



СКВАЖИННЫЕ НАСОСЫ

ПОСОБИЕ ПО ПОДБОРУ

Основанное в 1927 ОАО «Завод Промбурвод» является одним из крупнейших в СНГ производителей современных электронасосных центробежных скважинных агрегатов для воды типа ЭЦВ.

С 1992 года завод начал выпуск новых электронасосных агрегатов и уже в том же году их было изготовлено более 2700 шт. За 1992 – 2013 годы разработано более 600 типов-размеров электронасосных агрегатов и выпущено более 400 000 штук.

ОАО «Завод Промбурвод» заслужил репутацию производителя современного и надежного оборудования. Предприятие неоднократно становилось лауреатом конкурсов «Лучшие товары Республики Беларусь» и «100 лучших товаров России», имеет ряд грамот и дипломов как участник отраслевых выставок. В настоящее время на предприятии разработана и внедрена система менеджмента качества (СМК) в соответствии с требованиями СТБ ИСО 9001.

На предприятии работает современная аккредитованная испытательная лаборатория с правом проведения всех видов испытаний, в том числе и сертификационных.

С 2007 года ОАО «Завод Промбурвод» входит в состав ОАО «Группа ГМС».



Дорогие друзья,

информация, содержащаяся в данной брошюре позволит Вам эффективно эксплуатировать скважинные насосы и значительно сократить количество выходов из строя, а также избежать наиболее характерных ошибок при их выборе, монтаже и эксплуатации.

Основные характеристики насоса

Система водоснабжения состоит из множества элементов. Основными элементами являются насос, трубопровод, запорно-регулирующая арматура, резервуары и баки. Каждый из этих элементов оказывает влияние на работу других. От того, насколько работа всех элементов системы согласована, зависит эффективность и надежность работы системы в целом. Основными характеристиками насоса, представляющими его рабочие параметры, являются:

Напорная характеристика насоса (Q-H характеристика) - зависимость напора насоса от подачи его.

Зависимость потребляемой мощности от подачи (Q-P характеристика). Для многоступенчатых насосов данная характеристика может быть указана как для насоса в целом, так и для одной ступени.

Зависимость к.п.д. от подачи (Q- η характеристика) - показывает коэффициент полезного действия ступени с учетом потерь в обратном клапане и на входе в насос.

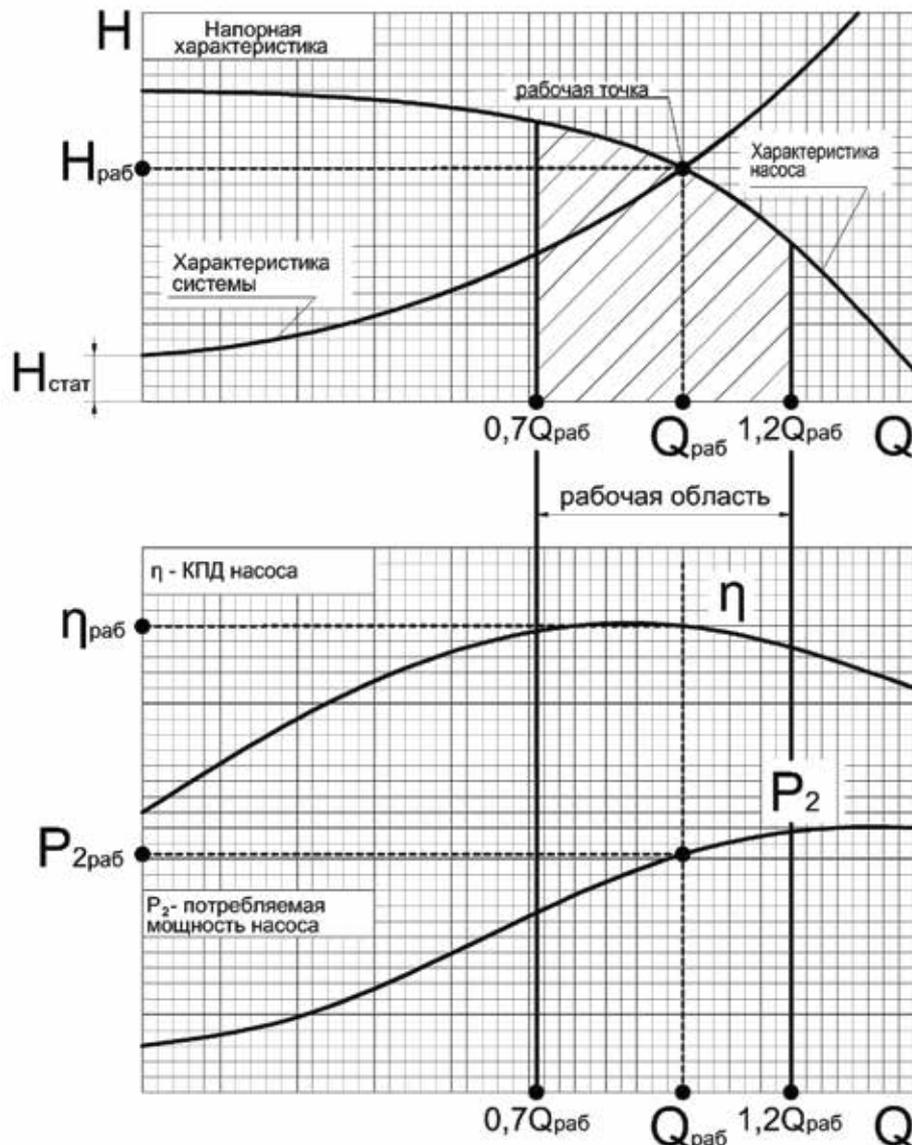


Рис. 1 Характеристики насоса и сети

Характеристика сети

Характеристика сети показывает зависимость ее гидравлического сопротивления от расхода жидкости. Понятие сети включает в себя совокупность резервуаров, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, фильтров, через которые проходит жидкость до насоса и от насоса до потребителя. Каждый из этих элементов обладает своими гидравлическими характеристиками, которые в совокупности представляют собой общую характеристику сети.

Эффективность насосного оборудования в первую очередь определяется его правильным подбором, проведенным с учетом всех особенностей технологического процесса. Поэтому основой энергоэффективного использования насосного оборудования является согласование характеристик насоса и сети, т.е. работа насоса в режиме, при котором рабочая точка находится в рабочей области характеристики насоса.

Нахождение рабочей точки в данной области обеспечивает работу насоса с максимальным КПД. Выполнение этого требования позволяет эксплуатировать насосы с высокой эффективностью и надежностью.

Рабочая точка насоса

Режим работы насоса определяется пересечением характеристики насоса и характеристики сети. Точка пересечения называется рабочей точкой. Одним из основных требований при подборе насоса является обеспечение его работы в рабочем диапазоне (рабочей области), лежащем в пределах 70...120% от номинальной подачи.

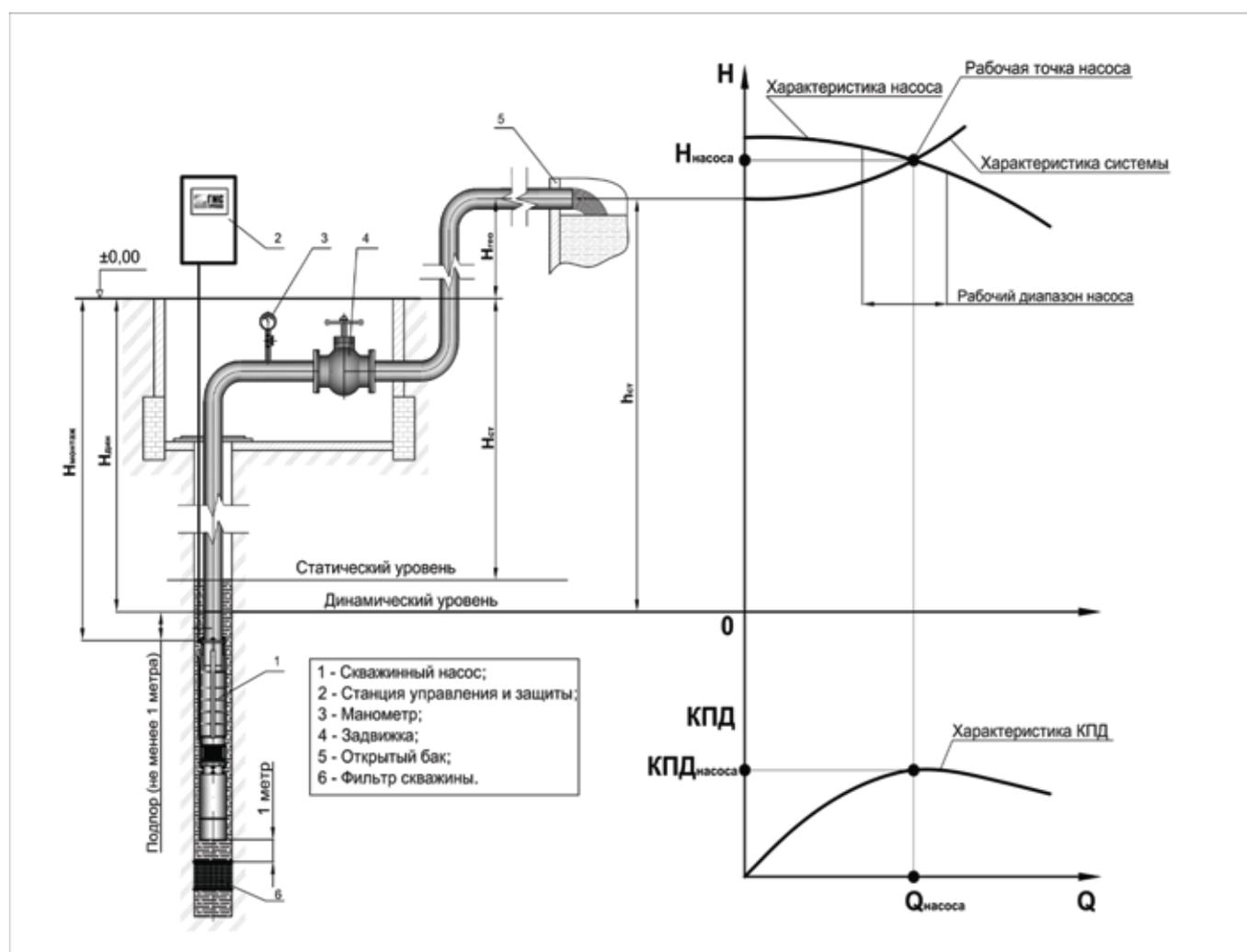


Рис.2. Схема установки скважинного насоса, характеристики насоса и сети.

Последовательность подбора насосов ЭЦВ. Исходные данные

Исходными данными для выбора насоса являются требуемые значения подачи и напора, а так же сведения, приведенные в паспорте скважины или полученные в результате замеров:

1. Диаметр обсадной колонны труб скважины.
2. Статический уровень воды в скважине.
3. Дебет скважины.
4. Динамический уровень воды в скважине соответствующий дебету скважины.
5. Глубина установки фильтровальной колонны.
6. Химический состав воды и содержание механических примесей.

Этап 1. Определение диаметра насоса

Диаметр насоса должен соответствовать диаметру скважины.

Таблица №1. Соответствие диаметров обсадных колонн и диаметров насосов.

Внутренний диаметр обсадной трубы, не менее, мм	98	150	199	250	301
Типоразмер насоса	4"	5", 6"	8"	10"	12"

Ø	4" (только ЭЦВ)					5" (только ЭЦВ)		6"				8"			10"		10", 12"	12"			
	1,5	2,5	4	6,5	10	6,5	10	6,5	10	16	25	16	25	40	65	65	100	120	160	210	250
Q, м ³ /ч																					

Электронасос для скважины необходимо подбирать таким образом, чтобы дебет скважины превышал номинальную подачу насоса не менее чем на 25%.

Таблица №3. Выбор подачи насоса в зависимости от дебета скважины

Дебет скважины, м ³ /час	Производительность насоса, м ³ /час													
	1	2,5	4	6,5	10	16	25	40	65	100	120	160	210	250
1,3...3														
3...5														
5...8														
8...12														
12...20														
20...30														
30...50														
50...80														
80...125														
125...150														
150...200														
200...260														
260...350														
350...450														

Этап 3. Определение требуемого напора насоса

Параметры, при которых будет работать насос, т.е. его рабочая точка определяются параметрами сети

$$h_{\text{сист.}}(Q) = h_{\text{ст.}} + h_{\text{дин.}}(Q)$$

Характеристика сети складывается из двух составляющих: статической и динамической.

Статическая составляющая характеристики системы

Статическая составляющая в зависимости от схемы установки определяется геометрической высотой подъема воды относительно динамического уровня скважины и геометрической высотой приемного резервуара. В случае, когда насос работает на пневмогидравлический бак или сборный водовод, необходимо учитывать противодавление в системе.

В этом случае статическая составляющая характеристики сети рассчитывается по следующим формулам:

$$h_{\text{ст}} = H_{\text{дин}} + H_{\text{гео}} + \frac{p_{\text{бака}}}{\rho \times g}, \text{ где}$$

$H_{\text{дин}}$ - динамический уровень скважины, м

$H_{\text{гео}}$ - высота от устья скважины до максимального уровня воды в напорной емкости или до самой высокой точки трубопровода при свободном изливе, м

$p_{\text{бака}}$ - давление в баке, Па ($1 \text{ кгс/см}^2 \approx 105 \text{ Па}$). $p_{\text{бака}} = 0$

ρ - плотность воды, 998 кг/м^3

g - ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$.

Для бака, находящегося под атмосферным давлением

Динамический уровень скважины определяется по формуле:

$$H_{\text{дин}} = H_{\text{ст}} + S, \text{ где}$$

S - понижение уровня по графику удельного дебета, м;

$H_{\text{ст}}$ - статический уровень скважины, м.

Динамическая составляющая характеристики сети

определяется потерями напора в трубопроводе. Динамическая составляющая имеет вид квадратичной зависимости

$$h_{\text{дин.}}(Q) = k \cdot Q^2, \text{ где}$$

k - коэффициент, зависящий от потерь по длине трубопровода и местных сопротивлений (задвижки, колена, клапаны, переходники и т.п.). На графике данная зависимость изображается в виде параболы.

Потери напора $h_{\text{дин}}$ определяются по формуле:

$$h_{\text{дин}} = h_{100} \cdot \frac{L_{\text{факт}}}{100} + \Delta h, \text{ где}$$

h_{100} - потери по длине трубопровода на 100 м трубы, м

$L_{\text{факт}}$ - фактическая длина трубы, м

Δh - величина местных потерь, м.

Величина местных потерь в зависимости от расхода приводится в справочниках и эксплуатационной документации на запорно-регулирующую арматуру. Величина потерь напора по длине трубопроводов различного диаметра на 100 м длины (h_{100}) из различных материалов также содержатся в справочниках. В таблицах №4 и №5 приведены данные о потерях и скоростях движения воды в трубопроводах из наиболее распространенных материалов. При невозможности определить потери по длине для сетей простой конфигурации (например, насос - резервуар) требуемый напор насоса можно взять на 5% больше суммы динамического уровня воды в скважине и высоты подъема воды над уровнем земли, необходимой потребителю.

Таблица № 4 . Величина потерь по длине трубопроводов.

Потери напора в стальных трубопроводах

Верхние значения - скорость течения в м/сек

Нижние значения - потери напора в метрах на 100 м прямой трубы.

Расход			Условный проходной диаметр / Наружный диаметр × толщина стенки / внутренний диаметр, мм									
м³/ч	л/мин	л/с	Ду25 33,5×3,2 27,1	Ду32 42,3×3,2 35,9	Ду40 48×3,5 41	Ду50 60×3,5 53	Ду65 76×3,5 69	Ду80 89×3,5 82	Ду100 108×3,5 101	Ду125 133×4,5 124	Ду150 159×4,5 150	Ду200 219×5 209
1	16,67	0,28	0,48 1,91	0,27 0,48	0,21 0,25							
1,6	26,67	0,44	0,77 4,63	0,44 1,14	0,34 0,59	0,20 0,17						
2	33,33	0,56	0,96 7,08	0,55 1,73	0,42 0,90	0,25 0,25						
2,5	41,67	0,69	1,20 10,85	0,69 2,63	0,53 1,36	0,31 0,38	0,19 0,11					
3	50,00	0,83	1,44 15,40	0,82 3,72	0,63 1,91	0,38 0,54	0,22 0,15					
3,5	58,33	0,97	1,69 20,74	0,96 4,99	0,74 2,56	0,44 0,71	0,26 0,19	0,18 0,08				
4	66,67	1,11	1,93 26,86	1,10 6,44	0,84 3,30	0,50 0,91	0,30 0,25	0,21 0,11				
6,5	108	1,81	3,13 69,25	1,78 16,39	1,37 8,34	0,82 2,28	0,48 0,61	0,34 0,26	0,23 0,09			
8	133	2,22	3,85 104,10	2,20 24,54	1,68 12,45	1,01 3,39	0,59 0,90	0,42 0,38	0,28 0,14	0,18 0,05		
10	167	2,78		2,74 37,92	2,10 19,19	1,26 5,19	0,74 1,37	0,53 0,58	0,35 0,21	0,23 0,08		
12	200	3,33		3,29 54,18	2,52 27,38	1,51 7,38	0,89 1,94	0,63 0,82	0,42 0,29	0,28 0,11	0,19 0,04	
16	267	4,44		4,39 95,38	3,37 48,07	2,01 12,88	1,19 3,36	0,84 1,41	0,55 0,50	0,37 0,18	0,25 0,07	
20	333	5,56			4,21 74,53	2,52 19,88	1,49 5,17	1,05 2,16	0,69 0,76	0,46 0,27	0,31 0,11	
25	417	6,94			5,26 115,71	3,15 30,76	1,86 7,96	1,31 3,31	0,87 1,15	0,58 0,41	0,39 0,16	0,20 0,03
30	500	8,33				3,78 44,00	2,23 11,34	1,58 4,70	1,04 1,63	0,69 0,58	0,47 0,23	0,24 0,04
35	583	9,72				4,41 59,59	2,60 15,32	1,84 6,33	1,21 2,19	0,81 0,78	0,55 0,30	0,28 0,06
40	667	11,11				5,04 77,53	2,97 19,89	2,10 8,20	1,39 2,84	0,92 1,01	0,63 0,39	0,32 0,07
50	833	13,89				6,30 120,48	3,71 30,80	2,63 12,68	1,73 4,36	1,15 1,54	0,79 0,59	0,40 0,11
65	1083	18,06					4,83 51,63	3,42 21,19	2,25 7,26	1,50 2,55	1,02 0,97	0,53 0,18
80	1333	22,22					5,94 77,80	4,21 31,86	2,77 10,89	1,84 3,81	1,26 1,45	0,65 0,27
100	1667	27,78					7,43 120,99	5,26 49,47	3,47 16,87	2,30 5,88	1,57 2,22	0,81 0,42
120	2000	33,33						6,31 70,92	4,16 24,13	2,76 8,39	1,89 3,17	0,97 0,59
140	2333	38,89						7,36 96,23	4,85 32,70	3,22 11,35	2,20 4,27	1,13 0,79
160	2667	44,44						8,42 125,38	5,55 42,56	3,68 14,75	2,52 5,54	1,30 1,02
180	3000	50,00							6,24 53,71	4,14 18,59	2,83 6,97	1,46 1,28
200	3333	55,56							6,93 66,16	4,60 22,87	3,14 8,57	1,62 1,57
220	3667	61,11							7,63 79,91	5,06 27,60	3,46 10,33	1,78 1,89
240	4000	66,67							8,32 94,95	5,52 32,78	3,77 12,26	1,94 2,23
260	4333	72,22							9,01 111,29	5,98 38,39	4,09 14,35	2,11 2,61
280	4667	77,78								6,44 40,45	4,40 16,60	2,27 3,01
300	5000	83,33								6,90 50,96	4,72 19,02	2,43 3,45

Таблица № 5 . Величина потерь по длине трубопроводов.

Потери напора в пластмассовых трубопроводах

Верхние значения - скорость течения в м/сек

Нижние значения - потери напора в метрах на 100 м прямой трубы.

Расход			Наружный диаметр × толщина стенки / внутренний диаметр, мм													
м³/ч	л/мин	л/с	25×2,8 19,4	32×3,0 26,0	40×3,7 32,6	50×4,6 40,8	63×5,8 51,4	75×6,8 61,4	90×8,2 73,6	110×10,0 90,0	125×11, 4 102,2	140×12, 7 114,6	160×14, 6 130,8	180×16, 4 147,2	200×18,2 163,6	
1	16,67	0,28	0,94 7,71	0,52 1,90	0,33 0,65	0,21 0,22										
1,6	26,67	0,44	1,50 17,74	0,84 4,38	0,53 1,49	0,34 0,51	0,21 0,17									
2	33,33	0,56	1,88 26,36	1,05 6,51	0,67 2,21	0,42 0,76	0,27 0,25	0,19 0,11								
2,5	41,67	0,69	2,35 39,17	1,31 9,68	0,83 3,29	0,53 1,13	0,33 0,37	0,23 0,16								
3	50,00	0,83	2,82 54,12	1,57 13,37	1,00 4,54	0,64 1,56	0,40 0,52	0,28 0,22	0,20 0,09							
3,5	58,33	0,97	3,29 71,14	1,83 17,58	1,16 5,97	0,74 2,05	0,47 0,68	0,33 0,29	0,23 0,12							
4	66,67	1,11	3,76 90,16	2,09 22,28	1,33 7,57	0,85 2,59	0,54 0,86	0,38 0,37	0,26 0,16	0,17 0,06						
6,5	108	1,81	6,11 213,34	3,40 52,72	2,16 17,90	1,38 6,13	0,87 2,04	0,61 0,87	0,42 0,37	0,28 0,14	0,22 0,08					
8	133	2,22		4,19 76,20	2,66 25,88	1,70 8,87	1,07 2,94	0,75 1,26	0,52 0,53	0,35 0,20	0,27 0,11	0,22 0,06				
10	167	2,78		5,23 113,20	3,33 38,44	2,12 13,17	1,34 4,37	0,94 1,87	0,65 0,79	0,44 0,30	0,34 0,16	0,27 0,10	0,21 0,05			
12	200	3,33		6,28 156,43	3,99 53,12	2,55 18,20	1,61 6,04	1,13 2,59	0,78 1,09	0,52 0,42	0,41 0,23	0,32 0,13	0,25 0,07	0,20 0,04		
16	267	4,44			5,32 88,50	3,40 30,32	2,14 10,07	1,50 4,31	1,04 1,81	0,70 0,69	0,54 0,38	0,43 0,22	0,33 0,12	0,26 0,07	0,21 0,04	0,21 0,04
20	333	5,56			6,66 131,48	4,25 45,05	2,68 14,96	1,88 6,40	1,31 2,69	0,87 1,03	0,68 0,56	0,54 0,33	0,41 0,17	0,33 0,10	0,26 0,06	0,26 0,06
25	417	6,94				5,31 66,92	3,35 22,22	2,35 9,51	1,63 4,00	1,09 1,53	0,85 0,84	0,67 0,48	0,52 0,26	0,41 0,15	0,33 0,09	0,33 0,09
30	500	8,33				6,37 92,48	4,02 30,70	2,81 13,14	1,96 5,53	1,31 2,12	1,02 1,15	0,81 0,67	0,62 0,36	0,49 0,20	0,40 0,12	0,40 0,12
35	583	9,72				7,44 121,57	4,69 40,36	3,28 17,27	2,29 7,27	1,53 2,78	1,19 1,52	0,94 0,88	0,72 0,47	0,57 0,27	0,46 0,16	0,46 0,16
40	667	11,1 1					5,35 51,15	3,75 21,89	2,61 9,22	1,75 3,53	1,35 1,92	1,08 1,11	0,83 0,59	0,65 0,34	0,53 0,20	0,53 0,20
50	833	13,8 9					6,69 75,99	4,69 32,52	3,26 13,69	2,18 5,24	1,69 2,86	1,35 1,65	1,03 0,88	0,82 0,50	0,66 0,30	0,66 0,30
65	1083	18,0 6					8,70 121,03	6,10 51,80	4,24 21,81	2,84 8,35	2,20 4,55	1,75 2,63	1,34 1,40	1,06 0,80	0,86 0,48	0,86 0,48
80	1333	22,2 2						7,51 74,87	5,22 31,52	3,49 12,06	2,71 6,57	2,15 3,81	1,65 2,02	1,31 1,15	1,06 0,70	1,06 0,70
100	1667	27,7 8						9,38 111,23	6,53 46,82	4,37 17,92	3,39 9,77	2,69 5,65	2,07 3,01	1,63 1,71	1,32 1,03	1,32 1,03
120	2000	33,3 3							7,83 64,70	5,24 24,77	4,06 13,50	3,23 7,81	2,48 4,16	1,96 2,36	1,59 1,43	1,59 1,43
140	2333	38,8 9							9,14 85,05	6,11 32,55	4,74 17,74	3,77 10,27	2,89 5,46	2,29 3,11	1,85 1,88	1,85 1,88
160	2667	44,4 4							10,45 107,79	6,99 41,26	5,42 22,49	4,31 13,02	3,31 6,92	2,61 3,94	2,11 2,38	2,11 2,38
180	3000	50,0 0								7,86 50,84	6,10 27,71	4,85 16,04	3,72 8,53	2,94 4,86	2,38 2,93	2,38 2,93
200	3333	55,5 6								8,73 61,29	6,77 33,41	5,39 19,34	4,13 10,29	3,26 5,85	2,64 3,53	2,64 3,53
220	3667	61,1 1								9,61 72,58	7,45 39,56	5,92 22,90	4,55 12,18	3,59 6,93	2,91 4,19	2,91 4,19
240	4000	66,6 7								10,48 84,70	8,13 46,16	6,46 26,72	4,96 14,21	3,92 8,09	3,17 4,88	3,17 4,88
260	4333	72,2 2								11,35 97,62	8,80 53,21	7,00 30,80	5,37 16,38	4,24 9,32	3,44 5,63	3,44 5,63
280	4667	77,7 8								12,23 111,34	9,48 60,68	7,54 35,13	5,79 18,69	4,57 10,63	3,70 6,42	3,70 6,42
300	5000	83,3 3									10,16 68,58	8,08 39,70	6,20 21,12	4,90 12,02	3,96 7,26	3,96 7,26

Таким образом, определив значения всех составляющих характеристики сети для различных значений подачи насоса, можно построить напорную характеристику системы:

$$H_{сист} (Q) = h_{ст} + h_{дин} (Q)$$

Зная требуемый напор, в соответствии с этапами 1-3, можно определить модель насоса, соответствующую параметрам системы.

Подбор гидравлического аккумулятора

Установка гидроаккумулятора (расширительного бака) во многих случаях предотвращает слишком частые включения насоса в процессе его эксплуатации и снижает воздействие гидроударов. Тем самым оптимизируется энергопотребление насоса, снижается его износ, повышается стабильность напора.

Существуют различные методики подбора гидроаккумулятора. Многие производители гидроаккумуляторов предлагают свои программы подбора оборудования. Один из методов подбора гидравлического аккумулятора приведен в СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий». Подбор гидроаккумулятора - это сложная задача, которая требует учета множество факторов, таких как

- неравномерность потребления воды;
- неравномерность подачи воды насосами;
- величина регулирующего объема относительно объема бака;
- допустимое число включений насосной установки в 1 ч;

Ниже приведена методика подбора объема гидроаккумулятора, в основу которой положен международный метод расчета UNI 9182. Основными параметрами для выбора оптимального объема гидроаккумулятора являются:

1. Максимальная подача насоса;
2. Рекомендуемая частота включений-отключений в час используемого в системе насоса.
3. Настройка реле давления, т.е. значения давлений включения и отключения насоса.
4. Начальное давление в воздушной полости гидроаккумулятора должно быть меньше давления включения насоса минимум на 0,5 атм*.

В данной методике значения давлений берутся в абсолютных величинах. Поэтому к значениям, измеряемым манометрами избыточного давления, прибавляется 1 атм. Оптимальный объем гидроаккумулятора равен:

$$V_{ГА} = 16,5 \cdot \frac{Q_{\max}}{a} \cdot \frac{(P_{откл}) \cdot (P_{вкл})}{(P_{откл} - P_{вкл}) \cdot P_{мемб}}, \text{ где}$$

$V_{ГА}$ - объем гидроаккумулятора, л;

a - частота включений-отключений в час используемого в системе насоса;

Q_{\max} - максимальная подача насоса, л/мин**;

$P_{вкл}$ - давление включения насоса, атм;

$P_{откл}$ - давление отключения насоса, атм;

$P_{мемб}$ - начальное давление в воздушной полости гидроаккумулятора, атм;

Вычисленная величина оптимального объема гидроаккумулятора округляется в большую сторону до ближайшего по объему типоразмера прибора.

* - 1 атм. \approx 1кгс/см²

** - 1 л/мин \approx 0,06 м³/час

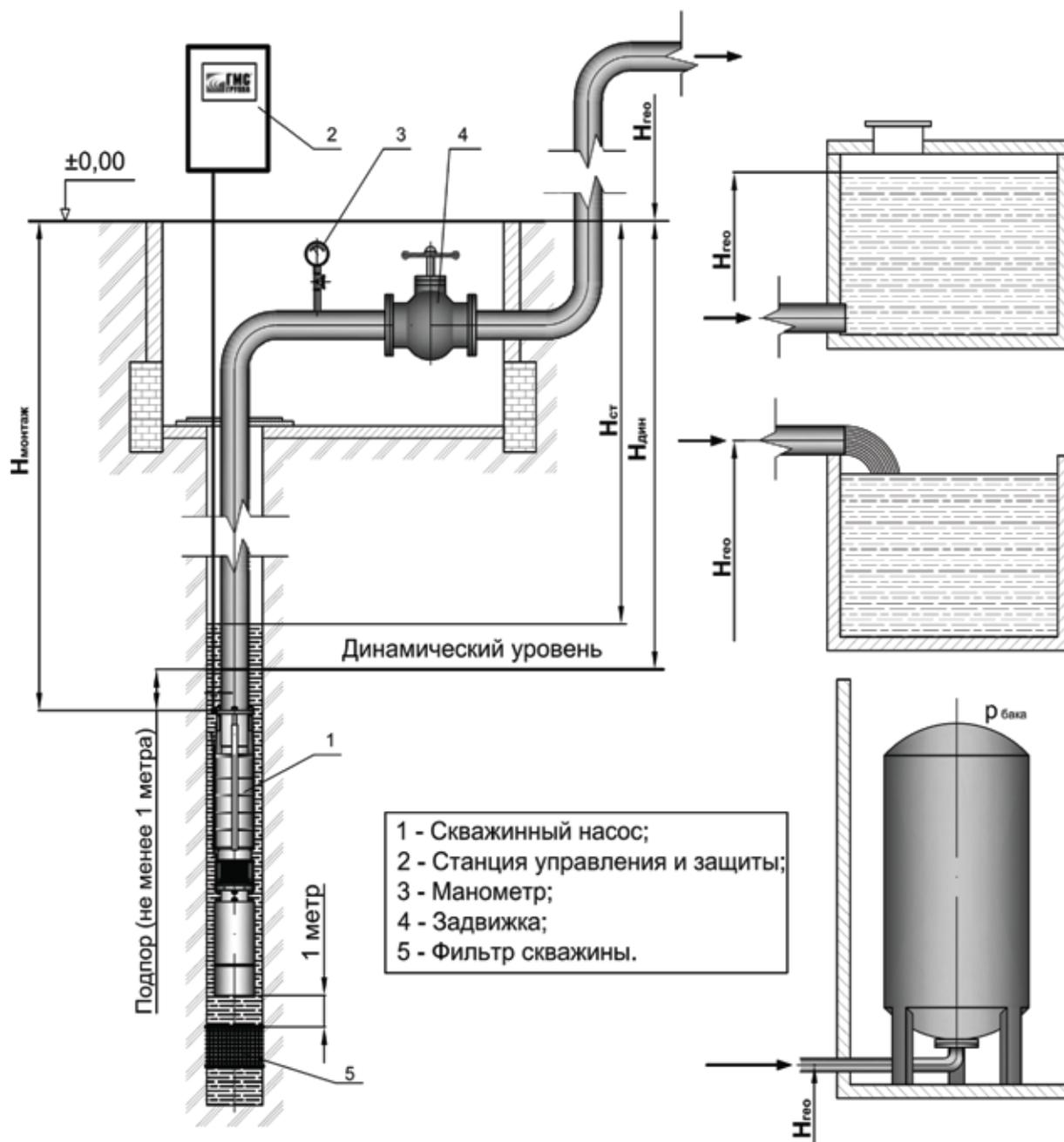


Рис.3. Типовые варианты устройства водозабора

Требования к установке насосов в скважине.

Если требуемая производительность насоса выше дебета скважины, то необходимо установить датчик сухого хода. В этом случае насос будет работать в периодическом режиме. При этом нужно помнить, что число пусков и интервал между ними должны соответствовать величинам, указанным в руководстве по эксплуатации насоса.

Возможные дефекты при монтаже обсадной колонны, такие как несоосность труб в месте сварки, низкое качество исполнения сварного шва, искривление обсадной колонны, могут затруднить или сделать невозможным установку насоса. Поэтому, в случае отсутствия уверенности в исправном техническом состоянии скважины, при проведении монтажных работ рекомендуется провести проверку скважины до глубины установки насоса калибром соответствующего диаметра.

При монтаже насоса необходимо руководствоваться требованиями прилагаемых к нему паспортов и руководства по эксплуатации.

Для стабильной работы насоса необходимо, чтобы всасывающая полость насоса находилась ниже динамического уровня скважины не менее, чем на 1 метр.

Уровень установки необходимо измерять от входа в насос. Уровень установки насоса по нижнему торцу электродвигателя должен находиться не менее, чем на 1 м выше фильтра скважины. Невыполнение этого требования влечет за собой риск попадания большого количества песка в насос, а также повышенный износ его элементов.

Диаметр напорного трубопровода должен быть равен размеру напорного патрубка насоса, или отличаться от него незначительно. Уменьшение диаметра водоподъемной колонны приводит к увеличению потерь на трение. Значительное увеличение диаметра нецелесообразно, поскольку приводит к росту стоимости трубопровода. Поэтому при выборе диаметра напорного трубопровода необходимо исходить из условия: скорость потока жидкости должна находиться в пределах 1,5÷3,0 м/с.

Примеры подбора насоса

Пример 1.

Исходные данные:

Вода подается из скважины в водонапорную башню, находящуюся на отметке +20,0 м выше скважины (рис. 4). Требуемая подача - 40 м³/ч. Высота от поверхности земли до верхнего уровня воды в баке 15 м. Башня находится на расстоянии 100 м от скважины. Статический уровень скважины - 30 м. По графику удельного дебета при подаче 40 м³/ч понижение уровня S составляет 10 м. Материал труб - сталь.

Расчет характеристики системы:

Динамический уровень будет находиться на глубине $H_{дин} = H_{стат} + S = 30 + 10 = 40$ м. Исходя из рекомендуемого значения скорости жидкости в трубопроводе 1,5-3 м/с, по таблице №4 выбираем диаметр трубопровода Ду80. На оголовке скважины установлено колено и задвижка. При Q=40 м³/ч и диаметре трубы Ду80 скорость потока составит ≈2,1 м/с. В соответствии с таблицей №4, потери напора в водоподъемной стальной трубе Ду80 составляют 8,2 м на каждые 100 м длины. Общая длина трубопроводов с учетом горизонтального и вертикального участков составит 40 + 100=140 м. Таким образом, потери по длине:

$$h_{трен} = 8,2 * 140 / 100 = 11,5 \text{ м,}$$

Определённая по справочнику величина местных потерь составляет: задвижки Ду80 - 0,09 м, отвода (колена) Ду80 - 0,07 м.

$$h_{дин} = 8,2 * 140 / 100 + 0,09 + 3 * 0,07 = 11,8 \text{ м,}$$

Величина статического напора составит:

$$h_{ст} = H_{ст} + H_{зео} + p_{бак} / (p * g) = 40 + (20 + 15) + 0 = 75 \text{ м,}$$

Общий требуемый напор системы составит

$$H_{сист} = h_{дин} + h_{ст} = 75 + 11,9 = 86,8 \text{ м,}$$

В случае отсутствия других неучтённых потерь требуется насос напором 86,8 м.

Подбор насоса:

В каталоге подбираем серию насосов, КПД которых при данном расходе будет максимальным. На напорной характеристике находим рабочую точку и ближайшую к ней кривую соответствующего насоса (рис.5). Для нашего случая выбираем насос ЭЦВ 8-40-90. При подаче $40 \text{ м}^3/\text{час}$ он обеспечивает напор 90 м .

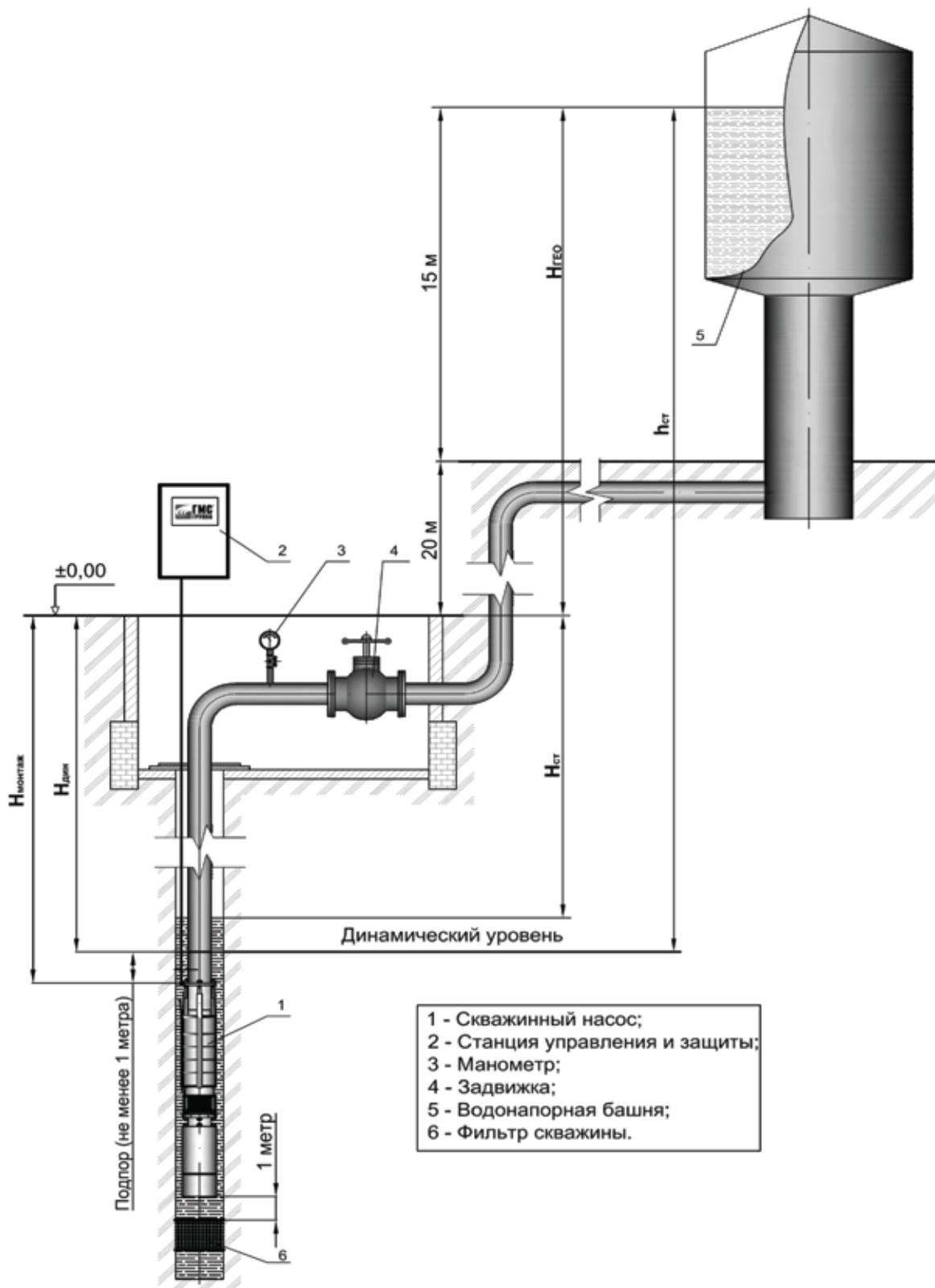


Рис.4 Схема для примера 1.

Обозначение насоса	Количество ступеней насоса	Мощность двигателя, кВт	Производительность (Q)										
			л/мин	0	333	417	500	583	667	750	883	917	1000
			м³/час	0	20	25	30	35	40	45	50	55	60
			л/сек	0	5,6	6,9	8,3	9,7	11	12,5	13,9	15,3	16,7
ЭЦВ 8-40-15	1	4	Напор (H), м	26	21	19	18	17	16	14	12	9	8
ЭЦВ 8-40-25	2a	5,5		44	37	36	34	32	30	27	24	19	16
ЭЦВ 8-40-35	2	6,3		51	40	39	37	34	33	29	27	21	19
ЭЦВ 8-40-40	3a	7,5		62	50	48	45	42	40	35	32	25	22
ЭЦВ 8-40-50	3	9		71	62	60	56	52	49	43	39	31	26
ЭЦВ 8-40-60	4	11		91	73	71	68	65	63	55	49	39	31
ЭЦВ 8-40-70	5a	13		114	84	82	79	74	70	61	54	42	36
ЭЦВ 8-40-80	5	15		125	95	93	90	85	81	73	65	53	44
ЭЦВ 8-40-90	6	17		136	118	111	103	99	96	87	79	61	53
ЭЦВ 8-40-110	7	18,5		159	141	135	128	119	112	96	84	68	55
ЭЦВ 8-40-120	8a	20		178	160	152	139	128	120	105	92	72	57
ЭЦВ 8-40-125	8	22		190	172	162	150	134	126	110	98	77	59
ЭЦВ 8-40-140	9	22		204	184	174	162	154	143	124	106	83	65
ЭЦВ 8-40-150	10a	25		218	196	185	174	162	151	133	117	91	71
ЭЦВ 8-40-160	10	25		239	215	203	190	173	160	141	122	98	75
ЭЦВ 8-40-170	11a	30		254	232	219	205	186	171	149	129	103	81
ЭЦВ 8-40-180	11	32	266	244	233	220	198	179	155	132	108	86	
ЭЦВ 8-40-200	12	37	293	262	249	238	216	198	168	140	115	93	

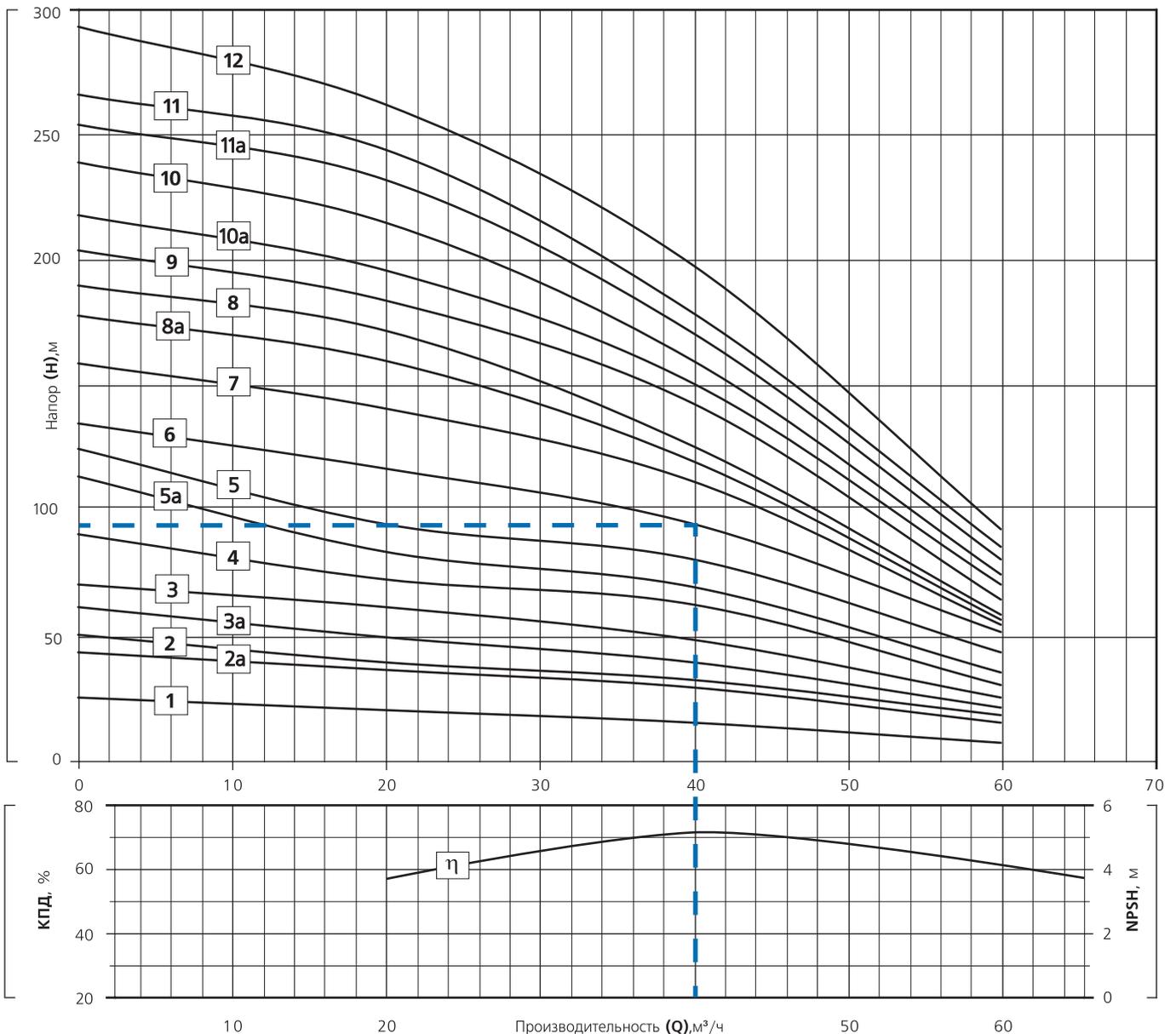


Рис. 5 Характеристики насосов ЭЦВ 8-40

Пример 2.

Исходные данные:

Вода подается из скважины в гидроаккумулятор (рис. 4). Требуемая подача - 8 м³/ч. Статический уровень скважины - 40 м. По графику удельного дебета при подаче 8 м³/ч понижение уровня S составляет 5 м. Реле давление должно обеспечивать:

- Давление, при котором включается насос, рвкл = 1,8 кгс/см².
- Давление в баке, при котором насос отключается - рвыкл = 4,5 кгс/см².
- Максимальное давление газа в мембране - рmemb = 1,5 кгс/см².
- Максимальное количество пусков в час $a = 6$.

Подбор гидроаккумулятора:

По методу расчета гидроаккумуляторов UNI 9182 по уровням давлений и количества пусков в час получаем:

Ближайшего по объему типоразмера гидроаккумулятора - 1000 л.

$$V_{ГА} = 16,5 \cdot \frac{Q_{пвх}}{a} \cdot \frac{(P_{откл}) \cdot (P_{вкл})}{(P_{откл} - P_{вкл}) \cdot P_{memb}} = 16,5 \cdot \frac{8 \cdot 1000 / 60}{6} \cdot \frac{(4,5 + 1) \cdot (1,8 + 1)}{[(4,5 + 1) - (1,8 + 1)] \cdot (1,5 + 1)} = 836,5 \text{ л}$$

Расчет характеристики системы:

Динамический уровень будет находиться на глубине $H_{дин} = H_{стат} + S = 40 + 5 = 45$ м. Исходя из рекомендуемого значения скорости жидкости в трубопроводе 1,5-3м/с, по таблице №5 выбираем диаметр трубопровода. На оголовке скважины установлено колено и задвижка.

Ввиду того, что у пластмассового трубопровода гидравлическое сопротивление ниже, чем у стального, то можно выбрать пластмассовый трубопровод меньшего диаметра, даже если диаметр трубопровода будет меньше диаметра на выходе из насоса. Исходя из рекомендуемого значения скорости жидкости в трубопроводе 1,5 - 3м/с, по таблице № 5 выбираем диаметр пластмассового трубопровода $\varnothing 40,8$ мм.

При $Q=8$ м³/ч и внутреннем диаметре трубы $\varnothing 40,8$ мм скорость потока составит $\approx 1,7$ м/с. В соответствии с таблицей №5, потери напора в пластмассовом трубопроводе составляют 8,87м на каждые 100м длины. Длина трубопровода составляет 45 м. Местные потери пренебрежимо малы по сравнению с потерями по длине на вертикальном участке, а также по сравнению с высотой подъема и давлением в гидроаккумуляторе.

$$h_{дин.} = h_{100} \cdot L_{факт.} / 100 + \Delta h = 8,87 \cdot \frac{45}{100} = 4,0 \text{ м}$$

$$h_{ст.} = H_{дин.} + H_{гео.} + \frac{P_{бака}}{\rho \cdot g} = 45 + \frac{4,5 \cdot 10^5}{1000 \cdot 9,81} = 90,87 \text{ м,}$$

$$H_{сист.}(Q) = h_{ст.} + h_{дин.}(Q) = 90,87 + 4,0 = 94,87 \text{ м}$$

В случае отсутствия других неучтенных потерь требуется насос напором 94,9 м.

Подбор насоса:

Как и в предыдущем примере, в каталоге подбираем серию насосов, КПД которых при данном расходе будет максимальным. На напорной характеристике находим рабочую точку и ближайшую к ней кривую соответствующего насоса. Для нашего случая выбираем насос ЭЦВ 6-10-90. При подаче 8 м³/час он обеспечивает напор 96 м.

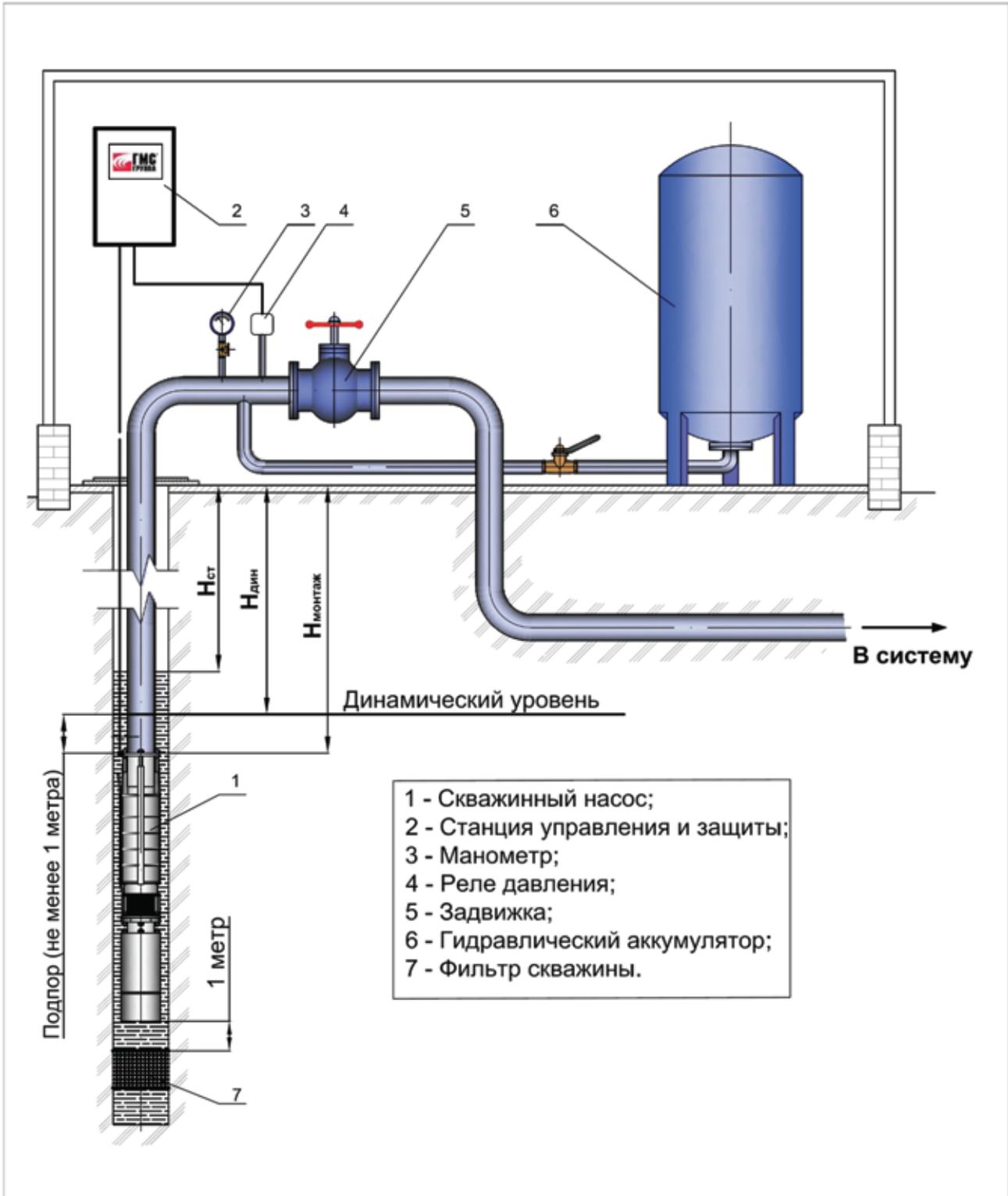


Рис.6 Схема для примера 2.

Использование привода с регулируемой частотой вращения

В последнее время большое распространение получило регулирование насосов при помощи изменения частоты вращения электродвигателя. Однако этот метод регулирования не всегда может привести к снижению энергопотребления. Применение привода частотного регулирования (ЧРП) имеет наибольший эффект при работе насосов на сеть с преобладанием динамической составляющей характеристики, т.е. потерь трения в трубопроводах и запорно-регулирующей арматуре (рис.7).

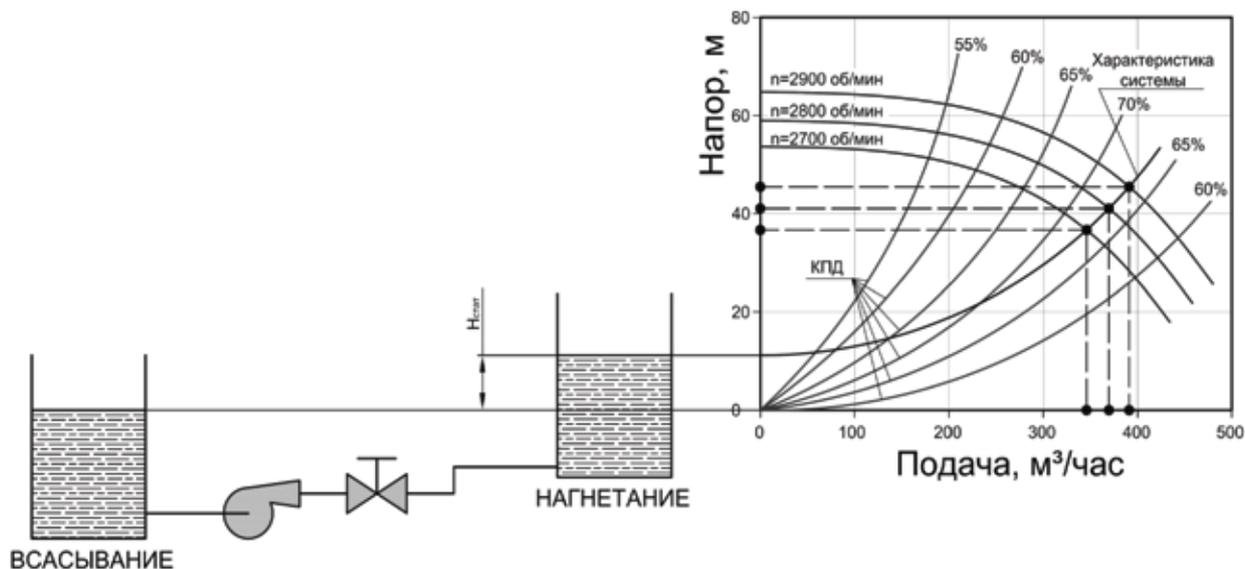


Рис.7 Работа насоса на сеть с преимущественными потерями на трение при частотном регулировании.

Применение ЧРП в системах с преимущественной статической составляющей (рис.8) приводит к значительному падению КПД насоса при изменении подачи.

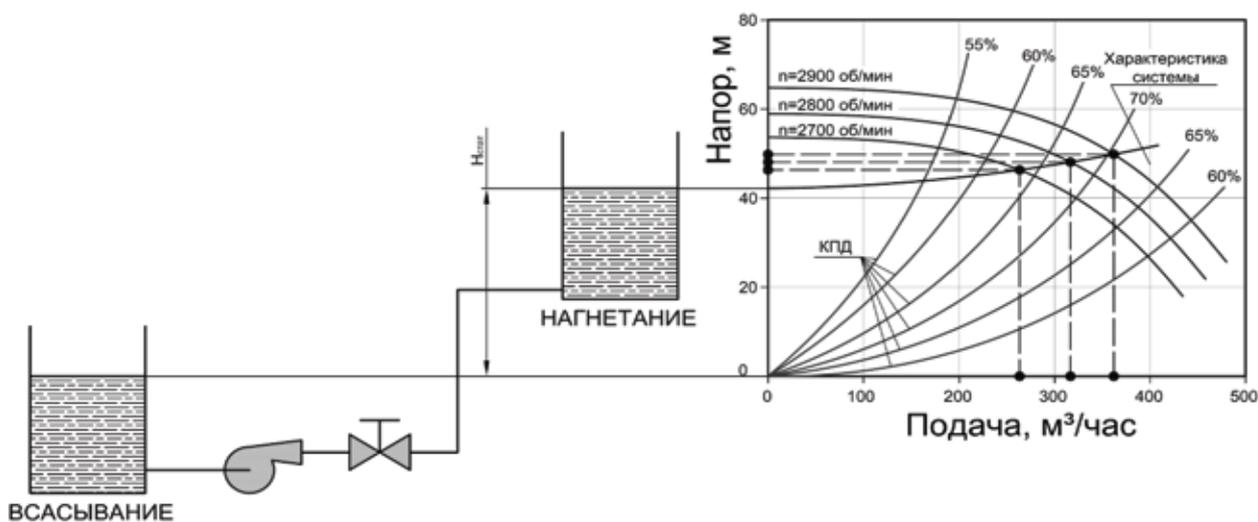


Рис. 8 Работа насоса на сеть с преимущественной статической составляющей при частотном регулировании

В данном случае наибольший эффект имеет применение каскадного регулирования путем включения и отключения необходимого количества насосов, установленных параллельно. Поэтому основным исходным требованием для проведения мероприятий по снижению энергопотребления является характеристика системы и ее изменение во времени.

Рекомендации по применению преобразователей частоты для скважинных насосов типа ЭЦВ.

При работе скважинных насосов типа ЭЦВ с преобразователями частоты следует соблюдать следующие требования:

- для обеспечения достаточного охлаждения электродвигателя насос должен работать в рабочем диапазоне, его подача не должна снижаться более чем на 20% от номинальной (например, для насоса ЭЦВ 6-10 это 10 м³/час). Обычно управление агрегатом производится не по расходу, а по давлению. При этом подача может снижаться ниже установленного уровня. Поэтому рекомендуется установить датчик (реле) потока жидкости, который отключал бы электродвигатель при снижении подачи ниже рабочего диапазона;
- для защиты обмоток электродвигателей от перегрева, расплавления изоляции и ее пробоя рекомендуется устанавливать термодатчик, отключающий двигатель при температуре выше 70°C;
- для нормальной работы радиальных и упорных подшипников скорость вращения вала электродвигателя должна быть не менее 2700 об/мин;
- для защиты двигателя насоса от высокочастотных импульсов напряжения, которые могут привести к преждевременному износу и пробое изоляции обмоток, при большой длине соединительного кабеля между агрегатом и преобразователем, необходимо устанавливать выходные фильтры: фильтр du/dt или синусоидальный фильтр. Рекомендации по применению соответствующих фильтров следует уточнять у производителей частотных приводов.

В связи с тем, что разбор воды очень неравномерен, а для охлаждения электродвигателя подача насоса не должна уменьшаться ниже установленной величины, при работе на сеть невозможно использовать частотный преобразователь без промежуточной накопительной емкости или гидроаккумулятора соответствующей емкости, так как для этого необходимо организовать принудительное охлаждение электродвигателя, что в условиях скважины невозможно. Также нужно помнить, что при наличии большой статической составляющей в напорной характеристике системы применение частотного регулирования не повышает экономическую эффективность использования скважинных насосов, а лишь позволяет уменьшить объемы и соответственно габариты промежуточных емкостей, а также снизить риск появления гидравлических ударов в системе.

Наиболее характерные ошибки при подборе и эксплуатации скважинных насосов.

Большинство проблем, связанных с частыми выходами из строя и избыточным энергопотреблением, закладываются на этапе выбора насосного оборудования, а так же при его обслуживании персоналом, не обладающим нужной квалификацией.

Наиболее характерные ошибки, допускаемые чаще всего, приведены ниже.

Установка и эксплуатация насоса с завышенными параметрами (подача и напор) относительно требуемых, т.е. «переразмеренного» насоса, сопряжена с неоправданно большими затратами на приобретение оборудования.

Подобная ситуация возможна как на стадии строительства объекта (рис.), так и во время эксплуатации при изменении характеристик системы.

Для данного случая характерны следующие признаки:

- Значительное превышение величины потребляемого тока относительно номинальной
- Частые аварийные срабатывания станции управления и защиты (СУЗ) при условии, что СУЗ соответствует параметрам насоса
- Частые включения/отключения насоса

Эксплуатация насоса в таком режиме может привести к:

- Увеличению мутности и объема песка в перекачиваемой воде, засорению фильтра скважины, ухудшение качества воды
- Увеличению потребляемой энергии при снижении КПД
- Перегреву электродвигателя
- Пробоям изоляции обмоток статора
- «Всплыванию» рабочих колес и их износу при трении о неподвижные части насоса

Регулирование подачи «переразмеренного» насоса при помощи задвижки приводит к излишним потерям мощности на трение.

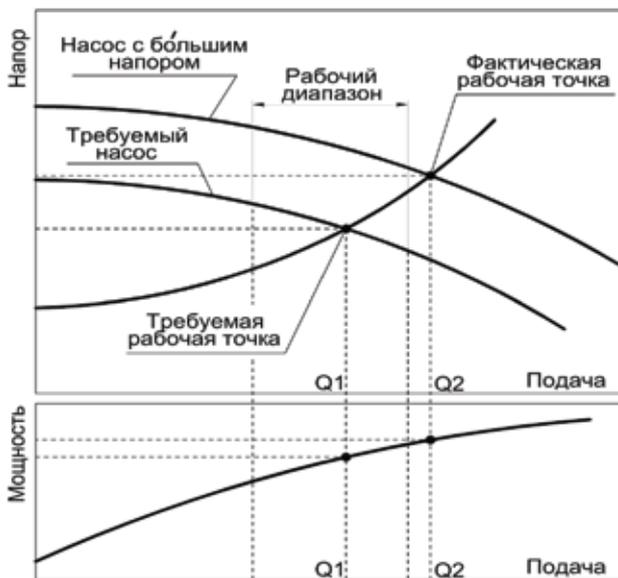


Рис.9. Работа насоса с большим, чем требуется напором



Рис.10. Работа насоса при повышенной подаче



Рис. 11. Работа насоса с заниженными рабочими характеристиками



Рис. 12. Работа насоса при пониженной подаче

Работа насоса при пониженной подаче приводит к:

- недостаточному охлаждению и перегреву электродвигателя, оплавлению обмоток статора;
- повышенному износу подшипников вследствие недостаточной смазки;
- снижению КПД насоса.

Подбор оборудования по максимальным значениям напора и подачи.

Необходимо помнить, что помимо работы с максимальной нагрузкой существуют другие режимы работы насоса. Поэтому, по возможности, нужно использовать накопительные резервуары и применять различные методы регулирования.

Эксплуатация насоса без охлаждающего кожуха в скважине большого диаметра.



Установка насоса меньшего диаметра относительно диаметра скважины приводит к значительному уменьшению скорости потока, охлаждающего электродвигатель и, как следствие, к его перегреву и снижению ресурса.

Необходимый диаметр подбирается исходя из условия: скорость жидкости должна быть не менее 0,2 м/с.

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

Таким образом, в зависимости от необходимой подачи подбирается диаметр насоса:

$$d \geq \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot (Q / 3600)}{\pi v}} = \sqrt{D^2 - \frac{Q}{900 \cdot \pi \cdot (0,2 \text{ м/с})}}$$

где D - диаметр скважины, м
d - диаметр насоса, м
Q - подача насоса, м³/ч
v - средняя скорость жидкости, м/с

Далее по каталогу выбирается насос с ближайшим диаметром.

В случае, когда невозможно обеспечить скорость не менее 0,2м/с, необходимо применение специального кожуха охлаждения для электродвигателя насоса.

Выбор водоподъемных труб меньшего диаметра.

Использование водоподъемных труб диаметром меньше, чем размер напорного резьбового соединения или фланца, как правило с целью экономии, приводит к большим потерям на трение и увеличению требуемого напора. Возможно, что при этом потребитель не сможет получить требуемого расхода.

Выбор кабеля малого сечения.

Подключение электродвигателя насоса к электросети при помощи кабеля сечением меньшим рекомендованного приводит к его перегреву и значительному падению напряжения, что отрицательно сказывается на работе двигателя.

Низкое качество питающего напряжения и отсутствие станций управления и защиты (СУЗ).

Подключение насоса напрямую к электросети не позволяет защитить электродвигатель от наиболее характерных причин выхода из строя, таких как перекос и обрыв фаз, значительные отклонения напряжения от номинального значения и т.п.

Демонтаж встроенного обратного клапана приводит к тому, что элементы конструкции насоса испытывают влияние гидроудара при его остановке. Кроме того, после каждого запуска некоторое время насос работает на заполнение трубопровода.

Превышение подачей насоса дебета скважины, указанного в паспорте, может привести к работе в режиме «сухого хода», что вызывает:

- Перегрев электродвигателя
- Быстрый износ подшипниковых узлов
- Повышенную коррозию

Отсутствие контрольно-измерительных приборов

Наличие установленных контрольно-измерительных приборов для измерения уровня воды в скважине, давления, расхода воды, напряжения и силы тока, количества включений и времени работы насоса позволяет получать достоверные данные о работе насосного оборудования и характеристиках системы. Это позволит выявить значительные отклонения в режиме работы насоса, обусловленные изменениями условий эксплуатации и характеристики системы водоснабжения, и своевременно принять меры по обеспечению его эффективной работы.

