5 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДОВ НАСОСОВ

Практическая работа №5

5.1 Цель работы

5.2 Общие сведения о трубопроводах насосных установок

Для трубопроводов насосов применяются стандартные стальные бесшовные горячедеформированные трубы.

В насосной камере трубопровод прокладывается по схеме (рисунок 8, а), предусматривающий наличие в стволе двух напорных ставов 1 и 2 (рабочий и резервный) закольцованных в насосной камере коллектором 3. Каждый из трех насосов (№1, №2 и №3) имеет свой подводящий трубопровод 4.

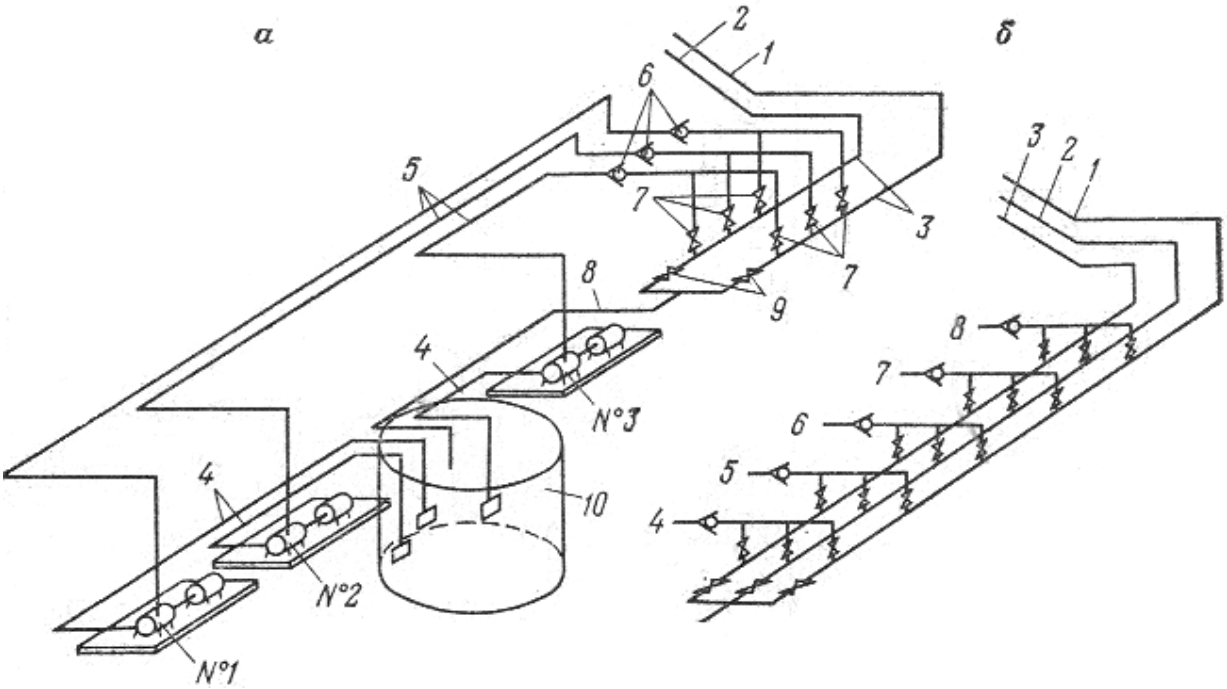


Рисунок 8 – Схемы расположения трубопроводов в насосной камере при двух напорных ставах в стволе (а) и трубный коллектор при трех напорных ставах в стволе (б)

Напорные трубопроводы 5 насосов снабжены обратными клапанами 6 и подсоединены к коллектору. Посредством управляемых распределительных задвижек 7 насос может быть соединен с любым напорным ставом. По трубе 8 с помощью задвижек 9 можно выпустить воду в колодец 10 из ставов 1 и 2 в случае их ремонта.

При больших притоках воды, а также на шахтах с кислотной водой, в стволе предусматривается три напорных става 1, 2 и 3, закольцованные в коллекторе (рисунок 8, б).

Из насосной камеры напорные ставы выходят в наклонный соединительный ходок, далее в трубное отделение ствола шахты, оборудованного клетевым подъемом или лестничным отделением, и на поверхность.

При выходе трубопровода в ствол устанавливается опорное колено, воспринимающее вес нижней части водоотливного става. Для разгрузки трубопровода от собственного веса и веса воды напорный трубопровод делится на участки длиной 150÷250 м. Каждый участок труб в нижней части имеет опорный стул, а в верхней – компенсатор. Трубопровод поддерживается также хомутами, которые крепятся либо к металлическим балкам в стволе, либо непосредственно в бетонное крепление ствола.

Трубы между собой, а также с фасонными частями (колена, тройники, переходы) и арматурой (компенсаторы, задвижки и т.д.) соединяются с помощью фланцев и болтов (рисунок 9).

Подвижные фланцы 1 (рисунок 9, а) упираются в наваренные кольца труб 2 и стягиваются болтами 3. Число болтов (от 8 до 16) зависит от диаметра труб. Между кольцами, имеющими заточку и выточку 4, укладывается уплотнительная прокладка из резины или прорезиненного материала. При больших напорах применяют прокладки из мягких металлов (свинец, красная медь).

На подводящем трубопроводе устанавливают приемную сетку с клапаном, на напорном трубопроводе – задвижку, обратный клапан и компенсаторы.

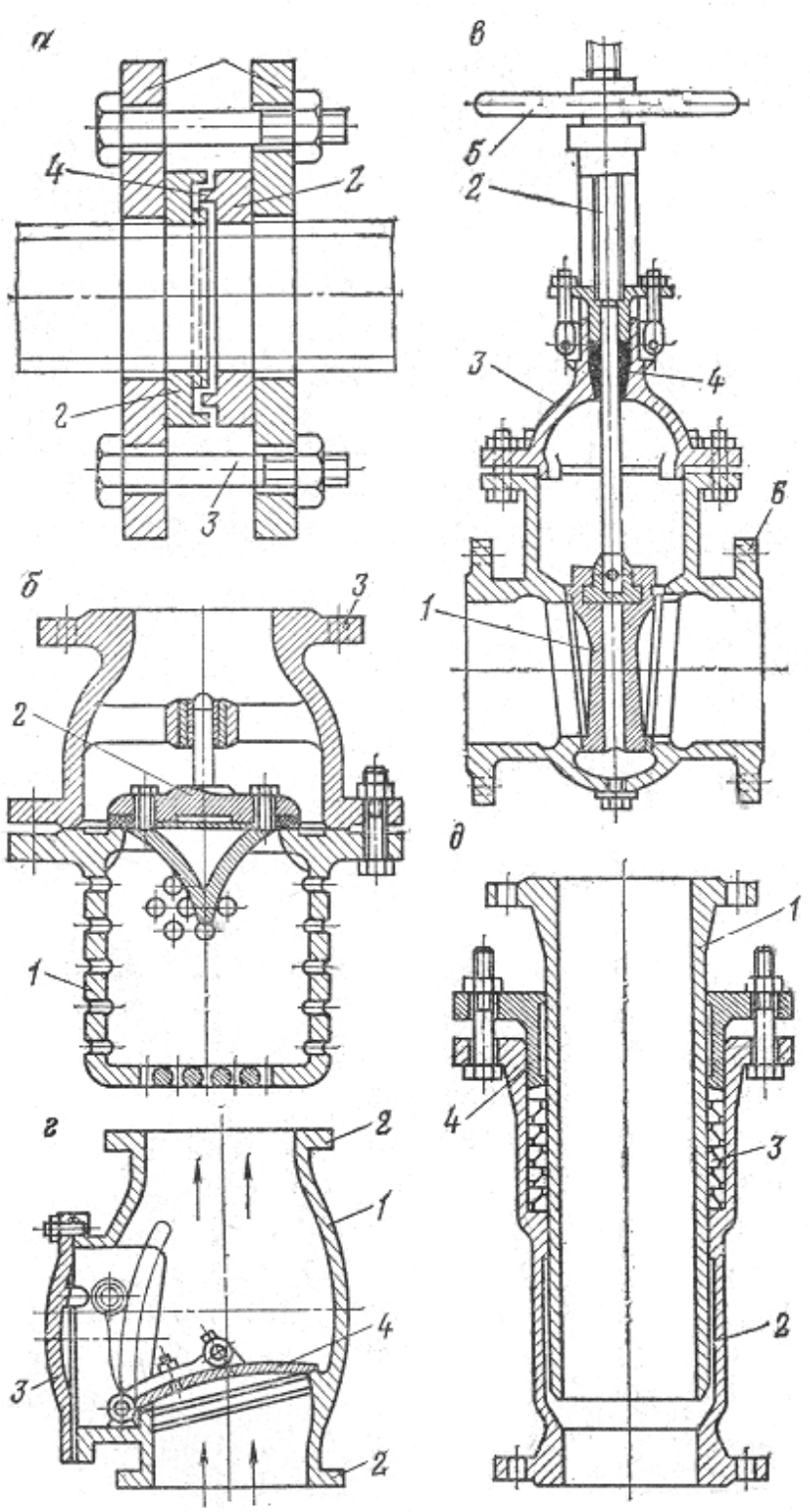
Приемная сетка (рисунок 9, б) с круглыми отверстиями и клапаном 2 конструктивно объединены в одно целое. Для соединения с подводящим трубопроводом сетка имеет фланец 3. Приемный клапан бывает шарнирным, тарельчатым, шаровым. Суммарная площадь отверстий в сетке должна быть в 3÷4 раза больше площади поперечного сечения подводящего трубопровода.

Задвижка (рисунок 9, в) состоит из запорной части 1, нарезного шпинделя 2, соединенного с запорной частью, крышки 3, сальника 4, маховичка 5 и фланцев 6 для соединения с трубами. При вращении маховичка в определенном направлении шпиндель перемещается вверх и запорное устройство поднимается, открывая проход воде.

Обратный клапан (рисунок 9, г) состоит из корпуса 1 с фланцами 2 для присоединения к трубам, крышки 3, прикрывающей смотровое окно, и шарнирного клапана 4.

При изменении температуры в стволе и значительной длине напорного трубопровода в нем возникают температурные напряжения, для устранения которых применяются телескопические (сальниковые) компенсаторы. Такой компенсатор (рисунок 9, д) состоит из двух входящих одна в другую труб 1 и 2. Сальниковая набивка 3 из просмоленной пеньки или кожи удерживается втулкой 4. Участки трубопровода присоединяются к фланцам компенсатора.

Правила эксплуатации требуют, чтобы трубопроводы через каждые 200 м заземлялись. Использовать трубопроводы в качестве заземлителей запрещается.



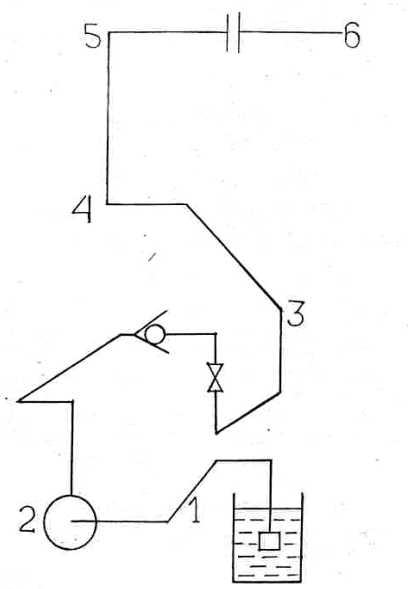
а – фланцевое соединение; б – приемная сетка с клапаном; в – задвижка; г – обратный клапан; д – компенсатор.

Рисунок 9 – Соединение труб и арматура трубопровода

5.3 Расчет трубопроводов

5.3.1 Задача

Условие задачи: рассчитать трубопровод насосной установки с расходом воды через трубопровод Q. Длина подводящего трубопровода $\ell_{П}$, в его арматуру входят: приемная сетка с клапаном и три колена. Длина напорного трубопровода $\ell_{Н}$; его арматура: одна задвижка, один обратный клапан, девять колен и один тройник (рисунок 10). Геометрический напор насосной установки, т.е. полная высота водоподъема по вертикали $Н_Г$. Срок службы трубопровода Т. Числовые значения принять из таблицы 5.1.



1 – подводящий трубопровод; 2 – 3 – напорный трубопровод, расположенный в камере;3 – 4 – напорный трубопровод в трубном ходке;4 – 5 – напорный трубопровод в стволе;5 – 6 – напорный трубопровод на поверхности

Рисунок 10 Схема трубопровода (к расчету)

Таблица 5.1 – Исходные данные к задаче

Параметры	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Q, $м^3$/ч	120	140	210	230	250	300
$\ell_{П}$, м	11	12	13	14	15	16
$\ell_{Н}$, м	480	520	550	630	580	425
$Н_Г$, м	440	480	510	590	540	385
Т	8	9	10	8	9	10

При расчете трубопровода устанавливаются внутренний диаметр и толщина труб, а также величина потерь напора в трубопроводе.

Внутренний диаметр нагнетательного трубопровода d_B, м, предварительно определяется по формуле

$$d_B = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \vartheta_T \cdot 3600}}, \qquad (5.1)$$

где Q – расход воды через трубопровод, $м^3/ч$;

ϑ_T - скорость воды в трубопроводе, м/с. Обычно в нагнетательном трубопроводе ϑ_T =2÷2,5 м/с, во всасывающем ϑ_T =0,9÷1,2 м/с /7/.

Полученное по формуле (5.1) значение диаметра округляется до ближайшего большего значения, так как в процессе работы диаметр трубы уменьшается. Проводится дополнительный прочностной расчет.

Толщина стенки δ, мм, в зависимости от допустимого рабочего давления и материала труб определяется по формуле

$$\delta = \frac{100(\delta_o + \delta_к)}{100 - k_c}, \qquad (5.2)$$

где δ_o – толщина стенки, определяемая прочностными свойствами материала труб, мм;

$\delta_к$ – коррозионный износ, мм;

k_c – коэффициент, учитывающий минусовый допуск толщины стенки, % (k_c=15 % при толщине стенки до 15 мм; k_c = 12,5 % при толщине стенки от 15 до 30 мм).

δ_o определяют по формуле

$$\delta_0 = k_1 \cdot D \cdot p, \qquad (5.3)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий марку стали (для стали 20 k_1 = 2,27 и для стали Ст.3 k_1 = 2,52);

D – наружный диаметр трубы, м;

p – давление воды в трубопроводе, МПа (p_{MAX} = (0,011÷0,0115) · $H_Г$ /2/).

Коррозионный износ $\delta_к$, мм:

$$\delta_K = (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot T, \qquad (5.4)$$

где α_1 – скорость коррозионного износа наружной поверхности труб (при ведении взрывных работ α_1 = 0,25 мм/год, при отсутствии взрывных работ α_1 = 0,15 мм/год);

α_2 – скорость коррозионного износа внутренней поверхности труб (при нейтральных или щелочных водах α_2 = 0,1; при кислотных водах α_2 = 0,4;

Т – срок службы трубопровода, лет.

Диаметр подводящего трубопровода выбирают из расчета, чтобы скорость в нем не превышала 1 м/с, и в то же время, для большей надежности всасывания, он должен быть на 25-30 мм больше напорного и меньше диаметра подводящего патрубка насоса.

В соответствии с полученными значениями выбирают трубы по таблице Б.1 (приложение Б).

Потери напора в трубопроводе от сопротивлений на прямом участке составляют

$$h_П = \lambda \cdot \frac{l \cdot \vartheta_T^2}{d_B \cdot 2g}, \tag{5.5}$$

где λ - коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от шероховатости внутренней поверхности труб, принимается для шахтных условий λ = 0,03/4/;

l - длина прямых участков трубопровода одинакового диаметра, м;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2;

ϑ_T - скорость воды в трубопроводе, м/с:

$$\vartheta_T = \frac{4Q}{\pi \cdot {d_B}^2} \tag{5.6}$$

Потери напора в приемном клапане и сетке $h_{К.С}$, задвижке $h_З$, обратном клапане $h_{О.К}$, тройнике $h_Т$ и в конусных переходах $h_{К.П}$ определяются по формуле

$$h = \xi \cdot \frac{\vartheta_T^2}{2g}, \tag{5.7}$$

где ξ - коэффициент местных сопротивлений.

Коэффициент сопротивлений в приемном клапане и сетке принимается при диаметре всасывающего трубопровода 0,3 м равным $\xi_{К.С}$ = 3,7, при 0,5 м $\xi_{К.С}$ = 2,51; в тройнике $\xi_Т$ = 2; в задвижке при открытии ее на четверть $\xi_З$ =

17, на половину $\xi_З$ = 2,06, на три четверти – 0,26; в обратном клапане при угле открытия $30\div40^0$ $\xi_{О.К}$ =30÷14 и $50\div60^0$ $\xi_{О.К}$ =9,6÷3,2; в конусных переходах при переходе на трубы большего диаметра $\xi_{К.П}$ = 1; при обратном переходе и угле конусности $10\div15^0$ $\xi_{К.П}$ = 0,5, при $20\div30^0$ $\xi_{К.П}$ = 0,6÷0,7 /7/.

Значение ξ в зависимости от типа арматуры и фасонных частей трубопровода можно принять по таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Коэффициенты местных сопротивлений

Арматура или фасонные части трубопровода	Диаметр условного прохода $d_У$, мм	Коэффициент местного сопротивления ξ
Задвижка клиновая с выдвижным шпинделем	80÷400	0,26
Клапан обратный поворотный	80÷400	10
Приемная сетка с клапаном	100 150 200 250 300	7,0 6,0 5,2 4,5 3,7
Колено сварное с углом загиба 90^0	80÷300	0,6
Тройник равнопроходный	80÷300	1,5
Диффузор	$\frac{d_1}{d_2} = 0,5 \div 0,8$	0,25
Конфузор	$\frac{d_1}{d_2} = 1,2 \div 1,65$	0,1

Общие потери напора в трубопроводе насосной установки

$$\sum h = h_{П.П} + \sum h_{М.П} + h_{П.Н} + \sum h_{М.Н}\,, \qquad (5.8)$$

где $h_{П.П}$ и $h_{П.Н}$ - потери напора на прямом участке соответственно подводящего и напорного трубопроводов, м;

$\sum h_{М.П}$ и $\sum h_{М.Н}$ - суммарные потери напора на местные сопротивления подводящего и напорного трубопроводов, м.

5.3.2 Контрольные вопросы:

1) Какие требования предъявляются к трубопроводам насосных установок?

2) Какие меры применяются для борьбы с коррозией и зарастанием внутреннего сечения труб?

3) Каким образом осуществляется монтаж трубопроводов в шахте и какая арматура для этого используется? Способы соединений труб.

4) Для чего применяются компенсаторы, что они из себя представляют и где устанавливаются?

5) Какие требования предъявляются к живому сечению приемной сетки?

6) Для чего на участках трубопровода устанавливают опорные стулья и как осуществляется крепление трубопровода в стволе?

7) От чего зависит коэффициент гидравлических сопротивлений трубопроводов?

8) От каких параметров зависит толщина стенки трубопровода?

5.3.3 Литература: /1, с. 105-111; 2, с. 103-131; 3, с. 92-121; 132-146; 4, с. 53-151/.