

6313-76
17.2

1875308

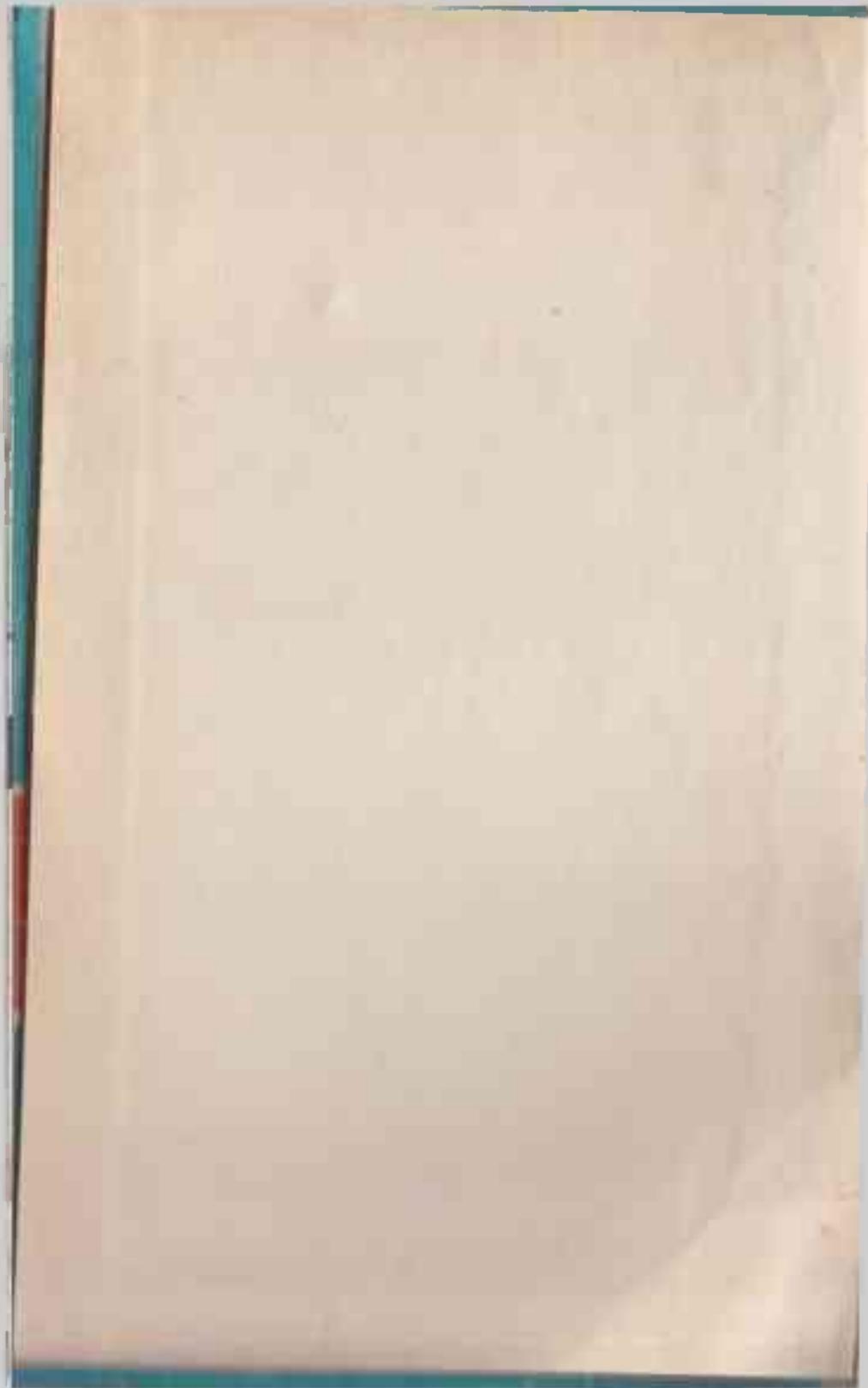
ПОДЪЕМНИКИ

В.М.УСАКОВСКИЙ

ВОДОПОДЪЕМНИКИ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ВОДО

116



631.3-08

У-74

631.3

В.М.УСАКОВСКИЙ

ВОДОПОДЪЕМНИКИ

В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

БИБЛИОТЕКА

Сам. СХИ

гор. Самарканд



ИЗДАТЕЛЬСТВО КОЛОС • МОСКВА • 1969

ОТКАЗ

У
-
Д
В
-
а
О
-
Х
-
е
А
-
Г
-
-
Г
-
О
З
-
Г
-
а
и
3

УДК 631.3 : 021.649

3 2 11
202 00

Предисловие

Водоснабжение объектов сельскохозяйственного производства и населенных пунктов при отсутствии механизации — трудоемкий и дорогостоящий процесс. Затраты труда на единицу сельскохозяйственной продукции в значительной степени определяются уровнем механизации и автоматизации.

Сельскохозяйственные водопроводы разделяются на два типа: групповые, обеспечивающие водой несколько поселков и ферм, и местные (локальные), обеспечивающие потребителей одного пункта.

В настоящее время построено свыше 30 крупных сельскохозяйственных групповых водопроводов, таких, как Булаевский (1674 км), Ишимский (1776 км), Омский и другие. К концу текущей пятилетки групповые водопроводы только Казахстана обеспечат водой свыше 2000 населенных пунктов и тысячи ферм при суточном потреблении 800 тыс. м³.

В настоящее время наиболее распространено водоснабжение из местных (локальных) водопроводов, обеспечивающих водой более 80% сельских потребителей. Себестоимость 1 м³ воды составляет 4—8 коп., в групповых — 10—15 коп. Местные водопроводы наиболее просты в устройстве — при водозаборе из трубчатых колодцев и родников не требуют очистных устройств и имеют минимальное число сооружений.

К концу пятилетки для целей местного сельскохозяйственного водоснабжения будет использовано свыше 300 тыс. трубчатых колодцев и 550 тыс. шахтных колодцев. Промышленностью будет поставлено свыше 200 тыс. комплектов насосного оборудования различной конструкции.

Применение современных автоматизированных насосных установок позволяет сократить затраты труда на 1 м³ воды. Большое значение на снижение стоимости

единицы продукции оказывают средства механизации водоподъема на пастбищах, где затраты на подъем воды из источника составляют 70—80% общих затрат на водопой.

В настоящей работе рассматриваются водоподъемное оборудование и средства автоматизации как основные элементы местных систем сельскохозяйственного водоснабжения. Освещены основные вопросы по устройству, выбору и эксплуатации водоподъемного оборудования и средств автоматизации местного сельскохозяйственного водоснабжения, уделено внимание водоподъемникам, применяемым на пастбищах и полевых станах. Наряду со средствами механизации водоподъема, которые нашли широкое применение в сельском хозяйстве, дано описание ряда конструктивных и технологических решений, которые находятся в стадии внедрения.

Глава I

НАСОСЫ

Лопастные насосы

Для водоснабжения в сельском хозяйстве, а также для целей орошения широко применяются лопастные насосы, которые по принципу своей работы подразделяются на центробежные, осевые и диагональные.

Насосы имеют основные параметры, определяющие их работу: подача воды, напор, мощность, коэффициент полезного действия, число оборотов, допустимая высота всасывания.

Подача (производительность, расход) насоса Q определяется количеством жидкости, подаваемым в единицу времени. В единицах Международной системы (СИ) она выражается в $\text{м}^3/\text{сек}$, а практически также в $\text{л}/\text{сек}$, $\text{л}/\text{мин}$, $\text{м}^3/\text{мин}$ и $\text{м}^3/\text{час}$.

Напор насоса — H характеризует величину удельной энергии и выражается в метрах подаваемой жидкости. Для некоторых насосов, например объемных, понятие напора идентично давлению, под которым понимают силу, перпендикулярную поверхности и приходящуюся на единицу ее площади. В Международной системе (СИ) за единицу силы принимается ньютон (н) — сила, сообщаящая телу массой 1 кг ускорение $1 \text{ м}/\text{сек}^2$, за единицу площади — м^2 . Следовательно, единица давления — $\text{н}/\text{м}^2$. Широко распространена единица давления — атмосфера (атм), или килограмм-сила на квадратный сантиметр ($\text{кгс}/\text{см}^2$). $1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 98\,100 \text{ н}/\text{м}^2$. Между напором H , удельной энергией \mathcal{E} и давлением существует зависимость $H = \frac{\mathcal{E}}{g} = \frac{P}{\gamma}$, м.

При расположении манометра и вакуумметра, как показано на рисунке 1, напор определяется по формуле:

$$H = M_0 + V_0 + \frac{z_2 - z_1}{2g} \quad (1)$$

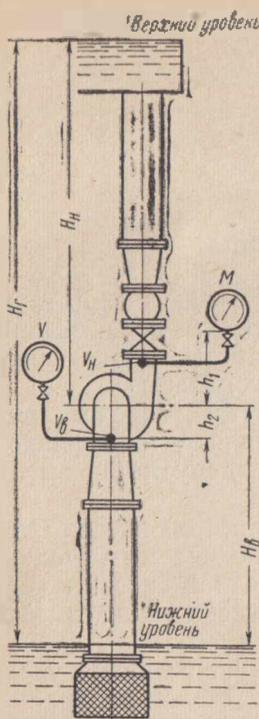


Рис. 1. Схема насосной установки.

где $M_0 = M + h_1$;

$V_0 = V + h_2$;

M и V — показания манометра и вакуумметра, выраженные в м.

h_1 и h_2 — расстояния по вертикали от оси насоса до места присоединения приборов.

v_H и v_B — скорости жидкости в нагнетательном и всасывающем трубопроводах в местах присоединения приборов.

Напор насоса определяется по формуле:

$$H = H_r + h_{\omega}, \quad (1')$$

где H_r — геометрический (геодезический) напор, расстояние по вертикали от нижнего до верхнего уровня.

$h_{\omega} = h_{\omega_B} + h_{\omega_H}$ — сумма потерь напора по длине трубопровода и на местные сопротивления во всасывающем и напорном трубопроводах.

Мощность на валу насоса определяется по формуле:

$$N = \frac{\gamma Q H}{102 \eta}, \quad (2)$$

где γ — вес единицы объема подаваемой жидкости;

η — к. п. д. насоса.

Полный к. п. д. насоса характеризует экономичность насоса и определяется:

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_{\omega} \cdot \eta_m, \quad (3)$$

где η_r — гидравлический к. п. д. насоса, представляющий отношение действительного напора к теоретическому и учитывающий гидравлические потери,

$$\eta_r = \frac{H}{H_t}, \quad (4)$$

η_0 — объемный к. п. д. насоса, учитывающий объемные потери (утечки Q_0),

$$\eta_0 = \frac{Q}{Q + Q_0} \quad (5)$$

η_m — механический к. п. д., учитывающий затраты мощности на преодоление механических сопротивлений (N_m),

$$\eta_m = \frac{N - N_m}{N} \quad (6)$$

Число оборотов n в единицу времени должно быть постоянным, так как от него зависят величины напора, подачи и мощности насоса.

Вакуумметрическая высота всасывания определяется по формуле:

$$V_0 = H_n + h_{\text{ин}} + \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

где H_n — расстояние по вертикали от нижнего уровня (рис. 1) до оси насоса, м.

В характеристиках насосов приводится допустимая вакуумметрическая высота всасывания $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$, которая для определенных подач и чисел оборотов должна быть меньше или равна V_0 .

Помимо приведенных общих данных, определяющих параметры насосов, имеются и некоторые специфические данные для отдельных типов насосов.

Эти данные приведены ниже.

При классификации и сравнении между собой лопастных насосов пользуются коэффициентом быстроходности — n_s .

Коэффициентом быстроходности называется число оборотов в минуту рабочего колеса, геометрически подобного модельному колесу и развивающему напор 1 м при подаче 75 л/сек (т. е. при потреблении мощности, равной 1 л. с.). Он определяется по формуле:

$$n_s = 3,65n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}, \quad (8)$$

где Q — производительность насоса, м³/сек;

H — напор, м;

n — число оборотов в 1 мин.

Наименование лопастных насосов	Центробежные				Осевые (пропел- лерные)
	тихоходные	нормальные	быстроходные	полуосевые диагональные	
Коэффициент быстроходности	$40 < n_s < 80$	$80 < n_s < 150$	$150 < n_s < 350$	$350 < n_s < 500$	$500 < n_s < 1500$
Эскиз сечения рабочего колеса					
Соотношения размеров колеса	$\frac{D_2}{D_1} = 2,5-3$	$\frac{D_2}{D_1} = 2,0$	$\frac{D_2}{D_1} = 1,6-1,4$	$\frac{D_2}{D_1} = 1,2-1,1$	$\frac{D_2}{D_1} = 1,0$
Форма лопаток	Цилиндри- ческая	Простран- ственная на своде цилинд- рическая на выходе	Простран- ственная	Простран- ственная	Простран- ственная

Рис. 2. Классификация рабочих колес лопастных насосов.

Коэффициент быстроходности, соответствующий оптимальному режиму с номинальными значениями Q и H , характеризует насос и определяет его тип.

По величине коэффициента быстроходности различают насосы:

центробежные, высокого давления, с тихоходными колесами: $n_s = 40-80$;

центробежные, среднего давления, с нормальными колесами: $n_s = 80-150$;

центробежные, низкого давления, с быстроходными колесами:

$$n_s = 150-350;$$

диагональные:

$$n_s = 350-500;$$

осевые (пропеллерные):

$$n_s = 500-1500.$$

Величина коэффициента быстроходности не зависит от числа оборотов, при котором работает данный насос, поскольку изменение числа оборотов влечет за собой со-

ответствующее изменение производительности и напора насоса. С увеличением подачи воды и уменьшением напора коэффициент быстроходности увеличивается, поэтому тихоходные насосы (с малым n_s) имеют большой напор и сравнительно небольшую подачу, а быстроходные насосы — относительно меньший напор, но большую подачу (рис. 2).

Центробежные насосы применяются для подачи воды из поверхностных и подземных водоисточников. Насос состоит из рабочего колеса, которое закреплено на валу и находится в корпусе. Колесо имеет один или два диска, к которым крепятся изогнутые лопатки.

Рабочие колеса центробежных насосов выполняются двух типов — открытого и закрытого. У открытых колес полости для прохода воды непостоянны, и они применяются в основном для подачи воды с содержанием частиц

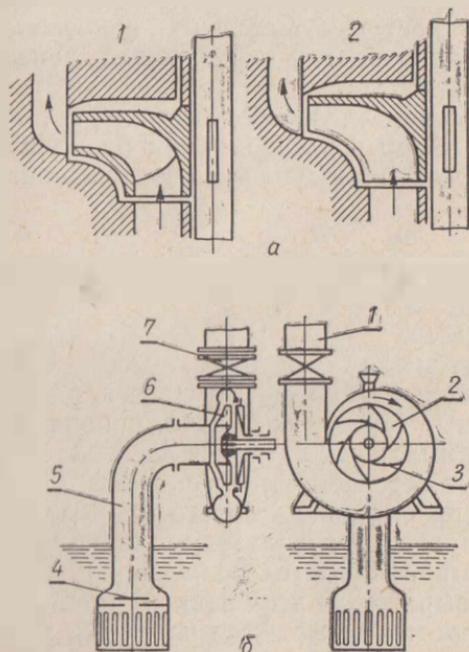


Рис. 3. Рабочие колеса центробежных насосов (а):

1 — закрытого и 2 — открытого типа;

схема центробежного насоса (б):

1 — напорный трубопровод; 2 — рабочее колесо; 3 — лопатки; 4 — обратный клапан; 5 — всасывающий трубопровод; 6 — диск; 7 — задвижка.

взвеси. Для перекачки чистой воды применяются закрытые колеса, где проходные полости постоянны.

К всасывающему патрубку насоса присоединяется всасывающая труба с обратным клапаном или без него. Нагнетательный патрубок соединяется с напорным трубопроводом (нагнетательным). Корпус насоса выполняется в виде спиральной камеры переменного сечения или имеет дополнительный направляющий аппарат (рис. 3).

Перед пуском насос и всасывающий трубопровод заполняются водой. При вращении рабочего колеса вода при движении вдоль лопаток получает приращение скорости, а следовательно, и кинетической энергии, которая затем благодаря спиральной форме корпуса или специального направляющего аппарата переходит в энергию давления. Под напором вода идет в нагнетательный трубопровод, а в насос являющийся создавшегося пониженного давления через обратный клапан и всасывающий трубопровод будет поступать вода из водозабора. Таким образом, устанавливается непрерывное движение жидкости.

При изменении числа оборотов лопастного насоса подача воды, напор и потребляемая на валу мощность будут изменяться в следующих соотношениях:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}; \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3} \quad (9)$$

где n_1 — исходное,

n_2 — новое число оборотов.

Конструктивные параметры насоса рассчитываются на определенные сочетания подачи, напора и числа оборотов при минимальных затратах энергии. При эксплуатации насос может работать на режимах, отличных от расчетного. Для выбора насосного оборудования и правильной эксплуатации используются зависимости напора, мощности, потребляемой насосом, и к. п. д. от подачи. Графические выражения этих зависимостей при постоянном числе оборотов называются рабочими характеристиками. Рекомендуемые пределы подач и напоров, при которых к. п. д. изменяется незначительно и имеет максимальное значение на рабочих характеристиках, отмечаются волнистыми линиями. Рабочие характеристики приводятся в каталогах и паспорте насосной установки.

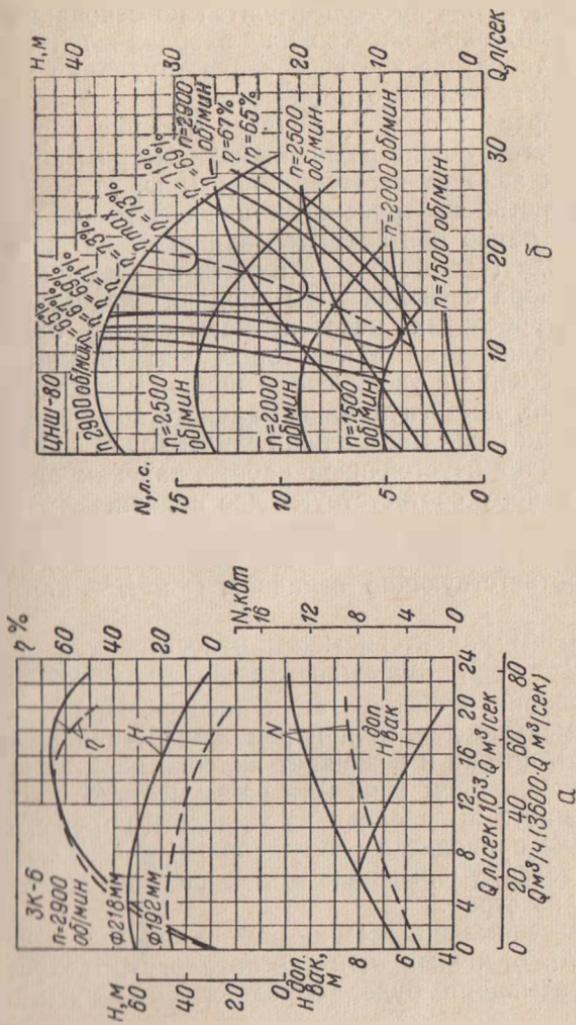


Рис 4. Характеристики центробежных насосов: а — рабочие характеристики насоса ЗК-Б; б — универсальные характеристики насоса ЦНШ-80.

Для выбора рационального режима работы насоса строятся универсальные характеристики, т. е. рабочие характеристики для нескольких значений чисел оборотов.

Характеристики насосов строятся на основании материалов испытаний насосов на заводах-изготовителях, поскольку теоретическое построение трудоемко и не отражает действительного процесса.

В паспорте насосов приводятся рабочие характеристики, соответствующие различным диаметрам колес, поставляемых заводом-изготовителем (рис. 4).

Большинство центробежных насосов развивает максимальный напор при закрытой задвижке на напорном трубопроводе ($Q=0$). В зависимости от степени уменьшения напора с увеличением подачи характеристики таких центробежных насосов называются пологими, или крутопадающими. У некоторых центробежных насосов одновременно с увеличением подачи повышается напор, который, достигнув максимального значения, начинает уменьшаться. Восходящая часть такой характеристики отвечает неустойчивой работе, так как одному и тому же напору соответствуют две подачи.

Режим работы насоса, который характеризуется максимальным значением к. п. д., называется оптимальным, а соответствующие величины Q и H — номинальными.

К рабочим характеристикам относится также зависимость $Q - H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$, имеющая важное значение при проектировании и эксплуатации насосов. При давлении в насосе меньше давления паров жидкости нарушается сплошность потока и возникает явление кавитации, связанное с вскипанием жидкости из-за местного понижения давления и выделением из жидкости паров и газов. Это явление приводит к разрушению рабочего колеса и корпуса насоса, уменьшению к. п. д. насоса и даже выходу насоса из строя.

Высота всасывания. При работе насоса с числом оборотов n_1 , отличным от n (по каталогу), допустимая высота всасывания будет определяться зависимостью

$$H_{\text{вак}}^{\text{доп}} = 10 - (10 - H_{\text{вак}}^{\text{доп}}) \left(\frac{n_1}{n} \right)^2 \quad (10)$$

где $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ соответствует подаче воды насосом $Q_1 = Q \frac{n_1}{n}$.

Следовательно, изменяя число оборотов за счет уменьшения подачи и напора воды, можно добиться увеличения допустимой высоты всасывания.

При отсутствии данных испытаний насосов можно определить допустимую приведенную геометрическую высоту всасывания по формуле С. С. Руднева:

$$H_{\text{в}}^{\text{доп}} = H_{\text{в.г}} + h_{\text{ов}} = H_{\text{а}} - h_{\text{п.в}} - 10 \left(\frac{n_1 \sqrt{Q}}{C_{\text{кр}}} \right)^2, \quad (11)$$

- где $H_{\text{в.г}}$ — геометрическая высота всасывания;
 $H_{\text{а}}$ — барометрическое давление в месте установки насоса, выраженное в метрах водяного столба;
 $h_{\text{п.в}}$ — величина давления паров воды в зависимости от ее температуры (табл. 1);
 $C_{\text{кр}}$ — коэффициент, определяемый в зависимости от коэффициента быстроходности (табл. 2).

Таблица 1

Величина давления насыщения паров воды ($h_{\text{п.в}}$) в зависимости от ее температуры

Температура воды, °C	0	10	20	30	40	50
$h_{\text{п.в}}$, м вод. ст.	0,062	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25

Продолжение

Температура воды, °C	60	70	80	90	100
$h_{\text{п.в}}$, м вод. ст.	2,02	3,17	4,82	7,14	10,33

Таблица 2

Зависимость коэффициента $C_{\text{кр}}$ от n_s

n_s	50—70	70—80	80—150	Более 150
$C_{\text{кр}}$	600—700	750—800	800—1000	1000

Насосы (К и КМ) консольного типа. Эти центробежные насосы наиболее распространены в сельском хозяйстве для подачи воды и других чистых нейтральных

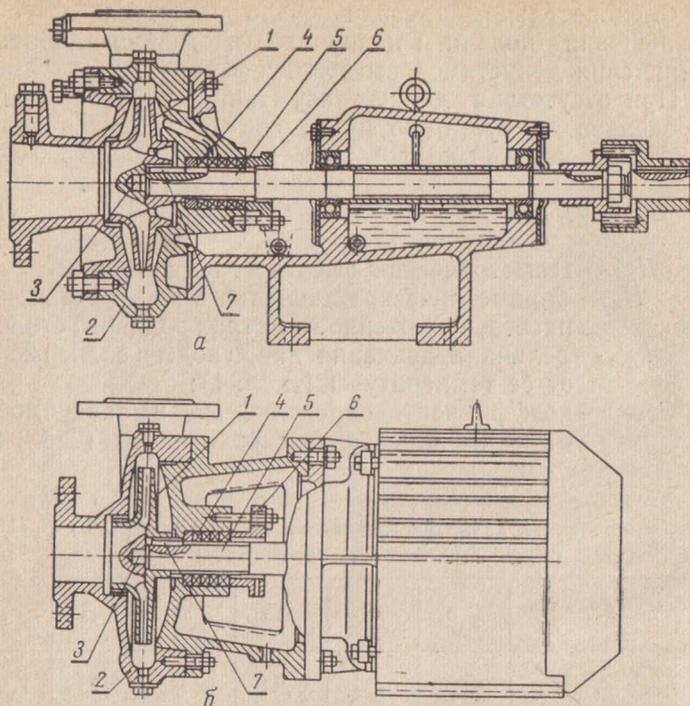


Рис. 5. Схема консольных насосов К (а) и КМ (б).

жидкостей с температурой до 80°C и специального изготовления для жидкостей до температуры 105°C . Марка насоса, как правило, дает представление не только о типе насоса, но и его конструктивных и гидравлических параметрах. Например, марка насоса ЗКМ-6 означает: 3 — диаметр входного патрубка в миллиметрах, уменьшенный в 25 раз (3 дюйма); К — консольный; М — моноблок-насос; 6 — коэффициент быстроходности насоса, уменьшенный в 10 раз.

Нормальный ряд консольных насосов состоит из 19 типоразмеров. Вода этими насосами подается в размере от 0,45 до $360 \text{ м}^3/\text{час}$ при напорах от 8,8 до 98 м.

Напорный патрубок расположен под углом 90° к оси насоса и в зависимости от условий монтажа и эксплуатации может быть повернут вместе с корпусом на 90 , 180 и 270° . В самой высокой точке корпуса имеется отвер-

стве, закрытое пробкой, для присоединения вакуум-насоса или заливки через воронку водой корпуса насоса и всасывающего трубопровода при пуске насоса. Привод насосов типа К может осуществляться как электродвигателем, так и двигателем внутреннего сгорания через упругую муфту или с помощью шкива. Вал вращается против часовой стрелки, если смотреть со стороны привода.

В последние годы широкое распространение получили моноблок-насосы — КМ, которые в отличие от консольных насосов типа К не имеют своего вала и монтируются на валу и фланце электродвигателя. Параметры насосов К и КМ одинаковы. В насосе типа КМ (рис. 5) основными узлами являются лопастное колесо 1 и спиральный корпус 2. Лопастное колесо 1 крепится на валу 5 шпонкой 7 и гайкой 3. Уплотнение состоит из крышки салыников 6 и набивки 4. Главные характеристики насосов ЗК-6 и ЗКМ-6 приведены на рисунке 4, а основные данные по другим насосам этого типа — на сводном графике подач и напоров (рис. 6).

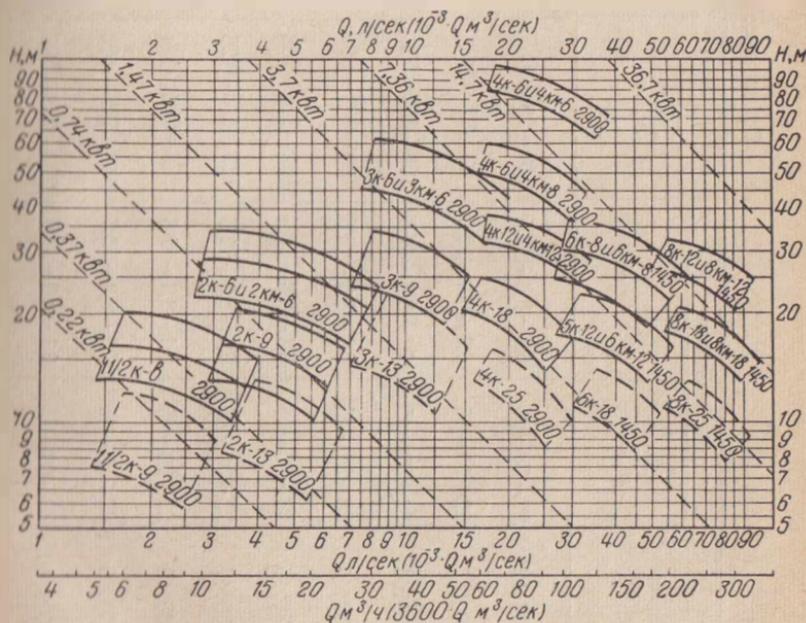


Рис. 6. Сводный график подач и напоров насосов К и КМ.

Секционные насосы МС

Марка насоса	Поддача		Напор H , м	Угловая скорость вала, об/мин	Мощность насоса, кВт		К.п.д. насоса
	$м^3/час$	$л/сек$			на валу	электро-двигателя	
МС-30×2	22—30—45	6,1—8,3—12,5	54—50—36	2950	5,9—6,5—7,4	7,5—10	55—63—60
МС-30×3	22—30—45	6,1—8,3—12,5	81—75—54	2950	8,9—9,8—11,1	11—14,5	55—63—60
МС-30×4	22—30—45	6,1—8,3—12,5	108—100—72	2950	11,8—13—14,8	14,5—16	55—63—60
МС-30×5	22—30—45	6,1—8,3—12,5	135—125—90	2950	14,8—16,3—18,5	18—20	55—63—60
МС-30×6	22—30—45	6,1—8,3—12,5	162—150—108	2950	17,7—19,5—22,5	22—24	55—63—60
МС-30×7	22—30—45	6,1—8,3—12,5	189—175—126	2950	20,7—22,8—25,9	25,5—28	55—63—60
МС-30×8	22—30—45	6,1—8,3—12,5	216—200—144	2950	23,6—26—29,5	29—32	55—63—60
МС-30×9	22—30—45	6,1—8,3—12,5	243—225—162	2950	26,6—29,3—33,3	33—36,5	55—63—60
МС-30×10	22—30—45	6,1—8,3—12,5	270—250—180	2950	29,5—32,5—37	36,5—40	55—63—60

Секционные насосы типа МС. Для создания напоров выше 50 м применяются секционные насосы типа МС, которые от ранее выпускаемых секционных насосов типа АСП и КСМ отличаются улучшенной конструкцией, хорошей всасывающей способностью, большими значениями к.п.д. Марка насоса МС-30×4 обозначает: М—многоступенчатый, С—секционный, 30—подача, $м^3/ч$, 4—число ступеней. Марка насоса 6МС-6×4 обозначает: 6—диаметр входного патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз, М—многоступенчатый, С—секционный, 6—коэффициент быстроходности насоса, уменьшенный в 10 раз и округленный, 4—число ступеней насоса. Насосы типа МС для перекачки воды с температурой до 60°C выпускаются семи моделей с подачей от 22 до 400 $м^3/ч$ при напорах от 30 до 1230 м.

Очень большое значение для надежной работы насосов типа МС имеет разгрузочное устройство (гидравлическая пята), которое воспринимает осевые силы. Привод насосов осуществляется через эластичную муфту. Вал насосов типа МС вращается по часовой стрелке, если смотреть со стороны электродвигателя. Технические данные насосов МС-30, как наиболее приемлемых для сельскохозяйственного водоснабжения, приведены в таблице 3.

Погружные центробежные насосы. Для подъема воды из шахтных и трубчатых колодцев применяют погружные центробежные насосы. Погружные центробежные насосы различают двух видов:

а) с погружным электродвигателем, соединенным непосредственно с насосом и погруженным под динамический уровень воды в колодец;

б) с двигателем, расположенным на поверхности земли и соединенным с насосом трансмиссионным валом. Насосы с погружным электродвигателем предназначены для подъема неагрессивной воды с температурой не более 25°C и с содержанием механических примесей не более 0,01% по весу. ГОСТ 10428—63 включает установки насосов с подачей от 1,6 до 670 $м^3/час$, напором от 25 до 640 м и мощностью от 0,5 до 500 кВт.

В обозначении типоразмера установки буквы указывают: У—установка насоса; Э—электропривод погружного типа; Ц—центробежный; В—для водоподъема. Цифра после букв указывает минимально допускаемый внутренний диаметр обсадной колонны (в мм) для дан-

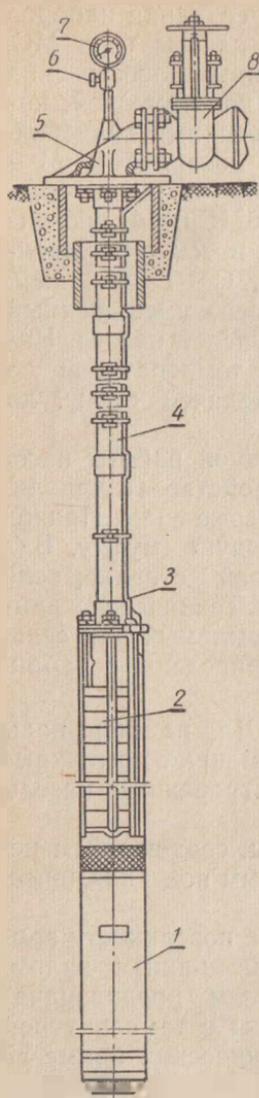


Рис. 7. Установка погружного центробежного насоса:

- 1 — электродвигатель;
 2 — насос; 3 — кабель;
 4 — водоподъемные трубы;
 5 — опорное колено;
 6 — трехходовой кран;
 7 — манометр; 8 — за-
 движка.

ного насоса, уменьшенный в 25 раз, цифра после тире — подачу воды в $\text{м}^3/\text{час}$ в расчетном режиме, последняя цифра — напор в м вод. ст. , соответствующий этой подаче. Пример обозначения типоразмера установки УЭЦВ4-1,6-65. Пример обозначения насоса ЭЦВ6-72-120.

В обозначении типоразмера электродвигателей типа ПЭДГ и ПЭДВ буквы обозначают: П — погружной, ЭД — электродвигатель, Г — с гильзованным статором, В — водо-заполненный. Цифра после букв указывает мощность электродвигателя в квт , цифра после тире — максимальный поперечный размер электродвигателя в мм . Пример обозначения электродвигателей типа МАПЗ: М — машина, А — асинхронная, П — погружная, 3 — порядковый номер серии из ряда погружных электродвигателей. Цифра после букв — максимальный диаметр электродвигателя в см , в дроби после тире числитель — длина активной части в см , знаменатель — число пар полюсов. Пример обозначения МАПЗ-14-34/2.

Наряду с насосами ЭЦВ, которые являются основным типом насосов для водоснабжения, в сельском хозяйстве используются и выпускаются промышленностью погружные насосы других типов. Эти насосы марок АП, АПВ, ЭПЛ, ЭПН, СП и др. Маркировка насоса 6АП-9×6 обозначает: 6 — минимальный диаметр скважины в дюймах; АП — артезианский погружной; 9 — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз, 6 — число ступеней.

Таблица 4
 Потребные центробежные электронасосы типа ЭНБ, выпускаемые заводом
 Министерства химического и нефтяного машиностроения для сельскохозяйственного водоснабжения

Наименование показателей	ЭНБ-4-130	ЭНБ-5-190	ЭНБ-10-50	ЭНБ-10-80	ЭНБ-10-147	ЭНБ-10-185	ЭНБ-10-235	ЭНБ-16-50	ЭНБ-16-75
Тип электродвигателя	ПЭДВ-2,8-140	ПЭДВ-4,5-140	ПЭДВ-2,8-140	ПЭДВ-4,5-140	ПЭДВ-8-140	ПЭДВ-8-140	ПЭДВ-11-140	ПЭДВ-4,5-140	ПЭДВ-5,5-140
Номинальная подача, м ³ /ч	4	4	10	10	10	10	10	16	16
Номинальный напор, м вод. ст.	130 ± 7,8	190 ± 11,4	50 ± 5	80 ± 4,8	140 ± 8,4	185 ± 11,1	235 ± 14,1	50 ± 5	75 ± 4,5
Рабочая область по подачам:									
максимальная подача, м ³ /ч	5,5	5,6	12	12	12	12	12	20	20
напор, соответствующий максимальной подаче, м вод. ст.	100 ± 7,8	150 ± 11,4	40 ± 5	67 ± 4,8	120 ± 8,4	155 ± 11,1	200 ± 14,1	39 ± 5	58 ± 4,5
минимальная подача, м ³ /ч	3	3	7	7	7	7	7	14	14
напор, соответствующий минимальной подаче, м вод. ст.	140 ± 7,8	210 ± 11,4	58 ± 5	90 ± 4,8	170 ± 8,4	210 ± 11,1	285 ± 14,1	53 ± 5	80 ± 4,5
Коэффициент полезного действия электронасоса, % не менее	41,7	43	46,2	48,5	50,4	50,4	51	49,3	50,6
Мощность электродвигателя, кВт	2,8	4,5	2,8	4,5	8	8	11	4,5	5,5
Поперечный размер электронасоса, мм	142	142	142	142	142	142	142	142	142
Длина электронасоса, мм не более	1825	2238	1490	1622	2200	2270	2910	1514	1728
Вес электронасоса, кг не более	98	114	82	88	122,5	128	155,5	85	100

Наименование показателей	ЭЦВ8-25-100	ЭЦВ8-16-140	ЭЦВ10-63-65	ЭЦВ10-63-110	ЭЦВ10-120-60	ЭЦВ12-160-100	ЭЦВ12-160-65	ЭЦВ12-210-25	ЭЦВ12-210-85
Тип электродвигателя	ПЭДВ-11-180	ПЭДВ-11-180	ПЭДВ-22-230	ПЭДВ-32-230	ПЭДВ-32-230	ПЭДВ-65-270	ПЭДВ-45-270	ПЭДВ-22-230	ПЭДВ-65-230
Номинальная подача, м ³ /ч	25	16	63	63	120	160	160	210	210
Номинальный напор, м вод. ст.	100±6	140±3,4	65±3,9	110±6,6	60±3,6	100±5	65±3,9	25±2,5	85±5,1
Рабочая область по подачам:									
максимальная подача, м ³ /ч	34	20	75	78	150	205	200	250	250
напор, соответствующий максимальной подаче, м вод. ст.	75±6	110±8,4	52±3,9	93±6,6	51±3,6	75±5	55±3,9	20±2,5	60±5,1
минимальная подача, м ³ /ч	16	12	50	47	90	130	140	140	140
напор, соответствующий минимальной подаче, м вод. ст.	110±6	145±8,4	75±3,9	133±6,6	68±3,6	107±5	69±3,9	32±2,5	96±5,1
Коэффициент полезного действия электронасоса, % не менее	53,1	54	57,8	60,5	61,4	63,3	62,6	62,9	66
Мощность электродвигателя, кет	11	11	22	32	32	65	45	22	65
Перечерный размер электронасоса, мм	186	186	234	234	234	281	281	281	281
Длина электронасоса, мм, не более	1700	1985	1793	2440	2195	2410	2100	1550	3040
Вес электронасоса, кг, не более	160	170	300	377	323	465	345	250	700

Основные параметры погружных центробежных электронасосов даны в таблице 4.

Установка погружного центробежного насоса (рис. 7) состоит из электронасосного агрегата, станции управления, токоподводящего кабеля, колонны подъемных труб и оборудования устья скважины (опорное колено, задвижка, фланец верхний, трехходовой кран и манометр).

Погружные насосы агрегируются сухими, маслозаполненными, полусухими и водозаполненными электродвигателями.

Установки с сухим электродвигателем благодаря вращению ротора в воздушной среде имеют высокий к.п.д., однако громоздки, и не исключена возможность попадания воды в электродвигатель.

Установки с электродвигателем, заполненным маловязким маслом, имеют ртутное сальниковое устройство и применяются для создания высоких напоров. Основным недостатком этих установок является сложность конструкции и монтажных работ.

В установках с полусухими электродвигателями ротор вращается в воде, а статорная обмотка защищена от воды, чаще всего гильзой. Смазка направляющих подшипников и гидравлической пяты производится чистой водой, которой электродвигатель заполняется перед спуском насоса в скважину. Для предотвращения смешивания воды, находящейся внутри насоса, с откачиваемой имеется специальная диафрагма, уравнивающая давление снаружи и внутри электродвигателя. Для очистки воды, подаваемой в электродвигатель из скважины, служит керамический фильтр.

Водозаполненные электродвигатели отличаются более простой конструкцией. Обмотка статора и ротора выполняется со специальной изоляцией, допускающей работу электродвигателя в воде.

Установки с водозаполненными электродвигателями, как и установка с полусухими электродвигателями, наиболее просты по конструкции, надежны в эксплуатации и экономичны. В настоящее время эти установки наиболее широко распространены и внедрены в производство.

Насосы ЭЦВ и ЭПЛ соединяются с водозаполненными электродвигателями. Привод насосов ЭЦВ4 осуществляется однофазными и трехфазными двигателями с изолированным от воды статором. Остальные насосы типа ЭЦВ имеют трехфазный электродвигатель. Корпус

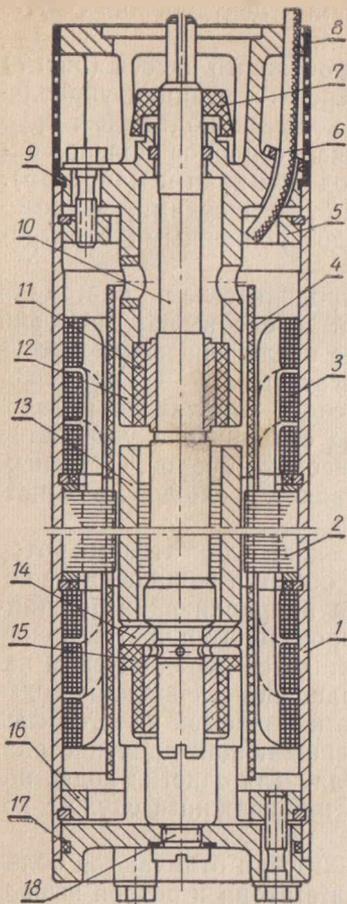


Рис. 8. Электродвигатель МАПЗ:

1 — корпус статора; 2 — пакет железа статора; 3 — обмотка электродвигателя; 4 — изоляционные цилиндры; 5 и 16 — кольца; 6 — выводные концы; 7 — лескосбрасыватель; 8 — скоба; 9 и 17 — корпус щита; 10 — вал ротора; 11 и 15 — текстолитовая втулка; 12 и 14 — подшипниковые втулки; 13 — пакет железа ротора; 18 — пробка.

электродвигателя заполняется чистой водой и изолируется резиновым сальником. Подшипники резино-металлические, текстолитовые или пластмассовые. Смазка осуществляется водой, находящейся в полости корпуса. Валы погружного электродвигателя и насоса соединяются жесткой муфтой (или на шлицах, как у ЭЦВ4). Всасывающая часть имеет сетку для задержания крупных частиц.

При большом напоре глубинного насоса повышается мощность его электродвигателя, что приводит к увеличению сечения кабеля и значительно удорожает стоимость установки. Для уменьшения сечения кабеля при больших глубинах водоподъема погружные насосы соединяются с электродвигателями, питающимися от сети напряжением до 3000 в.

Общий вид электродвигателя МАПЗ, который соединяется с насосами АПВ и ЭЦВ, приведен на рисунке 8. Тип, мощность, номинальный ток, напряжение сети нанесены на заводском знаке или выбиты на корпусе статора. Основными узлами электродвигателя являются: статор, ротор, щит подшипниковый нижний, щит подшипниковый верх-

ний. Статор состоит из стальной трубы 1, в которой запрессован активный пакет железа статора 2, собран-

ный из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Крепление пакета статора осуществляется нажимными шайбами и упорными кольцами. В пазы пакета уложена обмотка электродвигателя 3, которая смонтирована из проводов с полихлорвиниловой изоляцией. Изоляция допускает длительную работу электродвигателя погруженным в воду и заполненным водой. К обмотке присоединены три выводные конца 6, закрепленные к корпусу скобой 8. В верхнюю и нижнюю лобовые части обмотки установлены пластмассовые изоляционные цилиндры 7, которые предохраняют ее от повреждений при сборке и разборке электродвигателя. В корпус статора вставлены два кольца 5 и 16, к которым крепятся верхний и нижний щиты.

Ротор электродвигателя состоит из вала 10 с напрессованным на него активным пакетом железа 13, который собран из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Пазы активного пакета заполнены короткозамкнутой обмоткой. На вал ротора напрессованы подшипниковые втулки 12 и 14 из нержавеющей стали.

Щит подшипниковый верхний — литой, чугунный. В корпус щита 9 запрессована текстолитовая втулка 11, которая с втулкой 12 на валу образует радиальный подшипник скольжения. Текстолитовая втулка имеет продольные канавки, обеспечивающие лучшую циркуляцию воды в подшипнике во время работы. Вода смазывает и охлаждает подшипник. Верхний щит к корпусу статора крепится болтами, которые ввинчиваются в чугунное кольцо 5. Верхняя часть щита имеет фланец для присоединения насоса.

Щит подшипниковый нижний также литой, чугунный. В корпус щита 17 запрессована текстолитовая втулка 15, образующая вместе со втулкой 14 радиально-упорный подшипник скольжения. В последние годы широко применяются резино-металлические радиальные подшипники скольжения. Эти подшипники значительно экономичнее текстолитовых. В некоторых конструкциях погружных электродвигателей малой мощности в нижнем щите располагается радиально-упорный подшипник качения (например, насосы «Наутила»).

В дне нижнего щита имеется отверстие для спуска воды из электродвигателя, через которое можно отверткой проверять вращение ротора или агрегата. В рабочем состоянии отверстие закрывается пробкой 18. Для пре-

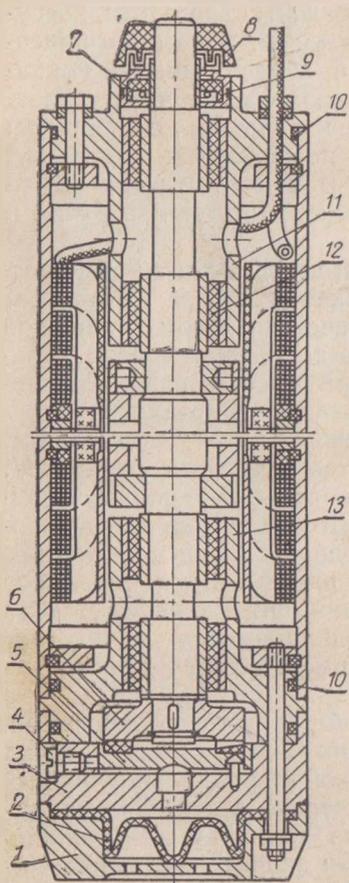


Рис. 9. Электродвигатель
ПЭДВ:

1 — днище; 2 — диафрагма; 3 — корпус; 4 — пробка; 5 — подпятник; 6 — лята; 7 — маяжет; 8 — песко-сбрасыватель; 9 и 10 — резиновые кольца; 11 и 13 — корпуса; 12 — подшипник.

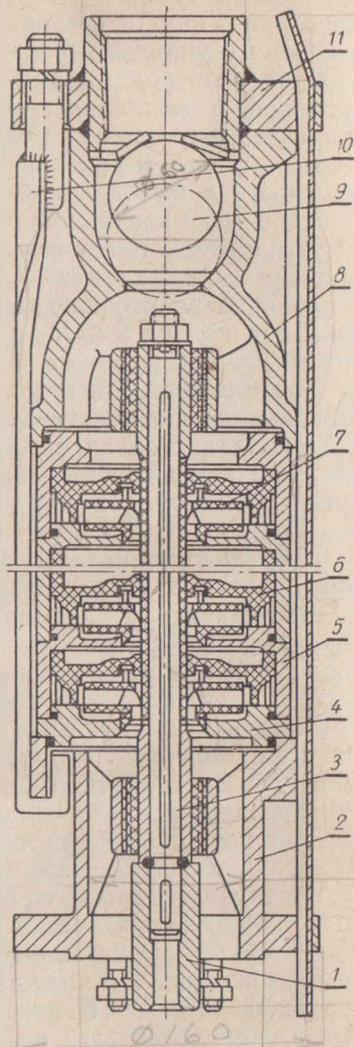


Рис. 10. Итогружный насос
ЭЦВ6-7,2-45, ЭЦВ6-7,2-75:

1 — соединительная муфта; 2 — ступица основания; 3 — вал; 4 — диск; 5 — обойма; 6 — направляющий аппарат; 7 — рабочее колесо; 8 — ступица верхнего подшипника; 9 — клапан; 10 — стяжка; 11 — головка.

дохранения от попадания внутрь электродвигателя механических примесей, содержащихся в откачиваемой воде, под пробку 18 и болты ставятся медные шайбы. Для защиты от попадания механических примесей вдоль вала служит пластмассовый пескосбрасыватель 7 и войлочный сальник.

При работе электродвигателя вода, находящаяся во внутренней полости, нагреваясь, расширяется, а при остановке, охлаждаясь, сжимается. Для компенсаций этих изменений происходит водообмен через фильтр, который устанавливается во фланце верхнего щита электродвигателя.

Электродвигатели ПЭДВ являются дальнейшим усовершенствованием электродвигателей МАПЗ. В электродвигателях ПЭДВ предусматривается полная герметизация внутренней полости. Для компенсации увеличения объема воды при нагревании в нижней части электродвигателя установлена резиновая диафрагма, которая под давлением увеличивает объем его внутренней полости. При охлаждении электродвигателя вода заполняет первоначальный объем и диафрагма возвращается в исходное положение (рис. 9).

Общий вид погружного насоса (ЭЦВ6-7,2-45 и ЭЦВ6-7,2-75) показан на рисунке 10. Пластмассовые рабочие колеса 7 собирают на валу 3 из калиброванной конструкционной стали. Расстояние между рабочими колесами обеспечивается распорными втулками из нержавеющей стали. Пакет обойм состоит из чугунных обойм 5, пластмассовых направляющих аппаратов 6 и чугунных дисков 4. В ступицу чугунного основания 2 запрессован резино-металлический подшипник. Второй резино-металлический подшипник запрессован в чугунную ступицу верхнего подшипника 8. Смазка подшипников осуществляется протекающей водой. В ступице подшипника расположен шаровый клапан 9, изготовленный из обрешиненной пластмассы. Для соединения насосного агрегата с колонной водоподъемных труб служит головка 11, которая имеет внутреннюю коническую резьбу или фланец. Насос с электродвигателем соединяется муфтой 1. Все узлы насоса скрепляются стяжками 10, которые изготовлены из стальной полосы с приваренными шпильками.

Из погружных центробежных насосов, освоенных промышленностью, в последние годы заслуживают внимание насосы типа ЭПН (технические данные приведены

в табл. 5). В отличие от насосов ЭЦВ они имеют принудительное охлаждение электродвигателя и смазку водой опорной пяты под давлением. Часть воды с верхней ступени насоса через полые валы насоса и электродвигателя подводится к подпятнику и пяте, расположенным в нижней части электродвигателя. Вода через канавки в подпятнике и лабиринтные выточки пяты поступает в полость электродвигателя и через верхнее уплотнение возвращается в скважину. От механических примесей вода очищается специальным колесом с радиальными прямыми лопатками. Ступени насоса ЭПН имеют к. п. д. на 5—7% выше, чем у насоса ЭЦВ.

Таблица 5

Погружные центробежные насосы типа ЭПН

Наименование показателя	ЭПН6-16-50	ЭПН6-16-75	ЭПН6-16-110	ЭПН6-10-80	ЭПН6-10-110	ЭПН8-70-110	ЭПН10-100-90
Подача, м ³ /ч.	16	16	16	10	10	70	100
Напор, м вод. ст.	50	75	110	80	110	110	90
Тип электродвигателя	АПД-136/2	АПД-136/2	АПД-136/2	АПД-136,2	АПД-136/2	АПД	АПД
Мощность электродвигателя, кВт	4,0	5,5	8,0	4,0	5,5	44	50
К. п. д. агрегата	0,54	0,56	0,55	0,56	0,56	0,64	0,64
Вес электронасоса, кг	80	110	145	90	105	—	—
Длина электронасоса, мм	1400	1650	1860	1500	1640	2145	2000

Насосы типа ЭПН6 серийно выпускаются Московским механическим заводом треста „Энергомеханизация“.

Определенный интерес для сельскохозяйственного водоснабжения представляет погружной высоконапорный насос повышенной надежности 6АПНВ9×12, разработанный Центральным научно-исследовательским институтом механизации и электрификации сельского хозяйства. Этот насос разработан на базе серийного насоса 6АПВ9×12, в котором короткозамкнутый ротор электродвигателя заменен массивным ротором без обмотки. Благодаря этому при значительных колебаниях напряжения и частоты питающей сети двигатель автоматически меняет скорость вращения, в связи с чем меняется подача воды насосом. Уменьшенный в 2 раза, пусковой ток электродвигателя облегчает запуск насоса при питании от автономных электрических станций. Результаты

длительной работы этих установок показали высокую эксплуатационную надежность.

В последние годы водохозяйственные органы народного хозяйства получают значительное количество новых типоразмеров ЭЦВ4 и ЭЦВ5. Наряду с насосами отечественного производства в эксплуатации находятся погружные насосы, выпускаемые заводами Чехословацкой Социалистической Республики, Народной Республики Болгарии, Германской Демократической Республики, Польской Народной Республики.

Хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации погружные насосы «Наутила» чехословацкой фирмы «Сигма». Насосы «Наутила-Супертриоза» при подаче 0,5 л/сек имеют напор 60 м, мощность электродвигателя 1,1 кВт и наружный диаметр 135 мм. Насосы «Наутила-Юбила» при подаче 1,0 л/сек имеют напор 40 м, мощность электродвигателя 1,1 кВт, наружный диаметр насоса 185 мм.

Насосы «Наутила» серии V обеспечивают подачу от 2 до 15 л/сек при напорах от 40 до 100 м при мощности электродвигателей до 15 кВт. Одноступенчатый погружной насос этой серии имеет подачу 40 л/сек при напоре 20 м. Наружные диаметры насосов до 200 мм. Насосы серии F имеют наружный диаметр 241 мм, обеспечивают подачу от 10 до 25 л/сек при напорах от 60 до 230 м и мощности электродвигателей от 15 до 44 кВт. Насосы серии F при наружном диаметре 265 мм имеют подачу от 25 до 50 л/сек при напорах 40—110 м, мощность электродвигателей от 18,5 до 44 кВт.

Подшипники скольжения насосов всех серий смазываются водой, исключение составляют типы «Супертриоза» и «Юбила», у которых для подшипников применяется консистентная смазка. Валы электродвигателей агрегатов «Супертриоза» и «Юбила» служат валами насосов, а у всех остальных валы насосов и электродвигателей соединяются жесткими муфтами. Рабочие органы насосов изготавливаются пластмассовыми, латунными, бронзовыми, из мелкозернистого чугуна.

По требованию заказчика насосные установки поставляются в комплекте с аппаратурой автоматики при работе на водонапорный бак или пневматический котел.

Погружные насосы «ПВ+АП» производства завода им. Георгия Димитрова Народной Республики Болгарии предназначены для скважин диаметром от 6 до 10 дюймов. Они соединяются с электродвигателями мощностью

от 2 до 32 квт, обеспечивая подачу воды от 2 до 28 л/сек при напорах от 27 до 95 м.

В ГДР выпускается широкая номенклатура погружных насосов типа ЕКМ. Эти насосы имеют подачи от 0,5 до 8 л/сек при напорах до 160 м и мощности электродвигателей от 0,75 до 20 квт. Малогабаритный насос ЕКМ 15/83/1, 6/10 применяют для работы в скважинах диаметром 4 дюйма.

Насосы Польской Народной Республики типа G-40 предназначены для скважин диаметром 150 мм, обеспечивают подачу воды 0,5—2 л/сек при напорах от 10 до 100 м и мощности электродвигателей 0,2—3 квт. Насосы типа G 60 предназначены для скважин диаметром 200 мм. Они имеют подачу воды 2—4 л/сек при напорах 10—135 м и мощности электродвигателей 0,6—10 квт. Погружные насосы типа G 80 имеют 16 модификаций, обеспечивают подачи 4—21 л/сек при напорах 10—165 м при мощности электродвигателей 5—48 квт. Эти насосы предназначены для скважин диаметром 250—350 мм. Для этих же диаметров скважин выпускаются насосы типа G 100 и G 125, которые имеют подачи 20—50 л/сек при напорах 20—150 м.

Во многих странах применяют погружные дренажные насосы для подъема воды из колодцев и открытых водоемов. Эти насосы известны под марками «Бибо» (Швеция), «Зеффель» (ГДР), «Гном» (СССР) и др. Конструкция дренажного насоса показана на рисунке 11. Насосы с электродвигателями повышенной мощности выпускаются в моноблочном исполнении и имеют небольшие габариты. Статор электродвигателя залит пластмассой, которая надежно защищает его от влаги. Мембрана автоматически поддерживает внутри уплотнений давление, превышающее наружное. Рабочее колесо выполнено из стали повышенной прочности, обеспечивающей долговечность, что особенно важно при перекачивании загрязненной воды. Насосы обладают высоким к. п. д. и надежны в эксплуатации. Они успешно работают как в вертикальном, так и в горизонтальном положении. Насосы выпускаются с подачей воды от 2 до 160 л/сек при напорах до 50 м и электродвигателями насосов мощностью от 1,0 до 44 квт.

Погружные центробежные артезианские насосы. Погружные насосы с электродвигателем, расположенным над скважиной, называются артезианскими. Насосы типа

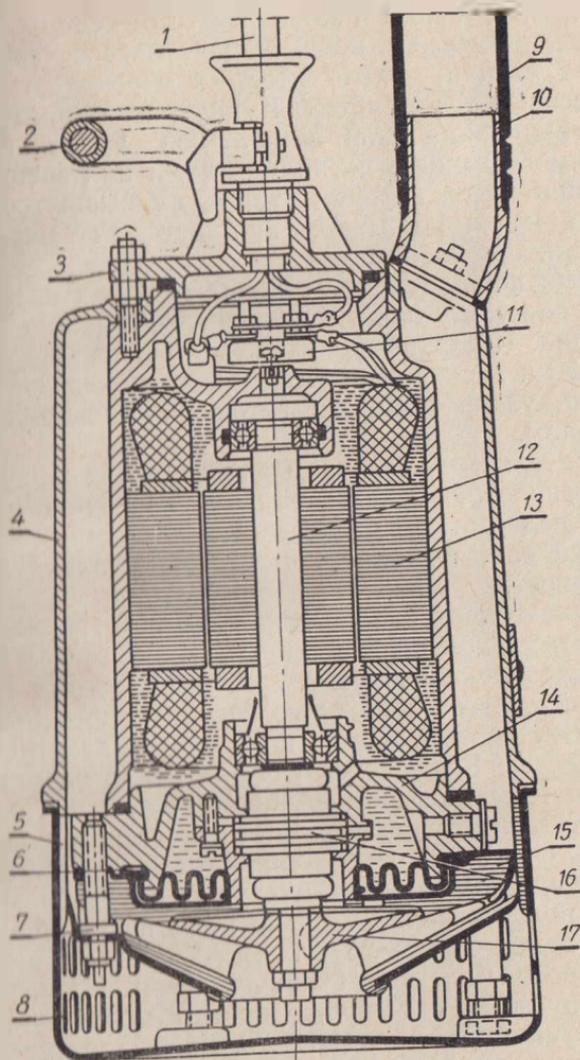


Рис. 11. Дренажный насос:

1 — кабель; 2 — ручка; 3 — крышка соединительной коробки; 4 — корпус из чугуна; 5 — кольцевой компенсатор износа (траверс); 6 — резиновый диффрагмальный; 7 — регулировочная шпилька; 8 — фланец; 9 — шланг; 10 — патрубок; 11 — штифт; 12 — вал с ротором; 13 — статор; 14 — масляная коробка; 15 — диффузор; 16 — уплотнение; 17 — рабочее колесо.

АТН, НА, А предназначены для подачи воды из скважин от 20 до 1440 м³/час при напоре от 20 до 138 м.

В артезианских насосах применяются как открытые, так и закрытые колеса в зависимости от содержания минеральных примесей в воде. Корпус насоса состоит из отдельных секций, число которых определяет напор. Трансмиссионный вал проходит внутри напорных труб. Для центрирования вала в напорной трубе имеются крестовины с резиновыми вкладышами или специальными подшипниками, которые также смазываются водой. В насосах 12А и 12НА вал вращается во внутренней трубе, залитой маслом.

Опорный корпус насоса монтируется над скважиной. Снизу к опорному корпусу крепится верхняя секция трансмиссии. К верхнему фланцу корпуса прикреплен вертикальный электродвигатель. Осевая сила и вес вращающихся узлов воспринимается радиально-упорным подшипником.

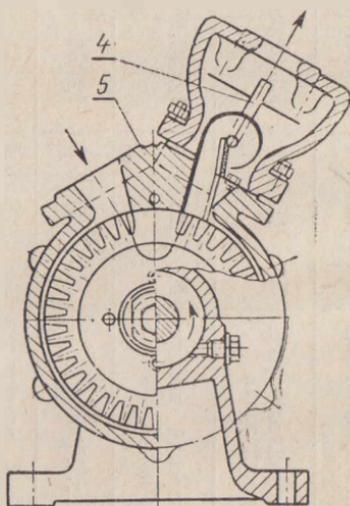
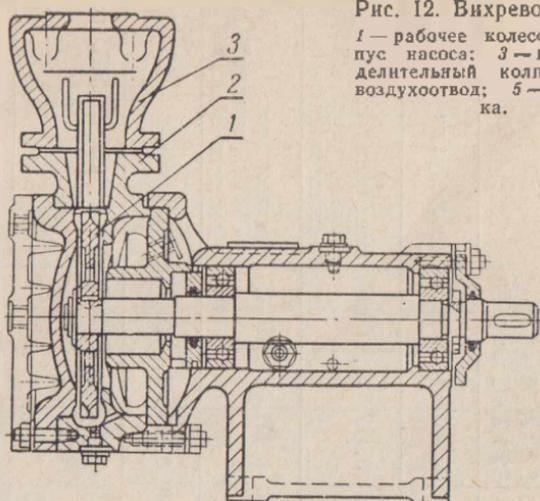
Положительным качеством артезианских насосов является расположение двигателя на поверхности скважины. К недостаткам следует отнести длинный трансмиссионный вал, сложность монтажа и значительную металлоемкость.

Плавающие центробежные насосы. Для подъема воды из шахтных колодцев и открытых источников применяются плавающие центробежные насосы типа ПН-Ю. Плавающий агрегат состоит из вертикального 3-ступенчатого центробежного насоса и серийного электродвигателя мощностью 1 кВт. Агрегат смонтирован на металлическом или пластмассовом цилиндрическом понтоне диаметром 650 мм. Во время работы понтон погружается в воду на $\frac{2}{3}$ своей высоты. Шланги позволяют понтону опускаться или подниматься, следуя за изменением уровня воды в водоисточнике. Подача воды насосом 3,5—6,5 м³/ч при напорах 20—28 м.

Дмитровский электромеханический и Манкентский заводы выпускают плавающие насосы модифицированных конструкций ПН-25 и ППН-25. Насосы выпускаются в двух вариантах с пластмассовыми и металлическими рабочими колесами. Опорные подшипники выполнены из текстолита. Насос с электродвигателем соединен через эластичную муфту. Корпус насоса выполнен секционным, к. п. д. установок достигает 40%. К недостаткам этих конструкций следует отнести наличие громоздкого понто-

Рис. 12. Вихревой насос:

1 — рабочее колесо; 2 — корпус насоса; 3 — воздухоотделительный коллак; 4 — воздухоотвод; 5 — перегородка.



на. Нижнее расположение нагнетательного шланга ограничивает применение насосов в малобитных колодцах, а использование электродвигателя нормальной серии АОЛ—2-12-2 ввиду повышенной влажности в колодцах сокращает время их работы.

Бытовые насосы. Промышленностью выпускается большое число разнообразных конструкций бытовых на-

...и, которые успешно могут применяться для подъема воды из шахтных колодцев на небольших фермах и в деревнях. Технические данные этих насосов приведены в таблице 6.

Варевые и центробежно-вихревые насосы. Для незначительных подач воды в сельском хозяйстве применяются варевые насосы. Вихревые насосы относятся к классу центробежных насосов, имеют простую конструкцию, обладают самовсасывающей способностью.

Рабочее колесо вихревого насоса (рис. 12) представляет диск с фрезерованными по окружности пазами, которые образуют лопасти колеса. Между колесом и корпусом насоса по периметру образуется канал, который разделен перемычкой на всасывающую и нагнетательную полости. Перемычка перекрывает не менее двух лопастей рабочего колеса. Всасывающий и нагнетательный патрубки расположены в верхней части корпуса насоса. Вихревые насосы применяют при незначительных расходах воды и увеличенных напорах.

При пуске вихревого насоса воду заливают только в корпус. Самовсасывающая способность этих насосов улучшается за счет колпака с воздухоотводом, а вертикальное расположение патрубков обеспечивает повторить пуск без заливки корпуса насоса водой. Пуск насоса производится при открытой задвижке, так как сразу идет резкий рост напора.

Недостатком вихревого насоса является невысокий коэффициент полезного действия и ограничения по площади. Для ликвидации этого недостатка последовательно соединяют рабочие колеса центробежного и вихревого насосов в одном корпусе, т. е. создают центробежно-вихревой насос.

Таблица 7
Технические характеристики вихревых насосов

Марка насоса	Подъем воды, м	Подный напор H , м	Число оборотов в минуту	Мощность на валу насоса	Диаметр насоса	Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания H	Диаметр рабочего колеса D , мм
ВВ-09	1-2,5	37-9,5	1490	0,6-0,25	18-28	64	140
1,5В-1,3	3-6	58-23	1490	2,6-1,5	18-25	6,5-5,0	155
2В-1,6	6-10	54-26	1450	3,5-2,0	27-35	6,0-4	175
2,5В-1,8М	11-20	70-20	1450	7,2-3,0	28-39,8	5,5-4	175
3В-2,7	20-35	90-40	1450	22-11	22-33	4,5-3,5	200

Центробежно-вихревые насосы обладают самовсасыванием, незначительными габаритами и пониженной металлоемкостью при к. п. д. выше, чем у вихревых насосов.

Выпускаются несколько марок вихревых и центробежно-вихревых насосов.

Основные технические данные насосов В, ВС и ВО приведены в таблице 7.

Насосы ЭСН (Э — электроприводной, С — самовсасывающий, П — насос) — горизонтальные двухступенчатые центробежно-вихревые. Рабочие колеса этих насосов с помощью удлинительа монтируются на валу электродвигателя. Основное назначение этих насосов — подача пресной или соленой воды от 3 до 12 м³/ч при напоре 12—44 м. Высота самовсасывания 5 м.

Насосы 2,5ЦВ — центробежно-вихревые. Подача 5—34 м³/ч при напоре от 5,5 до 22 м.

Насос СЦЛ-20-24а (С — самовсасывающий, Ц — центробежный, Л — лопастной, 20 — подача в м³/ч, 24 — напор в м при 1000 об/мин, а — алюминиевый) — двухступенчатый центробежно-вихревой, предназначен для подачи бензина, керосина и чистой воды от 30 до 40 м³/ч при напоре от 4,5 до 63 м. Вакуумметрическая высота всасывания до 5,5 м.

Центробежно-вихревой насос 1СЦВ-1,5 (1 — диаметр входного патрубка в дюймах, С — самовсасывающий, Ц — центробежный, В — вихревой, 1,5 — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз и округленный) используют для подачи воды из колодцев и открытых водоемов. Подача насоса 0,7—1,5 м³/ч при напоре от 12 до 19,6 м. Приводом насоса служит однофазный электродвигатель АОЛБ32-4.

Существует несколько типов передвижных установок с центробежно-вихревыми насосами, привод которых осуществляется от двигателя внутреннего сгорания.

Наиболее распространены БМП-80М (БМ — бензомоторная, П — помпа — насос, 80 — диаметр напорного патрубка в мм, М — условное обозначение модели) с самовсасывающим центробежно-вихревым насосом 2,5ЦВ-5 для подачи чистой воды от 6 до 17 м³/ч при напоре от 5 до 29 м.

Работа вихревых насосов благодаря способности самовсасывания легко автоматизируется.

Примером конструкции центробежно-вихревого насоса может служить установка плавающего типа для по-

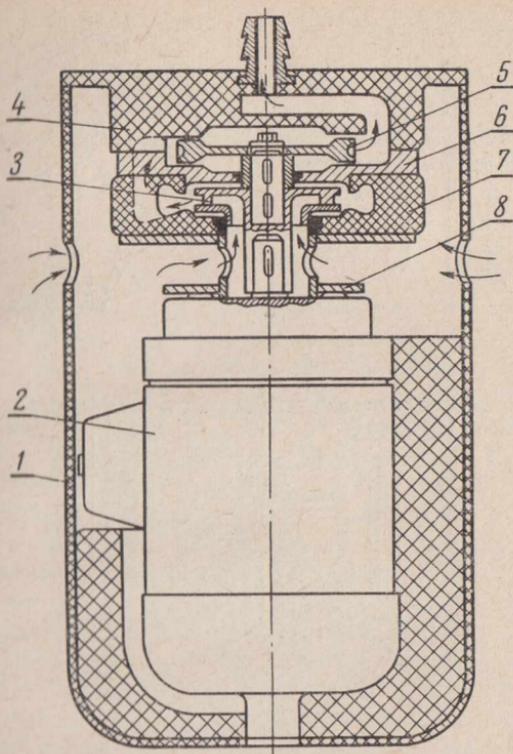


Рис. 13. Центробежно-вихревой плавающий насос:

1 — понтон; 2 — электродвигатель; 3 — рабочее колесо; 4 — корпусная крышка; 5 — вихревое колесо; 6 — диск; 7 — улитка; 8 — основание.

дочи воды из шахтных колодцев и открытых водоемов (рис. 13). Установка состоит из понтона 1, в котором смонтирован вертикальный моноблочный центробежно-вихревой насос с электродвигателем 2. Электродвигатель имеет влагостойкую изоляцию. Корпус понтона заполнен пенопластом, что при небольших габаритах способствует хорошей плавучести агрегата. Корпусная крышка понтона 4 одновременно является корпусом насоса. В ней расположены рабочее колесо вихревого типа 5 и отводные каналы. Снизу к крышке прикреплены диск 6, улитка 7 и основание 8, которое имеет водозаборные окна. Основание закреплено также на корпусе электродвигателя. Вода от центробежного рабочего колеса 3 к вихревому подводится по каналу улитки, диска и крышки. Располо-

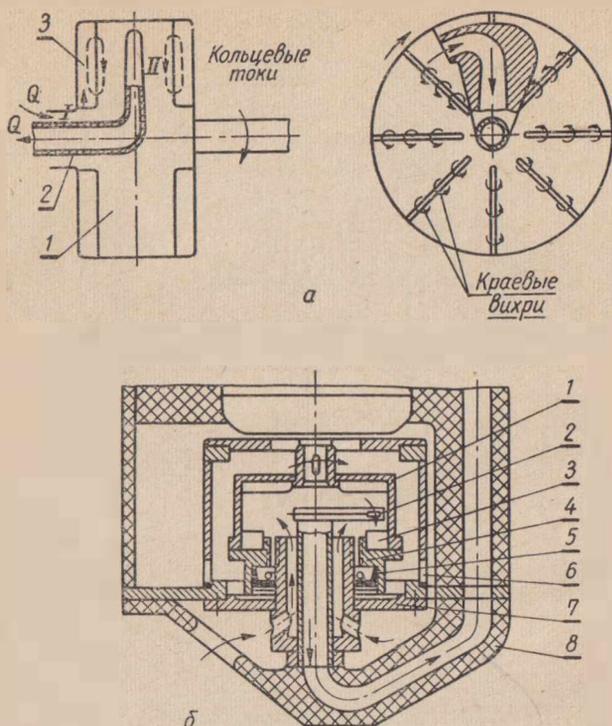


Рис. 14. Черпаковый насос:

a — схема насоса: 1 — корпус; 2 — черпак; 3 — лопатки.
а — плавающий черпаковый насос: 1 — корпус; 2 — черпак; 3 — лопатки,
 4 и 5 — уплотнения; 6 — кожух; 7 — фланец; 8 — крышка.

жение электродвигателя под насосом в нижней части поптона обеспечивает установке хорошую устойчивость на воде. Центробежное колесо служит для создания небольшого подпора на входе в вихревое, что обеспечивает высокую кавитационную стойкость насоса. Вихревое колесо является высоконапорным, что позволяет в этой простой установке создать напор воды до 25—30 м при расходах до 1 л/сек.

Черпаковые насосы. Хорошими технико-экономическими показателями при коэффициенте быстроходности меньше 30 и простотой конструкции обладают лопастные

насосы с вращающимся корпусом, которые получили название черпаковых.

Черпаковые насосы при коэффициенте быстроходности 5—25 создают высокие напоры при малых подачах. Эти насосы могут быть соединены с приводом как нормальной частоты (50 гц), так и повышенной. В черпаковом насосе отсутствуют внутренние уплотнения, а наружное расположено на всасывающей стороне и на малом диаметре. Детали насоса имеют простую форму, а радиальные и осевые силы малы и легко уравниваются. При одинаковых коэффициентах быстроходности черпаковый насос имеет к.п.д. больший, чем у центробежного насоса, что объясняется уменьшением механических потерь. Оптимальный к.п.д. черпаковых насосов 46—53%, при $n_s=10-25$. Возможность перекачивать загрязненную воду, небольшие габариты по сравнению с центробежными насосами для одинаковых напоров, хорошие кавитационные качества и высокий к.п.д. дают основание для широкого внедрения черпаковых насосов в сельскохозяйственное производство.

На рисунке 14 показан черпаковый насос, предназначенный для подъема воды из шахтных колодцев и открытых водоемов. Насос и электродвигатель помещены в пенопластовый понтон, в корпусе и крышке которого расположены отводные каналы. Корпус черпакового насоса 1 закреплен на валу электродвигателя. Отводной патрубок черпака 2 соединен с напорным каналом, который расположен в крышке 8 и в корпусе понтона. Лопатки 3, несмотря на некоторую разницу в конфигурации, обеспечивают равномерное сообщение энергии жидкости. Динамическое уплотнение 4 обеспечивает непопадание воды при работе, выполнено в виде лабиринта. Статическое уплотнение 5 создает герметичность при неработающем насосе. Статическое уплотнение укреплено на вращающемся корпусе и во время работы насоса под действием центробежной силы отжимается от верхнего патрубка. Таким образом, корпус насоса 1 вращается в кожухе 6, который свободен от воды, хотя вся установка погружена под уровень. Неподвижный кожух 6 соединен с фланцем 7, на котором смонтированы всасывающий и нагнетательный узлы. Помимо приведенной конструкции, как показывают результаты исследований, эти насосы найдут применение в передвижных насосных установках и ветронасосных агрегатах.

Водоструйные установки

Устройства, в которых происходит передача энергии одного потока другому с образованием одного общего потока, обладающего определенной энергией, называются струйными аппаратами, или эжекторами. Для подъема воды струйный аппарат располагается в колодце ниже динамического уровня и соединяется с центробежным

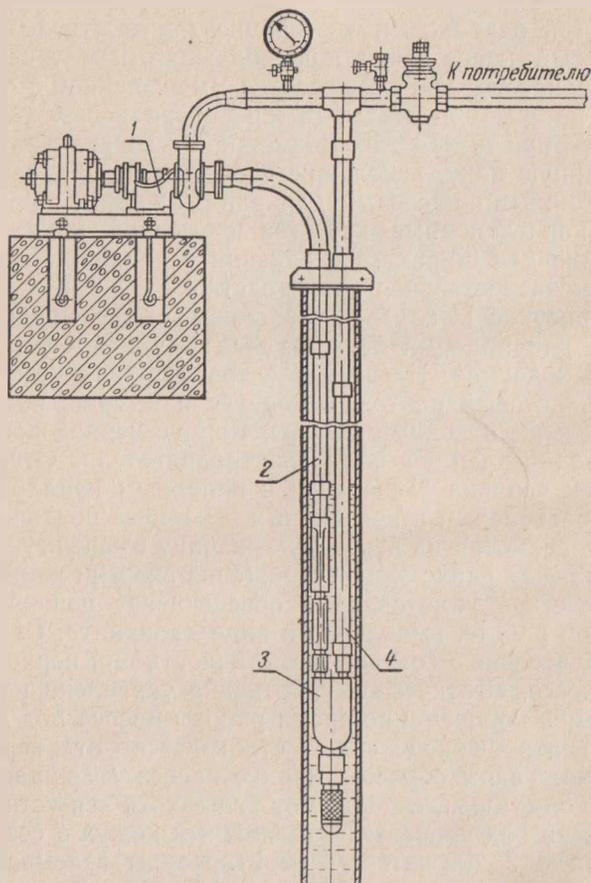


Рис. 15. Водоструйная установка:

1 — центробежный насос; 2 — водоподъемная труба; 3 — струйный аппарат;
4 — напорная труба.

илеосом колоннами труб. Имеются также конструкции, в которых струйный аппарат — эжектор встроен в корпус центробежного насоса и тем самым увеличивает высоту всасывания до 7,5—8 м, а при необходимости может быть отсоединен и установлен в колодце. Такие установки называются водоструйными (рис. 15). Принцип работы водоструйной установки основан на увеличении всасывающей способности центробежного насоса за счет действия струйного аппарата. Совместная работа центробежного насоса и струйного аппарата позволяет поднимать воду с больших глубин, в то время как высота всасывания центробежного насоса не превышает 6—7 м.

Работу водоструйной установки можно представить следующим образом: центробежный насос 1 (рис. 15) подает часть воды в струйный аппарат и часть — потребителю. Вода по напорной трубе подается к соплу струйного аппарата. Из сопла (рабочая вода Q_1) выходит с большой скоростью, образуя зону пониженного давления, что приводит к подсосыванию воды через приемный клапан. Рабочая вода Q_1 увлекает воду, находящуюся в приемной камере Q_1 , и вместе с ней перемещается в камеру смешения. В камере смешения соединяются два потока ($Q_2 = Q_1 + Q_0$), и вода (Q_2) поступает в диффузор. В диффузоре (расходящемся насадке) скоростная энергия переходит в энергию давления, а затем вода поступает в водоподъемный трубопровод. Из центробежного насоса вода снова разделяется на две части: одна идет на питание струйного аппарата, другая — к потребителю. Следовательно, одна часть воды, перекачиваемая центробежным насосом, постоянно циркулирует и процесс подъема воды идет непрерывно. Может быть применена и другая схема соединения центробежного насоса и струйного аппарата. Центробежный насос питает струйный аппарат. При проходе через струйный аппарат рабочий расход воды увлекает за собой полезный расход Q_0 и выдает на поверхность суммарный расход $Q_2 = Q_1 + Q_0$. Рабочий расход поступает снова в центробежный насос, а полезный расход — потребителю.

Однако рассмотренные схемы, как правило, применяются при водоподъеме с глубин до 40 м. При подъеме с больших глубин для создания необходимого напора у струйного аппарата рабочая вода из центробежного насоса поступает не прямо в напорную сеть, а во второй насос. Вода же для потребителя поступает под напором,

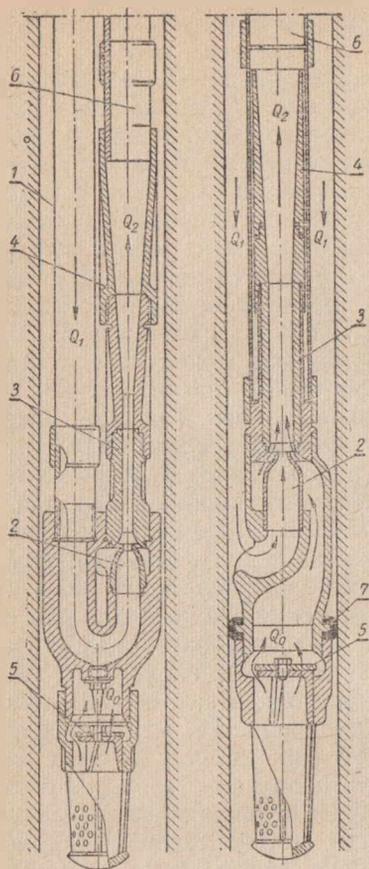


Рис. 16. Конструкции двух- (слева) и однолинейного струйных аппаратов:

1 — напорная труба; 2 — сопло; 3 — камера смешения; 4 — диффузор; 5 — обратный клапан; 6 — водоподъемная труба; 7 — уплотнение.

создаваемым первым насосом. Обычно два насоса не применяют, а используют двухпоточный насос с промежуточным отбором.

Основными узлами водоструйных установок являются центробежные насосы и струйные аппараты. Центробежные насосы, применяемые в водоструйных установках, конструктивно ничем не отличаются от серийных насосов. Более того, в некоторых установках успешно используются насосы типа К, КМ, ИС и т. д. Некоторое исключение составляют центробежные насосы, применяемые для водоструйных установок при глубинах водоподъема свыше 40—50 м, где применяются двухпоточные центробежные насосы. Эти насосы перекачивают суммарный расход Q_2 частью ступеней. После отвода полезного расхода Q_0 через остальные ступени проходит только рабочий расход Q_1 .

Примером такого насоса может служить двухпоточный насос в водоструйной установке ВП-2Ц-6. В водоструйных установках применяются как горизонтальные, так и вертикальные насосы.

Как видно из описания принципа работы установки, основными частями струйного аппарата являются: сопло,

мера смещения, диффузор и приемная камера. В зависимости от конструкции струйного аппарата водоструйные установки можно разделить на три типа.

1. Водоструйные установки двухлинейной конструкции с параллельным расположением труб (рис. 16). Недостатком такой конструкции является неполное использование сечения трубчатого колодца. Преимуществом — простота монтажа. Наиболее целесообразно применять такие конструкции для подъема воды из шахтных колодцев. По данной схеме рабочая вода Q_1 может подаваться и по кольцевому пространству между соплом и камерой смещения, а всасываемая вода — по оси аппарата.

2. Водоструйные установки двухлинейной конструкции с центральным расположением труб, т. е. водоподъемная труба проходит внутри напорной. При более полном использовании проходного сечения трубчатого колодца эти установки обладают конструктивными недостатками: сложностью монтажа и повышенной металлоемкостью.

3. Водоструйные установки однолинейной конструкции, с использованием обсадной колонны в качестве напорного трубопровода. Такая конструкция наиболее целесообразна для подъема воды из трубчатых колодцев, при этом до минимума снижается металлоемкость установки при полном использовании сечения колодца, что особенно важно в мелкотрубчатых скважинах.

Гидравлический расчет водоструйных установок заключается в определении такого режима работы, при котором совместно работающие центробежный насос и струйный аппарат взаимно удовлетворяют друг друга по расходам и напорам и обеспечивают устойчивый режим работы установки при подаче потребителю расчетного расхода.

Водоструйные установки выбираются согласно параметрам Q , H , N , η , приведенным в паспорте этих установок. Данные по водоструйным установкам, серийно выпускаемым промышленностью, приведены в таблице 8.

Водоструйная установка ВН-2-8 предназначена для подачи воды из трубчатых колодцев диаметром не менее 8 дюймов при динамическом уровне воды в колодце до 40 м. Установка создана в четырех модификациях, указанных в таблице 8. ВН-2-8 — двухлинейной конструкции, с параллельным расположением труб.

Водоструйная установка ВН-2Ц-6 с центробежным насосом ЦДС предназначена для подачи воды из трубчатых колодцев диаметром не менее 6 дюймов с динамическим уровнем воды на глубине не более 75 м. Установка создана в трех модификациях, указанных в таблице. ВН-2Ц-6 двухлинейной конструкции, с концентрическим расположением труб (труба в трубе).

Таблица 8

Характеристики водоструйных установок

Марка установки	№ установки	Марка центробежного насоса	Мощность электродвигателя, кВт	Свободный напор над осью центробежного насоса, м	Производительность, м ³ /час	Глубина водоподъема (расстояние от центробежного насоса до динамического уровня)	Диаметр камеры смещения или сменной гильзы, мм	Диаметр сопла, мм
ВН-2-8	1	2К-6	4,5	20	16—5,2	8—23	27,5	15,5
	2	2К-6	4,5	20	11—3,6	15—28	25,0	15,5
	3	3К-9	7,0	25	17—33	17—33	27,5	19
	4	3К-9	7,0	25	10—3,8	26—41	25	19
ВН-2Ц-6	1	ЦДС-2	7	50	14,4—8,6	15—30	22,2—18,9	10,2
	2	ЦДС-3	10	50	10,8—7,2	30—50	17,3—15,7	8,9
	3	ЦДС-4	14	50	10,4—6,8	50—75	16,5—15,0	9,4
ВН-2-Ш	1	ЦНС-1,7	1,7	25—35	5,4—1,8	10—35	14—11,1	7,6
	2	ЦНСМ-2,8	2,8	25—35	8,6—2,5	10—35	17—13,5	9,5

Каждая модификация установки имеет три размера сменных гильз, диаметры которых указаны в таблице. Центробежный насос ЦДС двухпоточный секционный, с промежуточным отбором воды потребителю.

Водоструйная установка ВН-2-Ш предназначена для подъема воды из шахтных и трубчатых колодцев с динамическим уровнем до 35 м. Установки с насосом ЦНС-1,7 имеют конструкции, аналогичные ВН-2-8, а с насосом ЦНСМ-2,8 — аналогичные ВН-2Ц-6.

За последние годы подготовлено к серийному производству ряд новых конструкций водоструйных установок, выполненных по однолинейной схеме и предназначенных для подъема воды из трубчатых колодцев диаметром от трех дюймов.

Наряду с водоструйными установками серийного производства в сельскохозяйственном водоснабжении применяются струйные аппараты, изготовленные в мастер-

ских водохозяйственных организаций. Трестом Крымводстрой по предложению Н. П. Белогорова внедрено свыше 50 водоструйных установок, которые состоят из насоса марки серии К или КМ и струйного аппарата - гидроэлеватора сварной конструкции. На рисунке 17 показан общий вид струйного аппарата, предназначенного для скважин диаметром 8, 10 и 12 дюймов. Струйный аппарат состоит из следующих основных узлов: сопла 1, сходящейся части — конфузора 2, камеры смешения 3 и диффузора 4, состоящего из трех плавно расширяющихся участков.

Сопло изготавливается из твердой и вязкой стали с последующей термической обработкой или из бронзы. Угол конуса сопла 40—50°. На конце сопла необходим прямой переход длиной 0,25

диаметра сопла, который должен быть тщательно отшлифован. Сопло отстоит от начала камеры смешения на расстоянии $l=1,2d_1$ и плотно ввернуто в гнездо. Подтекание по плоскости соприкосновения с гнездом недопустимо. При сборке и проточке по кондуктору необходимо обеспечить соосность сопла и диффузора.

Конфузор служит для плавного подвода подсосываемой воды к рабочей камере и должен иметь плавно сходя-

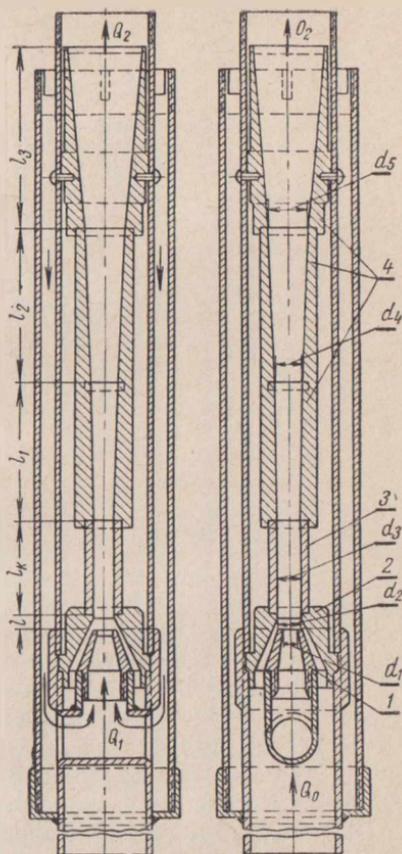


Рис. 17. Струйный аппарат сварной конструкции:

1 — сопло; 2 — конфузор; 3 — камера смешения; 4 — диффузор.

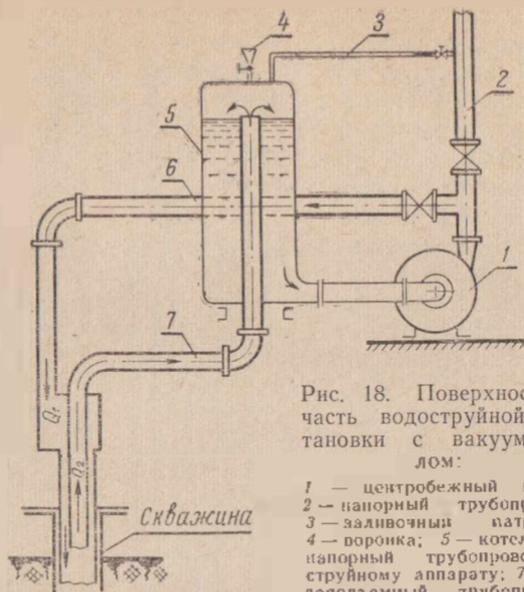


Рис. 18. Поверхностная часть водоструйной установки с вакуум-котлом:

- 1 — центробежный насос;
- 2 — напорный трубопровод;
- 3 — заливочный патрубок;
- 4 — воронка; 5 — котел; 6 — напорный трубопровод к струйному аппарату; 7 — водоподъемный трубопровод.

двухконусную форму. Камера смешения должна иметь плавное соединение с конфузуром и достаточную длину. Стенки ее должны быть хорошо отшлифованы. Диффузор состоит из трех плавно расходящихся участков: первый с углом конуса — 2° , второй — 4° и третий — 13° . Первые два участка должны быть хорошо отшлифованы, последний может иметь черновую обработку.

Отрезок трубопровода, подводящий воду из скважины к струйному аппарату, должен быть оборудован всасывающим клапаном. Вместо клапана на поверхности земли у центробежного насоса может быть установлен вакуум-котел (рис. 18). При наличии вакуум-котла всасывающий клапан не нужен и в скважине полностью отсутствуют подвижные части, что обеспечивает высокую эксплуатационную надежность установки. На трубе, подающей к струйному аппарату воду, устанавливается задвижка. Производительность и напор струйного аппарата для насосов 2К-6, 3К-9 и 3К-6 находятся по таблице 9, полученной на основании расчетов Н. П. Белозорова по методике П. Н. Каменева [14].

Диаметры труб к струйному аппарату подбираются в зависимости от диаметра скважин следующие: для сква-

жины диаметром 8 дюймов — 150 и 100 мм; для скважины диаметром 10 дюймов — 200 и 125 мм; для скважины диаметром 12 дюймов — 250 и 150 мм.

Таблица 9

Производительность (л/сек) водоструйной установки с гидроэлеватором сварной конструкции при диаметрах скважин 8, 10 и 12 дюймов

Марка насоса	Напор над осью насоса, м	Диаметр скважины, дюбмы								
		8			10			12		
		Глубина динамического уровня от оси насоса, м								
		20	30	40	20	30	40	20	30	40
ЗК-6	26	1,5	1,00	0,8	1,5	1,00	0,8	1,56	1,10	0,8
ЗК-9	28	4,35	3,00	2,3	4,53	3,0	2,25	4,1	2,75	—
ЗК-6	54	5,75	3,95	3,2	5,25	4,05	3,3	5,14	3,90	3,00

Производительность установки определяется следующим образом. Предположим, что из скважины диаметром 8 дюймов нужно поднять воду насосом ЗК-9 с напором над осью насоса 28 м. В зависимости от глубины динамического уровня по таблице определяется производительность. Для динамического уровня 20 м производительность будет составлять 4,35 л/сек. Размеры струйных аппаратов в зависимости от марки насосов и глубины динамического уровня приведены в таблице 10.

Одно из важных преимуществ водоструйных установок — это возможность обслуживать одним центробежным насосом несколько скважин, в которых смонтированы струйные аппараты. Это особенно важно, когда забор воды осуществляется из малodeбитных скважин.

Водоструйные установки нашли широкое распространение в сельском хозяйстве многих стран. Особенно большое число водоструйных установок как по номенклатуре, так и по количеству применяется в фермерских хозяйствах США. Струйный аппарат в этих установках изготовлен из бронзы. Водоподъемные трубы — стальные цельнотянутые оцинкованные. Соединительные резьбовые муфты изготовлены из высокопрочной стали. Применяемые в установках одноступенчатые и многоступенчатые центробежные насосы имеют горизонтальное или вертикальное исполнение. Привод насосов осуществляется от электродвигателя или через приставку с клиноремной

Размеры гидроэлеватора сварной конструкции

Таблица 10

Марка насоса	Глубина динамического уровня, м	Напор над осью насоса	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	l	l_K	l_1	l_2	l_3			Погружение под динамический уровень, м
												8"	10"	12"	
2К-6	20	26	7,2	14,0	13,6	16,5	23	8	80	90	100	340	440	560	9
	30	26	8,0	13,0	12,4	15	21	10	75	80	90	350	460	570	9
	40	26	8,3	12,0	11,5	14	20	10	70	70	80	350	460	580	10
3К-9	20	28	12,5	24	22,5	28	39	15	140	150	160	270	380	490	10
	30	28	14	22	21,0	26	36	17	130	140	150	280	390	500	10
	40	28	14,5	21	19,5	24	34	17	120	130	140	—	400	510	10
3К-6	20	54	10,2	25	23,0	29	41	12	140	150	170	370	480	590	9
	30	54	11,5	22	21,0	26	36	14	130	140	150	280	390	500	11
	40	54	12,0	21	19,5	24	34	14	120	130	140	290	400	510	12

передачей от двигателя внутреннего сгорания. Многоступенчатые насосы с промежуточным отбором воды потребителю применяются в установках для глубины водоподъема свыше 35 м. Водоструйные установки выполняются по двухлинейной и однолинейной схемам. Некоторые конструкции установок не имеют обратного клапана в струйном аппарате, а его роль выполняет распределительное устройство, смонтированное на центробежном насосе. Такая конструкция имеет повышенную эксплуатационную надежность. Водоструйные установки в значительном количестве соединяются с водо-воздушным резервуаром и системой управления, образуя автоматизированные пневматические насосные установки. Водоструйные установки благодаря высокой эксплуатационной надежности и простоте конструкции должны более широко внедряться в водоснабжение.

Объемные и инерционные водоподъемники

Принцип действия объемных насосов заключается в преобразовании энергии двигателя в энергию перемещаемой жидкости, которое осуществляется при помощи вытеснителя — поршня, винта, газа и т. д. В зависимости от вида вытеснителя объемные насосы можно разделить на поршневые, в которых рабочий орган-вытеснитель (поршень, плунжер, диафрагма) совершает возвратно-поступательное движение; роторные — с вращающимся рабочим органом (винт, шестерня, пластины и т. д.); насосы замещения, в которых вытеснителем служит газ, чаще всего сжатый воздух.

Поршневые насосы. Схема поршневого насоса показана на рисунке 19. Поршень 1 в цилиндре 2 совершает возвратно-поступательные движения. Поршень через шток 3 и кривошипно-шатунный механизм 4 соединен с двигателем. Кривошипно-шатунный механизм состоит из кривошипа, жестко соединенного с валом двигателя или трансмиссией, шатуна и ползуна, скользящего в неподвижных направляющих. При движении поршня вправо вода по всасывающей трубе 9 через всасывающий клапан 8 поступает в цилиндр, а при движении поршня влево вода через нагнетательный клапан 7 — в напорный трубопровод 5 и воздушный колпак 6. Воздушный колпак служит для уменьшения величины

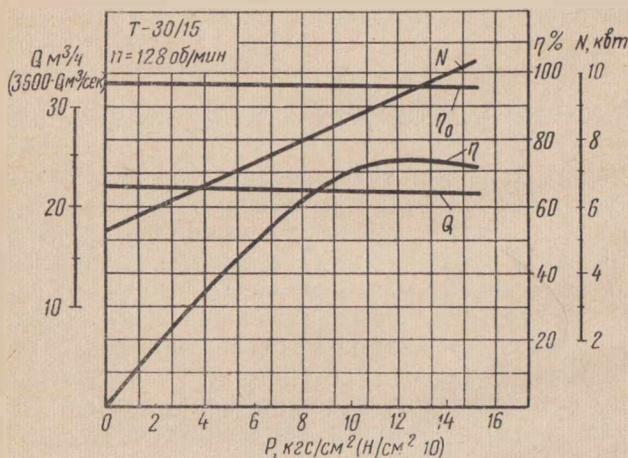
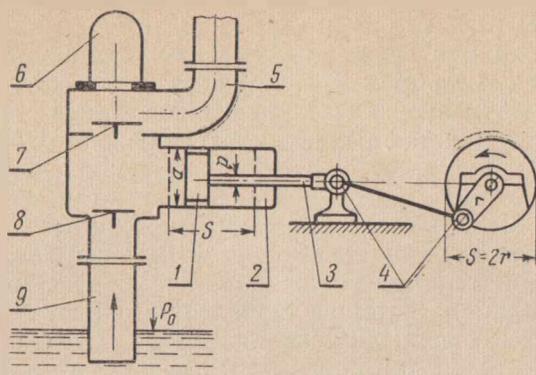


Рис. 19. Схема поршневого насоса (вверху) и рабочие характеристики поршневого насоса Т-30/15 (внизу):

1 — поршень; 2 — цилиндр; 3 — шток; 4 — кривошипно-шатунный механизм; 5 — напорный трубопровод; 6 — воздушный колпак; 7 — нагнетательный клапан; 8 — всасывающий клапан; 9 — всасывающая труба.

пульсирующего давления и равномерности подачи. Воздушный колпак устанавливается, хотя и редко, также и на всасывающем трубопроводе.

Величина подачи поршневого насоса может быть определена как объем, равный произведению площади поршня F на ход поршня S и число оборотов кривошипа в минуту n . Насос, подающий жидкость один раз за двой-

ной ход поршня, называется насосом простого или одинарного действия. Поскольку действительная подача меньше теоретической ввиду всевозможных утечек, выделения воздуха и т. д., то полученная величина подачи не будет учитывать объемные потери. Действительная подача поршневого насоса одинарного действия равна:

$$Q = \eta_{об} F S \cdot n \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (12)$$

где $\eta_{об}$ — объемный к. п. д. насоса.

В насосах двойного действия цилиндр имеет две рабочие полости и две пары клапанов. Подача с учетом площади штока f будет равна:

$$Q = \eta_{об} (2F - f) S n \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (13)$$

Как видно из приведенных формул, регулирование подачи может осуществляться в основном путем изменения числа оборотов (n) и хода поршня (S). При этом число оборотов изменяют, как правило, в сторону уменьшения по сравнению с заводскими данными.

Напор поршневого насоса складывается из тех же составляющих, что для других типов насосов. В таблицах и на характеристиках дается напор на выходе из насоса. Максимально допустимое давление нагнетания определяется прочностью деталей насоса и мощностью двигателя. С увеличением давления несколько уменьшается подача, а следовательно, и величина к. п. д., поскольку увеличиваются утечки и ухудшается наполнение цилиндра. На рисунке 19 приведена характеристика плунжерного насоса Т-30/15 (Т — трехцилиндровый; 30 — подача воды в $\text{м}^3/\text{ч}$; 15 — давление нагнетания в $\text{кгс}/\text{см}^2$). Поршневые насосы имеют жесткую характеристику, что ценно при использовании их для перекачивания жидкости с меняющейся вязкостью в зависимости от температуры. Как видно из характеристики при изменении напора, подача насоса практически не изменяется. Характеристики насосов $\eta - H(P)$ и $\eta_0 - H(P)$ показывают, что к. п. д. насоса остается постоянным в широком диапазоне изменения напора. Он снижается лишь при высоких и низких напорах. В первом случае ввиду увеличения объемных потерь, а во втором — в результате слишком малой полезной работы. Потребляемая насосом мощность N с увеличением напора равномерно возрастает. Большое практическое значение имеют характери-

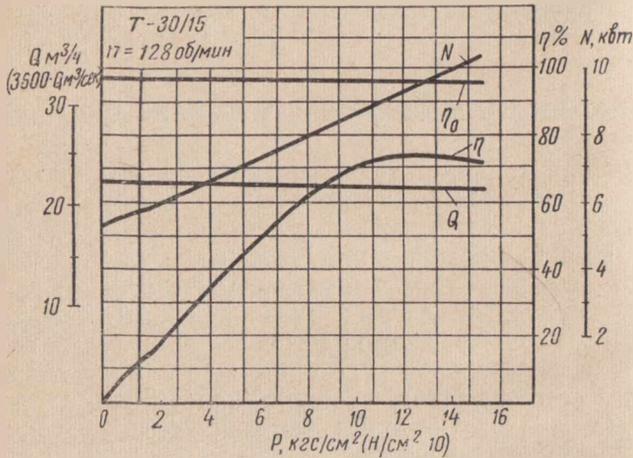
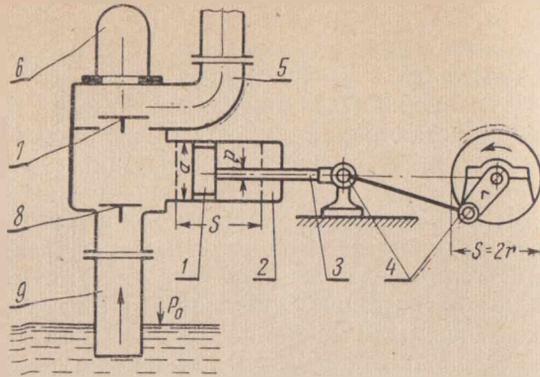


Рис. 19. Схема поршневого насоса (вверху) и рабочие характеристики поршневого насоса Т-30/15 (внизу):

1 — поршень; 2 — цилиндр; 3 — шток; 4 — кривошипно-шатунный механизм; 5 — напорный трубопровод; 6 — воздушный колпак; 7 — нагнетательный клапан; 8 — всасывающий клапан; 9 — всасывающая труба.

пульсирующего давления и равномерности подачи. Воздушный колпак устанавливается, хотя и редко, также и на всасывающем трубопроводе.

Величина подачи поршневого насоса может быть определена как объем, равный произведению площади поршня F на ход поршня S и число оборотов кривошипа в минуту n . Насос, подающий жидкость один раз за двой-

ной для поршня, называется насосом простого или оди-
 нарного действия. Поскольку действительная подача
 меньше теоретической ввиду всевозможных утечек, вы-
 теснения воздуха и т. д., то полученная величина подачи
 не будет учитывать объемные потери. Действительная
 подача поршневого насоса одинарного действия равна:

$$Q = \eta_{об} FS \cdot n \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (12)$$

где $\eta_{об}$ — объемный к. п. д. насоса.

В насосах двойного действия цилиндр имеет две ра-
 бочие полости и две пары клапанов. Подача с учетом
 утечек и потока f будет равна:

$$Q = \eta_{об} (2F - f) Sn \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (13)$$

Как видно из приведенных формул, регулирование по-
 дачи может осуществляться в основном путем изменения
 числа оборотов (n) и хода поршня (S). Причем число
 оборотов изменяют, как правило, в сторону уменьшения
 по сравнению с заводскими данными.

Напор поршневого насоса складывается из тех же
 составляющих, что для других типов насосов. В табли-
 цах и на характеристиках дается напор на выходе из на-
 соса. Максимально допустимое давление нагнетания оп-
 ределяется прочностью деталей насоса и мощностью
 двигателя. С увеличением давления несколько уменьша-
 ется подача, а следовательно, и величина к. п. д., по-
 скольку увеличиваются утечки и ухудшается наполнение
 цилиндра. На рисунке 19 приведена характеристика
 реверсивного насоса Т-30/15 (Т — трехцилиндровый;
 30 — подача воды в $\text{м}^3/\text{ч}$; 15 — давление нагнетания в
 $\text{кг}/\text{см}^2$). Поршневые насосы имеют жесткую характе-
 ристику, что ценно при использовании их для перекачи-
 вания жидкостей с меняющейся вязкостью в зависимости
 от температуры. Как видно из характеристики при изме-
 рении напора, подача насоса практически не изменяется.
 Характеристики насосов $\eta - H(P)$ и $\eta_{об} - H(P)$ показы-
 вают, что к. п. д. насоса остается постоянным в широком
 диапазоне изменения напора. Он снижается лишь при
 высоких и низких напорах. В первом случае ввиду уве-
 личения объемных потерь, а во втором — в результате
 слишком малой полезной работы. Потребляемая насосом
 мощность N с увеличением напора равномерно возра-
 стает. Большое практическое значение имеют характери-

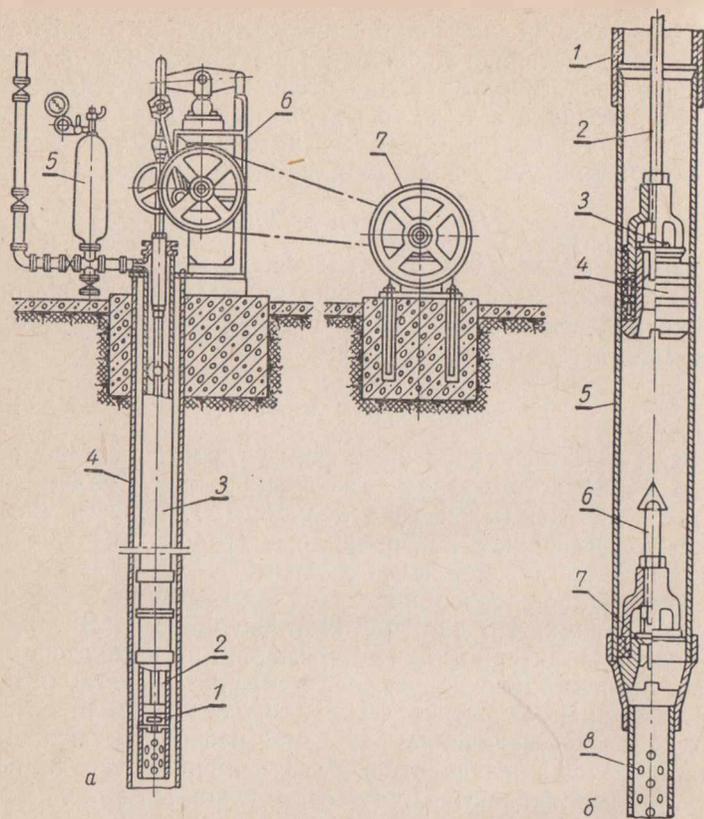


Рис. 20. Поршневой штанговый насос Бурвод III:

a — общий вид: 1 — приемный клапан; 2 — цилиндр насоса; 3 — водоподъемная труба; 4 — обсадная труба; 5 — воздушный колпак; 6 — водоподъемная лебедка; 7 — привод с трансмиссией. *б* — насосная часть: 1 — водоподъемная труба; 2 — штанга; 3 — нагнетательный клапан; 4 — поршень; 5 — цилиндр; 6 — штырь; 7 — всасывающий клапан; 8 — всасывающий патрубок.

стики, выражающие изменение подачи воды и коэффициента полезного действия от вакуумметрической высоты всасывания. Эти характеристики получают при постоянном давлении нагнетания. Они позволяют установить максимально возможную высоту всасывания при заданном числе оборотов. Анализ универсальных характеристик поршневых насосов показывает, что путем изменения числа оборотов можно при необходимости регулировать подачу в большом диапазоне без снижения к.п.д.

В сельском хозяйстве для подъема воды из трубчатых и шахтных колодцев в эксплуатации находится ряд конструкций штанговых поршневых насосов. Характеристики насосов с приводом от электродвигателя и двигателя внутреннего сгорания приведены в таблице 11.

Таблица 11

Технические характеристики поршневых штанговых насосов

Марка насоса	Поддача воды, ж/ч	Напор, м	Диаметр цилиндра, мм	Число двойных ходов, мин	Эффективность, %
ШН-3,5 (двойного действия)	3,5	50	75	50	2,8
«Буровая техника» (простого действия). Установки выпускались трех модификаций	3—10	До 100	75,92,145	35—40	7
«Бурвод-III» (дифференциального действия)	4—10	70	92,145	40	6,5—10
ШМ-III (двойного действия)	8	60—100	92	40	10
ВЛМ(Ю) (одинарного действия)	4,5	100	92	25—40	7
«Баки»	5—13	80—100	92,145	15—30	7

На рисунке 20 приведена наиболее распространенная конструкция поршневого штангового насоса «Бурвод-III». Поршень проходного типа с нагнетательным клапаном, а всасывающий клапан расположен в неподвижном корпусе. Внутренний диаметр цилиндра меньше диаметра водоподъемных труб, что позволяет вынимать клапаны для осмотра без полного демонтажа. Уплотнением между поршнем и цилиндром служат манжеты или кольца. Всасывающий патрубок снабжен фильтром. Штанга соединяет поршень насоса с кривошипно-шатунным механизмом. Трубчатая штанга состоит из отдельных звеньев, которые соединяются муфтами. В муфтах имеются проушины для установки направляющих роликов.

Водоподъемная лобедка представляет собой механизм, преобразующий вращательное движение приводного вала в прямолинейное возвратно-поступательное движение ползуна, на котором укрепляется шток, соединенный со штангами насоса. При движении поршня вниз всасывающий клапан закрыт и вода из цилиндра через

нагнетательный клапан поступает в водоподъемную трубу. При движении поршня вверх закрывается нагнетательный клапан, а через всасывающий происходит заполнение объема цилиндра водой. Для получения более равномерной подачи имеется плунжер, который делит подаваемый объем воды на две части так, что при движении штанги вверх в напорный трубопровод из переходной коробки вытесняется половина забранного объема, а при движении вниз — вторая половина. Такие насосы называются насосами дифференциального действия. Изменение величины хода поршня насоса достигается перестановкой пальцев в рабочей шестерне. Привод лебедки осуществляется чаще всего от плоскоременной передачи. Для перевода ремня с холостого шкива на рабочий предусмотрено устройство, состоящее из рейки с переводной вилкой. Благодаря трансмиссии и сменным шкивам можно регулировать число оборотов. Привод лебедки осуществляется как от электродвигателя, так и двигателя внутреннего сгорания.

Одной из последних конструкций является штанговый поршневой насос «Бакы», который создан на основе установки «Бурвод-III». Особенности этой установки заключаются в следующем: колонны штанг уравниваются грузами, установленными либо на кривошипе, либо подвешенными к грузовым канатам; поверхностная часть установки может быть соединена с подземной частью оборудования любого вида; закрытый редуктор укомплектован шестернями с зацеплением Новикова; модернизированы все узлы установки. Вариант установки «Бакы» с применением полых штанг позволяет отказаться от насосно-компрессорных труб и тем самым сократить металлоемкость насоса на 50—60%. В этом случае представляется возможным производить обратную промывку скважин без подъема подземного оборудования.

Поршневые насосы благодаря своим конструктивным особенностям хорошо соединяются с ветродвигателями. В настоящее время создан ряд работоспособных конструкций ветронасосных агрегатов. Примером таких установок служат ТВМ-3 с поршневым насосом НП-95 и ТВ-8 с поршневым насосом НИ-102. Ветронасосный агрегат ТВМ-3 предназначен для подъема воды из шахтных колодцев глубиной до 30 м при подаче воды 2 м³/ч, с перекачкой воды в водонапорную башню или непосредственно потребителю. Ветронасос-

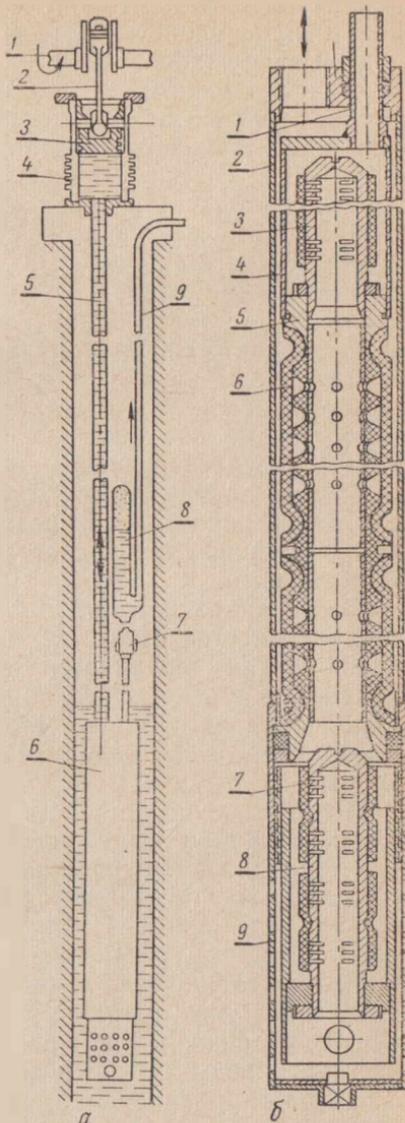
Рис. 21. Диафрагменный насос ДН-50М:

а — схема установки; 1 — вал; 2 — шпунт; 3 — поршень; 4 — цилиндр; 5 — труба гидропривода; 6 — рабочий орган; 7 — устройство для спуска воды; 8 — воздушный козырек; 9 — напорный трубопровод. б — рабочий орган: 1 — магнетальный патрубок; 2 — корпус; 3 — магнетальный клапан; 4 — корпус клапана; 5 — труба; 6 — диафрагма; 7 — резиновые пластины; 8 — всасывающий клапан; 9 — сетка.

ные агрегаты типа ТВ-8 могут применяться для подъема воды из трубчатых колодцев глубиной до 100 м при подаче воды 1,9 м³/ч. Для перекачки небольшого количества воды до 0,5 л/сек при напорах до 30 м применяются поршневые насосы с ручным приводом типа БКР, ВНР и ЖНР. Первые два типа насосов применяются для подачи воды из близко расположенных поверхностных водоисточников и имеют высоту всасывания до 5 м, а в насосе ЖНР-1 корпус с поршнем может отсоединяться от колонки и устанавливаться на глубине до 30 м.

Общими конструктивными недостатками поршневых насосов являются: значительная металлоемкость, неравномерность подачи и давления, низкая эксплуатационная надежность, обусловленная в основном обрывом штанг и износом поршневых манжет.

Диафрагменные насосы. Эти насосы нашли применение для откачки воды из котлованов при строительстве



и подачи воды из открытых источников. Из конструкций диафрагменных насосов для подъема воды из колодез заслуживает внимания насос марки ДН-50М.

Диафрагменный насос ДН-50М (рис. 21) предназначен для работы в скважинах диаметром не менее 6 дюймов и шахтных колодцах при высоте подъема воды до 50 м. Насос состоит из пульсатора с приводом, которые располагаются на поверхности земли, рабочего органа, погруженного под динамический уровень в водоисточник, и системы трубопроводов. Коленчатый вал 1 пульсатора через клипоременную передачу и редуктор получает вращение от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания. Поршень пульсатора 3 шатуном 2 связан с коленчатым валом и совершает возвратно-поступательные движения в цилиндре 4, заполненном жидкостью. Переменное давление жидкости в трубе гидропривода 5 передается диафрагме рабочего органа.

Рабочий орган насоса ДН-50М состоит из корпуса 2, в котором расположены всасывающий 8 и нагнетательный 3 клапаны, оребренная труба 5 и четыре резиновые диафрагмы 6. К корпусу нагнетательного клапана 4 присоединен нагнетательный патрубок 1, а во фланце корпуса имеется отверстие с резьбой, через которое рабочий орган соединяется с гидроприводом.

Насос работает следующим образом. При движении поршня пульсатора вниз импульс давления передается диафрагме, и она вдавливается в пазы оребренной трубы.

Вода из корпуса оребренной трубы через нагнетательный клапан выдавливается в напорный трубопровод. При движении поршня пульсатора вверх давление на диафрагму уменьшается, и она занимает первоначальное положение. В полости оребренной трубы давление понизится, резиновые пластины 7 всасывающего клапана 8 отогнутся, и вода из водоисточника через сетку 9 поступит в корпус рабочего органа. После повышения давления в гидроприводе диафрагма вновь будет нагнетать воду в напорный трубопровод.

Труба гидропривода имеет диаметр 1 1/2" и заполняется водой, кроме пульсатора и верхней части трубы — 5—6 м, которые заполнены веретеным маслом или маслом марки АМГ. Масло в пульсаторе и верхней части трубы гидропривода необходимо для предохранения системы от замерзания.

На напорном трубопроводе устанавливается устройство для спуска воды 7 при остановке насоса и воздушный колпак 8 для сглаживания пульсации потока воды.

Напорный трубопровод выполняется из полиэтиленовых или стальных труб диаметром 1", которые хомутами соединяются с трубой гидропривода.

Пульсатор, детали которого заимствованы от двигателя Д-37М, устанавливается на раму, прочно закрепленную на фундаменте. На отдельном фундаменте устанавливается двигатель, который соединяется с пульсатором клиноременной передачей.

Диафрагменный насос ДН-50М обеспечивает подачу 2—3 м³/ч при напоре до 50 м и к.п.д. 0,3. Вес комплекта насоса 750 кг. Выпуск насосов производится Манкентским заводом «Сельмаш». Установки ДН-50М успешно эксплуатируются в условиях пастбищного водоснабжения. Недостатком насоса является сложность монтажа и повышенные требования к герметичности гидропривода.

Объемные роторные насосы. Рабочий орган этих насосов совершает не возвратно-поступательное движение, а вращательное. Это позволяет отказаться от кривошипно-шатунного механизма, а следовательно, значительно упростить конструкцию.

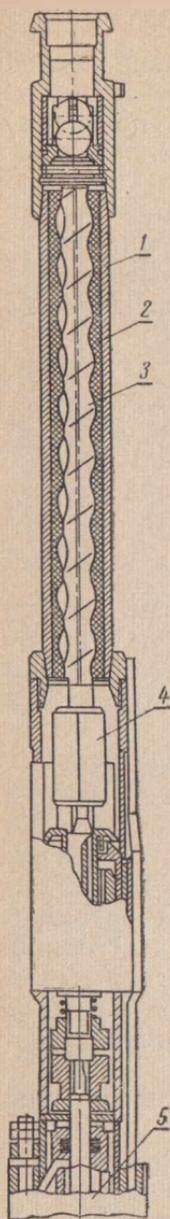
Винтовые насосы наиболее распространенный вид роторных насосов, обладают существенными преимуществами по сравнению с поршневыми насосами. Они обеспечивают равномерную подачу, причем характеристика винтового насоса $Q-H$ аналогична характеристике поршневого насоса. Эти насосы могут развивать высокие давления, имеют большую высоту всасывания, высокий коэффициент полезного действия и сравнительно просты по конструкции. Винтовые насосы работают как на чистой воде, так и на загрязненных жидкостях с включением взвеси.

Винтовые насосы имеют следующие основные узлы: корпус насоса 1, обойму 2, винт 3, шарнир или эксцентриковую муфту 4 (рис. 22). Шаг винтовой поверхности обоймы T равен удвоенному шагу рабочего винта.

Винт, вращаясь в обойме, которая имеет профилированную поверхность, создает замкнутые полости и перемещает жидкость в соответствии с шагом. Подача винтового насоса зависит от объема замкнутых полостей,

Рис. 22. Винтовой насос ИВВ-1,6/16:

1 — корпус насоса; 2 — обойма; 3 — винт; 4 — эксцентриковая муфта; 5 — электродвигатель.



образованных в единицу времени. При установившемся вращении винта жидкость движется с постоянной скоростью. При перемещении жидкости в замкнутых полостях напор повышается и на выходе равен максимальной величине.

Любое поперечное сечение винта, перпендикулярное оси вращения, является кругом, а центры этих кругов лежат на винтовой линии, ось которой является осью вращения винта. Расстояние центра поперечного сечения винта от оси вращения называется эксцентриситетом. Сечением внутренней полости обоймы является овал, состоящий из двух полуокружностей, соединенных общими касательными. Расстояние между центрами полуокружностей равно четырем эксцентриситетам.

При вращении винт совершает сложное планетарное движение, состоящее из вращения винта вокруг собственной оси и вращения винта по орбите с радиусом, равным эксцентриситету винта.

Винтовые насосы обладают высокой износостойкостью при перекачке жидкости, содержащей механические примеси. Это объясняется тем, что основная масса жидкости перекачивается, минуя линию контакта обоймы и винта, та же часть, которая вдавливается в обойму, в основном также выносится из насоса потоком жидкости.

Подача одновинтовых насосов определяется по формуле:

$$Q = \eta_{об} 4eDTn \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (14)$$

где $\eta_{об}$ — объемный коэффициент полезного действия;

e — эксцентриситет, м;

D — диаметр сечения винта, м;

H — напор, развиваемый насосом, в м. В настоящее время в эксплуатации находятся винтовые горизонтальные насосы НВ-18-30, ВН-5-30 и др. Конструктивная компоновка погружных установок с винтовым насосом аналогична установкам с центробежными насосами. Для подъема воды из шахтных и трубчатых колодцев выпускается ряд установок винтовых насосов как с поверхностными двигателями, так и с погружными.

В сельскохозяйственном водоснабжении успешно эксплуатируются винтовые водоподъемники Батайского ремонтно-механического завода. Одна из конструкций водоподъемника 1В-20/3 приведена на рисунке 23. Водоподъемник может соединяться с электродвигателем (ВЭ), двигателем внутреннего сгорания «Дружба» (ВД) или конным приводом. Особенностью этих водоподъемников является измененное соотношение эксцентриситета к диаметру винта и некоторые конструктивные усовершенствования, позволившие создать тихоходный насос с незначительными габаритами при к.п.д. 0,6—0,7.

Установка состоит из следующих основных узлов: съемного привода с редуктором 1, колонны трансмиссионных труб 2, приводного вала 3, винтового насоса 4, сливного устройства 5, водонапорной трубы 6, водоразборного патрубка 7. Движение от привода через вал, который вращается в резиновых подшипниках, передается винтовому насосу. Винтовой насос состоит из винта 8, обоймы 9, корпуса 10, обратного клапана 11 и всасывающего патрубка с фильтром 12. Винт насоса однозаходный, левый с эксцентриситетом 10,8 мм и шагом 72 мм. Обратный клапан удерживает воду в трубах ниже сливного устройства, чем предохраняет резиновые подшипники от работы «всухую». Для обеспечения бесперебойной работы водоподъемника в зимнее время на водонапорной трубе ниже уровня промерзания грунта монтируется сливное устройство 5, через которое выпускается вода при остановке насоса.

Винтовые водоподъемники Батайского завода хорошо зарекомендовали себя в различных эксплуатационных условиях при годовом колебании температуры от +40°C до -40°C. Простота монтажа и демонтажа привода и его малый вес позволяют использовать один двигатель для обслуживания нескольких водоподъемных установок. Эти водоподъемники создают напор до 40 м при подаче воды 1,0 л/сек и затратах энергии 1,7 квт.

Число оборотов приводного вала от 300 до 900 в мин.
Вес насосного агрегата до 300 кг.

К винтовым насосам с погружным электродвигателем, применяемым в сельскохозяйственном водоснабжении, относится установка 1ВВ-1,6/16, предназначенная для водоподъема из трубчатых колодцев (рис. 22).

Комплектуемое оборудование установки винтового насоса 1ВВ-1,6/16 аналогично оборудованию погружных центробежных насосов ЭЦВ и состоит из колонны водо-подъемных труб, токоподводящего кабеля, опорной плиты, станции управления, колена с фланцем, трехходового крана и манометра. Дополнительным элементом установки является предохранительный клапан, который располагается в нижней трубе. Необходимость предохранительного клапана обусловлена защитой насоса и водо-подъемных труб от повышенного давления.

Насос предназначен для подъема воды из трубчатых колодцев с диаметром обсадной колонны не менее 5 дюймов. Наличие механических примесей в воде допускается до 0,2% по весу.

Насосная часть погружного агрегата состоит из головки с обратным клапаном, обоймы рабочего винта, соединенного с промежуточным валом посредством эксцентриковой муфты и других деталей. Обойма представляет собой стальной цилиндр диаметром 2 дюйма, внутрь которого теплохимическим способом вварена резина с двухзаходной винтовой поверхностью. Эксцентриковая муфта позволяет винту располагаться соосно с приводным валом. Все узлы насоса работают в перекачиваемой жидкости, которая одновременно является и смазкой, поскольку основные детали обрешиненные. Выше подшипников имеется отражатель, который препятствует проникновению механических примесей в полость опорных подшипников и гидродинамической пяты.

Рабочий винт насоса стальной, диаметром 25,7 мм, однозаходный, правого вращения, с шагом $t = 44$ мм. Рабочая часть винта длиной 465 мм хромирована. Толщина слоя хромированной поверхности 100—120 мк.

Поскольку в насосе применена самостоятельная осевая опора, значительно разгружена опора приводного электродвигателя от осевых сил, что позволяет эксплуатировать агрегат при высоких напорах.

Вал насоса с электродвигателем соединяется подпружиненной торцовой косозубой муфтой односторон-

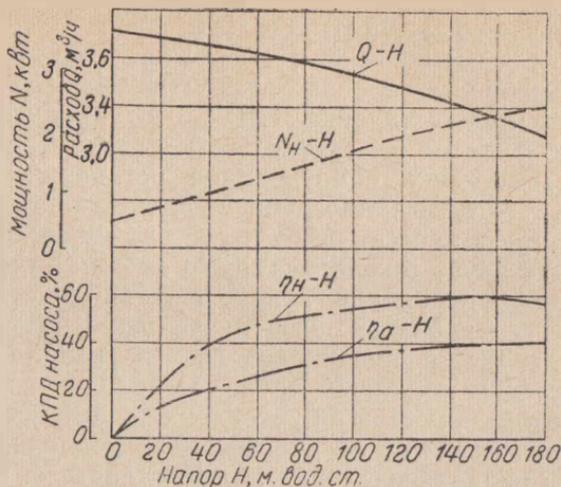


Рис. 24. Рабочие характеристики насоса 1ВВ-1,6/16.

него действия. Наличие такой муфты облегчает запуск агрегата при случайных дополнительных сопротивлениях и предотвращает повреждение рабочей пары при запуске электродвигателя в обратную сторону.

В качестве двигателя в установке применен погружной электродвигатель ПЭДВ-2,8-114.

Межремонтный период работы установки 1ВВ-1,6/16 составляет 3500—4000 час. Рабочая характеристика насоса приведена на рисунке 24, где η_a — коэффициент полезного действия насосного агрегата, η_n — коэффициент полезного действия насоса.

В отечественном сельскохозяйственном водоснабжении нашли некоторое применение погружные винтовые насосы чехословацкой фирмы Sigma. При напоре 50 м они обеспечивают подачу 1 л/сек и агрегатируются с погружным электродвигателем мощностью 1 квт. Конструктивное исполнение этих насосов аналогично винтовым насосам 1ВВ—1,6/16.

Помимо винтовых насосов, к роторным насосам относятся шестеренчатые, шиберные (со скользящими графитовыми или пластмассовыми пластинками), роторно-лопастные и водокольцевые (с жидкостным поршнем). Эти насосы применяются в основном для перекач-

ки вязких жидкостей (шестеричатый), а также для откачивания воздуха из замкнутого пространства и создания давления ниже атмосферного. Насосы для создания вакуума называются вакуум-насосами и в сельском хозяйстве нашли применение как вспомогательные агрегаты при запуске крупных центробежных насосов и в доильных установках.

Водокольцевые насосы КВН производительностью 0,4—0,8 м³/мин воздуха создают вакуум 7—8 м. Насосы РМК и ВВН-3 создают вакуум 9—9,6 м при производительности до 27 м³/мин. В некоторых случаях водокольцевой насос объединяют в одном агрегате с центробежным равной или большей производительности, благодаря чему агрегат имеет сравнительно высокий к. п. д. и обладает самовсасывающей способностью. Примером такого агрегата может служить БМПа — бензомоторная помпа, предназначенная для перекачки воды, керосина и бензина, с подачей от 3,6 до 36 м³/ч, при напоре от 10 до 36 м.

Пневматические насосы замещения. В последние годы в сельскохозяйственном водоснабжении находят применение объемные насосы замещения, в которых роль вытеснителя выполняет сжатый газ, чаще всего воздух. Основные достоинства этих насосов: простота водоподъемного узла, находящегося в колодце; воз-

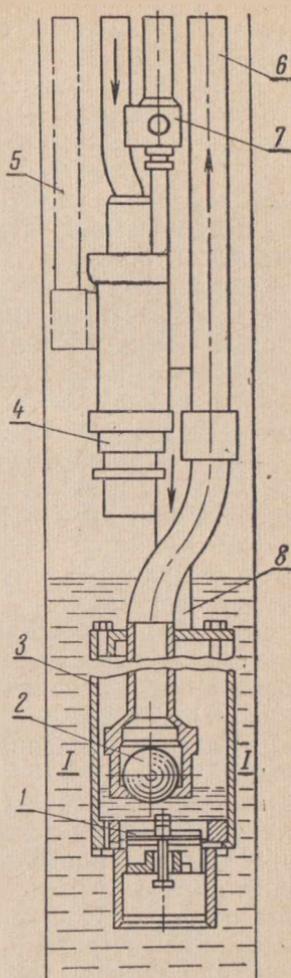


Рис. 25. Пневматический насос замещения с регулированием по давлению: 1 — всасывающий клапан; 2 — клапан; 3 — рабочая камера; 4 — распределительное устройство; 5 — патрубок; 6 — нагнетательный трубопровод; 7 — регулятор давления; 8 — патрубок.

возможность работы в малодобитных и пескующихся колодцах; независимое расположение водоподъемного узла и генератора-вытеснителя, автоматизация работы всех узлов установки.

На рисунке 25 показан рабочий узел пневматического насоса замещения. Регулирование работы насоса осуществляется изменением давления в ресивере. Рабочая камера 3 погружена под динамический уровень в водисточник. Автоматическое распределительное устройство 4 находится в воздухе и соединено с рабочей камерой патрубком 8.

Сжатый воздух поступает из ресивера в регулятор давления 7. При достижении заданного давления регулятор давления сообщает импульс распределительному устройству 4, и воздух по трубопроводу 8 поступает в рабочую камеру 3. Сжатый воздух вытесняет воду из камеры через клапан 2 в нагнетательный трубопровод 6. Вытеснение воды будет происходить до тех пор, пока уровень воды в камере не понизится до отметки 1—1'. Давление при этом в ресивере уменьшится, и подача воздуха в камеру прекратится. Из рабочей камеры воздух через распределительное устройство 4 по патрубку 5 будет поступать в атмосферу или по всасывающую магистраль компрессора. При этом напорный клапан 2 закроется, а через всасывающий клапан 1 рабочая камера вновь будет наполняться водой. При повышении давления в ресивере до величины, которая установлена на регуляторе давления, автоматическое распределительное устройство соединит ресивер с камерой водоподъемника. Так будет осуществляться автоматизация циклической работы водоподъемника. В зависимости от необходимого напора устанавливается давление сообщения камеры с ресивером и давление отключения камеры от ресивера. Экспериментально установлено, что давление отключения должно быть на $0,1 \text{ кгс/см}^2$ и давление, при котором ресивер сообщается с камерой, на $0,3—0,4 \text{ кгс/см}^2$ больше необходимого напора.

На рисунке 26 приведена конструкция насоса замещения с поплавковым регулятором. Насосный узел установки также погружается в колодец под динамический уровень, и вода через клапан 1 заполняет цилиндр 2 и объем кольцевого зазора 3. При повышении уровня в цилиндре поплавков 4 поднимается по штоку 9, а воздух из объемов 2 и 3 вытесняется через клапан 6 в отвод-

ную трубу 7. Поплавок, достигнув верхнего упора 8, приподнимает шток и клапан 6, при этом открываются воздухопускные клапаны 5 и перекрывается воздухоотводная труба 7. Сжатый воздух от компрессора по трубопроводу 10 через клапаны 5 поступает в цилиндр 2 и выдавливает из него воду по кольцевому зазору и каналам 11 через нагнетательный клапан 12 в напорный трубопровод 13.

При понижении уровня воды поплавок опускается до нижнего упора 14 и опускает также шток 9, тем самым открывая клапан 6 и закрывая клапаны 5. Таким образом протекают и все последующие циклы.

Эти пневматические насосы замещения обеспечивают подачу 1 л/сек при напорах до 40 м, при к.п.д. 0,3.

Помимо однокамерных пневматических насосов замещения имеются двухкамерные установки. В этих установках сжатый воздух, поступая из распределителя, вытесняет воду в одной из камер, а другая камера подключается к всасывающей линии компрессора, что обеспечивает ее наполнение водой. После опорожнения первой камеры воздухораспределитель производит переключение, и воздух, поступая во вторую камеру, вытесняет из нее воду. Таким образом, происходит попеременное всасывание и нагнетание то в первой, то во второй камерах. В этих установках распределитель поплавкового типа.

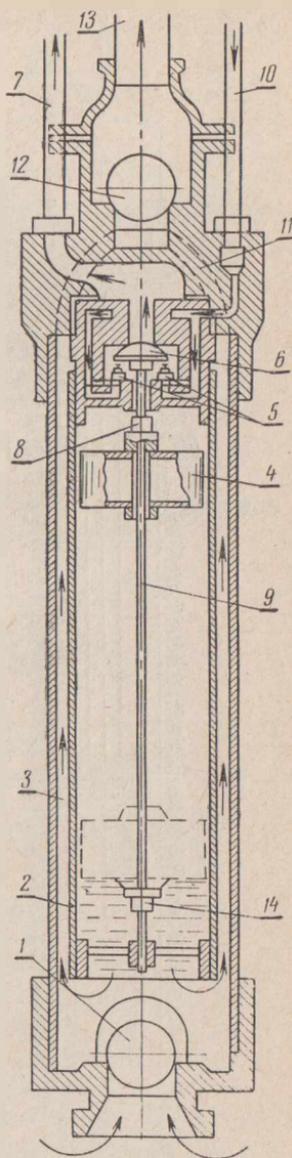


Рис. 26. Пневматический насос замещения с поплавковым регулятором.

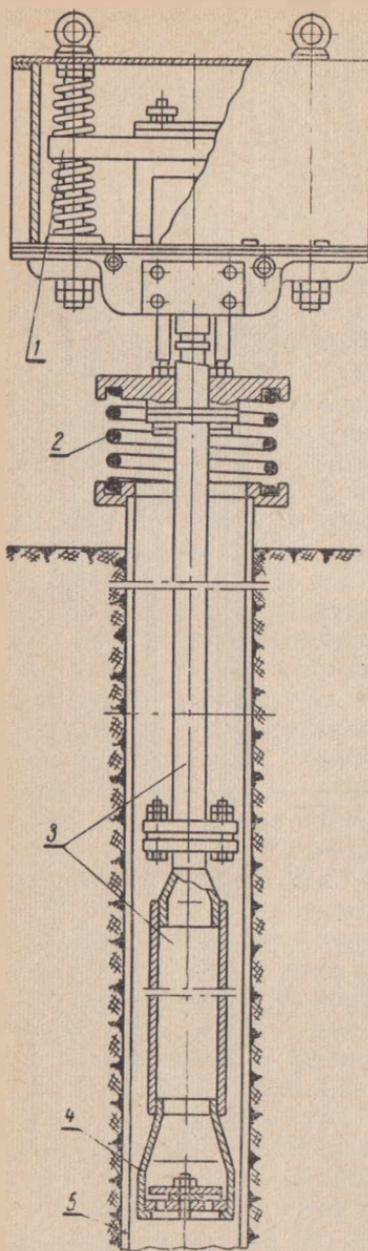


Рис. 27. Вибрационный водо-
подъемник ВПУ-1.

Генератором сжатого воздуха в установках с насосом замещения может быть практически любой компрессор, обеспечивающий необходимое давление. В эксплуатации хорошо зарекомендовали себя четырехцилиндровые мембранные компрессоры, работающие без смазки, а также компрессоры с автоматиче-
ской конструкции насосной части работоспособность водоподъемной установки определяется эксплуатационными показателями компрессора.

К насосам вытеснения относятся также газовые безмоторные насосы, в которых роль вытеснителя выполняет газ продуктов сгорания. Газовые безмоторные насосы нашли ограниченное применение в сельскохозяйственном водоснабжении. В настоящее время имеется только несколько установок этих насосов, которые используют продукты сгорания природного газа, поступающего от магистрального газопровода. Известны также насосы, использующие в качестве вытеснителя продукты сгорания метана, газа, образованного в канализационных сборниках на фермах.

Инерционные водоподъемники. Эти водоподъемники являются дальнейшим развитием насосов объем-

ного типа. При эксплуатации поршневых насосов было замечено, что при определенных условиях объемный к. п. д. превышает единицу. Такое явление объясняется инерционными свойствами перекачиваемой жидкости. Эти свойства были использованы для создания инерционных водоподъемников.

В качестве привода этих насосов используются вибраторы.

Конструктивно инерционные водоподъемники разделяются на два типа: с поверхностным и погружным вибраторами. Рабочим органом водоподъемника является клапанный узел, совершающий периодические колебания. В качестве источника колебаний используется механический вибратор с приводом от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания, электромагнитный вибратор, ветродвигатель. Поскольку во всех конструкциях используется колебательный привод, такие водоподъемники получили название вибрационных.

Вибрационный водоподъемник с поверхностным вибратором состоит из вибратора 1, пружинного амортизатора 2, водоподъемных труб 3 и клапанного узла 4. На рисунке 27 показан водоподъемник ВПУ-1 Московского завода «Динамо» им. С. М. Кирова, у которого в качестве источника колебания служит электромагнитный вибратор резонансного типа. Питание электромагнита осуществляется от однофазной сети переменного тока 220 в (50 гц) через селеновый однополупериодный выпрямитель. При частоте колебаний 3000 в 1 мин и по-

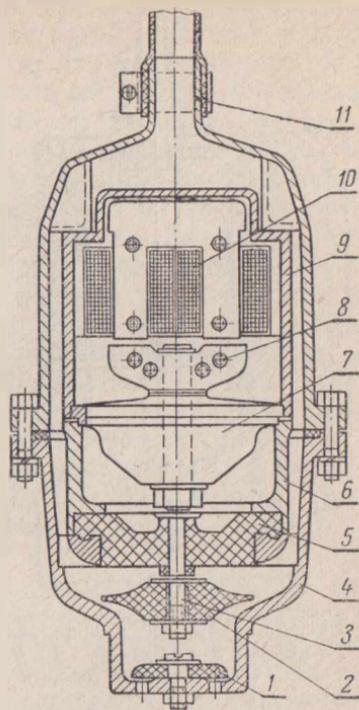


Рис. 28. Объемно-инерционный водоподъемник НЭВ-1/20:

1 — клапан; 2 — рабочий орган-поршень; 3 — штырь; 4, 6, 9, 11 — корпусные детали; 5 — диафрагма; 7 — амортизатор; 8 — ярмо; 10 — катушки с сердечником.

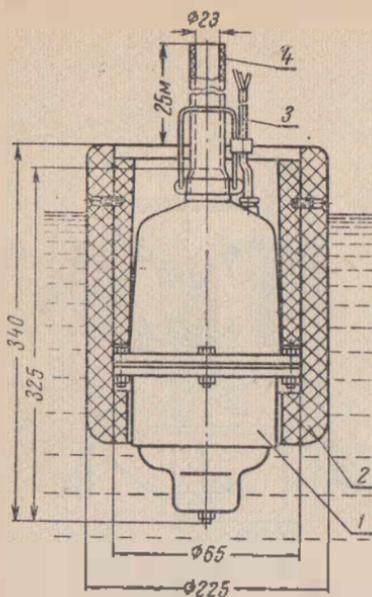


Рис. 29. ИЭВ-1/20 в поплавке:
1 — насос; 2 — поплавок; 3 — ка-
бель; 4 — шланг.

воздействует на жидкость, сообщая ей периодические импульсы давления. В результате периодического изменения давления над клапаном происходит приток жидкости из водозаборника в водоподъемную трубу и движение по ней. Если водоподъемник используется в мелкотрубчатых колодцах, то клапан может располагаться не на конце трубы, а вдоль трубы. При этом нижний конец трубы делается глухим.

В установках с поверхностными вибраторами при водоподъеме с глубин выше 100 м устанавливается не один, а несколько клапанов вдоль колонны водоподъемных труб.

Подача вибрационных водоподъемников определяется параметрами колебаний (амплитудой и частотой) и конструктивными особенностями (длиной, диаметром и материалом водоподъемных труб). Поскольку вибрационный водоподъемник является колебательной системой, то представляется возможным подбирать парамет-

требляемой мощности 700 вт он обеспечивает подачу воды до 1 л/сек с глубины до 25 м.

Установки, в которых в качестве источника колебаний используются вибраторы общего назначения с направленными колебаниями ИВ-35 (С-389), ИВ-36 (С-840), ИВ-38 (С-842) и другие типы маятниковых и двухвалковых вибраторов, обеспечивают подъем воды с глубины 20—40 м при подаче до 8 м³/ч.

Принцип действия вибрационного водоподъемника с поверхностным вибратором заключается в передаче колебательной энергии от источника колебаний клапанному узлу через колонну водоподъемных труб. Клапан

сообщает столбу жидкости периодические импульсы давления. В результате периодического изменения давления над клапаном происходит приток жидкости из водозаборника в водоподъемную трубу и движение по ней. Если водоподъемник используется в мелкотрубчатых колодцах, то клапан может располагаться не на конце трубы, а вдоль трубы. При этом нижний конец трубы делается глухим.

ры установки таким образом, чтобы она работала в резонансном режиме. Примером такой установки является водоподъемник ВПУ-1. Настройка на резонансный режим в зависимости от глубины водоподъемника осуществляется сменными грузами на катушке вибратора. При определенном соотношении длины водоподъемной трубы и частоты колебаний амплитуда колебаний поверхностной части установки близка нулю, а клапанный узел имеет максимальную амплитуду. Величина подачи воды за цикл колебаний определяется в основном разностью давления у клапана в трубе и в затрубном пространстве. В водоподъемных установках в зависимости от их параметров могут применяться различные конструкции клапанов. В низкочастотных установках применяются пластинчатые клапаны с малоинерционными металлическими или резиновыми пластинами.

Погружные вибрационные насосы обладают повышенным к.п.д. и незначительной металлоемкостью, а также имеют преимущество перед поверхностными вибрационными насосами.

В погружном вибрационном водоподъемнике рабочий орган-клапан непосредственно соединен с источником колебаний и находится в одном корпусе. Корпус погружается под динамический уровень в водоносточник и через шланг или трубопровод сообщается с потребителем. В качестве привода в погружных установках в основном применяется электромагнитный вибратор.

Для подъема воды из шахтных колодцев и открытых водоемов распространение получили объемно-инерционные насосы, в которых объединены свойства объемных и инерционных насосов. Примером такой конструкции служит установка НЭБ-1/20 Московского завода «Динамо» им. С. М. Кирова (рис. 28). Электромагнитный вибратор резонансного типа помещен в корпус, который состоит из деталей 9 и 6, отлитых под давлением.

Две катушки 10 и сердечник залиты эпоксидной смолой в селуминовом корпусе 9. Якорь электромагнита 9 установлен на штыре 3 и благодаря резинометаллическому амортизатору 7, регулировочным прокладкам и гайке находится на расстоянии 3—3,6 мм от катушечной части электромагнитного вибратора. Резинометаллический амортизатор состоит из селуминового фланца, стальной обоймы и эластичного наполнителя. В качестве эластичного наполнителя применяются формованные ре-

зиновые смеси. Штырь проходит через резиновую диафрагму 5, которая центрирует его и разделяет электромагнитную и гидравлическую части водоподъемника. На штоке установлен рабочий орган-поршень 2, изготовленный из резины. Все детали электромагнита соединяются при помощи наружных корпусных деталей 4 и 11 и стягиваются болтами. В приемной части корпуса 4 имеются проходные отверстия, которые закрываются клапаном 1. На корпусную деталь 11 надевается гибкий шланг и закрепляется хомутом со скобой. Скоба служит для переноса насоса. Подвод электроэнергии к электромагниту производится по кабелю, который натяжным устройством с сальником крепится к корпусу 9 и хомутом к скобе. Жесткое крепление кабеля предотвращает его от перетирания во время работы. На рисунке 29 показан насос в комплекте с поплавком. Насос 1 устанавливается в поплавок 2, состоящий из двух пенопластовых цилиндрических вставных частей, которые крепятся пластмассовыми или металлическими шпильками. Кабель 3 и шланг 4 крепятся к переносной скобе. Таким образом обеспечивается как рабочее, так и транспортное положение установки. Поплавок рассчитан таким образом, что установка находится в плавающем положении как при работе, так и при отсутствии подачи.

Принцип работы насоса заключается в следующем. В установке, погруженной в воду, вода заполняет всасывающую полость насоса. При включении электромагнита в сеть рабочий орган-поршень 2 колеблется с частотой 6000 в *мин*. Когда поршень движется вниз, клапан 1 плотно прижимается к седлу, и вода через зазор между поршнем и корпусной деталью 4 выжимается в надпоршневой объем. При движении поршня вверх концы эластичного поршня прижимаются к корпусу. При этом происходит понижение давления во всасывающей части, клапан 1 открывается и вода из источника поступает в насос. Одновременно жесткая средняя часть поршня сообщает жидкости, находящейся над поршнем, импульс давления. Таким образом, в установке объединены элементы как объемного, так и инерционного насосов. Далее вода поступает в межкорпусный объем, охлаждает электромагнитный привод и по гибкому шлангу подается потребителю. Питание электромагнита осуществляется от сети переменного однофазного тока 220 в. Затраты энергии при работе насоса составляют 200—250 вт.

Максимальная подача до 30 м при подаче воды до 0.2 л/сек. Максимальная подача до 1 л/сек при напоре объекта установки 8 кг.

1 м. Вес комплекта инерционных свойств жидкости в различных типах

Использование одоподъемного оборудования — прогрессивное направление, которое позволит значительно повысить коэффициент полезного действия водоподъемного оборудования. Например, пульсирующая подача рабочей жидкости в струйный аппарат водоструйной установки и пульсирующего воздуха к форсунке эрлифта позволяет повысить к.п.д. на 10—20%. В последние годы ведутся работы по созданию электроимпульсных водоподъемников, работа которых основана на использовании высоковольтного разряда в жидкости. При выделении высоковольтного разряда в камере, заполненной водой, образуется ударная волна и парогазовая полость, что создает резкое изменение давления от менее атмосферного до десятков атмосфер. Это позволяет периодически заполнять камеру водой и нагнетать воду в напорный трубопровод. Характерная особенность этих установок в том, что протекающие при высоковольтном разряде, способствуют обеззараживанию воды.

ВОДОПОДЪЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАСТБИЦНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Для механизации подъема и транспортирования воды на пастбищах и полевых станах широко применяются водоподъемники, описание которых приведено в первой главе книги. К ним относятся прежде всего центробежные и объемные насосы, причем поршневые и шестеренчатые диафрагменные и винтовые насосы с приводом от двигателей внутреннего сгорания применяют в основном время в основном для подъема воды на пастбищах.

Оборудование, применяемое для подъема, транспортирования и раздачи воды на пастбищах, характеризуется конструктивным устройством, видом источника энергии и спецификой эксплуатации. Особенности водоподъема и пастбищного водоснабжения, заключающиеся в сезонном характере работ и значительном удалении от линии электропередач и ремонтных баз, определяют основные требования, предъявляемые к водоподъемному оборудованию: простота устройства, возможность использования естественных источников энергии (ветра, перепада в реках, водотоках и т. д.), надежность эксплуатации, наличие резервных источников энергии и резервных емкостей воды. Большое влияние на технико-экономические показатели схем пастбищного водоснабжения оказывают вопросы его организации.

Все это требует при выборе водоподъемного оборудования для пастбищ комплексного рассмотрения вопросов, характеризующих средства подъема воды, энергетика и организацию водоснабжения на пастбищах и в полевых станах.

Безнапорные водоподъемники

Ленточные водоподъемники. За последние 10—15 лет получили широкое распространение на пастбищах в республиках Средней Азии и Казахстана ленточные водоподъемники.

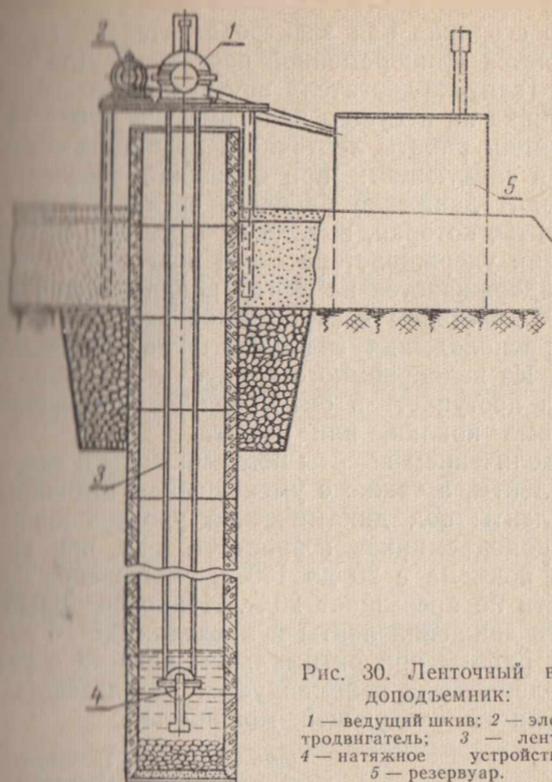


Рис. 30. Ленточный водоподъемник:

- 1 — ведущий шкив; 2 — электродвигатель; 3 — лента; 4 — натяжное устройство; 5 — резервуар.

Это объясняется простотой конструкции водоподъемников, их эксплуатационной надежностью, а также возможностью соединения с электродвигателем, ветродвигателем, двигателем внутреннего сгорания, ветродвигателем.

Ленточный водоподъемник (рис. 30) представляет собой бесшестеренную гладкую или шероховатую ленту из резиновоебенового ремня, подвешенную на ведущем шкиве. Лента может иметь сечения 50×5 , 100×5 или 100×4 мм. Лента привязана к натяжному устройству — нижнему шкиву. Лента — лента, опущенная в колодезь под уровень, находится в натянутом состоянии. Натяжное устройство опускается под уровень не менее чем на 0,5 м. Ведущий шкив размещается в водоприемном корпусе, который имеет резиновую крышку и сливной патрубок. Водоподъ-

ВОДОПОДЪЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАСТБИЦНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Для механизации подъема и транспортирования воды на пастбищах и полевых станах широко применяют водоподъемники, описание которых приведено в первой главе книги. К ним относятся прежде всего центробежные и объемные насосы, причем поршневые штанговые диафрагменные и винтовые насосы с приводом от двигателей внутреннего сгорания применяют в настоящее время в основном для подъема воды на пастбищах.

Оборудование, применяемое для подъема, транспортирования и раздачи воды на пастбищах, характеризуется конструктивным устройством, видом используемой энергии и спецификой эксплуатации. Особенность полевого и пастбищного водоснабжения, заключающаяся в сезонном характере работ и значительном удалении от линии электропередач и ремонтных баз, определяет основные требования, предъявляемые к водоподъемному оборудованию: простота устройства, возможность использования естественных источников энергии (ветра, солнца, перепада в реках, водотоках и т. д.), надежность в эксплуатации, наличие резервных источников энергии и резервных емкостей воды. Большое влияние на технико-экономические показатели схем пастбищного водоснабжения оказывают вопросы его организации.

Все это требует при выборе водоподъемного оборудования для пастбищ комплексного рассмотрения вопросов, характеризующих средства подъема воды, энергетику и организацию водоснабжения на пастбищах и в полевых станах.

Безнапорные водоподъемники

Ленточные водоподъемники. За последние 10—15 лет широкое распространение на пастбищах в республиках Средней Азии и Казахстана получили ленточные водо-

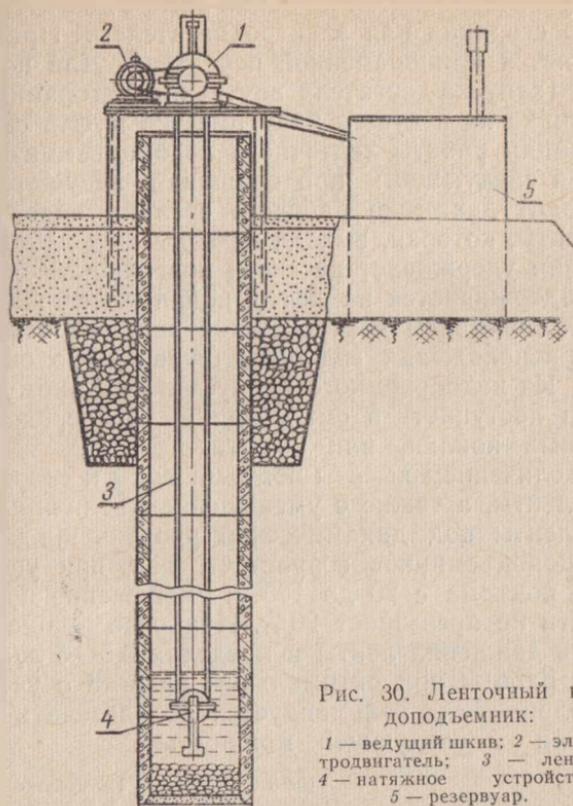


Рис. 30. Ленточный водоподъемник:
 1 — ведущий шкив; 2 — электродвигатель; 3 — лента;
 4 — натяжное устройство;
 5 — резервуар.

подъемники. Это объясняется простотой конструкции водоподъемников, их эксплуатационной надежностью, а также возможностью соединения с электродвигателем, двигателем внутреннего сгорания, ветродвигателем.

Ленточный водоподъемник (рис. 30) представляет собой бесконечную гладкую или шероховатую ленту из прорезиненного ремня, подвешенную на ведущем шкиве. Лента может иметь сечения 50×5 , 100×5 или 100×4 мм. Благодаря натяжному устройству — нижнему шкиву с грузом — лента, опущенная в колодез под уровень, находится в натянутом состоянии. Натяжное устройство погружается под уровень не менее чем на 0,5 м. Ведущий шкив размещается в водоприемном корпусе, который имеет откидную крышку и сливной патрубок. Водоподъ-

емник устанавливается на одной раме с двигателем внутреннего сгорания или электродвигателем. Привод осуществляется клиноременной передачей. Для последовательного запуска двигателя внутреннего сгорания и водоподъемника на ведущем валу имеется муфта сцепления.

Принцип работы ленточного водоподъемника заключается в следующем: при вращении ведущего шкива происходит движение рабочего органа водоподъемника — ленты, которая, выходя из воды, под действием сил сцепления удерживает на своей поверхности слой воды. Вода задерживается на ленте, поднимается вверх, а затем под действием центробежной силы сбрасывается в месте расположения ведущего шкива в водоприемный корпус. Из водоприемного корпуса по сливному патрубку вода поступает в емкость, или непосредственно в групповые поилки, или корыта.

С увеличением высоты подъема воды и скорости движения ленты, а также с уменьшением величины заглубления ленты под динамический уровень к.п.д. ленточных водоподъемников возрастает. Так, при увеличении высоты подъема с 20 до 100 м уменьшение производительности не превышает 20%. Наиболее рациональная скорость движения ленты в пределах 3,5—6 м/сек.

Для работы при оптимальном режиме с учетом высоты водоподъема рекомендуется использовать электродвигатели со следующей мощностью:

<i>N</i> , квт	Высота подъема, м	Производительность, м ³ /ч
1,7	до 30	до 6,0
2,8	до 70	до 6,0
4,5	до 100	до 5,5
7,0	до 200	до 4,5

Ленточные водоподъемники «Ашхабадец» (Ашхабадского завода им. XX лет Туркменской ССР) и ВЛМ-100 (Манкенсакого завода «Сельмаш» КазССР) имеют ряд модификаций и выпускаются как с электродвигателем, так и с двигателем внутреннего сгорания.

Ленточный водоподъемник ВЛМ-100, применяемый для подъема воды на высоту до 50 м, имеет число оборотов ведущего шкива 350—450 в 1 мин, скорость движения ленты 4,5—6,5 м/сек, производительность 4—7 м³/ч, вес с двигателем 200 кг. Расход топлива на 1 м³ воды составляет 0,15 кг при соединении с двигателем ЗИД-4,5.

Водоподъемник монтируется на оголовке колодца. При этом на бетонный оголовок устанавливается деревянная конструкция, к которой крепится поверхность ленты.

При подъеме воды с больших глубин (свыше 100 м) происходит значительное вытягивание и закручивание ленты, оказывающее вредное воздействие на ленту при заборе воды из малодебитных колодцев. Для снижения воздействия увеличения длины ленты ее растягивают перед монтажом.

Технические показатели ленточных водоподъемников с лентой сечением 100×5 мм и скоростью движения 12 м/сек приведены в таблице 12.

Таблица 12

Технические показатели ленточных водоподъемников

Показатели	высоте подъема воды, м							
	20	30	40	60	70	80	100	200
Пропускная способность, м ³ /ч	6,5	6,4	6,3	6,0	5,97	5,75	5,5	4,32
КПД установки:								
при гладкой резиновой ленте	0,24	0,25	0,36	0,42	0,46	—	0,49	0,56
при прорезиненном ремне	0,25	0,28	0,38	0,45	0,51	—	0,54	0,59
при шероховатой ленте	0,28	0,31	0,41	0,52	0,57	—	0,60	0,65

Для подъема воды из шахтных колодцев глубиной до 200 м предназначен ленточный водоподъемник ЛВ-200. В водоподъемнике ЛВ-200 нижний блок соединен с рамой, устанавливаемой на дне колодца. Натяжное устройство может быть расположено на верхней или нижней раме водоподъемника. Блок не закручивается при подъеме с больших глубин, для колодца остается потаенная водоподъемника. Длительная эксплуатация показала его работоспособность. Водоподъемник имеет следующие показатели: скорость движения ленты 4,5—6,5 м/сек, производительность 3—5,4 м³/ч, мощность привода 6,5 квт.

Шнуровые водоподъемники. Для работы в трубчатых колодцах используют шнуровой водоподъемник В шнуровом водоподъемнике 5-СВ (рис. 11) в качестве рабочего органа применен шнур в виде прорезиненной перфорированной ленты сечением 32×7 или 32×11 мм.

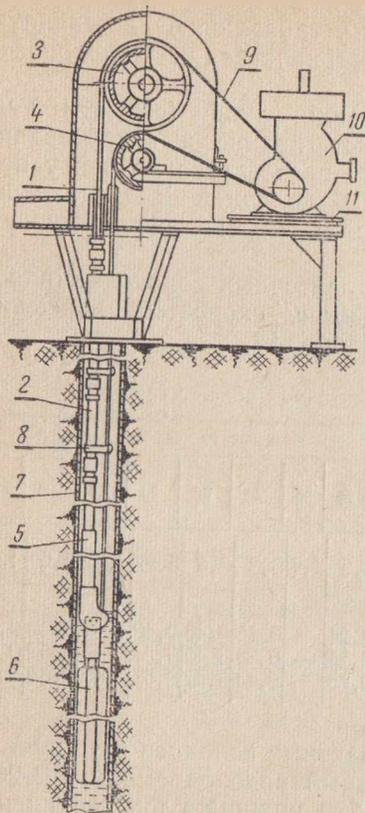


Рис. 31. Шнуровой водоподъемник 5СВ:

1 — лента-шнур; 2 — направляющая труба; 3 — ведущий барабан; 4 — направляющий ролик; 5 — телескопическое соединение; 6 — натяжной груз; 7 — направляющая труба; 8 — фиксирующее устройство; 9 — ременная передача; 10 — двигатель; 11 — планта.

которые обеспечивают подъем с глубины 30 м при подаче 1—1,25 л/сек.

Гидравлический к. п. д. шнурового водоподъемника возрастает с увеличением шероховатости ленты и гладкости поверхности направляющей трубы. Его производительность уменьшается с увеличением заглубления направляющей трубы. Максимальное значение гидрав-

Конструкция шнурового водоподъемника аналогична конструкции ленточного водоподъемника. В верхней части имеется ведущий шкив и водосливной корпус, а в нижней — шкив с натяжным грузом. Дополнительным узлом шнурового водоподъемника является труба диаметром 1 1/2 дюйма, внутри которой шнур перемещается вверх.

Производительность шнурового водоподъемника зависит не только от силы сцепления ленты (шнура) с водой, но и от взаимодействия воды со стенками трубы. При скорости перемещения шнура 5 м/сек, высоте подъема воды 20 м и мощности привода 3,5 кВт производительность водоподъемника достигает 8 м³/ч.

Шнуровой водоподъемник ВШ, разработанный КазНИИМЭСХ, обеспечивает производительность до 1 л/сек при высоте подъема воды до 50 м. Манкентский завод выпускает шнуровые водоподъемники ВШП-30,

гидравлического к. п. д., равное 0,5, соответствует заглублению трубы 2—3 м.

Для подъема воды из трубчатых колодцев диаметром 6 дюймов и более может быть использован ленточный водоподъемник ВЛМ-100 со следующими изменениями. На образующую ведущего шкива приваривают или ввертывают 8 конусных шипов под углом 45°. На водоподъемной ленте делают отверстия, которые при вращении шкива совпадают с шипами. Таким образом, совершенно устраняется пробуксовка ленты. Иногда для этой цели на ведущем шкиве наклеивают пластины из ленты. Груз натяжного блока весом 25—30 кг делают удлиненным. В устье скважины прикрепляют направляющий ролик, который предотвращает задевание ленты о стенки скважины. Такие водоподъемники с высотой подъема воды 25—30 м впервые были применены в Кызыл-Ординской области КазССР.

Основным недостатком ленточных и шнуровых водоподъемников является невозможность подачи воды выше уровня ведущего шкива. Установка же насосов второго подъема в условиях отгонных пастбищ затруднительна. В практике сельскохозяйственного водоснабжения нашли применение напорно-ленточные водоподъемники ЛВП-100 конструкции ЮжНИИГМ. Особенностью этих водоподъемников является наличие небольшого поршневого насоса, который приводится в действие от ведущего вала ленточного водоподъемника. При работе ленточного водоподъемника поршневой насос подает воду под напором до 15 м из водосборного кожуха в напорный трубопровод. При необходимости работы устьевки как обычного ленточного водоподъемника поршень может отсоединиться от кривошипа.

Эрлифты. На пастбищах получили некоторое распространение водоподъемники-эрлифты, в которых воде непосредственно передается энергия сжатого воздуха, обеспечивающая подъем из колодца водо-воздушной смеси.

Эрлифты применяются для подъема воды в сельском хозяйстве уже более 50 лет. Однако ввиду развития насосной техники и создания новых конструкций насосов применение их ограничивается глубокими скважинами и пробными откачками в трубчатых колодцах для осветления воды после бурения. Несмотря на ряд недостатков, эрлифты в комплекте с современным компрессорным оборудованием весьма целесообразны для ряда

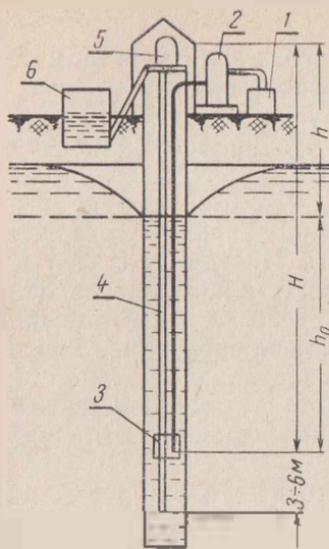


Рис. 32. Эрлифтная установка:

1 — компрессор; 2 — ресивер;
3 — форсунка; 4 — водоподъемная труба; 5 — присное устройство; 6 — резервуар.

условий пастбищного скота, для снабжения, например, скота, для подъема воды из глубоководных песчаных трубчатых колодезьев малой диаметра.

Работа эрлифта осуществляется следующим образом. Сжатый воздух от компрессора (рис. 32) через клапан поступает в башмак форсунки, где, смешиваясь с водой, образует водо-воздушную смесь. Форсунка расположена ниже динамического уровня на величину h_0 . Колодезь и водоподъемная труба можно представить себе двумя сообщающимися сосудами. До образования водо-воздушной смеси уровни воды в колодезе и водоподъемной трубе будут одинаковы. После образования смеси, удельный вес которой меньше удельного веса воды, а также под воздействием давления

частиц воздуха в точках соприкосновения с водой происходит подъем водо-воздушной смеси по водоподъемной трубе. Поступая в приемное устройство, водо-воздушная смесь распадается с выделением воздуха.

Для работы эрлифта необходимо погружение водо-воздушной и водоподъемной труб относительно динамического уровня воды в скважине на такую глубину, чтобы столб водо-воздушной смеси перемещался вверх. При недостаточной глубине погружения труб, водо-воздушная смесь не сможет преодолеть расстояние от смесителя до поверхности земли.

Поскольку промышленность не изготовляет эрлифтов в каждом отдельном случае производится расчет, проектирование и изготовление водоподъемной установки [10].

Основными элементами, определяемыми при расчете эрлифта, являются глубина погружения форсунки, количество воздуха, необходимого для заданной подачи, а

компрессора. Существенное влияние на расход воздуха эрлифта оказывает отношение глубины погружения форсунки H к высоте подъема воды h , называемое коэффициентом погружения $k = \frac{H}{h}$.

В зависимости от высоты водоподъема и глубины погружения по номограмме рисунка 33 или по формуле (16) определяется удельный расход воздуха W_0 в м^3 на л воды.

$$W_0 = \frac{h}{23\eta_r \lg \frac{h(k-1) + 10}{10}} \quad (16)$$

$$W_0 = \frac{h}{10\eta_r \ln (P_R + 1)} \quad (17)$$

Гидравлический к. п. д. эрлифта, значения которого определены опытным путем и даны в таблице 13;

P_R — давление нагнетания компрессора.

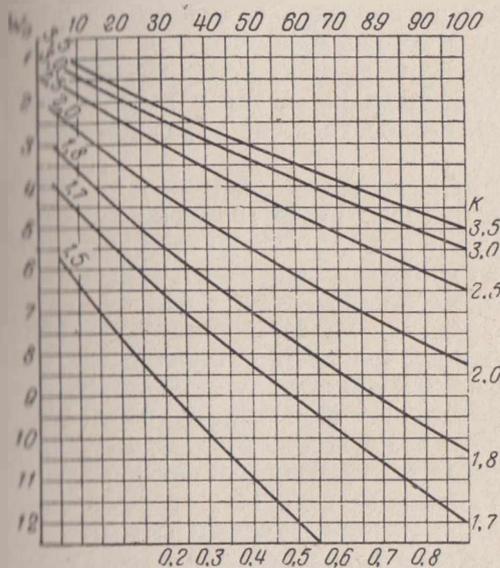


Рис. 33. Номограмма для определения удельного расхода воздуха в зависимости от высоты подъема эмульсии от динамического уровня до излива.

Высота водоподъема	До 15 м	15—30	30—60	60—90	90—120
k	3—2,5	2,5—2,2	2,2—2	2—1,75	1,75—1,65
η	0,59—0,57	0,57—0,54	0,54—0,5	0,5—0,41	0,41—0,4

Количество воздуха, необходимое для подъема Q м³/час, определяется по формуле:

$$W = \frac{W_0 Q}{60} \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (18)$$

Для определения производительности компрессора W_k необходимо полученную величину W умножить на коэффициент 1,2.

Рабочее давление воздуха, необходимое для работы водоподъемника, определяется по формуле:

$$P = 0,1(H - h + \Sigma h_{от}) \text{ ати,} \quad (19)$$

где $h_{от}$ — потери напора в воздушной трубе от компрессора до башмака обычно не превышают 5 м.

Для работы воздушного водоподъемника можно применять как стационарные, так и передвижные компрессоры, имеющие необходимые параметры (расход и давление).

Воздух от компрессора поступает в ресивер и маслоотделитель, которые часто совмещают в одном воздушном резервуаре — воздухохранильнике. Объем воздушного резервуара принимается в зависимости от производительности компрессора: $W_{рез} = (0,1 \div 0,2) W_k$.

Для повышения производительности эрлифта и снижения удельного расхода воздуха разработаны конструкции эрлифта с обогатителем. Конструктивно обогатитель представляет собой перфорированный участок в нижней части водоподъемной трубы, в котором проходит воздушная труба. Перфорированный участок трубы имеет направляющие патрубки, способствующие лучшему образованию водо-воздушной смеси.

Расположение водоподъемной и воздушной труб эрлифтов осуществляется двумя способами: центральным — воздушная труба расположена внутри водоподъемной и параллельным — воздушная труба расположена рядом с водоподъемной (рис. 34). Диаметры труб могут

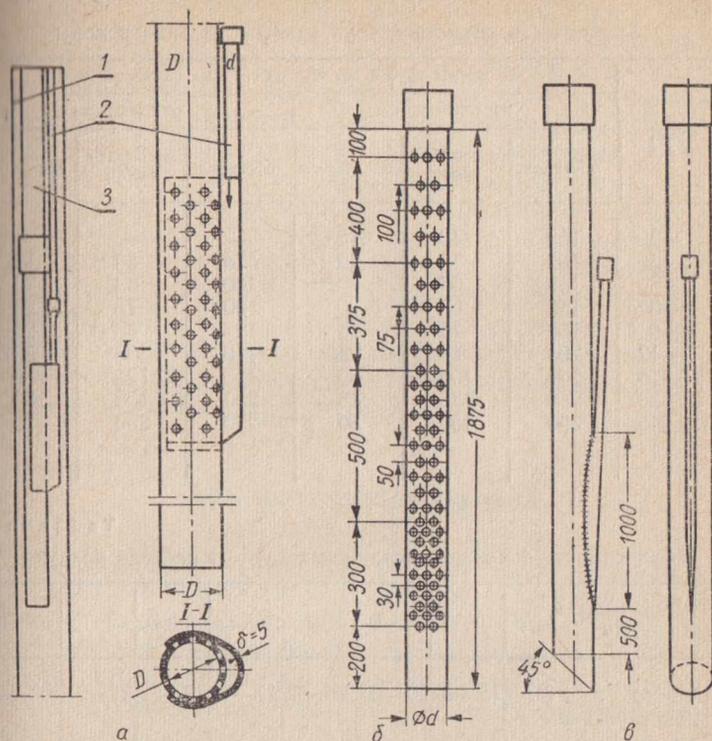


Рис. 34. Форсунка эрлифта:

а — при параллельном расположении труб: 1 — обсадная труба; 2 — воздушная труба; 3 — водоподъемная труба; б — при центральном расположении труб; в — при параллельном расположении (упрощенная конструкция).

быть определены в зависимости от скоростей движения смеси (2,5—3 м/сек у форсунки и 6—8 м/сек на изливе) и воздуха (5—10 м/сек), а также в зависимости от подачи воды и от расхода воздуха (табл. 14 и 15).

По воздушной трубе воздух через форсунку подается в водоподъемную трубу. Суммарная площадь отверстия форсунки в 2—3 раза больше сечения воздушной трубы. При центральном способе расположения труб форсункой служит отрезок воздушной трубы.

Водо-воздушная смесь по водоподъемной трубе поступает в приемный бак и ударяется об отрагатель. Воздух выделяется в атмосферу, а вода скапливается в ниж-

Зависимости диаметров труб эрлифта от подачи воды

Подача воды, л/сек	Диаметры труб в мм при способе их расположения					
	параллельном			центральной		
	обсадная	водоподъемная	воздушная	обсадная	водоподъемная	воздушная
1—2	100	40	12	—	—	—
2—3	100	50	12	75	50	12
3—5	150	63	20	100	63	20
5—6	150	63	20	100	75	20
6—9	150	75	25	125	88	25
9—12	200	88	25	150	100	32
12—18	200	100	30	175	125	38
18—30	250	125	38	200	150	50
30—45	300	150	50	250	200	75

Таблица 15

Зависимость диаметров воздушных труб от расхода воздуха

Расход воздуха, м ³ /сек	10—30	30—60	60—100	100—200	200—400	400—700	700—1000
Диаметр воздушной трубы, мм	15—20	20—25	25—32	32—38	38—51	51—63	63—76

ней части бака и самотеком поступает в резервуар. Применяются также центробежные сепараторы, где водовоздушная смесь отводится от водоподъемной трубы по касательной. Из резервуара вода подается потребителю насосом второго подъема.

К достоинствам эрлифта следует отнести простоту конструкции, отсутствие в колодце движущихся деталей, возможность работы в искривленных скважинах и возможность подъема воды со значительным содержанием взвеси.

К недостаткам эрлифта следует отнести: низкий общий к. п. д. установки (20—25%), необходимость значительного заглубления башмака под динамический уровень, потребность в насосе второго подъема.

В некоторых районах страны для целей водоснабжения на пастбищах используют фонтанирующие скважи-

ны. Дебит фонтанирующих скважин колеблется в широких пределах — от 0,5 до 50 л/сек, поэтому, как правило, возникает необходимость в регулировании подачи. Неправильное регулирование может привести к пескованию скважин и сокращению срока их службы. Для предотвращения пескования необходимо производить регулирование дебита при наличии постоянного излива через отвод с диафрагмой. Песок, поднимающийся с водой, после закрытия скважины краном не закупоривает за собой песчаной пробкой, а выносится через постоянный диафрагменный отвод. Диафрагма пропускает такое количество воды, которое соответствует скорости, в 2 раза превышающей скорость опускания частиц максимального размера. При таком устройстве допускается регулирование дебита в широких пределах.

Гидравлические тараны

В отдельных случаях при пастбищном и полевом водоснабжении требуется подача воды от имеющегося водотока на некоторую высоту и расстояние. При этом гидравлическую энергию водотока используют либо для получения электрической энергии (простейшие гирляндные электростанции), либо для привода водоподъемников простейшего типа. Такими водоподъемниками прежде всего являются гидравлические тараны и турбонасосные установки. Необходимое условие устойчивой работы гидравлического тарана — наличие перепада высотой не менее 0,5—1,0 м.

Гидротаранная установка состоит из гидравлического тарана, питательной и нагнетательной труб. Основные узлы гидравлического тарана: корпус, воздушный колпак, ударный и нагнетательный клапаны (рис. 35). Водоподъемник работает следующим образом: вода из источника по питательной трубе поступает в гидравлический таран и вытекает с возрастающей скоростью через ударный клапан. С увеличением скорости давление на ударный клапан повышается, и он закрывается, что приводит к гидравлическому удару. Давление в питательной трубе становится выше, чем в воздушном колпаке, нагнетательный клапан открывается, и вода поступает в воздушный колпак. Поскольку в питательной трубе давление падает, ударный клапан открывается вновь,

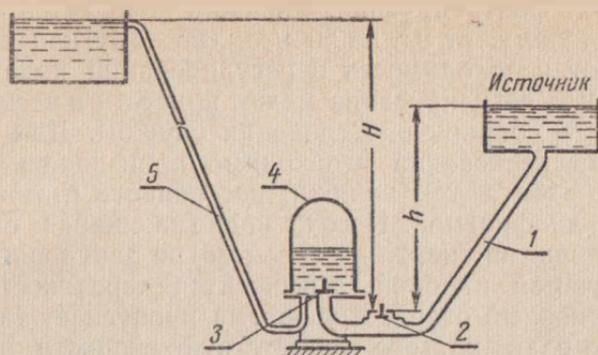


Рис. 35. Гидротаранная установка:

1 — питательная труба; 2 — ударный клапан; 3 — нагнетательный клапан; 4 — воздушный клапан; 5 — напорный трубопровод.

а нагнетательный клапан закрывается. Вода из воздушного колпака под давлением сжатого воздуха будет поступать в напорный трубопровод. В дальнейшем процесс будет повторяться автоматически, т. е. вода будет изливаться через ударный клапан и закрывать его, а повышенное давление будет открывать нагнетательный клапан. Таким образом, для пуска установки в работу необходимо только вручную открыть ударный клапан.

Работу гидравлического тарана характеризуют следующие параметры: расход в нагнетательной трубе или производительность тарана q ; расход в питательной трубе Q ; высота падения (рабочий напор) h ; высота нагнетания H , равная сумме величин геометрического напора H_1 и потерь напора в трубопроводе h_{10} .

Подача расхода воды q на высоту H осуществляется путем использования энергии воды с расходом Q , находящейся на высоте $h < H$. При этом через ударный клапан выливается расход q_1 и для подачи расхода q через питательную трубу подается расход $Q = q_1 + q$. Необходимо учитывать, что питательная труба является составной частью установки и размеры ее не могут быть произвольными. Так, при уменьшении длины питательной трубы сокращается время цикла, а если оно будет меньше времени закрытия ударного клапана, произойдет «непрямой» гидравлический удар, что приведет к снижению к. п. д. установки.

Для условий прямого гидравлического удара необходимо, чтобы

$$t_3 = \frac{2l}{c},$$

где t_3 — время закрытия ударного клапана;

l — длина питательной трубы;

c — скорость распространения ударной волны.

В практических условиях $l \geq 10 \div 14$ м. Давление, развивающееся в питательной трубе, зависит от высоты нагнетания.

Повышение производительности гидравлического тарана обуславливается увеличением объема колпака и диаметра питательной трубы, а также может быть достигнуто применением многоклапанных таранных установок.

Величина к. п. д. гидротаранной установки определяется по формуле:

$$\eta = \frac{qH}{Qh} \quad (20)$$

Ряд экспериментальных исследований показал, что производительность и к. п. д. гидравлического тарана зависят от отношения $\frac{H}{h}$.

Отношение производительности тарана к расходу в питательной трубе находится в пределах от 0,1 до 0,5, однако при определенных условиях эта величина колеблется и в более широких пределах. Поэтому необходимо учитывать, что более 50% расхода питательной воды сбрасывается через ударный клапан.

Для таранов ЕрПИ величина к. п. д. определяется по эмпирической формуле:

$$\eta = 0,93 - 0,02 \frac{H}{h} \quad (21)$$

На к. п. д. гидравлического тарана большое влияние оказывают также ход и вес ударного клапана и в меньшей мере ход и вес нагнетательного клапана. При одинаковых условиях работы у тарана с двумя ударными клапанами к. п. д. выше, чем у тарана с одним ударным клапаном.

В сельскохозяйственном водоснабжении нашли применение гидравлические тараны четырех типов. Это ТГ-1, ТГ-2, УИЖ-К100 и ЕрПИ.

Напор, создаваемый гидравлическими таранами ТГ, достигает 100 м при к. п. д. до 75% и числе ударов 65 в 1 мин. При увеличении отношения $\frac{H}{d}$ от 2 до 20 к. п. д. уменьшается от 0,85 до 0,30. Технические данные гидравлических таранов ТГ приведены в таблице 16.

Таблица 16
Технические данные гидравлических таранов ТГ

Марка гидравлического тарана	Производительность, л/мин	Диаметр трубы, мм		Объем воздушного колпака, л	Вес, кг
		питательной	напорной		
ТГ-1	100	75	33	20	106
ТГ-2-50	45	50	25	13,5	127
ТГ-2-76	150	75	38	15	175
ТГ-2-100	320	100	50	16	204

Гидравлический таран УИЖ-К100 (рис.36) обеспечивает подъем воды до 100 м и работает в основном на перепадах до 5 м. В нем отсутствует приспособление для пополнения колпака воздухом, а стабильность работы обеспечивается наличием специальной диафрагмы. При перепадах до 5 м этот таран обеспечивает подачу от 7 до 200 л/мин. Большие значения производительности со-

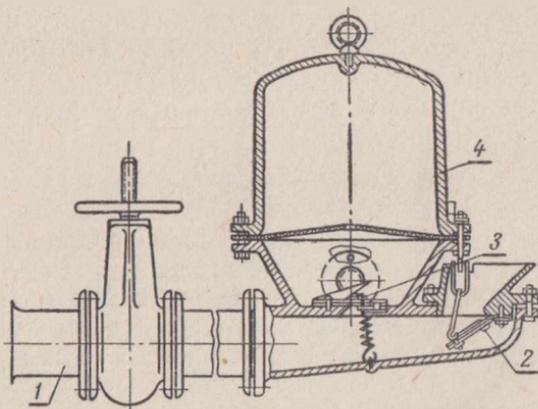


Рис. 36. Гидравлический таран УИЖ-К100:
1 — питательная труба; 2 — ударный клапан; 3 — нагнетательный клапан; 4 — воздушный колпак.

ответствуют отношению $\frac{H}{h} = 2$, а меньшие — 30. Длина питательной трубы при диаметре ее 127 мм должна быть не менее 11 м. Диаметр нагнетательного патрубка 50 мм. Вес гидротарана 242 кг. Объем воздушного колпака 18 л.

Ударный и напорный клапаны состоят из двух металлических пластин с резиновой прокладкой между ними, служащей шарниром. Ударный клапан не рассчитан на высокие питательные напоры и большие ударные нагрузки.

Гидравлический таран УИЖ-К100 может успешно использоваться в большинстве районов страны, так как необходимый для его работы небольшой перепад может быть создан искусственным путем.

При наличии больших перепадов, характерных для водотоков предгорных районов, применяются гидравлические тараны ЕрПИ (конструкции Ереванского политехнического института). Эти тараны могут работать и при незначительных перепадах, но не меньше 1 м. В зависимости от диаметра ударного клапана различают три модификации установок ЕрПИ: ЕрПИ-100, ЕрПИ-150 и ЕрПИ-250, которые обеспечивают напор до 150, 100, 20 м соответственно для высот перепада от 1 до 50, 30 и 10 м при производительности соответственно до 3, 7 и 18 л/сек.

В отличие от других конструкций в установках ЕрПИ ударный клапан перемещается по неподвижному штоку, благодаря чему предотвращается повреждение штока. Седла клапанов металлические, с резиновыми амортизаторами. Нагнетательный клапан установлен в корпусе воздушного колпака и перемещается горизонтально. Такое положение клапана улучшает работу тарана при соотношении нагнетательного и питательного напоров меньше 2. Таран имеет простое приспособление для автоматического пополнения колпака воздухом: трубка с клапаном, соединяющая питательную трубу с воздушным колпаком. При увеличении высоты падения h и постоянной величине H производительность гидравлического тарана возрастает.

Гидравлические тараны могут работать как при последовательном (в целях увеличения напора), так и при параллельном соединении (в целях увеличения подачи).

На питательной и напорной трубах гидротаранных установок устанавливаются задвижки, которые необходимы для пуска и остановки таранов.

Для подъема воды из шахтных колодцев глубиной свыше 100 м в республиках Средней Азии применяются также водоподъемные лебедки, смонтированные на тракторах Т-16, ДТ-20 и других, а в электрифицированных хозяйствах применяется электролебедка Т-109. Для подъема воды в этих установках служит бадья или «кауга» (кожаный мешок), прикрепляемые к тросу лебедки.

Ветро-водоподъемные установки

Применение ветродвигателей для водоподъема обеспечивает повышенные технико-экономические показатели по сравнению с применением двигателей внутреннего сгорания, значительно упрощает эксплуатацию при организации группового обслуживания водоподъемных установок. При наличии аккумулирующей емкости воды на период безветрия достигается полное водообеспечение потребностей пастбищного животноводства. Эффективность применения ветронасосных агрегатов зависит от многих факторов, поэтому при выборе как объектов использования ветронасосных установок, так и самих установок необходимо проводить технико-экономическое сравнение или же пользоваться надлежащими рекомендациями [39].

Ветродвигатели могут соединяться либо непосредственно с водоподъемником, либо с электрогенератором, который является источником питания электродвигателя водоподъемника или аккумуляторной батареи. Почти все современные водоподъемники могут быть соединены с ветродвигателями. Для объемных, инерционных и ленточных водоподъемников ветродвигатель по своим характеристикам является совершенным источником энергии, поэтому ветронасосные агрегаты с этими типами водоподъемников имеют высокие технико-экономические показатели.

Созданная в последние годы ветронасосная установка с поршневым насосом ТВМ-3 «Чайка» мощностью 1 квт предназначена для подъема воды из шахтных и трубчатых колодцев глубиной до 30 м. В агрегате с насосом НП-65 эта установка может поднимать воду с

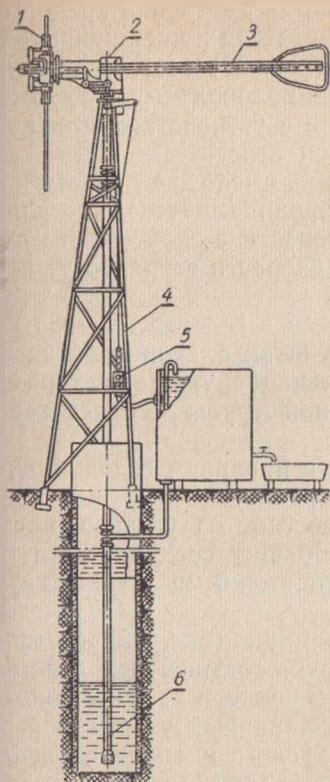


Рис. 37. Ветро-водоподъемник ВБ-3:

1 — ветроколесо; 2 — головка; 3 — хвост; 4 — башня; 5 — механизм для автоматического пуска и остановки; 6 — водоподъемник.

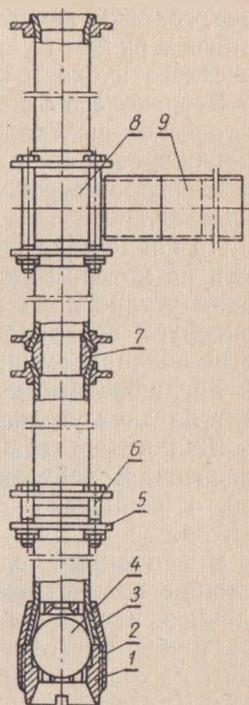


Рис. 38. Инерционный водоподъемник установки ВБ-3:

1 — седло; 2 — корпус; 3 — ограничитель; 4 — шаровый клапан; 5 — фланец; 6 — болт; 7 — втулка; 8 — тройник; 9 — шланг.

глубины до 50 м. Благодаря двенадцатипластному колесу для подачи воды достаточна скорость ветра 3 м/сек. Эту установку рекомендуется использовать в районах со среднегодовой скоростью ветра 3,5—4,5 м/сек. При безветрии может быть использован ручной привод агрегата, который обеспечивает подачу до 1 м³/час.

Ветро-водоподъемник ВБ-3 предназначен для подъема воды из шахтных и трубчатых колодцев диаметром

от 4 дюймов и глубиной до 15 м. Установка представляет простейший агрегат ветродвигателя с инерционным насосом. Ветро-водоподъемник (рис. 37) состоит из ветроколеса, головки, хвоста, башни, водоподъемной трубы и механизма ручного управления с устройством для автоматического пуска и остановки агрегата.

Ветроколесо быстроходное, имеет две лопасти и автоматическое центробежно-аэродинамическое регулирование скорости вращения. Лопасти в зависимости от числа оборотов ветроколеса и скорости ветра могут поворачиваться.

На конце вала ветроколеса в головке имеется кривошип, на котором укреплен штанга. В нижней части головки установлена центральная пружина, которая компенсирует вес водоподъемной трубы и облегчает пуск ветро-водоподъемника.

Хвост болтами крепится к приливам головки. Он состоит из двух уголков и оперения.

Башня (трехгранная) состоит из уголков, поясов и раскосов. В верхней части башня соединяется с головкой, а в нижней — с железобетонными тумбами фундаментов.

Инерционный водоподъемник (рис. 38) состоит из колонны водоподъемных труб, соединенных с помощью фланцев, втулок и болтов. В нижней части водоподъемной трубы располагается клапанный узел, который состоит из седла, корпуса, шарового клапана и ограничителя. Для ликвидации боковых колебаний трубы служат прорезиненные растяжки, которые устанавливаются вдоль башни. При вращении ветроколеса колебания от кривошипа через штангу передаются водоподъемным трубам. Амплитуда колебаний 23 мм, частота колебаний 42 сек^{-1} . Импульс давления передается от клапана столбу воды, которая по водоподъемной трубе через резиновый патрубок поступает в напорный трубопровод, а затем в резервуар. При наполнении резервуара водой ветроподъемник автоматически останавливается.

Устройство для автоматического пуска и остановки ветронасосной установки ВБ-3 состоит из балластного бачка, заполненного водой, и системы тяг и рычагов вертлюжного и нажимного дисков. Под давлением веса бачка нажимной диск поворачивает лопасти против часовой стрелки, осуществляя аэродинамическое торможение. При дальнейшем перемещении диска происходит

Механическое торможение, и колесо полностью останавливается. С понижением уровня воды в резервуаре балластный бачок опорожняется, нажимной диск отходит и лопасти ставятся в пусковое положение. Ветродвижитель может быть остановлен или пущен в работу также вручную.

Механизм регулирования скорости вращения ветроколеса поддерживает номинальное число оборотов с отклонениями в пределах 10—15%.

Установка ВБ-3 имеет следующие технические показатели: диаметр ветроколеса 2,8 м; расчетное число оборотов ветроколеса при скорости ветра 5 м/сек — 410 об/мин; диапазон рабочих скоростей 3—30 м/сек; ограничение числа оборотов ветроколеса — автоматическое, инерционно-аэродинамическое, поворотом лопастей относительно их продольных осей; ориентация головки по направлению потока — автоматическое, с помощью хвоста; расстояние от поверхности земли до оси ветроколеса 6 м; вес агрегата 205 кг; подача при напоре 12 м и скорости ветра 3,5—5 м/сек составляет соответственно 1,2—3,0 м³/ч, подача при напоре 30 м и скорости ветра 3,5—5 м/сек составляет соответственно 0,2—2,0 м³/ч.

Наибольшее распространение на пастбищах получили ветродвигатели в агрегате с ленточными водоподъемниками, что объясняется простотой конструкции водоподъемника и его возможностью работы в широком диапазоне скоростей.

Ветроподъемник ВП-3М, предназначенный для подъема воды из шахтных колодцев глубиной до 25 м, работает в диапазоне скоростей 3—15 м/сек, обеспечивая подачу до 3 м³/ч. Он состоит из следующих основных узлов: ветроколеса, головки, хвоста, мачты с растяжками, нижнего редуктора, опоры и водоподъемника.

Ветроколесо велосипедного типа имеет 18 лопастей, изготовленных из оцинкованного железа. Диаметр ветроколеса 3 м. При скорости ветра 8 м/сек число оборотов достигает 80—90 в 1 мин. Регулирование числа оборотов при скорости ветра 8—15 м/сек происходит автоматически; благодаря эксцентрическому расположению колеса относительно оси мачты оно устанавливается под углом к направлению ветра, при этом число оборотов колеса не возрастает, несмотря на увеличение скорости ветра. При скорости ветра до 8 м/сек ветроколесо располагается перпендикулярно к направлению

ветра, а при скорости ветра более 15 м/сек оно останавливается.

Головка состоит из двухступенчатого повышающего редуктора, опорного стакана и механизма автоматического ограничения мощности. Соединение головки с мачтой осуществляется при помощи штыря и двух шарико-подшипниковых опор, обеспечивающих свободный поворот головки относительно оси мачты на 360° .

Хвост, служащий для ориентации ветроколеса на ветер, благодаря шарнирному креплению имеет подвижность относительно головки.

Мачта состоит из стальной трубы, внутри которой помещается вертикальный вал, передающий вращение от верхнего редуктора к нижнему. Крепление мачты в вертикальном положении осуществляется с помощью четырех растяжек.

Нижний редуктор передает вращение горизонтальному валу. Контрпривод и муфта свободного хода позволяют вращать шкив водоподъемника как от двигателя внутреннего сгорания, так и от конного привода.

В водоподъемнике для увеличения смачивающей поверхности применена перфорированная лента сечением 60×5 мм. Все остальные элементы водоподъемника аналогичны описанным выше для ленточного водоподъемника.

Быстроходная ветро-водоподъемная установка ВВУ-3 предназначена для работы в диапазоне скоростей 3,5—25 м/сек. Установка обеспечивает подъем воды на высоту до 30 м при подаче до 3 м³/ч. Ветроколесо трехлопастное диаметром 3 м. Лопасты могут поворачиваться относительно своих продольных осей. Вращение от ветроколеса через повышающий редуктор передается вертикальному валу и через промежуточный вал — валу нижнего редуктора. Заданное число оборотов поддерживается регулятором, который в зависимости от скорости вращения ветроколеса автоматически поворачивает лопасти. Водоподъемник такой же, как у ветронасосной установки ВП-3М. Ветроводоподъемная установка ВВУ-3 имеет следующие технические показатели: мощность на валу ветроколеса при скорости ветра 8 м/сек — 0,8 квт; расчетное число оборотов ветроколеса при скорости ветра 8 м/сек равно 280—300 об/мин; передаточное отношение от ветроколеса к шкиву водоподъемника 1 : 1,9; расстояние от поверхности земли до оси ветроколеса 5,5 м;

расстояние от поверхности земли до оси сливного патрубка водоподъемника 2,1 м; вес комплектной ветроустановки 342 кг; подача при высоте водоподъема 10 м и скорости ветра 4—8 м/сек составляет соответственно 0,1—1,6 м³/ч, подача при высоте водоподъема 20 м и скорости ветра 4—8 м/сек составляет 0,25—3,4 м³/ч.

Ветро двигатели с ленточными водоподъемниками в настоящее время подверглись конструктивному усовершенствованию. Вместо установок ВП-3М и ВВУ-3 начато производство ветроводоподъемников ВТЛ-3; ВБЛ-3 и 2ВПЛ-4 «Буран».

Ветро-водоподъемник «Буран» (2ВПЛ-4) предназначен для подъема воды из шахтных колодцев глубиной до 30 м в районах со среднегодовой скоростью ветра 4—8 м/сек.

Ветроколесо установки имеет три стеклопластиковых лопасти. Верхний редуктор заключен в алюминиевом литом корпусе. Трубчатая башня имеет угольковое основание, которое крепится к земле. Нижний редуктор взаимозаменяем с верхним. Для соединения водоподъемника с генератором на горизонтальном валу нижнего редуктора насажены два шкива. Водоподъемник имеет перфорированную ленту сечением 60×4 мм. Подача ветро-водоподъемника «Буран» при скорости ветра 4—8 м/сек и высоте водоподъема 10 м составляет соответственно 0,7—3 м³/ч, при высоте водоподъема 20 м составляет 0,5—2,8 м³/ч, при высоте водоподъема 30 м составляет 0,4—2,6 м³/ч. Водоподъемник может работать и при скорости ветра больше 8 м/сек.

Ветро-водоподъемник ВВТ-4,2 конструкции САНИИРИИ предназначен для подъема воды из шахтных колодцев глубиной до 25 м. Ветро двигатель устанавливается на расстоянии 3—4 м от оголовка колодца. Применяемый в агрегате водоподъемник аналогичен водоподъемнику ВЛМ-100 с лентой из прорезиненного перфорированного ремня шириной 100 мм. Водоподъемник имеет удлиненный вал и дополнительный ступенчатый шкив для клиноременной передачи. Конструкция проста и надежна в эксплуатации. Установка может быть соединена с резервным двигателем ЗИД-4,5.

Ветро-водоподъемник «Вихрь» (ВНП-4М), представляющий собой ветродвигатель в агрегате с пневматическим насосом замещения, предназначен для подъема воды из колодцев и открытых водоемов. Он может быть

использован в районах со среднегодовой скоростью ветра более 5 м/сек. Ветродвижитель можно устанавливать на расстоянии до 100 м от водоисточника. Ветронасосная установка состоит из ветроколеса с центробежным регулятором скорости вращения, мембранного компрессора с устройством для автоматической разгрузки на период пуска и разгона, верхней опоры — ресивера, поворотной опоры, двух виндроз, нижней мачты, основания мачты и пневматического насоса замещения.

Ветроколесо быстроходного типа с двумя цельнометаллическими лопастями укреплено на валу компрессора. Автоматическая система центробежно-аэродинамического регулирования, как у ветро-водоподъемника ВВ-3. Регулятор обеспечивает устойчивую работу ветродвижителя до скорости ветра 40 м/сек.

Компрессор имеет четыре рабочие камеры с мембранами и клапанами — всасывающими и нагнетательными. Мембраны выполнены из эластичной прорезиненной ткани МП толщиной 0,8 мм.

Верхняя опора — ресивер имеет предохранительный клапан, патрубок для слива конденсата и штуцер для соединения с нижней мачтой.

Головка образуется поворотной опорой с компрессором и виндрозами.

Мачта состоит из трех трубчатых стоек, одна из которых используется как воздухопровод к насосу.

В качестве насоса используется однокамерный пневматический насос замещения.

Подача воды ветроподъемником «Вихрь» обеспечивается в размерах и условиях, показанных ниже:

Подача, м ³ /ч	Напор, м	Скорость ветра, м/сек
1,8—2,8	10	4—8
0,6—1,7	20	4—8
0,5—0,75	30	4—8

Наряду с ветро-водоподъемниками для подъема воды на пастбищах используют ветроэлектрические установки, вырабатывающие электрическую энергию. Эти установки просты по конструкции и обычно широко применяются для зарядки аккумуляторных батарей и освещения. Для ветроэлектрических установок мощностью до 200 вт в качестве опор используются деревянные и железобетонные столбы.

Ветроэлектрический агрегат ВЭ-2М, имеющий номинальную мощность 130 *вт*, напряжение 26/15 *в* и вес 51 *кг*, применяется для зарядки аккумуляторных батарей и освещения. Ветроэлектрический агрегат ВЭС-1-5, используемый для питания устройств катодной защиты трубопроводов в местах, удаленных от электрических сетей, по своим параметрам также может быть применен для питания электродвигателей водоподъемного оборудования. Ветроколесо агрегата ВЭС-1-5, состоящее из цельнометаллических лопастей, через редуктор приводит во вращение генератор переменного тока. Головка ветроагрегата имеет виндрозное устройство для автоматической ориентации на ветер. Ветроэлектрический агрегат ВЭС-1-5 имеет следующие технические показатели: диаметр ветроколеса 5 *м*; регулирование скорости вращения — автоматическое, центробежно-аэродинамическое; генератор ГВА-1-Т/127, номинальная мощность генератора при скорости ветра 8 *м/сек* — 1000 *вт*; номинальное напряжение 127 *в*; расстояние от оси ветроколеса до поверхности земли 9,2 *м*; диапазон рабочих скоростей ветра 3,5—30 *м/сек*; скорость вращения ветроколеса при скорости ветра 8 *м/сек* — 245 *об/мин*; передаточное число редуктора 11,3; вес агрегата 800 *кг*.

Ветроэлектронасосный агрегат «Беркут» (ВЭН-4) предназначен для подъема воды из шахтных и трубчатых колодцев. Ветроколесо диаметром 4 *м* имеет автоматический регулятор скорости вращения и две цельнометаллических лопасти. Редуктор, генератор и поворотная опора с виндрозным механизмом образуют головку ветроагрегата. Генератор агрегата типа ГВЭН-Т/230-4/150 трехфазный, с самовозбуждением от твердых выпрямителей. Устойчивое самовозбуждение генератора осуществляется при частотах от 90 до 165 *гц*. В комплект агрегата входит высокооборотный насос 2ВЭН-2,0×45-8500. Вода, подаваемая насосом, проходит по кольцевому зазору между корпусом электродвигателя и трубчатым корпусом, обеспечивая охлаждение двигателя. Благодаря применению повышенной частоты электронасос имеет компактную конструкцию и может быть использован для подъема воды из трубчатых колодцев диаметром 4 дюйма.

В комплект ветроэлектрического водоподъемника ВЭВ-1-6 входит погружной или плавающий насос, а также тихоходный генератор мощностью 1,5 *квт* с приводом

от ветроколеса. Подача агрегата при скорости ветра 4—7 м/сек с насосом ЭЦВ4 при напоре 40 м составляет соответственно 0,05—1,9 м³/ч, с насосом ПН-Ю при напоре 10—15 м составляет 0,1—3,0 м³/ч

Наряду с перечисленными конструкциями в последние годы организуется выпуск ряда новых ветронасосных и ветроэлектрических агрегатов. Из простейших конструкций следует выделить компактную установку ветроэлектрического агрегата с однофазным генератором и инерционным насосом с электромагнитным приводом. Внедрение этой установки в производство позволит значительно расширить использование энергии ветра для подъема воды на пастбищах и полевых станах.

Своевременное техническое обслуживание ветронасосных и ветроэлектрических установок, а также наличие резервуаров обеспечивают надежное водоснабжение на пастбищах и полевых станах.

Передвижные водоподъемные установки

Вследствие рассредоточенности водопойных пунктов, непродолжительности работы водоподъемного оборудования в течение суток, сезонности использования пастбищ, отсутствия квалифицированных механиков в ряде случаев для механизации водоподъема на пастбищах и полевых станах наиболее рациональны передвижные водоподъемные установки.

Передвижные установки обладают мобильностью. Применение их позволяет уменьшить количество эксплуатируемого водоподъемного оборудования и повысить коэффициент его использования.

Передвижные водоподъемные установки созданы в основном на базе серийно выпускаемого водоподъемного оборудования путем некоторой его модернизации.

Передвижная водоподъемная установка АПЛВУ-1 состоит из ленточного водоподъемника, двигателя внутреннего сгорания ЗИД-4,5, лебедки для спуско-подъемных операций, направляющей рамы и салазок. Все оборудование смонтировано в кузове автомашины ГАЗ-63 на подвижной раме, которая при работе выдвигается в сторону колодца. В комплекте установки имеются звенья ленты различной длины. Установка АПЛВУ-1 за смену обслуживает 4—8 водопойных пунктов с шахтными ко-

кодцами глубиной до 30 м. Скорость передвижения установки в условиях пастбищ Казахстана 25 км/ч.

Передвижная водоподъемная установка ЭПВ-30 состоит из переоборудованного электропогружного насоса 6АП9×6, электрогенератора ЕС-52-4 или СГР-4,5 и лебедки. Оборудование смонтировано в кузове автомашины УАЗ-450Д. Привод электрогенератора осуществляется от двигателя через коробку отбора мощности. Электропогружной насос имеет перевернутую схему, т. е. насос располагается ниже электродвигателя, а также уменьшено число рабочих колес. Это позволяет использовать установку для водоподъема из малодебитных шахтных колодцев. От насоса в резервуар вода подается по резиновому шлангу, внутри которого находится кабель. Установка имеет следующие параметры: подача 1,2—1,7 л/сек, напор 30—35 м, мощность 2 квт.

Передвижная водоподъемная установка ПВУ-1 состоит из плавающего насоса марки ПИ-Ю или ИПП-25, электростанции ЭС-7 или электрогенератора СГ-4,5 и лебедки, которые смонтированы в кузове автомашины. Установка ПВУ-2 состоит из насоса СЦЛ-00 и дополнительного оборудования, которое смонтировано на автомашине ГАЗ-69. Установка предназначена для водоподъема из водоисточников глубиной до 5 м.

Передвижная водоподъемная установка ППВ-30 предназначена для подъема воды из открытых водоемов и шахтных колодцев глубиной до 30 м. Она состоит из компрессора 0-16-А, пневматического насоса замещения и механической лебедки, которые смонтированы на автомашине УАЗ-450Д. Компрессор обеспечивает давление 4 кгс/см² при производительности 30 м³/ч и приводится в действие через коробку отбора мощности от двигателя автомашины. Пневматический насос замещения ПН-2К двухкамерный с поплавковыми клапанами. Подача насоса до 12 м³/ч при напоре 30 м. На барабан лебедки наматываются водяной и воздушный шланги. Установка обслуживается одним человеком и за смену обеспечивает водой десять водопойных пунктов при расстоянии между ними до 5 км.

Имеются также передвижные установки, смонтированные на тракторе. Примером такой установки служит ПВУ-4/12, которая оборудована пневматическим насосом замещения и смонтирована на базе трактора ДТ-20.

Применение передвижных электростанций при стационарном водоподъемном оборудовании целесообразно при значительных затратах на монтажные работы, в частности при водоподъеме из трубчатых колодцев. Имеется ряд примеров, когда группа трубчатых колодцев с погружными электронасосами обслуживается передвижными электростанциями.

При водоподъеме из шахтных колодцев ленточные водоподъемники могут работать от вала отбора мощности трактора.

Механизация подъема воды передвижными водоподъемными установками значительно облегчает труд чабанской бригады, при этом стоимость 1 м³ поднятой воды составляет не более 30—40 коп.

Заслуживает внимания использование в качестве энергии на пастбищах сжиженного газа, который является высококалорийным и удобным для транспортирования видом топлива.

Высокими эксплуатационными показателями обладает передвижная насосная установка с водоподготовительным агрегатом производительностью до 2 л/сек типа КSB, которая изготавливается в Чехословацкой Социалистической Республике. Установка (рис. 39) хорошо зарекомендовала себя в работе на полевых стагах, выгульных площадках, удаленных фермах. Вес установки 10 т. Она транспортируется на автомашине и с помощью индивидуальных гидравлических домкратов, которые входят в комплект установки, поднимается с платформы автомашины и горизонтально устанавливается на площадке. Такая компоновка установки позволяет более полно использовать автомашину, которая предназначена только для перевозки агрегатов.

Кузов установки представляет собой гнутый профильный каркас, обшитый листовой сталью. По углам кузова установлены гидравлические домкраты. В изолированной камере кузова находится дизель-генератор.

Процесс работы установки протскает следующим образом. Вода из открытого источника центробежным вертикальным насосом, смонтированным на понтоне из пластика, подается в установку. При помощи дозировочного насоса в трубопровод вводится химикалий, который вызывает осаждение примесей в виде фильтруемых суспензий. Осажденная суспензия отделяется в осветлителе. Хлопковидный осадок сливается через верхний водо-

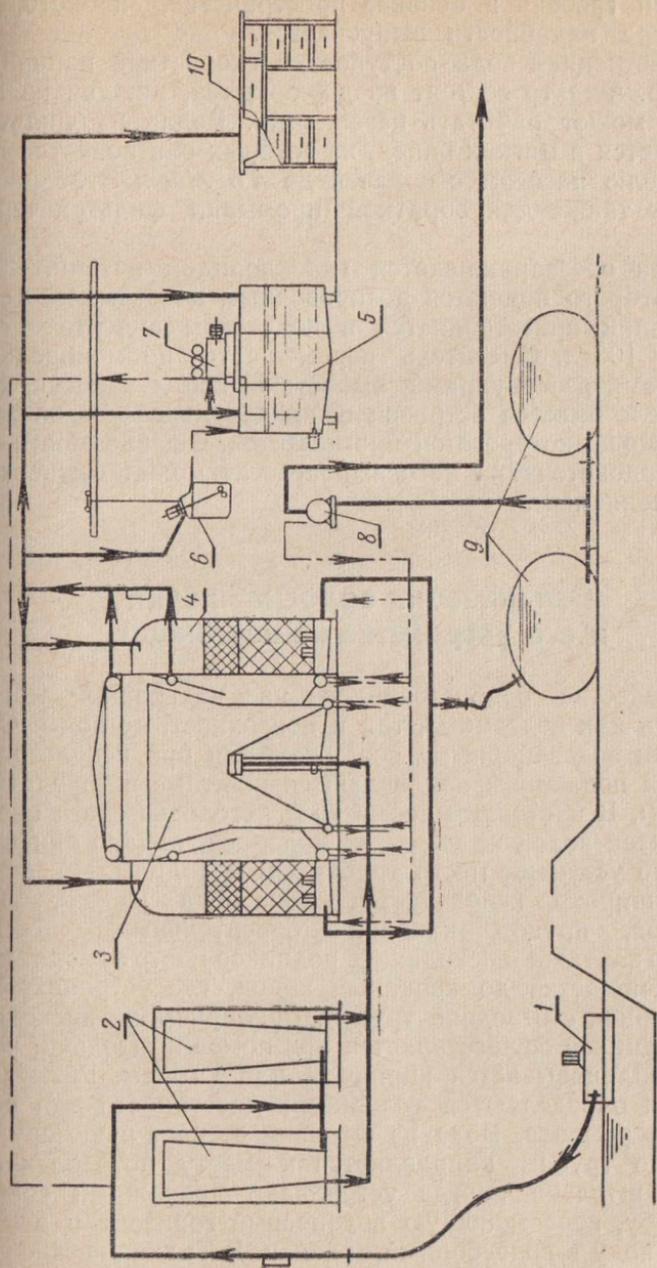


Рис. 39. Передвижная насосная установка КСВ:

1 — плавающий насос; 2 — бак коагуляции; 3 — осветлитель; 4 — скоростной песчаный фильтр; 5 — раствор химикатов; 6 — смеситель; 7 — дозировочный насос; 8 — питательный насос; 9 — мягкие баки; 10 — пульт управления.

сливной гребень в боковое пространство, из которого по мере надобности выпускается.

Осветленная вода поступает в скоростной цапорный фильтр. Фильтр состоит из двух частей, каждая из которых может работать независимо. Вода из фильтра собирается в мягких баках, из которых она подается потребителю насосом с подачей до 4,5 л/сек. Этот насос служит также для обратной промывки фильтра через сопла.

Вода обеззараживается гипохлоридом натрия, порции которого подаются дозировочным насосом. Раствор химикалий готовится в подвесном смесителе емкостью 100 л. Смеситель перемещается по монорельсу над тремя резервуарами емкостью 250 л каждый. На смесителе имеется встроенное дождевальное устройство, при помощи которого он промывается. В зависимости от вида водосточника насосный агрегат может быть взаимозаменяемым.

Организация водоснабжения и его устройства на пастбищах

В качестве водосточников на пастбищах могут служить как подземные, так и поверхностные воды. Основными водозаборными сооружениями при использовании для подземных вод являются шахтные и трубчатые колодцы. В настоящее время 75% поголовья скота обеспечивается водой из шахтных колодцев, однако они постепенно уступают место трубчатым колодцам. На пастбищах широко используется также вода из рек, озер, родников, прудов, каналов оросительных систем. С целью каптажа восходящих родников место выхода воды расчищается до коренных пород, где устраивается водосборник с отводной трубой. Водоприемник нисходящих родников осуществляется при помощи штольни, которая облицовывается кирпичом или камнем. Размеры штольни определяются условиями доступности для осмотра и ремонта. Вода из штольни стекает в камеру и далее по трубам направляется к месту потребления. Вместо штольни иногда устраивают дренажный сборник-трубу, пересекающую водоносный горизонт и отводящую воду в водосборный колодец. В Таджикистане на пастбищах широко распространены самотечные водово-

ны с забором воды из вышерасположенных родников. Длина таких водоводов достигает 100 км.

В качестве водосборников дождевого стока на пастбищах используются глиняные площадки (тактыры). Во время дождя с такыров поступает вода в специальные колодцы «черле», а также в дождевые ямы «каки», которые располагаются в наиболее пониженной части водосбора и представляют собой большие бассейны, где собирается вода.

Некоторое распространение для водоснабжения пастбищ получили «сагдоба» — подземные резервуары, которые в последние годы строятся из сборного железобетона.

На многих пастбищах в пустынях отсутствуют условия для сбора атмосферных осадков с естественной поверхности земли водосборов. Обводнение таких пастбищ по примеру Туркмении может осуществляться путем строительства водопойных пунктов с искусственными водосборными площадками размером не более 1 га, покрытыми битумно-песчаным слоем толщиной 3 см. Такие площадки при годовой сумме атмосферных осадков 100—150 мм позволяют собирать до 1000 м³ воды. При добавлении к пресной воде соленой один водопойный пункт в состоянии обеспечивать в течение года водопой одной отары овец (800—1200 голов).

В качестве водосборников на пастбищах используются также пруды, копани, снежники и самоизливающиеся артезианские скважины.

Основой водоснабжения на пастбищах является водопойный пункт. В состав водопойного пункта входит источник с водозаборным сооружением, водоподъемная установка с приводом, резервная емкость, водопойная площадка с оборудованием. На водопойной площадке размещаются водопойные корыта и при необходимости установка для очистки и опреснения воды. Объем резервуаров должен обеспечивать бесперебойное поступление воды в корыта во время водопоя. Длина водопойных корыт должна соответствовать принятой организации водопоя.

В зависимости от поголовья, режима водопоя и дебита водосточника определяются размеры водопойной площадки и длина корыт. Водопойная площадка располагается на расстоянии от источника, обеспечивающем предохранение его от загрязнения. Длина водопойных

корыт L зависит от продолжительности водопоя и количества скота:

$$L = \frac{St\tau}{t}, \quad (22)$$

где S — число голов скота;

l — длина корыта на одно животное;

τ — продолжительность водопоя животного;

t — допустимая продолжительность водопоя всего пригнанного скота.

Запас воды в резервуаре должен быть не меньше максимальной потребности в воде на один водопой за вычетом объема, который может быть получен из источника во время водопоя. Для обеспечения своевременного водопоя на водопойном пункте необходимо, чтобы время работы водоподъемного оборудования было бы меньше или равно времени между двумя водопоями. При этом выбор водоподъемного оборудования для трубчатых колодцев ведется с учетом того, что подача установки не должна превышать дебит колодца при максимальном понижении. Для шахтного колодца подача водоподъемника определяется дебитом и начальным запасом воды в колодце.

Для размещения водопойных пунктов необходимо знать допустимое расстояние отгона скота от водисточника (радиус водопоя) и возможную нагрузку на водопойный пункт. Размещение водопойных пунктов должно производиться с учетом вида животных, рельефа местности, сезона использования пастбищ, количества и качества травостоя. Расчетные величины радиуса водопоя рекомендованы СН267—63, однако они весьма условны.

При выборе схемы водоснабжения пастбищ особое внимание должно быть уделено возможности использования энергии ветра и солнца.

На обводненной площади сезонных пастбищ страны действует более 100 тыс. стационарных водопойных пунктов. За последние годы частично изменилась система использования пастбищ. На огромных пастбищных массивах организованы животноводческие совхозы со стойловым содержанием скота в зимнее время и высокой степенью механизации.

В организации обводнения пастбищ следует отметить две схемы: использование местных водных ресурсов и привлечение воды извне. В равнинных степных районах зона влияния обильных водисточников расширяется

либо перевозкой воды автоцистернами, либо транспортированием по трубам.

При механизации подъема воды необходимо решать два вопроса — выбор типа водоподъемника и энергетики привода. Энергоснабжение является основой эффективного использования пастбищ. Основные схемы водоснабжения на пастбищах:

1) стационарный водоподъемник со стационарной энергетикой устанавливаются на одном водопойном пункте. Источником энергии служат: ветер, солнце, двигатель внутреннего сгорания;

2) стационарный водоподъемник обслуживается передвижной энергетикой;

3) водоподъемник и энергетика передвижные, смонтированные на автомашине или тракторе;

4) подвозка воды осуществляется автоцистернами от базового водосточника.

При выборе схемы водоснабжения особое внимание должно быть уделено возможности использования энергии ветра и солнца. Солнечный генератор представляет собой фотобатарею, снабженную следящей системой и аккумуляторной станцией. Батареи и отражающие зеркала смонтированы на панели, которая вращается вокруг оси. Число панелей и площадь зеркал определяется требуемой мощностью. Заданное напряжение тока обеспечивается соединением определенного количества фотоэлементов. Следящая система работает от аккумуляторной батареи и обеспечивает автоматизацию настройки на солнце. Насосное оборудование может работать от аккумуляторной батареи, генератора или от них вместе.

При передвижной энергетике и стационарном водоподъемном оборудовании подъем воды осуществляется чаще всего из высокодебитных трубчатых колодцев, оборудованных погружными насосами.

Применение передвижных водоподъемных установок обусловлено сезонностью работы и сложностью эксплуатации. Достоинство применения этой схемы — высокий коэффициент использования, мобильность, сокращение общего числа водоподъемного оборудования.

Наличие трубчатых колодцев и открытых источников, имеющих большой дебит и воду хорошего качества, позволяет лучше использовать пастбища и водосточники. В радиусе до 15 км оборудуются водопойные пункты на привозной воде. На этих водопойных пунктах име-

ются запасные резервуары и корыта. Вода из основного водопойного пункта к радиальным подвозится автоцистернами или подается по трубопроводу.

Выбор схемы водоснабжения на пастбище в каждом случае проводится на основании технико-экономических расчетов.

При проектировании водопойных пунктов исходными показателями служат характер водоисточника, источники энергии и их соответствие потребностям в воде. После этого определяется принципиальная схема водопойного пункта, его основные составляющие и размеры. В зависимости от источника энергии (стационарный ДВС, передвижной генератор, ветер или солнце) определяется конструктивная схема водопойного пункта. Качество воды тоже оказывает существенное влияние, так как требования очистки и опреснения существенно влияют на устройство водопойного пункта.

Гипроводхоз разработал (1967 г.) проекты комплекса сооружений и оборудования полевого и пастбищного водоснабжения. Проекты предусматривают использование в первую очередь энергии ветра и солнца. Питанием электродвигателя водоподъемника служит аккумуляторная батарея, которую заряжают от ветроэлектростанции или солнечного генератора. В тех случаях, когда невозможно использовать энергию ветра и солнца, организуется централизованная зарядка и замена раз в 7—10 дней аккумуляторных батарей. Для этих целей имеется специализированная зарядная станция на автомашине, которая обслуживает 15—20 водопойных пунктов.

При повышенной минерализации подземных вод на водопойных пунктах устанавливаются опреснительные установки. При невозможности использования солнечного опреснителя парникового типа или электрохимического опреснителя с питанием от ветроэлектростанции рекомендуется применение передвижных установок для электрохимического опреснения воды. Испытания передвижных опреснительных установок показали возможность обслуживания одной установкой шести водопойных пунктов. Все сооружения водопойного пункта (резервуары, водопойные корыта, подземные камеры) целесообразно изготавливать из армоцемента на специальных заводах.

Эффективность использования энергии солнца и ветра на пастбищах видна из данных таблицы 17.

Расчет стоимости 1 м³ воды на водопойном пункте
для различных видов источников энергии (по данным Гипроводхоза)

Вид источника энергии и характеристика воды	Строитель- ная стои- мость, руб.	Годовые эксплуата- ционные расходы, руб.	Себестои- мость 1 м ³ воды руб.
Источник энергии ветер, вода прес- ная	1 722	217,3	0,103
Источник энергии солнце, вода прес- ная	1 812	228,9	0,109
Источник энергии аккумуляторная батарея, вода пресная	1 652	451,2	0,215
Источник энергии ветер, вода соленая	7 472	968,16	0,46
Источник энергии солнце, вода соле- ная	13 967	990,7	0,47
Источник энергии аккумуляторная батарея, вода соленая	3 220	1540,6	0,736

Применение ветронасосной установки или солнечного генератора позволяет снизить стоимость 1 м³ воды в 4,5 раза по сравнению с использованием ленточного водо-
подъемника Л-100 с двигателем внутреннего сгорания ЗИД-4,5.

Необходимо отметить, что в последние годы совер-
шенствуется не только водоподъемное оборудование, но
и методы организации водоснабжения на пастбищах.

Глава III

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Можно выделить три основных способа автоматизации насосных установок в системах сельскохозяйственного водоснабжения.

Первый способ — двухпозиционное регулирование работы насосных установок в схеме с водонапорной башней. Этот способ наиболее широко применяется в сельскохозяйственном водоснабжении. Наличие водонапорной башни или бака обеспечивает некоторый запас воды, а система регулирования уровня воды в баке позволяет автоматизировать управление насосным агрегатом.

Второй способ — применение пневматических автоматизированных насосных установок. Пневматические (безбашенные) автоматизируемые насосные установки при бесперебойном энергоснабжении обеспечивают автоматизацию работы насосов.

Третий способ — ступенчатое или плавное регулирование работы насосных агрегатов, подающих воду непосредственно в водопроводную сеть, минуя какие-либо напорно-регулирующие сооружения. Этот способ применяется при водоснабжении крупных потребителей, чаще всего на станциях второго подъема, при надежной системе энергоснабжения. В этом случае на насосной станции устанавливается несколько насосов, которые параллельно работают на сеть и в зависимости от водопотребления автоматически включаются и выключаются. Этот способ автоматизации нашел ограниченное применение в системах сельскохозяйственного водоснабжения.

Автоматизация насосных установок в схемах с водонапорными башнями

Напорно-регулирующие сооружения служат для создания напора, хранения запасов, регулирования работы насосов и подачи воды в сеть. Для хранения запасов

воды на хозяйственно-питьевые и противопожарные нужды применяются также безнапорные резервуары. В сельскохозяйственном водоснабжении применяются напорно-регулирующие сооружения двух типов: водонапорные баки и башни.

Поступление воды из бака в водопроводную сеть к потребителю под необходимым напором происходит вследствие разности отметок бака и потребителя. Водонапорные баки располагают обычно на наиболее возвышенной или непосредственно на здании животноводческого помещения.

Сооружение, состоящее из водонапорного бака, опоры и системы напорно-разводящих труб, называется водонапорной башней. Водонапорные башни широко применяются в системах сельскохозяйственного водоснабжения. При проектировании напорно-регулирующего сооружения (водонапорной башни или бака) необходимо определить объем бака и высоту его расположения.

Объем бака определяют из условия содержания необходимого противопожарного запаса воды $W_{п}$, запаса воды на хозяйственно-питьевые нужды $W_{х}$ и регулирующего объема $W_{р}$.

Согласно СП 267—63, в водонапорном баке хранится обычно неприкосновенный запас воды, рассчитанный: а) для хозяйственно-производственного комплекса на 10-минутную продолжительность работы внутренних пожарных кранов при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды; б) для жилой зоны поселка на 10-минутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожара при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды; в) для отдельно стоящих зданий на 10-минутную продолжительность работы внутренних пожарных кранов при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

Запас воды на хозяйственно-питьевые нужды $W_{х}$ в случае аварийного отключения насоса, а также при недостаточном дебите водисточника выбирается в зависимости от ряда местных условий. К основным местным условиям относятся: надежность системы энергоснабжения, схема автоматизации работы водоподъемного оборудования, наличие резервного оборудования и состояние водисточников.

В системе с водонапорным баком водоподъемное оборудование работает почти с постоянным напором, а

следовательно, при правильном выборе будет работать в зоне максимального п. п. д. Однако величина запаса воды в значительной степени зависит от типа аппаратуры управления. Необходимый регулирующий объем W_p может быть определен по интегральному графику водопотребления и подачи насоса, работающего в равномерном режиме, как сумма абсолютных величин максимальной положительной и максимальной отрицательной разностей ординат линии подачи насоса и графика водопотребления. При этом регулирующая емкость бака составляет 10—20% суточного расхода. Величина регулирующего объема составляет не более 6—10% емкости башни, поэтому разность между верхним и нижним уровнем не превышает 1 м по высоте бака.

Для сближения графика водопотребления и линии подачи насоса, а следовательно, уменьшения регулирующего объема бака необходимо переходить от равномерного режима работы насосного оборудования к повторно-кратковременному. Повторно-кратковременный режим позволяет сократить регулируемую емкость до 1% и менее от суточного расхода.

Для определения частоты включения за определенный период времени, которая, как и подача насоса, определяет регулирующий объем бака, введем следующие обозначения:

q_n — подача насоса, $м^3/ч$;

q_p — расход воды на ферме, соответствующий режиму потребления, $м^3/ч$;

t — продолжительность цикла, равная

$$t_1 + t_2,$$

где t_1 и t_2 — продолжительность заполнения и опорожнения регулирующего объема бака;

z — частота включений, равная $\frac{1}{t}$;

$$t = t_1 + t_2 = \frac{W_p}{q_n - q_p} + \frac{W_p}{q_n} = \frac{W_p}{q_n \left(1 - \frac{q_p}{q_n}\right)}$$

следовательно,

$$z = \frac{q_n}{W_p} \left(1 - \frac{q_p}{q_n}\right). \quad (23)$$

Условие максимальной частоты включения будет $q_{\Pi} = \frac{1}{\#} q_{\Pi}$, а следовательно, максимальная частота включений будет определяться по формуле:

$$z_{\text{макс}} = \frac{q_{\Pi}}{4W_{\Pi}} \quad (24)$$

Необходимый регулирующий объем составляет:

$$W_p = \frac{q_{\Pi}}{4z_{\text{макс}}} \quad (25)$$

При выборе частоты включений необходимо учитывать не только снижение стоимости напорного бака вследствие уменьшения регулирующего объема, но и износ оборудования при увеличении частоты включений, затраты энергии при включении и другие факторы.

Исходя из анализа технико-экономических факторов, определяющих работу системы водоснабжения, установлено, что частота включений для насосно-силового оборудования при работе на водонапорную башню не должна превышать 50—75 в сутки, причем большие значения соответствуют подачам до 5 м³/ч. Для установок с погружными насосами частоту включений для электродвигателей необходимо сократить в 2—3 раза.

Регулирующий объем бака W_p зависит от суточного потребления воды, графика водопотребления, производительности и также типа насосов и регулирующей аппаратуры.

Объем водонапорного бака может быть определен как сумма трех составляющих:

$$W_6 = W_{\Pi} + W_x + W_p \quad (26)$$

Высота водонапорной башни или бака определяется из условий обеспечения необходимого напора в наиболее удаленной (диктующей) точке А:

$$H_0 = H_{\text{св}} + h_{\omega} + z_A - z_6, \quad (27)$$

где H_0 — высота водонапорной башни от поверхности земли до дна бака, м;

$H_{\text{св}}$ — свободный напор в диктующей точке А;

h_{ω} — потери напора при максимальном водопотреблении;

z_A и z_6 — геодезические отметки поверхности земли в диктующей точке А и в месте расположения водонапорной башни.

Водонапорные сооружения оборудуются аппаратурой автоматизации, основным назначением которой является включение и выключение насоса в зависимости от уровня воды в баке, а также защиты электродвигателя. Аппаратура автоматизации водонапорных башен и баков состоит из датчика уровня и станции управления. В сельскохозяйственном водоснабжении наиболее широкое распространение получили датчики уровня следующих типов: поплавковые, контактные и манометрические.

Поплавковые датчики предназначены для работы в отапливаемых водонапорных башнях, в баках, расположенных в помещениях с положительной температурой, а также в южных районах страны. Поплавковые датчики различных типов выпускаются промышленностью, однако благодаря простоте конструкции в отдельных случаях они могут быть изготовлены и на месте.

Для включения и выключения электродвигателя насоса при перепаде уровня до 150 мм применяется поплавковое реле типа РП-40, состоящее из корпуса с полдой камерой, в которой помещен поплавок, закрепленный на стержне с осью. Ось связана с кулачковыми дисками, которые приводят в действие ртутные переключатели. Датчик крепится к стенке бака. При изменении уровня воды в баке происходит изменение уровня и внутри камеры датчика, а следовательно, ртутные переключатели будут включать или отключать электродвигатель насоса.

Для перепадов свыше 150 мм применяется поплавок-датчик с блоком типа РМ-51. Датчик состоит из поплавка, соединенного тросиком, переброшенным через блок, с противовесом. Поплавок постоянно находится в воде. На тросике укреплены два упора, служащие для включения и выключения ртутных контактов. Путем перестановки упоров величина регулируемого перепада может изменяться в пределах до 10 м. Механизм переключения представляет собой качающееся коромысло с ртутными переключателями. При повороте переключателя ртуть переливается, и происходит замыкание или размыкание электрической цепи. Для устойчивой работы датчика и предохранения контактов от разрушения имеется устройство мгновенного переключения, которое срабатывает под действием пружины независимо от скорости движения поплавка.

Поскольку в системах водоснабжения животноводческих ферм широкое распространение получили бесшат-

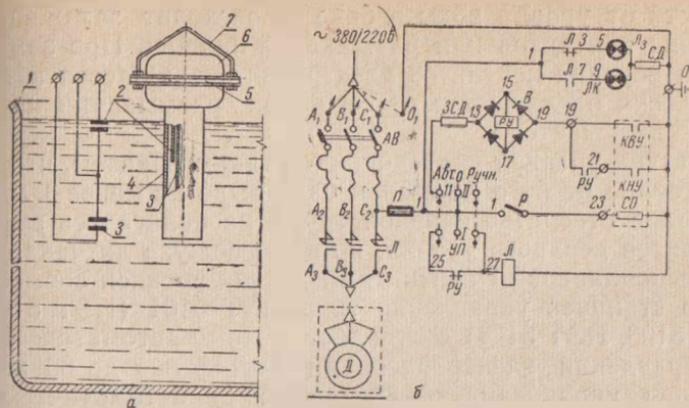


Рис. 40. Контактный датчик уровня (а):

1 — бак; 2 — контакты верхнего уровня; 3 — контакты нижнего уровня; 4 — контакт верхнего и нижнего уровней; 5 — панели зажимов; 6 — кожух; 7 — подвеска;

принципиальная электрическая схема управления (б):

АВ — автоматический выключатель АП-50-3МТ; УП — универсальный переключатель УП5311-0225; РУ — реле РП-23; Л — магнитный пускатель ПАЗ11; ЛЗ — сигнальная лампа ЛС-53 (зеленый плафон); ЛК — сигнальная лампа ЛС-53 (красный плафон); СД — сопротивление; П — плавкий предохранитель Пр-2; ЗСД — сопротивление ПЭ-25; Р — тумблер-выключатель ТВ1-1; В — селеновый выпрямитель; СО — сопротивление обогрева проволоочное.

ровые водонапорные башни, стенки которых в зимнее время обмерзают, в конструкциях датчиков пришлось отказаться от подвижных частей. Самой распространенной конструкцией беспоплавкового датчика, применяемого в сельскохозяйственном водоснабжении, является контактный датчик уровня, принцип работы которого основан на электропроводности воды. Общий вид и схема установки беспоплавкового контактного датчика в водонапорном баке приведены на рисунке 40, а.

Беспоплавковый контактный датчик состоит из контактов верхнего уровня 2, контакта нижнего уровня 3, контакта верхнего и нижнего уровней 4, панели зажимов 5, защитных кожухов 6, подвески 7, сопротивлений обогрева на 220 в. Контакты изготовлены из отрезков труб. Общий контакт верхнего и нижнего уровней присоединен к нулевому проводу и перемычкой к кожуху. Сопротивлением обогрева служит спираль в изоляционных втулках, устанавливаемая в трубе нижнего уровня. Обогрев контактов датчика производится только в зимнее время, а в летнее обогрев отключается. В зави-

симости от уровня воды в баке происходит замыкание верхних контактов или размыкание нижних. При замыкании верхних контактов электродвигатель насоса автоматически отключается от сети, при размыкании нижних — включается.

Датчик уровней подвешивается таким образом, чтобы расстояние от него до стенок бака было не менее 1 м, а приемное отверстие сливной трубы располагалось выше контактов верхнего уровня, но ниже кожуха датчика.

Бесплавковый контактный датчик уровней совместно со станцией управления типа ПЭТ 5101 (ПЭТ 5102, ПЭТ 5103, ПЭТ 5104) составляет систему автоматического управления электронасосами мощностью до 65 квт. Станция управления обеспечивает: 1) автоматический пуск и остановку насосного агрегата в зависимости от уровня воды в баке; 2) защиту от токов короткого замыкания, технологических перегрузок и перегрузок при потере напряжения в одной из фаз питающей сети; 3) защиту цепей управления от токов короткого замыкания; 4) ручное управление электродвигателем насоса.

Станция управления ПЭТ-5101 для управления электронасосами мощностью до 12 квт изготавливается в одношкафном исполнении (ранее выпускаемые станции изготавливались в двухшкафном исполнении). На двери станции установлены сигнальные лампы, универсальный переключатель и выведены кнопки автомата. В шкафу на панели смонтированы: автомат, магнитный пускатель, реле уровней, выпрямитель с добавочным сопротивлением, тумблер-выключатель обогрева датчика, клеммный набор и предохранитель. Питание станции осуществляется кабелем ВРБЗ×4+1×1,5.

Принципиальная схема системы автоматического управления представлена на рисунке 40, б. Перед пуском насоса на станции управления включают переключатель АВ, и зеленая лампа ЛЗ сигнализирует о наличии напряжения на станции управления и об отключении электродвигателя насоса. Для пуска необходимо поставить универсальный переключатель УП в положение «автоматическое», тогда шайбы УП1-25 и УП11-11 замкнутся и через размыкающий контакт РУ будет обеспечен подвод напряжения на катушку магнитного пускателя Л. Магнитный пускатель срабатывает и включает электродвигатель насоса. Загорается красная лампочка ЛК, а зеленая ЛЗ гаснет.

Когда поступающая в бак вода замкнет контакты верхнего уровня датчика *КВУ*, реле уровней *РУ*, получив питание, обесточит магнитный пускатель, и подача воды прекратится. При разборе воды контакты нижнего уровня датчика *КНУ* выйдут из воды, и реле *РУ*, обесточась, размыкающим контактом включит магнитный пускатель электродвигателя насоса. Таким путем будет повторяться процесс включения и выключения насоса.

При ручном управлении универсальный переключатель *УП* ставится в положение «ручное». Шайба *УП-27* замкнется, и катушка магнитного пускателя *Л* получит питание. Магнитный пускатель срабатывает, включается электродвигатель насоса, и загорается красная лампочка *ЛК*. Для остановки насоса универсальный переключатель переводят в положение «0». Защита от коротких замыканий в цепи управления осуществляется плавким предохранителем, а все другие виды защиты — автоматическим выключателем.

При автоматизации работы электропогружных насосов в ряде станций управления дополнительно предусматривается защита от «сухого хода», которая необходима для защиты электродвигателя при понижении уровня воды в скважине.

Станция управления устанавливается в помещении с относительной влажностью не более 70% и температурой от +5 до +35°C.

Осмотр, очистку, подтяжку и смену элементов станции необходимо производить только при снятом напряжении (отключенном автомате *АВ* и снятом предохранителе *П*), при строгом соблюдении правил техники безопасности. Правила по технике безопасности, а также указания по уходу за станцией управления и беспоплавокным контактным датчиком приводятся в инструкциях заводов-изготовителей. Сведения о станциях управления типа ПЭТ приведены в таблице 18.

Наряду с беспоплавокным контактным датчиком для сигнализации степени заполнения бака и автоматизации работы насосного агрегата применяется датчик с электроконтактным манометром. Этот датчик состоит из гидравлического затвора, устанавливаемого внутри бака на высоте 0,5 м от дна, и электроконтактного манометра, установленного у основания башни. Электроконтактный манометр типа ЭКМ с пределом измерения от 0 до 1 *ати* соединяется трубопроводом с гидравлическим

Основные технические данные станции управления ПЭТ

Таблица 18

ПЭТ	Мощность электродвигателя, кВт	Ток номинальный, а	Напряжение главной цепи, в	Напряжение цепи управления, в	Длина датчика уровня, м	Габаритные размеры, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Вес станция управления, кг	ПЭТ	Мощность электродвигателя, кВт	Ток номинальный, а	Напряжение главной цепи, в	Напряжение цепи управления, в	Длина датчика уровня, м	Габаритные размеры, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Вес станция управления, кг
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	6,4	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	8	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	8	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	10	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	10	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	12	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	12	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	14	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	14	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	16	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	16	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	18	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	18	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	20	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	20	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	22	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	22	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	24	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	24	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	26	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	26	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	28	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	28	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	30	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	30	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	32	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	32	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	34	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	34	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	36	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	36	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	38	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	38	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	40	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	40	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	42	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	42	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	44	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	44	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	46	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	46	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	48	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	48	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	50	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	50	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	52	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	52	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	54	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	54	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	56	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	56	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	58	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	58	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	60	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	60	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	62	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	62	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	64	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	64	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	66	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	66	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	68	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	68	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	70	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	70	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	72	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	72	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	74	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	74	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	76	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	76	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	78	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	78	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	80	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	80	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	82	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	82	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	84	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	84	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	86	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	86	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	88	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	88	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	90	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	90	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	92	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	92	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	94	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	94	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	96	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	96	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	98	380	220	0,5	493	435	205	30
ПЭТ 5101-08Э2М1	2,5	98	380	220	0,5	493	435	205	30	ПЭТ 5101-08Э2М	2,5	100	380	220	0,5	493	435	205	30

II корпус затвора заливают трансформаторное масло. Движение столба воды в баке передается чувствительному элементу манометра, контакты которого замыкаются соответственно величинам верхнего и нижнего предела. При изменении уровня воды в баке происходит замыкание или размыкание контактов, а следовательно включение или выключение электродвигателя.

Впервые выше датчики и станции управления изготовлены промышленностью серийно в достаточном количестве и хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации. Разработанные средства автоматизации на полупроводниковых логических элементах позволили значительно уменьшить аппаратуру автоматики и повысить надежность работы. С 1969 г. начат серийный выпуск бесконтактной системы управления электродвигателями мощностью до II квт (типа ШЭТ 5801).

Изобретенные способы двухпозиционного регулирования вращающихся агрегатов целесообразно применять в тех случаях, когда расстояние между насосной станцией и водонапорной башней сравнительно невелико. Однако водонапорные башни располагаются от насосных станций на значительном расстоянии, достигающем нескольких километров. В этих случаях линия связи между башней и насосной станцией требует значительных затрат.

Известен ряд способов автоматизации насосных установок работающих на удаленные водонапорные сооружения. Связь осуществляется, например, при помощи антенн коротковолновых передаточных устройств. Необходимость в специальной радиоаппаратуре ограничивает применение этого способа, однако он имеет широкое распространение на ж.-д. транспорте. Применяется также устройство с использованием реле давления и давления. Работа этого устройства заключается в следующем. Верхний уровень воды в водонапорной башне контролируется поплавковым клапаном, который закрывает напорный трубопровод, когда вода достигнет верхнего предела. Это приводит к резкому понижению давления у насоса, поскольку расход становится равным нулю. Реле (давления или расхода), расположенное у насоса, отключает электродвигатель, а включение происходит от реле времени через определенную выдержку независимо от уровня воды в башне. Продолжи-

тельность отключенного состояния выбирается из условия достижения водой нижнего уровня при максимальном водопотреблении. Этот способ автоматизации может быть применен и при наличии водопотребления между насосом и башней. Однако использование поллапкового клапана позволяет применять этот способ лишь в утепленных водонапорных баках, когда исключено образование льда на их стенках.

В системах с бесшатровыми водонапорными башнями автоматизацию насоса установок можно осуществить по нижнему уровню воды в башне. В этом случае величина минимального давления определяется с помощью реле давления, установленного у насоса. При понижении воды в башне до нижнего уровня реле подает сигнал на включение электродвигателя насоса. Продолжительности работы насоса выбирается из условия заполнения регулирующего объема при отсутствии текущего расхода. Реле времени или расхода отключает электродвигатель независимо от уровня воды в башне.

Хотя этот способ нельзя применять при наличии между насосом и водонапорной башней промежуточного отбора воды, он является наиболее целесообразным, так как требует меньшего числа включений и может быть использован для бесшатровых водонапорных башен. Применение этого способа регулирования оказывается целесообразным и при близком расположении водонапорной башни и насоса. В этом случае значительно упрощается оборудование средств автоматики.

Пневматические автоматизированные насосные установки

Помимо водонапорных башен и баков для создания напора в водопроводной сети применяются водо-воздушные резервуары. Давление в резервуаре создается сжатым воздухом. В зависимости от способа поддержания давления различают установки постоянного и переменного давления. В установках с постоянным давлением воздух из специального резервуара, в котором давление поддерживается автоматизированным компрессором, поступает в водо-воздушный резервуар. В установках с переменным давлением пополнение резервуара воздухом

обеспечивается либо при опорожнении путем соединения с атмосферой, либо специальными регулирующими устройствами. В сельскохозяйственном водоснабжении применяются водо-воздушные резервуары с переменным давлением.

Водо-воздушные резервуары в агрегате с насосным оборудованием и аппаратурой управления получили название пневматических автоматизированных насосных установок. В некоторых литературных источниках эти установки называют пневматическими безбашенными электроводокачками.

Процесс работы пневматической автоматизированной насосной установки происходит следующим образом. Вода по напорному трубопроводу от насоса поступает потребителю, а ее избыток — в водо-воздушный резервуар, заполненный воздухом. Заполняя резервуар, вода сжимает воздух, и давление в нем повышается. В верхней части резервуара установлено реле давления, которое при достижении заданной величины давления замыкает цепь питания катушки магнитного пускателя, отключая электродвигатель насоса от сети. При неработающем насосе подача воды происходит под давлением сжатого воздуха в водо-воздушном резервуаре. При понижении давления до нижнего предела реле давления замкнет электрическую цепь и включит электродвигатель насоса. Пневматические автоматизированные насосные установки могут применяться только при бесперебойном энергоснабжении, поскольку запас воды в резервуаре очень незначителен. Учитывая особенности башенных и пневматических напорных сооружений, в отдельных случаях целесообразно использовать их совместно. Это позволяет рационально использовать водоподъемное оборудование и обеспечивать резервный запас воды.

Пневматические автоматизированные насосные установки производительностью до $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ благодаря простоте конструкции и эксплуатационной надежности широко применяются в сельскохозяйственном водоснабжении. Серийно выпускаемые промышленностью установки соединены с одним или с несколькими насосами. Из насосов применяются центробежные, вихревые, водоструйные и погружные. При применении нескольких насосов они могут быть разной производительности и работать в различных диапазонах регулирования давлений. В этом случае в зависимости от потребления воды насосы могут

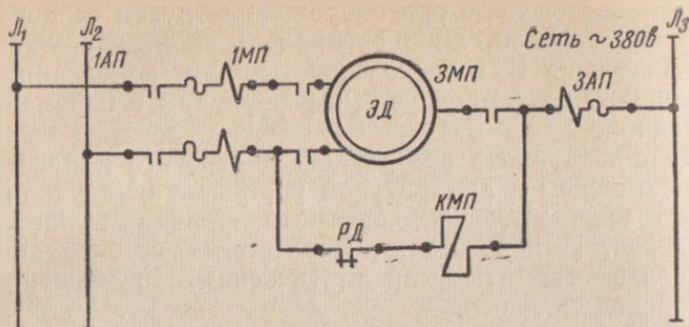


Рис. 41. Схема автоматического управления с однофазным реле давления:

ЭД — электродвигатель; АП — автоматический переключатель с тепловой и максимальной защитой; МП — магнитный пускатель; РД — однофазное реле давления; КМП — катушка магнитного пускателя; Л — фазы электросети.

работать как одновременно, так и по отдельности или в определенных сочетаниях.

В сельскохозяйственном водоснабжении применяются установки ВЭ-2,5М. В комплект установки ВЭ-2,5М входят насос с электродвигателем, водо-воздушный резервуар и станция управления. Имеются две комплектации этих установок: с вихревым насосом 1,5В — 1,3 и погружным центробежным насосом 6АП-9×6.

Установка в комплекте с вихревым насосом применяется для подъема воды из поверхностных источников и шахтных колодцев глубиной до 25 м при номинальной подаче 4 м³/ч, напоре 25—50 м, высоте всасывания 6—4 м, частоте включений до 14 в час, мощности электродвигателя 2,8 квт. В комплекте с погружным центробежным насосом 6АП-9×6 установка ВЭ-2,5М имеет номинальную подачу 7,2 м³/ч, полный напор 50 м, частоту включений до 10 в час, мощность электродвигателя 2,5 квт.

Водо-воздушный резервуар, выполненный в виде вертикального цилиндра с эллиптическими днищами, является регулятором работы насосного агрегата. Резервуар оборудован реле давления, манометром, водомерным стеклом и предохранительным клапаном. Станция управления служит для автоматического включения и выключения электродвигателя насоса и обеспечивает его защиту от перегрузок и коротких замыканий (рис. 41).

Реле давления крепится к резервуару на резьбе. Давление воздуха передается мембране, расположенной в корпусе реле давления. Мембрана передает давление на систему рычагов и пружин, которые в зависимости от давления в резервуаре замыкают или размыкают электрические контакты, а следовательно, включают или отключают электродвигатель насоса. При помощи регулировочного болта реле может быть отрегулировано на работу в необходимых пределах от 0,5 до 5 *ати*. В установках с электродвигателями мощностью до 1,5 *квт* применяется трехфазное реле, а при большой мощности — однофазное реле (рис. 42).

В верхней точке резервуара устанавливается предохранительный клапан, который служит для предохранения котла и водопроводной сети от разрыва при повышении давления сверх допустимого. Клапан регулируется на давление от 4 до 7 *ати*.

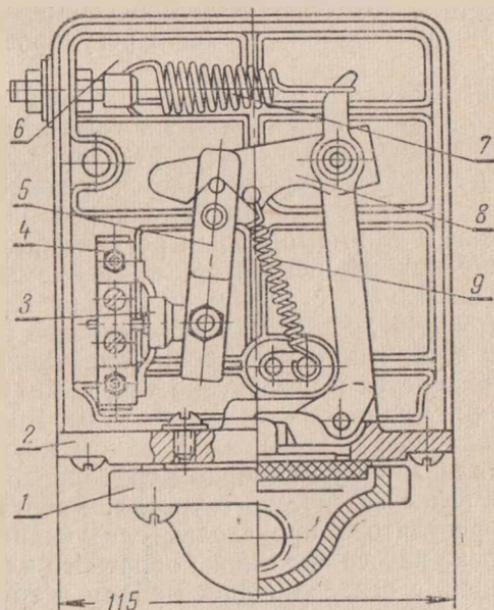


Рис. 42. Реле давления:

1 — корпус мембраны; 2 — крышка мембраны; 3 — подвижные электрические контакты; 4 — неподвижные электроконтакты; 5 — рычаг подвижного контакта; 6 — корпус реле; 7 — регулировочная пружина; 8 — рычаги мембраны; 9 — пружина мембраны.

Сжатый воздух, поддерживающий в водопроводной сети напор в заданных пределах, занимает примерно $\frac{1}{3}$ объема резервуара, а остальной объем заполняется водой, что соответствует максимальному давлению в резервуаре при отключении насоса. При работе часть воздуха растворяется в воде и уносится из резервуара, что приводит к значительному увеличению числа включений, а это может вызвать преждевременный износ всего оборудования. Для поддержания нормальной работы установки ВЭ-2,5М необходимо периодически пополнять резервуар воздухом. Для этого его отключают от водопроводной сети задвижкой и спускают воду, а освободившийся объем заполняется воздухом под атмосферным давлением. Хотя этот процесс и занимает всего 10—15 мин, но при увеличении частоты включений необходимость в пополнении воздухом будет значительно возрастать, что приведет к нарушению нормальной эксплуатации. Для полной автоматизации насосных установок с воздушными резервуарами существуют два способа:

1) автоматическое пополнение и регулирование запаса воздуха;

2) изолирование объема воздуха от воды с исключением необходимости пополнения запаса воздуха.

Автоматическое пополнение и регулирование запаса воздуха в резервуаре осуществляется в зависимости от вида насосного оборудования комбинированным, струйно-поплавковым или мембранным регулятором (рис. 43).

Комбинированный регулятор, применяемый в установках, соединенных с погружными или плавающими насосами (рис. 44), состоит из поплавкового регулятора, воздушного и обратного клапанов. Поплавковый регулятор устанавливается в резервуаре так, чтобы клапан открывался при минимальном уровне воды. Воздушный и обратный клапаны объединены в одном корпусе, который устанавливается на напорном трубопроводе не менее чем на 5 м выше статического уровня. Работа комбинированного регулятора происходит следующим образом. При остановке насоса вода ниже обратного клапана уходит в колодец, а освободившийся объем в трубопроводе через воздушный клапан заполняется воздухом. После пуска насоса воздушный клапан закрывается, и воздух поступает в резервуар. Если резервуар переполняется воздухом, поплавковый регулятор выпускает часть его из резервуара. В поплавковом регуляторе имеется регули-

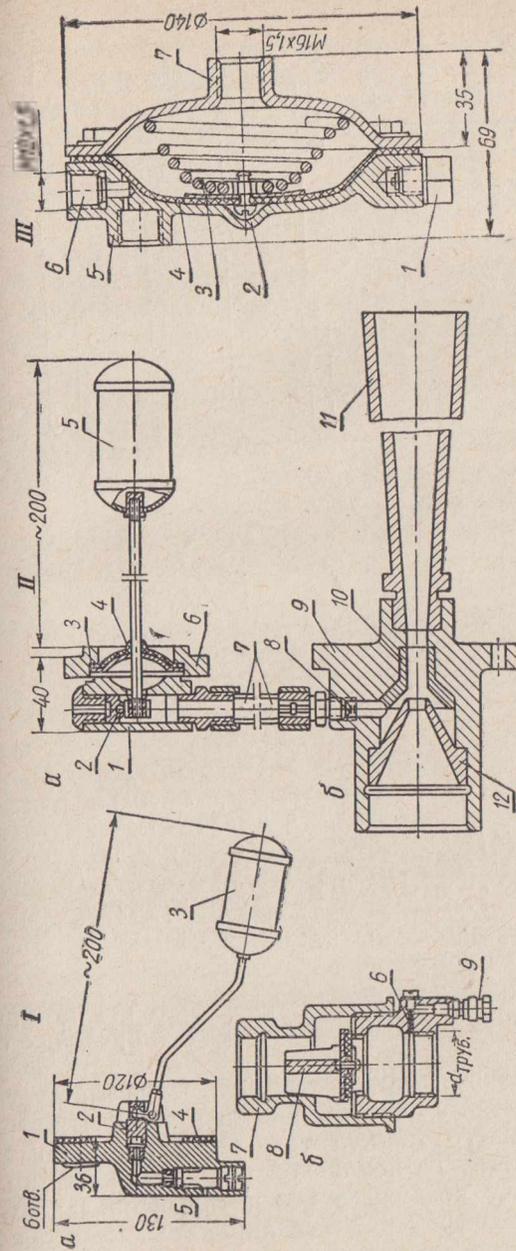


Рис. 43. Регуляторы запаса воздуха:

- I — комбинированный: а — комбинированный клапан; б — обратный клапан; в — корпус; 1 — корпус; 2 — поплавковый клапан; 3 — поплавок; 4 — прокладка; 5 — пружинный клапан; 6 — втулка; 7 — корпус; 8 — обратный клапан; 9 — воздушный клапан; 10 — поплавковый аппарат; 11 — струйный аппарат; 12 — корпус поплавкового клапана; 2 — поплавок; 3 — опорная тарелка; 4 — резиновая диафрагма; 5 — поплавок; 6 — фланец; 7 — трубка; 8 — воздушный клапан; 9 — корпус струйного аппарата; 10 — камера смещения; 11 — диффузор; 12 — сопло.
 II — мембранный: 1 — воздушный клапан; 2 — корпус; 3 — пружина; 4 — резиновая мембрана; 5 — патрубок для присоединения к баку; 6 — патрубок для присоединения манометра; 7 — патрубок для присоединения к насосу.

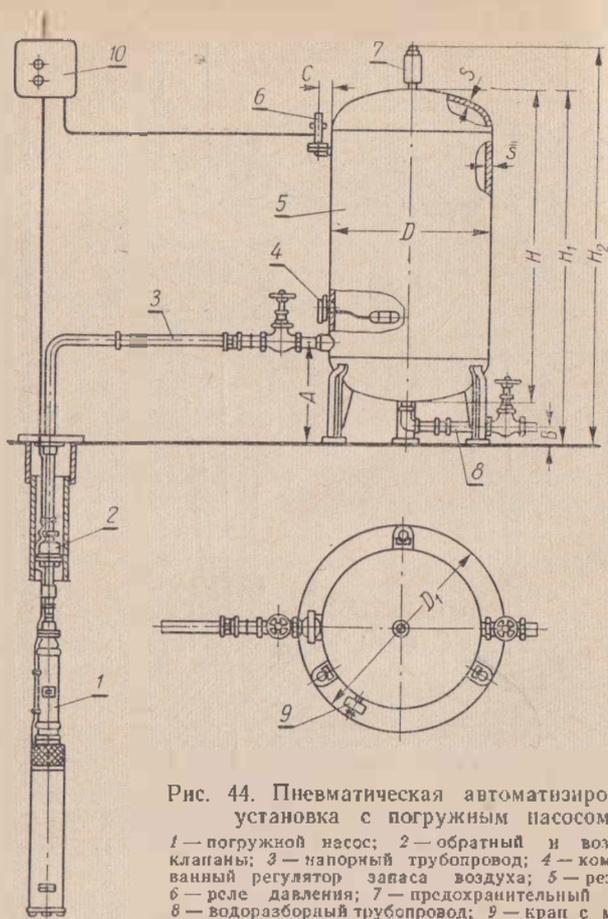


Рис. 44. Пневматическая автоматизированная установка с погружным насосом:

1 — погружной насос; 2 — обратный и воздушный клапаны; 3 — напорный трубопровод; 4 — комбинированный регулятор запаса воздуха; 5 — резервуар; 6 — реле давления; 7 — предохранительный клапан; 8 — водоразборный трубопровод; 9 — край с манометром; 10 — шкаф управления.

руемый пружинный клапан, который может регулироваться на заданное давление включения в пределах от 0,5 до 2,5 ати.

Струйно-поплавковый регулятор, применяемый в установках, соединенный с центробежными и вихревыми насосами непогружного типа, а также с водоструйными установками, состоит из поплавкового клапана, который регулирует подачу воздуха в резервуар. Поплавковый клапан соединяется со струйным аппаратом трубкой с воздушным клапаном, вмонтированным в корпус струйно-

ри аппарата. При уменьшении запаса воздуха поплавки поднимаются и открывают поплавокный клапан. Струйный аппарат подсасывает воздух, который вместе с водой поступает в резервуар. Когда запас воздуха в резервуаре пополнится до необходимого количества, поплавокный клапан закроется, и подача воздуха струйным аппаратом прекратится. При работе с самовсасывающими насосами воздушный клапан, соединенный трубкой с поплавокным клапаном, устанавливается на всасывающем патрубке насоса, а струйный аппарат из схемы исключают.

Мембранный регулятор запаса воздуха применяется при автоматизации центробежных, вихревых насосов и водоструйных установок при подаче до $3 \text{ м}^3/\text{ч}$. Мембранный регулятор присоединяется к резервуару на уровне, соответствующем давлению включения. В камере регулятора, соединенной трубкой со всасывающим патрубком насоса, при пуске насоса будет создаваться разрежение. Воздух поступит через воздушный клапан, сожмет пружину и заполнит объем камеры регулятора. При остановке насоса пружина отожмет мембрану, и воздух из камеры регулятора поступит в резервуар. Если в нем имеется избыток воздуха, то при давлении включения уровень воды установится ниже отверстия, соединяющего регулятор с резервуаром. При включении насоса камера регулятора будет заполняться воздухом из резервуара, и поступление воздуха под атмосферным давлением в регулятор происходить не будет.

НИИ санитарной техники совместно с заводом «Кургансельмаш» разработал пневматические автоматизированные насосные установки (табл. 19). В настоящее время заводом «Кургансельмаш» серийно выпускаются эти установки в агрегате с водоподъемным оборудованием.

В зарубежной практике водоснабжения применяются пневматические автоматизированные насосные установки, которые отличаются иным регулированием пополнения запаса воздуха в водо-воздушном резервуаре (рис. 45).

По схеме на рисунке 45, а пополнение запаса воздуха осуществляется при остановленном насосе дозирующим устройством обычного типа. Всасывающий трубопровод 1 соединен трубкой с дозатором 2, который снабжен поплавокным 3, всасывающим 4 и нагнетательным 5 клапанами. При работе насоса происходит понижение дав-

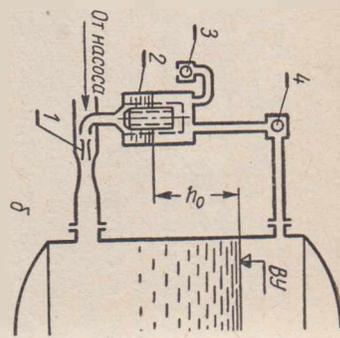
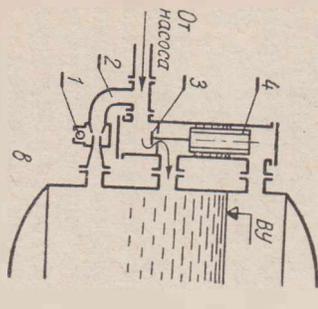
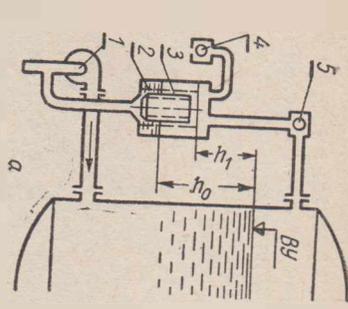


Рис. 45. Схема зарубежных регуляторов:
 а — поплавковый регулятор; 1 — всасывающий трубопровод; 2 — дозатор; 3 — поплавок; 4 и 5 — клапаны; 6 — струйный регулятор; 1 — струйный аппарат; 2 — дозатор; 3 и 4 — клапаны;
 б — струйно-поплавковый регулятор; 1 — клапан; 2 — струйный аппарат; 3 — клапан; 4 — поплавок.

ленин в дозаторе и заполнение его воздухом через клапан 4. Объем всасываемого воздуха будет определяться минимальным уровнем воды, при котором происходит закрытие клапана 3. После остановки насоса давление в резервуаре передается через насос в дозатор, и вода через клапан 5 вытесняет из дозатора воздух в резервуар до установления статического равновесия. Для исключения образования водяной пробки в нагнетательной линии дозатора клапан 5 располагается выше максимальной высоты воды в резервуаре. Такая система пополнения запаса воздуха применяется при близком расположении резервуара и насоса.

При значительном удалении насоса от резервуара применяется комбинированная схема (рис. 45, б), состоящая из дозатора с клапаном 2 и струйного аппарата 1. При работе насоса струйный аппарат отсасывает из дозатора воду, и через клапан 3 в дозатор засасывается воздух. После остановки насоса струйный аппарат пре-

Технические данные пневматических автоматизированных насосных установок

Тип установки	Производительность, м ³ /час	Полный напор, м	Емкость пневматического резервуара, л	Электронасос		Тип водисточника
				марка	мощность электродвигателя, квт	
С погружными электронасосами						
ВУ-2-35	2,0	35	160	ЭЦВ4-2-40	0,75	Скважина диаметром 4 дюйма
ВУ-1,6-60	1,6	60	160	ЭЦВ4-1,6-65	0,75	То же
ВУ-4,5-170	4,5	170	500	ЭЦВ6-4,5-180	4,5	Скважина диаметром 6 дюймов
ВУ-7-40	7,0	40	800	6АПВ-9×7	2,5	То же
ВУ-7-115	7,0	115	800	ЭЦВ6-7,2-120	4,5	» »
ВУ-7-65	7,0	65	800	6АПВ-9×12	2,5	» »
ВУ-10-45	10,0	45	1250	ЭЦВ6-10-50	2,8	» »
ВУ-10-180	10,0	180	1250	ЭЦВ6-10-185	8,0	» »
С непогружными лопастными электронасосами						
ВУ-2-20	2,0	20	20	НГ-10	1,0	Шахтные колодцы
ВУ-2-25	2,0	25	160	1В-0,9М	1,7	Открытые водоемы
ВУ-5-30	5,0	30	500	1,5В-1,3М	2,8	То же
ВУ-9-35	9,0	35	800	2В-1,6М	4,5	» »
ВУ-12-40	12,0	40	1250	2,5В-1,8М	7,0	» »
С водоструйными установками						
ВУ-3-35	3,5	45-30	320	ВН-2-Ш	1,7	Шахтные колодцы
ВУ-6-50	2,5-8,5	70-35	500	ВН-2-Ш	2,8	» »
ВУ-8-50	4-14	65-42	800	ВН-2-8	7,0	Скважина диаметром 8 дюймов
ВУ-8-90	7-10	105-85	800	ВН-2Ц-6	10,0	Скважина диаметром 6 дюймов

кращает работу, и воздух из дозатора через клапан 1 выдавливается в резервуар.

По схеме на рисунке 45, в пополнение запаса воздуха в резервуаре происходит, когда уровень воды в нем поднимается до максимального положения. При этом поплавок 4 закрывает клапан 3, вода начнет поступать в канал через струйный аппарат 2, через клапан 1 будет подсыпаться воздух, который затем поступит в резервуар. Когда воздушное давление в резервуаре возрастет, уровень воды понизится и откроется клапан 3, а струйный аппарат выключится из работы.

Для сброса излишнего воздуха применяют в основном поплавковые регуляторы воздуха.

Недостатком почти всех конструкций устройств для пополнения запаса воздуха являются дополнительные затраты энергии в струйных аппаратах, составляющие в отдельных случаях 5—7% затрат энергии на водоподъем. Из рассмотренных схем наиболее целесообразна схема, приведенная на рисунке 45, в. Следует отметить, что в установках с подачей воздуха во всасывающий трубопровод происходит снижение подачи и к. п. д. насоса.

При соединении водо-воздушного резервуара с водоструйными установками на напорном трубопроводе рекомендуется устанавливать регулятор давления, ибо падение давления в резервуаре вызывает падение напора у струйного аппарата, что приводит к снижению подачи водоструйной установки и даже к срыву ее работы. Для устранения колебания давления в сети на напорном трубопроводе за резервуаром рекомендуется также устанавливать редуцирующий клапан, который настраивается на давление, больше давления включения насоса. Тем самым в сети обеспечивается почти постоянный напор.

Значительную часть стоимости пневматической автоматизированной насосной установки составляет водо-воздушный резервуар, вес которого в большой степени определяет металлоемкость установки.

Уменьшение емкости резервуара позволяет сократить капиталовложения, но при этом увеличивается количество включений, влияющих на износ насосного агрегата и расход электроэнергии вследствие пусковых потерь.

Исследованиями последних лет [10] установлено, что основная причина, ограничивающая уменьшение емкости резервуара, заключается в увеличении температуры нагрева электродвигателя, которая возрастает с увеличе-

шем числа включений. С повышением частоты включений до 100 в 1 ч суточный расход электроэнергии вследствие пусковых потерь увеличивается на 5—8% по сравнению с существующими режимами — 10 включений в 1 ч.

Максимальная частота включений насоса за 1 ч, полученная на основании исследования, может быть рекомендована в следующих пределах [10]: погружные центробежные насосы 11—29, водоструйные установки 16—32, вихревые насосы 13—50, центробежные насосы 29—52.

Следует отметить, что определение по формуле (24) максимальной частоты включений для пневматических автоматизированных насосных установок не соответствует действительным условиям их работы. Анализ графиков водопотребления различных объектов сельскохозяйственного производства показывает, что средняя частота включений насосного агрегата в сутки составляет 0,5—0,9 максимальной частоты включений. Это объясняется тем, что подача насоса при наполнении резервуара уменьшается и при определенных расходах насос работает в длительном, а не в циклическом режиме. Исходя из этого, для определения частоты включений, а следовательно, и выбора водоподъемного оборудования необходимо использовать не средние и максимальные расходы или соответствующие часовые графики водопотребления, а статистические закономерности, наиболее правильно отражающие процесс. Для этого достаточно провести необходимую обработку выборки расходов за 15—20 дней в году.

Для уменьшения емкости резервуара и сокращения частоты включений применяются многоагрегатные насосные установки. С этой же целью применяется дополнительная закачка воздуха в резервуар ручными насосами, электрическими компрессорами или специальными регуляторами.

Надежная работа пневматической автоматизированной насосной установки при минимальной емкости резервуара может быть обеспечена при изолировании объема воздуха от воды. На этом принципе в ВИЭСХ создана установка ВЭМ-2,8, в резервуаре которой воздух заключен в резиновую камеру. Резиновая камера соединяется с крышкой резервуара, где, помимо манометра и реле давления, имеется липпельное устройство, через

которое воздух до давления 2 *ати* накачивается вручную, велосипедным насосом. Благодаря такой конструкции значительно уменьшена емкость резервуара, увеличена эксплуатационная надежность установки, поскольку исключены дополнительные устройства для закачки и регулирования объема воздуха.

Устройство реле давления и электрическая схема автоматического управления с однофазным реле давления приведены на рисунке 41 и 42. В качестве реле давлений в водо-воздушных резервуарах используются также реле РД-1-01 и РД-2-03, серийно выпускаемые промышленностью. Реле давления РД-1-01 имеет устройство, обеспечивающее контроль за давлением ниже атмосферного.

В тех случаях, когда пневматические автоматизированные насосные установки подают воду на животноводческие фермы, необходимо учитывать величину давления у водоразборных устройств. Так как давление у автопилот должно составлять 0,5 *ати*, на ферме необходимо устанавливать либо дополнительный открытый бак, либо редукционные клапаны.

Глава IV

ВЫБОР ВОДОПОДЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И РАБОТА НАСОСА НА СЕТЬ

Выбор водоподъемного оборудования определяется рядом факторов системы водоснабжения. Специфика сельскохозяйственного водоснабжения характеризуется прежде всего неравномерным водопотреблением как в течение года, так и в течение суток.

Неравномерный режим водопотребителя определяется суточным и часовым коэффициентом неравномерности, которые представляют отношения соответствующих максимальных расходов к средним. Максимальный суточный расход складывается из суммы расходов отдельных потребителей. Расходы воды на нужды отдельных потребителей определяются согласно СНиП II-Г-62 и «Указаниям по проектированию сельскохозяйственного водоснабжения» СН 267-63 (табл. 20). Коэффициент

суточной неравномерности $K_{сут} = \frac{Q_{макс\ сут}}{Q_{ср\ сут}}$, по дан-

ным многочисленным исследованиям, может быть принят равным 1,3, а коэффициент часовой неравномерности равным 2,0. $K_{час} = \frac{Q_{макс\ ч}}{Q_{ср\ ч}}$ где $Q_{ср\ ч} = \frac{Q_{макс\ сут}}{24}$,

Расчетный расход $q_p = \frac{Q_{макс\ ч}}{3600}$ л/сек.

Среднесуточный расход необходимо знать для определения годового потребления и себестоимости воды. Максимальный суточный расход необходим для определения емкости резервуаров, размеров очистных сооружений, расчета водоводов, определения мощности насосов и т. д. Максимальный секундный расход необходим для расчета водопроводной сети и насосного оборудования.

Характер и суммарное потребление воды за сутки выражаются интегральным графиком водопотребления, однако более наглядное представление дает почасовой график расхода воды, который показывает потребление

Нормы расхода воды в сельском хозяйстве

Наименование потребителей	Измеритель	Норма потребления
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	На одного жителя, <i>л/сутки</i>	125—150
То же, с газоснабжением	То же	130—160
Застройка зданиями, оборудованными водопроводом, канализацией и ванными с водонагревателями, работающими на твердом топливе	" "	150—180
То же, с газовыми водонагревателями	" "	180—230
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и системой централизованного горячего водоснабжения	" "	275—400
Застройка зданиями, не оборудованными внутренним водопроводом и канализацией. Водопользование из водоразборных колонок	" "	30—50
Полив усовершенствованных покрытий улиц и площадей	На 1 м ² на одну поливку, <i>л</i>	0,3—0,5
Поливка газонов и цветников	То же	4—6
Теплицы грунтовые зимние и весенние	На 1 м ² , <i>л/сутки</i>	15
Теплицы стеллажные зимние, парники всех типов, утепленный грунт	То же	6
Коровы и лошади племенные	На одну голову, <i>л/сутки</i>	80
Лошади рабочие, верховые, рысистые, свиноматки с приплодом	То же	60
Быки и ветели	" "	50
Молодняк крупного рогатого скота	" "	30
Хряки-производители, матки взрослые	" "	25
Телята в возрасте до 6 месяцев	На 1 голову, <i>л/сутки</i>	20
Молодняк свиной старше 4 месяцев и свины на откорме	То же	15
Овцы взрослые	" "	10
Молодняк овец в возрасте до года	" "	3
Куры, индейки	" "	1
Утки, гуси	" "	1,25

Наименование потребителей	Измеритель	Норма водопотребления
Ирки, соболи, кролики	На одну голову, <i>л/сутки</i>	3
Ины и весцы	То же	7
На заправку водой одного трактора	На 1 л. с., <i>л/сутки</i>	1
То же, комбайна	То же	1
То же, автомашины	На 1 т грузо- подъемности, <i>л/сутки</i>	1
Для работы парового котла	На 1 м ² /ч по- верхности на- грева, л	15—30

воды в течение каждого часа в м³ или в % от суточного расхода. Текущее потребление воды выражается дифференциальным графиком расхода воды. Потребление воды за промежуток времени может быть определено по любому из трех графиков.

При расчете водопроводной сети, помимо хозяйственно-питьевых и производственных нужд, необходимо учитывать и расход на случай пожара при объединении хозяйственно-питьевого и противопожарного водопроводов.

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение для жилых зон поселков следует принимать 5 л/сек при количестве жителей до 500 человек и 10 л/сек при количестве жителей до 5000 человек. Расчетный расход на фермах при одном пожаре для зданий объемом до 5000 м³ принимается равным 5 л/сек. Расчетная продолжительность тушения пожара 3 ч. Подача полного расчетного расхода воды на тушение пожара должна быть обеспечена при наибольшем расходе воды на технологические нужды и подаче 50% наибольшего расхода на хозяйственно-питьевые нужды. Минимальный диаметр водопроводной сети противопожарного назначения равен 75 мм, допускается в поселках с количеством жителей не более 500 человек. Во всех остальных случаях диаметр трубопроводов противопожарного назначения должен быть не менее 100 мм.

Минимальный свободный напор над поверхностью земли в наружной водопроводной сети хозяйственно-пить-

евого водопровода выбирается согласно СН 267—63:

- а) в жилых домах поселков при одноэтажной и двухэтажной застройке соответственно 10—12 м, при большей этажности на каждый этаж следует добавлять 4 м;
- б) у водоразборных колонок 10 м;
- в) на животноводческих фермах и в производственно-хозяйственных комплексах по требованию технологии.

Свободный напор в сети противопожарного водопровода низкого давления (на уровне поверхности земли) должен быть не менее 10 м. Свободный напор в сети противопожарного водопровода высокого давления должен обеспечить высоту компактной струи не менее 10 м над наивысшей точкой здания.

Максимальный напор в водопроводной сети не должен превышать предела, который определяется конструкцией и условиями эксплуатации сети. Если гидростатический напор в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителей превышает 60 м, предусматривается зонирование системы водоснабжения.

При централизованном водоснабжении большого числа объектов и значительном перепаде величин отметок земли у потребителей увеличиваются затраты энергии, обусловленные водоразбором с повышенным напором. Это происходит потому, что напор в водопроводной сети определяется условием наиболее удаленной и возвышенной точки. Если же давление в сети не превышает установленные пределы, то целесообразность зонирования определяется в результате технико-экономических расчетов. Необходимо учитывать, что хотя при зонировании и происходит сокращение затрат энергии, но одновременно возрастают капиталовложения на строительство и эксплуатационные расходы.

В сельскохозяйственных системах водоснабжения для водоводов и водопроводных сетей применяются чугунные, стальные, асбестоцементные и пластмассовые трубы, реже напорные керамические и железобетонные. Наибольшее применение находят чугунные трубы (ГОСТ 5525—61 и 9583—61) и асбестоцементные (ГОСТ 539—59). Асбестоцементные трубы марок ВТ3, ВТ6, ВТ9, ВТ12 выпускаются соответственно на давление 3, 6, 9 и 12 атм. Стальные трубы (ГОСТ 8732—58, 8734—58, 4015—58 и 8696—58) применяются лишь в определенных условиях (высокие напоры, трудно доступные участки сети, сейсмические районы и т. д.).

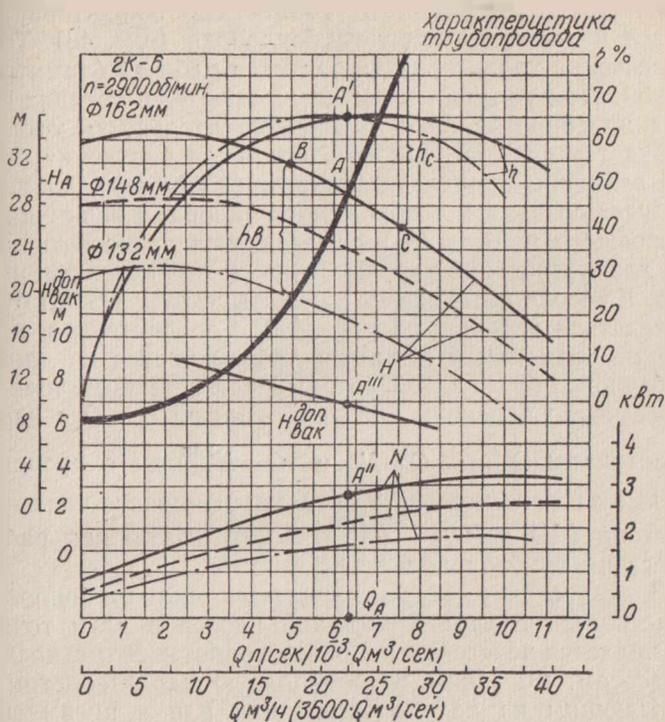


Рис. 46. Совмещенные характеристики насоса и трубопровода.

Вода подается насосом в трубопровод, поэтому требования, предъявляемые к насосу, определяются гидравлической характеристикой трубопроводов, представляющей зависимость потерь напора в трубопроводе от расхода. При подаче воды насосом в трубопровод напор, создаваемый насосом, представляет сумму двух величин: высоты подъема H_T и потерь напора на преодоление сопротивлений в трубопроводе h_{ω} . Величина H_T постоянная и определяется только местными условиями, и $h_{\omega} = il$. Величины A и l для определенного трубопровода будут постоянными.

Величина i определяется по таблицам и номограммам, в которых приведены величины потерь напора на единицу длины (гидравлические уклоны) для различных диаметров и подач.

Для определения режима работы насоса на данный трубопровод необходимо совместить характеристику насоса и характеристику трубопровода (рис. 46). Точка пересечения характеристик является рабочей (лимитной) точкой. При подъеме воды на высоту H_r и потерях напора на сопротивления h_{ω} производительность установки будет равна Q_A . При необходимости получения большей величины производительности (например, Q_C) насос не будет создавать необходимого напора, а величина недостающего напора (h_C) определяется разностью ординат характеристики трубопровода и характеристики насоса. Если же необходимо получить подачу Q_B , то будет создаваться излишек напора (h_B). Следовательно, единственным возможным режимом работы насоса на данный трубопровод будет такой, который соответствует точке А. Пересечение проекции рабочей точки на ось Q с характеристиками $Q-\eta$; $Q-N$ и $Q-H_{\text{ввк}}^{\text{ном}}$ дает представление о затрате мощности (A''), коэффициенте полезного действия (A') и $H_{\text{ввк}}^{\text{ном}}$ (A'''), соответствующих работе насоса на трубопровод.

В том случае, когда характеристика трубопровода пересекается с характеристикой насоса в двух точках, наблюдается неустойчивый режим работы. Это относится к насосам, имеющим горбообразную характеристику и работающим на водонапорный бак или в пневматический котел со значительными перепадами давлений. Происходит это потому, что при изменении H_r характеристика трубопровода будет перемещаться параллельно себе, и в определенный момент может произойти пересечение горбообразной характеристики в двух точках, что приведет к нарушению условий устойчивой работы насоса.

Устойчивой работе насоса на водопроводную сеть соответствует только одна рабочая точка. Однако в производственных условиях величина подачи изменяется во времени, в связи с чем рабочая точка должна также перемещаться. Это можно достигнуть изменением либо характеристики сети — дросселированием, либо характеристики насоса — изменением числа оборотов или поворотом лопасти колеса. Изменение характеристик сети или насоса называется регулированием.

Регулирование задвижкой, т. е. дросселирование, наиболее часто встречается в практических условиях и бла-

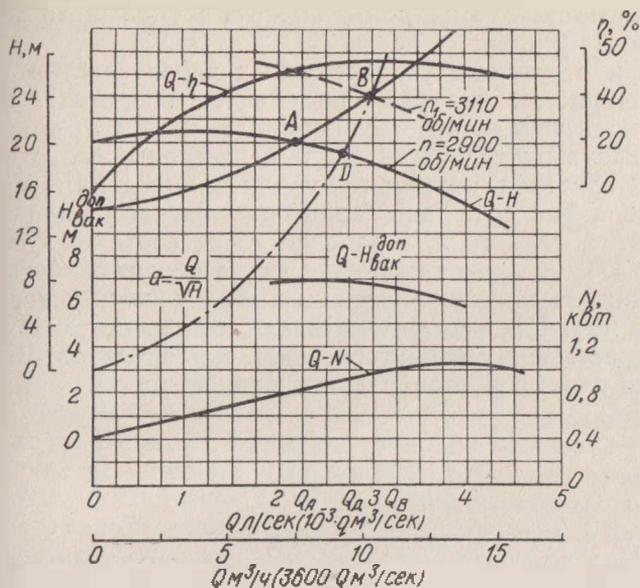


Рис. 47. Построение рабочей характеристики по заданной подаче.

годаря простоте получило наибольшее распространение. Каждому положению задвижки соответствует новая характеристика сети, поэтому изменением h_{ω_3} можно получить любую подачу от значения Q_A до нуля. Дроссельное регулирование приводит к увеличению потерь напора. Мощность, затрачиваемая на дросселирование, может быть определена формулой:

$$N_{\omega_3} = \frac{Q \cdot h_{\omega_3}}{102} \quad (28)$$

Например, для получения подачи Q_B (рис. 46) в задвижке теряется напор h_B , но величина подачи Q_B может быть получена без понижения к. п. д., если использовать в насосе рабочее колесо диаметром 132 мм.

Регулирование изменением числа оборотов насоса приводит к изменению характеристики насосов, причем в определенных пределах к. п. д. установки практически не меняется. В серийных насосах при регулировании изменением числа оборотов последние допускается увели-

чивать не более 20% номинального, а уменьшать не менее чем в 2 раза.

При отсутствии универсальных характеристик (т. е. характеристик для различных чисел оборотов), когда требуется определить число оборотов насоса n_1 по заданной производительности Q_1 и перестроить его рабочие характеристики, пользуются уравнениями динамического подобия. Так, если даны характеристики насоса для числа оборотов, равного n , и рабочая точка соответствует Q_B (рис. 47), то для определения числа оборотов соответствующих Q_B пользуются уравнениями динамического подобия (9). Проводится вертикаль, соответствующая Q_B , до пересечения с характеристикой трубопровода. Вычисляется параметр параболы по уравнению:

$$a = \frac{Q_B}{\sqrt[3]{H_B}}, \quad (29)$$

где Q_B и H_B — координаты точки B .

Задаваясь несколькими значениями Q , вычисляются соответствующие напоры H и по полученным данным строится парабола, которая проходит через начало координат и через точку B . Пересечение параболы с характеристикой $Q-H$ при числе оборотов n (точка D) будет соответствовать Q_D и H_D . Согласно закону динамического подобия,

$$\frac{Q_B}{Q_D} = \frac{\sqrt[3]{H_B}}{\sqrt[3]{H_D}} = \frac{\sqrt[3]{N_B}}{\sqrt[3]{N_D}} = n_1, \quad (30)$$

откуда можно определить число оборотов, соответствующее Q_B . Чтобы перестроить характеристики для числа оборотов насоса n_1 , необходимо, задаваясь рядом значений Q , вычислить: $H_1 = H\sigma^2$ и $N_1 = N\sigma^3$, где H и N — значения напора и мощности по характеристике, соответствующие Q . Перестроение характеристики $Q-\eta$ производится из условия, что к. п. д. при изменении числа оборотов остается постоянным, а следовательно, точки кривой $Q-\eta$ переносятся по горизонтали от Q до $Q_1 = Q\sigma$. Когда $n_1 > n$, характеристики Q_1-H_1 и Q_1-N_1 располагаются выше $Q-H$ и $Q-N$, а $Q_1-\eta_1$ смещается правее $Q-\eta$.

При построении рабочих характеристик при числе оборотов n_1 необходимо внимательно определять вели-

чину соотношения $\frac{n_1}{n} = \beta$, которая равна $\frac{Q_n}{Q_A}$, а не $\frac{Q_n}{Q_A}$.

Во всех случаях при наличии заданного трубопровода необходимо определять точку пересечения параболы Q с характеристикой трубопровода. Более подробно этот случай рассмотрен на примере.

Регулирование производительности путем изменения числа оборотов в сельскохозяйственном водоснабжении находит ограниченное применение. Это объясняется необходимостью применения либо двигателя постоянного тока, либо промежуточного узла — гидравлической или электрической муфты. Наличие дополнительных узлов и устройств значительно усложняет и удорожает насосные агрегаты. В последние годы разработаны схемы регулирования асинхронными электродвигателями с короткозамкнутыми роторами, использующие бесконтактные полупроводниковые элементы. Применение этих схем регулирования, очевидно, будет наиболее приемлемым для условий сельскохозяйственного водоснабжения. Регулирование изменением угла поворота лопастей получило распространение в осевых насосах.

При значительных изменениях подачи в зависимости от графика водопотребления устанавливают несколько насосов, работающих на один трубопровод. Для получения суммарной характеристики параллельно работающих насосов необходимо суммировать абсциссы характеристик при одинаковых напорах. Пересечение суммарной характеристики с характеристикой сети дает рабочую точку. Как видно из графика (рис. 48), при параллельной работе насосов увеличение числа насосов не приводит к пропорциональному увеличению производительности, т. е.

$$Q_A < 2Q_C, \quad (31)$$

где Q_A — подача двух насосов при параллельной работе;
 Q_C — подача насоса при одиночной работе.

Это происходит потому, что при возрастании подачи повышается давление в сети и снижается подача каждого насоса в сравнении с одиночной работой. Более того, увеличение числа параллельно работающих насосов при-

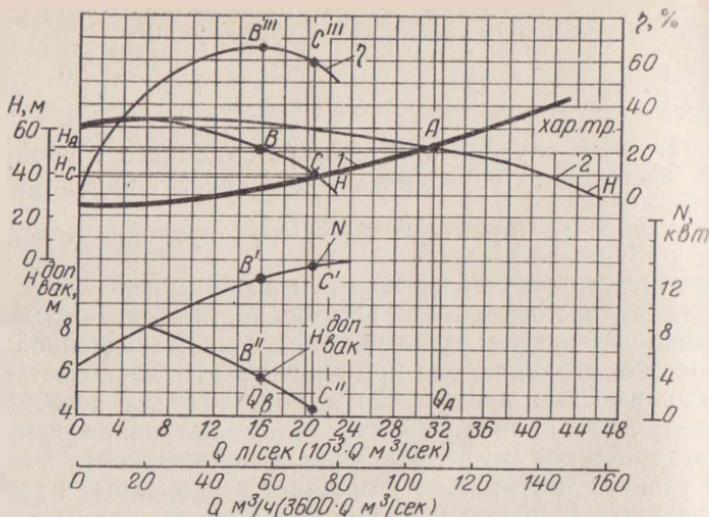


Рис. 48. Параллельное соединение двух насосов, работающих на один трубопровод.

водит к значительному уменьшению приращения расхода, отнесенному к одному насосу. Приращение расхода воды уменьшается тем значительнее, чем круче характеристика трубопровода; следовательно, более целесообразно параллельно соединенные насосы использовать при работе на трубопровод с пологой характеристикой, т. е. с незначительными гидравлическими потерями (небольшая длина и большой диаметр). Насосы для параллельной работы желательно подбирать с пологими характеристиками.

Во всех случаях наиболее рациональным является режим, при котором расходуются минимальные затраты энергии на единицу подаваемой воды. При этом следует учитывать обеспечение необходимого давления во всех точках водопотребления.

Как указывалось выше, получение оптимального режима может быть осуществлено величиной открытия задвижки (дрессельное регулирование), изменением числа работающих агрегатов и изменением скорости вращения насосного агрегата.

Регулирование подачи насоса изменением величины открытия задвижки оказывается целесообразным в це-

значительном диапазоне. При глубоком дросселировании повышаются нерациональные затраты энергии.

Изменение числа работающих насосных агрегатов в сельскохозяйственном водоснабжении находит применение в крупных хозяйствах. В настоящее время накоплен положительный опыт эксплуатации нескольких прямоточных систем водоснабжения с регулируемым числом погружных и поверхностных насосов. Серийно выпускаются многоагрегатные насосные устройства с пневматическим котлом.

Подачу воды путем изменения числа оборотов необходимо регулировать не только с учетом водопотребления, но и с учетом изменения свободных или геометрических высот водоподъема. С увеличением $H_{св}$ диапазон регулирования изменением числа оборотов уменьшается, а затраты энергии значительно возрастают. Необходимо, чтобы электрическая схема управления производила регулирование числа оборотов в заданных оптимальных режимах. Наиболее целесообразно регулировать подачу воды изменением скорости на насосных станциях второго подъема для поверхностных насосов. Регулирование подачи в погружных насосах оказывается менее экономически целесообразным и значительно сложнее технически.

Учитывая все факторы при применении той или иной схемы регулирования, необходимо проводить определение технико-экономических показателей работы различных комбинаций насосов с постоянной и регулируемой скоростями. Для упрощения этих расчетов целесообразно использовать методнку, разработанную в Академии коммунального хозяйства (АКХ) [4].

Для увеличения напора можно соединить насосы последовательно. При построении суммарной характеристики необходимо сложить ординаты напоров при одинаковой абсциссе. Точка пересечения характеристики трубопровода с суммарной характеристикой является рабочей точкой. На рисунке 49 показан пример, когда один насос марки $1\frac{1}{2}K-6$ не обеспечивает необходимого напора $H_{св}$ при работе на заданный трубопровод. Последовательное соединение двух одинаковых насосов позволяет обеспечить потребителя водой. Последовательное соединение насосов, расположенных на близком расстоянии друг от друга, не всегда желательно, так как вода, подаваемая ко второму насосу, имеет давление, которое мо-

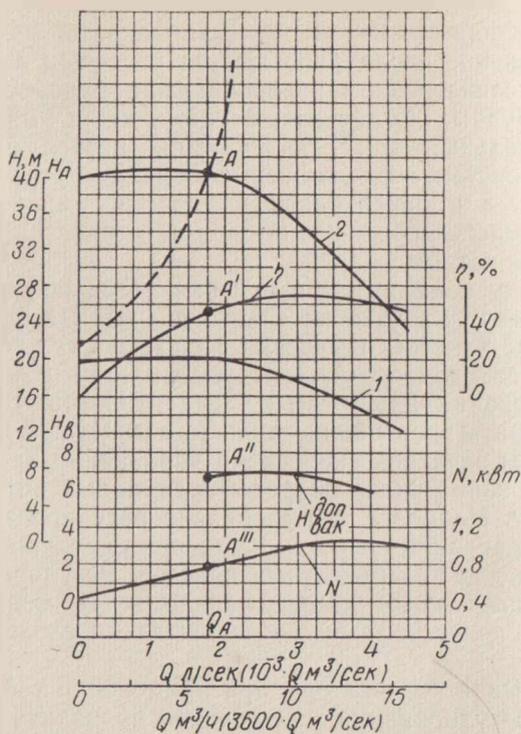


Рис. 49. Последовательное соединение двух насосов, работающих на один трубопровод.

жет быть выше допустимого по прочности узлов насоса. Последовательное соединение насосов желательно осуществлять при трубопроводе с крутой характеристикой, ибо в этом случае при незначительном изменении подачи происходит большее увеличение напора.

Все вышезложенное о регулировании подачи и совместной работе нескольких насосов на один трубопровод относится к лопастным насосам. Вопросы совместной работы насосов различных типов, например лопастных и объемных на один трубопровод, значительно сложнее. В практике случаи совместной работы разнотипных насосов встречаются крайне редко. Объемные и лопастные насосы могут работать совместно только для параллельной работы, т. е. для увеличения подачи воды.

Расчеты совместной работы насосов и водопроводных сетей являются достаточно сложными и трудоемкими. В приведенных примерах сделаны допущения, что насос или насосы работают на трубопровод с единственным потребителем на конце водовода, что практически встречается крайне редко. При наличии разветвленной водопроводной сети с большим числом потребителей многие вопросы расчета совместной работы насосов и водопроводной сети требуют дальнейшего совершенствования.

В связи с этим заслуживает внимания метод расчета, предложенный В. Г. Ильиным, который установил аналитическую зависимость полной потери напора в сети h_c от общего водоотбора из нее Q_c и поступления воды в начальную точку сети Q_{II} . В. Г. Ильин и Е. А. Прегер показали, что в пределах рекомендуемой области применения рабочую характеристику насоса $Q-H$ можно представить в аналитическом виде [13].

При анализе совместной работы насоса и сети необходимо знать, чему будет равна величина потерь напора в сети h_c при различных случаях водоотбора из сети и ее питания.

Потери напора в сети h_c могут быть определены следующей формулой:

$$h_c = Q_{II}^2 S'_{cy} - k Q_{II} Q_c S'_{cy}, \quad (32)$$

где Q_{II} — величина поступления воды в начальную точку сети;

Q_c — величина водоотбора из сети;

S'_{cy} — условное сопротивление сети;

k — коэффициент.

Общая высота водоподъема у насоса будет равна:

$$H = H_{\Gamma} + \Sigma h_{\omega} = H_{\Gamma} + Q_{II}^2 (S'_{\kappa} + S'_{\nu} + S'_{cy}) - k Q_{II} Q_c S'_{cy}, \quad (33)$$

где S'_{κ} и S'_{ν} — условные сопротивления в коммуникациях насосной станции и в водоводе.

Выражение (33) носит название характеристики водопроводящей системы.

В пределах области рекомендуемого применения с достаточной для практических целей точностью рабочую характеристику насоса $Q-H$ можно выразить уравнением:

$$H = H_{\Phi} - Q_{II}^2 S_{\Phi} = H_{\Phi} - h_{\Phi},$$

откуда

$$Q_H = \sqrt{\frac{H_A - H}{S_\Phi}} = \sqrt{\frac{H_0}{S_\Phi}} \quad (31)$$

где H — высота подъема воды насосом в метрах при заданной его подаче, Q_H , л/сек;

S_Φ — фиктивное сопротивление насоса $\left(\frac{\text{сек}}{\text{м}}\right)^2 \cdot \text{л}$;

H_0 — фиктивная максимальная высота водоподъема, м (определяется по пересечению параболы $H = H_\Phi - Q^2 S_\Phi$ с осью координат H);

h_Φ — фиктивные потери напора в насосе, м.

Параметры уравнения H_Φ и S_Φ можно определить по двум (например, A и B) точкам характеристики $Q-H$, находящимся в зоне рекомендуемого применения насоса:

$$S_\Phi = \frac{H_A - H_B}{Q_B^2 - Q_A^2}, \quad (34)$$

$$H_\Phi = H_A + Q_A^2 S_\Phi = H_B + Q_B^2 S_\Phi. \quad (36)$$

На основании этих зависимостей В. Г. Ильин составил аналитические выражения и вычислил значения H_Φ и S_Φ для наиболее распространенных в сельскохозяйственном водоснабжении насосов [13].

Используя эти зависимости, можно аналитически выразить характеристики насосов при переменном числе оборотов и измененном диаметре рабочего колеса, а также получить аналитические выражения суммарных характеристик последовательно или параллельно работающих насосов.

При расчете совместной работы центробежных насосов и водопроводных сетей необходимо учитывать изменения H_T и Q_C . Это требует совмещения характеристики насоса $Q-H$ с семейством характеристик $H=f(H_T, Q_C, Q_H)$, что практически невозможно. По методу В. Г. Ильина Q_H определяется совместным решением уравнений характеристик водопроводящей системы и аналитической характеристики насоса:

$$H_\Phi - Q_H^2 S_\Phi = H_T + Q_H^2 (S_K + S_B + S_{CY}) - k Q_H Q_C S_{CY}, \quad (37)$$

откуда

$$Q_H = \frac{k S_{CY} Q_C + \sqrt{(k S_{CY} Q_C)^2 + 4(H_\Phi - H_T)(S_\Phi + S_K + S_B + S_{CY})}}{2(S_\Phi + S_K + S_B + S_{CY})} \quad (38)$$

Для случая проточной системы, когда водоотбор из сети равен подаче насосов,

$$Q_{\text{н}} = \sqrt{\frac{H'_{\text{ф}} - H_1}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + \dots}} \quad (39)$$

где $H'_{\text{ф}}$ — фиктивная высота водоподъема у каждого насоса.

Применение описанного метода для расчета совместной работы насосов и сети, а также электрических и гидравлических аналоговых машин и электронных цифровых машин позволяет проводить подробный анализ работы насосных станций и водопроводных сетей.

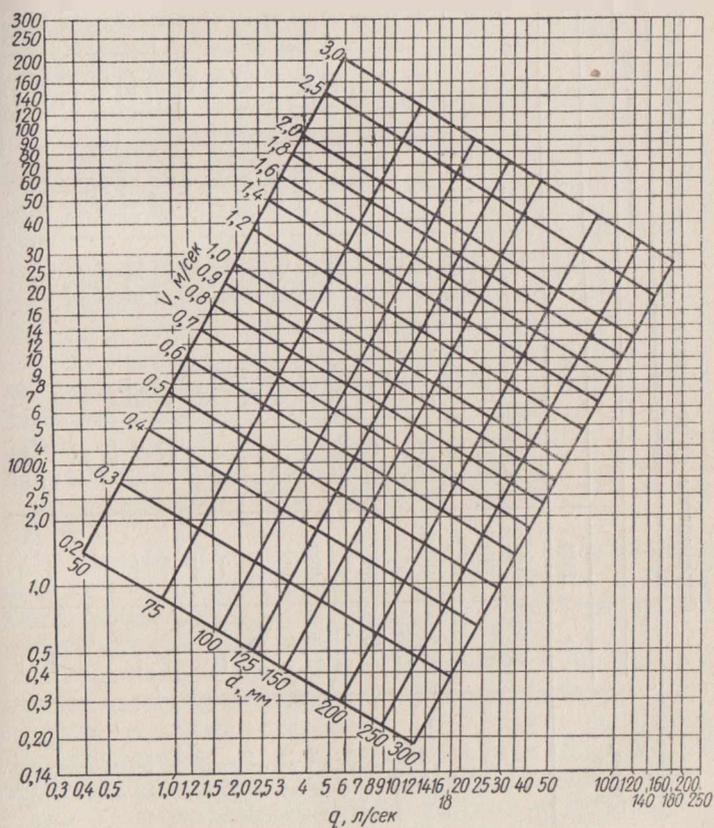


Рис. 50. Номограмма для определения потерь напора в асбестоцементных трубах.

Определение потерь напора в чугунных трубах (ГОСТ 5525—61)

Таблица 21

Расход, л/сек	Диаметр трубы, мм											
	50		75		100		125		150		200	
	v	1000 l	v	1000 l	v	1000 l	v	1000 l	v	1000 l	v	1000 l
1,0	0,53	17,3	0,23	2,31	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	0,79	36,3	0,35	4,77	0,2	1,17	—	—	—	—	—	—
2,0	1,06	61,9	0,46	7,98	0,26	1,34	—	—	—	—	—	—
2,5	1,33	94,9	0,58	11,9	0,32	2,00	—	—	—	—	—	—
3,0	1,59	137	0,7	16,7	0,39	3,08	0,21	0,96	—	—	—	—
3,5	1,86	186	0,81	22,2	0,45	5,26	0,25	1,33	—	—	—	—
4,0	2,12	243	0,93	28,4	0,52	6,69	0,29	1,75	0,2	0,72	—	—
4,5	2,39	308	1,05	35,3	0,58	8,29	0,33	2,22	0,23	0,91	—	—
5,0	2,65	380	1,16	43,0	0,66	8,99	0,37	2,75	0,26	1,12	—	—
5,5	2,92	459	1,28	51,7	0,72	10,0	0,41	3,31	0,28	1,35	—	—
6,0	—	—	1,39	61,5	0,78	11,5	0,45	3,92	0,32	1,6	—	—
6,5	—	—	1,51	72,2	0,83	13,5	0,54	4,6	0,34	1,87	—	—
7,0	—	—	1,63	83,7	0,91	18,6	0,58	5,31	0,37	2,16	0,21	0,53
7,5	—	—	1,74	96,1	0,97	21,2	0,62	6,09	0,4	2,46	0,22	0,60
8,0	—	—	1,86	109	1,04	23,9	0,66	6,9	0,43	2,79	0,24	0,68
8,5	—	—	1,98	123	1,10	26,7	0,70	7,75	0,46	3,14	0,26	0,76
9,0	—	—	2	138	1,17	29,9	0,74	8,68	0,49	3,49	0,27	0,85
10,0	—	—	2,33	171	1,3	36,5	0,83	11,7	0,52	3,91	0,29	0,94
									0,57	4,69	0,32	1,13

В качестве примеров совместной работы насосов и трубопроводов рассмотрим случаи, наиболее часто встречающиеся в практике сельскохозяйственного производства при выборе водоподъемного оборудования.

1. Воду из открытого источника необходимо подать в бак на животноводческой ферме. Расстояние от водоисточника до фермы 1500 м. Разность отметок уровня воды в водоисточнике и в баке 9 м. Между насосной станцией и фермой уложен чугунный трубопровод диаметром 100 мм. Требуется подобрать насос, если расчетный расход $q_p = 6$ л/сек.

Выбор насосного оборудования и определение параметров работы насоса производятся в следующем порядке.

1. Определяется напор, который должен развивать насос. Напор насоса равен сумме геодезического напора и напора, затрачиваемого на преодоление сопротивлений. Согласно местным условиям, геодезический напор равен 9 м, а потери напора в трубопроводе определяются согласно таблицам или номограмме (рис. 50, 51 и табл. 21).

При расходе 6 л/сек потери напора на 1000 м длины чугунного трубопровода диаметром 100 мм составляют 11,5 м; следовательно, на 1500 м потери напора составят 17,25 м.

Принимаем потери напора на местные сопротивления равными 10% потерь по длине, тогда суммарные потери напора будут равны 19 м. Тогда напор, который должен развивать насос, равен $9 + 19 = 28$ м.

2. Зная подачу — 6 л/сек и напор — 28 м, по сводному графику подачи и напоров центробежных насосов (каталог «Насосы») или по сводному графику консольных центробежных насосов выбираем марку насоса, соответствующую данным подаче и напору. Подаче 6 л/сек и напору 28 м соответствует зона работы консольных насосов 2К-6 и 2КМ-6 при $n = 2900$ об/мин.

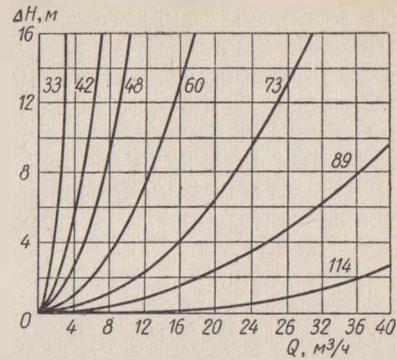


Рис. 51. Номограмма для определения потерь напора в стальных трубах длиной 100 м.

3. Для определения рабочей точки в координатах $Q-H$ строим характеристику трубопровода. Характеристика трубопровода выражается зависимостью $H = H_r + h_w$. Величину $h_w = il$ не вычисляем, а определяем по таблицам. Для этого, задаваясь любым значением Q , по таблице или номограмме определяют потери напора при заданных значениях l .

Так, при подаче $Q = 2,5$ л/сек потери напора на 1000 м длины составляют 2 м (трубопровод чугунный, диаметром 100 м), а на 1500 м с учетом 10% потерь на местные сопротивления — 3,3 м. Для построения характеристики трубопровода имеются координаты трех точек: $Q_1 = 0$; $H_1 = 9$ м; $Q_2 = 2,5$ л/сек; $H_2 = 9 + 3,3 = 12,3$ м и $Q_3 = 6$ л/сек; $H_3 = 28$ м. По координатам этих точек строится характеристика трубопровода. Точка пересечения характеристики трубопровода с характеристикой $Q-H$ насоса и будет рабочей точкой А, что соответствует напору $H_A = 28,5$ м и $Q_A = 6,3$ л/сек (рис. 46).

4. Проекция рабочей точки А на ось Q , пересекаясь с характеристиками $Q-N$; $Q-\eta$ и $Q-H_{доп}$, дает значения параметров насоса при работе на заданный трубопровод: $N = 2,75$ квт, $\eta = 65\%$, $H_{доп} = 6,8$ м.

Следовательно, в данных условиях насос работает в оптимальном режиме при максимальном значении к. п. д. и с параметрами Q и H , близкими к расчетным.

II. На насосной станции имеется два насоса ЗК-6, из которых один обеспечивает подачу воды в бак на животноводческой ферме, а второй запасной. Высота уровня воды в баке от уровня земли 15 м, разность отметок на ферме и поверхности воды в водосточнике 10 м. Рядом с фермой намечается строительство новых помещений, которые потребуют дополнительного водопотребления.

Требуется определить, насколько увеличится подача воды, если второй насос ЗК-6 подсоединить параллельно первому (рис. 48).

1. В координатах $Q-H$ строится характеристика трубопровода и определяется рабочая точка С при работе одного насоса ЗК-6 на заданный трубопровод. Один насос ЗК-6 обеспечивал подачу 20,5 л/сек при к. п. д. 60%, потребляемой мощности $N = 13,5$ квт.

2. Для построения суммарной характеристики двух параллельно работающих насосов необходимо сложить их абсциссы при неизменном напоре. Для этого в коор-

длинах $Q-H$ строится суммарная характеристика, а точка пересечения ее с характеристикой трубопровода и будет рабочей точкой двух параллельно работающих насосов на заданный трубопровод.

3. При параллельной работе двух насосов ЗК-6 производительность равна $31,1 \text{ л/сек}$, а приращение по сравнению с работой одного насоса составит $31,1 - 20,5 = 10,6 \text{ л/сек}$, следовательно, при параллельном соединении каждый насос будет работать с параметрами, отличными по сравнению с работой только одного насоса на трубопровод. Так, например, в этом случае при параллельном соединении каждый насос будет работать со следующими параметрами: $Q = 16 \text{ л/сек}$, $H = 51 \text{ м}$, $\eta = 65\%$, $N = 12,2 \text{ квт}$ и $N_{\text{пол}} = 5,8 \text{ м}$.

Приведенный пример подтверждает, что при параллельной работе нескольких центробежных насосов на один трубопровод не увеличивается подача воды пропорционально числу насосов. В данном конкретном случае увеличение подачи составляет примерно 50% подачи одного насоса.

III. Требуется подавать воду не менее $1,5 \text{ л/сек}$ насосами $1\frac{1}{2}$ К-6 на высоту 22 м по стальному трубопроводу диаметром 50 мм и длиной 500 м .

1. В координатах $Q-H$ строим характеристику трубопровода. Как видно из рисунка 49, насос $1\frac{1}{2}$ К-6 не в состоянии обеспечить подъем воды на заданную высоту. Поскольку имеются насосы только одной марки, то в данном случае последовательное соединение насосов $1\frac{1}{2}$ К-6 будет единственным решением, обеспечивающим необходимый напор.

2. Построив суммарную характеристику двух последовательно соединенных насосов, получим точку пересечения с характеристикой трубопровода (рабочую точку), которая и определит действительные напор и подачу. Суммарный напор двух последовательно соединенных насосов будет равен $39,5 \text{ м}$ при подаче $1,75 \text{ л/сек}$, что удовлетворяет требованиям.

IV. Насос $1\frac{1}{2}$ К-6 работает на чугунный трубопровод диаметром 70 мм и длиной 1000 м , обеспечивая у потребителя свободный напор 14 м при подаче воды $2,25 \text{ л/сек}$ (рис. 47). Число оборотов вала насоса 2900 в минуту.

Требуется определить, какое число оборотов должно иметь рабочее колесо насоса, чтобы при работе на

заданный трубопровод обеспечивалась подача воды 3,0 л/сек при $H_{ср} = 14$ м.

1. В координатах $Q-H$ строится характеристика трубопровода. Проводится вертикаль, соответствующая подаче воды 3 л/сек, до пересечения с характеристикой трубопровода и вычисляется параметр параболы согласно формуле:

$$a = \frac{Q_B}{\sqrt{H_B}} = \frac{3,0}{\sqrt{24}} = 0,61.$$

Принимая произвольные значения Q , определим соответствующие значения H и получим следующие данные:

$Q_{л/сек}$	0	1	2	2,5	3,0
$H_м$	0	2,7	10,8	16,6	24

По полученным значениям Q и H строится парабола. Пересечение параболы с характеристикой насоса $Q-H$ при числе оборотов $n = 2900$ об/мин будет соответствовать Q_D и H_D . Согласно закону динамического подобия, представляется возможным определить число оборотов насоса при работе на заданный трубопровод

$$\frac{Q_B}{Q_D} = \frac{n_B}{n} = a, \quad \text{откуда}$$

$$n_B = \frac{Q_B \cdot n}{Q_D} = \frac{3,0 \cdot 2900}{2,75} = 3110 \text{ об/мин.}$$

Следовательно, для того, чтобы насос 1 $\frac{1}{2}$ К-6 обеспечил подачу 3,0 л/сек на заданный трубопровод при $H_{ср} = 14$ м, необходимо число оборотов вала увеличить с 2900 до 3110 об/мин. Используя построенную параболу и уравнение динамического подобия, представляется возможным решить ряд задач по определению параметров насоса при изменении числа оборотов.

Рассмотренные примеры показывают, что при выборе насосного оборудования необходимо строго учитывать условия эксплуатации. Более того, полученные режимы подачи воды являются приближенными. В действительности центробежные насосы изменяют подачу в зависимости от напоров в сети и изменения уровня в баке, при этом непрерывно изменяется характер отбора воды потребителями. Все это приводит к работе насосов на переменных режимах в соответствии с характеристикой $Q-H$.

При выборе насосного оборудования для водоподъема из трубчатых колодцев большое значение имеет характеристика скважины. Характеристика скважины в значительной степени определяет параметры погружных насосов. Однако до последнего времени подбор насосов для каждой скважины проводился индивидуально. Для облегчения и ускорения работы по выбору насосного оборудования для трубчатых колодцев Среднеазиатским научно-исследовательским институтом водных проблем и гидротехники составлены специальные таблицы [18]. При этом произведена группировка скважин по дебитам и расстояниям до динамического уровня. Для группы скважин, если известны граничные значения удельных дебитов, положение статических уровней и максимальная величина падения динамического уровня, строится поле $H-Q$. Учитывая, что характеристику любой скважины изображают прямой линией, ее уравнение можно представить в виде:

$$S_{ск} = H_{ст} + \frac{Q_{ск}}{q_{ск}} \quad (40)$$

где $S_{ск}$ — расстояние до динамического уровня от поверхности земли, м;

$H_{ст}$ — положение статического уровня, м;

$Q_{ск}$ — дебит скважины, л/сек;

$q_{ск}$ — удельный дебит, л/сек · м.

Графическое построение приводят при условии замены величин $S_{ск}$ на H , изменив знак перед $H_{ст}$ на обратный, и подстановке в формулу (40) граничных значений величин удельных дебитов (q_n и q_{n+1}) и величин статических уровней ($H_{ст_n}$ и $H_{ст_{n+1}}$) с обратным знаком. На основании трех уравнений строится поле $H-Q$.

$$\left. \begin{aligned} H_n &= H_{ст_n} + \frac{Q_{ск}}{q_n} \\ H_{n+1} &= H_{ст_{n+1}} + \frac{Q_{ск}}{q_{n+1}} \\ H &= \frac{Q_{ск}}{q_n} = \frac{Q_{ск}}{q_{n+1}} \leq B \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

где H_n и H_{n+1} — верхнее и нижнее значения высот подъема воды, ограничивающих поле $H-Q$ для любой группы скважин;

$H_{стn}$ и $H_{стn+1}$ — верхнее и нижнее значения положений статических уровней;

q_n и q_{n+1} — меньшее и большее значения величин удельных дебитов;

B — максимальная величина падения динамического уровня.

Ограниченное тремя линиями поле $H-Q$ для группы скважин характеризует геометрическую высоту подъема воды от динамического уровня до поверхности земли. Чтобы выявить предельные режимы работы насосов на поле $H-Q$, наносятся рабочие характеристики насосов. Учитывая величины потерь напора и свободного напора, т. е. построив дроссельные характеристики, определяют рабочую точку. Проведенные графоаналитические расчеты позволили составить таблицы [18], в которых, помимо предельных значений режимов работы, приведены величины подач на 1 кВт мощности. Применение этих таблиц при проектировании объектов сельскохозяйственного водоснабжения значительно облегчает работу проектировщиков.

Для упрощения расчетов при выборе водоподъемного оборудования на животноводческих фермах в зависимости от типа источника водоснабжения и расхода воды могут быть использованы «Технологические карты по комплексной электромеханизации водоснабжения животноводческих ферм», которые изданы Всесоюзным объединением «Союзсельхозтехника» и МСХ СССР. В технологических картах применительно к различным фермам дается полный комплект оборудования и устройств системы водоснабжения. В комплект включены следующие устройства и оборудование: водоподъемные установки, насосные станции, водозаборные сооружения, водонапорные сооружения, наружная водопроводная сеть и аппаратура автоматизации. В зависимости от источника водоснабжения рекомендуется следующий примерный перечень водоподъемного оборудования: открытые водоемы — центробежные моноблочные насосы, плавающие насосы, ветронасосные установки, гидравлические тараны; шахтные колодцы — центробежные моноблочные насосы (при расстоянии от оси насоса до динамического уровня воды в колодце не более 5–6 м), плавающие насосы, ленточные водоподъемники, водоструйные установки (типа ВН-2-Ш), винтовые насосы, вибрационные насосы, ветронасосные установки; трубчатые колодцы —

погружные электронасосы (ЭЦВ, ЭПН, ЭПЛ и других типов), водоструйные насосы (типа ВН-2-8, ВН-2Ц-6 и др.), винтовые насосы, ветронасосные установки. При выборе ветронасосного агрегата его характеристика должна соответствовать ветровым, гидрогеологическим и хозяйственным условиям. При этом тип водоподъемника должен соответствовать характеристике водосточника: глубине, дебиту, составу воды и т. д. [35].

Для пескующих колодцев с повышенной минерализацией целесообразно использовать ленточные, вибрационные и пневматические насосы. Для подъема воды из колодцев с пресной и соленой водой типа «черле» целесообразно использовать плавающие на поитоне насосные агрегаты; при подъеме воды из мелкотрубчатых колодцев инерционные насосы (типа ВПУ-1 и ВБ-3). Максимальная часовая производительность водоподъемника не должна быть значительно выше часового дебита водосточника, иначе можно испортить колодец.

На колодцах с ограниченным дебитом целесообразно применять автоматические устройства для остановки насосного агрегата при заполнении бака или снижении уровня в колодце, а также для пуска агрегата в работу при уменьшении воды в резервуаре.

При выборе водоподъемного оборудования по технологическим картам необходимо не только учитывать соответствие подачи воды и напора, но и стремиться к сокращению капиталовложений и эксплуатационных расходов.

В том случае, когда выбор водоподъемного оборудования производится не для типовой фермы, потребность в воде должна определяться на основании действующих норм («Указания по проектированию сельскохозяйственного водоснабжения» СП267—63).

При выборе водоподъемного оборудования необходимо проводить технико-экономические расчеты, которые должны учитывать тип водозаборного сооружения, вид энергии для привода установки, принятые напорно-регулирующие сооружения, системы автоматизации и т. д.

Основными требованиями, которым должно удовлетворять водоподъемное оборудование для сельскохозяйственных потребителей, являются повышенные эксплуатационные качества: высокая надежность, простота монтажных и демонтажных работ, незначительные эксплуатационные расходы, возможность автоматизации.

Методы оценки экономической эффективности при выборе водоподъемного оборудования часто основываются на определении себестоимости одного кубометра по данной воды. Разработанная ВИЭСХ методика по определению эффективности внедрения сельскохозяйственной техники по минимальной величине приведенных затрат должна применяться и при оценке водоподъемного оборудования. Годовой экономический эффект \mathcal{E} от внедрения новой водоподъемной установки может быть оценен следующим образом:

$$\mathcal{E} = (C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2), \quad (42)$$

где C_1 и C_2 — эксплуатационные расходы в сравниваемых вариантах;

K_1 и K_2 — единовременные вложения в комплект водоподъемного оборудования и сооружений;

E_n — нормативный коэффициент сравнительной эффективности для объектов сельскохозяйственного водоснабжения, равный 0,2.

Экономические показатели необходимо сравнивать только при условии приведения исходных данных к сопоставимым условиям, т. е. при одинаковом количестве и качестве поданной воды.

Глава V

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Водозаборные сооружения

Для водоснабжения используются поверхностные и подземные водосточники. Открытые источники имеют грунтовое и поверхностное питание. Вода в открытых водосемах самоочищается от взвешенных частиц, органических веществ, микроорганизмов и других загрязнений. Самоочищение с последующим осветлением происходит под влиянием физико-химических и биологических процессов.

Подземные воды — грунтовые, межпластовые (артезианские), родниковые — наиболее предпочтительны для водоснабжения.

Санитарно-гигиенические качества питьевой воды регламентируются ГОСТ 2874—54 и 2761—57.

При выборе источника водоснабжения необходимо исходить из технико-экономических расчетов, которые должны учитывать стоимость сооружений и оборудования для подъема, обработки и транспортирования воды, эксплуатационные затраты и т. д. Необходимо стремиться к использованию артезианской воды, которая наиболее защищена от внешнего загрязнения. Стоимость 1 м³ воды из поверхностных источников с очисткой на медленных фильтрах примерно в 3—5 раз больше стоимости 1 м³ воды от подземных источников без очистки. В случае невозможности или нецелесообразности использовать артезианскую воду эксплуатируются другие водосточники (безнапорные грунтовые воды, ключи, реки, озера).

Зона санитарной охраны водосточника водоснабжения делится на два пояса. В первом поясе (пояс «строгого режима») запрещается находиться посторонним лицам. Территория первого пояса зоны санитарной охраны должна быть ограждена и обеспечена постоянным наблюдением. Границы первого пояса должны отстоять от водозаборных сооружений: при использовании артезианских водоносных горизонтов на расстоянии не менее 30 м и при использовании безнапорных водоносных горизонтов

на расстоянии не менее 50 м [42]. Во втором поясе вводится ряд ограничений в хозяйственной деятельности с целью защиты водосточника от загрязнения.

Расположение водоприемника выбирается из условия возможной организации зоны санитарной охраны. Водоприемник на реке должен располагаться выше населенного пункта и места выпуска очищенных сточных вод. При водозаборе из рек водоприемники разделяются на береговые, русловые и инфильтрационные.

Береговые водоприемники, когда вода забирается непосредственно у берега, бывают раздельного и совмещенного типов. В первом случае насосная станция первого подъема устраивается в здании, отдельно стоящем.

Водоприемники совмещенного типа имеют большое распространение. В этом случае здания насосной станции и водоприемника совмещены. Размеры водоприемников обуславливаются габаритами насосного оборудования и амплитудой колебания уровней воды в реке.

Водоприемники берегового типа устраиваются при крутом берегу и наличии вблизи берега достаточных для водозабора глубин.

При недостаточных глубинах в реке и пологом берегу устраиваются водоприемники руслового типа. Водоприемник состоит из оголовка, который связан с береговым колодезем самотечными трубами или сифоном. Береговой колодезь может совмещаться с насосной станцией.

Забор воды производят из глубоких слоев, но не глубже 0,7—1,0 м от дна и не менее 1 м от поверхности. Металлическую самотечную трубу укладывают на свайной опоре с уклоном в сторону русла. Диаметр самотечной трубы 150—200 мм, заборный конец трубы направляется по течению реки. Входное отверстие оголовка закрывают стальной решеткой.

На выходном конце самотечной трубы имеется задвижка для отключения трубопровода при очистке или ремонте колодца. Самотечные трубы укладывают в две линии. В грунте трубы должны находиться ниже уровня промерзания, а в реке не менее чем на 0,3 м ниже кромки льда.

При устройстве водозабора в мелководной реке водоприемник строят с расчетом на захват воды из подруслового потока, для чего русло углубляют и в углубление опускают оголовок из бетонных колец или деревянный сруб.

Если колебания горизонтов воды в реке значительны, применяются плавучие водоприемники.

В случае сильно загрязненной речной воды применяют инфильтрационные водоприемники. В водоприемник вода поступает, профильтровавшись через грунт дна и берега реки. Устройство такого водоприемника может быть выполнено либо в виде галереи, расположенной вдоль берега реки, либо из перфорированных труб лучевого водозабора.

Для забора подземных вод устраивают шахтные и трубчатые колодцы, галереи и каптажные сооружения.

Шахтные колодцы строят для использования безнапорных маломощных водоносных слоев глубиной до 30—40 м. В безводных районах глубина шахтных колодцев достигает 200—300 м. Колодец представляет вертикальную шахту круглого или квадратного сечения, с водоприемником внизу и оголовком на поверхности.

Нижняя часть шахты водоприемника входит в водоносный слой. Если часть шахты опущена на всю глубину водоносного слоя и достигает водоупорной породы, такой колодец называется совершенным, если не достигает водоупорной породы — несовершенным. Вода в колодец поступает через дно и стенки водоприемной части.

Чтобы вода в колодцах меньше засорялась, на дне делают песчано-гравийный фильтр. Оголовок возвышается над поверхностью земли на 0,8—1,0 м и предохраняет от попадания в колодец посторонних предметов и загрязнения.

Вокруг колодца делают замок из мягкой глины глубиной 1 м и шириной 0,75 м. Шахта колодца выполняется из железобетонных колец, кирпича, бута и дерева.

Трубчатые колодцы предназначены для забора подземных напорных вод и имеют сравнительно небольшой диаметр. Они устраиваются при помощи бурения вертикальных цилиндрических скважин. Стенки скважин крепятся обсадными трубами, образуя трубчатый колодец, который состоит из водоприемной части, ствола и устья. Водоприемная часть — фильтр состоит из рабочей части, надфильтровой трубы и отстойника. Вода из водоносного слоя поступает в колодец через рабочую часть фильтра. В отстойнике собираются частицы грунта, проникающие с водой в колодец. Надфильтровая труба соединяет фильтр при помощи сальника с нижней трубой обсадной колонны.

Из многочисленных конструкций фильтров наиболее широкое распространение имеют следующие: 1) дырчатые или щелевые; 2) сетчатые; 3) гравийные; 4) блочные.

Дырчатые и щелевые фильтры применяются при водозаборе из водоносных слоев в галечниках, гравелистых и крупнозернистых песках. Фильтры изготавливаются из отрезков стальной или асбестоцементной трубы. В стенках отрезка просверливают отверстия или вырезают продольные щели. Отверстия диаметром 10—20 мм делают в шахматном порядке. Щели делаются шириной до 15 мм и длиной до 250 мм.

Штампованные щелевые фильтры изготавливаются из стального листа и дешевле фильтров из перфорированных труб. Щелевые фильтры из металлических стержней состоят из опорных поясов, к которым приварены стержни. Каркасно-проволочные фильтры состоят из каркаса, обвитого проволокой. Поверх стержней каркаса наматывается проволочная спираль, шаг витка которой выбирают в соответствии с механическим составом водоносного песка. Из щелевых фильтров наиболее эффективными являются фильтры из пластических масс. Они устойчивы против коррозии, легки, прочны, хорошо обрабатываются. Ширина щелей этих фильтров от 0,25 мм.

Сетчатые фильтры применяются при водозаборе в крупнозернистых и среднезернистых песках. Сетчатые фильтры состоят из перфорированных труб, обтянутых сеткой из латуни, нержавеющей стали, стеклянными и пластмассовыми тканями. Размер сетки необходимо выбирать в зависимости от состава водоносной породы.

Гравийные фильтры применяются при водозаборе из мелкозернистых песков. Гравийные фильтры образуются путем засыпки в скважину между эксплуатационной колонной и водоносным пластом одного или нескольких слоев гравийного материала.

Блочные фильтры эффективны при эксплуатации в мелкозернистых песках. Они обладают химической инертностью, механической прочностью и высокой водостойкостью. В этих фильтрах в качестве фильтрующих материалов применены блоки из пористых материалов (пористая керамика, пористый бетон, гравий на клею БФ-1 и др.).

Блоки надеваются на дырчатую трубу и закрепляются фланцами. Помимо каркасных блочных фильтров, имеются бескаркасные конструкции. Телом блока слу-

лит дробленый шамот огнеупорных глин с зернами 0,5—1 мм. Связующим материалом — смесь жидкого стекла с кремнефтористым натрием и мелкой шамотной пылью.

В устойчивых трещиноватых породах (известняки, граниты, песчаники и т. д.) устраиваются бесфильтровые скважины, и вода из водоносного пласта поступает непосредственно в ствол скважины.

Для захвата подземных вод, выходящих на поверхность (родники), применяются каптажные сооружения. Конструкции каптажных сооружений зависят от направления движения подземных вод — восходящие и нисходящие родники. Для каптажа восходящих родников удаляют верхние слои грунта и устраивают опускной колодец с открытым дном и водонепроницаемыми стенками. При каптаже нисходящих родников вода в каптаж поступает через отверстие в стенке колодца. Отверстие с внешней стороны прикрывают фильтрующей засыпкой. При каптировании родников должен быть свободный выход воды из камеры. Помимо каптажа родниковых вод, строятся горизонтальные водозаборы для каптирования неглубоко залегающих водоносных слоев. Различают водозаборы траншейные, галерейные и кяризы.

Устройство насосных станций

В зависимости от расположения в общей схеме сельскохозяйственного водоснабжения насосные станции бывают первого и второго подъемов. Насосные станции первого подъема забирают воду из источника, подают ее на очистные сооружения или в промежуточные резервуары. Насосные станции второго подъема подают воду из очистных сооружений или промежуточных резервуаров в водопроводную сеть с напорно-регулирующим сооружением или без него. Насосные станции второго подъема могут располагаться также непосредственно на водоводе.

Устройство насосной станции определяется видом источника водоснабжения, типом насосного оборудования, гидрогеологическими и климатическими особенностями местности. Насосные станции первого подъема часто совмещаются с водозаборными сооружениями.

При использовании в качестве водоисточника поверхностных вод и наличии условий для забора воды обычно

устраивают береговые насосные станции совмещенного типа. При раздельной компоновке между водозаборным сооружением и зданием насосной станции укладывают самотечные трубы. Если колебания горизонтов воды значительны, здание насосной станции совмещенного типа может быть вынесено в русло реки, однако более целесообразно применять раздельный тип компоновки.

Здания насосных станций при водозаборе из поверхностных источников разнообразны. При выборе типа здания насосной станции необходимо стремиться к максимальной индустриализации строительства, использованию унифицированных конструктивных элементов и местных строительных материалов. Характерной особенностью зданий насосных станций является необходимость обеспечения допустимой высоты всасывания насосов при колебаниях уровня воды в водисточнике.

Здания насосных станций в плане бывают прямоугольными и круглыми. При большом числе насосов целесообразно применять прямоугольную форму здания. Насосные станции, как правило, оборудуются горизонтальными, реже вертикальными центробежными насосами, для запуска которых их корпус и всасывающий трубопровод должны быть залиты водой. Насос может быть установлен с подпором и обводной трубой на напорной линии. В этих случаях для заливки насоса открывается задвижка на трубопроводе, а воздух выпускается при помощи крана.

Для заполнения основного насоса и всасывающего трубопровода водой используется также дополнительное оборудование. Вспомогательные вихревые, центробежно-вихревые и вакуум-насосы и эжекторные устройства применяются при запуске основного насоса. При большом числе насосов на станции, когда осуществляется ступенчатое включение агрегатов, может быть оборудован автоматический подсос. В этом случае работающий центробежный насос постоянно поддерживает разрежение во всасывающих трубопроводах и корпусах отключенных насосов.

Всасывающий трубопровод должен быть оборудован обратным клапаном. Малейшая неисправность клапана затрудняет пуск насоса и автоматизацию его работы.

Если уровень воды в источнике расположен ниже оси насоса, то постоянный залив насоса можно осуществить

при помощи вакуум-котла. Вакуум-котел (рис. 18), заполненный водой, при пуске опорожняется, и ввиду разности давлений на поверхности водосточника и в вакуум-котле вода по всасывающему трубопроводу будет поступать из водосточника в вакуум-котел.

Таким образом, насос всегда будет находиться под давлением и его работа может быть легко автоматизирована. Объем вакуум-котла при высоте всасывания 5 м и диаметре всасывающего трубопровода 2, 3 и 4 дюйма принимается соответственно равным 20—30, 50—70 и 100—120 л.

Для различных условий водозаборов разработаны типовые проекты насосных станций, которые при определенной привязке к водосточнику могут служить основой при проектировании системы сельскохозяйственного водоснабжения.

В 1968 г. выпущены типовые проекты насосных станций на трубчатых колодцах, разработанные институтом «Гипроводхоз» ТП-СВ-650.

Помимо этих типовых проектов, могут быть использованы ранее выпущенные типовые проекты Гипроспецстроем, Мосгипротрансом, Укргипрокоммунстроем и Гипроводхозом, однако в этом случае необходимо проводить некоторую корректировку.

Насосные станции на трубчатых колодцах могут быть подземного, наземного и комбинированного типов. При выборе типа насосных станций необходимо учитывать природные условия. Насосные станции снабжаются следующим технологическим оборудованием и приборами для учета расхода воды:

1) для одиночных насосных станций, работающих с напором не более 10 атм, должна быть предусмотрена установка водомеров. Для групповых насосных станций с телеуправлением устанавливают скоростные расходомеры с дифманометрами;

2) задвижка для отключения скважин от напорного подвода;

3) задвижка для отвода воды при прокачках скважин и отбора воды у устья скважин в передвижные емкости;

4) вантуз для удаления воздуха с задвижкой;

5) обратный клапан (при подаче воды насосом в резервную емкость или напорно-разводящую сеть);

6) кран для отбора проб воды;

7) уровнемер для наблюдения динамического уровня воды в трубчатом колодце;

8) дренажный насос для откачки воды из подземных камер;

9) обеззараживающая установка, если она требуется. В каждом отдельном случае способ обеззараживания и тип установки принимаются на основании технико-экономических расчетов. Способ обеззараживания воды принимается после согласования с органами санитарно-эпидемиологической службы. Для ряда способов обеззараживания разработаны типовые проекты.

Для периодического замера уровня воды в трубчатом колодце в насосной станции монтируется специальное пневматическое устройство, состоящее из воздушного насоса, ресивера и системы воздухопроводов диаметром 10 мм с запорной арматурой и манометром. Это устройство устанавливается на опорной плите над устьевым патрубком, а металлическая труба диаметром 10 мм монтируется одновременно с насосом и укрепляется на водоподъемных трубах насоса. Работа этого устройства основана на принципе вытеснения сжатым воздухом столба воды в трубке, опущенной ниже динамического уровня воды в трубчатом колодце. Трубка опускается в скважину примерно на 5—10 м ниже динамического уровня. Глубина до статического уровня определяется нагнетанием воздуха, который вытесняет воду из трубки. Показание манометра будет расти до тех пор, пока вся вода из трубки не будет вытеснена. После этого закрывается кран, и доступ воздуха прекращается. Зная глубину, на которую опущена в скважину трубка, считая от оси манометра, и показание манометра в метрах, определяется глубина до статического уровня. Она равняется разности расстояния от оси манометра до конца трубки и показанию манометра.

При работе насоса уровень воды в скважине будет понижаться и соответственно будет уменьшаться показание манометра. После того как установится динамический уровень, показание манометра также стабилизируется. Разница показаний по манометру при статическом и динамическом уровнях будет соответствовать понижению уровня воды в скважине при откачке. Глубина до динамического уровня определяется как сумма показаний до статического уровня плюс величина понижения.

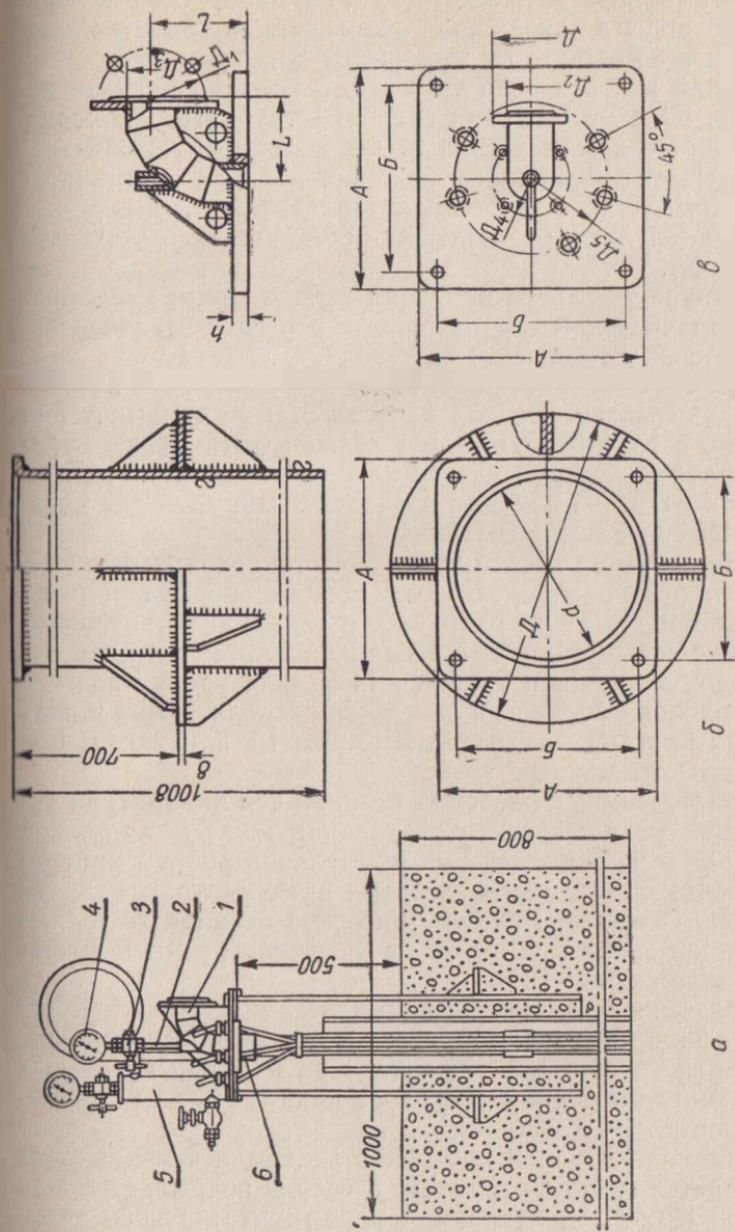


Рис. 52. Оголовок трубчатого колена:

1 — общий вид; 2 — опорное колено; 3 — трубка пневматического устройства; 4 — манометр; 5 — бачок метром пневматического устройства; 6 — опорная плита; б — устьевой патрубков; в — опорное колено.

Помимо пневматического устройства, для замера уровня воды в скважине используются электродные датчики в комплекте со вторичным прибором.

Общий вид оголовка трубчатого колодца показан на рисунке 52. Герметизация оголовка трубчатого колодца выполняется в соответствии с требованиями СН 326—65. Узлы герметизированного оголовка должны поставляться в комплекте с насосным оборудованием.

Опорная плита с коленом соединяется с устьевым патрубком.

Наличие устьевого патрубка предохраняет скважину от передачи вибрации насосного агрегата и увеличивает ее срок службы.

При определении длины водоподъемных труб необходимо учитывать, что для насосов ЭЦВ4 динамический уровень в трубчатом колодце должен быть выше верхнего фланца корпуса насоса не менее чем на 0,5 м, для насосов ЭЦВ6—1,0 м, для насосов ЭЦВ8—2 м, для насосов ЭЦВ10—3 м и ЭЦВ12—4 м.

Герметизация оголовка трубчатого колодца осуществляется резиновой прокладкой между опорной плитой и фланцем устьевого патрубка, а также уплотнительными сальниками типа У51 в опорной плите для кабеля, проводов датчиков и трубки для замера уровня воды.

Оголовок скважины и задвижка располагаются в подземных круглых камерах диаметром 1,5 или 2,0 м или в павильоне.

Для подземных насосных станций вся аппаратура управления размещается в утепленном шкафу наружной установки. Для обеспечения нормальной работы аппаратуры автоматики в зимнее время предусматривается ее обогрев. Освещение камеры насосной станции ввиду повышенной опасности должно осуществляться от источников напряжением 12 в.

Подземные камеры насосных станций выполняются из унифицированных сборных железобетонных изделий, монолитного бетона и кирпича. При наличии грунтовых вод отметку пола камер следует принимать на 0,5 м выше уровня грунтовых вод.

Выступающая над поверхностью земли часть камеры обсыпается местным грунтом, а сверху покрывается слоем 200 мм из водонепроницаемого грунта. Откосы насыпи покрываются дерном. Для отвода поверхностных вод устраиваются сточные каналы.

Для удаления воды из камер предусматривается установка насоса ИСЦВ-1,5М с автоматическим управлением. Автоматическое управление дренажным насосом при максимальном, минимальном и аварийном уровнях воды осуществляет регулятор — сигнализатор уровня ЭРСУ-2, датчики которого устанавливаются в камере на специальной подставке. Расстояние между камерами принимается исходя из прямых участков до и после водемера или диафрагмы.

Павильоны насосных станций сооружают из кирпича размерами в плане 3×3; 3×4; 3×5 и 3×6 высотой 3 м. Уровень грунтовых вод должен быть ниже подошвы фундамента. На крыше павильона предусматривается люк для монтажных и демонтажных работ.

По климатическим условиям толщина стен и утеплителя кровли здания определяется для расчетных зимних температур: -20°C (толщина стен 380 мм, утеплителя 80 мм), -30°C (толщина стен 380 мм, утеплителя 100 мм), -40°C (толщина стен 510 мм, утеплителя 120 мм). Электроснабжение насосных станций мощностью до 65 кВт осуществляется тремя способами.

1. Одиной насосной станцией осуществляется от ближайшей трансформаторной подстанции 35/6—10 кв или 110/6—10 кв по линии напряжения 6—10 кв. В этом случае у насосной станции сооружается понизительная компактная трансформаторная подстанция типа КТП 6—10 кв Минского электротехнического завода.

2. От линии передачи напряжением 35 кв. В этом случае у насосных станций с электродвигателями 32 и 45 кВт сооружается понизительная компактная трансформаторная подстанция типа КТП 100/35 напряжением 35/0,4 кв Минского электротехнического завода, а у насосной станции с электродвигателем мощностью 65 кВт сооружается сборная трансформаторная подстанция 35/0,4 кв мощностью 160 кВА на деревянной опоре (по типовому проекту Т-504—64 Вилписельэлектро).

3. От расположенной вблизи трансформаторной подстанции напряжением 0,4/0,23 кв. При этом никаких трансформаторных подстанций при насосных станциях сооружать не требуется.

Мощности трансформаторов, устанавливаемых на КТП, предусмотренных 1-й и 2-й схемами электроснабжения насосных станций, выбираются в зависимости

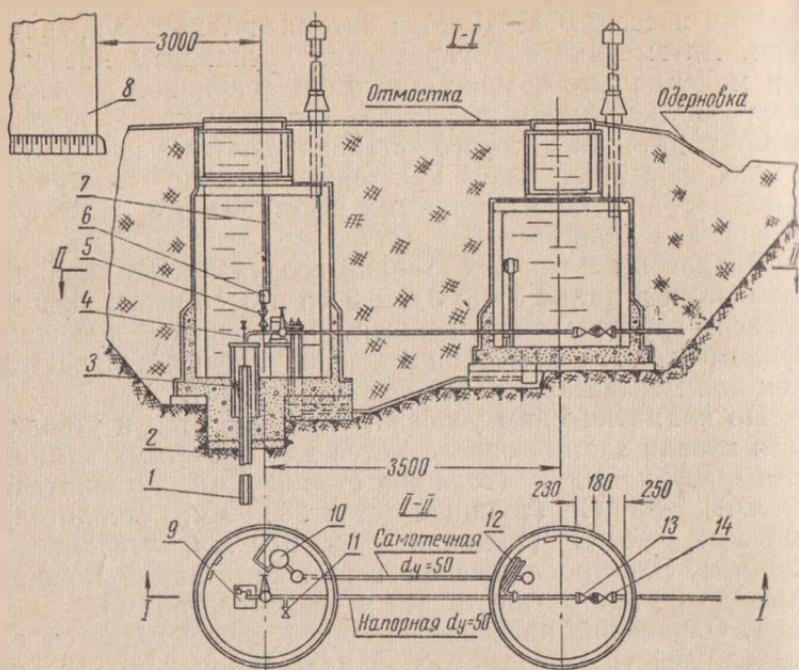


Рис. 53. Подземная насосная станция на трубчатом колодце:
 1 — насос; 2 — водоподъемные трубы; 3 — устьевой патрубок; 4 — кран; 5 — задвижка; 6 — вантуз; 7 — трубопровод; 8 — шкаф; 9 — устройство для замера уровня; 10 — дренажный насос; 11 — отвод; 12 — дифманометр; 13 — обратный клапан; 14 — задвижка.

от расчетной мощности насосной станции (включая собственные пускы) при условии падения напряжения до 20% при пуске погружного агрегата. Технические данные серийных распределительных подстанций приведены в таблице 22.

На рисунке 53 показан вариант подземной насосной станции, расположенной в сухих грунтах с камерами, оборудованными насосами ЭЦВ4 или ЭЦВ6. В первой камере диаметром 1,5 м располагается оголовок трубчатого колодца. В колодец на водоподъемных трубах 2 опущен погружной насос 1. Колонна водоподъемных труб соединяется с опорной плитой (рис. 52), которая опирается на устьевой патрубок 3.

На опорной плите смонтировано устройство 9 для замера уровня воды в колодце. В колено опорной плиты

Технические данные серийных распределительных подстанций

Типы комплектных распределительных подстанций	Типы трансформатора	Номинальная мощность трансформатора, <i>кВА</i>	Напряжение, <i>кВ</i>		Номинальный ток, <i>а</i>			Номинальный ток отходящих линий, <i>а</i>			
			высшей стороны	нижней стороны	обмотки ВН	обмотки НН	плавкой вставки предохранителя для защиты трансформатора	№ 1	№ 2	№ 3	уличного освещения
КТП-30/6	ТМ-30/6	30	6	0,4	2,89	43,3	7,5	20	20	30	15
КТП-30/10	ТМ-30/10	30	10	0,4	1,75	43,3	5	20	20	30	15
КТПА-60/6	ТСМА-60/6	60	6	0,4	5,77	86,6	15	30	30	50	15
КТПА-60/10	ТСМА-60/10	60	10	0,4	3,46	86,6	10	30	30	50	15
КТПА-100/6	ТСМА-100/6	100	6	0,4	9,4	144,5	20	30	50	100	15
КТПА-100/10	ТСМА-100/10	100	10	0,4	5,77	144,5	15	30	50	100	15
КТПА-160/6	ТСМА-160/6	160	6	0,4	15	232	30	50	100	100	15
КТПА-160/10	ТСМА-160/10	160	10	0,4	9,2	232	20	50	100	100	15

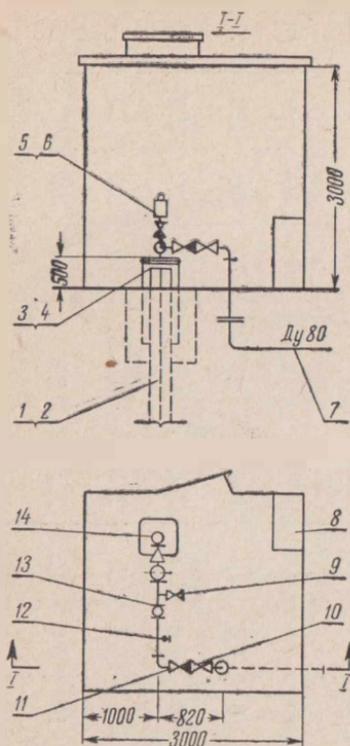


Рис. 54. Схема наземной насосной станции на трубопроводе колодца:

1, 2 — насос и водоподъемные трубы; 3, 4 — устьевой патрубок и опорная плита; 5, 6 — задвижка и вантуз; 7 — напорный трубопровод; 8 — шкаф станции управления; 9, 10 — задвижка; 11 — обратный клапан; 12 — пробковый кран; 13 — водомер; 14 — устройство для измерения уровня.

воды первая камера соединяется со второй самотечной линией. Обе камеры имеют естественную вытяжную вентиляцию. Станция управления располагается на поверхности в шкафу управления 8. Соединение станции управления с кабелем насоса осуществляется либо кабелем с бронированной оплеткой, либо кабелем, проложенным в трубе.

ввертывается патрубок, в конце которого устанавливается трехходовой кран 4 с манометром. За коленом устанавливается вертикальный отвод, на отводе смонтирована задвижка 5 и за ней вантуз 6. Далее на напорном трубопроводе имеется отвод с задвижкой 11. Через этот отвод производится отбор воды при пробных откачках, а также по присоединенному гибкому шлангу наполнение передвижных емкостей непосредственно у насосной станции. Во втором колодце устанавливается водомер ВВ-50 или УВТ-50. В случае дистанционного управления несколькими скважинами вместо водомера устанавливается дифманометр 12. В этом же колодце на отводе от напорного трубопровода устанавливается спускной пробковый кран. Далее на напорном трубопроводе установлен обратный клапан 13 и задвижка 14. Для откачки грунтовых вод в первой камере установлен дренажный насос 10 марки 1СЦВ-1,5М. Отвод дренажной воды осуществляется по трубопроводу 7. Для сбора грунтовой

Стоимость насосных станций на трубчатых колодцах с насосами мощностью до 65 квт (согласно типовому проекту Гирводхоза ТП-СВ-650), тыс. руб.

Тип станции	Особенность схемы	Марка насоса	Параметры насоса и монтаж	Электроробота и монтаж	Водопроданная аппаратура и монтаж	Водомер	Диаметр	Струйная часть		Итого		
								с водомером	с дифманометром	с водомером	с дифманометром	
Тип I Подземная насосная станция	Две камеры $d=1,5$ м	ЭЦВ4	0,57	0,4	0,1	0,01	0,5	0,36	0,36	1,44	2,08	
		ЭЦВ6	0,77	0,5	0,2	0,01	0,5	0,36	0,36	1,84	2,43	
		ЭЦВ8	1,0	0,6	0,3	0,03	0,5	0,36	0,36	2,29	2,86	
	Две камеры $d=2,0$ м	ЭЦВ8	1,0	0,6	0,3	0,03	0,6	0,6	0,47	0,47	2,40	2,97
		ЭЦВ10	1,25	0,7	0,6	0,07	0,6	0,6	0,47	0,47	3,09	3,62
		ЭЦВ12	1,5	0,7	0,6	—	0,6	0,6	—	0,47	—	3,87
Три камеры $d=1,5$ м	ЭЦВ10	1,25	0,7	0,6	0,07	—	—	0,54	—	3,16	—	
	ЭЦВ12	1,5	0,7	0,6	—	—	—	—	0,54	—	3,94	
	ЭЦВ10	1,25	0,7	0,6	—	—	—	—	—	—	—	
Тип II Наземная насосная станция	Павильон 3×3	ЭЦВ4	0,57	0,4	0,1	0,01	0,6	1,2	1,2	2,28	2,87	
		ЭЦВ6	0,77	0,5	0,2	0,01	0,6	1,2	1,2	2,68	3,27	
		ЭЦВ8	1,0	0,6	0,3	0,03	0,6	1,2	1,2	3,13	3,7	
	Павильон 3×3, водомерный колодец	ЭЦВ10	1,25	0,7	0,6	0,07	—	—	1,5	—	4,12	—
		ЭЦВ10	1,25	0,7	0,6	0,07	—	—	1,8	—	4,62	—
		ЭЦВ12	1,5	0,7	0,6	0,07	—	—	1,8	—	4,67	—
Павильон 3×5	ЭЦВ8	1,0	0,6	0,3	—	—	0,6	—	—	1,28	3,8	
	ЭЦВ10	1,25	0,7	0,6	—	—	0,6	—	—	1,28	4,3	
	ЭЦВ12	1,5	0,7	0,6	—	—	0,6	—	—	1,28	4,8	

На рисунке 54 показан вариант схемы — наземной насосной станции с насосом ЭЦВ6. Принятое оборудование аналогично оборудованию подземной насосной станции, рассмотренной выше. Помимо приведенных на рисунках 53 и 54 подземной и наземной насосных станций, устраиваются комбинированные насосные станции, в которых водомерный узел располагается в камере, а оголовок скважины — в павильоне. При использовании установок для обеззараживания воды применяются поверхностные и комбинированные насосные станции.

В таблице 23 приведена стоимость насосных станций на трубчатых колодцах по данным Гипроводхоза. Из этой таблицы видно, что подземные насосные станции имеют меньшую стоимость строительной части, чем наземные. Однако расположение средств автоматизации на поверхности земли в специальном шкафу приводит к повышению стоимости подземной насосной станции по сравнению с наземной примерно на 15—20%. Учитывая переход в ближайшие годы на устройства средств автоматизации с бесконтактными элементами, эти дополнительные расходы будут значительно снижены. Также необходимо учитывать, что подземные насосные станции позволяют более широко применять передвижные краны при монтаже и демонтаже оборудования.

Для насосных станций с погружным центробежным насосом и пневматическим котлом, согласно типовым проектам Гипроводхоза, оборудование размещается в двух камерах подземного типа. В первой камере располагается оголовок скважины, оборудованный аналогично схеме на рисунке 53, а во второй камере располагается водо-воздушный котел. Существуют также проекты насосных станций подземного и наземного типов, в которых оголовок скважины и котел совмещены в одном павильоне или камере.

Так, бесконтактная станция управления типа ШЭТ 5801 не требует специального шкафа и предназначена для работы при температуре окружающей среды от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности воздуха до 90% при температуре $+20^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 52 приведен общий вид оборудования оголовка трубчатого колодца с условным диаметром прохода от 100 до 300 мм, разработанный Гипроводхозом. Наиболее характерные размеры устьевого патрубка и опорной плиты с коленом даны в таблицах 24 и 25.

Таблица 24

Грубчатые колодцы D_y	d , мм	L , мм	A , мм	B , мм
100, 150	273	425	300	250
200, 250, 300	426	575	450	400

Таблица 25

Подопытные трубы	Овальное кросс-сечение, мм	$D_{\text{вн}}$	$D_{\text{вн}}$	$D_{\text{вн}}$	$D_{\text{вн}}$	$D_{\text{вн}}$	$D_{\text{вн}}$	L , мм	L , мм
48×4-Д ГОСТ 633—63	50	160	125	102	60	125	210	125	16
50×5-Д ГОСТ 633—63									
89×6,5-Д ГОСТ 633—63	80	195	110	138	89	160	360	150	16
114×7-Д ГОСТ 633—63									
168×8-Д ГОСТ 632—64	100	215	180	158	114	180	360	200	16
178×8-Д ГОСТ 632—64									
ГОСТ 632—64	150	280	240	212	165	250	360	250	20

На насосных станциях применяется различная арматура. Основными типами запорной арматуры являются: задвижки, вентили и краны. В задвижках и вентилях поток перекрывается при поступательном перемещении подвижной части затвора перпендикулярно (задвижки) или параллельно (вентили) направлению потока. В кранах перекрытие потока осуществляется при вращении подвижной части затвора относительно оси, перпендикулярной направлению потока.

Задвижки различают двух типов: клиновые (шиберные) и параллельные. Клиновые задвижки имеют монолитный диск, а у параллельных диск состоит из двух частей. Клиновая задвижка состоит из корпуса, крышки, запорного диска (шибера) с бронзовыми кольцами, стержня с винтовой нарезкой — шпинделя и сальника. Благодаря клиновидной форме поперечного сечения шибера с бронзовыми кольцами обеспечивается герметичность перекрытия трубопровода.

Технические данные клиновых задвижек приведены в таблице 26.

В параллельной задвижке запорное устройство состоит из двух дисков, в которые впрессованы параллель-

Технические данные клиновых задвижек

Основные размеры	Условный проход, мм								
	50	80	100	150	200	250	300	350	400
Длина, мм	150	170	190	250	290	330	370	410	450
Высота, мм	340	415	510	685	857	1065	1255	1430	1615
Вес, кг	16	25	39	75	126	174	244	328	425

ные бронзовые кольца. При вращении маховика шток шара поднимается или опускается. При опускании шара шток до предельного положения под действием клина маховика диски происходит прижатие их к корпусу. В задвижке типа «Москва» имеется двойной клин. Верхний клин при опускании скользит по нижнему клину, что обеспечивает равномерное прижатие дисков шибера к корпусу задвижки.

Технические данные параллельных задвижек типа «Москва» приведены в таблице 27, а параллельных задвижек на давление до 10 кгс/см^2 (по ГОСТ 8437—61) в таблице 28.

Технические данные параллельных задвижек типа «Москва»

Диаметр задвижки, мм	Основные размеры, мм		Болты		Вес, кг
	длина	высота	шт.	диаметр в дюймах	
50	250	332	4	5/8	16,0
100	300	493	8	5/8	36,2
150	350	591	8	3/4	46,2
200	400	739	8	3/4	110,0

Задвижки больших диаметров оборудуются электроприводом или гидроприводом для их открытия и закрытия. У этих задвижек имеется также ручной привод. Для выравнивания давления с обеих сторон в больших задвижках (диаметром 300—400 мм) с ручным приводом устраиваются обводные трубы с задвижками малого диаметра. Задвижки выпускаются на давления 2,5; 6,0; 10; 16; 25; 40; 64 атм.

Технические данные параллельных задвижек на давление до 10 кгс/см²

Условный проход, мм	Размеры, мм				Вес, кг
	длина между фланцами	высота со шпинделем		диаметр маховика	
		выдвину- ты	опущенны		
1	2	3	4	5	6
50	180	350	294	160	18,4
80	210	438	350	160	32,5
100	230	517	410	200	41,5
125	255	630	496	240	60
150	280	715	558	240	73
200	330	897	690	280	125
250	450	1084	825	320	185
300	500	1265	955	360	260
350	550	1490	1127	400	350
400	600	1660	1248	500	490

Вентили имеют фланцевое или резьбовое соединения диаметром от 15 до 80 мм. Назначение их аналогично задвижкам. При установке вентиля необходимо учитывать направление потока так, чтобы вода протекала через него снизу вверх. Вентили применяются в водопроводных сетях с давлением до 10 атм.

В трубопроводной арматуре для водоснабжения все большее применение находят краны — это объясняется их компактностью и сравнительно небольшим весом.

В таблице 29 приведены размеры и вес чугунной арматуры разных типов на давление 10 атм.

Таблица 29

Условный проход, мм	Строительная длина, мм			Высота от оси трубопровода, мм			Вес, кг		
	кран	задвижка	вентиль	кран	задвижка	вентиль	кран	задвижка	вентиль
50	170	180	200	165	350	210	10,8	18,4	10,8
80	250	210	310	225	438	329	22,5	32,5	30,0
100	300	230	350	283	517	390	28,6	41,5	45,0

При выборе трубопроводной арматуры различают условное, рабочее и пробное давления. Рабочее давление

$P_{раб}$ при заданной температуре приравнивается к давлению жидкости при нормальной температуре — условному давлению P_y . При температуре от 0 до 120°C $P_{раб} = P_y$. Пробное давление, соответствующее давлению испытания арматуры.

Промышленностью выпускаются конические задвижки. Они имеют следующие обозначения: 32 ч 701 Бр, 32 ч 701 нж, 32 ч 902 Бр и 32 ч 902 нж (32 — затвор; ч — корпус из серого чугуна; 7 — гидропривод; 9 — электропривод; 01 и 02 — обозначение фигуры; Бр — уплотнительное кольцо пробки из латуни; нж — кольцо из кислотоупорной стали).

Для предохранения насоса и арматуры от обратного движения воды устанавливаются обратные клапаны. Обратный клапан пропускает воду только в одном направлении и автоматически закрывается при движении воды к насосу. При быстром закрытии обратного клапана может возникнуть гидравлический удар. Для уменьшения величины перепада давления устанавливаются предохранительные клапаны, гасители гидравлического удара и приспособления для медленного закрытия обратных клапанов. Основные размеры и вес чугунных и стальных поворотных клапанов приведены в таблице 30.

Таблица 30

Технические данные поворотных клапанов

Условный проход, мм	Размеры, мм			допустимое давление кгс/см ²	Вес, кг
	длина	высота от оси клапана			
		до верха	до низа		
50	230	140	130	10	15
70	290	160	205		23
80	310	175	222		35
100	350	185	245		42
125	400	210	300		67
150	480	240	322	10	82
200	500	270	385		110

При перепадах давления из воды выделяется воздух. Воздух подсасывается также в неплотности трубопровода и скапливается в возвышенных точках трубопроводов, образуя воздушные мешки. Воздушные мешки снижают подачу и вызывают неисправности в сети. Для вы-

пуска воздуха из трубопровода в возвышенных точках устанавливают вантузы. Основными деталями вантузов являются: корпус, шар, клапан и отводной патрубок. Воздух из трубопровода поступает в корпус вантуза и скапливается в верхней части. При наполнении корпуса воздухом уровень воды будет снижаться и шар опустится. Шар может быть стеклянным, пластмассовым, деревянным или обрезиненным. Стеклянный шар заключают в бронзовую сетку. При опускании шар открывает клапан, и воздух через отводной патрубок удаляется в атмосферу. После этого уровень воды поднимается, и шар закрывает клапан. Промышленностью выпускаются вантузы ВМТ-50 и ВМТ-100 с диаметром присоединительного патрубка 50 и 100 мм, рассчитанные на рабочее давление 10 кгс/см².

На водопроводах большого диаметра при быстром опорожнении возникает пониженное давление, и под действием внешних нагрузок может произойти сплющивание трубопровода. Для предохранения трубопровода в этих случаях устанавливают вантузы для впуска воздуха. Вантузы для впуска воздуха имеют клапан с противовесом. При понижении давления в трубопроводе под действием атмосферного давления преодолевается действие противовеса, и воздух поступает в трубопровод. При заполнении трубопровода водой воздух выпускается вантузом.

В водопроводных системах с водонапорной башней или баком давление в трубопроводах разводящей сети практически постоянно, что благоприятно влияет на работу водоразборных приборов. В водопроводных системах с водо-воздушным котлом давление в водоводе меняется в значительных пределах, что отрицательно влияет на водопроводную сеть. Для поддержания постоянного давления на водоводе за водо-воздушным котлом рекомендуется устанавливать регуляторы давления.

Просты и удобны в эксплуатации регуляторы давления прямого действия с разгруженным клапаном. Эти регуляторы типа 25410нж состоят из двухседельного клапана, головки регулятора с эластичной мембраной, которая соединяется со штоком, и рычага с грузами. При повышении напора в сети за регулятором возрастает напор и в камере над мембраной. Мембрана прогибается вниз и через шток перекрывает клапан, тем самым увеличивая гидравлическое сопротивление и восста-

навливая напор до заданного. Если напор в сети за регулятором понизится, то происходит обратное действие регулятора. Технические данные регуляторов типа 25 ч 10 нж «после себя» приведены в таблице 31.

Таблица 31

Технические данные регуляторов типа 25 ч 10 нж

Диаметр условного прохода, мм	Строительная длина, мм	Высота от головки регулятора до оси трубопровода, мм	Вес, кг	Максимальное расстояние до места присоединения импульсной трубки, мм
50	230	568	42	500
80	310	601	76	800
100	350	612	81	1000
150	440	661	138	1500

Контрольно-измерительные приборы насосных станций

Для измерения давления и разряжения применяют манометры, вакуумметры и моновакуумметры. По принципу действия приборы для измерения давления делятся на жидкостные, пружинные и поршневые. Класс точности приборов определяется величиной допустимой погрешности в измерении, которая выражается в процентах от предельного значения шкалы. На насосных станциях применяются почти исключительно пружинные манометры. Принцип действия пружинного манометра основан на изменении формы трубчатой пружины под давлением измеряемой среды. Манометр состоит из трубчатой пружины, конец которой впаян в держатель. Держатель оканчивается штуцером, которым манометр присоединяется к источнику давления. В верхней части держателя имеется передаточный механизм, при помощи которого упругая деформация трубчатой пружины передается стрелке, которая указывает давление на шкале.

Устройство вакуумметра аналогично устройству манометра, но пружина вакуумметра под действием атмосферного давления скручивается. Градуировка шкалы вакуумметров в мм рт. ст.

Согласно ГОСТ 6400—60, манометры типа МКО (манометры контрольные однострелочные) класса точности

0,5 имеют следующие пределы показания: 0—0,6; 0—1,0; 0—1,6; 0—2,5; 0—4,0; 0—6,0; 0—10; 0—16; 0—25; 0—60; 0—100.

При замере давления агрессивных жидкостей (например, жидкого хлора) применяют манометры с мембраной. Мембранные манометры отличаются от пружинных наличием мембраны, закрепленной между фланцами. В зависимости от измеряемой среды материалом для изготовления мембраны может быть серебро, медный сплав, сталь или специальные сплавы.

Для регулирования работы насосных агрегатов применяются электроконтактные манометры ЭКМ модели 1401, имеющие пределы измерения от 0 до 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; кгс/см^2 . Принцип действия ЭКМ основан на деформации чувствительного элемента, которая преобразуется в перемещение стрелки по шкале. ЭКМ имеет передвижные контакты, которые могут устанавливаться на любое значение по шкале.

При достижении заданных давлений манометр подает импульс, который может быть использован для включения и отключения электродвигателя насосного агрегата.

На насосных станциях применяются манометры различных марок. Манометр общего назначения МТ-60 имеет верхний предел измерения от 1,6 до 250 кгс/см^2 . Допустимая погрешность показаний $\pm 4\%$ максимального значения шкалы. Выпускаемые манометры общего назначения типа ОБМ, ОБМГи и другие заменяются манометрами типа М1В и МП4, имеющими повышенную точность и надежность.

Для измерения расходов воды применяются водомеры. Водомеры подразделяются на три основные группы: механические; водомеры с сужающими устройствами; водомеры, работа которых основана на новых принципах измерения.

Для оценки водомера применяется понятие «характерный расход», т. е. такой часовой расход, при котором потеря напора, вызываемая водомером, равна 10 м вод. ст.

Из механических водомеров на насосных станциях сельскохозяйственного водоснабжения применяются скоростные водомеры. Принцип действия скоростных водомеров основан на изменении числа оборотов крыльчатки или вертушки, приводимых в движение потоком проте-

кающей воды. Скорость вращения крыльчатки или вертушки пропорциональна скорости движения воды. Ось крыльчатки или вертушки соединена передаточным механизмом со счетчиком, который учитывает число оборотов и тем самым указывает количество протекшей через водомер воды.

Скоростные водомеры разделяются на крыльчатые, ось вращения которых перпендикулярна движению воды, и турбинные, у которых ось вращения вертушки (турбинки) параллельна направлению движения воды.

Крыльчатые водомеры разделяются по способу подвода воды на одно- и многоструйные (ВК и ВКМ). По конструктивному оформлению различают также водомеры — сухоходы и мокроходы. В сухоходах счетчик отделен от редуктора водонепроницаемой перегородкой и ось последней шестерни проходит через специальный сальник.

В мокроходах редуктор и счетчик размещаются в корпусе, заполненном водой. Циферблат покрыт толстым стеклом, воспринимающим давление воды в трубопроводе. Эти водомеры более просты по конструкции и удобны в эксплуатации.

Основные технические характеристики крыльчатых водомеров по ГОСТ 6019—58 приведены в таблице 32.

Таблица 32

Технические характеристики крыльчатых водомеров

Калибр водомера, мм	Номинальный расход, м ³ /ч	Порог чувствительности	Пределы измерений, м ³ /ч	
			нижний	верхний
15	1,0	0,06	0,1	2
20	1,6	0,1	0,15	3,2
25	2,5	0,14	0,2	5
32	4,0	0,25	0,35	8
40	6,3	0,4	0,5	12,6

Счетчики холодной воды крыльчатые имеют аналогичные параметры и предназначены для измерения расхода воды при давлении до 10 кгс/см².

Технические данные турбинных водомеров типа ВВ приведены в таблице 33.

Технические данные турбинных водомеров типа ВВ

Условный проход водомера, мм	Номинальный расход, м ³ /ч	Порог чувствительности, м ³ /ч	Пределы измерений	
			нижний	верхний
50	15	1,4	3	22
80	45	5	6	80
100	75	2	8	140
150	160	4,5	12	320
200	265	7,5	18	550

Помимо указанных скоростных водомеров выпускаются другие модификации: ВМТ, УВТ и т. д., которые имеют аналогичные параметры.

Для измерений при больших колебаниях расхода воды применяются комбинированные водомеры, представляющие сочетание турбинного и крыльчатого водомеров. Основные технические данные комбинированных водомеров даны в таблице 34.

Таблица 34

Технические данные комбинированных водомеров

Тип (марка) водомера	Нижний предел измерений, м ³ /ч	Номинальный расход, м ³ /ч	Верхний предел измерений, м ³ /ч	Область учета	Вес, кг
ВВ-50/ВК-5	0,15	15	22	1:100	55
ВВ-80/ВК-10	0,35	45	80	1:130	87
ВВ-100/ВК-20	0,5	75	140	1:150	149

Установку скоростных водомеров необходимо производить с соблюдением соответствующих правил. Крыльчатые водомеры следует монтировать так, чтобы плоскость циферблата была расположена горизонтально, цифрами вверх. Турбинные водомеры могут быть установлены как на горизонтальных, так на наклонных и вертикальных участках, но подача воды должна осуществляться снизу вверх.

Водомеры с сужающими устройствами применяются в основном на насосных станциях с давлением в напорной сети больше 10 кгс/см² при дистанционном управле-

нии насосной станцией и при одновременной работе нескольких насосов на один водовод. Действие водомеров основано на измерении перепада давления, вызываемого сужающим устройством. Водомер состоит из сужающего устройства, прибора для замера перепада давления и соединительных линий. Применяются следующие сужающие устройства: диафрагмы, сопла и трубы Вентури. Наибольшее распространение находят диафрагмы. Диафрагма, установленная на трубопроводе, создает местное сужение потока. Часть потенциальной энергии давления переходит в кинетическую энергию, что приводит к снижению статического давления в сужающем сечении, по сравнению со статическим давлением перед ним. Величина перепада пропорциональна расходу.

Соотношение размеров диафрагм, исходные коэффициенты расхода, поправочные множители к ним и правила установки диафрагм нормируются правилами 28—64 «Измерение расхода жидкости, газов и паров стандартными диафрагмами и соплами».

Конструктивно диафрагмы делятся на камерные и бескамерные. Камерные диафрагмы отличаются от бескамерных наличием кольцевых камер (плюсовой и минусовой) для замера статических давлений непосредственно у плоскостей диафрагмы. Камеры увеличивают точность измерения. Камерные и бескамерные диафрагмы крепятся в трубопроводе между фланцами (рис. 55).

Точность показаний дифманометра во многом зависит от правильного выбора места установки сужающего устройства. Сужающие устройства устанавливаются на горизонтальных, наклонных и вертикальных напорных линиях.

Длина прямого участка трубопровода за сужающим устройством во всех случаях должна быть не менее $5D$. Длина прямого участка трубопровода до сужающего устройства выбирается в зависимости от соотношения

$\frac{L^2}{D^5} = m$ и характера местных сопротивлений до сужающего устройства. За полностью открытыми вентилями и задвижками длина прямого участка до сужающего устройства находится в пределах $20 \div 40 D$.

На насосных станциях применяются дифманометры поплавкового типа ДП и мембранные ДМ. Дифманометры ДМ работают в комплекте с вторичным прибором ЭПВД, АСД, ДС. Длина соединительных линий между

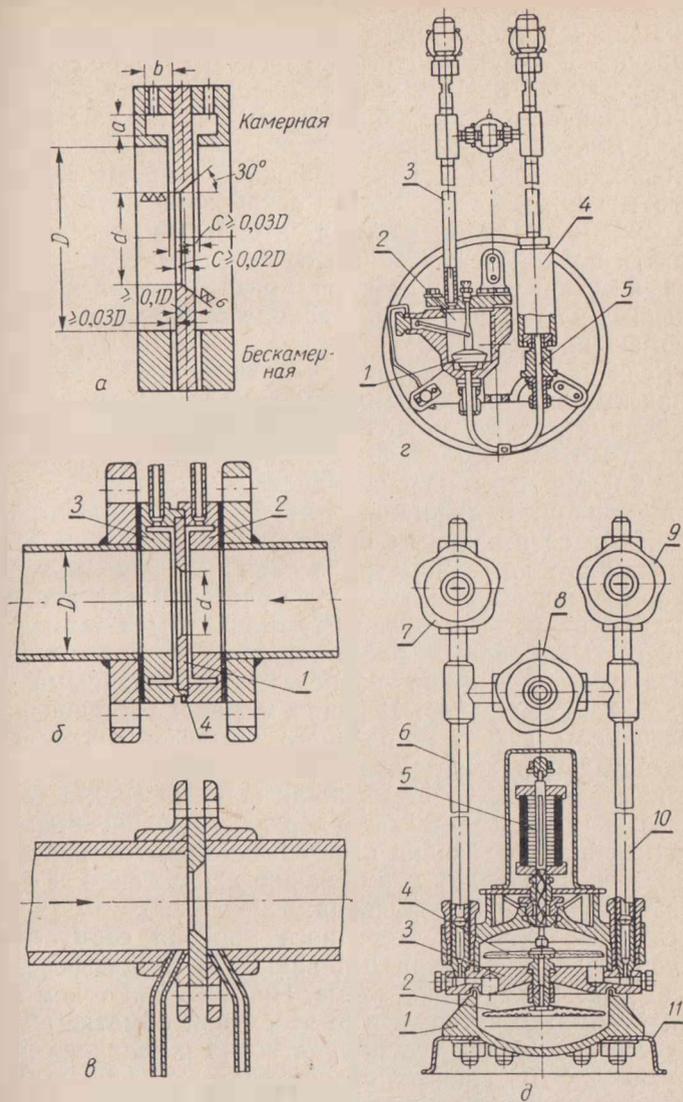


Рис. 55. Устройства для измерения расхода:

a — диафрагма; *б* — установка в трубопроводе камерной диафрагмы; *в* — установка в трубопроводе бескамерной диафрагмы; *г* — поплавковый дифманометр — 1 — поплавок; 2 — плюсовой сосуд; 3 — подводящий патрубков; 4 — минусовый сосуд; 5 — соединительная трубка; *д* — мембранный дифманометр — 1 — крышка; 2, 4 — мембранные коробки; 3 — подушка; 5 — дифференциальный трансформатор; 6, 7 — импульсные трубки; 7, 8, 9 — вентили; 11 — основание.

сужающим устройством и дифманометром находится в пределах 3—50 м. Внутренний диаметр трубок должен быть не менее 8—12 мм.

Поплавковые дифманометры ДП состоят из плюсового и минусового цилиндрических сосудов, соединенных трубкой, поплавок и показывающего или регистрирующего механизма со шкалой. Сосуды заполнены ртутью. В сосуде, к которому подводится большее давление, находится поплавок, связанный со стрелкой через передаточный механизм. Под действием разности давлений, подведенных к плюсовому и минусовому сосудам, происходит перемещение поплавка.

Если над ртутью находится не воздух, а вода, то перепад выражается не в миллиметрах ртутного столба, а в миллиметрах ртутно-водяного столба. Дифманометры типа ДП612М оснащены суммирующим устройством ИПЭ-2-6 для суммирования расхода воды.

Мембранные дифманометры ДМ поставляются в комплекте со вторичным прибором. Принцип действия мембранного дифманометра основан на использовании деформации чувствительного элемента прибора при воздействии на него давления. Чувствительным элементом является мембранный блок, который состоит из двух камер с мембранными коробками, заполненными дистиллированной водой. Верхняя мембрана соединена с сердечником дифференциального трансформатора. Под воздействием разности давлений в плюсовой и минусовой камерах нижняя мембранная коробка сжимается, и жидкость из нее перетекает в верхнюю коробку, вызывая перемещение сердечника дифференциального трансформатора, что приводит к изменению напряжения и фазы на выходе первичного прибора.

Рабочая катушка вторичного прибора совместно с катушкой дифманометра ДМ включена по дифференциально-трансформаторной схеме. При питании током первичной обмотки катушки в ее вторичной обмотке индуцируется электродвижущая сила. Фаза и величина регулирующей ЭДС зависит от величины и направления смещения плунжера в катушке. При согласованном положении плунжеров в катушках вторичного прибора и датчика появляется сигнал разбаланса, который усиливается электронным усилителем. В зависимости от фазы напряжения разбаланса реверсионный двигатель вторичного прибора будет вращаться в ту или другую

сторону, перемещая при этом стрелку, перо и подвижную шетку интегратора.

Вторичные приборы типа ЭПИД питаются от сети переменного тока 127/220 с частотой 50 гц. Все основные узлы прибора: электронный усилитель, реверсивный двигатель с редуктором, механизм привода интегратора, селеновый выпрямитель — размещены внутри стального ящика. Прибор ЭПИД монтируется на шите. Температуру воздуха в помещении желательно поддерживать в пределах 10—25°C.

В последние годы разработан ряд новых конструкций водомеров, серийное производство которых организуется. Из новых конструкций водомеров отметим следующие.

Унифицированные расходомеры «Сатурн» представляют собой скоростные тахометрические унифицированные расходомеры. Расходомеры работают с серийно выпускаемыми показывающими, самозаписывающими и регулирующими приборами. В зависимости от предельных значений приборы выпускаются семи видов с верхними предельными значениями от 2,5 до 400 м³/ч.

Расходомеры РШС относятся к классу скоростных расходомеров. Принцип действия датчиков основан на использовании гидродинамического воздействия потока на плавающее в нем тело. Корпус датчика представляет собой отрезок трубы с двумя фланцами, внутри которого находится неподвижный узел, состоящий из струенаправляющего аппарата и струевыпрямителя. Поток воды, которому сообщается вращательное движение, увлекает плавающий шар. Число оборотов шара пропорционально расходу и фиксируется бесконтактным узлом съема сигнала, который установлен снаружи на корпусе датчика. Расходомеры РШС имеют верхние пределы измерений от 4 до 160 м³/ч.

Индукционные электромагнитные расходомеры 4-РИ и 5-РИ предназначены для непрерывного измерения, регистрации и суммирования расходов. Принцип работы прибора основан на законе электромагнитной индукции. Датчик индукционного расходомера представляет собой участок трубы с изолированной внутренней поверхностью. На этом участке расположены катушки электромагнита, создающие внутри трубы равномерное магнитное поле. Вода, протекая по трубе, пересекает силовые линии магнитного поля. При этом в жидкости, как

в движущемся проводнике, индуцируется э. д. с., пропорциональная средней скорости потока, а следовательно, и расходу жидкости. Индуцируемая э. д. с. снимается двумя электродами, введенными диаметрально в поперечном сечении трубопровода датчика, усиливается и измеряется автокомпенсационным способом. Вторичный прибор разработан на базе ЭИИД. Электропроводность жидкости должна находиться в пределах $10^{-6} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1} \div 10^{-2} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$. Пределы измерения от 0,4 до 400 м³/ч.

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПОДЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Монтаж водоподъемного оборудования

Работы по монтажу водоподъемного оборудования регламентируются СНиП III-Г. 10-62 «Насосы. Правила производства и приемки монтажных работ». Кроме соблюдения этих правил, при монтаже и испытаниях насосных агрегатов необходимо руководствоваться техническими требованиями, указанными в инструкциях заводоизготовителей, а также выполнять действующие правила техники безопасности для строительно-монтажных работ (глава СНиП III-А. 11-62 «Техника безопасности в строительстве»), правила охраны труда и противопожарной безопасности.

Для производства монтажных работ необходимо иметь следующую техническую документацию: установочные чертежи насосного агрегата, заводские сборочные и узловые чертежи, паспорт с указанием фактических замеров контрольной сборки и результатов балансировки и испытания оборудования, комплектосборочные ведомости, технические условия на поставку, а также инструкции по монтажу и эксплуатации насосных агрегатов.

До начала монтажных работ должны быть закончены строительные работы по зданию (сооружению), фундаментам и каналам в соответствии с требованиями СНиП III-Г. 10-62. В этот период насосы, не соединенные с электродвигателями, можно хранить в полуоткрытых складах. Насосы в агрегате с электродвигателями следует хранить в сухих закрытых утепленных помещениях. Электродвигатели погружных артезианских насосов при хранении в закрытых утепленных помещениях размещают на расстоянии не менее 1 м от отопительных приборов. Если электродвигатель погружного насоса хранится более одного месяца, то его необходимо поместить в сосуд с чистой водой, в которую он должен быть полностью погружен.

Водоподъемники поставляются заводами-изготовителями в виде собранных узлов, и лишь такие компактные установки небольшой мощности, как погружные центробежные, винтовые и вибрационные насосы, насосы центробежные типа КМ, вихревые и т. д., поставляются целиком в агрегате.

Для монтажа почти всех насосов требуется устройство фундамента или оголовка, которые должны обеспечивать нормальную эксплуатацию агрегата. Фундаменты насосно-силового оборудования устраиваются отдельно от фундамента здания насосной станции. Габариты фундамента оборудования определяются его типом и размерами основания.

Под поршневые насосы, двигатели внутреннего сгорания и другие установки, создающие колебания, фундаменты выполняются из бетона марки не ниже 100 и имеют глубину не менее 0,5 м. Фундамент должен выступать над полом насосной станции на 0,15—0,2 м. Отверстия под фундаментные болты делают в 3—4 раза больше диаметров болтов.

Центробежные насосы небольшой мощности типа К выпускаются смонтированными с электродвигателями на плите. Насосы типа КМ монтируются непосредственно на фундаменте или предварительно устанавливаются на сварную раму. Установка насоса на дополнительную раму позволяет при замене агрегата обходиться без каких-либо изменений фундамента.

Рамы насосов крепятся к фундаменту анкерными болтами длиной до 500 мм. Болты закладываются в отверстия и после горизонтальной и вертикальной проверки положения фундаментной рамы заливаются бетоном. После выверки рамы производят предварительную затяжку болтов и после твердения бетона — окончательную затяжку их. Тогда же производится окончательная проверка установки агрегата.

Двигатель и насос соединяют, как правило, муфтами, для чего необходима соосность вала двигателя с валом насоса. Центровку валов производят при помощи индикаторов или линейки и щупа. Смещение одного вала относительно другого не должно быть более 0,15—0,20 мм. Зазор между соединительными муфтами должен находиться в пределах 0,5—2 мм.

Насос устанавливают всасывающим патрубком в сторону приемного колодца. К всасывающему патрубку

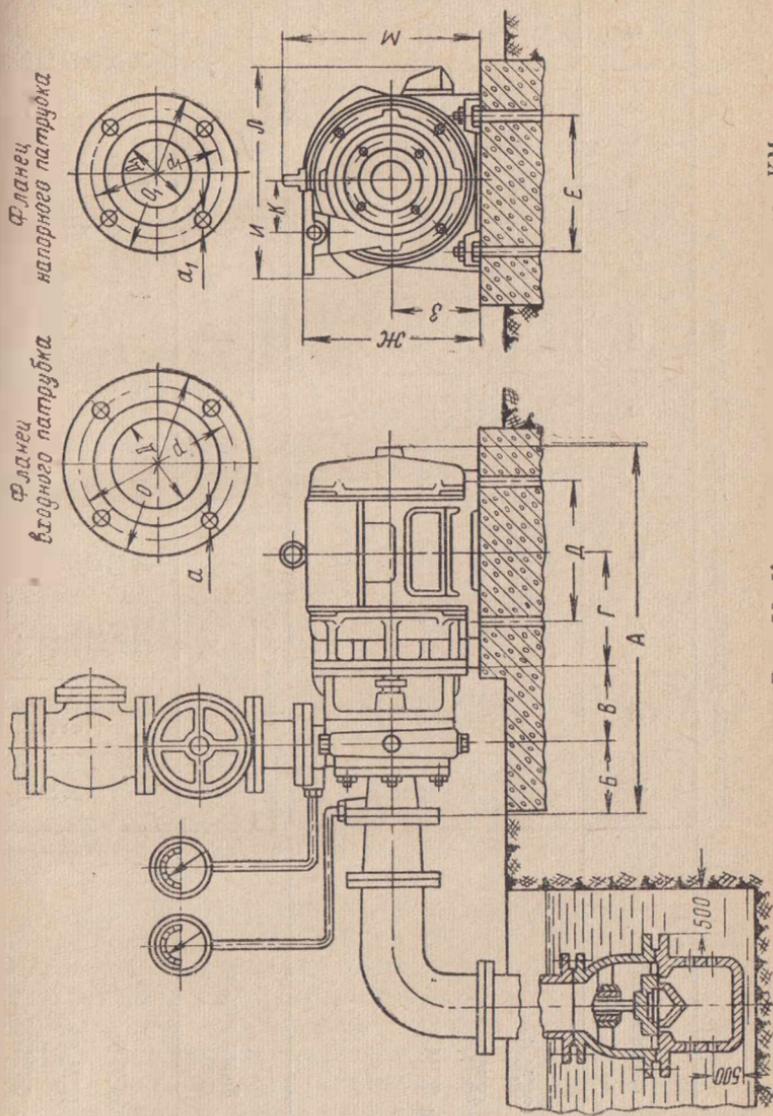


Рис. 56. Установочная схема насосов типа КМ.

Основные размеры насосов типа КМ, мм

Марка насоса	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М
2КМ-6	615	80	385	180	150	285	320	170	164	94	235	368
3КМ-6 и 3КМ-6а	822	160	170	262	320	315	410	200	225	124	265	440
4КМ-6	1100	160	182	397	530	440	520	280	300	158	370	616
4КМ-8 и 4КМ-8а	822	160	170	262	320	315	410	200	230	135	265	440
6КМ-8	930	170	212	282	400	370	516	236	305	200	298	517
6КМ-12 и 6КМ-12а	852	170	190	262	320	315	450	200	200	180	265	440

Примечание

Марка насоса	Размеры выходного патрубка				Одиче ство отверстий	Размеры напорного патрубка				Кодирование отливки стали
	D	a	o	d		D	a	o	A	
2КМ-6	50	100	110	14	4	40	130	100	14	4
3КМ-6 и 3КМ-6а	80	190	150	18	4	50	140	110	14	4
4КМ-6	100	220	180	18	8	70	185	145	18	4
4КМ-8 и 4КМ-8а	100	210	170	18	4	70	190	150	18	4
6КМ-8	150	265	225	18	8	100	210	170	18	4
6КМ-12 и 6КМ-12а	150	265	225	18	8	100	210	170	18	4

присоединяют трубопровод, на конце которого устанавливают приемный клапан. Приемный клапан оборудуют фильтром с отверстиями диаметром 10—12 мм. Площадь проходного сечения приемного клапана должна быть примерно в 2 раза больше площади внутреннего сечения приемной трубы, а площадь отверстий фильтра должна в 3—4 раза превышать площадь сечения всасывающей трубы.

Для предотвращения попадания воздуха в трубопровод клапан следует располагать не менее чем на 0,5 м ниже динамического уровня. Установка насоса типа КМ показана на рисунке 56, а габаритные размеры насосов этого типа приведены в таблице 35.

Всасывающий трубопровод должен быть по возможности коротким и не иметь перегибов, в которых может скапливаться воздух. Горизонтальный участок трубопровода должен иметь небольшой подъем в сторону всасывающего патрубка насоса. При монтаже всасывающего трубопровода особое внимание необходимо уделить его герметичности, ибо малейшие неплотности затрудняют запуск насоса и нарушают его работу. На всасывающем патрубке желательно устанавливать вакуумметр.

Нагнетательный трубопровод оборудуется манометром, обратным клапаном и задвижкой. При монтаже нагнетательного трубопровода следует избегать острых углов в местах перегиба.

Перед пуском насоса в работу проверяется вращение вала насоса и наличие смазки в подшипниках. Корпус насоса и всасывающий трубопровод заливают водой до полного удаления воздуха. Задвижка на напорном трубопроводе закрывается, и отключается вакуумметр. При запуске насоса с закрытой задвижкой расходуется около 30% номинальной мощности. После того как двигатель разовьет нормальное число оборотов, открывают задвижку на напорном трубопроводе и включают манометр. При остановке насоса отключают вакуумметр и манометр, перекрывают задвижку и отключают питание электродвигателя насосного агрегата.

Практика эксплуатации насосных агрегатов и результаты исследований показали, что требование запуска насоса при закрытой задвижке не всегда обосновано и запуск насоса может успешно осуществляться при открытой задвижке, когда у насоса имеется обратный клапан. Если насос работает на водонапорную башню

клапан неработающего насоса закрыт. При пуске насоса обратный клапан откроется лишь тогда, когда насос разовьет напор, превышающий противодействие сети. В этом случае условия пуска насосного агрегата одинаковы как при закрытой, так и при открытой задвижке.

Возможность эксплуатации насосного агрегата с постоянно открытой задвижкой определяется в основном условиями остановки насоса. Поскольку при остановке насоса происходит быстрое закрытие обратного клапана, может возникнуть гидравлический удар. Если возможная величина повышения давления при гидравлическом ударе превышает рабочий напор, необходимо устанавливать специальные гасители удара.

При запуске вихревого насоса задвижка на нагнетательном трубопроводе должна быть открыта, так как резкое возрастание давления, характерное для вихревых насосов, может вызвать аварию.

Наиболее просто осуществляется установка плавающих центробежных насосов. Насос, смонтированный с электродвигателем на понтоне, на шланге или веревке, опускается в колодез. Перед опусканием к шлангу подсоединяется напорный трубопровод. Длина питающего кабеля выбирается в зависимости от длины напорного трубопровода и шланга.

Установка погружных артезианских насосов типа А, ПА, АПТ с электродвигателями, расположенными на поверхности, должна осуществляться в вертикальную прямолинейную скважину. Зазор между насосом и обсадной трубой должен быть не менее 5 мм с каждой стороны. При установке насоса в наклонную или искривленную скважину возникает перекося водоподъемного трубопровода и трансмиссионного вала, что может привести к выходу насоса из строя. Перед монтажом проверяют величину осевого разбега вала насоса и легкость его вращения. К нижней части насоса присоединяют всасывающий патрубок с сеткой фильтра. К собранному узлу прикрепляют монтажный хомут и опускают насос в скважину.

К верхней части насоса присоединяют нижнее звено трансмиссионного вала и водоподъемной трубы. Звенья вала и трубопровода монтируют одновременно, предварительно собрав секции трубы с трансмиссионным валом и опорными подшипниками. Последовательно наращивая и опуская звенья вала и трубы, производят проверку,

погружен так, чтобы динамический уровень находился на 1 м выше сетки фильтра. Верхнее звено водоподъемной трубы через патрубок соединяется с коленом станции приводной головки. Станина должна плотно опираться на фундамент опорной поверхностью. Вал приводной головки соединяют с валом электродвигателя. В нижней части станины имеется заливочная трубка для смачивания водой резиновых подшипников перед пуском, так как без смачивания они быстро разрушаются.

Во избежание вращения насоса после остановки в обратную сторону в верхней части электродвигателя монтируется коитрреверс, соединенный с трансмиссионным валом. Вращение насоса в обратную сторону может привести к развинчиванию вала в соединительных муфтах, опусканию рабочих колес и трению их о корпус насоса. Основной признак хорошего монтажа — отсутствие вибрации и плавность вращения вала. После пробного пуска производят окончательную регулировку. Оптимальные параметры насоса достигаются при зазоре между направляющими аппаратами и рабочими колесами 0,2—0,5 мм. При подъеме запескованной воды для уменьшения износа зазор увеличивают до 0,4—0,6 мм.

Для монтажа погружных насосных агрегатов типа ЭЦВ проводят те же подготовительные работы, т. е. проверяют состояние скважины, подготавливают монтажное оборудование, приспособления, площадки для монтажа и насосный агрегат.

Подготовку насосного агрегата для монтажа начинают с проверки вращения роторов двигателя и насоса. Для этого у электронасосов с двигателями серии ПЭДВ снимают сетку фильтров и специальным ключом через соединительную муфту поворачивают роторы. У агрегатов с электродвигателями серии МАПЗ снимают пробку или крышку в нижнем подшипниковом щите и при помощи отвертки, вставленной в прорезь вала, поворачивают роторы. Если ротор насосного агрегата не поворачивается от руки, необходимо поместить его на 10—15 мин в сосуд с водой. Если и после этого ротор не поворачивается, насос отсоединяют от двигателя и каждую составную часть проверяют в отдельности.

После устранения причин заклинивания насос соединяют с двигателем, не меняя количества регулировочных шайб, установленных на заводе.

В собранном насосе осевой ход должен быть не менее 3—4 мм. Осевой ход замеряют, установив ротор в крайние верхнее и нижнее положения. Для соединения насоса с электродвигателем необходимо установить рабочие колеса в среднее положение относительно направляющих аппаратов. Это осуществляется при помощи регулировочных шайб, расположенных между бортом вала электродвигателя и торцом соединительной муфты. У насосных агрегатов, имеющих собственный упорный подшипник (ЭЦВ6-10-185, ЭЦВ6-10-235 и т. д.), установка шайб производится между соединительной муфтой и опорной втулкой в корпусе пяты.

Неправильное соединение насоса с электродвигателем приводит к выходу из строя направляющих аппаратов и рабочих колес. Если рабочие колеса поджаты в крайнем верхнем положении, происходит износ лабиринтных уплотнений и значительно возрастает нагрузка на электродвигатель. Пластмассовые колеса в этом случае нагреваются от трения и теряют первоначальную форму. Если рабочие колеса поджаты в крайнем нижнем положении, происходит быстрый износ нижнего диска колеса, растут объемные и механические потери, снижается к. п. д. агрегата.

Проверив работу насосного агрегата на легкость вращения, подсоединяют токоподводящий кабель к выводным концам электродвигателя. Подсоединение может быть выполнено двумя способами: соединительными гильзами с последующей пайкой и скруткой с последующей пайкой.

Подсоединение первым способом проводят следующим образом: зачищенные от изоляции концы токоподводящего кабеля, луженные оловянисто-свинцовым припоем ПОС-40, вставляют в медную гильзу, предварительно припаянную к выводным концам, и запаивают. Места пайки зачищают от наплывов. Место стыка изолируют липкой полиэтиленовой или полихлорвиниловой лентой, накладывая ее внахлестку до получения диаметра, равного диаметру кабеля, а затем на длине 130 мм проводят дополнительно изолирование в три слоя. После изолирования место соединения погружают в сосуд с водой на 1,5—2 ч. Сосуд устанавливают на резиновую подстилку и удаляют от насосного агрегата. Мегомметром проверяют сопротивление мест изоляции соединения, для чего один конец мегомметра соединяют с жилой кабеля,

в другой — с водой в сосуде. Сопротивление изоляции должно быть не ниже 500 мом.

Подсоединение скруткой осуществляют путем непосредственного соединения отдельных концов кабеля и припайвания их. Все остальные операции (по изоляции и проверке) аналогичны.

Особое внимание следует уделять заполнению электродвигателя водой. Для этого его предварительно промывают и через отверстие, в котором установлен фильтр, у двигателей МАПЗ или через отверстие в верхнем щите у электродвигателей серии ПЭДВ заливают чистой профильтрованной водой.

После заполнения электродвигателя водой необходимо убедиться в герметичности соединений, отсутствии утечек и воздушных пробок. Количество воды, заливаемое в электродвигатели различных типов, приведено в таблице 36.

Таблица 36

Количество воды, заливаемое в электродвигатели

Тип электродвигателя	МАПЗ-14	МАПЗМ-18	МАПЗМ-21,9	МАПЗМ-27,3	ПЭДВ-2,8-140	ПЭДВ-4,5-140	ПЭДВ-5,5-140
Мощность, кВт	2,5	12	35	60	2,8	4,5	5,5
Количество воды, л	2,6	5,8	8,7	14,1	2,3	2,5	2,2

Продолжение

Тип электродвигателя	ПЭДВ-8-140	ПЭДВ-11-140	ПЭДВ-11-180	ПЭДВ-22-239	ПЭДВ-15-210	ПЭ В-65-110
Мощность, кВт	8	11	11	22	45	65
Количество воды, л	2,6	2,7	5,2	9,0	14	16

Проверенный и подготовленный насос соединяют с водоподъемной трубой. К трубе двумя поясами прикрепляют кабель, а под муфту устанавливают монтажный хомут. С помощью крана или лебедки агрегат поднимают на такую высоту, чтобы можно было завести нижнюю

часть электродвигателя в устье скважины. Агрегат опускают в скважину до тех пор, пока монтажный хомут не сядет на оголовок. Затем производят наращивание и спуск в скважину всего напорного трубопровода. Одновременно с трубами в скважину погружают токоподводящий кабель и трубку для замера уровня. Кабель крепят к трубам специальными поясами. Не следует крепить кабель проволокой, так как можно повредить его изоляцию. К последней секции водоподъемной трубы подсоединяют опорное колено с манометром. На устье скважины монтируют также устройство для замера уровня воды.

Насосный агрегат должен всегда находиться под динамическим уровнем, но выше фильтра. При установке насоса вблизи фильтра перекачиваемая жидкость имеет большие скорости, что приводит к повышению содержания механических примесей в воде.

При работе в одной скважине двух погружных насосов они устанавливаются один над другим или рядом, если такой монтаж возможен.

Пробный пуск агрегата допускается только через автоматическую станцию управления, предназначенную для данного типа электродвигателя. Система управления крепится либо на стене в помещении насосной станции, либо в специальном шкафу управления с автоматизированным обогревом в зимнее время. Необходимость поддержания положительной температуры в помещении, где устанавливается аппаратура управления, обуславливается особенностями устройства защиты от перегрузок. Калибровка тепловых элементов на заводах-изготовителях производится при температуре 20°C , и при понижении температуры до -20°C время срабатывания увеличивается в 2 раза (40 сек вместо 20 сек), а при повышении температуры до 50°C время срабатывания уменьшается в 2 раза (10 сек). Относительная влажность помещения, в котором устанавливается станция управления, не должна превышать 70%.

После установки аппаратуры проводят подготовку ее для подключения. Для этого удаляют консервирующую смазку, протирают контакты, проверяют затяжку всех болтов и гаек, проверяют сопротивление изоляции, которое должно быть не ниже 3 мом.

До подключения питающей сети систему заземляют. Провода питающей сети, токоведущие кабели, провода

контактов, провод обогрева и провод датчика сухого хода подключаются согласно схеме. После осмотра элементов станции и закрытия ее насосный агрегат может быть включен в работу.

Пусковой ток погружных электродвигателей в 4—8 раз превышает номинальный. При запуске погружного насосного агрегата увеличивается падение напряжения в сети и снижается пусковой момент электродвигателя. Если в момент пуска потери напряжения на зажимах превысят 40% номинального, необходимо либо увеличить сечения проводов, либо осуществить питание от трансформатора или синхронного генератора большей мощности [7].

Для пробного пуска автоматическую станцию переключают на ручное управление. Пустив агрегат, наблюдают за показаниями приборов и, регулируя задвижкой, устанавливают номинальный режим. Если через 5—6 мин после пуска насос, работая, не подаст воды, то необходимо его отключить и на станции управления поменять местами подключение любых двух фаз (при вращении ротора в обратную сторону насосный агрегат создает малый напор). После перемены фаз пуск повторяется. При автоматическом отключении агрегата необходимо выяснить причину этого и лишь тогда произвести повторный пуск.

Таблица 37

Основные размеры водоподъемных труб

Диаметр ус- ловного про- хода труб, мм	Наружный диа- метр, мм	Толщина стенки, мм	Вес 1 пог. м трубы, кг	Размеры муфт, мм		Вес, кг	
				наружный диаметр, мм	длина, мм	муфты	воды в 100 пог. м трубы
48	48,3	4,0	4,39	56	96	0,5	128
60	60,3	5,0	6,84	73	110	1,3	198
73	73,0	5,5	9,16	89	132	2,4	301
89	88,9	6,5	13,22	107	146	3,6	453
102	101,6	6,5	15,22	121	159	4,5	616
114	114,3	7,0	18,47	132	156	5,1	790

Если вместе с водой поступает большое количество механических примесей, необходимо прикрыть задвижку. Уменьшив подачу, снижают скорость движения

воды в скважине. Появление в воде воздушных пузырьков свидетельствует о недостаточном заглублении насосного агрегата. Чтобы прекратить подсос воздуха, насосный агрегат необходимо дополнительно заглубить. Для приработки рабочих органов насосный агрегат не рекомендуется отключать в течение 2—3 суток.

Характеристика труб, используемых в качестве водоподъемных, приведены в таблице 37.

В зимнее время работы по подготовке погружных насосов к монтажу должны проводиться в теплых помещениях. Вода для заполнения электродвигателя погружного насоса может быть подогрета, но до температуры не выше 50°C. Категорически запрещается заливать двигатель горячей водой. Во избежание замерзания воды необходимо сразу после заливки опускать агрегат в скважину.

Особое внимание в зимнее время должно уделяться демонтажу погружных и плавающих насосов передвижных установок. Необходимо следить, чтобы напорные шланги и корпус насоса полностью освобождались от воды. Для слива воды из напорного трубопровода и шланга насоса, установленного в шахтном колодеце без утепленного оголовка, в них ниже уровня промерзания делается отверстие диаметром 3 мм. При остановке насоса вода через отверстие стекает в колодец. Такое же отверстие для спуска воды из напорного трубопровода делается в установках с винтовыми и инерционными насосами.

Если плавающий насос работает периодически, то после наполнения емкости напорные шланги рекомендуется опустить на тресе или веревке в колодец на 3—4 м от поверхности.

Поскольку колебания температуры воды в подземных водоисточниках зависят от времени года незначительно, зимняя эксплуатация не оказывает существенного влияния на работу насосов. Однако узлы насосных станций, расположенные на поверхности, требуют особого наблюдения и принятия мер, предохраняющих от замерзания.

Монтаж водоструйной установки, подобно монтажу погружных насосных агрегатов, производится с помощью двух монтажных хомутов и крана или лебедки. Приемный клапан, который является ответственной частью струйного аппарата, необходимо проверить на герметичность еще до монтажа в колодце.

Струйный аппарат опускают в колодец на двух трубопроводах: напорном и водоподъемном. Если установка однолинейная, то струйный аппарат опускают на одной трубе, а функции второй трубы выполняет обсадная колонна скважины.

Для обеспечения нормальной работы водоструйной установки приемный клапан должен быть погружен под динамический уровень не менее чем на 0,1 расстояния от рабочего уровня воды в колодце до оси центробежного насоса. Стыки резьбовых соединений труб уплотняют льняной прядью, пропитанной суриком или беллами.

Центробежный насос с электродвигателем устанавливают на фундаменте около устья колодца. Выходящий из колодца конец напорного трубопровода подсоединяют к нагнетательному патрубку, а конец водоподъемного трубопровода — к всасывающему патрубку центробежного насоса. Такое соединение трубопроводов характерно для установки ВН-2-8. В других водоструйных установках соединение напорной и водоподъемной труб зависит от принятой схемы водоподъема.

На нагнетательной линии устанавливают манометр, регулировочный кран или вентиль для пуска установки в работу, регулирования подачи воды и отключения установки от водопроводной сети, вантуз или продувочный кран для удаления воздуха.

При первичном пуске регулировочный кран закрывают и установку заливают водой до полного удаления воздуха. После запуска центробежного насоса вода в установке будет циркулировать по кольцу: центробежный насос, напорный трубопровод, струйный аппарат, водоподъемный трубопровод, центробежный насос. Манометр показывает максимальное давление, которое развивает водоструйная установка. Открывая регулировочный кран, определяют точку срыва, т. е. прекращение подачи. Прекращение подачи воды можно зафиксировать по резкому снижению давления на шкале манометра. При вторичном пуске установки устанавливают режим на 4—6 м выше срывного. Таким путем производят регулировку устойчивой работы при максимальной подаче. В дальнейшем запуск водоструйной установки производят без всякой регулировки.

Работы по монтажу объемных и инерционных насосов производят в последовательности, принятой для монта-

жа центробежных насосов с использованием тех же приспособлений.

Монтаж поршневых штанговых насосов производится следующим образом. Сначала в скважину опускают колошну водоподъемных труб с цилиндром, а затем поршень насоса на штангах. Приемный клапан насоса должен быть погружен под динамический уровень и не менее чем на 1 м находится над фильтром.

До монтажа погружного винтового электронасоса необходимо проверить проворачиваемость рабочего винта в обойме. Максимальный крутящий момент не должен превышать 0,5 кгм. Подготовка электродвигателя к монтажу зависит от его типа и описана выше. Если через 2—3 мин после запуска агрегата начнется подача воды, то направление вращения ротора агрегата правильное. В противном случае надо поменять местами два любых конца кабеля на клеммах станции управления.

Перед пуском в работу как поршневого, так и винтового насоса необходимо на напорном трубопроводе открыть все краны и задвижки. Это требование должно строго выполняться при запуске любых объемных насосов.

При монтаже вибрационных насосов с поверхностным вибратором особое внимание должно уделяться соединениям, так, при монтаже водоподъемной колонны обязательна установка контргайк или пружинных шайб. Для ликвидации боковых колебаний при длине водоподъемных труб более 15 м необходимо устанавливать направляющие фонари. Направляющие фонари должны находиться на одинаковом расстоянии от фланцев. Для центрирования фонарей на трубах может использоваться трос, которым соединяют клапанный узел с устьем скважины.

Монтаж плавающих вибрационных насосов типа НЭВ-¹/₂₀ производится непосредственно на водоподъемном шланге. Шланг должен быть плотно закреплен на напорном патрубке насоса специальной скобой. К скобе с целью предотвращения перетирания крепится также питающий кабель. Насос устанавливается в пенопластовый понтон и опускается в колодец. Кабель крепится к водоподъемному шлангу или трубе хомутками через 3—4 м. При установке насоса в трубчатый колодец понтон устанавливают выше насоса, как показано на рисунке 57.

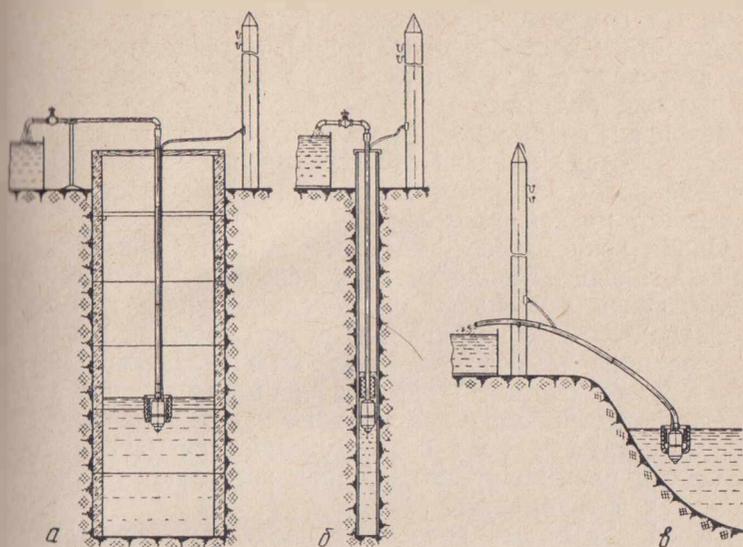


Рис. 57. Установка водоподъемника НЭВ-1/20 в колодцах:
а — в шахтном колодце; *б* — в трубчатом колодце; *в* — в открытом водоеме.

Производство монтажа ветропасосных установок рассмотрим на примере ветропасосного агрегата с инерционным водоподъемником ВВ-3.

Ветроводоподъемник поступает с завода-изготовителя в разобранном виде. Его узлы и механизмы необходимо проверить на комплектность. Для сборки и установки ветродвигателей малой мощности требуется выровненная и очищенная площадка длиной 10—15 м и шириной 5—7 м. Монтаж ветродвигателя и насосного агрегата состоит из следующих основных этапов: подготовка подъемного оборудования и отдельных узлов установки; сборка двигателя; подъем, установка и регулировка ветродвигателя; монтаж и регулировка насосного агрегата; опробование ветропасосной установки. Для подъема установок небольшой мощности используется автомобиль или трактор со стрелой и тросом.

После планировки площадки выкапывают три ямы глубиной 50—70 см, в которые устанавливают фундаменты, засыпая их на $\frac{2}{3}$ землей. Соединив пояса башины с основными уголками и установив раскосы, стыкуют ниж-

ний отсек лежащей на земле башни с двумя фундаментами. На ременных растяжках внутри башни устанавливают отсек водоподъемной трубы. Устанавливают на вал ветроколесо и уголки хвоста соединяют с прилипами головки болтами.

Закончив сборку ветродвигателя, собирают стрелу, которая состоит из двух отсеков водоподъемных труб. Верхние концы труб устанавливают крест-накрест и стягивают мягкой проволокой.

Одним концом троса диаметром не менее 6 мм обвивают головку, заводя трос на перекрестье стрелы, а другой конец закрепляют на переднем крюке автомобиля, трактора или на барабане ручной лебедки. Усилие на трос в начальный момент подъема достигает 140—150 кг. Чтобы смягчить удар, в конце подъема к нижней панели лежащей башни привязывают заднюю оттяжку — трос диаметром 3—4 мм. Тросом удерживают башню при подъеме и производят оттяжку при креплении третьего уголка к фундаменту.

Перед подъемом проверяют прочность крепления троса и стрелы, приподнимая тросом двигатель на 10—15 см от подставки. Если все узлы затянуты хорошо, поднимают агрегат и стыкуют третий уголок с фундаментом. Подсыпая землю или щебенку под фундаменты, добиваются вертикальности башни, так как при наклонном положении башни головка ее не будет точно ориентироваться по направлению ветра.

Водоподъемник собирают на площадке в горизонтальном положении. Общую длину труб подбирают так, чтобы шаровой клапан располагался на 0,5—0,8 м ниже динамического уровня воды и не доходил до дна колодца не менее чем на 0,3—0,4 м. При необходимости одну из секций труб укорачивают до требуемой длины. Обрезанный конец трубы нагревают до 500—700°C и развальцовывают с помощью конусной оправки, которая поставляется в комплекте установки. Для обеспечения герметичности конусных соединений труб болты фланцев необходимо затягивать равномерно. Собранный и выверенный водоподъемник поднимают рядом с башней в вертикальное положение и опускают в колодец с внешней стороны башни. После этого заводят водоподъемник внутрь фермы и стыкуют с фланцем переходника.

Закончив монтаж, проводят регулировку ветронасосного агрегата. Проверяют работу системы регулирования

и механизма автоматической остановки при заполнении резервного бака. Ветроколесо должно занимать такое положение, чтобы угол между хордой лопасти и плоскостью вращения составлял 25° . Это обеспечивает пусковое положение. Малая пружина регулирования должна быть сжата на 3 мм, развивая усилие около 250 г, а величина предварительного сжатия основной пружины должна составлять 20,6 кг.

При нормальной затяжке пружины лопасти находятся в горизонтальной плоскости, а кривошип и водоподъемная труба занимают среднее положение. Проверив натяжение растяжек водоподъемной трубы, смазывают все подвижные соединения и прокручивают ветроколесо от руки. Если при прокручивании отсутствует заедание и стук, опробывают ветронасосный агрегат в действии.

Система регулирования должна вступать в действие при скорости потока воздуха 5—6 м/сек, ограничивая при больших скоростях число оборотов ветроколеса до 470—480 в 1 мин (расчетное число 420 об/мин). Во время работы башня не должна вибрировать, а вода подается устойчивой струей. После 20—30 ч работы проводят осмотр узлов ветронасосной установки и подтяжку болтовых соединений.

Компоновка водопойного пункта, оборудованного ветроподъемником ВВ-3, осуществляется по типовому проекту ТН-СВ-605 Гипроводхоза (рис. 58). Резервный бак для воды емкостью 10 м³ монтируют из сборного железобетона и закрывают крышкой. Стенки бака обсыпают землей. Водопойную площадку длиной 15 м и шириной 6 м делают с уклоном $i = 0,02$ по обе стороны от корыта. Водопойное корыто длиной 12 м состоит из шести секций. Башня ветроподъемника располагается на расстоянии не более 20 м от бака. Водопроводные трубы укладывают в грунт глубже слоя промерзания на 0,3—0,4 м.

Монтаж гидротаранной установки обычно не вызывает затруднений и осуществляется согласно инструкции, приведенной в паспорте тарана. Однако наладка и пуск этой установки характеризуются рядом особенностей.

Для обеспечения непрерывной работы установки необходима герметизация питательного трубопровода, воздушного колпака и клапанов.

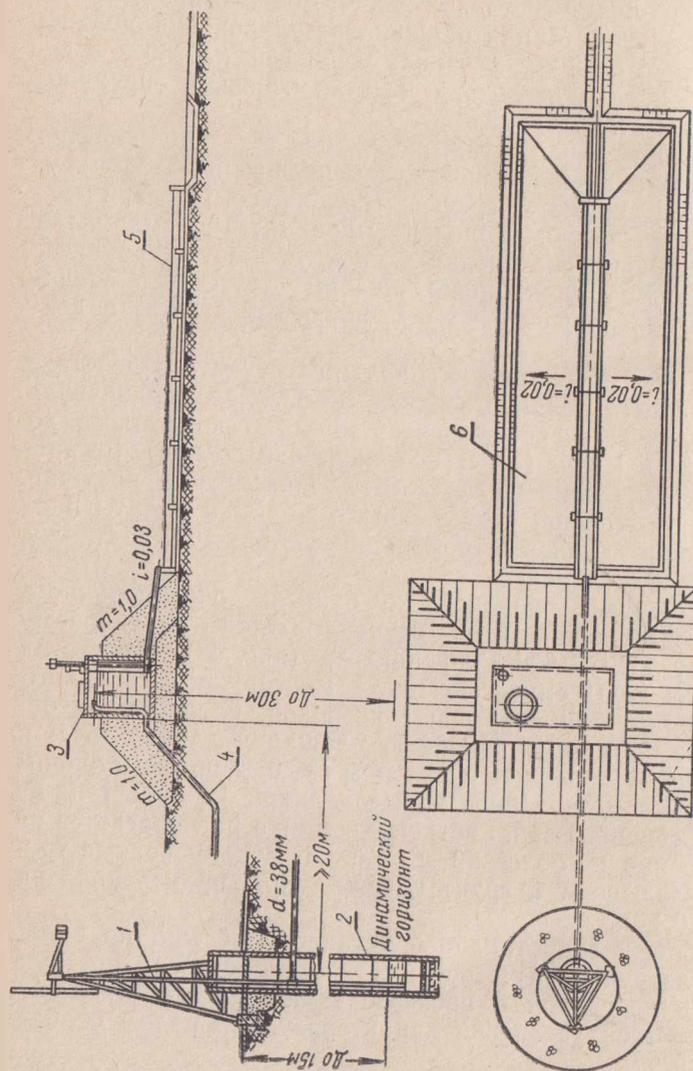


Рис. 38. Вытяжной пункт, оборудованный ветродвигательной установкой ВВ-3:
1 — приводной шкив; 2 — ремень; 3 — статический уровень; 4 — насос; 5 — уровень воды; 6 — рама.

Для пуска гидротарана в работу при значительных питательных напорах требуется несколько раз открыть ударный клапан вручную, пока давление в колпаке не повысится до величины двукратного питательного напора. Запуск гидротарана при длинном и пологом нагнетательном трубопроводе надо осуществлять при закрытой задвижке.

При неисправной работе воздушного приспособления количество воздуха в колпаке уменьшается и значительно возрастают пульсации в напорном трубопроводе. Большое значение на устойчивую работу установки оказывают длина и диаметр питательного трубопровода. Значения расходов в питательных трубопроводах при различных величинах питательного напора и диаметра приведены в таблице 38.

Таблица 38

Расход в питательном трубопроводе, л/сек

Диаметр трубы, мм	Питательный напор, м					
	1-2	2-5	5-10	10-20	20-30	30-40
63	1	1	2	3	4	5
75	2	2	3	5	6	7
100	3	4	6	8	10	12
150	8	10	15	20	25	30
200	15	20	30	40	50	60

Монтаж ленточных водоподъемников весьма прост. При соединении ленточного водоподъемника с ветродвигателем последовательность монтажа аналогична описанному выше.

Ленточный водоподъемник с приводом монтируется на сварной раме, которая крепится затем к деревянным опорам, устанавливаемым на оголовок колодца. Длина ленты (ремня) зависит от глубины колодца, слоя воды в нем и его дебита:

$$L = (H + h) \cdot 2 + 0,5 \text{ м}, \quad (43)$$

где H — расстояние от ведущего шкива до статического уровня;

h — толщина слоя воды.

При значительном дебите колодца и большой толщине слоя воды в нем не следует сильно заглублять

натяжной шкив, так как это увеличивает затраты энергии. Обычно ось натяжного шкива погружают на 0,6—0,8 м ниже статического уровня воды. Для малодебитных колодцев при толщине слоя воды больше 1 м длина ремня может быть определена по зависимости:

$$L=2H+(1,8 \div 2,3) \text{ м.}$$

При сшивании ремня не следует допускать перекося и перекручивания его. Сшивку производят мягкой проволокой, сырмятным или капроновым шнуром. Чтобы в случае обрыва ленты натяжной шкив не упал в колодец, рекомендуется соединять его ушко тросиком или проволокой с оголовком или рамой. Для предотвращения сдувания воды с ремня ветром устанавливаются защитные ограждения между водосборником и оголовком колодца.

При монтаже водоподъемного оборудования необходимо строго соблюдать следующие основные правила по технике безопасности.

1. Монтажные работы производятся только лицами, знакомыми с правилами техники безопасности и получившими необходимые инструкции. Для работы на механизмах, кранах, лебедках, талях допускаются лица, имеющие соответствующие права.

2. Все подъемные механизмы должны быть проверены и испытаны под нагрузкой, на 25% превышающей номинальную. Трос бракуется, если на 2 м его длины обнаружено 10% порванных проволок. При самом низком положении крюка на барабане лебедки должно находиться не менее 3—5 витков.

3. Для подъема грузов следует применять стропы, цепи и кольца, не допуская использования для этого узлов каната или троса. Все подъемные приспособления и устройства должны иметь пятикратный запас прочности.

4. Монтажная площадка должна быть выравнена и очищена от посторонних предметов. Во время работы не допускается нахождения на площадке посторонних лиц. Все операции производятся только по сигналу лица, ответственного за монтаж.

5. Запрещается оставлять поднятую колонну водоподъемных труб на весу во время перерывов в работе. Не допускается нахождение лиц под висящим грузом. При подъеме и спуске водоподъемных труб в скважину запрещается направлять и удерживать колонну руками.

6. При работах по подведению линий электропередачи, подключению автоматических станций и их проверке необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электростанций и сетей (выпуск для персонала сельских электроустановок)». Устанавливать станцию управления и подключать ее к сети разрешается электрикам, имеющим квалификацию не ниже 3-й группы.

7. При проведении профилактических осмотров на напряжении на станции должно быть снято и вывешены соответствующие таблички. Токопроводящий кабель от устья скважины до станции управления должен быть проложен в трубе.

8. На насосной станции должны находиться индивидуальные защитные средства согласно нормам, предусмотренным соответствующими правилами.

Эксплуатация водоподъемного оборудования

Безаварийная работа водоподъемного оборудования возможна лишь при систематическом контроле за ним и тщательном содержании всех элементов насосной станции в исправном состоянии. При эксплуатации водоподъемного оборудования необходимо соблюдение следующих положений: правильный эксплуатационный режим, систематический осмотр, своевременное проведение планово-предупредительного ремонта оборудования.

Большое влияние на работу водоподъемного оборудования оказывает состояние водозаборного сооружения. Особенно оно сказывается на работе погружных центробежных насосов, при эксплуатации которых предъявляются жесткие ограничения по качеству перекачиваемой воды.

После окончания устройства скважины на основе полной документации и других данных составляется геологическое техническое заключение, которое состоит из следующих материалов:

1) общие сведения о географическом и административном положении района; абсолютная высота отметки скважины; кем составлен проект скважины; ее глубина; сроки бурения; методика работ; исполнители;

2) геологическое строение района бурения;

3) гидрогеология района: описание каждого водоподъемного горизонта и их качественная и количественная характеристика;

4) технология бурения и конструкция скважины: детальное описание способа бурения и крепления скважины, конструкция скважины, устройство и конструкция фильтра;

5) опробование скважины: описание способа и процесса откачки, техническая характеристика водоподъемного оборудования;

6) химико-бактериологическое исследование воды и заключение санитарной инспекции;

7) расчет максимальной производительности скважины, величина понижения уровня воды в эксплуатационных условиях, соображения о колебаниях статического уровня, рекомендуемый эксплуатационный дебит скважины и связанный с ним динамический уровень.

К заключению по скважине, помимо перечисленных сведений, прикладываются: электрокаротажная диаграмма (для скважин, пробуренных роторным способом); акт сдачи-приемки, подписанный заказчиком; разрешение санитарно-эпидемиологической станции на использование воды скважины для хозяйственно-питьевых или технических целей.

В процессе эксплуатации скважины ее паспорт дополняется организацией, ведающей эксплуатацией, следующими данными: результаты испытаний и освидетельствования скважины и оборудования, установленного на ней; результаты анализов воды; средние эксплуатационные показатели; данные о неполадках и дефектах в работе; сведения об изменении нормальных условий.

Персонал, обслуживающий отдельную скважину или водозабор, должен вести журнал, в который заносятся сведения о режиме эксплуатации каждой скважины в отдельности, показания измерительных приборов, установленных на насосной станции, и замечания о неполадках в работе.

Не менее чем 2 раза в год (перед весенним паводком и перед наступлением зимы) должна проводиться полная проверка состояния скважины, оборудования и всех трубопроводов.

Ухудшение работы скважины, а также выход ее из строя обуславливаются в основном четырьмя причинами: 1) заносом фильтра породой из эксплуатируемого

водоносного горизонта; 2) коррозией фильтра и труб; 3) зарастанием фильтра; 4) техническим нарушением конструкции скважины.

Занос фильтра породой является наиболее распространенной причиной неудовлетворительной работы скважины. Основными факторами, обуславливающими занос фильтра, являются: а) несоответствие конструкции фильтра зерновому составу водоносных пород; б) повреждение фильтровой сетки; в) отсутствие или недоброкачественная установка сальника в кольцевом зазоре между фильтровой колонной и рабочей колонной в скважине; г) неправильная эксплуатация скважины (например, при периодической откачке или откачке с изменением количества отбираемой воды); д) несоблюдение правил крепления скважины (недоведение обсадных труб до водоупорных пород, смена колонн без цементирования в рыхлых или плавунных породах, недостаточная длина надфильтровых труб и др.).

При правильном производстве работ и соблюдении технологии подбора и установки фильтров занос и пескование обусловлены чаще всего нарушением технических условий.

Пескование через сальник может быть ликвидировано двумя способами: 1) путем наращивания надфильтровой трубы патрубком с двумя сальниками, 2) при помощи цементации затрубного пространства между надфильтровой и обсадной трубами.

Для определения причин снижения дебита скважины проводят обследование и пробные откачки при двух, трех ступенях понижения. Образец породы, извлеченный из фильтра желонкой, дает возможность установить причины заноса фильтра или характер повреждения. Занос мелким песком с диаметром частиц, меньшим проходных отверстий сетки, указывает на несоответствие фильтра. Если обнаружен песок с частицами, превышающими размер проходных отверстий фильтра, то причиной заноса является повреждение фильтра. При обнаружении песка с гравием и галькой в фильтре, вынесенном на высоту, превышающую отметку надфильтровой трубы, причиной заноса является подача породы по кольцевому зазору между надфильтровой и обсадной трубой.

Очистку фильтра можно производить способом обратной промывки, при помощи эрлифта или струйными

3) гидрогеология района: описание каждого водоносного горизонта и их качественная и количественная характеристика;

4) технология бурения и конструкция скважины: детальное описание способа бурения и крепления скважины, конструкция скважины, устройство и конструкция фильтра;

5) опробование скважины: описание способа и процесса откачки, техническая характеристика водоподъемного оборудования;

6) химико-бактериологическое исследование воды и заключение санитарной инспекции;

7) расчет максимальной производительности скважины, величина понижения уровня воды в эксплуатационных условиях, соображения о колебаниях статического уровня, рекомендуемый эксплуатационный дебит скважины и связанный с ним динамический уровень.

К заключению по скважине, помимо перечисленных сведений, прикладываются: электрокаротажная диаграмма (для скважин, пробуренных роторным способом), акт сдачи-приемки, подписанный заказчиком; разрешение санитарно-эпидемиологической станции на использование воды скважины для хозяйственно-питьевых или технических целей.

В процессе эксплуатации скважины ее паспорт дополняется организацией, ведающей эксплуатацией, следующими данными: результаты испытаний и освидетельствования скважины и оборудования, установленного на ней; результаты анализов воды; средние эксплуатационные показатели; данные о неполадках и дефектах в работе; сведения об изменении нормальных условий.

Персонал, обслуживающий отдельную скважину или водозабор, должен вести журнал, в который заносятся сведения о режиме эксплуатации каждой скважины в отдельности, показания измерительных приборов, установленных на насосной станции, и замечания о неполадках в работе.

Не менее чем 2 раза в год (перед весенним паводком и перед наступлением зимы) должна проводиться полная проверка состояния скважины, оборудования и всех трубопроводов.

Ухудшение работы скважины, а также выход ее из строя обуславливаются в основном четырьмя причинами: 1) заносом фильтра породой из эксплуатируемого

водопосного горизонта; 2) коррозией фильтра и труб; 3) зарастанием фильтра; 4) техническим нарушением конструкции скважины.

Занос фильтра породой является наиболее распространенной причиной неудовлетворительной работы скважины. Основными факторами, обуславливающими занос фильтра, являются: а) несоответствие конструкции фильтра зерновому составу водопосных пород; б) повреждение фильтровой сетки; в) отсутствие или недоброкачественная установка сальника в кольцевом зазоре между фильтровой колонной и рабочей колонной в скважине; г) неправильная эксплуатация скважины (например, при периодической откачке или откачке с изменением количества отбираемой воды); д) несоблюдение правил крепления скважины (недоведение обсадных труб до водоупорных пород, смена колони без цементирования в рыхлых или плавунных породах, недостаточная длина надфильтровых труб и др.).

При правильном производстве работ и соблюдении технологии подбора и установки фильтров занос и пескование обусловлены чаще всего нарушением технических условий.

Пескование через сальник может быть ликвидировано двумя способами: 1) путем наращивания надфильтровой трубы патрубком с двумя сальниками, 2) при помощи цементации затрубного пространства между надфильтровой и обсадной трубами.

Для определения причин снижения дебита скважины проводят обследование и пробные откачки при двух, трех ступенях понижения. Образец породы, извлеченный из фильтра желонкой, дает возможность установить причины заноса фильтра или характер повреждения. Занос мелким песком с диаметром частиц, меньшим проходных отверстий сетки, указывает на несоответствие фильтра. Если обнаружен песок с частицами, превышающими размер проходных отверстий фильтра, то причиной заноса является повреждение фильтра. При обнаружении песка с гравием и галькой в фильтре, вынесенном на высоту, превышающую отметку надфильтровой трубы, причиной заноса является подача породы по кольцевому зазору между надфильтровой и обсадной трубой.

Очистку фильтра можно производить способом обратной промывки, при помощи эрлифта или струйными

3) гидрогеология района: описание каждого водоносного горизонта и их качественная и количественная характеристика;

4) технология бурения и конструкция скважины: детальное описание способа бурения и крепления скважины, конструкция скважины, устройство и конструкция фильтра;

5) опробование скважины: описание способа и процесса откачки, техническая характеристика водоподъемного оборудования;

6) химико-бактериологическое исследование воды и заключение санитарной инспекции;

7) расчет максимальной производительности скважины, величина понижения уровня воды в эксплуатационных условиях, соображения о колебаниях статического уровня, рекомендуемый эксплуатационный дебит скважины и связанный с ним динамический уровень.

К заключению по скважине, помимо перечисленных сведений, прикладываются: электрокаротажная диаграмма (для скважин, пробуренных роторным способом), акт сдачи-приемки, подписанный заказчиком; разрешение санитарно-эпидемиологической станции на использование воды скважины для хозяйственно-питьевых или технических целей.

В процессе эксплуатации скважины ее паспорт дополняется организацией, ведающей эксплуатацией, следующими данными: результаты испытаний и освидетельствования скважины и оборудования, установленного на ней; результаты анализов воды; средние эксплуатационные показатели; данные о неполадках и дефектах в работе; сведения об изменении нормальных условий.

Персонал, обслуживающий отдельную скважину или подзабор, должен вести журнал, в который заносятся сведения о режиме эксплуатации каждой скважины в отдельности, показания измерительных приборов, установленных на насосной станции, и замечания о неполадках в работе.

Не менее чем 2 раза в год (перед весенним паводком и перед наступлением зимы) должна проводиться полная проверка состояния скважины, оборудования и всех трубопроводов.

Ухудшение работы скважины, а также выход ее из строя обуславливаются в основном четырьмя причинами: 1) заносом фильтра породой из эксплуатируемого

водоносного горизонта; 2) коррозией фильтра и труб; 3) зарастанием фильтра; 4) техническим нарушением конструкции скважины.

Занос фильтра породой является наиболее распространенной причиной неудовлетворительной работы скважины. Основными факторами, обуславливающими занос фильтра, являются: а) несоответствие конструкции фильтра зерновому составу водоносных пород; б) повреждение фильтровой сетки; в) отсутствие или недоброкачественная установка сальника в кольцевом зазоре между фильтровой колонной и рабочей колонной в скважине; г) неправильная эксплуатация скважины (например, при периодической откачке или откачке с изменением количества отбираемой воды); д) несоблюдение правил крепления скважины (недоведение обсадных труб до водоупорных пород, смена колони без цементирования в рыхлых или плавунных породах, недостаточная длина надфильтровых труб и др.).

При правильном производстве работ и соблюдении технологии подбора и установки фильтров занос и пескование обусловлены чаще всего нарушением технических условий.

Пескование через сальник может быть ликвидировано двумя способами: 1) путем наращивания надфильтровой трубы патрубком с двумя сальниками, 2) при помощи цементации затрубного пространства между надфильтровой и обсадной трубами.

Для определения причин снижения дебита скважины проводят обследование и пробные откачки при двух, трех ступенях понижения. Образец породы, извлеченный из фильтра желонкой, дает возможность установить причины заноса фильтра или характер повреждения. Занос мелким песком с диаметром частиц, меньшим проходных отверстий сетки, указывает на несоответствие фильтра. Если обнаружен песок с частицами, превышающими размер проходных отверстий фильтра, то причиной заноса является повреждение фильтра. При обнаружении песка с гравием и галькой в фильтре, вынесенном на высоту, превышающую отметку надфильтровой трубы, причиной заноса является подача породы по кольцевому зазору между надфильтровой и обсадной трубой.

Очистку фильтра можно производить способом обратной промывки, при помощи эрлифта или струйными

аппаратами. Применение струйных аппаратов наиболее целесообразно в случаях почти полного выхода скважины из строя. При этом струйным аппаратом производится размыв песчаных пробок и вынос пульпы на поверхность.

Слабая водоотдача фильтра при чистом забое указывает на зарастание фильтра под влиянием физико-химических и биологических процессов. Для восстановления дебита старых скважин применяются различные способы, основанные на применении механических и химических средств.

При текущем ремонте скважины производят чистку ее от песчаных пробок, чистку механическим способом стенок обсадных труб и фильтров от отложений солей и продуктов коррозии, извлечение с забоя скважины мелких, случайно попавших предметов.

Существуют также специальные методы восстановления дебитов скважин: солянокислотная обработка скважин и фильтров, гидравлический разрыв водоносного пласта, производство взрывов ВВ и т. д.

Шахтные колодцы широко применяют в качестве водозаборных сооружений. На отгонных пастбищах шахтные колодцы обеспечивают водой около 40% всей площади. Шахтные колодцы центральных областей и Казахстана характеризуются сравнительно небольшой глубиной (до 25 м) и дебитом (до 1—2 м³/ч). Поскольку колодцы работают в основном на использовании запаса воды, большое значение имеет объем воды, который колодец может аккумулировать за время между откачками. Уменьшение высоты столба воды или дебита часто делает колодец непригодным для дальнейшей эксплуатации. Основным способом увеличения сроков эксплуатации шахтных колодцев является своевременное проведение очистки их от отложившихся донных наносов.

Очистка шахтных колодцев вручную путем опускания человека на дно для заполнения емкости донными наносами является малоэффективным способом. Производительность при ручной очистке не превышает 0,13 м³/ч, поэтому для углубления колодца на 1 м затрачивается не менее 6 ч.

Одним из способов механизации очистки является использование переоборудованных копателей шахтных колодцев типа КШК. Хотя применение КШК облегчает труд и повышает производительность, однако экономи-

чески нецелесообразно, поскольку они предназначены для работы в твердых грунтах. Кроме того, КШК не всегда можно применить из-за кривизны шахты, обвалов вокруг оголовка, наличия в колодце посторонних предметов.

Другой способ механизации очистки основан на взмучивании донных наносов и транспортировании пульпы на поверхность. Для этих целей используется центробежный насос с крыльчаткой для взмучивания или струйный аппарат. Применение струйных аппаратов (гидроэлеваторов) является эффективным способом очистки шахтных колодцев, однако требует устройства дополнительных емкостей для отстаивания пульпы и транспортирования дополнительного количества воды.

На основании исследований особенностей залившихся колодцев и способов механизации их очистки, которые были проведены в Казахском научно-исследовательском институте механизации и электрификации, создана экономичная установка для очистки шахтных колодцев, смонтированная на автомашине ГАЗ-63.

Рабочим органом установки является призматический сосуд, который погружается в донные наносы, заполняется и поднимается на поверхность для выгрузки. Этот сосуд высотой 60 см и сечением в плане 45 см × 45 см имеет створки, которые закрываются при натяжении тросов. Заглубление рабочего органа в донные наносы производится под действием собственного веса и с помощью направленных колебаний, создаваемых электро-механическим вибратором. Вибратор жестко закреплен на рабочем органе. От попадания воды вибратор защищен кожухом. После загрузки емкости створки закрываются и открываются только при ослаблении натяжных тросов в момент выгрузки. Регулирование скорости подъема и опускания рабочего органа производится с помощью коробки передач. Установка предназначена для очистки шахтных колодцев глубиной до 30 м.

Применение установки с вибрирующим рабочим органом снизило затраты труда по сравнению с использованием машин типа КШК в 2 раза, а по сравнению с ручным способом в 5 раз. Дооборудование этой установки насосом и дополнительным рабочим органом для подъема несylучих предметов позволило создать универсальную установку для очистки шахтных колодцев и тем самым значительно продлить срок их службы.

Типичные неисправности водоподъемников и способы их устранения

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Центробежные насосы		
Насос после пуска не подает воду	<p>Неплотность во всасывающем трубопроводе</p> <p>Наличие воздуха в корпусе насоса</p> <p>Высота всасывания больше допустимой</p> <p>Неправильное направление вращения рабочего колеса</p> <p>Засорена сетка приемного клапана</p>	<p>Проверить соединения всасывающего трубопровода</p> <p>Повторно залить насос</p> <p>Уменьшить высоту всасывания, установив ее согласно паспортным данным насоса</p> <p>Переключить питание фаз электродвигателя</p> <p>Очистить сетку</p>
Уменьшение подачи воды	<p>Недостаточное число оборотов</p> <p>Образование воздушных пробок во всасывающем и напорном трубопроводах</p> <p>Вода подается толчками</p> <p>Засорение рабочего колеса или приемного клапана</p> <p>Просачивание воздуха во всасывающую линию или в корпус насоса</p>	<p>Проверить напряжение и двигатель</p> <p>Всасывающий трубопровод расположить с уклоном</p> <p>На напорном трубопроводе установить вентиль</p> <p>Проверить заглубление приемного клапана</p> <p>Произвести осмотр и очистку</p> <p>Проверить всасывающий трубопровод или сменить набивку сальника</p>
Понижение напора	Уменьшилось число оборотов	Проверить напряжение и двигатель
	Разрыв на напорном трубопроводе	Осмотреть трубопровод
Перегрузка двигателя	Дополнительные механические сопротивления ввиду неправильной регулировки или повреждения	Проверить двигатель и насос, при необходимости произвести регулировку
Вибрация и шум в насосе	<p>Неправильная установка насоса с двигателем на фундаменте</p> <p>Ослабление креплений</p> <p>Механические повреждения</p>	<p>Проверить установку</p> <p>Подтянуть крепления</p> <p>Сменить или исправить поврежденные детали</p>
Перегрев подшипников	<p>Смазка загрязнилась, масло плохого качества</p> <p>Перекус вала</p>	<p>Промыть подшипник, сменить смазку</p> <p>Проверить прямолинейность вала и устранить перекус</p>
Перегрев сальников	Износ сальниковой набивки, плотно затянута нажимная букса	Заменить набивку и отрегулировать затяжку сальника
Погружные насосы ЭЦВ, АПВ, АП		
Электронасос не запускается	<p>Отсутствует напряжение на станции управления</p> <p>Сгорел предохранитель</p> <p>Низкое напряжение в сети или падение в момент пуска</p> <p>Пробой изоляции или обмотки электродвигателя</p>	<p>Проверить контрольной лампой наличие напряжения</p> <p>Поставить новый предохранитель</p> <p>Проверить напряжение при пуске</p> <p>Найти пробой и устранить дефект</p>

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Уменьшение подачи воды	Увеличилось сопротивление во всасывающей части насоса Электродвигатель не развивает номинальных оборотов Износ рабочих колес, направляющих аппаратов, подпятника Направляющие аппараты проворачиваются вместе с рабочими колесами	Прочистить сетку Проверить частоту в сети Разобрать насос и заменить изношенные части Разобрать насос и установить направляющие аппараты на стопорные штифты
Прекращение подачи воды	Насос находится выше динамического уровня	Удлинить колонну водоподъемных труб
Завышенное показание амперметра	Неправильная сборка насоса Износ подпятников Насос качает воду с большим содержанием взвеси	Разобрать и снова собрать Заменить подпятники Уменьшить расход прикрытием задвижки
Насосы АТН, НА и А		
Поломка трансмиссионного вала или разрывы паровых труб	Искривленность оси скважины	Проверить вертикальность скважины
Повышенная потребляемая мощность	Рабочие колеса трутся в направляющих аппаратах Повреждение или износ шарикоподшипников	Отрегулировать осевой зазор регулировочной гайкой Заменить шарикоподшипники

М. Усковский

	Насос подвешен не вертикально, большое трение в направляющих подшипниках Сальник сильно затянут	Проверить установку приводной головки Отрегулировать затяжку сальника
Уменьшение подачи воды	Понизился динамический уровень Износ рабочих колес Засорение приемной сетки Утечка воды через стыки водоподъемных труб	Заглубить насос Заменить рабочие колеса Прочистить сетку Устранить утечку
Прекращение подачи воды	Понизился динамический уровень Обрыв трансмиссионного вала Обрыв или разрывы водонапорных труб Рабочие колеса проворачиваются на валу	Заглубить насос Заменить вал Ликвидировать дефект Ликвидировать дефект
Понижение напора	Утечка через стыки водонапорных труб Уменьшилось проходное сечение труб	Устранить утечку Произвести очистку или замену водонапорных труб
Вибрация и шум в насосе	Неправильная сборка Погнуты трансмиссионные валы Плохое крепление к фундаменту	Демонтировать и устранить дефекты Выпрямить или заменить валы Закрепить насос
Уменьшение подачи воды	Поршневые штанговые насосы Износ манжет Засорение всасывающего клапана или износ его	Заменить манжеты или произвести их подтяжку Прочистить или сменить клапан
Перегрев подшипников редуктора	Плохая смазка Неправильная посадка подшипника, стачка или крышки	Промыть, заменить смазку Разобрать, проверить и устранить дефект

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Перегрев головок шатуна	Не поступает смазка Неправильная посадка втулки	Снять масленку, прочистить, залить свежим маслом Проверить и устранить дефект
Стук в шатунах	Ослабление посадки Износ втулок шатуна	Снять кожух, проверить, подтянуть Заменить втулки
Заедание траверсы на направляющих	Ослабление затяжки нажимной гайки траверсы Износ сальника, отсутствие смазки	Проверить, подтянуть Заменить сальник, отрегулировать смазку
Пропуск воды в сальнике плунжера	Слабая затяжка, плохо набит сальник Ослабло крепление насоса к фундаменту	Подтянуть, сменить набивку Проверить крепление и подтянуть болты
Винтовые насосы НВ-3, 1В-20/3		
Отсутствует подача при вращении привода	Насос вращается в обратную сторону Обрыв одной из тяг	Изменить направление вращения электродвигателя или конного привода Заменить тягу
Уменьшение подачи воды	Износ резиновой обоймы или рабочего винта Утечка в соединениях труб Понижение уровня в колодце	Заменить изношенные детали Устранить утечку Отрегулировать глубину погружения
Вибрация трубопровода	Износ подшипников или муфт, соединяющих тяги	Заменить изношенные детали

11

Повышенное усилие на приводе

Туго затянуто сальниковое уплотнение
Засорение сливного патрубкаОтрегулировать затяжку сальника
Прочистить сливной патрубок

Ленточные водоподъемники

Обрыв ленты водоподъемника	Износ соединительных крючков или сшивки	Поднять ленту из колодца, обрезать оборванный конец и вновь соединить
Подача воды с перерывами	Понизился уровень воды в колодце Мал дебит источника	Удлинить ленту и заглубить нижний шкив Вычистить колодец
Уменьшение подачи воды	Проскальзывает ремень на ведущем шкиве Истирание ленты	Увеличить шероховатость ведущего шкива, наклепать планки Заменить ленту или восстановить перфорацию

Инерционные насосы с поверхностным вибратором

Уменьшение подачи воды	Износ клапана Уменьшилась амплитуда колебаний Установка с электромагнитным вибратором не работает в резонансном режиме	Заменить клапанные пластины Проверить состояние вибратора Настроить установку на резонансный режим, установить съемные грузы согласно длине водоподъемных труб
Прекращение подачи воды	Излом клапанной пластины	Заменить клапанную пластину
Увеличение боковых колебаний труб	Обрыв водоподъемной трубы	Ликвидировать аварию

116

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
	Излом направляющего фонаря Ослабли фланцевые соединения труб Явления усталости в резиновых амортизаторах маятникового вибратора	Заменить фонарь Закрепить фланцы, установить под гайки пружинные шайбы Заменить вибратор
Инерционные насосы погружного типа		
Уменьшение подачи воды	Износ рабочего органа Износ или ослабление уплотнений Нарушилась регулировка зазора в электромагнитной системе Износ резино-металлического амортизатора Износ всасывающего клапана	Заменить рабочий орган Проверить диафрагму и болтовые соединения Отрегулировать зазор согласно паспорту насоса Заменить амортизатор Заменить клапан
Установка работает в ударном режиме	Нарушилась регулировка зазора Резино-металлический амортизатор частично утратил упругие свойства В сети повысилось напряжение	Отрегулировать зазор Заменить амортизатор Проверить напряжение и отрегулировать на безударный режим
Прекращение подачи воды	Перетерся кабель Излом или значительное истирание рабочего органа	Исправить повреждение Заменить рабочий орган

Эрлифты

Отсутствует подача воды	Недостаточное давление воздуха Большое погружение воздушных труб	Отрегулировать дроссель компрессора Поднять форсунку
Уменьшение подачи воды	Малое погружение воздушных труб Разрыв воздушной трубы ниже динамического уровня	Заглубить трубу Демонтировать и заменить трубу
Работа толчками, неравномерно	Недостаточное количество воздуха Неправильное погружение водоподъемных и воздушных труб Отверстия в форсунке закупорились отложениями солей	Увеличить подачу, открыть вентили Заглубить трубы Демонтировать и устранить дефект
Понижение напора	Утечки через неплотности водоподъемных труб. В водоподъемных трубах отложение солей	Демонтировать и устранить неполадки То же
Давление воздуха во время работы выше, чем при пуске	Излишняя подача воздуха, мал диаметр воздушной трубы	Уменьшить количество подаваемого воздуха, заменить воздушную трубу трубой большего диаметра

Гидравлические тараны

Отсутствует подача воды	В колпаке нет воздуха Засорился ударный клапан Неисправный нагнетательный клапан	Заполнить колпак воздухом Прочистить клапан Осмотреть, исправить
Работа с перебоями	Ударная труба имеет неплотности, через которые всасывается воздух Недостаточный расход при данном ходе ударного клапана Неплотное закрытие ударного клапана	Осмотреть и устранить неисправности Уменьшить ход ударного клапана Осмотреть и ликвидировать утечки через клапан

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
	Недостаточно воздуха в колпаке	Заполнить колпак воздухом, предварительно выпустить воду; проверить исправность воздушного приспособления у таранов ЕрПИ
Системы управления		
Пускатель не включается	Отсутствует напряжение в цепи управления Подвижная часть заедает, неисправны контакты или катушка	Установить причину Исправить дефекты
Пускатель сильно гудит	Низкое напряжение в сети (менее 85% номинального) Чрезмерное нажатие контактных или возвратных пружиц, повреждение рабочих поверхностей полюсов, перекос сердечника	Устранить потери Устранить дефекты
Пускатель не отключается при ручном управлении работой установки	Приварились контакты в силовой цепи или цепи управления, заедание подвижной системы	Очистить или сменить контакты, отрегулировать подвижную систему
При включении агрегата слышен гуд, но насос не работает. Срабатывает тепловая защита	Оплавился или подгорел контакт автомата в силовой цепи	Обесточить установку, оплавленные контакты зачистить, сохранив нужную форму контактов. Протереть контакты
Система управления не отключает электронасос при аварийных режимах	Температура окружающей среды ниже той, на которую отрегулирована тепловая защита	Отрегулировать элементы тепловой защиты или установить аппаратуру в помещении с нормальной температурой
Система управления не отключает электронасос при достижении верхнего заданного уровня в напорном баке	Нарушена цепь контакта верхнего уровня датчика. Вышло из строя добавочное сопротивление в цепи реле уровня. Вышел из строя выпрямитель. Перегорела катушка реле уровней РУ	Обнаруженную неисправность устранить
Система управления не включает электронасос при достижении нижнего заданного уровня в напорном баке	Оборвалась цепь между контактами верхнего и нижнего уровней Приварились контакты реле уровней РУ	Очистить контакты от ржавчины или льда, включить обогрев датчика Устранить дефект
Не отключается электронасос при понижении динамического уровня в скважине и захвате воздуха насосом	Нарушена цепь между датчиком сухого хода и схемой Не срабатывает промежуточное реле РП-23 Контакт датчика сухого хода касается обсадной трубы или водоподъемной колонны. Контакт неправильно закреплен	Устранить дефект Проверить исправность реле Правильно закрепить датчик сухого хода
Система управления не включается в работу	Расплавился предохранитель ПР-2. Подгорели или загрязнились контакты универсального переключателя	Устранить дефект

Учитывая многообразие факторов, влияющих на работу насосов, рассмотрим только характерные неисправности, причины неисправностей и способы их устранения наиболее распространенных в сельскохозяйственном водоснабжении водоподъемников (табл. 39).

Техническое обслуживание водоподъемного оборудования

Режим эксплуатации насосной станции должен обеспечивать: 1) выполнение плана подачи воды; 2) бесперебойность и надежность работы станции в целом, а также отдельных ее элементов; 3) поддержание установленного режима напоров; 4) подачу воды для пожаротушения (если это предусмотрено); 5) соблюдение санитарных требований, регламентированных органами Государственного санитарного надзора; 6) максимальную экономичность работы насосной станции.

При разработке режима эксплуатации насосной станции должен быть составлен план профилактических осмотров и ремонтов (текущего и капитального) основного оборудования станции.

На насосных станциях должны быть инструкции со следующими разделами: а) о работе насосной станции; б) о профилактическом ремонте оборудования; в) об эксплуатации контрольно-измерительных приборов. В инструкциях должны содержаться указания о последовательности операций пуска и остановки оборудования, о порядке наблюдений, регулирования и обслуживания оборудования, о порядке ремонтов, ревизий и осмотров оборудования, о мероприятиях по предупреждению и ликвидации аварии.

Для создания резерва основного насосного оборудования на станциях следует придерживаться таких норм:

1) на станциях, имеющих до двух рабочих агрегатов, должен быть предусмотрен один резервный агрегат;

2) на станциях, имеющих более двух рабочих агрегатов, предусматривается два резервных агрегата. Если на станции нет указанного резерва, то на складе необходимо иметь один укомплектованный резервный агрегат. Резервные насосы требуется включать в работу на

30 мин не реже одного раза в 10 дней, а пожарные насосы на 5—10 мин ежедневно.

Наблюдение за работой насосных агрегатов неавтоматизированных насосных станций ведет моторист-механик, а на автоматизированной насосной станции — электрик. Дежурные механики на неавтоматизированных насосных станциях и электрик на автоматизированной ведут записи в журнале о работе агрегатов.

Во время дежурства необходимо следить за состоянием подшипников насоса, проверять затяжку сальников, не допускать биения вала, осматривать соединительную муфту, болты и штифты корпуса насоса, фундамент. Если из сальников может капать очень редкими каплями, он должен быть холодным. Нагрев подшипников скольжения у насосов допускается до 80°C. При появлении вибрации вала, металлическом шуме, повышении температуры подшипников выше нормы, неисправности арматуры нужно немедленно остановить насосный агрегат.

При эксплуатации погружных насосов следует стремиться к длительному режиму работы, ибо при повторнократковременном режиме ухудшаются условия эксплуатации насоса и скважины. При необходимости изменения параметров насосов можно проводить обточку рабочих колес центробежных насосов и уменьшение числа секций погружных насосов.

При эксплуатации автоматизированных насосных станций электрик должен раз в 10 дней проверять состояние контактов, пусковой аппаратуры и других устройств, при необходимости зачищать обгоревшие контакты и исправлять другие неполадки. Один раз в месяц проверять регулировку всех реле и затяжку контактных соединений. Один раз в три месяца проверять защиту, реле давления и реле обрыва линии управления. Раз в год проводить полную ревизию всех устройств автоматизации и производить необходимую замену элементов автоматики. Для нормальной работы насосной станции необходимо иметь запасные предохранители, соответствующие режиму работы электродвигателя, сигнальные лампы, индикаторы напряжения, реле, средства индивидуальной защиты.

Помещение насосной станции должно содержаться в чистоте, иметь аварийное освещение и не менее двух огнетушителей. Станция должна отапливаться, чтобы

температура воздуха в ней зимой была не ниже 15°C, а на автоматизированной станции +5°C.

Два раза в год производят проверку арматуры. В задвижках проверяют состояние сальниковой набивки, болтов, маховиков, ход шпинделя и резьбу на нем, проверяют возможность полного открытия и закрытия задвижки. Вся арматура насосных станций должна систематически смазываться и периодически окрашиваться.

Герметичность всасывающей линии проверяют по вакуумметру. Для этого всасывающие трубы заполняют водой и, закрыв задвижку от насоса, подключают к ним вакуумметр. Если всасывающая линия неисправна, вакуумметр покажет разрежение. Негерметичность всасывающей линии при работающем насосе может быть обнаружена по пламени свечи, которое притягивается к неисправным местам.

Контрольно-измерительные приборы должны содержаться в чистоте и раз в год подвергаться проверке в специализированных мастерских.

Техническое обслуживание погружных насосов, работающих на водонапорную башню, заключается в следующем:

1) внешний осмотр оголовка скважины и его оборудования. Проверка состояния станции управления и параметров насосного агрегата. Устранение утечки воды, чистка контактов;

2) проверка состояния водонапорной башни и датчика уровней. Осмотр и опробование арматуры водонапорной башни;

3) выполнение работ по подъему насоса из скважины, внешний осмотр, регулировка осевого люфта вала, замена изношенных деталей новыми. Опускание насоса в скважину, пробный пуск.

Техническое обслуживание водоструйных установок состоит в следующем:

1) проверка крепления, внешний осмотр, центрирование валов двигателя и центробежного насоса. Замена сальниковых уплотнителей в насосе; проверка резиновых уплотнений в однолинейных установках;

2) разборка и сборка центробежного насоса, замена изношенных деталей новыми. Проверка насоса, извлечение струйного аппарата, замена негодных деталей, полный монтаж водоструйной установки. Пробный пуск установки.

В каждом отдельном случае при проведении технического обслуживания должна составляться дефектная ведомость с подробным перечнем проводимых работ.

Организация эксплуатации насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения определяется сложностью сооружений, длиной водопроводной сети, объемом водопотребления и т. д.

Групповые водопроводы и соответственно насосные станции на групповых водопроводах обслуживаются специальными эксплуатационными управлениями, которые имеют эксплуатационные участки. Персонал эксплуатационных участков проводит все работы, связанные с эксплуатацией насосных станций и средств автоматизации, находящихся в районе участка.

Эксплуатация насосных станций местных водопроводов в основном производится силами колхозов и совхозов, которые имеют штат электриков и механиков, зависящий от объема работ. Для оказания помощи колхозам и совхозам в эксплуатации водоподъемного оборудования при районных отделениях «Сельхозтехника» имеются ремонтно-монтажные бригады, которые проводят техническое обслуживание на договорных условиях. Для ремонта водоподъемного оборудования используются районные мастерские «Сельхозтехника», а также межрайонные мастерские и заводы, производящие капитальный ремонт водоподъемного оборудования.

Надзор за состоянием водозаборных сооружений и их ремонт осуществляют строительно-монтажные управления Мелиоводстрой и Сельхозводстрой. Эти управления в некоторых областях на договорных условиях проводят текущий ремонт водоподъемного оборудования и установку нового оборудования.

Наблюдение за работой водоподъемного оборудования отдельной фермы, полевого стана или небольшого поселка осуществляет электрик или механик, который отвечает за состояние механизмов на ферме.

Эксплуатация водоподъемного оборудования на пастбищах осуществляется несколькими путями.

1. Строительством и эксплуатацией водозаборных сооружений, монтажом и эксплуатацией водоподъемного оборудования занимаются районные специализированные водохозяйственные организации. Эти организации работают на договорных условиях с колхозами и совхозами.

2. Эксплуатацию водоподъемного оборудования колхозы и совхозы проводят собственными силами, а строительство и эксплуатацию водозаборных сооружений (в основном шахтных колодцев) проводят специализированные организации.

3. Эксплуатация водозаборных сооружений и водоподъемного оборудования проводится силами колхозов и совхозов.

Несмотря на существующее многообразие форм эксплуатации водоподъемного оборудования в сельском хозяйстве, ее организация требует значительного совершенствования. Примерно 80% случаев преждевременного выхода из строя водоподъемного оборудования объясняется неквалифицированным монтажом и несоблюдением правил эксплуатации.

Сосредоточение в единой системе водохозяйственных органов вопросов сельскохозяйственного водоснабжения (строительства, монтажа и эксплуатации) позволит значительно продлить срок службы водоподъемного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Абрамов Водоснабжение, Стройиздат, М., 1967.
2. М. М. Андрияшев. Гидравлические расчеты водопроводов и водопроводных сетей. Стройиздат, 1964.
3. В. В. Анисимов. Оборудование и эксплуатация водных скважин для сельского хозяйства, «Колос», 1967.
4. Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Панфилова. Научные труды, т. 49. 1964
5. Н. П. Белозоров, М. Я. Елисеев, В. Г. Ильин. Эксплуатация сельскохозяйственных водопроводов. «Колос», 1967.
6. В. И. Брежнев. Монтаж и ремонт водопроводных устройств. Стройиздат, 1964.
7. В. И. Болховитин, Ю. А. Казаков. Центробежные скважинные насосы. Кишинев, 1967.
8. Вопросы гидротехники, т. 23. Ташкент, 1967.
9. И. Ф. Володько. Водозаборы и особенности поисков подземных вод в различных гидрогеологических условиях. Госгеолтехиздат, 1963.
10. Всесоюзный научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ). Методика расчета оптимальных параметров пневматических регуляторов, 1967.
11. В. М. Гаврилко. Фильтры водозаборных, водопонижительных и гидрогеологических скважин. Госстройиздат, 1961.
12. И. М. Голсов, А. Н. Болтушкин, П. Б. Прибытков. Санитарная оценка воды в животноводстве. «Колос», 1967.
13. В. Г. Ильин. Расчет совместной работы насосов, водопроводных сетей и резервуаров. Госстройиздат УССР, Киев, 1963.
14. П. И. Каменев. Гидроэлеваторы в строительстве. Стройиздат, 1964.
15. В. Я. Карелин. Насосы и насосные станции для водоснабжения и орошения. Стройиздат, 1966.
16. Л. Я. Кашеков. Механизация водоснабжения животноводческих ферм. Сельхозгиз, 1961.
17. М. В. Колодиз и др. Современные методы опреснения воды. Ашхабад, 1967.
18. Г. В. Коланев. Экономика и организация обводнения пастбищ. «Наука», 1967.
19. М. В. Луговской, В. М. Усаковский, П. Д. Бородачев. Справочник по механизации водоснабжения животноводческих ферм. Россельхозиздат, 1965.
20. М. В. Луговской, Л. Я. Кашеков, В. М. Усаковский и др. Механизация водоснабжения животноводческих ферм. «Высшая школа», 1967.
21. А. А. Ломакин. Центробежные и осевые насосы. «Машиностроение», 1966.

22. К. И. Лысов, К. Т. Григорьев. Насосы и насосные установки, «Колос», 1965.
23. Механизация и автоматизация систем сельскохозяйственного водоснабжения. Всесоюзная научно-техническая конференция. Тезисы докладов, НТО, 1965.
24. О. П. Михеев. Автоматические водоподъемные установки. Стройиздат, 1964.
25. В. С. Оводов. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение. Сельхозгиз, 1960.
26. В. М. Овсянникова. Гидравлические тараны и таранные установки. «Машиностроение», 1968.
27. Н. Н. Орловский. Монтаж, эксплуатация и ремонт машин на животноводческих фермах. «Колос», 1965.
28. А. Д. Панащенко. Водяные насосы. «Лесная промышленность», 1964.
29. Правила технической эксплуатации водопроводов и капитализаций Минкомхоз РСФСР, 1965.
30. Е. З. Рабинович, А. С. Роттэ. Насосные установки в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности. «Недра», 1965.
31. Рациональная организация и экономическая эффективность обводнения пастбищ. Всесоюзное научно-техническое совещание. Минмелиоводхоз, 1967.
32. Сборник противопожарных норм строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест. Стройиздат, 1965.
33. Р. М. Славин, А. М. Ганелин. Автоматизация водоснабжения животноводческих ферм МСХ РСФСР, 1961.
34. С. Я. Суреньянц. Эксплуатация водяных скважин. Минкомхоз РСФСР, 1961.
35. Технологические карты по комплексной электромеханизации водоснабжения животноводческих ферм В/О «Союзсельхозтехника», МСХ СССР, 1963.
36. Р. Н. Торосян. Обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами в системе сельскохозяйственного водоснабжения. Россельхозиздат, 1967.
37. М. М. Флоринский, В. В. Рычагов. Насосы и насосные станции, «Колос», 1967.
38. Э. Б. Цейтлин. Контрольно-измерительные приборы и аппараты городского водопровода. Стройиздат, 1965.
39. Я. И. Шефтер, И. В. Рождественский. Ветроэлектрические агрегаты. «Колос», 1967.
40. Госстрой СССР. Указания по проектированию сельскохозяйственного водоснабжения. СН 267—63, 1964.
41. Госстрой СССР. Указания по проектированию автоматизации и диспетчеризации систем водоснабжения. СН 243—63, 1963.
42. Госстрой СССР. Указания по проектированию сооружений для забора подземных вод. СН 325—65, 1966.
43. Госстрой СССР. Насосы. Правила производства и приемки монтажных работ. СНиП III-Г. 10. 3-62, 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Насосы	5
Лопастные насосы	5
Водоструйные установки	38
Объемные и инерционные водоподъемники	47
Глава II. Водоподъемное оборудование для пастбищного водоснабжения	70
Безнапорные водоподъемники	70
Гидравлические тараны	81
Ветроводоподъемные установки	86
Передвижные водоподъемные установки	94
Организация водоснабжения и его устройства на пастбищах	98
Глава III. Средства автоматизации	104
Автоматизация насосных установок в схемах с водопорными башнями	104
Пневматические автоматизированные насосные установки	114
Глава IV. Выбор водоподъемного оборудования и работа насоса на сеть	127
Глава V. Насосные станции	151
Водозаборные сооружения	151
Устройство насосных станций	155
Контрольно-измерительные приборы насосных станций	172
Глава VI. Монтаж и эксплуатация водоподъемного оборудования	181
Монтаж водоподъемного оборудования	181
Эксплуатация водоподъемного оборудования	201
Техническое обслуживание водоподъемного оборудования	216
Литература	221

Усаковский Владимир Моисеевич

ВОДОПОДЪЕМНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХО-
ЗЯЙСТВЕ. М., «Колос», 1969.
223с. с илл.

УДК 631.3 : 621.649

Редактор П. Сафонов

Художник В. Трепцов

Художественный редактор И. Коровина

Технические редакторы Г. Славнова

и В. Просвирина

Корректор В. Русинова

Сдано в набор 23/1 1969 г. Подписано к печати
14/VIII 1969 г. Т 01881. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага
тип. № 3. Печ. л. 7 (11,76). Уч.-изд. л. 11,69.
Изд. № 89. Т. п. 1969 г. № 262. Тираж 5000 экз.
Заказ № 1372. Цена 50 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31,
ул. Дзержинского, д. 1/19.

Областная типография Ивановского управления
по печати, г. Иваново, Типографская, 6.