4 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, РАСЧЕТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

Практическая работа №4

4.1 Цель работы

Изучить устройство рудничных насосных установок, требования, предъявляемые к ним. Научиться определять их параметры и рабочие режимы.

4.2 Общие сведения о типах, конструкциях рудничных насосных установок и принципе их работы

По назначению водоотливные установки разделяют: на главные (для откачки воды со всей шахты на поверхность), участковые (для откачки воды с участков в водосборник главной установки) и вспомогательные (для откачки воды из забоев подготовительных выработок и зумпфов).

Водоотливная установка с центробежным насосом состоит из следующих основных элементов (рисунок 7, а): насоса 1, двигателя 2, пускателя 3, подводящего 4 и напорного 5 трубопроводов.

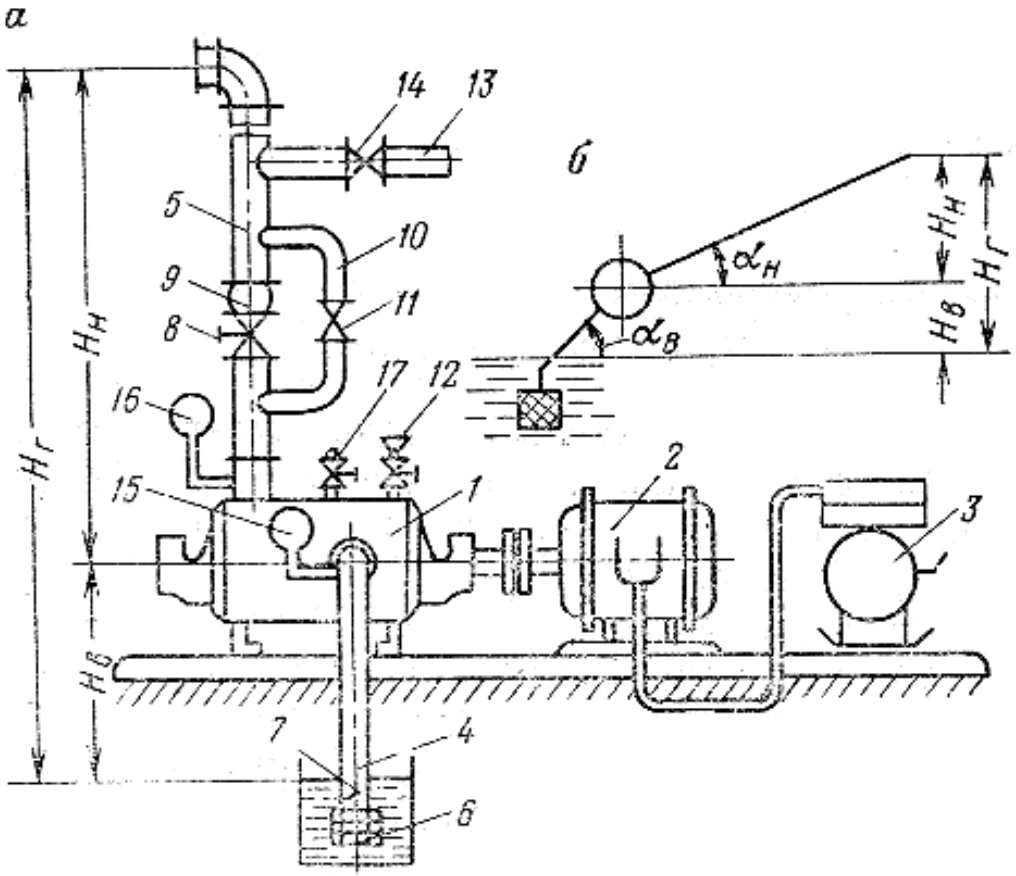


Рисунок 7 – Схемы насосных установок

На подводящем трубопроводе имеется приемная сетка 6 и клапан 7, на напорном – задвижка 8 и обратный клапан 9. Трубка 10 с вентилем 11 необходима для заливки водой из напорного трубопровода насоса и подводящего трубопровода. Заливку производят перед пуском насоса. Заливку можно производить через воронку 12 или подачей воды в подводящий трубопровод заливочным насосом.

Труба 13 с задвижкой 14 необходима для выпуска воды при ремонте трубопровода 5. Вакуумметром 15 измеряется разрежение на входе в насос, а манометром 16 – давление на выходе из насоса. Сетка 6 служит для предохранения в насос посторонних предметов, клапан 7 – для удержания воды при заливке подводящего трубопровода и насоса, а клапан 9 – для того, чтобы при внезапной остановке насоса не произошло гидравлического удара на насос. Через кран 17 выпускают воздух из насоса при заливке.

При работе насоса в подводящем трубопроводе создается разряжение, и жидкость под давлением атмосферного воздуха поступает из резервуара в корпус насоса, происходит процесс всасывания.

На выходе из насоса создается напор, под действием которого вода движется по напорному трубопроводу.

Геометрическая высота всасывания $H_В$ – расстояние по вертикали от нижнего уровня жидкости в резервуаре до оси насоса.

Геометрическая высота нагнетания $H_Н$ – расстояние по вертикали от оси насоса до сливного отверстия напорного трубопровода.

Геометрический напор насосной установки $H_Г$ является полной геометрической высотой подъема жидкости.

Для насосных установок главного водоотлива в околоствольном дворе оборудуют насосные камеры. Главные и участковые водоотливные установки должны иметь водосборники из двух и более выработок. Объем водосборников на шахтах для насосных установок главного водоотлива должен быть рассчитан на не менее чем четырехчасовой нормальный приток, а для участковых – двухчасовой.

Главные водоотливные установки шахты при притоках воды более 50 $м^3$/ч оборудуют тремя насосными агрегатами производительностью каждого, обеспечивающей откачку нормального суточного притока воды по шахте не более чем за 16 часов.

При откачке воды применяют в основном три технологические схемы:

непосредственный водоотлив, при котором вода из водосборника шахты по трубопроводам, проложенным в стволе, транспортируется на поверхность шахты;

ступенчатый водоотлив с водосборником на промежуточном горизонте, применяемый обычно на шахтах с глубиной разработки более 500 м;

ступенчатый водоотлив с последовательно соединенными насосами, при котором вода с нижнего горизонта транспортируется последовательно насоса-

ми, расположенными на нескольких вышележащих горизонтах без дополнительных водосборников.

4.3 Определение основных параметров установки

4.3.1 Задача 1

Условие задачи: рассчитать и выбрать оборудование для главной рудничной водоотливной установки.

Исходными данными для расчета являются: величина нормального $Q_{ПР.Н}$ и максимального притока $Q_{ПР.МАХ}$; глубина горизонта шахты $Н_Ш$.. Числовые значения параметров принять из таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные к задаче 1

Параметры	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
$Q_{ПР.Н}$, м^3/ч	100	150	200	220	280	180
$Q_{ПР.МАХ}$, м^3/ч	200	250	300	340	360	320
$Н_Ш$, м	420	460	500	550	530	370
$\ell_п$, м	12	13	14	15	14	13
$\ell_н$, м	460	500	545	600	575	415

Выбор насоса производится по расчетной производительности и ориентировочному напору.

Согласно требований ЕПБ суточный нормальный приток воды должен быть откачен за время не более 16 часов.

Расчетная производительность (подача) $Q_{РАСЧ.}$, м^3/ч, определяется по формуле /3/

$$Q_{расч.} = \frac{24 Q_{пр.н}}{16}, \qquad (4.1)$$

где $Q_{ПР.Н}$ – нормальный водоприток, м^3/ч.

Необходимый ориентировочный напор насоса $Н_{ОР.}$, м, для водоотливных установок с расположением напорных трубопроводов в вертикальных стволах может быть определен по формуле

$$H_{ор} = \frac{H_Г}{\eta_{ТР}}, \qquad (4.2)$$

где $H_Г$ – геометрический напор насосной установки, т.е. полная высота водоподъема по вертикали, м;

$\eta_{ТР}$- к.п.д. трубопровода ($\eta_{ТР}$= 0,9-0,95).

Для насосных установок с положительной высотой всасывания

$$H_Г = H_Ш + h_{ВС} + h_{ПР} \quad (4.3)$$

где $H_Ш$ – глубина шахты до горизонта, где установлен насос, м;

$h_{ВС}$ – геометрическая высота всасывания, м ($h_{ВС}$= 3-6 м);

$h_{ПР}$ – превышение труб на сливе относительно устья ствола шахты, м ($h_{ПР}$= 1-2 м).

Для заглубленных насосных установок

$$H_Г = H_Ш + h_{ЗАГ} + h_{ПР} + h_{ПОД} \quad (4.4)$$

где $h_{ЗАГ}$ – заглубление насосной камеры относительно уровня горизонта, м ($h_{ЗАГ}$=5-7 м);

$h_{ПОД}$ – высота подпора, м ($h_{ПОД}$ = 1,5-2,5).

Для определения типа насоса необходимо на сводный график рабочих зон характеристик насосов нанести точку с координатами $Q_{РАСЧ.}$, $H_{ОР}$. Если точка попадает в рабочую зону нескольких насосов, то выбор окончательного варианта будет зависеть от результатов технико-экономического сравнения.

В случае, если требуемый напор не может быть обеспечен насосом данной подачи, необходимо рассмотреть следующие варианты: использование насоса с большими подачей и напором; применение ступенчатого водоотлива с последовательным включением насосов, расположенных на разных горизонтах; применение ступенчатого водоотлива с водосборником на промежуточном горизонте.

Если необходимая подача превышает максимальную для насоса, который подходит по напору, то можно применить параллельную работу насосов на один трубопровод.

После выбора типа насоса, необходимо определить его подачу Q и напор на одно колесо $H_К$ в оптимальном режиме (при максимальном к.п.д.) и нулевой подаче $H_{КО}$.

Число рабочих колес насоса определяется по формуле

$$Z = \frac{H_{op}}{H_к} \quad (4.5)$$

где $H_К$ – напор на одно колесо, м (приложение А)
и округляется до ближайшего целого числа**.**

Напор насоса при закрытой задвижке (нулевая подача):

$$H_O = H_{KO} \cdot Z..$$

Выбранный насос проверяется на наличие рабочего режима и на устойчивость, т.е. на соблюдение условия: $H_Г \le 0{,}95\ H_O$ /3/.

Если это условие не выполняется, то следует увеличить число рабочих колес.

Диаметр всасывающего трубопровода можно принять равным диаметру всасывающего патрубка насоса. Внутренний диаметр нагнетательного трубопровода можно определить по экономичной скорости движения воды по формуле

$$d_H = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \vartheta \cdot 3600}} \qquad (4.6)$$

где Q – производительность (подача) выбранного насоса, $м^3/ч$;

ϑ - наивыгоднейшая скорость движения воды в трубопроводе, м/с (ϑ = 1,5÷2,5 м/с).

По расчету принимаем трубопровод с ближайшим стандартным диаметром (приложение Б).

Режим работы насосной установки (производительность, напор и к.п.д.) определяются точкой пересечения характеристики насоса и характеристики сети.

Действительная индивидуальная характеристика насоса строится на основании паспортных данных по каталогу. В случае применения параллельной работы насосов строится совместная характеристика. Затем на этот график наносится характеристика внешней сети в том же масштабе. Расчет данных для построения характеристики внешней сети производится по формуле

$$H = H_Г + R \cdot Q^2 \qquad (4.7)$$

где R – постоянная сети (трубопровода), $ч^2/м^5$.

Из формулы (4.7)

$$R = \frac{H - H_г}{Q^2} = \frac{\sum h}{Q^2} \qquad (4.8)$$

где $\sum h$ - общие потери напора в трубопроводе насосной установки:

$$\sum h = h_{п.п} + \sum h_{м.п} + h_{п.н} + \sum h_{м.н} , \qquad (4.9)$$

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

$\sum h_{м.п}$ и $\sum h_{м.н}$ - суммарные потери напора на местных сопротивлениях подводящего и напорного трубопроводов, м.

Потери напора от гидравлических сопротивлений на прямом участке трубопровода определяются по формуле

$$h_{п} = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} , \qquad (4.10)$$

где λ - коэффициент гидравлического трения (для труб бывших в эксплуатации /3/

$$\lambda = \frac{0{,}021}{d^{0{,}3}} , \qquad (4.11)$$

для шахтных условий можно принимать λ≈ 0,03 /5/;

d – внутренний диаметр трубопровода, м;

ℓ - длина прямых участков трубопровода, м (длину подводящего $\ell_п$, м, и напорного $\ell_н$, м, трубопроводов принять согласно варианту из таблицы 4.1);

g- ускорение свободного падения (g = 9,81 м/с^2);

ϑ - скорость воды в трубопроводе, м/с:

$$\vartheta = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} \qquad (4.12)$$

Потери напора на местные сопротивления определяются по формуле

$$h_{м} = \xi \frac{\vartheta^2}{2g} , \qquad (4.13)$$

где ξ - коэффициент местных сопротивлений (значение ξ зависит от типа арматуры и фасонных частей трубопровода. В данном расчете для подводящего трубопровода принять ξ = 6, для напорного ξ = 17.).

Характеристику трубопровода строят, задаваясь различными значениями подачи насоса от 0 до 1,25 Q по выражению (4.7).Результаты расчета сводим в таблицу 4.2

Таблица 4.2 – Характеристика трубопровода

	0	1/4 Q	1/2 Q	3/4 Q	Q	5/4 Q
Q, $м^3/ч$						
H, м						

На характеристике насоса по этим данным строится характеристика трубопровода. Точка пересечения характеристики насоса и характеристики трубопровода есть рабочая точка насосного агрегата. По рабочей точке получают значения рабочей подачи $Q_{РАБ}$, напора $H_{РАБ}$ и к.п.д. $\eta_{РАБ}$.

Необходимая мощность двигателя насосной установки $N_{ДВ}$, кВт, определяется по формуле

$$N_{ДВ} = \frac{Q_{РАБ} \cdot H_{РАБ} \cdot \rho \cdot g}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_{РАБ}}, \qquad (4.14)$$

где ρ - плотность шахтной воды, $кг/м^3$ ($\rho = 1020$ $кг/м^3$).

Фактическое число часов работы насосной установки в сутки при откачивании нормального притока

$$n_{Ч.Н} = \frac{24 Q_{ПР.Н}}{Q_{РАБ}} \qquad (4.15)$$

Затем определяют число часов работы насоса в сутки при максимальном притоке $n_{Ч.МАХ}$

$$n_{Ч.МАХ} = \frac{24 Q_{ПР.МАХ}}{Q_{РАБ}} \qquad (4.16)$$

Если $n_{Ч.МАХ}$ больше 16 часов, то для выполнения требований ЕПБ в работу подключают резервный насос на время, превышающее 16 часов.

Таблица 4.3 – Количество насосных агрегатов с учетом резервирования

Количество насосов в работе	В резерве	В ремонте
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	2	1
5	2	1

4.3.3 Контрольные вопросы:

1) Какие требования предъявляются к насосным установкам главного водоотлива?

2) Какие существуют технологические схемы шахтного водоотлива?

3) Расскажите устройство водоотливной установки.

4) Что такое геометрическая высота всасывания, геометрическая высота нагнетания, геометрический напор насосной установки?

5) В каких случаях применяется параллельная работа насосов, а в каких последовательная?

6) Почему возникает явление кавитации? Какие меры применяют для ее устранения?

7) Что входит в обозначение типоразмеров насосов серии ЦНС и МС?

4.3.4 Литература: /1, с. 82-113; 2, с. 103-131; 3, с. 92-121; 132-146; 4, с. 53-151/.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Справочное)

Таблица А.1 – Технические характеристики шахтных насосов

Насос	Оптимальная подача, $м^3/ч$	Рабочая часть характеристики, $м^3/ч$	Число ступеней насоса	Напор одного рабочего колеса	К.П.Д.	Напор при нулевой подаче $Н_{К.О}$, м	$H_K^{ДОП}$	Синхронная частота вращения двигателя, об/мин	Внутренние диаметры патрубков, мм	
									подводящего	напорного
ЦНСК 500	500	380… 640	2…10	80	0,73	85,8	4,5	1500	250	200
ЦНС 300	300	220… 380	2…10 7…10	60 100	0,71 0,78	66,9 117,7	5 2	1500 3000	200 200	200 175
8МСК-7	300	220… 380	2…10	60	0,68	67,0	5	1500	200	200
ЦНС 180	180	130… 220	2…10 7…10	42,5 68	0,7 0,72	47,4 82,0	5 4	1500 3000	150 150	150 125
ЦНС 105	105	80… 130	2…10	49	0,68	53,9	4,5	3000	125	125
ЦНС 60	60	48…80	6…10	33	0,7	40,8	6	3000	100	80
ЦНСК 60	60	48… 80	2…10	20	0,6	26,5	5	1500	125	125
5МС-7	60	48…80	2…10	25	0,63	26,5	6	1500	125	125

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(Справочное)

Таблица Б.1 – Стальные бесшовные горячекатаные трубы

Диаметр трубы, мм		Толщина стенки трубы, мм	Допустимое рабочее давление в зависимости от материала трубы, МПа		
наружный	внутренний		Ст.4	Ст.5	Ст.6
108	100	4	7,5	9,0	11,0
	98	5	9,5	11,5	14,0
	96	6	11,5	14,0	16,5
133	125	4	6,0	7,5	9,0
	123	5	7,5	9,0	11,0
	121	6	9,0	11,0	14,0
159	150	4	6,0	7,0	8,5
	149	5	6,5	8,0	9,5
	147	6	8,0	9,5	11,5
	145	7	9,0	11,0	13,0
203	191	6	6,5	8,0	9,5
	189	7	8,0	9,5	11,5
	187	8	9,5	11,0	13,5
	185	9	10,5	12,5	15,0
	183	10	12,0	14,5	17,0
219	207	6	5,5	7,0	8,0
	205	7	6,5	8,0	9,5
	203	8	7,5	9,0	11,0
	201	9	8,5	10,0	12,0
	199	10	9,0	11,0	13,0
245	231	7	6,0	7,0	8,5
	229	8	7,0	8,0	10,0
	227	9	7,5	9,0	11,0
	225	10	8,5	10,0	12,0
	223	11	11,0	13,0	15,5
	259	7	5,5	6,5	7,5
	257	8	6,0	7,0	8,5
	255	9	7,0	8,0	9,0
	253	10	7,5	9,0	11,0
	251	11	8,5	10,0	12,0
325	309	8	5,0	6,0	7,5
	307	9	5,5	7,0	8,0
	305	10	6,5	7,5	9,0
	303	11	7,0	8,5	10,0
	301	12	7,5	9,0	11,0