

**ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ**

Кафедра Механизации животноводства и переработки с/х продукции

НАСОСЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Задания и методические указания по выполнению контрольной работы для
студентов очной формы обучения направления подготовки – 20.03.02
«Природообустройство и водопользование»

Новосибирск 2022

УДК 532.5(075.8):622.5
ББК 30.123

Насосы и насосные станции. Задания и методические указания по выполнению контрольной работы для студентов очной формы обучения направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», сост.: Диденко А.А. – Новосибирск, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Инженер. ин-т., 2022. – 24 с.

Предназначено для студентов очной формы обучения направления подготовки – 20.03.02 «Природообустройство и водопользование».

Введение

Насосные станции систем водоснабжения и водоотведения представляют собой сложный комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий водоподачу или водоотведение в соответствии с нуждами потребителя. Это насосы и двигатели к ним различных типов, контрольно-измерительные приборы, трубопроводы как в пределах помещения насосной станции, так и вне ее, регулирующая и запорная арматура, электрооборудование и т.д.

Состав сооружений, конструктивные особенности насосной станции тип и число основного и вспомогательного оборудования определяется с учетом назначения насосной станции и технологическими требованиями к ней.

Требования к выполнению и оформлению контрольной работы

В соответствии с учебным планом по направлению подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», студенты выполняют письменную контрольную работу по дисциплине «Насосы и насосные станции». Номера вариантов схем и теоретических вопросов выбираются по двум последним цифрам номера зачетной книжки студента.

Контрольная работа выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5 строки, выравнивание основного текста по ширине, заголовков по центру.

Титульный лист оформляется в соответствии с СТП 01-10, следующий лист оформляется рамкой и основной надписью по форме 2 (высотой 40 мм), который используется для задания. Последующие листы оформляются по форме 2а (высотой 15 мм). Расстояние по бокам от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 5 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15-17 мм. Оформление рисунков, формул и таблиц должно соответствовать СТП 01-10.

Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным или рукописным способом.

Решение задач проводится в единой системе единиц СИ. В конце работы необходимо представить перечень использованной литературы с указанием фамилии и инициалов автора, полного названия источника, места издания, издательства и года издания.

По заданному варианту выбирается тема реферата, который может содержать от трёх до десяти страниц и иллюстраций, в зависимости от темы, выделяется в отдельный раздел. Выполненную контрольную работу студент сдает преподавателю.

Оценка знаний производится при защите контрольных работ и на экзамене во время экзаменационной сессии. Студенты, не защитившие работу, к экзамену по курсу не допускаются.

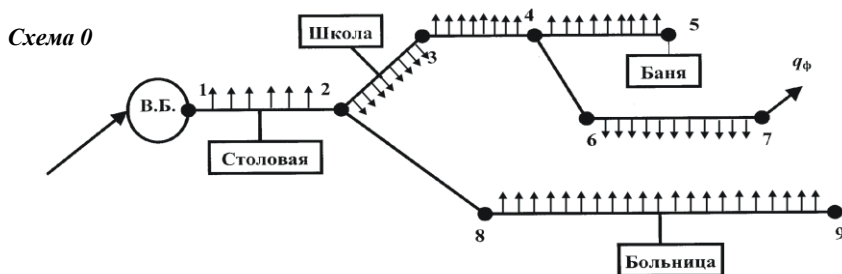
В предлагаемых методических указаниях приводится рекомендуемая основная и дополнительная литература. При изучении дисциплины и выполнении контрольного задания студент может использовать и более новые литературные источники.

Задание для выполнения контрольной работы

Контрольная работа по гидравлике включает расчёт водопроводной сети и выбор насосного оборудования. Для заданной схемы водопроводной сети необходимо определить объём ёмкости водонапорного бака W_6 , для каждого участка необходимо определить расчётные расходы q , подобрать диаметры труб d , подсчитать потери напора по длине h_l , определить диктующую точку, наметить расчётную магистраль, по которой подсчитать высоту водопроводной башни H_6 .

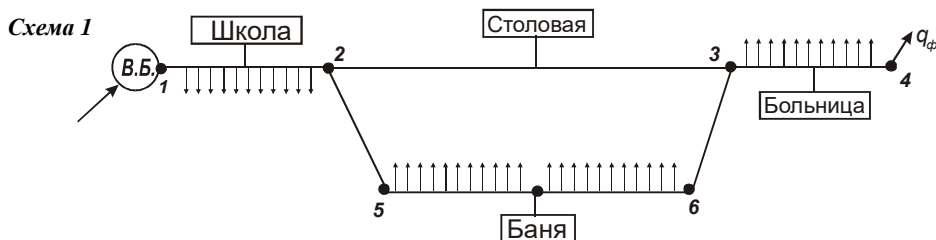
Схема водопроводной сети выбирается по последней цифре варианта, для номеров зачетных книжек, оканчивающихся от 6 до 9, прибавляем 5 и получаем требуемый вариант схемы, исходные данные для расчета выбираются согласно таблице 1 и 2. Расчет параметров и выбор насосного оборудования ведется согласно данной схемы.

Для подъема воды из источника водоснабжения в напорный резервуар требуется подобрать центробежный насос, проверить режим его работы по рабочей точке и подсчитать мощность на валу насоса. Одним из исходных данных для выбора насоса является результат расчета водопроводной сети (высота водонапорной башни).



Длины участков сети: $l_{1-2} = 700$ м; $l_{2-3} = 400$ м; $l_{3-4} = 300$ м; $l_{4-5} = 450$ м; $l_{4-6} = 300$ м; $l_{6-7} = 500$ м; $l_{2-8} = 600$ м; $l_{8-9} = 700$ м.

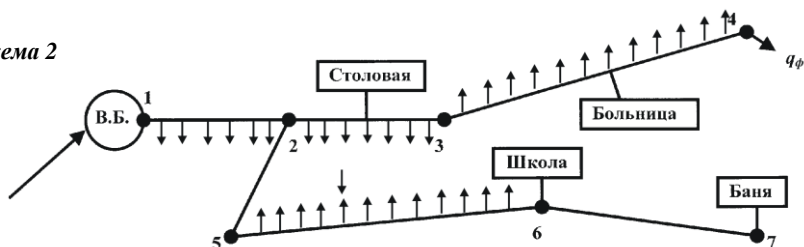
Высоты расположения узловых точек сети: $\nabla_1 = 14$ м; $\nabla_2 = 12$ м; $\nabla_3 = 12$ м; $\nabla_4 = 13$ м; $\nabla_5 = 11$ м; $\nabla_6 = 14$ м; $\nabla_7 = 15$ м; $\nabla_8 = 13$ м; $\nabla_9 = 10$ м;



Длины участков сети: $l_{1-2} = 350$ м; $l_{2-3} = 500$ м; $l_{3-4} = 250$ м; $l_{2-5} = 200$ м; $l_{5-6} = 400$ м; $l_{6-7} = 150$ м.

Высоты расположения узловых точек сети: $\nabla_1 = 15$ м; $\nabla_2 = 17$ м; $\nabla_3 = 14$ м; $\nabla_4 = 19$ м; $\nabla_5 = 18$ м; $\nabla_6 = 16$ м.

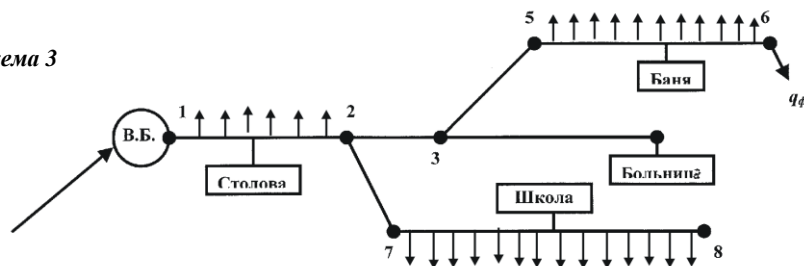
Схема 2



Длины участков сети: $l_{1-2} = 300$ м; $l_{2-3} = 350$ м; $l_{3-4} = 600$ м; $l_{2-5} = 400$ м; $l_{5-6} = 500$ м; $l_{6-7} = 450$ м.

Высоты расположения узловых точек сети: $\nabla_1 = 17$ м; $\nabla_2 = 16,5$ м; $\nabla_3 = 16$ м; $\nabla_4 = 15$ м; $\nabla_5 = 17$ м; $\nabla_6 = 16$ м; $\nabla_7 = 15$ м.

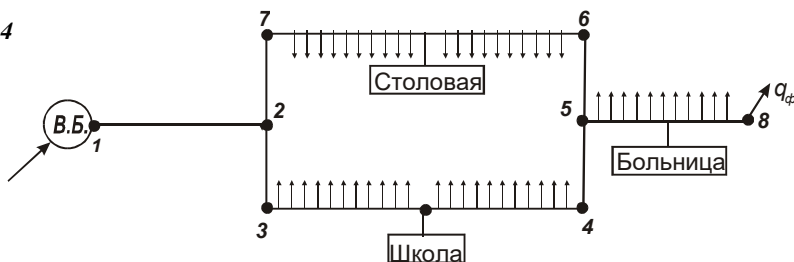
Схема 3



Длины участков сети: $l_{1-2} = 400$ м; $l_{2-3} = 300$ м; $l_{3-4} = 600$ м; $l_{2-7} = 300$ м; $l_{7-8} = 650$ м; $l_{3-5} = 450$ м; $l_{5-6} = 700$ м.

Высоты расположения узловых точек сети: $\nabla_1 = 16$ м; $\nabla_2 = 14,5$ м; $\nabla_3 = 14$ м; $\nabla_4 = 15$ м; $\nabla_5 = 16$ м; $\nabla_6 = 17$ м; $\nabla_7 = 14$ м; $\nabla_8 = 13$ м.

Схема 4



Длины участков сети: $l_{1-2} = 150$ м; $l_{2-3} = 300$ м; $l_{3-4} = 1000$ м; $l_{4-5} = 250$ м; $l_{5-6} = 200$ м; $l_{6-7} = 1200$ м; $l_{2-7} = 250$ м; $l_{5-8} = 400$ м.

Высоты расположения узловых точек сети: $\nabla_1 = 16$ м; $\nabla_2 = 15$ м; $\nabla_3 = 14$ м; $\nabla_4 = 16$ м; $\nabla_5 = 14$ м; $\nabla_6 = 13$ м; $\nabla_7 = 14$ м; $\nabla_8 = 13$ м.

Рис. 5

Высоты расположения узловых точек сети: $\nabla_1 = 15 \text{ м}; \nabla_2 = 14 \text{ м}; \nabla_3 = 15 \text{ м}; \nabla_4 = 16 \text{ м}; \nabla_5 = 14 \text{ м}; \nabla_6 = 16 \text{ м}; \nabla_7 = 13 \text{ м}.$

№ вар.	Вариант схемы																							
	0								1								2							
	W _{суг} м³	q _{сг} , л/с	q _{шк} , л/с	q _ф , л/с	q _{бол} , л/с	q _{бани} , л/с	N _{св} , м	Материал	W _{суг} м³	q _{сг} , л/с	q _{шк} , л/с	q _ф , л/с	q _{бол} , л/с	q _{бани} , л/с	N _{св} , м	Материал	W _{суг} м³	q _{сг} , л/с	q _{шк} , л/с	q _ф , л/с	q _{бол} , л/с	q _{бани} , л/с	N _{св} , м	Материал
1	1380	3,0	2,0	4,0	1,8	1,6	10	ст	1100	1,9	2,1	1,9	2,2	2,1	10	ст	1000	1,9	2,1	2,9	2,2	2,1	10	чуг
2	1420	3,2	2,2	4,2	2,0	1,7	8	а/ц	900	1,4	1,6	2,4	1,2	1,8	8	чуг	900	1,4	1,6	2,4	1,2	1,8	8	а/ц
3	1460	3,4	2,4	4,4	2,2	1,8	10	чуг	950	1,2	1,5	2,2	2,3	1,9	10	ст	800	1,2	1,5	2,2	1,3	1,9	10	ст
4	1480	3,6	2,6	4,2	2,4	1,9	8	ст	1050	2,0	1,6	2,8	1,4	2,7	8	чуг	1070	2,0	1,6	2,8	1,4	1,7	12	чуг
5	1500	2,9	3,7	5,2	2,3	1,8	10	а/ц	970	1,5	1,6	2,4	1,5	2,5	10	а/ц	970	1,5	1,6	2,4	1,5	1,5	10	а/ц
6	1540	3,0	1,9	3,4	2,2	2,0	8	ст	880	1,4	1,5	1,9	1,6	1,6	8	чуг	870	1,4	1,5	1,9	1,6	1,6	8	чуг
7	1580	4,0	2,6	4,8	2,1	2,1	10	чуг	1270	2,1	2,1	2,6	1,7	1,4	10	а/ц	1170	2,1	1,1	2,6	1,7	1,4	10	ст
8	1600	4,4	3,2	4,6	1,9	2,2	10	чуг	1250	2,3	1,4	3,0	1,8	2,1	10	а/ц	1270	2,3	2,4	3,0	1,8	2,1	10	а/ц
9	1620	4,6	3,8	5,0	2,0	2,3	8	а/ц	1370	2,7	2,5	3,2	1,9	1,5	8	ст	1370	2,7	2,5	3,2	1,9	1,5	8	ст
10	1640	5,2	4,0	4,8	2,1	2,4	8	ст	1400	2,8	2,9	4,0	1,0	2,1	8	чуг	1470	2,8	2,9	4,0	2,0	2,1	10	чуг
11	1680	5,4	4,2	5,0	2,2	1,9	10	чуг	1130	1,9	1,6	3,0	2,1	2,2	10	чуг	1130	1,9	1,6	3,0	2,1	2,2	8	а/ц
12	1700	4,6	3,8	4,8	2,3	1,8	10	а/ц	1250	2,4	2,2	3,2	2,0	2,3	10	ст	1230	2,4	2,2	3,2	2,0	2,3	10	ст
13	1220	3,8	3,2	4,4	1,8	1,7	8	чуг	1330	1,6	2,4	3,2	1,9	2,0	8	чуг	1330	2,6	2,4	3,2	1,9	2,0	8	чуг
14	1250	4,0	3,0	4,8	1,9	2,0	8	ст	1230	2,2	2,6	3,2	2,8	1,9	8	а/ц	1430	2,2	2,6	3,2	1,8	1,9	10	а/ц
15	1270	4,2	3,2	3,8	2,0	2,1	10	а/ц	1050	1,8	1,6	2,8	1,7	1,8	10	а/ц	1030	1,8	1,6	2,8	1,7	1,8	10	чуг
16	1300	4,0	3,4	4,2	2,1	2,3	8	ст	930	2,6	1,4	2,2	1,6	1,4	10	ст	930	1,6	1,4	2,2	1,6	1,4	8	ст
17	1330	3,8	4,0	4,6	2,2	2,4	10	чуг	830	1,4	1,2	2,4	1,5	1,2	8	а/ц	830	1,4	1,2	2,4	1,5	1,2	8	а/ц
18	1480	3,6	2,6	4,6	2,4	2,1	8	ст	1140	3,1	2,4	1,6	1,4	1,3	8	чуг	1440	3,1	2,4	3,6	1,4	1,3	10	ст
19	1500	3,8	2,8	4,8	1,9	1,9																		

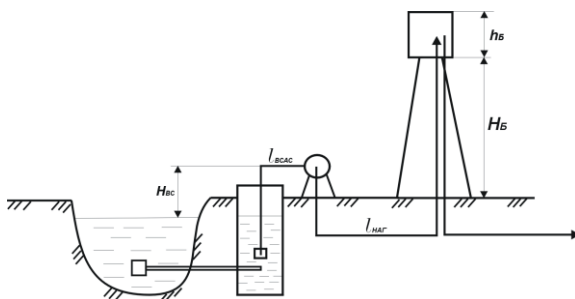


Рисунок 1 – Схема подъема воды из источника в напорный резервуар (для четных вариантов): высота всасывания $H_{вс} = 5,5$ м; длина всасывающего трубопровода $l_{вс} = 55$ м; длина нагнетающего трубопровода $l_{наг} = 350$ м. Доработать схему трубопроводов водонапорного бака, построить с учетом изменений.

Таблица 2 – Исходные данные для выполнения контрольной работы

№ вар.	Вариант схемы																							
	3								4								5							
	$W_{суг}, м^3$	$q_{сг}, л/с$	$q_{баш}, л/с$	$q_{шк}, л/с$	$q_{бол}, л/с$	$q_{фер}, л/с$	$H_{св}, м$	Материал	$W_{суг}, м^3$	$q_{сг}, л/с$	$q_{шк}, л/с$	$q_{бол}, л/с$	$q_{фер}, л/с$	$H_{св}, м$	Материал	$W_{суг}, м^3$	$q_{сг}, л/с$	$q_{шк}, л/с$	$q_{баш}, л/с$	$q_{бол}, л/с$	$q_{фер}, л/с$	$H_{св}, м$	Материал	
1	1100	2,0	1,5	1,6	1,2	2,3	10	ст	1100	2,4	2,2	1,7	3,0	8	чуг	1500	2,4	2,2	4,1	1,7	3,9	10	ст	
2	1150	2,2	1,7	1,8	1,3	3,0	8	а/ц	1200	2,8	2,3	1,8	3,2	8	а/ц	1400	2,2	2,3	4,0	1,6	3,5	8	чуг	
3	1200	2,4	1,9	2,0	1,4	3,4	10	чуг	1300	3,0	2,4	2,0	3,6	10	ст	1300	2,1	2,4	3,9	1,5	3,2	8	а/ц	
4	1250	2,5	2,1	2,2	1,6	3,6	8	а/ц	1400	3,2	2,5	2,1	3,8	8	а/ц	1200	2,0	2,5	3,5	1,8	3,0	10	чуг	
5	1300	2,6	2,3	2,4	1,8	3,8	10	ст	1500	3,4	2,6	2,7	4,1	8	чуг	1100	2,1	1,9	3,0	1,9	3,2	8	а/ц	
6	1350	2,7	2,5	2,6	1,4	4,0	10	чуг	1600	3,6	2,7	3,1	4,6	10	ст	1000	2,0	1,7	2,7	1,3	3,0	8	чуг	
7	1400	2,8	2,7	2,9	1,6	4,2	8	чуг	1700	3,8	2,8	4,0	5,1	8	а/ц	900	1,4	2,2	2,4	1,8	4,2	10	ст	
8	1170	2,0	1,7	2,2	1,2	3,6	10	а/ц	1800	4,0	2,9	4,1	5,2	8	чуг	1550	2,6	2,1	2,8	3,0	4,0	10	ст	
9	1270	2,4	2,1	2,4	1,3	4,0	8	чуг	1900	4,2	3,0	3,9	5,7	10	ст	1450	2,4	1,8	3,0	2,4	4,2	8	чуг	
10	1370	2,5	1,9	1,8	2,1	3,0	10	ст	2000	4,4	3,1	4,5	6,0	8	а/ц	1350	2,6	2,4	3,2	2,2	3,0	8	а/ц	
11	1470	2,7	2,3	2,2	1,6	3,4	8	а/ц	1180	2,5	2,0	2,6	3,2	8	чуг	1250	2,0	2,4	3,2	1,6	3,2	10	ст	
12	1220	2,2	1,9	2,3	1,7	3,8	10	чуг	1280	2,6	3,0	2,8	3,6	10	ст	1150	1,8	2,2	3,0	1,4	3,0	8	чуг	
13	1320	2,6	2,1	2,0	1,8	3,2	8	а/ц	1380	2,7	4,0	3,0	4,2	8	а/ц	1050	2,0	1,7	2,6	1,6	2,8	8	а/ц	
14	1420	2,8	2,5	2,4	1,6	3,6	10	ст	1480	3,1	2,5	3,2	4,4	8	чуг	950	1,8	1,6	2,4	1,4	3,8	8	чуг	
15	1360	3,0	2,0	1,4	4,0	1,8	10	ст	1580	3,5	3,8	3,7	4,6	10	ст	1520	3,0	2,1	2,8	2,2	3,8	10	ст	
16	1400	3,2	2,2	1,6	4,3	2,0	8	чуг	1680	4,1	4,5	4,2	4,8	8	а/ц	1420	1,6	2,4	2,0	1,6	3,6	8	а/ц	
17	1440	3,4	2,4	2,2	2,2	4,4	8	а/ц	1380	4,6	4,3	4,5	5,0	8	чуг	1320	2,4	2,2	2,0	1,4	3,6	8	чуг	
18	1480	3,6	2,6	1,9	2,4	4,6	10	ст	1820	4,9	4,5	4,7	5,2	10	ст	1220	2,6	2,4	1,8	1,6	3,4	10	ст	
19	1500	3,8	2,0	1,8	2,6	4,8	8	а/ц	1980	4,8	3,7	5,2	5,4	8	а/ц	1120	2,0	2,2	2,4	1,4	3,2	8	а/ц	
20	1050	2,8	1,8	1,4	1,6	2,8	10	ст	1360	3,1	2,4	2,8	3,6	8	чуг	1020	1,8	2,0	2,2	1,6	2,8	8	чуг	
21	1160	3,0	2,4	1,6	1,7	2,6	8	чуг	1460	3,9	4,2	3,1	3,8	10	ст	920	1,6	1,8	2,0	1,4	2,8	8	а/ц	
22	1210	2,9	2,6	1,5	2,4	4,1	10	ст	1560	3,8	3,1	4,3	4,7	8	чуг	1620	3,0	2,6	3,2	2,4	4,6	10	ст	
23	1310	3,0	3,1	1,7	2,8	4,5	8	чуг	1660	4,0	3,6	4,6	4,8	10	ст	1360	3,6	2,2	3,0	2,0	4,0	8	чуг	
24	1410	3,1	3,6	1,9	3,2	4,9	8	чуг	1760	4,2	3,7	4,7	5,0	8	а/ц	1580	2,9	2,5	3,4	2,2	4,3	10	а/ц	
25	1510	4,2	3,9	2,1	3,6	5,2	10	ст	1420	3,8	4,1	3,2	3,9	10	чуг	1080	2,1	2,2	2	1,8	2,4	8	ст	
26	1330	1,8	1,6	2,8	1,2	1,5	10	ст	1350	3,1	2,4	2,0	3,7	8	ст	970	2	1,9	2,1	1,8	3,0	10	чуг	

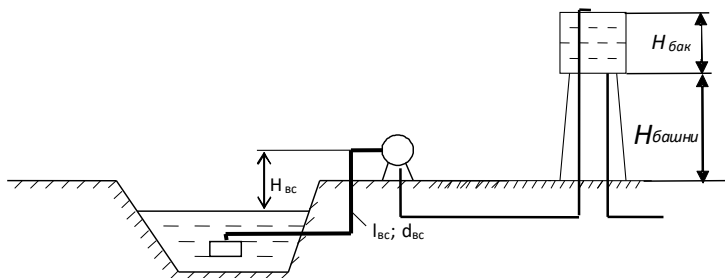


Рисунок 2 – Схема подъема воды из источника в напорный резервуар (для нечетных вариантов): высота всасывания $H_{вс} = 4,5$ м; длина всасывающего трубопровода $l_{вс} = 85$ м; длина нагнетающего трубопровода $l_{наг} = 250$ м.

Гидравлический расчет водопроводной сети поселка

Гидравлический расчет водопроводной сети осуществляется в следующей последовательности.

1. Определение расчетного расхода в сети ведем по максимальному суточному водопотреблению (определяется по максимальному значению часового водопотребления в процентном соотношении):

$$Q_{расч}^{сети} = \frac{W_{сут} \cdot q_{max}}{100}, л/с \quad (1)$$

где $W_{сут}$ – суточное водопотребление, м³;

q_{max} – максимальное часовое водопотребление, %.

2. Удельный расход сети определяем по формуле:

$$q_0 = \frac{Q_{расч}^{сети} - \sum q_{соср}}{\sum l_{разд}}, л/с \quad (2)$$

где $\sum q_{соср}$ – сумма сосредоточенных расходов сети;

$\sum l_{разд}$ – сумма длин участков с распределенной раздачей.

3. Определение узловых отборов в сети. На заданной схеме поселка намечаем узловые точки и обозначаем их цифрами, указываем длины участков (рисунок 3).

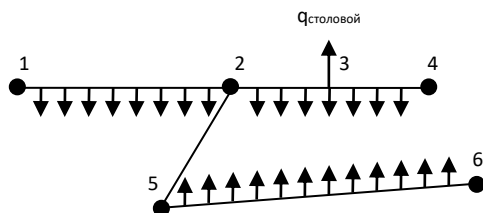


Рисунок 3 – Схема водопроводной сети поселка (пример): 1, 2, 3 – узловые точки, стрелками обозначены пути расхода воды потребителями, $q_{столовой}$ – узловой отбор воды социальным или иным объектом общего назначения.

Определение узловых отборов начинаем с точки 1 водопроводной сети и производим по формуле:

$$q_{(1)} = 0,5q_0 \cdot l_{1-2}, л/с \quad (3)$$

где q_0 – удельный расход сети, л/с;

l_{1-2} – длина участка сети с путевым расходом, м.

В точке с узловым отбором $q_{\text{столовой}}$ расчет осуществляем по формуле:

$$q_{(3)} = q_{\text{столовой}} + 0,5q_0 \cdot l_{2-4}, \text{ л/с} \quad (4)$$

После проведения расчетов по всей водопроводной сети поселка необходимо выполнить проверку $\sum q_{\text{узн}} = Q_{\text{расч}}^{\text{сети}}$. Проверка подтверждает правильность выполненных расчетов.

4. Определение расчетных расходов по участкам сети:

$$q_{\text{участка}}^{\text{расч}} = q_{\text{посл участка}}^{\text{расч}} + q_{\text{в конце участка}} \quad (5)$$

Расчет ведется с конца заданной схемы водопроводной сети.

Например, для водопроводной сети по рисунку 3 расход по участку 3-4 определится по формуле

$$q_{(3-4)} = q_{(4)}, \text{ л/с}$$

а для участка 2-3 по формуле

$$q_{(2-3)} = q_{(3-4)} + q_{(3)}, \text{ л/с}$$

и т.д.

После определения расходов по всем участкам водопроводной сети поселка выполняется проверка: $q_{(1-2)} = Q_{\text{расч}}^{\text{сети}} - q_{(1)}, \text{ л/с}$.

5. Определение диаметра труб на участках сети:

Диаметр трубопровода определяем исходя из расчетного расхода участка. Допускаемая скорость движения воды в трубопроводе принимается равной $V_{\text{доп}} = 0,7 \div 1,5 \text{ м/с}$;

$$d = \sqrt{\frac{4q_{\text{участка}}^{\text{расч}}}{\pi \cdot V_{\text{доп}}}}, \text{ м} \quad (6)$$

После расчета полученный диаметр округляется до ближайшего (большого) стандартного значения по ГОСТ (приложение 1).

6. Определение действительной скорости движения воды по трубопроводу:

$$V_{\text{действ}} = \frac{4q_{\text{участка}}^{\text{расч}}}{\pi \cdot d_{\text{ГОСТ}}^2} \quad (7)$$

7. Определение потерь напора по участкам сети:

$$h_{\text{участка}} = A_{\text{участка}} \cdot \beta_{\text{участка}} \cdot q_{\text{участка}}^2 \cdot l_{\text{участка}} \quad (8)$$

где $A_{\text{участка}}$ – удельное сопротивление, для различных материалов труб, м³/с (приложение 2);

$\beta_{\text{участка}}$ – поправочный коэффициент на скорость (приложение 3);

$q_{\text{участка}}^{\text{расч}}$ – расчетный расход воды по участкам сети, м³/с

$l_{\text{участка}}$ – длина расчетного участка, м.

8. Определяем высоту водонапорной башни по формуле:

$$H_{\text{водонапорн башни}} = |\nabla_{\text{диктующей точки}} - \nabla_1| + \sum h_{\text{л.магист}} + H_{\text{св}} \quad (9)$$

где $\nabla_{\text{диктующей точки}}$ – отметка диктующей точки, м;

$\sum h_{\text{л}}$ – сумма потерь напора по магистрали (расстояние от башни до диктующей точки на схеме указать пунктирной линией), м;

$H_{\text{св}}$ – высота свободного напора, м.

Диктующая точка определяется по схеме водопроводной сети поселка как наименее выгодная точка (самая удаленная или высокая точка).

Высота водонапорной башни является исходным параметром для расчета и выбора насосного оборудования.

Построение интегрального графика водопотребления и определение емкости бака водонапорной башни

Интегральный график водопотребления строится при помощи данных таблицы суточного водопотребления. Для построения часовой ординаты интегрального графика следует сложить ординаты суточного графика за все часы суток до данного часа. Поэтому ордината интегрального графика в ноль часов равна нулю, а ордината в 24 часа равная сумме всех ординат суточного графика, составляет 100% от $Q_{\text{общ.сут.}}$.

После построения интегрального графика водопотребления на него наносится график подачи воды насосом (график работы насосной станции), который представляет собой прямую соединяющую две точки (при непрерывной работе насоса). Первая точка лежит на оси абсцисс и имеет значение, равное часу, с которого насос начинает работать, вторая точка имеет ординату, равную 100% $Q_{\text{общ.сут.}}$ и абсциссу, равную часу, до которого продолжается работа насоса.

Поэтому каждая ордината интегрального графика подачи воды насосом равна количеству воды, поданной от начала работы до данного часа.

Количество воды, равное разности подачи воды насосом и водопотребления, поступает в бак водонапорной башни. Насос, подающий воду из скважины или другого водозабора в водопроводную сеть, работает не круглосуточно. Круглосуточная работа насосов, во-первых не выгодна экономически и, во-вторых, довольно быстро приводит к износу и ремонту электромотора и насоса, поэтому практически насос работает 14-18 ч.

Поэтому в проектах время работы насоса принимается, как было указано выше, равным 16-18 ч, от 4-5 ч до 22-23 ч. Данные значения ординат для построения интегрального графика водопотребления приведены в табл. 3 исходных данных для групп 1– 2, 5 – 6, 7 – 8.

Таблица 3 – Распределение максимального суточного расхода воды по часам суток, %.

Час суток	Вариант схемы		
	0, 1	2, 3	4, 5
1	2	3	4
1-й (0-1)	0,7	1,1	1,0
2-й (1-2)	0,8	1,2	1,5
3-й (2-3)	1,0	1,9	2,0
4-й (3-4)	1,0	1,7	2,5
5-й (4-5)	3,0	1,9	3,0
6-й (5-6)	5,5	2,1	4,0
7-й (6-7)	5,5	3,5	4,8
8-й (7-8)	5,5	4,0	4,9
9-й (8-9)	3,5	6,1	5,1
10-й (9-10)	3,5	7,1	6,5
11-й (10-11)	6,0	8,0	5,6
12-й (11-12)	8,5	6,4	6,3
13-й (12-13)	8,5	4,9	8,0
14-й (13-14)	6,0	4,7	7,2
15-й (14-15)	5,0	4,2	5,8

1	2	3	4
16-й (15-16)	5,0	4,4	4,9
17-й (16-17)	3,5	6,0	4,5
18-й (17-18)	3,5	4,8	4,6
19-й (18-19)	6,0	4,5	3,2
20-й (19-20)	6,0	4,5	4,2
21-й (20-21)	6,0	4,2	3,9
22-й (21-22)	3,0	5,5	3,5
23-й (22-23)	2,0	5,3	1,8
24-й (23-24)	1,0	2,0	1,2
	100%	100%	100%

Объем регулировочного запаса воды W_p в баке водонапорной башни, определяется по формуле:

$$W_p = \frac{Y_{\max}^{\text{недостатка}} + Y_{\max}^{\text{избытка}}}{100} \cdot W_{\text{сут}}, \text{ м}^3 \quad (10)$$

где $W_{\text{сут}}$ – суточное водопотребление, м^3 ;

$Y_{\max}^{\text{недостатка}}$ – максимальная разность ординат графиков водопотребления и подачи (равная количеству воды, поступающей из бака водонапорной башни в водопроводную сеть), %;

$Y_{\max}^{\text{избытка}}$ – максимальная разность ординат подачи и водопотребления (равная количеству воды, поступающей из водопроводной сети в бак водонапорной башни), %.

Таким образом, объем водонапорной башни должен быть равен:

$$W_{\text{бака}} = W_p + W_{\text{пожарное}} \quad (11)$$

где $W_{\text{пожарное}}$ – объем воды, необходимый для тушения пожара в течении 10 минут, м^3 .

Тогда объем воды для тушения пожара определится по формуле:

$$W_{\text{пожарное}} = t_{\text{пожарное}} \cdot q_{\text{пожарное}}, \text{ м}^3 \quad (12)$$

где $q_{\text{пожарное}}$ – расход воды, требуемый для тушения пожара, равен 6,0 л/с.

Выбор насосного оборудования

Подбор насосного оборудования осуществляется после расчета основных параметров всасывающей и нагнетающей линий (диаметр трубопровода и потерь напора).

Расчет всасывающей магистрали. Предварительно определяются сечения, относительно которых производится расчет с применением уравнения Бернулли.

Исходными данными для расчета основных параметров насосного оборудования являются: расход воды Q_n ; длина всасывающей и нагнетательной линий $l_{\text{вс}}$ и $l_{\text{наг}}$; высота водонапорной башни $H_{\text{наг}}$.

$$H_{\text{нагн}} = H_{\text{водопроводной башни}} + H_{\text{бака}}, \text{ м} \quad (13)$$

Геометрические параметры бака водонапорной башни определяются исходя из полученного объема. Диаметр бака равен:

$$D_{\text{бака}} = \sqrt[3]{\frac{4W_{\text{бака}}}{2\pi}}, \text{ м} \quad (14)$$

Высота бака определяется исходя из условия:

$$H_{\text{бака}} = 2D_{\text{бака}}, \text{ м} \quad (15)$$

Расчет всасывающего трубопровода

Перед началом расчета всасывающего трубопровода необходимо изобразить схему всасывающей линии (пример показан на рисунке 4).

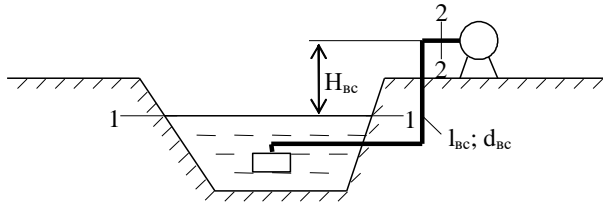


Рисунок 4 – Схема всасывающей линии насоса.

Требуемый расход насоса:

$$Q_n = \frac{W_{\text{сум}}}{t_h}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (16)$$

где t_h – время работы насосной станции определяется по интегральному графику.

Диаметр всасывающей линии:

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4Q_n}{\pi \cdot V_{\text{доп}}}}, \text{ м}; \quad (17)$$

где $V_{\text{доп}}$ – допускаемая скорость движения воды во всасывающем трубопроводе, м/с ($V_{\text{доп}} = 0,5 \dots 0,6 \text{ м/с}$).

После проведения расчетов, полученный диаметр округляют до стандартного значения (приложение 1). Если по условию задания трубы асбестоцементные, их нельзя применять во всасывающей магистрали, поэтому, заменяем их на стальные. Далее определяют действительную скорость движения воды во всасывающем трубопроводе:

$$V_{\text{действ}} = \frac{Q_n}{\pi \cdot d_{\text{ГОСТ}}^2}, \text{ м/с} \quad (18)$$

Определяем число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{V_{\text{действ}} \cdot d_{\text{ГОСТ}}}{\nu} \quad (19)$$

Определяем толщину пограничного слоя:

$$\delta = \frac{68,4 \cdot r_{\text{ГОСТ}}}{\text{Re}^{0,875}}, \text{ мм} \quad (20)$$

Определяем коэффициент гидравлического трения λ , в зависимости от полученного соотношения толщины пограничного слоя δ и средней шероховатости стенки трубопровода Δ

Далее определяем пьезометрический напор во всасывающей линии при помощи уравнения Бернулли:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} + h_w \quad (21)$$

где h_w – потери напора, м.

$$h_w = h_l + h_m = \lambda \frac{l_{\text{вс}}}{d_{\text{вс}}} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_2^2}{2g} \sum \xi \quad (22)$$

Из уравнения (21) получим:

$$\frac{P_{\text{в ак}}}{\gamma} = H_{\text{в с}} + \frac{V_2^2}{2g} + \lambda \frac{l_{\text{в с}}}{d_{\text{в с}}} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_2^2}{2g} (\xi_{\text{в х}} + 3\xi_{\text{пов}} + \xi_{\text{в ых}}), \text{ м} \quad (23)$$

Расчет нагнетательной линии

Расчет нагнетательной линии осуществляется в той же последовательности что и расчет всасывающей линии.

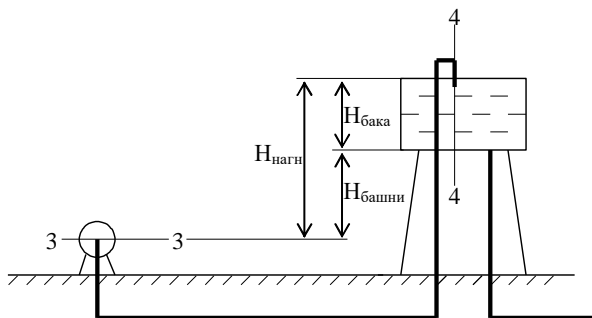


Рисунок 5 – Схема нагнетательной линии насоса.

Допускаемая скорость движения воды по нагнетательному трубопроводу принимается $V_{\text{доп}} = 1 \dots 1.5 \text{ м/с}$

Полный напор насоса:

$$H_{\text{насоса}} = \frac{P_{\text{в ак}}}{\gamma} + \frac{P_{\text{ман}}}{\gamma} + \frac{V_{\text{наг}}^2 - V_{\text{в с}}^2}{2g} + h_p \quad (24)$$

где h_p – рабочая высота в точке излива, м ($h_p = 2 \text{ м}$).

Выбор марки насоса

Определяем геометрический напор насоса по уравнению:

$$H_{\text{геом}} = H_{\text{в с}} + H_{\text{нагн}}, \text{ м} \quad (25)$$

Требуемый напор насоса определяем по уравнению:

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{насоса}} = H_{\text{г}} \quad (26)$$

По требуемому напору и расходу насоса выбираем его марку (приложение 3), в пояснительной записке также изображаем его характеристику (приложение 4).

Построение характеристики сети и нахождение рабочей точки совместной работы насоса и сети

Напор насоса H расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений в сети трубопроводов, вызванных движением потока воды с расходом Q и на остаточный напор, с которым выходит вода на конечном пункте из трубопровода. Следовательно, напорную характеристику сети можно представить в виде:

$$H_{\text{сети}} = H_{\text{г}} = S \times Q^2 \quad (27)$$

где S – коэффициент гидравлического сопротивления трубопровода.

Это уравнение характеристики трубопровода, по которому строится график характеристика трубопровода.

$$S = \lambda_{\text{в с}} \frac{l_{\text{в с}}}{d_{\text{в с}}} \cdot \frac{1}{2g\omega_{\text{в с}}^2} + \sum \xi_{\text{в с}} \cdot \frac{1}{2g\omega_{\text{в с}}^2} + \lambda_{\text{нагн}} \frac{l_{\text{нагн}}}{d_{\text{нагн}}} \cdot \frac{1}{2g\omega_{\text{нагн}}^2} + \sum \xi_{\text{нагн}} \cdot \frac{1}{2g\omega_{\text{нагн}}^2} \quad (28)$$

Для построения характеристики трубопровода воспользуемся таблицей 4.

Таблица 4 – Построение характеристики трубопровода.

Q, м ³ /с				
H _{сети} , М				

При графическом изображении характеристики трубопровода значение Q выбирается из следующих соображений:

- 1) Значение Q берется не менее четырех;
- 2) Первое значение $Q = 0$
- 3) Последнее значение Q принимается равной Q_{max} по характеристике насоса.

Характеристику трубопровода строим на том же графике, где приведена характеристика насоса. Точка пересечения двух характеристик (сети и насоса) называется рабочей точкой насоса, которая обозначается буквой А.

Проведя через точку А вертикальную и горизонтальную линии до пересечения с осями определяют численные значения рабочих параметров насоса при работе на данный трубопровод. Рабочая точка определяет единственно возможный режим совместной работы насоса с заданным трубопроводом.

Нормальная работа насоса на сеть обеспечивается при условии:

$$Q_A > Q_H \quad H_A > H_H \quad (29)$$

Расчет мощности на валу насоса:

$$N = \gamma_{воды} \cdot Q_p \cdot H_p / \eta_p, Bm \quad (30)$$

Проектирование трассы водопровода

После выбора схемы питания сети (через башню, с контррезервуаром или комбинированную) и схемы начертания сети (тупиковая или кольцевая) приступают к проектированию трассы водопровода. При нанесении водопровода на план участка, где проектируется водопровод, необходимо руководствоваться следующим:

1) магистральные трубопроводы желательно прокладывать кратчайшим путем к узлам максимального водопотребления и, если возможно, по возвышенным частям рельефа местности;

2) трасса водопровода должна проходить вдали от места возможных загрязнений и не ближе 5 м от канализации;

3) трубы разводящей сети прокладываются сбоку от проездов на расстоянии не менее 5 м от линии застройки, при этом трубы желательно располагать по более высокой стороне улиц;

4) при прокладке водопровода необходимо соблюдать глубину заложения труб, принятую для данной местности с учетом промерзания почвы (для Новосибирской области эта глубина 2,8 м).

После нанесения схемы водопровода в план необходимо составить профили по всем магистральным трубопроводам (рисунок 6).

После составления профилей и проведения гидравлических расчетов величина диаметров труб данных участков и уклоны наносятся на план водопровода.

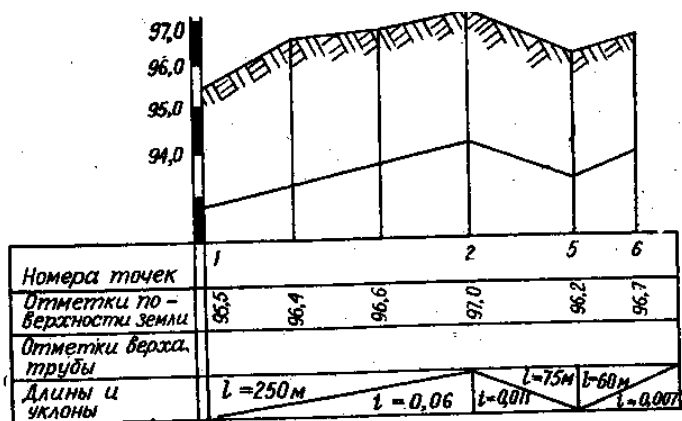


Рисунок 6 – Профиль водопроводной трассы.

Приложение 1

Поправочные коэффициенты β к расчетным значениям
удельных сопротивлений A

для чугунных и стальных труб		для асбестоцементных труб	
Скорость, м/с	β	Скорость, м/с	
0,2	1,41	0,2	1,308
0,3	1,28	0,3	1,217
0,4	1,2	0,4	1,158
0,5	1,15	0,5	1,115
0,6	1,11	0,6	1,082
0,7	1,085	0,7	1,056
0,8	1,06	0,8	1,034
0,9	1,04	0,9	1,016
I	1,03	1	1
1,1	1,015	1,2	0,974
-	-	1,4	0,953
-	-	1,6	0,936
-	-	1,8	0,922
-	-	2	0,91
-	-	2,2	0,9
-	-	2,4	0,891
-	-	2,6	0,883
-	-	2,8	0,876
-	-	3	0,87
-	-	4	0,946

Приложение 2

Расчетные значения удельного сопротивления для труб

Чугунные трубы		Стальные трубы		Асбестоцементные трубы	
Условный проход, мм		Условный проход, мм		Условный проход, мм	
1	2	3	4	5	6
50	11540	50	11080	100	187,7
80	953,4	70	3009	125	76,08
100	311,7	80	1167	150	31,55
125	96,72	100	281,3	200	6,898
150	37,11	125	86,22	250	2,227
200	8,092	150	33,94	300	0,914
250	2,528	175	20,79	350	0,4342
300	0,9485	200	6,959	400	0,2171
350	0,4365	250	2,187	500	0,0713

1	2	3	4	5	6
400	0,2189	300	0,8466	600	0,0212
450	0,1186	350	0,3731	700	0,0095
500	0,0677	400	0,1859	800	0,0047
600	0,0259	450	0,0992	-	-
700	0,0115	500	0,0578	-	-
800	0,0056	600	0,0226	-	-
-	-	700	0,0109	-	-
-	-	800	0,0055	-	-

Приложение 3

Технические характеристики центробежных горизонтальных одноступенчатых консольных насосов типа "К"

Марка насоса (старая марка насоса)	Диаметр рабочего колеса, мм	Обозначение обточка рабочего колеса	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Частота вращения, об/с (об/ мин)	Допустимый кавитационный запас, м	Мощность насоса, кВт	КПД насоса, %	Комплектуемый			
									Марка	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота вращения синхронная, об/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
К 8/18 (1.5К-6)	125	а б	8	18	48,3 (2900)	3,8	0,74	53	4А80А2	1,5	220/380	3000
	115		7,4	15			0,65	47				
	105		6,7	12			0,51	43				
К 20/30 (2К-9)	129	а б	20	18	48,3 (2900)	3,8	1,5	65	4А80В2	2,2	220/380	3000
	118		16,8	15			1,1	63				
	106		15,1	12			0,8	61				
К 20/30 (2К-6)	160	а б	20	30	48,3 (2900)	3,8	2,55	64	4А100 2	4	220/380	3000
	148		18,5	25,8			2 1,4	64				
	132		16,5	19,5				63				
К 45/30 (3К-6)	218	а	45	30	48,3 (2900)	4,3	5,5	70	4А112М2	7,5	220/380	3000
	195		35	22,5			3,1	70				
К 45/55 (3К-6)	218	а	45	55	48,3 (2900)	4,3	10,7	63	4А1602 4А132М2	15 11	220/380	3000
	195		40	41,4			7,5	60				
К 90/20 (4К-18)	145	а	90	20	48,3 (2900)	5,2	6,3	78	4А112М2	7,5	220/380	3000
	135		70	18,2			4,5	77				
К 90/35 (4К-12)	174	а	90	35	48,3 (2900)	5,2	ПД	77	4А1602 4А132М2	15 11	3000	3000
	163		85	28,6			9,5	72				
К 90/55 (4К-8)	218	а	90	55	48,3 (2900)	5,2	19,2	70	4А2002 4А200М2	22 18,5	220/380	3000
	200		90	43			16,8	64				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K 90/85 (4K-6)	272 250	a	90 85	85 76	48,3 (2900)	5,2	32,1 28	65 63	4A1822 4A160M2	45 37	220/380	3000
K160/20 (6K-12)	264 240	a	160 150	20 15	24,2 (1450)	4,2	10,8 8,7	81 76	4A1602 4A132M2	15 11	220/380	1500
K160/30 (6K-8)	125 115 105	a б	160 140 140	30 28,6 22	24,2 (1450)	4,2	17,4 15,7 12,5	75 69 67	4A180M4 4A180 4 4A160M4	30 22 18,5	220/380	1500
K290/18 (8K-18)	168 143	a	290 260	18 15,5	24,2 (1450)	4,2	17,1 13,7	82 80	4A1802 4Ф160M2	22 18,5	220/380	1500
K290/30 (8K-12)	168 143	a	290 250	30 24	24,2 (1450)	4,2	28,9 21	82 78	4A200M4 4A180M4	37 30	220/380	1500

Приложение 4

Рабочие и технические характеристики центробежных горизонтальных одноступенчатых консольных насосов типа "К"

На приводимых ниже графических характеристиках насосов представлена зависимость напора, развиваемого насосом, мощности, коэффициента полезного действия и допускаемого кавитационного запаса от подачи насоса. На них указан рекомендуемый диапазон подач, при котором они должны эксплуатироваться.

Условные обозначения на рабочих характеристиках насосов:

Q - подача, м³/ч (л/с);

H - напор, м;

N - мощность привода насоса, кВт;

η - коэффициент полезного действия, %;

Δh_d - допускаемый кавитационный запас, м;

n - частота вращения, об/мин;

α - средняя обточка рабочего колеса;

δ - нижняя обточка рабочего колеса.

Принято следующее обозначение насосов. Например, насос К 20/18 а: К - консольный; 20 - подача, м³/ч; 18 - напор, м; а - индекс обточки рабочего колеса.

На рис. 7 – 19 представлены рабочие характеристики наиболее распространенных насосов типа "К".

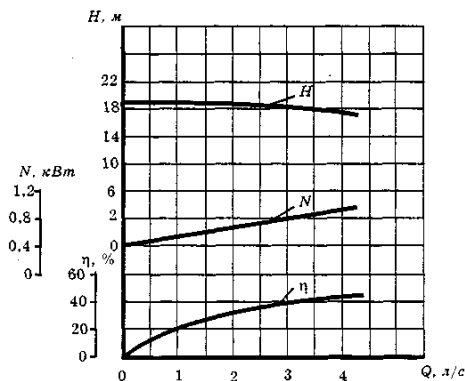


Рисунок 7 – Характеристика насоса К 8/18; $n = 2900$ об/мин

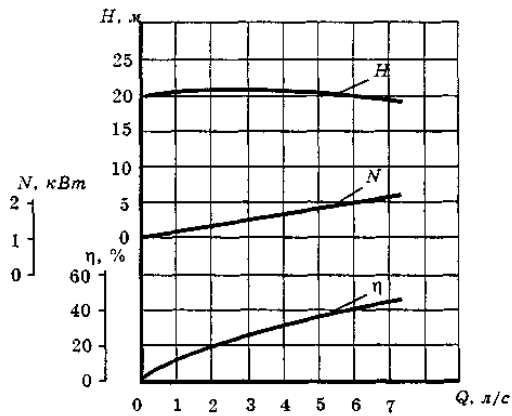


Рисунок 8 – Характеристика насоса К 20/18; $n = 2900$ об/мин

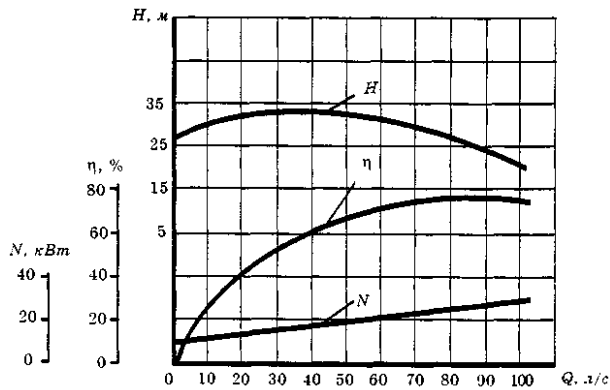


Рисунок 9 – Характеристика насоса К 20/30; $n = 2900$ об/мин.

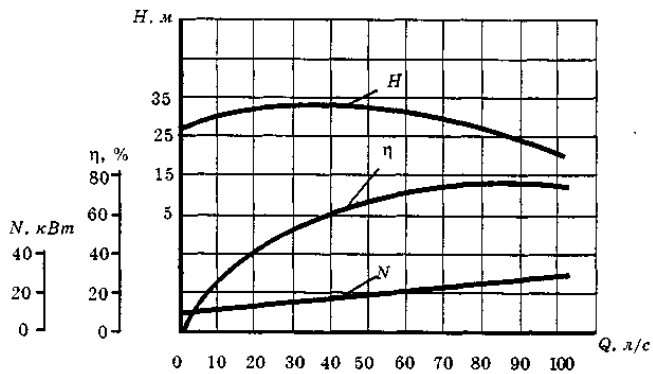


Рисунок 10 – Характеристика насоса К 45/30; $n = 2900$ об/мин

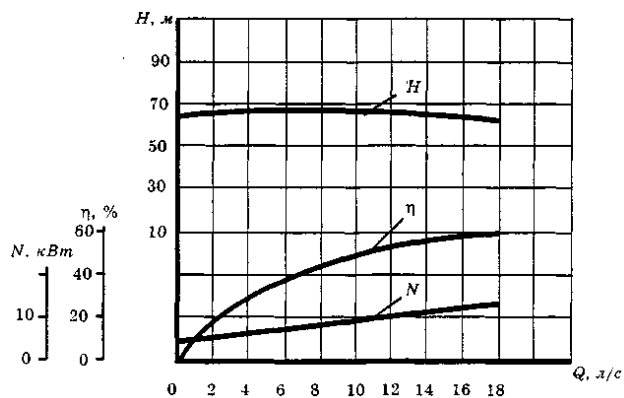


Рисунок 11 – Характеристика насоса К 45/55; $n = 2900$ об/мин

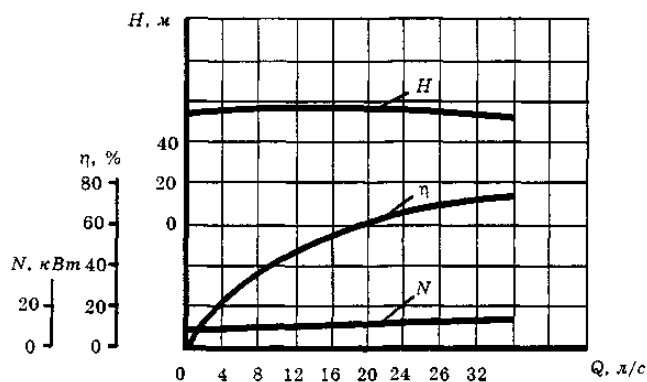


Рисунок 12 – Характеристика насоса К 90/35; $n = 2900$ об/мин

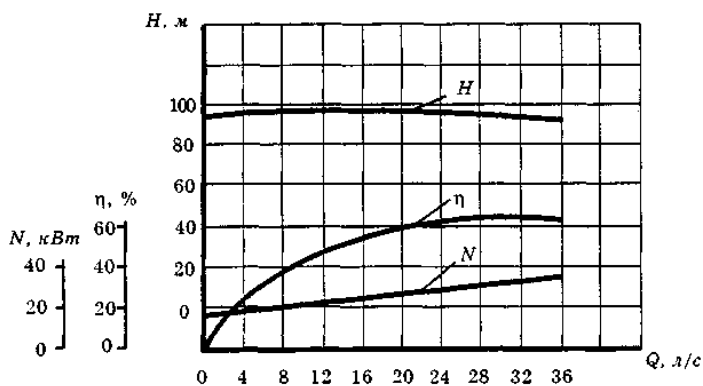


Рисунок 13 – Характеристика насоса К 90/85; $n = 2900$ об/мин

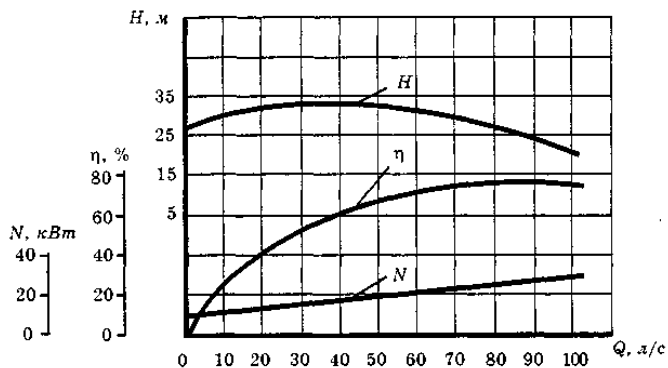


Рисунок 14 – Характеристика насоса К 90/20; $n = 2900$ об/мин

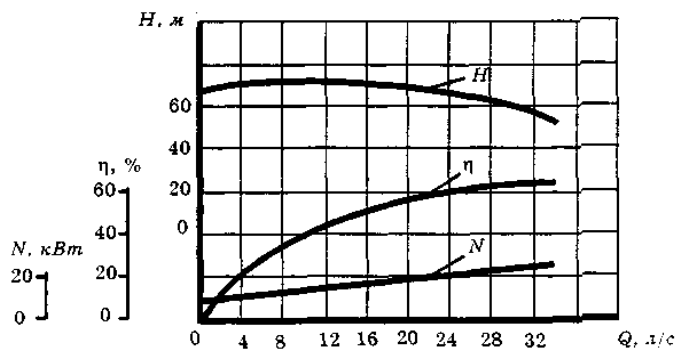


Рисунок 15 – Характеристика насоса К 90/55; $n = 2900$ об/мин

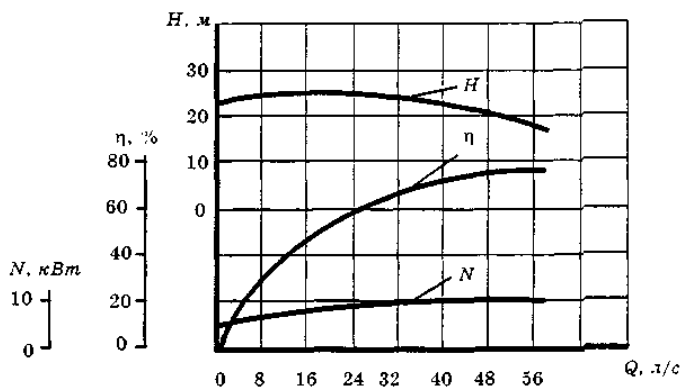


Рисунок 16 – Характеристика насоса К 160/20; $n = 1450$ об/мин.

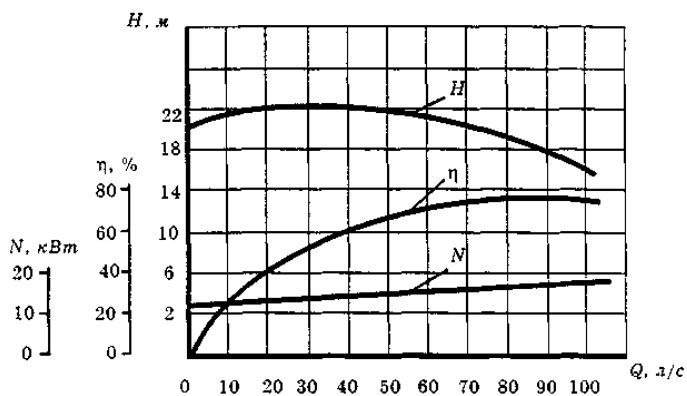


Рисунок 17 – Характеристика насоса К 290/18; $n = 1450$ об/мин.

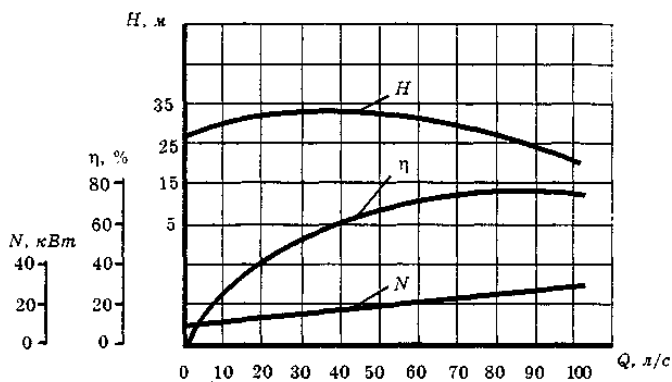


Рисунок 18 – Характеристика насоса К 160/30; $n = 1450$ об/мин

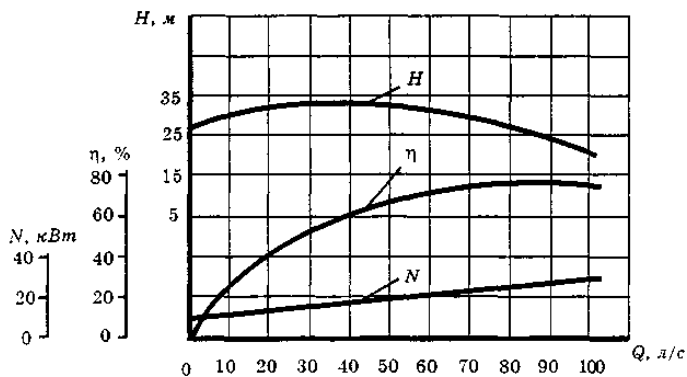


Рисунок 19 – Характеристика насоса К 290/30; $n = 1450$ об/мин.

Литература

1. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика: учебник. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 656 с.[электронный ресурс].
2. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод: Учебное пособие / Б.В. Ухин. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 320 с. [электронный ресурс].
3. Гидравлика. Моргунов К.П. Учебник. – Изд. Лань. – 2014 – 288 с. [электронный ресурс].

Составители: Диденко Александр Александрович

НАСОСЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Задания и методические указания по выполнению контрольной работы для
студентов очной формы обучения направления подготовки – 20.03.02
«Природообустройство и водопользование»

Компьютерная верстка А.А. Диденко

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института НГАУ 630039,
г. Новосибирск. ул. Никитина. 147. ауд. 209