $H = 1$ м, плотность жидкости $\rho = 900$ кг/м³. Определить абсолютное давление перед входом в насос при температуре рабочей жидкости $t = 25^\circ\text{C}$ ($\nu = 0,2 \cdot 10^{-6}$ м²/с). Как изменится искомое давление в зимнее время, когда при этом же расходе температура жидкости упадет до -35°C ($\nu = 10 \cdot 10^{-6}$ м²/с).



Составим уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2, проводя плоскость сравнений по оси горизонтального участка трубы:

$$H + \frac{p_0}{\rho g} + 0 = 0 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_{тр}$$

Определим скорость течения жидкости в трубе v_1 из уравнения расхода (3.5):

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Определим число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

Режим движения жидкости ламинарный ($\alpha=2$), поэтому потери $h_{\text{тр}}$ определяются по формуле Пуазейля (6.9):

$$h_{\text{тр}} = \frac{128\nu\ell}{\pi g d^4} Q$$

Выразим абсолютное давление p_1 перед входом в насос из составленного для сечений 1-1 и 2-2 уравнения Бернулли:

$$p_1 = H\rho g + p_0 - \rho \frac{\alpha_1 v_1^2}{2}$$

Подсчитаем потери напора при $t = -35^\circ\text{C}$?

Тогда искомое давление при $t = -35^\circ\text{C}$?

Задача 8.2. По трубопроводу диаметром $d = 10$ мм и длиной $l = 10$ м подается жидкость с вязкостью $\nu = 0,0001$ м²/с под действием перепада давления $\Delta p = 4$ МПа; плотность $\rho = 1000$ кг/м³. Определить режим течения жидкости в трубопроводе. Δp_g

Определим расход жидкости в трубопроводе. Поскольку потери в трубопроводе будут равны разности пьезометрических высот, то с учетом формулы Пуазейля:

$$h_{\text{тр}} = \frac{128\nu\ell}{\pi g d^4} Q = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g}, \text{ откуда}$$

$$Q = \frac{\Delta p \pi d^4}{128\nu\ell\rho}$$

Теперь определим расход $Q_{\text{кр}}$ при критическом значении числа Рейнольдса $Re = 2300$:

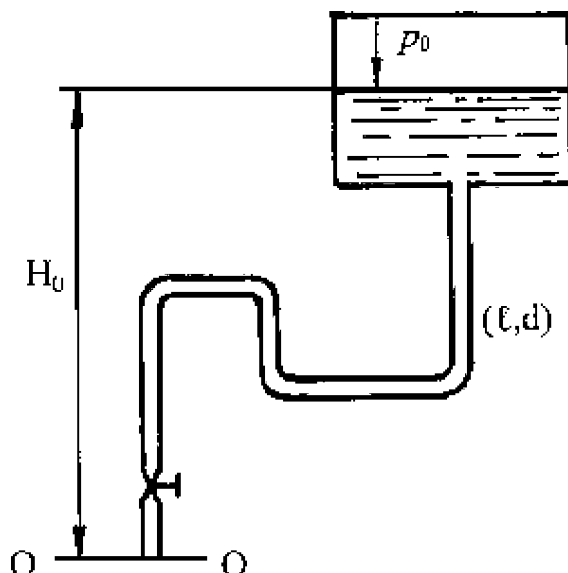
$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2}, \text{ откуда}$$

$$Q_{\text{кр}} = \frac{\pi d \nu Re_{\text{кр}}}{4}$$

Поскольку $Q < Q_{\text{кр}}$, значит режим течения жидкости - ламинарный.

Задача 8.3. Определить требуемый напор, который необходимо создать в

сечении 0-0 для подачи в бак воды с вязкостью $\nu = 0,008 \text{ м}^2/\text{с}$, если длина трубопровода $l = 80 \text{ м}$; его диаметр $d = 50 \text{ мм}$; расход жидкости $Q = 15 \text{ л/с}$; высота $H_0 = 30 \text{ м}$; давление в баке $p_2 = 0,2 \text{ МПа}$; коэффициент сопротивления крана $\zeta_1 = 5$; колена $\zeta_2 = 0,8$; шероховатость стенок трубы $\Delta = 0,04 \text{ мм}$.



Составим уравнение Бернулли для сечений 0-0 и 1-1 относительно плоскости сравнения, совпадающего с сечением О-О:

$$0 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = H_0 + \frac{p_2}{\rho g} + 0 + h_{\text{дл}} + \sum h_{\text{м}}.$$

Определим число Рейнольдса, воспользовавшись уравнениями (3.5) и (5.5):

$$Re = \frac{4Q}{\pi d \nu}$$

Поскольку режим течения турбулентный ($\alpha = 1$), то потери напора по длине определим по формуле Дарси-Вейсбаха (6.6):

$$h_{\text{дл}} = \lambda_r \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}.$$

Скорость течения жидкости:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Коэффициент Дарси по формуле Альтшуля (6.12):

$$\lambda_r = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

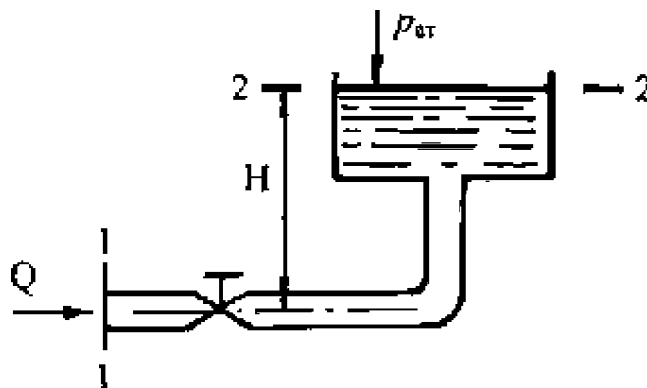
Местные потери напора (с учетом внезапного расширения ζ_p) равны:

$$h_M = (\zeta_1 + 4\zeta_2 + \zeta_p) \frac{v^2}{2g}$$

Тогда потребный напор равен:

$$H_{\text{потр}} = \frac{p_1}{\rho g} = H_0 + \frac{p_2}{\rho g} + \sum h_{\text{тр}} - \frac{v^2}{2g}$$

Задача 8.4. Определить расход в трубе для подачи воды (вязкость $\nu = 0,01$ Ст) на высоту $H = 16,5$ м, если диаметр трубы $d = 10$ мм, ее длина $l = 20$ м, располагаемый напор в сечении трубы перед краном $H_{\text{расп}} = 20$ м, коэффициент сопротивления крана $\zeta_1 = 4$, колена $\zeta_2 = 1$. Трубу считать гидравлически гладкой.



Уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2 относительно плоскости сравнения, совпадающей с горизонтальной осью трубы, будет иметь вид:

$$0 + \frac{p_1 + p_{\text{ат}}}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = H + \frac{p_{\text{ат}}}{\rho g} + 0 + \sum h_{\text{тр}}, \text{ или}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = H + \sum h_{\text{тр}}.$$

Располагаемый напор $H_{\text{расп}}$ будет равен:

$$H_{\text{расп}} = \frac{p_1}{\rho g} = H + h_{\text{тр}} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}.$$

$$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$$

Выразим скорость v_1 из уравнения расхода (3.5) и подставим в скоростной напор

Тогда:

$$H_{\text{расп}} = H + h_{\text{тр}} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = H + h_{\text{тр}} - \frac{\alpha 8Q^2}{\pi^2 d^4 g}.$$

Гидростатический напор в данном случае равен высоте H ($H_{\text{ст}} = H$).

Потери напора

$$h_{\text{тр}} = KQ^m, \text{ где } K = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \zeta_m\right) \frac{8}{g\pi^2 d^4}$$

Местные потери напора будут равны:

$$\sum h_m = (\zeta_{\text{кр}} + \zeta_{\text{пов}} + \zeta_p)$$

С учетом уравнения (8.8) можно записать, что:

$$KQ^m = H_{\text{расп}} - H_{\text{ст}} + \frac{\alpha 8Q^2}{\pi^2 d^4 g}$$

Предположим, что режим движения жидкости - турбулентный ($\alpha = 1$). Тогда в этом уравнении две неизвестных - Q и λ_T . Решим задачу методом последовательных приближений, задавая значение λ_T (λ_T , находится в пределах 0,01 - 0,04). Пусть $\lambda_T = 0,03$, тогда, выразив число Рейнольдса Re из формулы Блазиуса (6.11) для гидравлически гладких труб.

Предположение о турбулентном режиме движении жидкости верно. Тогда уравнение для потерь напора будет выглядеть так:

$$h_{\text{тр}} = KQ^m - \frac{\alpha 8Q^2}{\pi^2 d^4 g} = \left(\lambda_T \frac{\ell}{d} + \sum h_m - \alpha\right) \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4}$$

Определим скорость и расход Q при $Re = 12310$ ($\lambda_T = 0,03$):

что не соответствует разности $H_{расп} - H_{ст} = 20 - 16,5 = 3,5$ м.

$$(\lambda_T \frac{\ell}{d} + \sum h_M - \alpha) \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4}$$

Примем значение $\lambda_T = 0,032$, тогда:

$$Re = 9509; v = 0,95 \text{ м/с}; Q = 0,075 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$(\lambda_T \frac{\ell}{d} + \sum h_M - \alpha) \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4} = 3,21 \neq 3,5.$$

Примем значение $\lambda_T = 0,0316$, тогда:

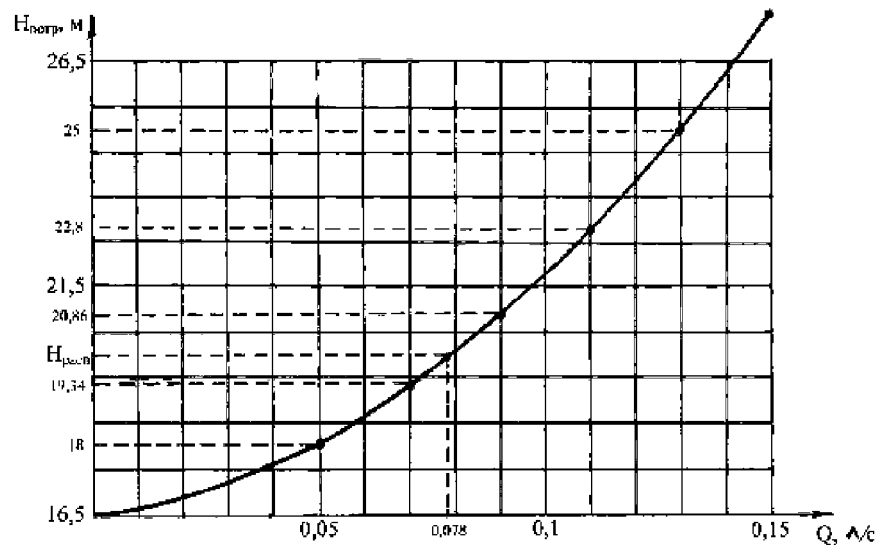
$$Re = 10\,000; v = 1 \text{ м/с}; Q = 0,078 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$(\lambda_T \frac{\ell}{d} + \sum h_M - \alpha) \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4} = 3,5 = H_{расп} - H_{ст}.$$

Итак, методом последовательных приближений значение расхода $Q = 0,078 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

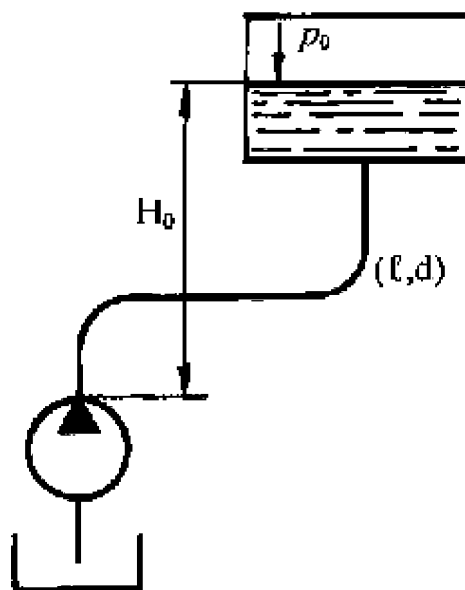
Решим эту же задачу графическим методом. Для этого построим зависимость $H_{потр} = f(Q)$. Выберем ряд значений для расхода Q . Результаты расчетов сведем в таблицу:

$Q, \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$	$v = \frac{4Q}{\pi d^2},$ м/с	$Re = \frac{vd}{\nu}$	$\lambda_T = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$	$H_{потр} = H_{ст} +$ $KQ^m - \frac{\alpha v^2}{2g}, \text{ м}$
0,05	0,64	6400	0,035	18
0,07	0,89	8900	0,0325	19,34
0,09	1,14	11 400	0,03	20,86
0,11	1,40	14 000	0,029	22,8
0,13	1,65	16 500	0,0278	25
0,15	1,91	19 100	0,0269	27,5



Из построенного графика видно, что при располагаемом напоре $H_{\text{расп}} = 20$ м расход жидкости составит $Q = 0,078$ л/с.

Задача 8.5. При каком диаметре трубопровода подача насоса составит $Q = 1$ л/с, если на выходе из него располагаемый напор $H_{\text{расп}} = 9,6$ м; длина трубопровода $l = 10$ м; эквивалентная шероховатость $\Delta = 0,05$ мм; давление в баке $p_0 = 30$ кПа; высота $H_0 = 4$ м; вязкость жидкости $\nu = 0,015$ Ст ($0,0000015$ м²/с); плотность $\rho = 1000$ кг/м³? Местными гидравлическими сопротивлениями в трубопроводе пренебречь. Учесть потери при входе в бак.



Располагаемый напор будет равен:

$$H_{\text{расп}} = H_{\text{ст}} + h_{\text{тр}} - \frac{\alpha v^2}{2g}$$

$$h_{\text{тр}} = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \zeta_m \right) \frac{v^2}{2g}, \text{ где } \zeta_m = \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right)^2 = 1, \text{ т. к. } S_2 \gg S_1$$

Тогда можно записать, что:

$$h_{\text{тр}} = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + 1 \right) \frac{v^2}{2g} = H_{\text{расп}} - H_{\text{ст}} + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

Поскольку

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2}, \text{ то } h_{\text{тр}} = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + 1 - \alpha \right) \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4}$$

Определим режим течения жидкости. Для этого определим диаметр d при $Re = 2300$, и воспользовавшись формулой Пуазейля (6.9), сравним получаемый напор с заданным:

$$d = \frac{4Q}{\pi v Re}$$

$$h_{\text{тр}} = \frac{128v\ell}{\pi g d^4} Q$$

Режим течения, определяемый расходом $Q = 1$ л/с, будет турбулентным ($\alpha = 1$).

Итак:

$$h_{\text{тр}} = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4}$$

$$\lambda_r = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

Решим задачу графически. Для этого, задаваясь значениями d , определим разность напоров $H_{\text{расп}} - H_{\text{ст}}$.

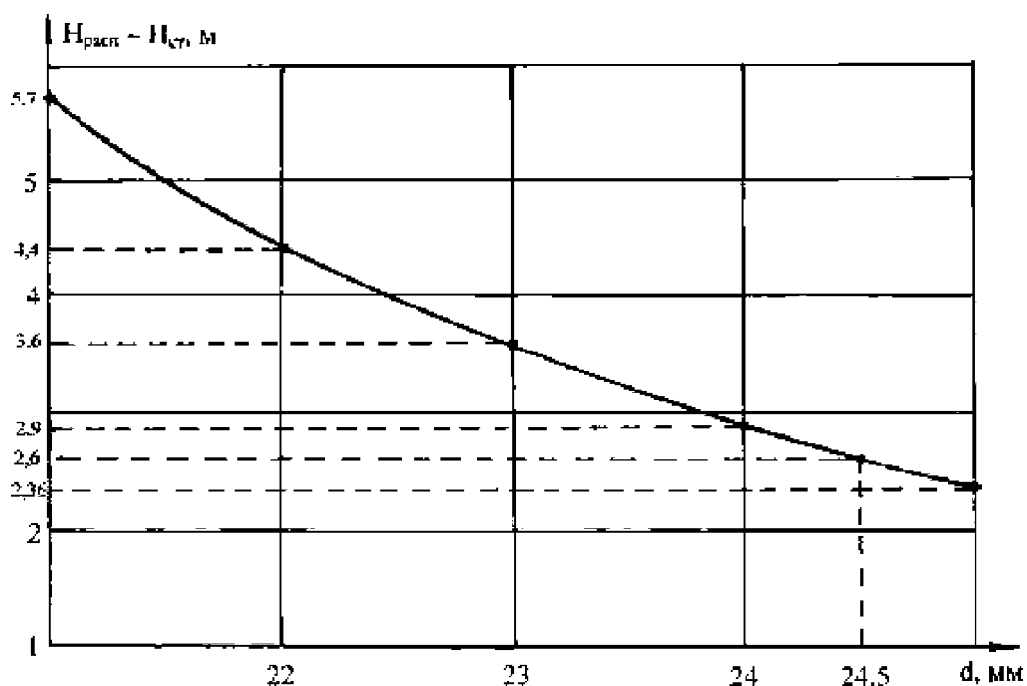
$d, \text{ мм}$	$Re = \frac{4Q}{\pi d v}$	$\lambda_r = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$	$H_{\text{расп}} - H_{\text{ст}} = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4}$
10	85 000	0,03	248,1
15	56 600	0,0285	31
20	42 500	0,0278	7,66
25	34 000	0,0276	2,36
30	28 300	0,0277	0,95
35	24 290	0,028	0,45

Для более точного построения графика зададим дополнительные значения диаметра d :

21	40 440	0,0277	5,7
22	38 636	0,02772	4,4
23	36 956	0,02768	3,6
24	35 386	0,02767	2,9

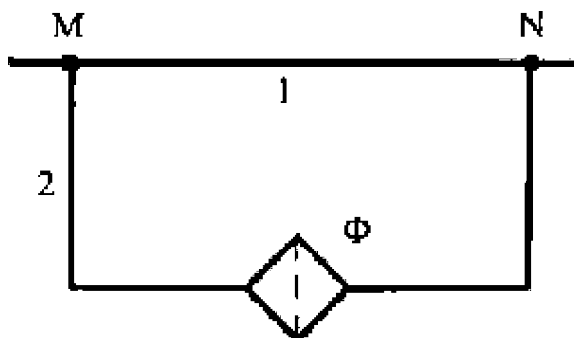
По полученным данным строим график зависимости

$$H_{\text{расп}} - H_{\text{ст}} = f(d):$$



При $H_{\text{расп}} - H_{\text{ст}} = 2,6$ м диаметр $d = 24,5$ мм.

Задача 8.6. Трубопровод с расходом жидкости $Q = 0,32$ л/с в точке М разветвляется на два трубопровода: первый размерами $\ell_1 = 1,0$ м; $d_1 = 10$ мм; второй размерами $\ell_2 = 2,0$ м; $d_2 = 8$ мм. В точке N эти трубопроводы смыкаются. Во втором трубопроводе установлен фильтр Φ , сопротивление которого эквивалентно сопротивлению в трубе длиной $\ell_3 = 200d_2$. Определить расход и потерю давления в каждом трубопроводе при $\rho = 900$ кг/м³; $\nu = 1$ Ст.



Определим расход в каждом трубопроводе по формуле Пуазейля (6.9):

$$h_{\text{тр}} = \frac{128\nu\ell_1}{\pi g d_1^4} Q_1 ; \quad h_{\text{тр}} = \frac{128\nu\ell_2}{\pi g d_2^4} Q_2 (\ell_2 + 200d_2) .$$

Поскольку при параллельном соединении трубопроводов потери в них равны, то есть $h_{\text{тр}1} = h_{\text{тр}2}$, то после сокращения одинаковых величин получим:

$$\frac{\ell_1 Q_1}{d_1^4} = \frac{(\ell_2 + 200d_2)}{d_2^4} Q_2$$

$$Q_1 = 8,79 \cdot Q_2 .$$

Сумма расхода в точке М в данном случае будет равна сумме расходов в параллельных трубопроводах:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 8,79 \cdot Q_2 + Q_2$$

Потери давления:

$$\Delta p_1 = \frac{128\nu\rho\ell_1}{\pi d_1^4} Q_1$$

$$\Delta p_2 = \frac{128\nu\rho\ell_2}{\pi d_2^4} Q_2 (\ell_2 + 200d_2)$$

Контрольные вопросы.

В чем разница между простым и сложным трубопроводом?

Сформулируйте три задачи при расчете установившегося напорного движения в простых трубопроводах.

На основе каких уравнений решаются указанные основные задачи?

Как выражается напор при истечении в атмосферу и под уровень?

Что такое характеристика потребного напора?

В чем отличие характеристики потребного напора при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости?

В чем отличие определения расхода и потерь напора при различных соединениях простых трубопроводов?

По какому методу рассчитывают сложные трубопроводы?

Определите цель расчета трубопровода с насосной подачей.

Что такое рабочая точка насосного трубопровода?

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим работам**

по дисциплине

“ Гидравлические и пневматические системы в автомобилестроении ”

Ростов-на-Дону
2018

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ ЗИЛ-130

Цель работы: Изучение схемы смазки, принципа работы и устройства смазочной системы двигателя автомобиля ЗИЛ-130, а также отдельных ее узлов.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по рисунку и инструктивным картам схему системы смазки двигателя ЗИЛ-130.
2. Определить место расположения основных узлов системы смазки на двигателе.
3. Изучить порядок работы системы смазки двигателя ЗИЛ-130.
4. Изучить устройство маслонасоса и центробежного фильтра тонкой очистки.
5. Рассказать о порядке работы системы смазки двигателя ЗИЛ-130.
6. Оформить отчет.

Назначение системы смазки двигателей внутреннего сгорания

Смазочная система служит для подвода масла к трущимся поверхностям деталей, что уменьшает трение между ними и их износ, а также позволяет снизить потери мощности двигателя на преодоление сил трения. Во время работы двигателя масло, вводимое между деталями, непрерывно циркулирует, охлаждает детали, предохраняет их от коррозионного разрушения и уносит продукты их изнашивания. Тонкий же слой масла, находящийся на поршнях, поршневых кольцах и цилиндрах, не только снижает их износ, но и улучшает компрессию двигателя.

Автомобильные двигатели имеют комбинированную смазочную систему. В этом случае особо нагруженные детали (коренные и шатунные подшипники коленчатого вала, подшипники распределительного вала, коромысла, иногда поршневые пальцы и другие детали) смазываются под давлением, к другим деталям масло поступает разбрызгиванием или самотёком. Следует отметить, что смазывание под давлением производится двумя способами: непрерывной подачей масла к трущимся поверхностям или пульсирующим потоком.

Смазочная система двигателя автомобиля ЗИЛ-130.

В смазочной системе этого двигателя масло из поддона картера 22 (рис. 1, а) через маслоприемник 20 засасывается верхней секцией насоса 1 и по каналу 2 подается к фильтру 4 центробежной очистки масла (центрифуги).

При вращении ротора центрифуги происходит очистка масла, которое затем поступает в маслораспределительную камеру 3, находящуюся в задней части блока цилиндров. Из этой камеры масло поступает в левый 11 и правый 18 магистральные каналы, расположенные в блоке по обе стороны толкателей, и смазывает их. От магистрального канала 11 масло подается к коренным подшипникам коленчатого вала, и по каналам в его щеках через грязеулавливающие полости 17 оно поступает к шатунным подшипникам.

К подшипнику задней шейки распределительного вала масло поступает по каналу из маслораспределительной камеры 3, а к четырем остальным – по вертикальным каналам 16 от

коренных подшипников коленчатого вала. В передней шейке распределительного вала имеется канал 8 (рис.1, в) через который масло подается на упорный фланец 7 и затем стекает на зубчатые колеса газораспределения. В средней шейке 21 распределительного вала (рис.1, б) под углом 40° просверлены два отверстия. При совпадении этих отверстий с отверстиями в блоке масло пульсирующей струей подается в каналы 9, продолжением которых являются каналы, расположенные в каждой головке блока. Из канала головки блока масло поступает внутрь полых осей 5 коромысел (рис.1, г), и через отверстия в стенке оси оно подается к втулкам коромысла и далее через отверстия в коротком плече коромысла – к шаровому сочленению регулировочного винта и штанги.

Нижняя головка шатуна (рис. 1, д) имеет радиальное отверстие 10, при совпадении которого с каналом шатунной шейки масло выбрызгивается на зеркало цилиндра, откуда оно через отверстие в канавке маслосъемного кольца отводится внутрь поршня для смазывания поршневого пальца в бобышках поршня и во втулке верхней головки шатуна.

Кривошипно-шатунный механизм компрессора 6 (рис. 1, а) смазывается разбрызгиванием масла, которое подводится к нему по трубке 13 от переднего конца магистрального канала 18 и отводится в поддон картера по трубке 14.

Приборы и механизмы смазочной системы.

Смазочный насос. Для нагнетания масла в магистральные каналы и подачи его под давлением к трущимся деталям узлов и механизмов двигателя служит смазочный насос. В автомобильных двигателях применяют смазочные насосы с внешним и внутренним зацеплением зубчатых колес. По числу секций они могут быть одно- и двухсекционными. Каждая пара зубчатых колес двухсекционного насоса размещается в корпусе 4 (рис. 2, а) верхней и корпусе 9 нижней секцией насоса, разделенных между собой промежуточной крышкой 1. Ведущие шестерни 6 и 7 соответственно верхней и нижней секций с помощью шпонок крепятся на валу 5 насоса, который приводится в действие от распределительного вала. В корпусе каждой секции на осях 3 и 8 свободно установлены ведомые зубчатые колеса 2 и 10, которые в паре с ведущими шестернями вращаются в своих корпусах с минимальными радиальными и торцовыми зазорами. При работе насоса (рис. 2, б) масло из картера двигателя подается во всасывающие полости верхней и нижней секций, заполняет впадины между зубьями зубчатых колес и далее переносится вдоль стенок корпусов 4 и 9 в полости нагнетания, из которых оно поступает к масляным фильтрам и радиатору (направление потока масла в каждой секции показано сплошными стрелками).

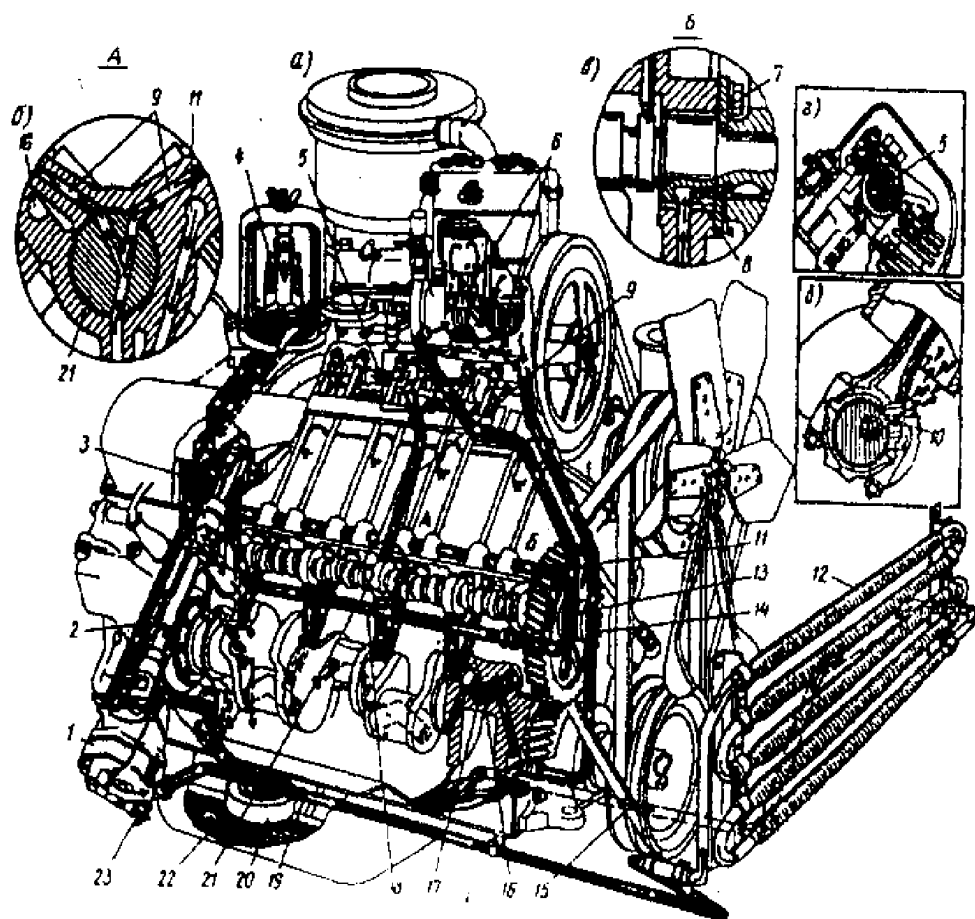


Рис.1. Смазочная система двигателя ЗИЛ-130: а – общая схема; б – подача масла к средней шейке распределительного вала; в – смазывание передней шейки и зубчатых колес привода распределительного вала; г – подача масла от оси коромысла к регулировочному винту и наконечнику штанги; д – смазывание стенок цилиндров.

Необходимое давление масла, создаваемое верхней секцией насоса, на входе в главную смазочную магистраль поддерживается редукционным клапаном, отрегулированным на определенное давление и состоящим из плунжера 11 и пружины 12, закрытых пробкой 13.

При увеличении давления перепускной клапан открывается и масло из полости нагнетания перепускается во всасывающую полость насоса (направление потока масла показано штриховыми стрелками). У двигателя ЗИЛ – 130 редукционный клапан, расположенный в промежуточной крышке 1 (см. рис. 2, б) открывается при давлении свыше 0,32 Мпа. Нижняя секция смазочного насоса подает масло в масляный радиатор. Давление масла, нагнетаемого в радиатор, поддерживается шариковым перепускным клапаном 14, отрегулированным на давление 0,12 – 0,15 Мпа. При увеличении давления масло из нагнетательной полости перепускается во всасывающую полость нижней секции, что предохраняет сердцевину радиатора от разрушения (направление потока масла при перепуске показано контурными стрелками).

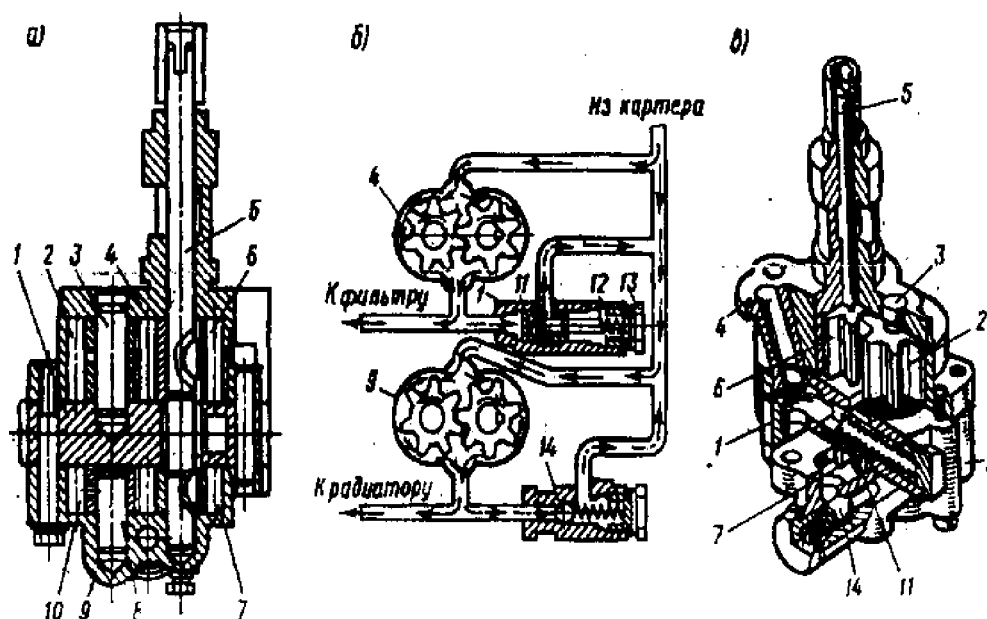


Рис. 2. Двухсекционный смазочный насос: а – продольный разрез; б – схема работы; в – общий вид

Масляные фильтры. Чтобы очистить масло от механических примесей, которые появляются из-за изнашивания трущихся деталей, попадания пыли из воздуха, образования нагара и отложения смолистых веществ, применяют фильтры. В смазочных системах используют масляные фильтры грубой и тонкой очистки. В современных двигателях широкое распространение получили фильтры тонкой очистки, которые делят на фильтры со сменным фильтрующим элементом и фильтры центробежной очистки масла (центрифуги). Последние периодически очищают от грязи без замены каких-либо частей. Если в смазочной системе через фильтры тонкой очистки проходит только часть масла, то они называются неполнопоточными, а в том случае, если через них проходит все масло, они называются полнопоточными. Полнопоточный фильтр центробежной очистки двигателя ЗИЛ-130 (рис. 3) состоит из корпуса 12, кожуха 7 и центрифуги с гидрореактивным приводом. Масло от насоса по каналу 11 подается под вставку 6 центрифуги, откуда небольшая часть масла, пройдя сетчатый фильтр 5, поступает к двум жиклерам 2, отверстия которых направлены в противоположные стороны. Масло, выбрасываемое из жиклеров 2 (показано стрелками) в двух противоположных направлениях, создает крутящий момент, приводящий ротор 3, установленный на упорном подшипнике 10, во вращение с частотой 5000-6000 об/мин. При этом основная часть масла, поступающая в полость колпака 4 ротора, подвергается центробежной очистке. Продукты изнашивания, нагара и смолистые отложения, находящиеся в масле, отбрасываются под действием центробежной силы к внутренней поверхности колпака 4 и равномерно распределяются по ней в виде осадка, который удаляют при чистке центрифуги (одновременно со сменой масла в двигателе).

Очищенное масло через радиальные отверстия оси 8 ротора, трубку 9 и канал 1 поступает в распределительную камеру масляной магистрали. Канал 1 соединен с перепускным клапаном 13, который при изнашивании подшипников коленчатого вала или загустении масла (при пуске

холодного двигателя) перепускает часть неочищенного масла в магистраль, помимо центрифуги (показано штриховыми стрелками).

Масляный радиатор. При нормальном тепловом режиме работы двигателя температура масла должна быть в пределах 65 – 85 С. На грузовых автомобилях при повышенной температуре окружающего воздуха, а также при длительной работе двигателя на больших нагрузках необходимая интенсивность охлаждения масла достигается обдувом поддона картера воздухом и подачей масла в масляный радиатор. На большинстве легковых автомобилей охлаждение масла происходит в результате естественной теплоотдачи поверхности поддона картера, обдуваемого встречным потоком воздуха.

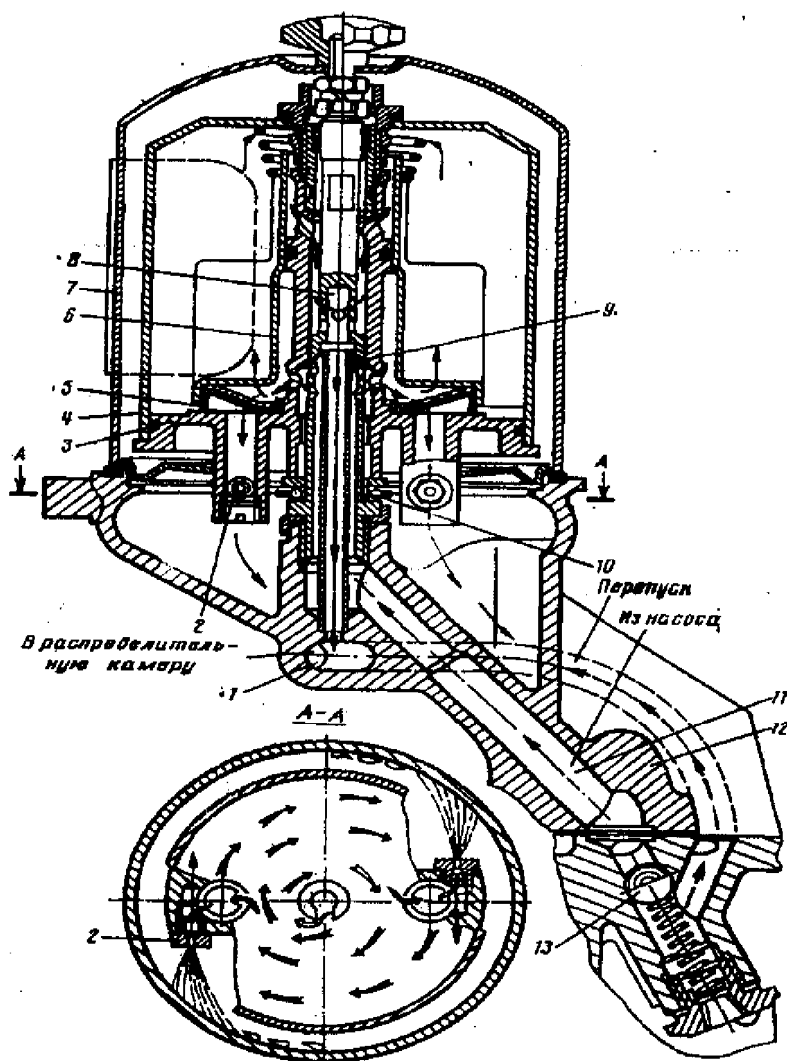


Рис.3. Центробежный фильтр тонкой очистки масла двигателя ЗИЛ – 130

На грузовых автомобилях устанавливаются радиаторы водяного (маслотеплообменники) или воздушного охлаждения. На двигателе ЗИЛ-130 трубчатый масляный радиатор 12 (см.рис. 2) воздушного охлаждения расположен впереди радиатора системы охлаждения и постоянно включен в смазочную систему посредством маслопроводов 19 и 15, по которым масло поступает

соответственно в радиатор и отводится из него. Отключают радиатор только во время пуска холодного двигателя при температуре воздуха ниже 0°C. Для этого служит кран 23.

Содержание отчета

1. Назначение и краткое описание системы смазки двигателя ЗИЛ-130.
2. Порядок работы системы смазки двигателя ЗИЛ-130.
3. Схема системы смазки двигателя ЗИЛ-130.
4. Порядок работы, описание и схема масляного насоса.
5. Порядок работы, описание и схема центробежного фильтра тонкой очистки масла.

Лабораторная работа №2

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ЗИЛ-130

Цель работы: изучение схемы системы охлаждения, порядка ее работы и устройства отдельных узлов системы охлаждения двигателя автомобиля ЗИЛ-130.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по рисунку и инструктивным картам схему системы охлаждения двигателя ЗИЛ-130.
2. Определить место расположения основных узлов системы охлаждения на двигателе.
3. Изучить порядок работы системы охлаждения двигателя ЗИЛ-130.
4. Изучить устройство жидкостного насоса, термостата, радиатора и предпускового подогревателя.
5. Рассказать о порядке работы системы охлаждения двигателя ЗИЛ-130.
6. Оформить отчет.

Назначение системы охлаждения

Система охлаждения предназначена для принудительного отвода от деталей двигателя лишней теплоты и передачи ее окружающему воздуху. В результате этого создается определенный температурный режим, при котором двигатель не перегревается и не переохлаждается, т.е. рабочий цикл протекает нормально. На автомобильных двигателях наибольшее распространение получили жидкостные системы с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости. Такие системы более эффективны в работе и вместе с пусковыми устройствами обеспечивают легкий пуск двигателя при отрицательных температурах окружающего воздуха и создают меньший шум при его работе.

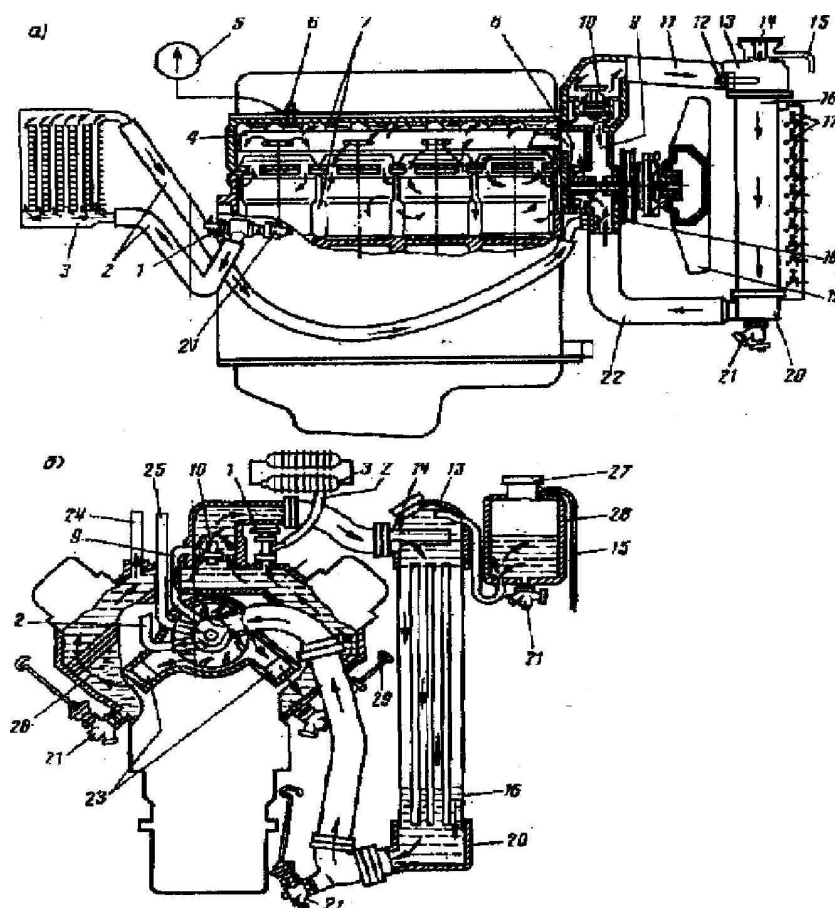


Рис. 1. Схемы жидкостных систем охлаждения двигателей: а – ЗМЗ-24-01; б – ЗИЛ-131.

В качестве охлаждающих жидкостей применяется вода или ее этиленгликолевые смеси – антифризы. Широкое распространение получили смеси, замерзающие при низкой температуре: ТОСОЛ А-40 и ТОСОЛ А-65. Оба антифриза получают разбавлением технического этиленгликоля водой, например ТОСОЛ А-40 представляет собой 50%-ную смесь воды с этиленгликолем, которая при температуре -40°C превращается не в лед, а в густую массу, не вызывающую повреждения блока цилиндров или радиатора.

Система охлаждения двигателя ЗИЛ-130

Принципиальные схемы жидкостной системы охлаждения двигателей показаны на рис. 1. В зависимости от теплового состояния двигателя циркуляция жидкости происходит по большому или малому кругу (рис. 1, а) и обеспечивается насосом 8, который приводится в действие от шкива 18, соединенного через клиноременную передачу со шкивом коленчатого вала. При нормальном тепловом режиме работы двигателя охлаждающая жидкость циркулирует по большому кругу. При этом клапан термостата 10 открыт и жидкость через патрубок 11 подается к верхнему бачку 13 радиатора 16, откуда по трубкам сердцевины радиатора она поступает в нижний его бачок 20 (направление движения жидкости показано стрелками).

Жидкость, проходящая через радиатор, охлаждается воздухом, подаваемым под напором вентилятора 19, и потоком воздуха, возникающим при движении автомобиля и регулируемым при

помощи жалюзи (пластин-створок) 17. Охлажденная жидкость через нижний патрубок 22 радиатора подается снова к насосу 8 и далее в рубашку охлаждения 7 блока и головки цилиндров.

При пуске и работе непрогретого двигателя, когда температура охлаждающей жидкости ниже 72°C, ее циркуляция происходит по малому кругу. В этом случае жидкость не поступает в радиатор, так как клапан термостата 10 закрыт, а проходит по рубашке 7 блока и головки цилиндра и через перепускной канал 9, омывая термостат 10, снова поступает к насосу, обеспечивая тем самым быстрый прогрев холодного двигателя. По мере повышения температуры охлаждающей жидкости клапан термостата открывается, и она начинает циркулировать по большому кругу. В V-образных двигателях ЗИЛ-130, ЗМЗ-53-11 и др. (рис. 1, б) жидкость через приливы 23 корпуса насоса подается в раструбы рубашки охлаждения левого и правого рядов цилиндров и далее через полость 26 впускного трубопровода и термостат 10 поступает в радиатор 16, а затем к насосу. Одновременно из полости трубопровода по гибкому шлангу 24 жидкость также поступает в рубашку охлаждения компрессора, а по шлангу 25 возвращается в насос.

Для нормальной работы двигателя температура охлаждающей жидкости при входе в водяную рубашку должна быть в пределах 75-80° С, а при выходе из нее 85-95° С.

Для повышения температуры кипения воды в современных двигателях применяют закрытую систему охлаждения, которая может сообщаться с атмосферой при помощи пароотводной трубки 15 только через паровоздушный клапан, расположенный в пробке 27 расширительного бачка 28, имеющего сливной кран 21. Температуру охлаждающей жидкости контролируют с помощью дистанционных магнитоэлектрических термометров состоящих из указателей 5 (рис. 1, а) и встроенных в систему охлаждения датчиков 6. О перегреве жидкости в системе охлаждения сигнализирует контрольная лампочка, установленная на щитке приборов и соединена с термодатчиком 12, ввернутым в верхний бачок радиатора.

Из-за расположения насоса в передней части двигателя теплоотдача от задних цилиндров и их камер сгорания и других деталей ухудшается, так как к ним поступает уже подогретая передними цилиндрами охлаждающая жидкость. Поэтому в отдельных конструкциях двигателей предусматривается циркуляция жидкости через распределительную трубу 4 или продольный канал с отверстиями, направленными к наиболее нагретым деталям (выпускные клапаны, стенки камеры сгорания, свечи зажигания и т.д.).

Кроме основного назначения систему охлаждения двигателя используют для отопления пассажирского помещения кузовов легковых автомобилей и автобусов, а также кабин грузовых автомобилей. Для этой цели в отопительной системе имеются специально встроенные в салон кузова или кабины радиаторы 3, к которым через кран 1 и шланги 2 нагретая жидкость подается из системы охлаждения двигателя.

Жидкостный насос. Для создания принудительной циркуляции охлаждающей жидкости в системе охлаждения служит жидкостный насос центробежного типа (рис. 2). Расположен насос в

передней части блока цилиндров и приводится в действие клиноременной передачей от шкива коленчатого вала. Он состоит из корпуса 7, крыльчатки 5 и корпуса 10, подшипников, соединенных между собой через прокладку 6. Вал 4 насоса вращается в двух шарикоподшипниках 3, снабженных сальниками для удержания масла.

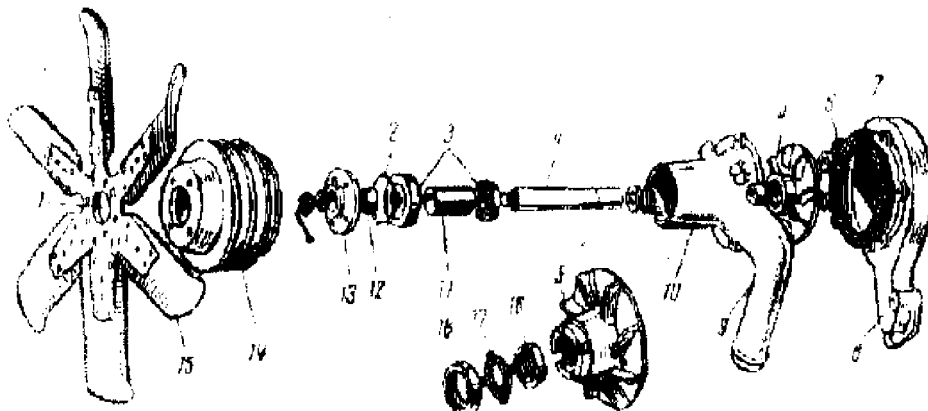


Рис.2. Центробежный насос и вентилятор

Передний подшипник фиксируется упорным кольцом 2, а задний удерживается от перемещения дистанционной втулкой 11.

Пластмассовая крыльчатка 5 крепится на заднем конце вала при помощи металлической ступицы. При вращении крыльчатки жидкость из подводящего патрубка 9 поступает к ее центру, затем захватывается лопастями, а под действием центробежной силы отбрасывается к стенкам корпуса 7, а оттуда через полые приливы 8 подается в рубашку охлаждения двигателя. Герметичность вращающихся деталей, расположенных в корпусе 7 насоса, обеспечивается самоподвижным сальником, установленным в крыльчатке и состоящей из уплотнительной шайбы 17, резиновой манжеты 16 и пружины, прижимающей шайбу 17 к торцу корпуса подшипников. Своими выступами шайба 17 входит в пазы крыльчатки 5 и закрепляется обоймой 18. На переднем конце вала 4 с помощью втулки 12 установлена ступица 13, к которой крепится шкив 14 привода насоса и вентилятора.

Вентилятор. Для повышения скорости потока воздуха, проходящего через радиатор, служит вентилятор 1 (см. рис. 2). Устанавливаемые на двигателях вентиляторы имеют 4, 5 и 6 лопастей 15, которые изготавливают из листовой стали или пластмассы.

На ряде двигателей лопасти вентилятора располагают в направляющем кожухе (диффузоре), который улучшает вентиляцию подкапотного пространства и увеличивает количество воздуха проходящего через радиатор. Для этой же цели лопасти 15 вентиляторов двигателей ЗМЗ-53, ЗИЛ-130 и др. изготавливают с отогнутыми концами в сторону радиатора.

На двигателях автомобилей ЗИЛ-130, ГАЗ-53-12, автобусах ЛиАЗ-677М и на многих легковых автомобилях привод вентилятора осуществляется клиноременной передачей. На дизелях ЯМЗ-236,

-238 вентилятор приводится в действие через систему зубчатых колес непосредственно от зубчатого колеса распределительного вала.

На ряде моделей двигателей автомобилей семейства ГАЗ для лучшего поддержания в заданных пределах их теплового режима и уменьшения потери мощности на привод вентилятора последний приводится в действие электромагнитной муфтой.

Термостат. Для ускорения прогрева холодного двигателя и автоматического поддержания его теплового режима в заданных пределах служит термостат. Конструктивно он представляет собой клапан, регулирующий количество циркулирующей жидкости через радиатор.

Термостаты могут быть с твердым или жидкостным наполнителем.

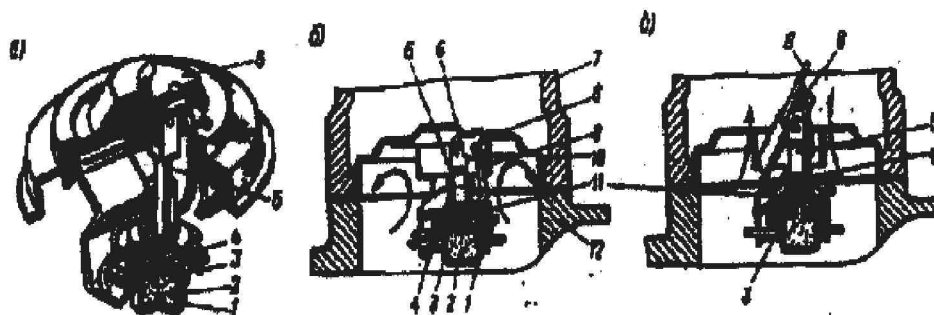


Рис. 3. Термостат с твердым наполнителем: а- общий вид; б- клапан термостата закрыт; в- клапан термостата открыт.

На двигателях автомобилей ЗИЛ-130, КамАЗ-5320, «Москвич-2140» и др. применяют термостаты с твердым наполнителем (рис. 3, а).

Такой термостат располагается между патрубком 7 (рис. 3, б) и корпусом 12 выпускного трубопровода. Баллончик 1 термостата заполнен активной массой 2, состоящей из смеси церезина (нефтяного воска) и медного порошка. Находящаяся в баллончике активная масса закрыта резиновой мембраной 3, на которой установлена направляющая втулка 4 с отверстием для резинового буфера 11, предохраняющего мембрану от разрушения. На буфере установлен шток 5, связанный рычагом 8 с клапаном 6, который в закрытом положении плотно прижимается к седлу 10 пружиной 9.

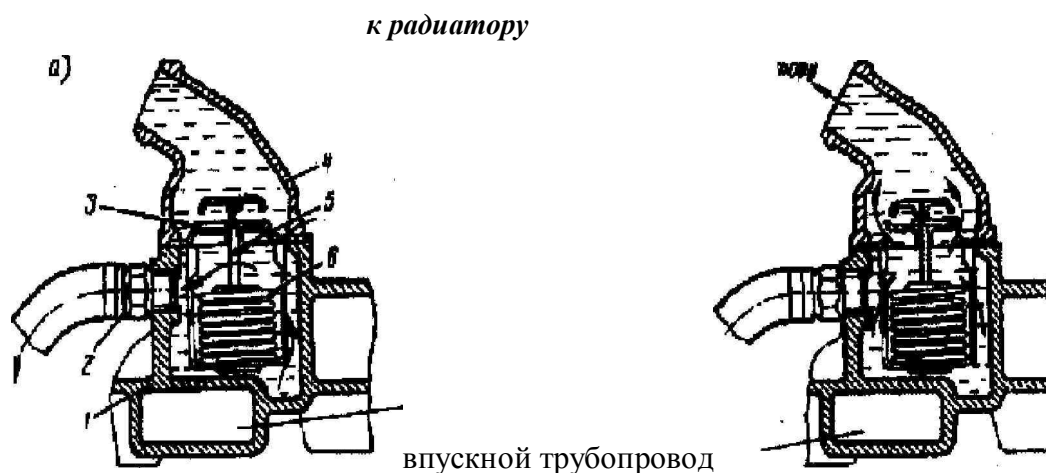


Рис. 4. Термостат с жидкостным наполнителем:

а- клапан термостата закрыт; б -клапан термостата открыт

При температуре охлаждающей жидкости $(70 \pm 2)^\circ \text{C}$ активная масса начинает плавиться и расширяясь (рис. в) перемещает вверх резиновую мембрану 3, буфер 11 и шток 5. Последний, воздействуя на рычаг 8, начинает открывать клапан 6, полное открытие которого произойдет при температуре $(83 \pm 2)^\circ \text{C}$. Следовательно, в интервале температур от 68 до 85°C клапан термостата, изменяя свое положение, регулирует в заданных пределах количество охлаждающей жидкости, проходящей через радиатор, поддерживая тем самым нормальный температурный режим работы двигателя.

Жидкостные термостаты применяют в системах охлаждения двигателей автомобилей ГАЗ-53-12, ГАЗ-24-10 «Волга» и др. В корпусе 1 (рис. 4, а) такого термостата находится гофрированный цилиндр 6 из тонкой латуни, заполненный легкоиспаряющейся жидкостью (смесь – 70% этилового спирта и 30% воды). К верхней части гофрированного цилиндра штоком 5 присоединен клапан 3 термостата.

При температуре охлаждающей жидкости ниже 75°C гофрированный цилиндр находится в сжатом состоянии, клапан термостата при этом закрыт, а охлаждающая жидкость циркулирует через перепускной канал 2 (шланг) по малому кругу, минуя радиатор. С повышением температуры охлаждающей жидкости давление в гофрированном цилиндре 6 увеличивается (рис. 4, б), клапан термостата приоткрывается и жидкость через патрубок 4 (рис. 4, а) начинает циркулировать по большому кругу. При температуре выше 90°C клапан термостата открывается полностью и вся жидкость циркулирует через радиатор.

Радиатор. Радиатор, являющийся теплообменным узлом, предназначен для передачи тепла от охлаждающей жидкости потоку воздуха. Каркас радиатора образован боковыми стойками 1 (рис. 5, а), соединенными пластиной, припаянной к нижнему бачку. Он крепится к раме автомобиля на резиновых подушках 5, что необходимо для уменьшения вибраций и ударных нагрузок,

возникающих при его движении. Радиатор состоит из верхнего 4 и нижнего 6 бачков и теплорассеивающей сердцевины 7, наружная поверхность, которой обдувается воздухом, рассеивающим теплоту, полученную жидким теплоносителем (охлаждающей жидкостью) от нагретых деталей двигателя.

Количество воздуха, проходящего через сердцевину, регулируется створками-жалюзи 8, установленными в специальной рамке на каркас радиатора. Они выполнены в виде набора узких пластин из специального железа и снабжены шарнирным устройством, обеспечивающим их поворот из кабины водителя. В радиаторах применяют в основном трубчато-пластинчатые или трубчато-ленточные сердцевинны.

Трубчато-пластинчатая сердцевина (рис. 5, б) состоит из трех-четырех рядов латунных трубок, овального сечения, к которым припаяны поперечно расположенные пластины 9, увеличивающие поверхность охлаждения.

Трубчато-ленточная сердцевина (рис. 5, в) состоит из плоских латунных трубок, между рядами которых размещаются широкие зигзагообразные ленты 10, имеющие специальные выштамповки, искривляющие эффективность отдачи тепла потоку воздуха. Радиаторы с трубчато-ленточной сердцевиной получили широкое распространение и устанавливаются на большинстве двигателей.

В современных системах охлаждения закрытого типа горловина радиатора с установленной в ней пароотводной трубкой 2 (рис. 6, а) герметически закрывается пробкой 3. Так как давление в такой системе охлаждения несколько больше атмосферного, то температура кипения жидкости (воды) находится в пределах 108-109 °С, из-за этого она меньше испаряется и реже закипает, что обеспечивает более длительную работу двигателя без дозаправки и перегрева.

Герметичность закрытия горловины радиатора пробкой достигается упорной гофрированной шайбой 1 (рис. 6, а) и пружиной 2, а сообщение системы охлаждения с атмосферой происходит через паровой 3 и воздушный 4 клапаны.

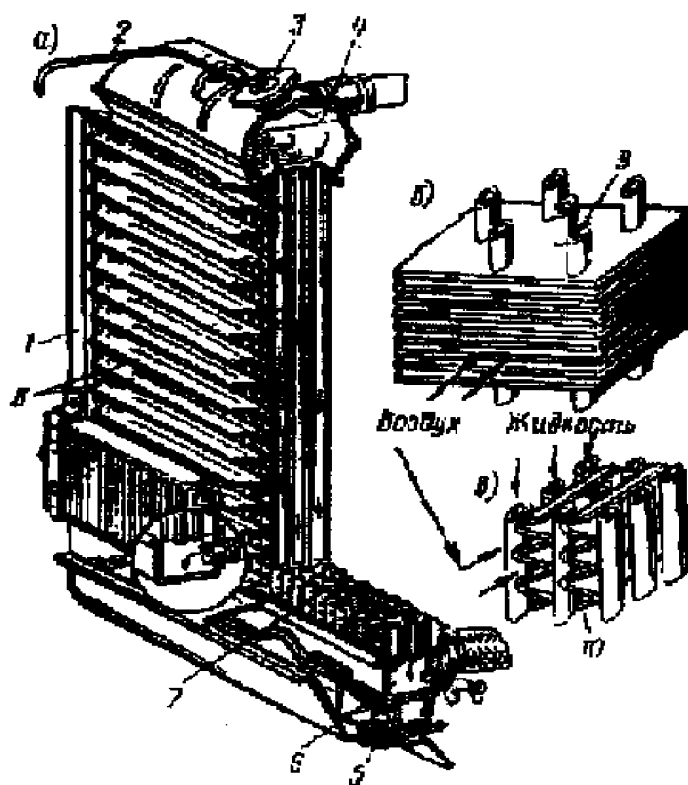


Рис. 5. Радиатор и типы его сердцевин: а- устройство; б, в- соответственно трубчато-пластинчатая и трубчато-ленточная сердцевины.

При избыточном давлении около 0,1 МПа (у двигателя ЗИЛ-130) и 0,045-0,055 Мпа (у двигателя ЗМЗ-53-11) паровой клапан 3 открывается и пар или жидкость поступает к пароводной трубке 5. Из-за разрежения, возникающего после выхода пара, давление в системе снижается и при его уменьшении на 0,01 Мпа открывается воздушный клапан 4 (рис. 6, б), что предохраняет верхний бачок радиатора от деформации под действием давления воздуха.

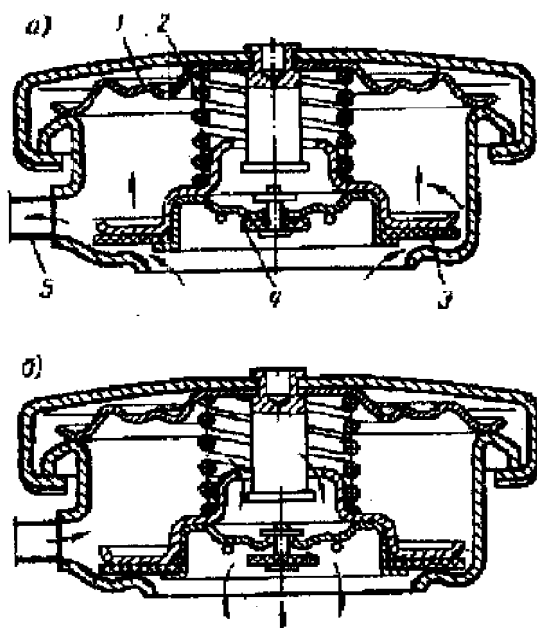


Рис. 6. Пробка радиатора с открытым клапаном. а-паровым; б-воздушным.

На двигателях автомобилей ЗИЛ-131, КамАЗ – 5320, ВАЗ – 2105 «Жигули», «Москвич – 2140» и др. в систему охлаждения устанавливают расширительный (конденсаторный) бачок 28 (рис. 1, б), служащий для поддержания постоянного объема циркулирующей жидкости. Для контроля уровня жидкости на бачке имеется контрольная метка или кран (у автомобиля КамАЗ-5320).

В пробке 27 расширительного бачка (у автомобилей ЗИЛ – 131, КамАЗ-5320) или в пробке радиатора (у автомобилей ВАЗ-2105 «Жигули», «Москвич-2140») размещаются выпускной и впускной клапаны, устройство и принцип действия которых аналогичны описанным выше паровым и воздушным клапанам.

При избыточном давлении в системе охлаждения открывается выпускной клапан и пар или жидкость по трубопроводу отводится в расширительный бачок. По мере понижения температуры двигателя объем охлаждающей жидкости уменьшается, вследствие чего создается разрежение, под действием которого открывается впускной клапан, и жидкость из расширительного бачка поступает обратно в радиатор, в результате объем жидкости в системах охлаждения поддерживается постоянным при работе двигателя.

Охлаждающую жидкость сливают через сливные краны 21, расположенные соответственно на нижнем патрубке радиатора и в нижней части блока-картера, при этом пробки радиатора и расширительного бачка должны быть открытыми. У двигателей ЗИЛ управление кранами дистанционное с выводом туг 29 в подкапотное пространство.

Вместимости систем охлаждения (в литрах) автомобилей составляют: ЗИЛ-130 - 29; у ЗИЛ-4331 – 27; у КамАЗ – 5320 – 35; у ГАЗ – 3102 – 12; у ВАЗ-2108 «Спутник» – 7,8.

Предпусковой подогреватель. Предпусковой подогреватель служит для предварительного прогрева двигателя пред пуском в холодное время года. На автомобилях обычно устанавливают подогреватель, работающий на том же топливе, что и двигатель.

Предпусковой подогреватель двигателя ЗИЛ-130 состоит из котла 8 (рис. 7), постоянно соединенного трубопроводами 10 и 7 с системой охлаждения двигателя, топливного бачка 19, электродвигателя и вентилятором 2, регулятора 18 подачи топлива с электромагнитным клапаном 17 и пульта управления 22, расположенного на щитке 23 двигателя.

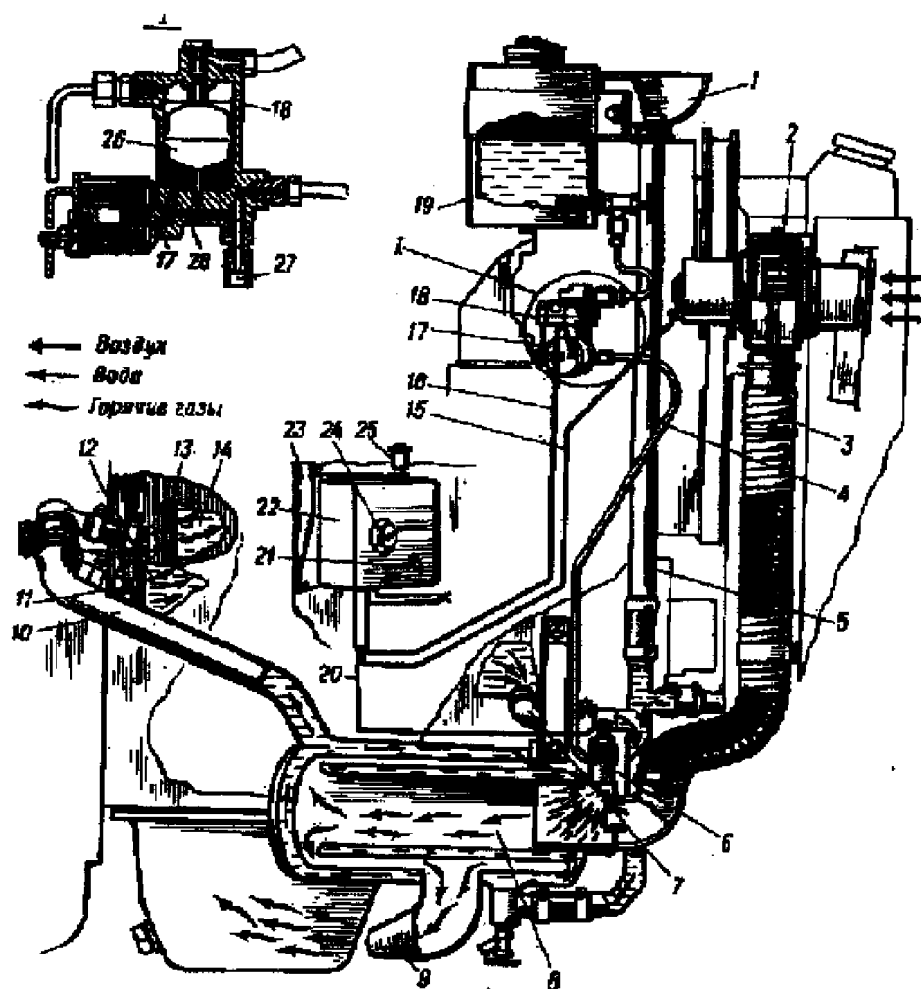


Рис. 7. Предпусковой подогреватель

В камеру сгорания неразборного котла 8 из бачка 19 по трубке 4 самотеком подается топливо, а через воронку 1 по трубе 5 в котел подогревателя заливают 1,5-2 л воды. Электромагнитный клапан и регулятор 18 обеспечивают дозирование необходимого количества топлива. Они собраны в одном топливодозирующем устройстве, включающем в себя поплавковую камеру с поплавком 26, жиклер 28 и регулировочную иглу 27. Воздух в камеру сгорания подается вентилятором 2 по шлангу 3. Образовавшаяся горючая смесь первоначально воспламеняется свечой 6, включаемой дистанционно выключателем 21, работу которой можно контролировать по накалу контрольной спирали 24, установленной на пульте управления 22 с подведенными к нему электропроводами 15, 16 и 20. Как только в камере сгорания горение смеси станет устойчивым (без дыма и копоти), свечу выключают переключателем 25 и дальнейшее воспламенение топлива происходит от горячей смеси. Через 1-2 мин. После начала работы подогревателя в котел дополнительно наливают 6-8 л воды. Закрывают пробку воронки и продолжают прогрев двигателя.

Нагретая вода по трубопроводу 10 и патрубкам 11 и 13 поступает в жидкостную рубашку охлаждения правого 12 и левого 14 рядов цилиндров, прогревает его и в виде конденсата снова поступает к котлу через трубопровод 7. Газы, выходящие из котла по патрубок 9, направляются под поддон картера для прогрева масла.

После прогрева двигателя пусковой рукояткой проворачивают коленчатый вал несколько раз для распределения смазочного материала по подшипникам. Свободное вращение коленчатого вала будет свидетельствовать о готовности двигателя к пуску стартером.

Когда ручка переключателя 25 вдвинута до отказа, система подогрева не работает, если она вытянута на половину хода, включается электродвигатель вентилятора 2, а если вытянута до отказа, то дополнительно включается электромагнитный клапан. При температуре -25°C подогреватель обеспечивает прогрев двигателя за 15-20 мин.

Для прекращения работы подогревателя необходимо переключателем 25 включить электромагнитный клапан, закрыть кран бачка 19, а затем через 1-2 мин выключить вентилятор.

Если в систему охлаждения залита низкотемпературная смесь (ТО-СОЛ А-40, ТОСОЛ А-65), то прежде чем пользоваться предпусковым подогревателем необходимо убедиться, что она не превратилась в густую массу, и строго соблюдать заводскую Инструкцию по подготовке пуска двигателя с низкотемпературной жидкостью.

Содержание отчета

Назначение и краткое описание системы охлаждения двигателя
ЗИЛ-130.

Порядок работы системы охлаждения двигателя ЗИЛ-130. Схема системы охлаждения двигателя ЗИЛ-130. Порядок работы, описание и схема жидкостного насоса.

Порядок работы, описание и схема термостата.

Порядок работы, описание и схема радиатора.

Порядок работы и схема предпускового подогревателя.

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ЗИЛ-130

Цель работы: Изучение устройства, порядка работы системы питания и устройства отдельных узлов системы питания двигателя автомобиля ЗИЛ-130.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по рисунку и инструктивным картам схему системы питания двигателя ЗИЛ-130.
2. Определить место расположения основных узлов системы питания на двигателе и автомобиле.
3. Изучить порядок работы системы питания двигателя ЗИЛ-130.
4. Изучить устройство топливного бака, фильтров грубой и тонкой очистки топлива, топливного насоса, карбюратора.
5. Изучить все режимы работы карбюратора.
6. Рассказать о порядке работы системы питания в целом и карбюратора в особенности.
7. Оформить отчет.

Назначение системы питания

Система питания карбюраторного двигателя предназначена для приготовления в определенной пропорции из топлива и воздуха горючей смеси, подачи её в цилиндры двигателя и отвода из них отработавших газов.

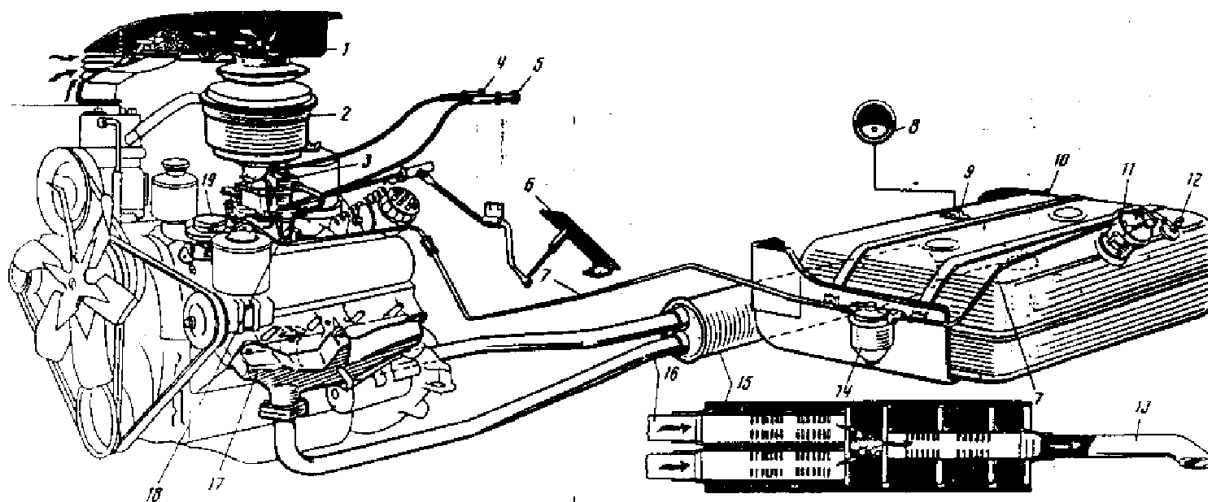


Рис. 1. Система питания и выпуска отработавших газов двигателя автомобиля ЗИЛ-130: 1 – клапан подвода воздуха к воздушному фильтру; 2 – воздушный фильтр; 3 – карбюратор; 4 – рукоятка ручного управления воздушной заслонкой; 5 – рукоятка ручного управления дроссельными заслонками; 6 – педаль управления дроссельными заслонками; 7 – топливопроводы; 8 – указатель уровня топлива; 9 – датчик указателя уровня топлива; 10 – топливный бак; 11 – крышка горловины топливного бака; 12 – кран; 13 – выпускная труба глушителя; 14 – фильтр-отстойник; 15 – глушитель; 16 – приемные трубы; 17 – выпускной трубопровод; 18 – фильтр тонкой очистки топлива; 19 – топливный насос.

Система питания двигателя ЗИЛ-130

В систему питания двигателя автомобиля ЗИЛ-130 (рис. 1) входят топливный бак 10, топливопроводы 7 от бака к фильтру-отстойнику 14 и к топливному насосу 19, карбюратор 3, воздушный фильтр 2, приемные трубы 16, глушитель 15, выпускная труба 13 глушителя. В систему питания входят также фильтр 18 тонкой очистки топлива, установленный между топливным насосом и карбюратором, впускной трубопровод, на котором укреплен карбюратор, и выпускной трубопровод.

Во время работы двигателя топливо из бака после предварительной очистки в фильтре-отстойнике насосом 19 подается к карбюратору. При такте впуска в цилиндре двигателя создается разрежение, передающееся в карбюратор и в установленный на нем воздушный фильтр. Очищенный воздух проходит в смесительную камеру, где из жиклеров подается топливо. Испаряющееся топливо перемешивается с воздухом, образуя горючую смесь. Из карбюратора по впускному трубопроводу горючая смесь поступает в цилиндры двигателя. Газы, образовавшиеся после быстрого сгорания рабочей смеси в цилиндре, расширяются, давят на поршень, и он опускается вниз, совершая рабочий ход. После рабочего хода отработавшие газы через открытый выпускной клапан вытесняются поршнем в выпускной трубопровод 17. Затем они поступают в приемные трубы 16 глушителя, выпускную трубу 13 и в атмосферу. Топливо наливают в бак через горловину, закрываемую крышкой 11. Количество топлива, находящегося в баке, контролируют при помощи датчика 9 и указателя 8 уровня топлива.

Карбюратор К-88АМ. Этот карбюратор двухкамерный, с падающим потоком и сбалансированной поплавковой камерой. Обе камеры работают параллельно на всех режимах. Каждая камера с двумя диффузорами подает горючую смесь к четырем цилиндрам двигателя. Поплавковая камера, ускорительный насос, экономайзер и воздушная заслонка – общие для обеих камер карбюратора, а главные дозирующие системы и системы холостого хода – отдельные. Карбюратор (рис. 2) состоит из четырех частей: корпуса 1 воздушной горловины и крышки поплавковой камеры, корпуса 23 поплавковой камеры, корпуса 46 смесительных камер и пневмоинерционного ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала. Корпуса воздушной горловины поплавковой камеры отлиты из цинкового сплава. Отдельные части карбюратора соединены между собой с использованием уплотнительных прокладок 38 и 50, причем паронитовая прокладка 38 является также и теплоизоляционной.

В корпусе воздушной горловины имеются воздушная заслонка 15 с предохранительным клапаном 16, пробка 4 с фильтром 3 и игольчатый клапан 2 подачи топлива. В горловине имеется канал, по которому воздух через балансирующий канал 5 поступает в поплавковую камеру.

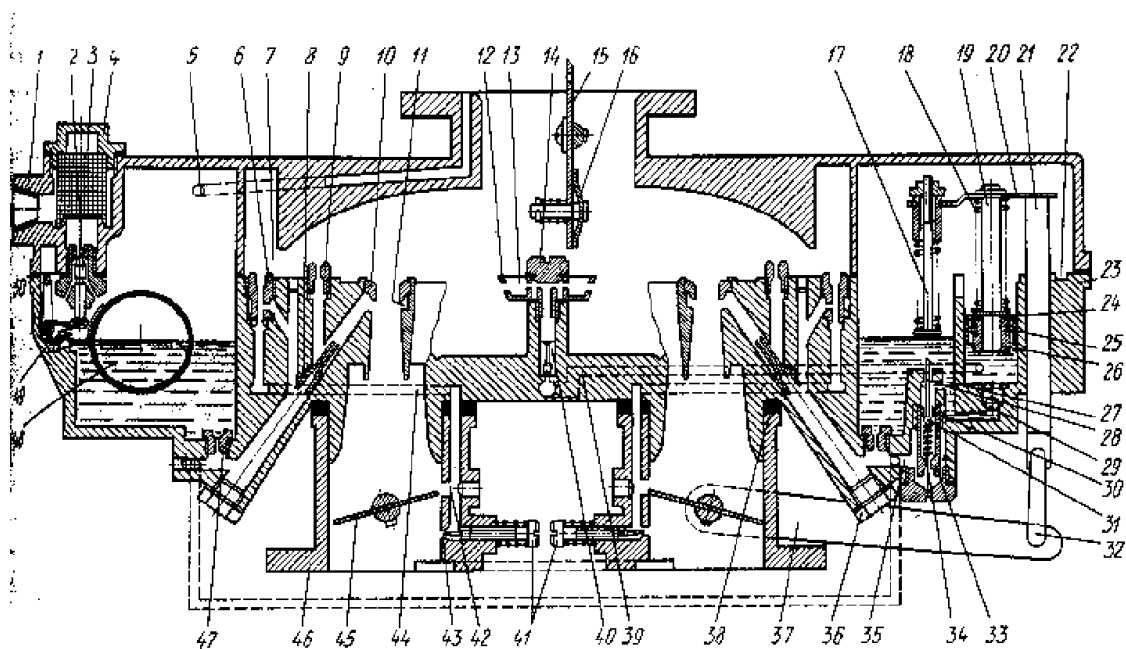


Рис. 2. Схема карбюратора К-88АМ. 1-корпус воздушной горловины; 2-игольчатый клапан; 3-сетчатый фильтр; 4-пробка фильтра; 5-балансирующий канал; 6-корпус жиклеров системы холостого хода; 7-вырез в корпусе горловины; 8-жиклер полной мощности; 9-воздушный жиклер; 10-малый диффузор; 11-кольцевая щель; 12-распылитель ускорительного насоса; 13-воздушная полость; 14-полый винт; 15-воздушная заслонка; 16-предохранительный клапан; 17-основной толкатель; 18 и 34-пружины; 19 и 21-штоки; 20-планка (поводок); 22-кольцевая канавка; 23-корпус поплавковой камеры; 24-манжета; 25-пружина манжеты; 26-втулка штока; 27-отверстие; 28-промежуточный толкатель; 29 и 31-шариковые клапаны; 30-седло; 32-тяга; 33-клапан экономайзера; 35, 39 и 44-каналы; 36-пробка; 37-рычаг; 38 и 50-прокладки; 40-нагнетательный клапан; 41-винты регулировки системы холостого хода; 42-прямоугольное отверстие; 43-круглое отверстие системы холостого; 45-дроссельная заслонка; 46-корпус смесительных камер; 47-главный топливный жиклер; 48-поплавок; 49-пружина поплавка.

В поплавковой камере помещены поплавок 48 с пружиной 49, ускорительный насос, экономайзер с механическим приводом, два главных жиклера 47, два жиклера 8 полной мощности, два корпуса 6 жиклеров системы холостого хода и два воздушных жиклера 9. В корпусе 6 объединены воздушный и топливный жиклеры. Пружина 49, расположенная под рычагом поплавка 48, препятствует переполнению поплавковой камеры карбюратора во время движения автомобиля по плохой дороге.

В ускорительный насос входят поршень (манжета 24, пружина 25 и втулка 26) шток 19, шариковый 29 и нагнетательный 40 клапаны, а также распылитель 12. К деталям привода ускорительного насоса относятся пружина 18, поводок 20, шток 21, тяга 32 и рычаг 37, соединенный с осью дроссельных заслонок. В экономайзер входят основной 17 и промежуточный 28 толкатели, шариковый клапан 31 с пружиной 34.

Главная дозирующая система состоит из главного топливного жиклера 47, жиклера 8 полной мощности, установленного в распыливающем канале, воздушного жиклера 9 и двух диффузоров. Большой и малый диффузоры отлиты вместе с корпусом поплавковой камеры. Малый диффузор 10

имеет кольцевую щель 11, через которую топливо поступает в его горловину. При кольцевом распыливании топлива улучшается процесс смесеобразования.

В корпусе смесительных камер на общей оси укреплены две дроссельные заслонки 45 и сделаны отверстия 42 и 43 системы холостого хода. Отверстие 42 имеет прямоугольную форму (в виде щели), что обеспечивает более плавный переход двигателя с режима холостого хода на работу двигателя с нагрузкой. Кроме того, в корпус ввернуты винты 41 регулировки состава горючей смеси. Рассмотрим работу карбюратора К-88АМ.

Пуск холодного двигателя. Во время вращения коленчатого вала в смесительных камерах карбюратора возникает большое разрежение. Топливо подается из поплавковой камеры через главные жиклеры 47, жиклеры 8 полной мощности в кольцевые щели 11 малых диффузоров. Кроме того, богатая эмульсия поступает из отверстий 42 и 43 системы холостого хода.

Малая частота вращения холостого хода. Большое разрежение, возникающее за дроссельными заслонками 45, передается через отверстия 43 в каналы 44 системы холостого хода. Топливо, находящееся в поплавковой камере, пройдя главные жиклеры 47, поступает к корпусу 6 жиклеров системы холостого хода. Здесь топливо смешивается с воздухом, образуя эмульсию, которая по каналам 44 поступает в смесительные камеры через нижние отверстия 43. Через верхние отверстия 42 к эмульсии подмешивается воздух.

Средние нагрузки двигателя. По мере открытия дроссельных заслонок снижается разрежение у отверстий 43 и 42 системы холостого хода и меньше топлива поступает в смесительные камеры карбюратора. Возрастает скорость движения воздуха и увеличивается разрежение в малых и больших диффузорах; в действие вступают главные дозирующие системы. Топливо в главные дозирующие системы поступает из поплавковой камеры карбюратора через главные жиклеры 47 и жиклеры 8 полной мощности. Далее топливо подается по каналам в кольцевые щели 11 малых диффузоров. К топливу подмешивается воздух, проходящий через жиклеры 9. В результате этого из кольцевых распылителей в горловины малых диффузоров подается эмульсия. Сначала в малых диффузорах, а затем и в больших эмульсия перемешивается с воздухом, распыливается и в виде горючей смеси поступает по впускному трубопроводу к цилиндрам двигателя.

Полная нагрузка двигателя. Экономайзер и ускорительный насос имеют общий привод. При открытии дроссельных заслонок 45 рычаг 37 через тягу 32 перемещает шток 21 с поводком 21 вниз. Опускающийся вместе с поводком основной толкатель 17 нажимает на промежуточный толкатель 28, который открывает шариковый клапан 31, сжимая пружину 34. Топливо проходит из поплавковой камеры карбюратора через отверстие 27, по каналам 35, через жиклеры 8 и поступает в кольцевые щели малых диффузоров. К топливу подмешивается воздух, проходящий через жиклеры 9, и в горловины диффузоров 10 подается обогащенная эмульсия.

Резкое открытие дроссельных заслонок. Оно сопровождается перемещением вниз штока 21 и поводка 20, в отверстие которого свободно проходит шток 19 поршня ускорительного насоса.

Пружина 18 сжимается, и под давлением поршня на топливо закрывается клапан 29. Топливо по каналу 39 поступает под нагнетательный клапан 40, открывая его. Затем топливо проходит в воздушное пространство полого винта 14 и тонкими струйками вытекает в смесительную камеру карбюратора через отверстия распылителя 12.

Управление карбюратором (рис. 3) осуществляется установленной на кронштейне пола кабины педалью 6, которая соединена с осью дроссельных заслонок при помощи системы тяг и рычагов, а также ручками управления 1 дроссельными и 2 воздушной заслонками.

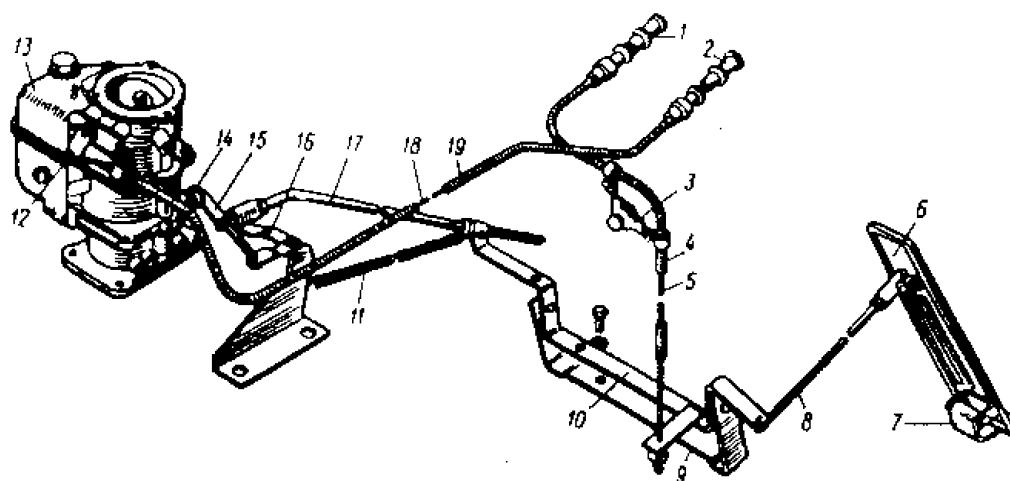


Рис.3. Привод управления карбюратором: 1-ручка управления дроссельными заслонками; 2-ручка управления воздушной заслонкой; 3 и 9-кронштейны, удерживающие трос; 4 и 19-оболочки тросов; 5 и 18-тросы; 6-педаль управления дроссельными заслонками; 7-кронштейн педали; 8 и 17-тяги привода дроссельных заслонок; 10 и 14-рычаги управления дроссельными заслонками; 11-пружина тяги карбюратора; 12-рычаг воздушной заслонки; 13-карбюратор; 15-тяги карбюратора; 16-передаточный рычаг.

Топливный бак (рис. 4) изготовлен из листовой стали с внутренними перегородками. Заливная горловина герметически закрывается пробкой, имеющей паровой и воздушный клапаны. На верхней стенке топливного бака расположены датчик 4 указателя уровня топлива и кран 6, соединенный трубками одним концом с фильтром-отстойником 1, а другим с фильтром 8. Для спуска осевших на дно бака металлических частиц в днище бака ввернута пробка. Топливные фильтры устанавливают по пути следования топлива для очистки его от механических примесей. Первый (сетчатый) фильтр расположен в наливной горловине бака.

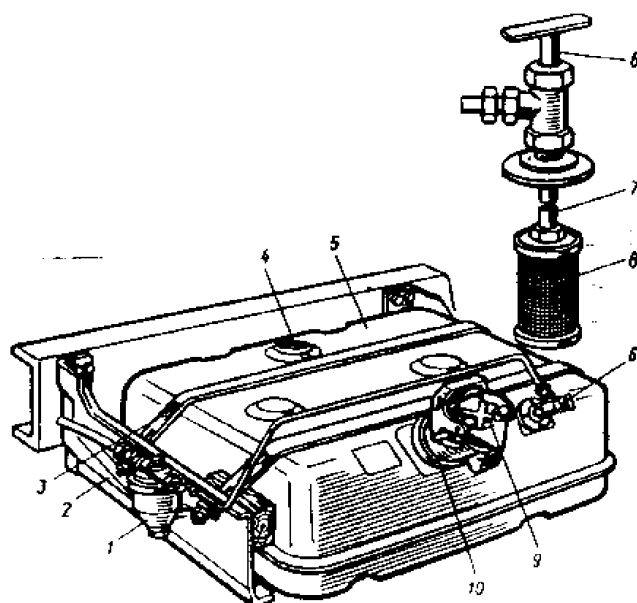


Рис.4. Топливный бак. 1-фильтр-отстойник; 2-кронштейн крепления бака; 3-хомут крепления бака; 4-датчик указателя уровня топлива в баке; 5-топливный бак; 6-кран; 7-приемная трубка; 8-сетчатый фильтр; 9-пробка бака; 10-горловина.

Между баком и топливным насосом установлен фильтр-отстойник (рис. 5), который состоит из корпуса-крышки 2, отстойника 6 и фильтрующего элемента 4. Фильтрующий элемент собран из пластин, которые прижаты друг к другу пружиной 9. Проходя через щели между пластинами и отверстиями, топливо очищается. Крупные механические примеси и вода, имеющиеся в топливе, собираются на дне отстойника и сливаются через закрытое пробкой 7 отверстие.

Следующий (сетчатый) фильтр помещен в топливном насосе (см. рис. 6). Между топливным насосом и карбюратором установлен фильтр тонкой очистки топлива (рис.6) состоящий из корпуса 1, стакана

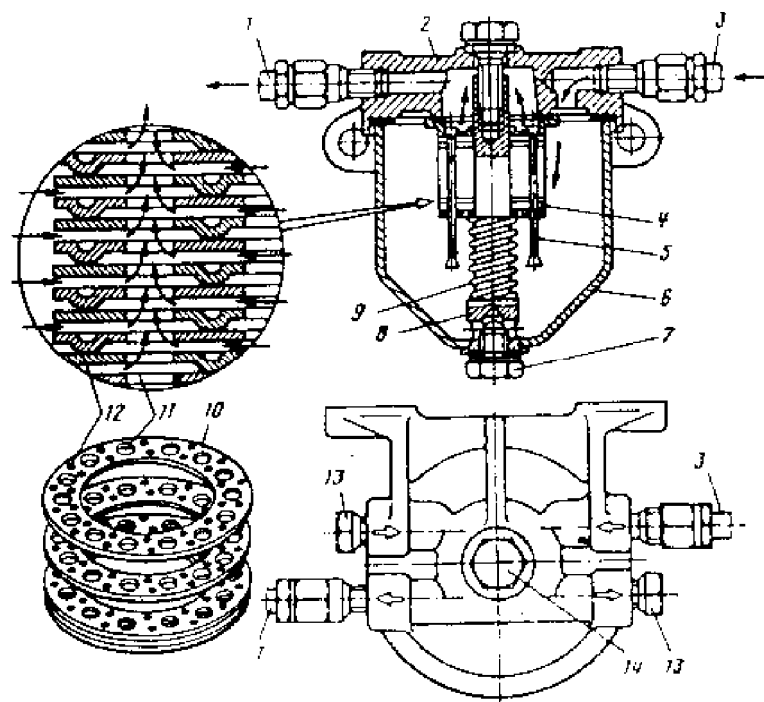


Рис.5. Фильтр-отстойник: 1-топливопровод, идущий к топливному насосу; 2-корпус-крышка; 3-топливопровод, идущий от топливного бака; 4-фильтрующий элемент; 5-стойка; 6-отстойник; 7-сливная пробка; 8-стержень фильтрующего элемента; 9-пружина; 10-пластина фильтрующего элемента; 11-отверстие в пластине для прохода очищенного топлива; 12-выступы на пластине; 13-заглушки; 14-болт крепления корпуса-крышки.

-отстойника 5 и керамического фильтрующего элемента 3. И последний фильтр находится во входном отверстии карбюратора.

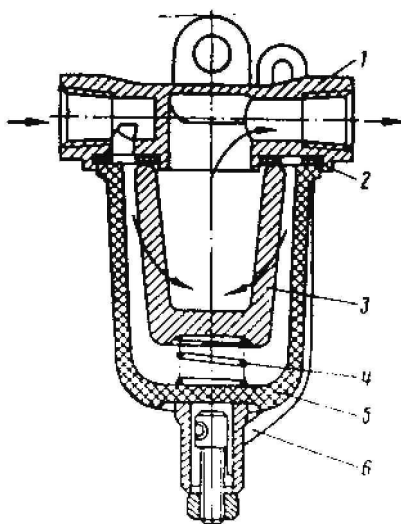


Рис. 6. Фильтр тонкой очистки топлива: 1-корпус фильтра; 2-прокладка; 3-фильтрующий элемент; 4-пружина; 5-стакан-отстойник; 6-зажим стакана.

Топливный насос (рис. 7) диафрагменного типа служит для подачи топлива из топливного бака в карбюратор. Между головкой 7 и корпусом 8 установлена диафрагма 11, средняя часть которой соединена с штоком 10. Другим (нижним) концом шток соединен коромыслом 4, укрепленным на оси. Под диафрагмой на шток надеты уплотнитель и пружина. Сверху топливный насос имеет крышку 1. В головке насоса помещены впускные 3 и выпускные 12 клапаны с пружинами и сетчатый фильтр 2.

Привод насос получает от эксцентрика 6 распределительного вала непосредственно через коромысло (у двигателя автомобиля ГАЗ-53) или через штангу 5 (у двигателя автомобиля ЗИЛ-130). У насоса предусмотрен также рычаг 9 ручной подкачки. Когда эксцентрик набегает на штангу, последняя нажимает на коромысло, которое оттягивает вниз шток с диафрагмой (рис.7, а). При этом над диафрагмой создается разрежение, под действием которого топливо поступает из бака по топливопроводу в отстойник и далее через сетчатый фильтр и впускные клапаны в наддиафрагменную полость.

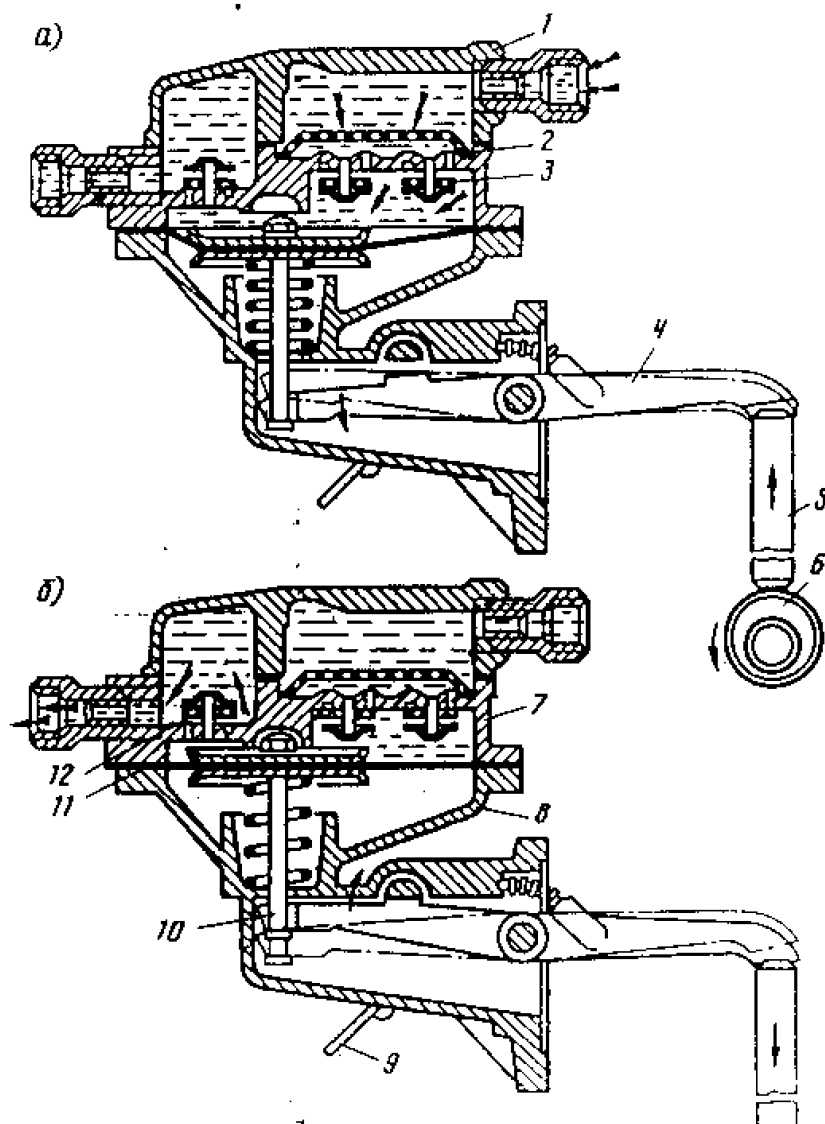


Рис. 7. Схема работы топливного насоса: а - всасывание топлива; б - нагнетание топлива.

При выходе эксцентрика из-под штанги (рис. 7, б) диафрагма под действием пружины поднимается вверх, создается избыточное давление топлива (0,017 ... 0,023 Мпа), под действием которого впускные клапаны закрываются, а выпускные открываются, и топливо подается по топливопроводу в поплавковую камеру карбюратора.

Когда игольчатый клапан карбюратора закрывается, топливный насос работает вхолостую, так как пружина, установленная под диафрагмой, не в состоянии поднять ее вверх, чтобы открыть игольчатый клапан поплавковой камеры. В это время двуплечий рычаг качается на своей оси свободно (холостой ход). Топливопроводы изготавливают из металлических трубок и шлангов из топливостойкой резины и соединяют с приборами питания штуцерами и накидными гайками.

Воздухоочиститель (рис. 8), устанавливаемый на изучаемых автомобилях, инерционно-масляного типа состоит из корпуса 12 и крышки 9 с фильтрующим элементом 4 из капронового волокна. В нижней части корпуса размещается масляная ванна 2, заполняемая маслом до уровня метки, имеющейся снаружи корпуса.

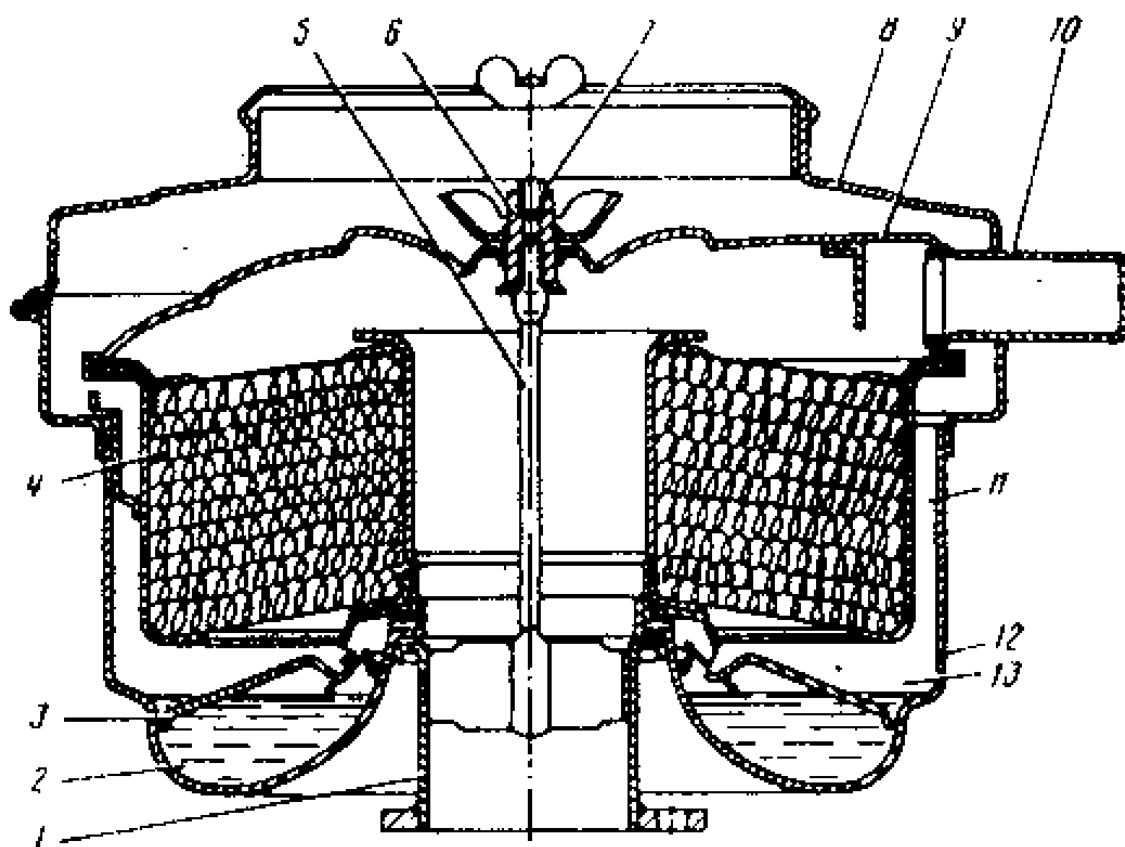


Рис. 8. Воздухоочиститель двигателя автомобиля ЗИЛ-130. 1 и 8-переходники; 2-масляная ванна; 3-отражатель; 4-фильтрующий элемент; 5-стяжной винт; 6-гайка-барашек; 7-винт с барашком; 9-крышка; 10-патрубок отбора воздуха в компрессор; 11-кольцевая щель; 12-корпус фильтра; 13-полость.

Загрязненный наружный воздух под действием разрежения в карбюраторе поступает через кольцевую щель 11 между корпусом и крышкой фильтра и движется вниз. У поверхности масла он резко поворачивает вверх и через переходник 1 поступает в карбюратор. При этом тяжелые крупные частицы пыли, продолжая движение по инерции, ударяются о слой масла и остаются в нем.

Впускной и выпускной трубопроводы служат соответственно для подачи горючей смеси в цилиндры двигателя и для отвода отработавших газов. Впускной трубопровод отливают из алюминиевого сплава, выпускной – из серого чугуна. На изучаемых двигателях имеются 2 выпускных трубопровода и две приемные трубы, сообщающиеся с общим глушителем. Трубопроводы соединены с головками блока цилиндров шпильками.

Содержание отчета

1. Назначение и краткое описание системы питания двигателя ЗИЛ-130.
2. Порядок работы системы питания двигателя ЗИЛ-130.
3. Схема системы питания двигателя ЗИЛ-130.
4. Порядок работы, описание и схема топливного насоса.
6. Порядок работы, описание и схема топливного бака.
7. Порядок работы, описание и схема фильтров грубой и тонкой очистки топлива.
8. Порядок работы, описание и схема карбюратора.
9. Перечислить все этапы очистки топлива.

Лабораторная работа N 4

ИЗУЧЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТОРМОЗОВ АВТОМОБИЛЯ ЗИЛ-130

Цель работы: Изучение устройства, порядка работы тормозной системы и устройства отдельных узлов пневматической системы торможения двигателя автомобиля ЗИЛ-130.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по рисунку и инструктивным картам схему тормозной системы автомобиля ЗИЛ-130.
2. Определить место расположения основных узлов тормозной системы на автомобиле.
3. Изучить порядок работы тормозной системы автомобиля ЗИЛ-130.
4. Изучить устройство воздушного фильтра, компрессора, регулятора давления, тормозного крана, тормозных цилиндров.
5. Изучить все режимы работы тормозного крана.
6. Рассказать о порядке работы тормозной системы и каждого её узла.
7. Оформить отчет.

Назначение тормозной системы автомобиля

Пневматический тормозной привод применяют на автомобилях большой грузоподъёмности, автобусах большой вместимости и колесных тягачах, работающих с прицепами и полуприцепами. Схемы пневматического тормозного привода различаются между собой по числу трубопроводов (одно- или двухпроводные), связывающих автомобиль – тягач с прицепом. В остальном между ними много общего. На автомобилях КамАЗ, МАЗ, ЗИЛ и их модификациях устанавливается пневматический привод тормозов (рис.1). В него входят компрессор 1, регулятор давления 2, предохранительный клапан 7, баллоны 6, тормозной кран 10, колесные тормозные камеры 12, педаль тормозов 9, соединительная головка 14 и разобщительный кран 13, кран отбора воздуха 8, сливной кран 11 и манометр 5. Компрессор 1 нагнетает воздух в баллоны 6 и обеспечивает систему сжатым воздухом. Давление воздуха в системе контролируется по манометру 5.

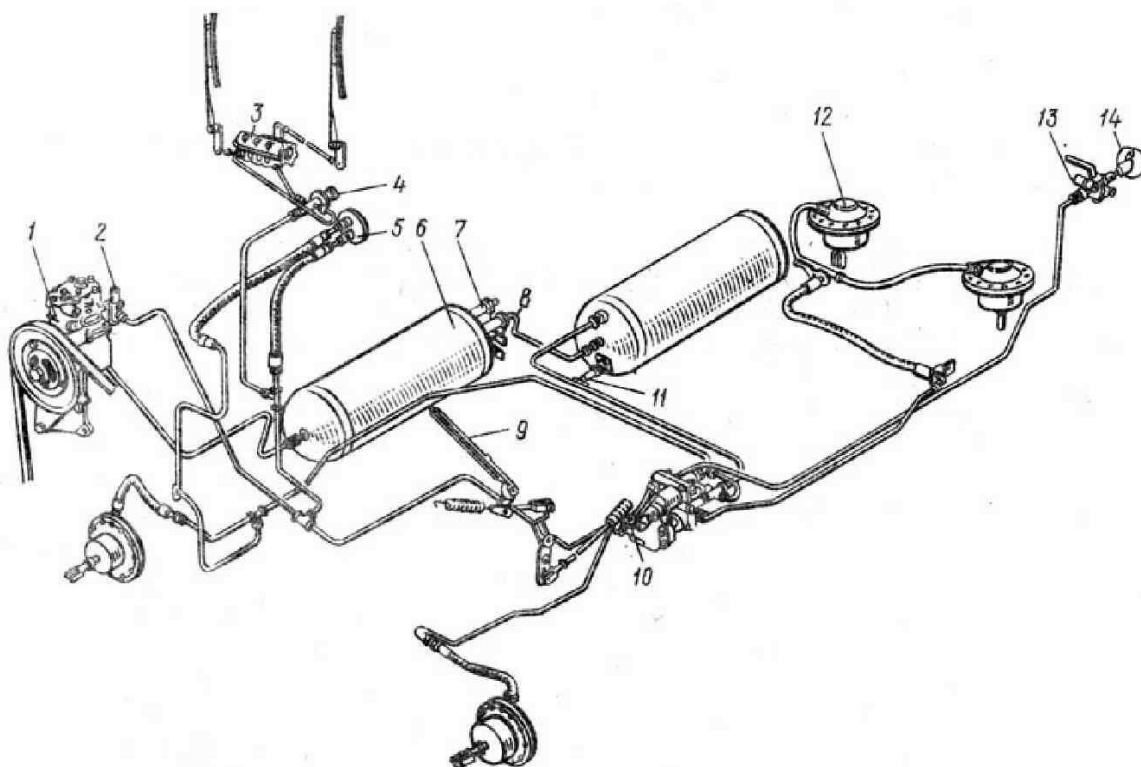


Рис. 1 Пневматический привод тормозов автомобиля ЗИЛ-130

При нажатии на педаль 9 тормозной кран 10 открывает доступ сжатого воздуха из баллонов 6 в тормозные камеры 12 передних и задних колёс, механизмы которых раздвигают тормозные колодки. Растормаживание происходит при помощи стяжных пружин колодок. От воздушной системы тормозов при помощи головки 4 крана управления приводится в действие механизм стеклоочистителя 3.

Компрессор (рис. 2), установленный на автомобилях ЗИЛ , КамАЗ , МАЗ и др. поршневого типа , двухцилиндровый одноступенчатого сжатия , приводится в действие клиновидным ремнем от шкива 1 вентилятора. Компрессор состоит из блока цилиндров 2, головки блока 5, картера 9, передней , нижней и задней крышек 7. Коленчатый вал 10 компрессора вращается в шарикоподшипниках и шатунами 3 через поршневые пальцы плавающего типа соединён с поршнями 4. На переднем конце вала установлен шкив 1, который крепится шпонкой и гайкой. На заднем конце коленчатого вала имеются уплотнитель и гайка для затяжки шарикоподшипника . В стенке блока цилиндров выполнено окно для прохода воздуха , поступающего внутрь цилиндров из полости В, в которой установлены два впускных клапана 11 с седлами 15 , над каждым цилиндром в головке 5 расположены выпускные клапаны 6. Под выпускными клапанами находится разгрузочное устройство компрессора , состоящее из плунжера 13 (рис. 2, б,в) со штоком 12, коромысла 16 , пружины 14 и их направляющие 17. Канал 18 разгрузочного устройства соединен с регулятором давления.

Система смазки компрессора принудительная, масло подается под давлением из главной

масляной магистрали двигателя через отверстие 8 (рис. 2, а) в задней крышке 7. Залитые баббитом шатунные подшипники и поршневые пальцы компрессора соединены каналами, выполненными в шатунах и смазываются принудительно, а остальные детали – разбрызгиванием. Из картера компрессора отработавшее масло при помощи специальной трубки отводится в картер двигателя.

Компрессор имеет жидкостную систему охлаждения. Жидкость поступает в полость Б блока цилиндров компрессора из системы охлаждения двигателя.

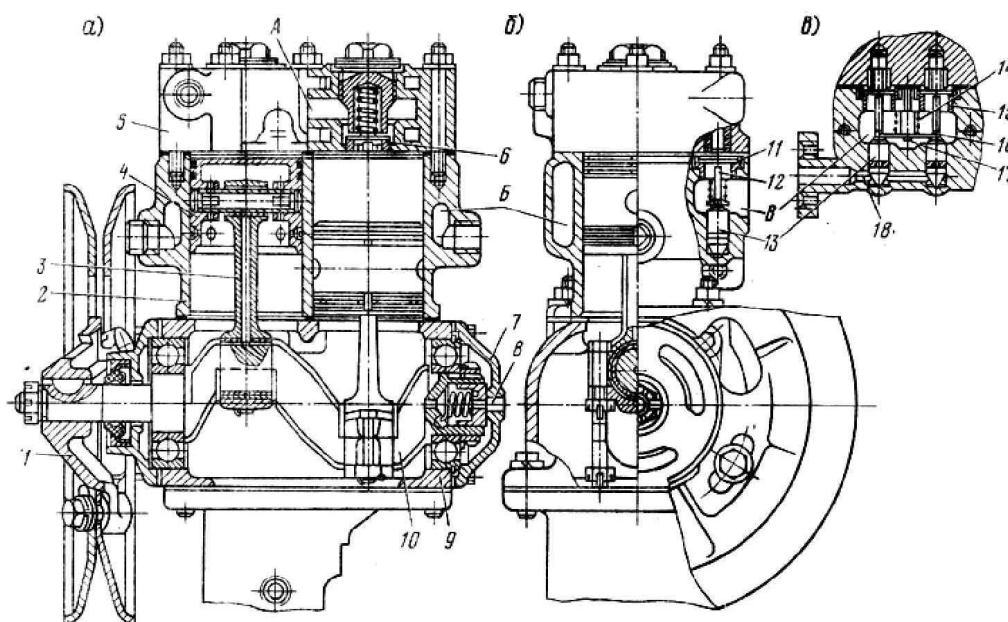


Рис. 2 Компрессор пневматического привода тормозов автомобиля ЗИЛ-130

При движении поршня вниз в цилиндре создается разрежение, воздух поступает в полость В и через открытые впускные клапаны 11 происходит заполнение цилиндра. При движении поршня вверх воздух сжимается и открывает выпускные клапаны 6 и через камеру А воздух поступает к воздушным баллонам, откуда он подается в пневмосистему. Давление сжатого воздуха в баллонах ограничивается специальным разгрузочным устройством, которое уменьшает затраты мощности двигателя на привод компрессора и повышает долговечность последнего. Это устройство работает вместе с регулятором давления.

Регулятор давления (рис. 3, а) автоматически поддерживает давление сжатого воздуха в системе, впуская воздух в разгрузочное устройство компрессора и выпуская из него воздух. При достижении давления 0,7 ... 0,74 Мпа регулятор отключает подачу воздуха, а при давлении 0,56 ... 0,6 Мпа снова включает ее. В корпусе 8 регулятора под кожухом 1 помещены штуцер 5, впускной 10 и выпускной 11 шариковые клапаны, нагруженные через стержень 4 пружиной 2, и центрирующие шарики 13. В регуляторе имеются сетчатый фильтр 6, установленный в месте выхода воздуха из регулятора в разгрузочное устройство компрессора и металлокерамический фильтр 7, прижатый пробкой 9 в месте выхода воздуха в регулятор из пневматической системы.

При давлении в системе до 0,7 ... 0,74 Мпа сжатый воздух, преодолевая сопротивление пружины 2, открывает впускной клапан 10 и поступает в разгрузочное устройство компрессора. В разгрузочном устройстве (рис. 2, б,в) сжатый воздух давит на плунжер 13, который открывает впускной клапан 11. Компрессор в этом случае перекачивает воздух из одного клапана в другой – работает вхолостую.

При снижении давления до 0,56 ... 0,6 Мпа впускной клапан 10 (рис. 2,а) закрывается и выпускной клапан 11, опустившись вниз под действием пружины 2, сообщает разгрузочное устройство компрессора с атмосферой. Впускные клапаны 11 (рис. 2, б,в) разгрузочного устройства закрываются и компрессор начинает нагнетать воздух в пневмосистему автомобиля. Регулировка давления (рис. 2,а) осуществляется вращением колпачковой гайки 3, фиксируемой контргайкой 12. Регуляторы давления шарикового типа применяют на автомобилях ЗИЛ и КраЗ, на МАЗах применяют регуляторы диафрагменного типа.

Предохранительный клапан (рис. 3, б) служит для предохранения пневмосистемы от чрезвычайного повышения давления при неисправности регулятора давления. В его корпус 15 ввернуто седло 14, в которое упирается шарик 16, прижимаемый к седлу стержнем 20 под действием пружины 17. Для регулировки клапана на заданное давление установлен винт 19 с контргайкой 18. Клапан установлен на правом воздушном баллоне и отрегулирован на давление 0,9 ... 0,95 Мпа. При этом давлении шарик 16, преодолевая сопротивление пружины 17, открывает выход воздуха в атмосферу через отверстие в боковой стенке корпуса.

Воздушные баллоны 6 (рис. 1) служат для хранения запаса сжатого воздуха, поступающего из компрессора. В них имеются краны 11 для слива конденсата воды и масла и предохранительный клапан 7. Для накачки сжатым воздухом шин используют кран отбора воздуха 8, отверстие которого закрывается колпачковой гайкой.

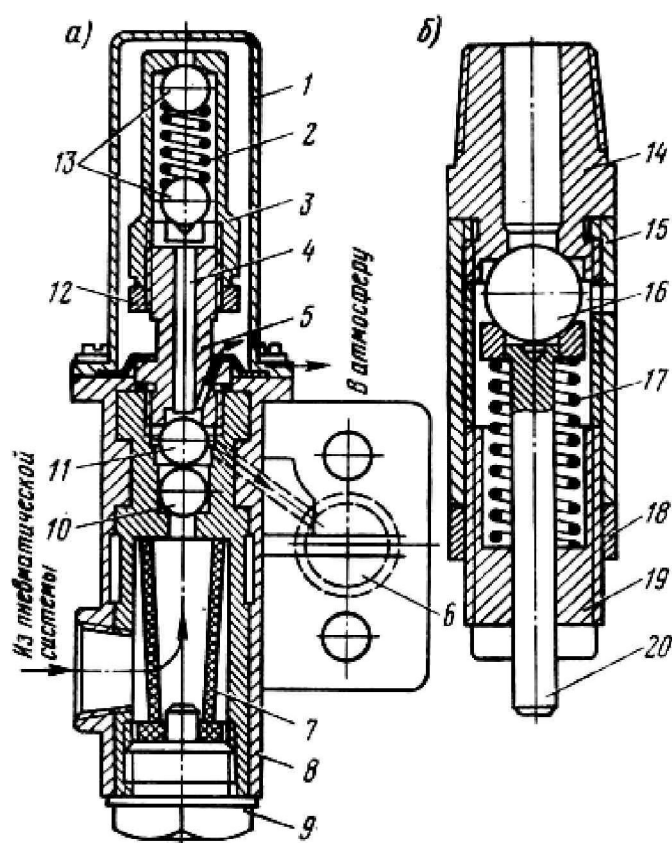


Рис. 3 Регулятор давления (а) и предохранительный клапан (б)

Тормозной кран служит для управления тормозами автомобиля в результате подачи сжатого воздуха из баллонов к тормозным камерам. Тормозной кран также обеспечивает постоянное тормозное усилие при неизменном положении тормозной педали и быстрое растормаживание при прекращении нажатия на педаль. Тормозные краны бывают прямого и обратного действия. В первых при нажатии на педаль происходит подача сжатого воздуха из баллона в тормозные камеры колес. Во вторых при торможении воздух из магистрали выпускается в атмосферу, а торможение происходит за счет пружин, которые разжимаются в этом случае. По конструкции тормозные краны могут быть диафрагменными и поршневыми. На автомобилях, предназначенных для работы с прицепами, устанавливают комбинированные краны с двумя цилиндрами (секциями), один из которых управляет тормозами автомобиля, а другой – тормозами прицепа автомобиля.

На автомобиле ЗИЛ и его модификациях установлен комбинированный тормозной кран (рис. 4), который имеет диафрагмы 9 и 16 из прорезиненного полотна и сдвоенные конические резиновые клапаны: выпускные 10 и 14 и впускные 11 и 13.

При нажатии на педаль тормоза тяга 1 привода поворачивает рычаг 2, который, опираясь на вилку рычага 21, выдвигает шток 7, сжимая уравновешивающую пружину 6. Диафрагма 9 под давлением сжатого воздуха прогибается влево, а седло 8 открывает выпускной клапан 10. через отверстие в седле 8 и выпускное отверстие на корпусе крана сжатый воздух из магистрали прицепа выходит в атмосферу. Из-за снижения давления воздуха в магистрали прицепа вступает в действие

его воздухораспределитель, обеспечивая поступление сжатого воздуха в тормозные камеры колес и их торможение.

Далее под действием рычага 2 и пальца 22 поворачивается вокруг оси 20 рычаг 21. Этот рычаг давит на стакан 19 и пружину 18. Диафрагма 16 прогибается вправо, седло 17 закрывает выпускной клапан 13. Сжатый воздух из баллонов поступает к диафрагме 16 и далее (по стрелке А) к тормозным камерам автомобиля-тягача. Колеса автомобиля-тягача затормаживаются на 0,2...0,3 с позднее колес прицепа.

При затормаживании автомобиля стояночным тормозом поворачивается валик приводного рычага, на конце которого насажен кулачок 23. Кулачок выдвигает шток 7, вызывая срабатывание верхней полости тормозного крана (как описано выше) и торможение колес прицепа. Нижняя полость крана при этом не выключается.

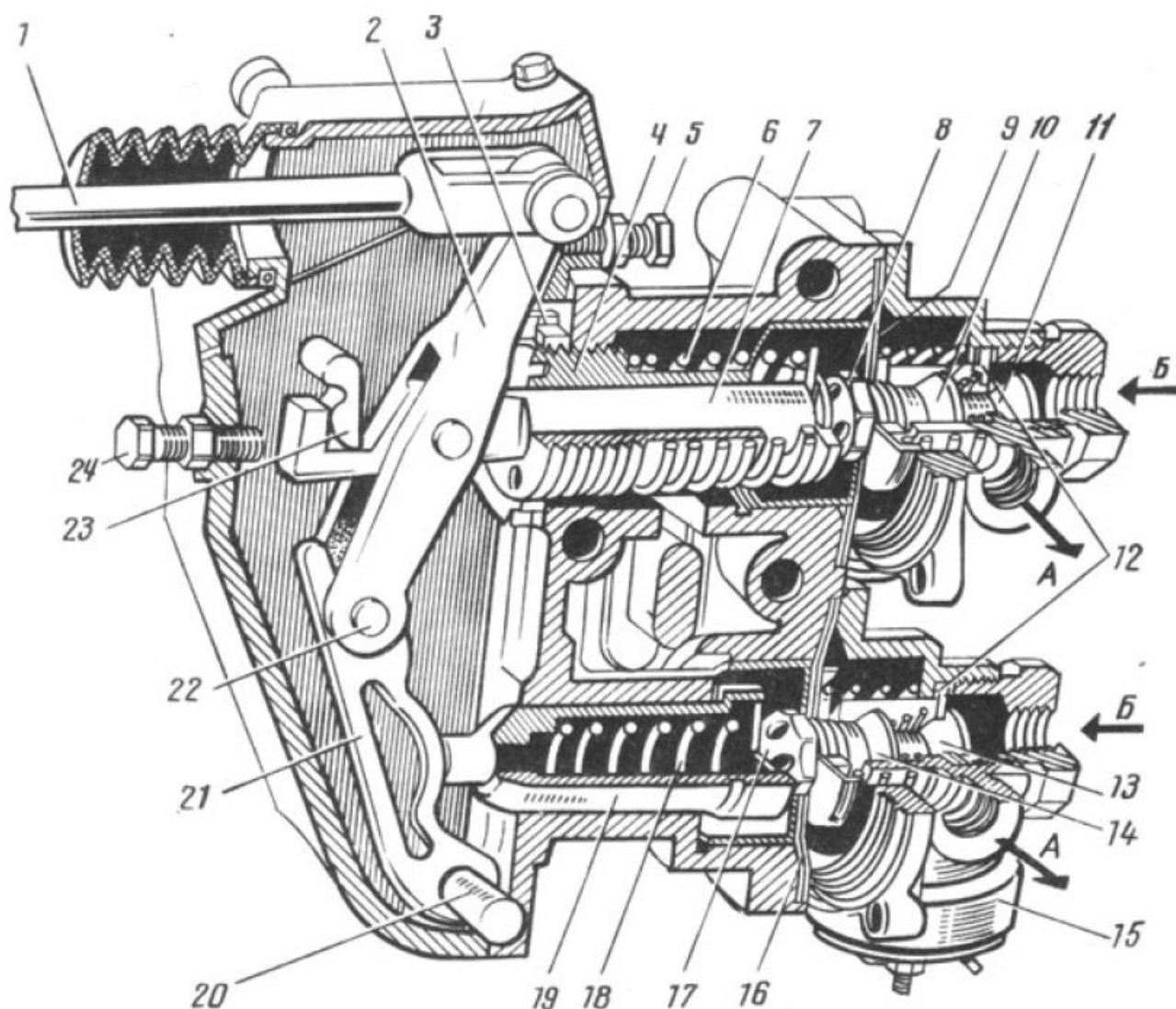


Рис. 4 Комбинированный тормозной кран автомобиля ЗИЛ-130

В расторможенном положении тормозной кран обеспечивает поступление воздуха под давлением 0.48-0.53 МПа из воздушных баллонов автомобиля в пневматическую систему тормозов прицепа (верхние стрелки А и Б). Выпускной клапан 10 прижат к седлу 8, впускной клапан 11 при этом открыт.

Давление воздуха, подаваемого от тормозного крана в магистраль прицепа, регулируют затяжкой пружины 6 поворотом направляющей втулки 4 после ослабления контргайки 3. Открытие впускных клапанов регулируют прокладками 12. Свободный ход рычага 2 регулируют болтом 5, а рабочий ход штока 7 болтом 24. Аварийное давление в системе пневмопривода определяется сигнализатором 15.

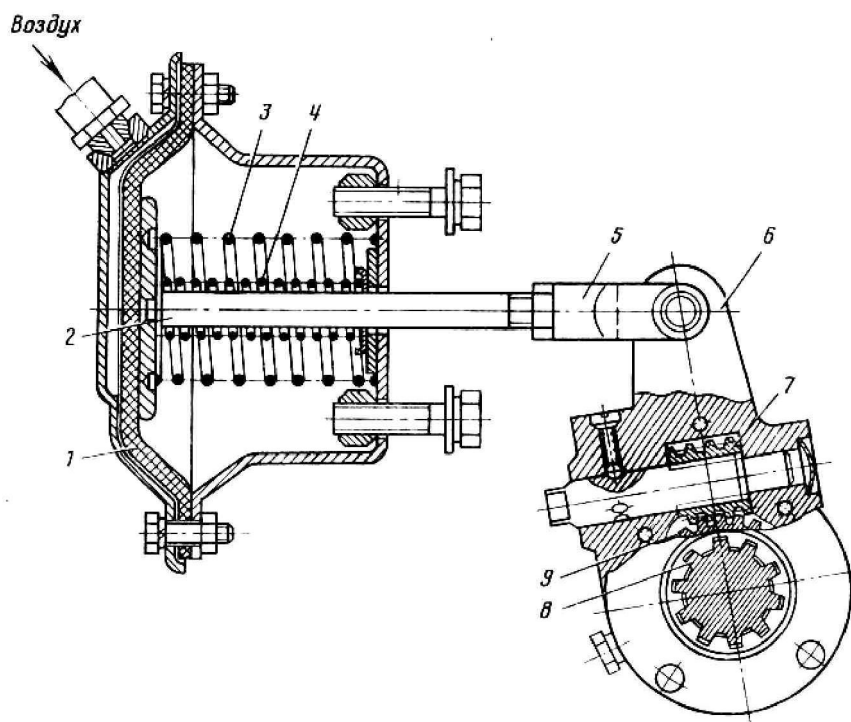


Рис. 5 Тормозная камера с регулировочным рычагом

Тормозной механизм при пневматическом приводе тормозов имеет один разжимной кулак на обе колодки. Вал разжимного кулака связан со штоком тормозной камеры рычагом с регулировочным червячным механизмом.

Тормозная камера (рис. 5) на автомобилях ЗИЛ и его модификациях состоит из корпуса и крышки, между которыми зажата диафрагма 1, выполненная из прорезиненной ткани. В центре диафрагмы установлена стальная тарелка, на которую опирается шток 2. Противоположный конец штока имеет резьбу для крепления вилки 5, соединяющей его с рычагом 6. Установленный в рычаге червяк 7 находится в зацеплении с червячной шестерней 9, сидящей на валу разжимного кулака 8. Торможение осуществляется при впуске воздуха в пространство между крышкой и диафрагмой. Диафрагма при этом прогибается, перемещая шток 2 и поворачивая рычаг 6 разжимного кулака 8. При растормаживании в исходное положение диафрагма возвращается

пружинами 3 и 4 тормозной камеры. На задних колесах диаметр тормозных камер больше, чем на передних, так как нагрузка на них больше.

Соединительная головка 14 (рис. 1) устанавливается на задней поперечине рамы и служит для соединения воздухопроводов между автомобилем и прицепом и между прицепами. Головка состоит из корпуса, резинового кольца, обратного клапана и крышки, которая должна быть закрыта, если головка не соединена с головкой прицепа.

Разобщительный кран 13 (рис. 1) служит для отключения магистрали от прицепа и устанавливается перед соединительной головкой. Кран открывают после присоединения пневмосистемы прицепа.

Манометр 5 (рис. 1) позволяет проверять давление воздуха как в воздушных баллонах, так и в воздушных камерах. Для этого он имеет две шкалы, по нижней из которых проверяют давление в тормозных камерах, по верхней – в воздушных баллонах.

Современные автомобили ЗИЛ оборудуются также вспомогательными тормозными системами, которая включает в себя датчик падения давления, кнопочный клапан включения моторного тормоза, пневмоцилиндра привода тормозного механизма и топливного насоса..., а также воздухораспределительную коробку, предназначенную для питания сжатым воздухом других потребителей сжатого воздуха в автомобиле.

Содержание отчета

1. Назначение и краткое описание тормозной системы автомобиля ЗИЛ-130.
2. Порядок работы тормозной системы автомобиля ЗИЛ-130.
3. Схема тормозной системы автомобиля ЗИЛ-130.
4. Порядок работы, описание и схема компрессора.
5. Порядок работы, описание и схема регулятора давления.
6. Порядок работы, описание и схема воздушного фильтра.
7. Порядок работы, описание и схема тормозного крана.
8. Порядок работы, описание и схема тормозной камеры.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
для студентов заочной формы обучения**

по дисциплине

“ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ ”

ТЕМАТИКА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «Гидравлические и пневматические системы в автомобилестроении»

Целью преподавания дисциплины «Гидравлические и пневматические системы в автомобилестроении» является:

- Изучение конструкции гидравлических и пневматических систем приводов современных транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования;
- Изучение вопросов расчета, конструирования и диагностики ГиПС ТиТТСиО.

Задачи изучения дисциплины:

В результате изучения дисциплины «ГиПС ТиТТСиО» студент должен:

- приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности в качестве бакалавра по направлению «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»;
- ознакомиться с современным состоянием мировой и отечественной тенденции в сфере конструирования гидравлических и пневматических приводов машин;
- сформировать навыки использования современных информационных систем в практической деятельности по обеспечению эффективности эксплуатации гидравлических и пневматических приводов автомобилей.

В контрольные задания включены следующие разделы: пневмопривод, классификация, характеристика и область применения пневмоприводов, гидропривод, классификация и область применения гидроприводов, элементы гидропривода, рабочая тело, гидронасосы, гидродвигатели, гидромуфты, гидротрансформаторы, грубопроводная арматура, управление гидроприводом, элементы пневмопривода.

Контрольные работы выполняются в тетради или на листах формата А4. Ответы на вопросы должны иллюстрироваться схемами и эскизами.

Таблица выбора вариантов контрольной работы по предмету

«Гидравлические и пневматические системы в автомобилестроении»

Выбор номеров вопросов определяется буквами в фамилии, имени и отчеству студента, которые записываются в виде таблички, где буква в Ф.И.О. определяет строку вариантов, а порядковый номер буквы Ф.И.О. укажет номер вопроса в данной строке (номер столбца)

Таблица 1

9. Жидкостные приборы для измерения давления. Принцип действия и области применения приборов.
10. Механические приборы для измерения давления. Принцип действия и области применения приборов.
11. Гидравлический пресс. Принцип действия и области применения гидростатических машин.
12. Гидравлический аккумулятор. Принцип действия и области применения гидростатических машин.
13. Основные понятия и определения гидродинамики. Виды движения жидкостей.
14. Уравнение неразрывности потока.
15. Уравнение Бернулли.
16. Ламинарный режим движения жидкости.
17. Турбулентный режим движения жидкости.
18. Вязкость жидкости и законы внутреннего трения.
19. Потери напора при равномерном движении.
20. Неньютоновские жидкости.
21. Местные сопротивления. Причины возникновения местных сопротивлений.
22. Истечение жидкости из отверстий.
23. Истечение жидкости из насадков.
24. Назначение и классификация трубопроводов.
25. Основные задачи при расчёте и проектировании трубопроводов.
26. Кавитация. Причины возникновения и последствия.
27. Сифонные трубопроводы.
28. Причины возникновения гидравлического удара в трубах.
29. Чем опасен гидравлический удар в трубопроводах?
30. Классификация насосов.
31. Принцип действия динамических насосов. Основные параметры насосов.
32. Принцип действия центробежных насосов.
33. Области применения центробежных насосов.
34. Принцип действия объёмных насосов.
35. Принцип действия поршневых насосов однократного действия.
36. Принцип действия поршневых насосов двукратного действия.
37. Принцип действия поршневых компрессоров.
38. Принцип действия турбокомпрессоров.
39. Уравнение состояния идеального газа (Клапейрона - Менделеева).
40. Первый и второй законы термодинамики.
41. Тепловое расширение и сжимаемость газа.
42. Цикл Карно.
43. Законы идеального газа (законы Гей - Люссака, Шарля и Бойля-Мариотта).
44. Термодинамический процесс.
45. Изохорический и изобарический процесс.

46. Адиабатный и политропный процесс.
47. Структурная схема преобразования энергии в пневматическом приводе.
48. Требования к гидроприводам, их классификация, достоинства и недостатки.
49. Принцип работы гидравлического привода. Области применения гидроприводов.
50. Основные элементы объемных гидроприводов, их назначение.
51. Схема и принцип действия одностороннего гидроцилиндра.
52. Классификация пневмоприводов.
53. Назначение и область применения пневмоприводов.
54. Достоинства и недостатки пневмоприводов.
55. Принцип действия одностороннего гидроцилиндра.
56. Назначение гидрораспределителей.
57. Сущность объемного регулирования.
58. Сущность дроссельного регулирования.
59. Достоинства и недостатки схем объемного регулирования.
60. Достоинства и недостатки дроссельного регулирования.
61. Сосуд, в котором абсолютное давление воздуха ниже атмосферного, $p = 60$ кПа, соединён трубой с сосудом 2, в котором давление на поверхности воды равно атмосферному. Определить вакуум в сосуде 1 и высоту поднятия воды в трубе $h_{\text{вак}}$.
62. В цилиндрический бак диаметром $D = 2$ м до уровня $H = 1,5$ м налиты вода и бензин. Уровень воды в пьезометре ниже бензина на $h = 300$ мм. Определить вес находящегося в баке бензина, если $\gamma_6 = 700$ кг/м³.
63. Чугунный трубопровод длиной $l = 1$ км и диаметром $d = 200$ мм имеет разность давлений в начале и в конце $\Delta p = 98$ кН/м² = 1 кгс/см². Определить какой транзитный расход $Q_{\text{тр}}$ возможен в трубопроводе при непрерывной раздаче, если удельный путевой расход $q_0 = 0.01$ л/с/м.
64. Из открытого резервуара через донное отверстие с острыми кромками вытекает вода при высоте ее над центром отверстия 3 м. Определить, каким должно быть избыточное давление в баке, чтобы расход воды через отверстие того же размера увеличить в два раза.
65. Найти расход и скорость истечения через круглое отверстие диаметром 20 мм в тонкой стенке, если глубина погружения центра отверстия под свободной поверхностью 2,6 м и площадь сосуда значительно больше площади отверстия. Коэффициент расхода принять равным 0,62.
66. Из бачка через отверстие с острыми краями вытекает вода при постоянном напоре 1,6 м. Диаметр отверстия 20 мм. Определить расход воды через отверстие.
67. В дне цилиндрического бака, имеющего площадь дна 2,4 м², расположено круглое отверстие диаметром 6 см. Определить, за какое время из бака через отверстие вытечет половина объема воды, если в момент открытия отверстия глубина наполнения бака 2 м. Притока воды в баке нет.
68. Определить полную потерю напора в трубопроводе диаметром 100 мм, длиной 2,8 км при движении легкой нефти со средней скоростью 1,25 м/с. Плотность нефти $\rho = 760$ кг/м³, кинематический коэффициент вязкости нефти $\nu = 0,22$ Ст. В трубопроводе имеются местные

сопротивления: обратный клапан, открытая задвижка и поворот. Шероховатость труб принять $k = 0,1$ мм.

69. Определить расход воды, вытекающей через круглое отверстие диаметром $d = 10$ мм. Напор воды над центром отверстия $H = 3,4$ м

70. Через круглое незатопленное отверстие в тонкой стенке диаметром $d = 25$ мм вытекает вода.

Каким должен быть напор воды над центром отверстия, чтобы ее расход Q был равен $2,6$ л/с.

71. Определить расход воды через квадратное затопление отверстия со стороны $a = 150$ мм, если глубина погружения центра отверстия под свободной поверхностью с напорной стороны $H_1 = 4,4$ м, а с низовой стороны $H_2 = 2,2$ м. Скоростью подхода воды пренебречь.

72. Цилиндрический резервуар диаметром $D = 4$ м и высотой $H = 6$ м имеет у дна отверстие диаметром $d = 100$ мм. Определить время полного опорожнения резервуара, если коэффициент расхода отверстия $m = 0,62$.

73. Определить КПД насосной установки. Насос подает 380 дм^3 /мин мазута с плотностью 900 кг/м^3 . Полный напор $30,8$ м. Потребляемая двигателем мощность $2,5$ кВт.

74. Определить высоту расположения оси центробежного насоса над свободной поверхностью воды в водоеме при следующих данных: диаметр всасывающей трубы $0,25$ м.; расход воды $0,06$ м^3 /с; давление перед входом в насос $0,4 \times 10^5$ Па; потери напора по длине и в местных сопротивлениях $h_{\text{пот}} = 0,8$ м; плотность воды 1000 кг/м^3 .

75. Насос перекачивает жидкость плотностью 960 кг/м^3 из резервуара с атмосферным давлением в аппарат, давление в котором составляет $3,7$ МПа. Высота подъема 16 м. Общее сопротивление всасывающей и нагнетательной линий $65,6$ м. Определить полный напор, развиваемый насосом.

76. Насос перекачивает жидкость плотностью 860 кг/м^3 . Показание манометра на нагнетательном трубопроводе $0,18$ МПа, показание вакуумметра на всасывающем трубопроводе перед насосом 29 кПа. Манометр присоединен на $0,5$ м выше вакуумметра. Всасывающий и нагнетательный трубопроводы одинакового диаметра. Какой напор развивает насос?

77. Определить напор, развиваемый насосом, если вакуумметр на всасе показывает $0,01$ МПа, а манометр на выкиде показывает $0,63$ МПа. Расстояние по вертикали между точками присоединения вакуумметра и манометра 50 см.

78. Определить КПД поршневого насоса. Насос подает 200 л/мин мазута, плотность мазута 900 кг/м^3 . Полный напор $H = 20$ м. Потребляемая двигателем мощность 1 кВт.

79. Определить объемный КПД поршневого насоса простого действия, если диаметр поршня $d = 200$ мм; длина хода поршня $S = 480$ мм; число оборотов в минуту $n = 55$ об/мин. Производительность насоса равна 30 м^3 /ч.

80. Определить коэффициент подачи первой ступени компрессора, техническая характеристика которого следующая: диаметр цилиндра $D = 300$ мм, диаметр штока поршня $d = 60$ мм, ход поршня $S = 160$ мм, число оборотов $n = 600$ об/мин, производительность компрессора, отнесенная к условиям всасывания равна $Q = 8$ м^3 /мин.

81. Определить производительность поршневого компрессора двойного действия, если диаметр поршня $D=500$ мм, диаметр штока поршня $d=125$ мм, длина хода поршня $S=800$ мм, число оборотов в минуту – 120, коэффициент подачи – 0,91.
82. Поршневой насос простого действия для воды с диаметром поршня $D=150$ мм, длина хода поршня $S=200$ мм, число ходов в минуту $n=90$, объемный КПД $\eta_o=0,9$. Определить подачу насоса.
83. Определить допустимую высоту всасывания поршневого насоса, если диаметр поршня $D=250$ мм, ход поршня $S=150$ мм, число двойных ходов в минуту $n=60$. Диаметр всасывающей трубы $d=100$ мм, ее длина $l=6$ м, вода с температурой 20^0 С перекачивается из открытого резервуара.
84. Определить мощность поршневого насоса, подающего 32 т/ч нефти плотностью 836 кг/м^3 , вязкостью $\nu=0,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ на высоту $H_T=41$ м. Длина напорного трубопровода $l_n=620$ м, его диаметр $d_n=100$ мм. Длина всасывающего трубопровода $l_b=18$ м, диаметр $d_b=150$ мм. Коэффициент полезного действия насоса 70%.
85. Определить мощность поршневого насоса, подающего 24,2 т/ч нефти плотностью 860 кг/м^3 кинематической вязкостью 0,4 Ст на высоту 20 м по напорному трубопроводу диаметром 76 мм и длиной 600 м. Всасывающий трубопровод диаметром 150 мм имеет длину 12 м. Коэффициент полезного действия насоса 72%.
86. Рабочая жидкость с вязкостью $\nu=0,2$ Ст и плотностью $\rho=900 \text{ кг/м}^3$ подается в цилиндр пресса грузовым гидроаккумулятором по трубопроводу длиной $l=100$ м и диаметром $d=30$ мм. Вес груза аккумулятора $G=380$ кН; диаметр поршня $D_1=220$ мм. Определить скорость движения плунжера, если усилие прессования $F=650$ кН, а диаметр плунжера $D_2=300$ мм. Режим течения в трубе принять ламинарным. Весом плунжера пренебречь.
87. Определить давление, создаваемое насосом и его подачу, если преодолеваемая сила вдоль штока $F=10$ кН, а скорость перемещения поршня $v_n=0,1$ м/с. Учесть потерю давления на трение в трубопроводе, общая длина которого $l=8$ м; диаметр $d=14$ мм. Каждый канал распределителя по сопротивлению эквивалентен длине трубопровода $l_s=100d$. Диаметр поршня $D=100$ мм, площадью штока пренебречь. Вязкость масла $\nu=1$ Ст; плотность $\rho=900 \text{ кг/м}^3$.
88. При испытании поршневого насоса двойного действия определено (по водомеру), что за 1 час им подано $15,1 \text{ м}^3$ воды. Длина хода поршня $S=0,2$ м, диаметр штока поршня $d=50$ мм, диаметр поршня $D=150$ мм, число двойных ходов в минуту $n=40$. Определить объемный КПД насоса.
89. Определить перепад давления в силовом гидроцилиндре $\Delta p_{\text{ц}}$, шток которого нагружен постоянной силой $F=16$ кН, если скорость подъема поршня равна $v_n=0,2$ м/с. Диаметры: поршня $D=60$ мм; штока $d_{\text{ш}}=20$ мм. Трубопровод, по которому жидкость движется из гидроцилиндра через распределитель К в бачок, имеет длину $l=6$ м; диаметр $d=10$ мм. Свойства жидкости: $\nu=4$ Ст; $\rho=850 \text{ кг/м}^3$. Сопротивлением распределителя К пренебречь. Избыточное давление в баке считать равным нулю, нивелирные высоты не учитывать.
- Указание. Следует записать уравнение равновесия поршня и из него выразить $\Delta p_{\text{ц}}$ через давление p_2 , которое является функцией скорости в трубопроводе.*
90. Определить давление, создаваемое насосом, если длины трубопроводов до и после гидроцилиндра равны $l=5$ м; их диаметры $d_T=15$ мм; диаметры: поршня $D=60$ мм; штока $d_{\text{ш}}=40$

мм; сила на штоке $F = 1$ кН; подача насоса $Q = 1,2$ л/с; вязкость рабочей жидкости $\nu = 0,5$ Ст; плотность $\rho = 900$ кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.Ф., Барташевич Л.В., Боглан Н.В. и др.
Гидро- пневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин.
Объемные гидро- и пневмомашин и передачи. – Минск:
Высшая школа, 1987. 310 с.
2. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. –
М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
3. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др.
Гидравлика, гидромашин и гидроприводы: Учебник. 2-е изд.,
перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
4. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и
пневмопривода: Учебник. – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.,
3. ил.