КУБАНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ГИДРАВЛИКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Гидравлический расчет трубопроводной сети. Подбор центробежного насоса. Расчет тупиковой водопроводной сети.

КРАСНОДАР
1997

Методические указания по расчетно-графическим работам для студентов мехфака и электрофака

Авторы: Скобельцын Ю. А.,
Ефремов И. И., Скобельцын А. Ю.

Методические указания изданы по постановлению методической комиссии факультета «Водного хозяйства и мелиорации»

Целью настоящих методических указаний является оказание студентам помощи в гидравлическом расчете трубопроводной сети при движении воды и нефтепродуктов, подборе насоса для транспортировки в ней жидкости, в расчете и конструировании водопроводной сети поселка в соответствии с существующими правилами и требованиями, которые необходимо выполнять при работе над расчетно- графическими работами (РГР). Перед выполнением РГР необходимо ознакомиться с выданным заданием, методическими указаниями по оформлению РГР. Пояснительная записка излагается на листах бумаги стандартного формата размером 210 х 297 мм рукописным способом. Чертежи выполняются на миллиметровой бумаге карандашом.

Студенты мехфака и электрофака выполняют две расчетно-графические работы

1- гидравлический расчет трубопроводной сети при движении в ней воды (водопроводной сети)и подбор для этой сети центробежного насоса; гидравлический расчет сети при движении в ней нефтепродуктов и подбор для этой сети центробежного насоса;

2- расчет и конструирование тупиковой водопроводной сети поселка.

Расчетно- графическая работа №1.

Исходные данные по РГР №1.

Расчетная трасса водопроводной сети представлена на рис.1 прилож. 1.

Расчетные расходы:

$$Q_2 = Q_3 = Q_4 = 10 + 0.2Nn, \quad м^3/ч,$$

где N - вторая цифра номера группы;

n - номер фамилии студента по списку в журнале преподавателя;

$$Q_5 = Q_6 = 15 + 0.1Nn, \quad м^3/ч;$$

$$Q_8 = Q_9 = Q_{10} = Q_{11} = 20 + 0.1Nn, \quad м^3/ч;$$

$$q_{3-4} = q_{5-6} = 1 м^3/ч \cdot М;$$

$$q_{8-9} = q_{10-11} = 1.5 м^3/ч \cdot М.$$

Длины расчетных участков водопровода:

$l_{1-2} = l_{2-3} = 30 + 0.1N \cdot n$, $м$;

$l_{3-4} = l_{5-6} = 20 + 0.1N \cdot n$, $м$

$l_I = 40 м$; $l_{II} = 50 м$;

$l_{6-7} = 50 + 0.1N \cdot n$, $м$;

$l_{2-8} = l_{10-11} - l_{11-12} = 50 + 0.2N \cdot n$, $м$;

$l_{8-9} = l_{9-10} = 15 + 0.1N \cdot n$, $м$;

длина всасывающего трубопровода насоса $l_{вс} = 8 + 0.01N \cdot n$, $м$.

Диаметры емкостей:

$Д_2 = Д_3 = 10 м$.

Давление на свободной поверхности в емкостях:

$P_1 = P_{ат}$; $P_2 = 1.5$ ати; $P_3 = 1.0$ ати.

Высота «столба» воды в емкостях:

$H_2 = 8$ м, $H_3 = 7$ м.

Геодезические отметки:

$\nabla_н = 30$ м; $\nabla_2 = 42$ м; $\nabla_3 = 35$ м.

Температура перекачиваемой воды 20° С.

Расчетная трасса трубопроводной сети представлена на рис.2 прилож.1.

Расчетный расход нефтепродукта

$$80 + 0.1N \cdot n, \quad м^3/ч.$$

Длина нагнетательного трубопровода

$l_н = l_{1-2} = 200 + 0.1N \cdot n$, $м$.

Длина всасывающего трубопровода

$l_{вс} = 5 + 0.01N \cdot n$, $м$.

Давление в емкостях:

$P_1 = P_{ат}$; $P_2 = 1.5$ ати.

Высота «столба» жидкости в емкости 2 $H_2 = 5$ м.

Вязкость перекачиваемого нефтепродукта $\nu = 2 \cdot 10^{-4} м^2/с$.

Плотность перекачиваемого нефтепродукта $\rho = 850 кг/м^3$.

Геодезические отметки:

$\nabla_н = 20$ м; $\nabla_2 = 30$ м.

РГР №1 выполняется в следующей последовательности:

- определяют давления на боковые поверхности, дно емкостей 2,3 и строятся эпюры распределения давлений на эти поверхности;
- находят расчетные расходы на отдельных участках водопроводной сети, подачу насоса;
- определяют диаметры труб на этих участках, уточняют их по ГОСТ и находят расчетные скорости на участках водопровода;
- определяют потери напора на участках водопровода;
- находят геометрический напор всасывания и нагнетания, а затем напор насоса;
- по напору и подаче насоса, используя поля $Q - H$ центробежных насосов, находят марку насоса и строят графические характеристики насоса $H = f_1(Q)$; $N = f_2(Q)$; $\eta = f_3(Q)$ по данным каталога характеристик центробежных насосов [8];
- рассчитывают данные для построения графической характеристики трубопроводной сети, наносят ее на характеристику насоса в масштабе, аналогичном $H = f_1(Q)$, и определяют рабочую точку насоса;
- находят потребную мощность насоса в рабочей точке, определяют мощность электродвигателя и, зная $N_э$ и n, подбирают электродвигатель.

Порядок расчета трубопровода для перекачки нефтепродукта аналогичен расчету водопроводной сети. Однако в этом случае потери напора определяют по формуле Вейсбаха. После подбора насоса пересчитывают его характеристики с воды на вязкую жидкость, наносят их на графическую характеристику насоса, работающего на воде. Далее расчет аналогичен вышеописанному.

Расчетно-графическая работа №2.

Исходные данные по РГР №2.

План поселка дан на рис 4-9 приложения 1.

Состав водопотребителей.

I Жилищно-коммунальный сектор

1.	Застройка зданиями, необорудованными внутренними водопроводами и канализацией с водоснабжением из водоразборных колоиок	Кол-во жителей $2000+N\cdot n$
2.	Застройка зданиями, оборудованными внутренними водопроводами и канализацией без ваии	то же $1000+N\cdot n$
3.	То же с ваннами и местными водоиагревателями	то же $1000+N\cdot n$
4.	Баня	посет. $150+N\cdot n$
5.	Детские ясли-сад с дневным пребыванием для детей	детей $150+N\cdot n$
6.	Больница	коек $30+N\cdot n$
7.	Коровы молочные	шт $800+N\cdot n$
8.	Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет	то же $50+N\cdot n$
9.	Свиньи на откорме	то же $500+N\cdot n$
10.	Куры	то же $5000+N\cdot n$
11.	Утки, гуси	то же $2000+N\cdot n$

II Животноводческий сектор

1.	Коровы молочные	шт $3000+N\cdot n$
2.	Коровы мясные	то же $500+N\cdot n$
3.	Быки и нетели	то же $100+N\cdot n$
4.	Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до двух лет	то же $1000+N\cdot n$

III Производственный сектор

1.	Молочный завод	т $20+0.1\ N\cdot n$
2.	Хлебопекарня	т $10+0.1\ N\cdot n$
3.	Маслозавод	т $5+0.05\ N\cdot n$

В общем комплексе сооружений, входящих в систему водоснабжения, водопроводная сеть является одним из основных элементов и неразрывно связана с работой насосных станций, регулирующих емкостей. Строительная стоимость сети составляет от 60 до 70 % общей стоимости системы. Это обстоятельство следует учитывать при проектировании. Правильно запроектированная сеть должна удовлетворять следующим условиям:

подавать заданное количество воды к местам ее потребления под требуемым напором;

быть надежной и бесперебойной в работе;

иметь наименьшую строительную и эксплуатационную стоимость.

Расчетно-графическую работу №2 выполняют в следующей последовательности:

- согласно составу водопотребителей находят по СНИП нормы водопотребления и рассчитывают среднесуточные расходы;
- определяют максимальные суточные и часовые расходы каждого сектора и поселка в целом;
- строят ступенчатые графики водопотребления по часам суток для всех секторов и всего поселка, интегральную кривую водопотребления и график водоподачи;
- производят трассировку сети и определяют место расположения водонапорной башни;
- производят гидравлический расчет водопроводной сети;
- определяют высоту водоналорной башни, регулирующий объем, запас воды на тушение пожара, расчетный объем воды в баке, его строительные высоту и объем.
- проверяют водонапорную сеть на пропуск пожарного расхода,
- находят подачу и напор насоса или насосов второго водоподъема.

1. Расчет водопроводной сети.

1.1 Определение расчетных расходов на отдельных участках начинают с конечных сечений 7 и 12 (рис.1 приложения 1) и выполняют их в направлении, обратном движению жидкости, т. е. к сечению 1. В общем случае для любого участка расчетный расход находится по формуле

$$Q_{pi} = Q_{Ti} + 0.5Q_{Пi} \qquad (1.1)$$

где Q_{pi} - расчетный расход воды на соответствующем участке, $м^3/ч$;

Q_{Ti} - расход воды на данном участке, $м^3/ч$ (транзитный);

$Q_{Пi}$ - путевой расход на этом участке, $м^3/ч$.

Путевые расходы будут на участках 6-5, 4-3, 10-9, 9-8. На любом из этих участков они определяются по формуле

$$Q_{Пi} = q_{Пi} l_i, \qquad (1.2)$$

где $q_{Пi}$ - удельный путевой расход на единице длины данного участка, $м^3/ч$ на один погонный метр;

l_i - длина этого участка, м.

На участках I и II трубопровода с параллельным соединением труб расчетные расходы находятся следующим образом

$$Q_I + Q_{II} = Q = Q_6 + q_{5-6}\cdot l_{6-5} + Q_5, \qquad (1.3)$$

где Q_I, Q_{II} - расчетные расходы соответственно для I и II участков, $м^3/с$;

Q-расход воды в сечении до разветвления трубопровода без Q_6, $м^3/с$;

$$A_I l_I Q_I^2 = A_{II} l_{II} Q_{II}^2, \qquad (1.4)$$

где A_I, A_{II} - удельное сопротивление трубопровода на I и II участках, определяемое в зависимости от диаметра и материала стенок труб по табл. 5-9 приложения 2, $с^2/м^6$;

l_I, l_{II} - длины участков, м;

из формулы (1.4)

$$Q_{II} = \sqrt{\frac{A_I l_I}{A_{II} l_{II}}} Q_I; \qquad (1.5)$$

в формулу (1.3) подставляют значение Q_{II} из (1.5), находят Q_I, а затем Q_{II} по формуле (1.4).

Для участка 2-1 суммируются расчетные расход : ветвей 3-2 и 2-2. Расчетный расход для участка 2-1 Q_{p2-1} будет равен подаче насоса $Q_н$.

Данные расчетных расходов на участках водопроводной сети заносят в табл.1.1. Расход воды во всасывающем трубопроводе равен расчетному расходу на участке 2-1.

Таблица 1.1

Значения расчетных расходов, диаметров труб, скоростей, потерь напора на участках и диаметров труб по ГОСТ.

Номер участка	Расчетный расход на участке		Диаметр труб, м		Расчетная скорость на уч., $м/с$	Потери напора на уч., м
	$м^3/ч$	$м^3/с$	расчетный	по ГОСТ		
12-11						
11-10						
10-9						
и т. д.						
2-1						
1'-2'						

1.2 Определение диаметров труб расчетных и по ГОСТ

Расчетные диаметры труб на участках водопровода находят по формуле

$$d_р = \sqrt{\frac{4Q_р}{\pi\vartheta}}, \qquad (1.6)$$

где $d_р$-расчетный диаметр труб на соответствующем участке, м;

$Q_р$-расчетный расход на этом участке, $м^3/с$;

ϑ- скорость движения на нем воды (принимаем предварительно 1 $м/с$), $м/с$.

Расчетный диаметр всасывающего трубопровода находим по формуле (1.6), приняв скорость движения воды в нем от 0.5 до 0.8 $м/с$.

По $d_р$ находят диаметры труб на расчетных участках по ГОСТ, беря ближайшие значения по табл. 5-9 приложения 2. Следует иметь ввиду, что для некоторой части участков берут большие значения диаметров, а для остальных меньшие (приблизительно одинаковое количество и тех и других).

Значения $d_р$ и $d_{г}$ для участков сети заносят в табл. 1.1.

1.3 Определение расчетных скоростей на участках сети.

Находят скорости движения воды на участках для диаметров труб по ГОСТ

$$\vartheta_р = \frac{4Q_р}{\pi d_г^2}, \qquad (1.7)$$

где $d_г$- диаметр трубопровода по ГОСТ для данного участка водопровода, м.

Значения $\vartheta_р$ заносят в табл. 1.1.

1.4 Определение потерь напора на участках.

Потери напора на участках нагнетательного трубопровода находят по формуле

$$h_р = K_\vartheta K_М A_i l_i Q_р^2. \qquad (1.8)$$

где $h_р$ - потери напора на данном участке водопровода, м;

K_ϑ коэффициент, учитывающий скорость движения воды на этом участке (принимается по табл. 10 приложения 2);

$K_М$- коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях ($K_М$=1.05-1.10),

А- удельное сопротивление на расчетном участке , определяемое в зависимости от $d_г$ и материала стенок труб по табл. 5-9 приложения 2, $с^2/м^6$.

Определим потери напора во всасывающем трубопроводе

$$h_в = A_в l_{в-2} Q_в^2 + \left(\zeta_з + 3\zeta_о + \zeta_{кл}\right)\frac{\vartheta_{рв}^2}{2g}. \qquad (1.9)$$

где $A_в$ - удельное сопротивление во всасывающем трубопроводе, $с^2/м^6$;

$l_{в-2}$- длина всасывающего трубопровода, м;

$Q_в$ - расход воды во всасывающем трубопроводе, $м^3/с$;

$\zeta_з, \zeta_о, \zeta_{кл}$- коэффициенты местных сопротивлений задвижки (полностью открытой), отвода, всасывающего клапана, определяемые по [11];

$\vartheta_{рв}$ - расчетная скорость во всасывающем трубопроводе, $м/с$;

g- ускорение силы тяжести, $м/с^2$.

Величины потерь напора на участках водопроводной сети заносим в табл. 1.1.

1.4 Определение напора насоса.

Напор насоса находится по формуле

$$H_н = H_{ст} + h_в + h_н, \qquad (1.10)$$

где $H_{ст} = H_г + \frac{P - P_1}{\rho g}$ - статический напор, м;

$H_г = H_{гв} + H_{гн}$ - геометрический напор, м;

$H_{гв}$ - геометрический напор всасывания, м;

$H_{гн}$ - геометрический напор нагнетания, м;

$P = P_{изб} + P_{ат}$ - абсолютное давление на свободной поверхности емкости 2 или 3, ата;

$P_{изб}$ - избыточное давление на свободной поверхности емкости 2 или 3, ати;

$P_{ат}$ - атмосферное давление, ат;

P_1 - абсолютное давление на свободной поверхности ($P_1 = P_{ат}$), ата;

$h_н$ - потеря напора в нагнетательном трубопроводе, м.

Геометрическая высота всасывания определяется по формуле

$$H_{гв} = H_{вак} - \left[\left(\alpha_{вс} + \zeta_{сг} + 3\zeta_{о} + \zeta_{кл} \right) \frac{\vartheta_{рв}^{2}}{2g} + A_в l_{т-2'} Q_в^{2} \right], \qquad (1.11)$$

где $H_{вак}$ - величина вакуума в сечении II-II (рис.1 приложения1), принимаемая в пределах 5-7 м, в зависимости от конструкции насоса;

$\alpha_{вс}$ коэффициент неравномерности распределения скоростей в сечении II-II (для чисел Рейнольдса менее 2300 $\alpha_{вс}$=2, а больше 2300 $\alpha_{вс}$=1.0-1.1).

Геометрический напор нагнетания подсчитываем по формуле

$$H_{гн} = \nabla - \nabla_{н} + H_1, \qquad (1.12)$$

где ∇, $\nabla_{н}$ - геометрические отметки для емкости (2 или 3) и насоса, м;

H_1 - высота столба воды в емкости (2 или 3), м.

Потери напора в нагнетательном трубопроводе находим по формуле

$$h_н = \sum h + h_{2-1}, \qquad (1.13)$$

где $\sum h$ - потери напора на участке 12-2 или 7-2, м;

h_{2-1} - потери напора на участке 2-1, м

Потери напора на участке 7-2 будут

$$\sum h_{7-2} = h_{7-6} + h_{6-5} + h_{I\,или\,II} + h_{4-3} + h_{3-2}. \qquad (1.14)$$

Потери на участке трубопровода с параллельным соединением труб 5-4 принимаются по I ветви h_I или по второй- h_{II}, но не сумму $h_I + h_{II}$.

Потери напора на участке 12-2 определяются по формуле

$$\sum h_{12-2} = h_{12-11} + h_{11-10} + h_{10-9} + h_{9-8} + h_{8-2}. \qquad (1.15)$$

В дальнейшем при определении $h_н$ принимаются большие $\sum h_{7-2}$ или $\sum h_{12-2}$. Обозначим их как $\sum h$. При нахождении $H_{ст}$ в формуле (1.10) $P_{изб}$ принимается для этого же участка (7-2 или 12-2), т. е. P_2 или P_3 и аналогично для ∇ из формулы (1.12) ∇_2 или ∇_3.

1.5 Подбор насоса.

По полям $Q - H$ центробежных насосов [8], зная $H_н$ и $Q_н$, подбираем марку насоса. Зная марку насоса по каталогу графических характеристик центробежных насосов (приложения [8]), выбираем, используя значения $H_н$ и $Q_н$, значения H, N, η для необточенного колеса верхние линии, частично обточенного

средняя линия или обточенного

нижняя линия.

Вычерчиваем в масштабе выбранные характеристики

$H = f_1(Q)$; $N = f_2(Q)$; $\eta = f_3(Q)$

(Рис. 1.1).

1.6. Характеристика водопроводной сети. Рабочая точка насоса.

Для построения характеристики водопроводной сети воспользуемся формулой

$$H_i = H_{ст} + \left(\sum A_н l_н + A_в l_{т-2'} \right) Q_i^{2}, \qquad (1.16)$$

Обозначим $\left(\sum A_н l_н + A_в l_{т-2'} \right)$ через $K_{вс}$. Приняв $H = H_н$, $Q = Q_н$ из формулы (1.16), имеем

$$H_н = H_{ст} + K_{вс} Q_н^{2}. \qquad (1.17)$$

Из (1.17)

$$K_{вс} = \frac{H_н - H_{ст}}{Q_н^{2}}, \qquad (1.18)$$

Тогда из (1.16) и (1.18) получим

$$H_i = H_{ст} + K_{вс} Q_i^{2}. \qquad (1.19)$$

В формулу (1.19) подставим значения $Q_1 = 0.8\,Q_н$, $Q_2 = 1.2\,Q_н$ и получим H_1 и H_2. Данные H_i и Q_i занесем в табл. 1.2

Таблица 1.2.

Характеристика трубопроводной сети.

Q_i	0	Q_1	$Q_н$	Q_2	
H_i	$H_{ст}$	H_1	$H_н$	H_2	

На характеристику насоса $H = f_1(Q)$ нанесем в том же масштабе характеристику водопроводной сети $H_i = f_4(Q_i)$ (табл. 1.2).

Точка пересечения характеристик насоса $H = f_1(Q)$ и водопроводной сети $H_i = f_4(Q_i)$ является рабочей точкой насоса. Она показывает, что данный насос,

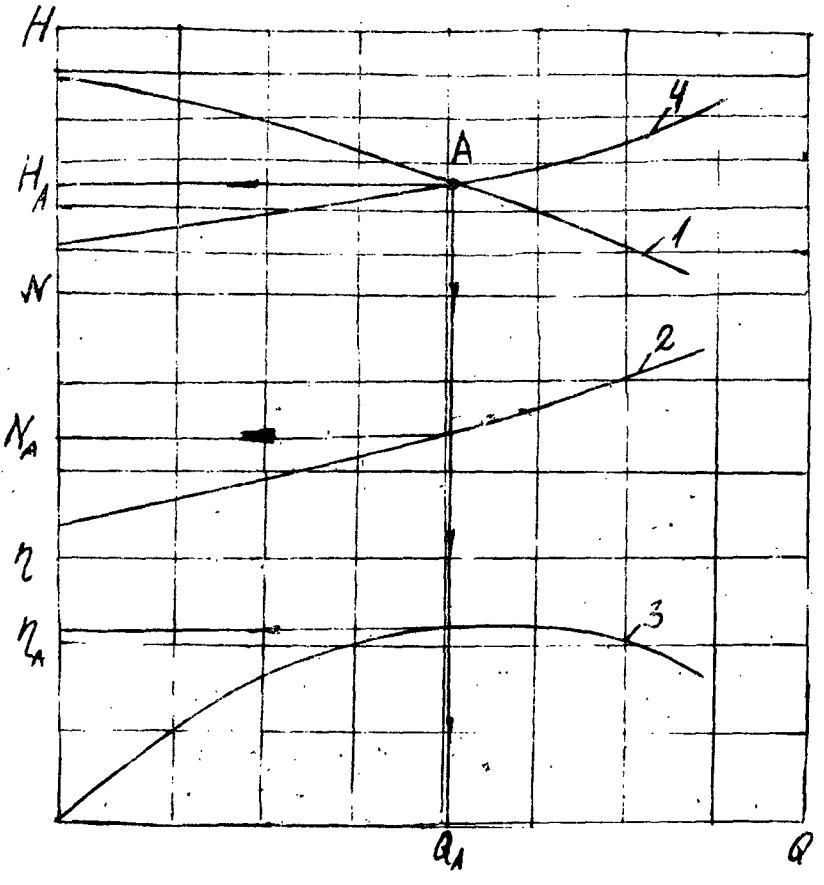


Рис. 1.1.

Характеристика центробежного насоса марки

Характеристика водопроводной сети и рабочая точка.

1 – $H = f_1(Q)$; 2 – $N = f_2(Q)$; 3 – $\eta = f_3(Q)$;

4 – характеристика водопроводной сети; А – рабочая точка насоса.

работая на водопроводную сеть, развивает напор $H_в$, создает подачу $Q_в$, затрачивает мощность $N_в$ при КПД η_A.

1.7 Расчет электродвигателя.

Расчетная мощность электродвигателя находится по формуле

$$N_д = \frac{Q_A H_A K_э}{\eta_{пр}\ \eta_A}, \qquad (1.19)$$

где $\frac{Q_A H_A}{\eta_A} = N_A$ - мощность, затрачиваемая на перекачку воды объемом Q_A при напоре H_A;

$\eta_{пр}$ - коэффициент полезного действия передачи (при непосредственном жестком соединении насоса и электродвигателя $\eta_{пр} = 1.0$);

$K_э$-коэффициент запаса мощности (принимается по данным табл.14 приложения 2 в зависимости от величины N_A).

Зная $N_д$, частоту вращения насоса n, условия работы насоса, характеристику окружающей среды подбираем электродвигатель.

2. Трубопроводная сеть для перекачки вязкой жидкости.

2.1 Гидравлический расчет трубопроводной сети и подбор насоса.

Гидравлический расчет трубопроводной сети, по которой транспортируется нефтепродукт, вязкость которого больше вязкости воды (рис. 2 приложения 1), производится аналогично водопроводной сети. Различие состоит в том, что потери напора определяются по формуле Вейсбаха

$$h_l = \lambda_l \frac{l_l}{d_{Гл}} \frac{\vartheta_{ср}^2}{2g} K_M, \qquad (2.1)$$

где λ_l - коэффициент трения по длине.

Зная число Рейнольдса ($\mathrm{Re} = \frac{\vartheta_{ср} d_{Гл}}{\nu}$) и абсолютную эквивалентную шероховатость стенок труб $\nabla_э$ [11], устанавливаем зону сопротивления, в зависимости от которой определяется λ_l.

Для: Re < 2300

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}, \qquad (2.2)$$

2300 < Re <400

$$\lambda = \frac{2.7}{\mathrm{Re}^{0.53}}; \qquad (2.3)$$

$4000 < Re < 1 \cdot 10^5$, более точно правое граничное условие определяется по соотношению $\frac{\Delta_э}{d} Re < 10$

$$\lambda_1 = \frac{0.3164}{Re\,0.25}; \quad (2.4)$$

$$10 < \frac{\Delta_э}{d} Re < 500$$

$$\lambda_1 = 0.11\left(\frac{\Delta_э}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0.25}; \quad (2.5)$$

$$\frac{\Delta_э}{d} Re > 500$$

$$\lambda_1 = 0.11\left(\frac{\Delta_э}{d}\right)^{0.25} \quad (2.6)$$

Центробежный насос подбирается также как и для водопроводной сети. На рис. 2.1 даны его графические характеристики.

2.2 Пересчет характеристик центробежного насоса.

Так как вязкость перекачиваемой жидкости ν больше вязкости воды $\nu_в$, необходимо пересчитать характеристику насоса с воды на вязкую жидкость.

Формулы пересчета следующие:

$$Q = K_Q Q_в; \quad (2.7)$$

$$H = K_H H_в; \quad (2.8)$$

$$\eta = K_\eta \eta_э, \quad (2.9)$$

где Q, H, η - характеристики насоса перекачивающего вязкую жидкость;

(рис.2.1)

$Q_в, H_в, \eta_в$ - характеристики насоса, работающего на воде;

K_Q, K_H, K_η - коэффициенты пересчета характеристик насоса с воды на вязкие жидкости, принимаемые по графикам рис. 2.2 в зависимости от числа Рейнольдса для насоса (Re_H).

Число Рейнольдса насоса находят по формуле

$$Re_H = \frac{Q_{H\eta_{max}}}{Д_э \nu}, \quad (2.10)$$

где $Q_{H\eta_{max}}$ - подача насоса при максимальном КПД на воде (берется по рис. 2.1), $м^3/с$;

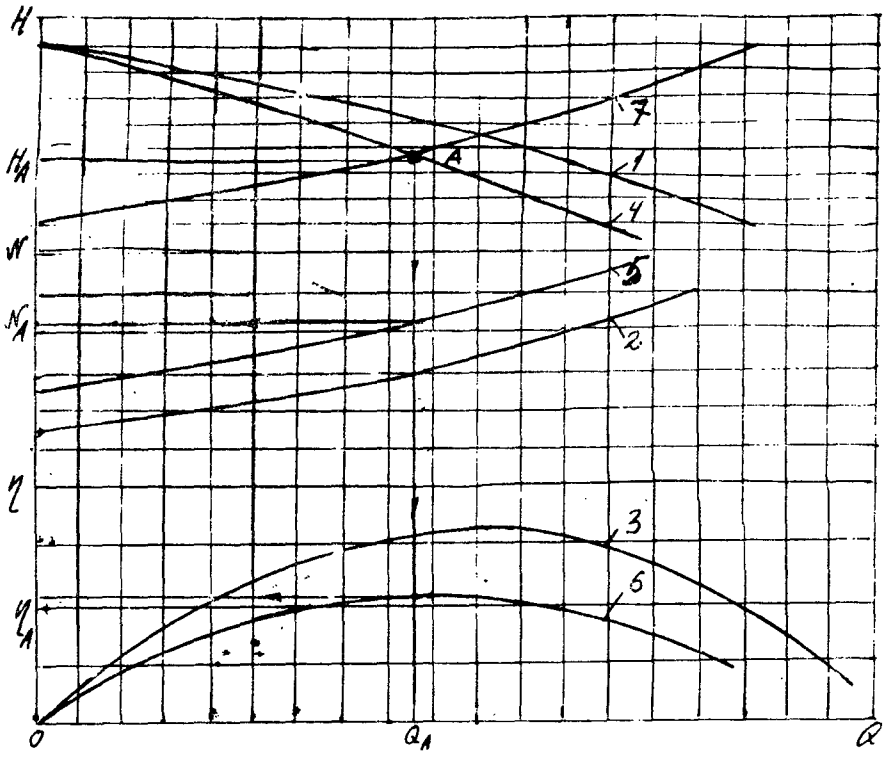


Рис. 2.1.

Характеристики центробежного насоса марки

Характеристика насоса на воде: 1 – $H_в = f_1(Q_в)$; 2 – $N_в = f_2(Q_в)$;
3 – $\eta_в = f_3(Q_в)$.

Характеристика насоса на вязкой жидкости: 4 – $H = f_4(Q)$; 5 – $N = f_5(Q)$;
6 – $\eta = f_6(Q)$.

7 – характеристика трубопроводной сети; А – рабочая точка.

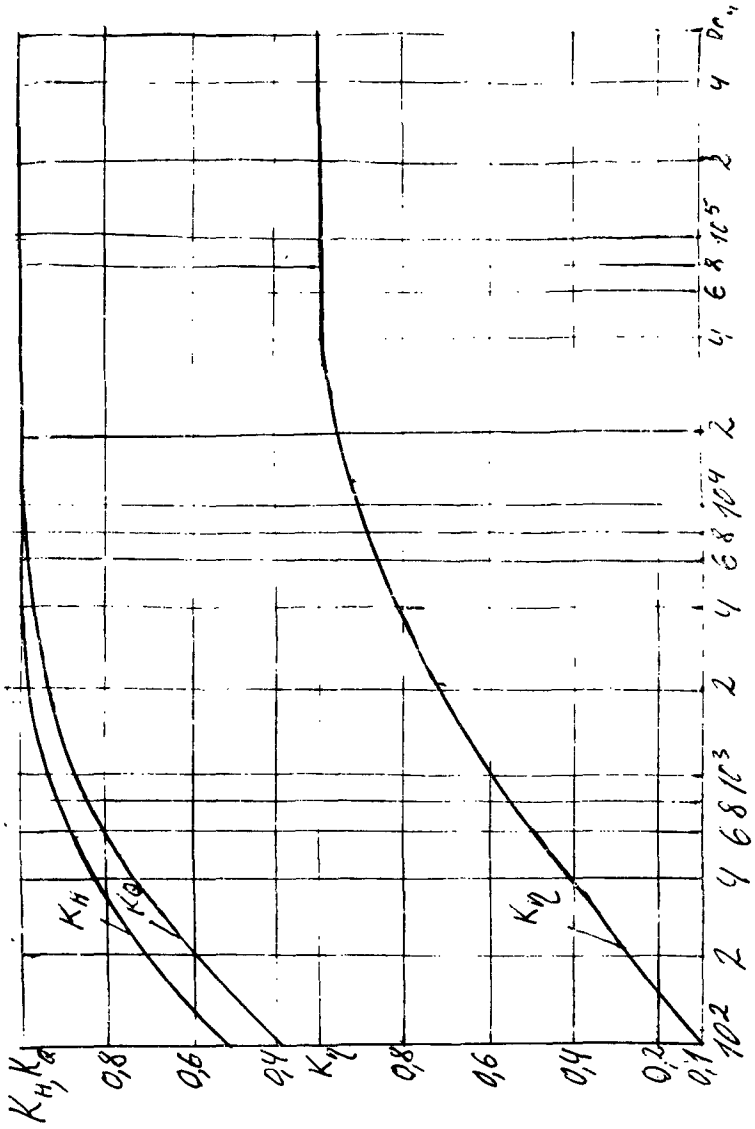


Рис. 2.2.

Коэффициенты пересчёта характеристик насоса с воды на вязкие жидкости.

$D_э = \sqrt{4D_2 в_2 K_2}$ - эквивалентный диаметр, м,

D_2 - внешний диаметр рабочего колеса, принимаемый по паспортным данным насоса (ориентировочно D_2=200-300 мм), м;

$в_2$ - ширина лопатки рабочего колеса на внешнем диаметре, принимаемая по паспортным данным насоса (ориентировочно $в_2$=15-25 мм), м,

$K_2 = \frac{t_2 - \delta_2}{t_2}$ - коэффициент стеснения,

t_2 - шаг лопаток на внешней окружности, м;

δ_2 - толщина лопатки на внешней окружности, м,

ν - кинематическая вязкость жидкости при температуре перекачки.

При отсутствии данных о t_2 и δ_2 коэффициент стеснения можно приближенно принимать равным 0.9.

В диапазоне подач от 0.8 $Q_{H\eta_{max}}$ до 1.2 $Q_{H\eta_{max}}$ коэффициенты пересчета практически одинаковы.

При Q=0 и необточенном рабочем колесе $H_в = H$ и $n = 0$.

Данные по пересчету характеристик насоса заносят в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Показатели работы насоса на воде и вязкой жидкости.

Подача насоса, $м^3/с$			Напор насоса, м			КПД насоса		
$Q_в$	K_Q	Q	$H_в$	K_H	H	$\eta_в$	K_η	η
0.8 $Q_{H\eta_{max}}$		Q_1			H_1			
1.0 $Q_{H\eta_{max}}$		Q_2			H_2			
1.2 $Q_{H\eta_{max}}$		Q_3			H_3			

Потребную мощность для соответствующих подач и напоров определяют по формуле

$$N = \frac{QH}{\eta} \qquad (2.11)$$

Полученные данные N заносят в табл. 2.2

Q	Q_1	Q_2	Q_3
N	N_1	N_2	N_3

На характеристики насоса на воде наносят характеристики этого насоса при работе на вязкой жидкости из табл. 2.1; 2.2 (рис. 2.1)

2.3 Характеристика трубопроводной сети. Рабочая точка насоса. Подбор электродвигателя.

Характеристика трубопроводной сети определяется по формуле

$$H = H_{ст} + \sum K_м \lambda_i \frac{l_i}{d_{Гi}} \frac{\vartheta_i^2}{2g} \qquad (2.13)$$

С учетом (1.7) формула (2.13) примет вид

$$H = H_{ст} + \sum K_м \lambda_i \frac{8 l_i}{g\pi^2 d_г^5} Q_м^2. \qquad (2.14)$$

Приняв $\sum K_м \lambda_i \frac{8 l_i}{g\pi^2 d_г^5} = K_т$; $H = H_н$; $Q_м = Q_н$, имеем:

$$H_н = H_{ст} + K_т Q_н^2. \qquad (2.15)$$

Из формулы (2.15) имеем

$$K_т = \frac{H_н - H_{ст}}{Q_н^2}. \qquad (2.16)$$

Формула (2.14) с учетом (2.16) примет вид

$$H_i = H_{ст} + K_т Q_i^2. \qquad (2.17)$$

Приняв $Q_i = Q_1$ и Q_2 из (2.17) найдем H_1 и H_2. Данные расчета заносят в табл. 2.3.

Табл. 2.3

Характеристики трубопроводной сети.

Q_i	$Q_н$	Q_1	Q_2	0	
H_i	$H_н$	H_1	H_2	$H_{ст}$	

На характеристику насоса $H = f_1(Q)$ наносим в этом же масштабе характеристику трубопроводной сети по данным табл. 2.3 (линия 7 рис. 2.1). Пересечение характеристики насоса при работе на вязкой жидкости (линия 4 рис. 2.1) с характеристикой трубопроводной сети (линия 7 рис. 2.1) даст рабочую точку А. Из рис. 2.1 находим $Q_д$, $H_д$, $\eta_д$, $N_д$ и по формуле (1.19) определяем $N_в$.

3. Расчет тупиковой водопроводной сети поселка. Определение расчетных расходов.

3.1 Состав водопотребителей.

При расчете водопотребления водопотребителей в сельской местности можно разделить на три сектора: жилищно- коммунальный (население, больница, баня, детские ясли- сад, полив газонов, цветников, зеленых насаждений; скот, птица в личном пользовании), животноводческий (животноводческие комплексы, фермы), производственный (заводы по переработке с/х продуктов, кирпичные и т. д.). Данные о водопотребителях и их количествах заносятся в табл. 3.1.

3.2 Нормы водопотребления.

Для каждой группы водопотребителей существуют определенные нормы потребления воды, определяемые по СНиП [10], некоторые из них приведены в табл. приложения 2. Эти нормы заносятся в табл. 3.2.

3.3 Определение среднесуточных расходов.

Среднесуточные расходы воды каждой группой водопотребителей для жилищно-коммунальиого и животноводческого секторов необходимо определять по формуле

$$Q_{СР.СУТi} = \frac{n_в q_{СР.СУТ}}{1000}, \qquad (3.1)$$

где $Q_{СР.СУТi}$ - средиесуточный расход определенной группы водопотребителей, $м^3/сут$

$n_в$ - расчетное количество водопотребителей с учетом перспективного развития хозяйства в течение 10-15 лет;

$q_{СР.СУТ}$ - среднесуточная норма водопотребления, л/сут (см. табл. 1-4 приложения 2);

а для предприятий производственного сектора находят по формуле

$$Q_{СР.СУТ.П} = n_т q_П, \qquad (3.2)$$

где $n_т$ - количество тонн перерабатываемой продукции, $т/сут$;

$q_П$ - затраты воды на одну тонну перерабатываемой продукции, $м^3$.

Эти данные заносят в табл. 3.1. Среднесуточный расход каждого сектора определяется как сумма среднесуточных расходов групп водопотребителей, входящих в этот сектор. Исходя из данных табл. 1, определяют средиесуточные расходы: жилищно-коммунального сектора ($Q_{СР.СУТ.Ж.К} - м^3/сут$); производственного сектора ($Q_{СР.СУТ.ПР} - м^3/сут$); животноводческого сектора ($Q_{СР.СУТ.Ж} - м^3/сут$).

Таблица 3.1

Среднесуточные расходы водопотребителей

п/п	Наименование водопотребит.	Ср. сут. норма потребл., $q_{СР.СУТ}$, $л/сут$ или $q_П$, $м^3$	Кол-во водопотр. $n_в$ или $n_т$	Среднесут. расход $Q_{СР.СУТi}$ $м^3/сут$
Жилищно-коммунальиый сектор				
1.				
2.				
и т. д.				
Животноводческий сектор				
1.				
2.				
и т. д.				
Производствеиный сектор				
1.				
2.				
и т. д.				

3.4 Режим водопотребления. Определение максимальных расходов воды потребителями.

Для того, чтобы система водоснабжения надежно обеспечивала потребителей водой, ее рассчитывают по максимальному расходу с учетом коэффициента суточной неравномерности $K_{сут}$. Для сельских населенных пунктов в пределах России $K_{сут}$ принимается равным 1.3 для жилищно-коммунального и животноводческого секторов, а для производственного $K_{сут}$=1.1.

Учитывая коэффициент суточной неравномерности, максимальные суточные расходы каждого сектора определяют по формуле

$$Q_{max.сут.} = Q_{ср.сут.} \cdot K_{сут.}, \qquad (3.3)$$

где $Q_{max.сут.}$ - максимальный суточный расход соответствующего сектора, $м^3/сут$;

$Q_{ср.сут.}$ - среднесуточные расходы этих секторов, $м^3/сут$.

Максимальный суточный расход поселка находится по формуле

$$Q_{max.сут.пос} = Q_{max.сут.ж.к} + Q_{max.сут.ж.} + Q_{max.сут.п.} \qquad (3.4)$$

При определении максимальных секундных расходов можно использовать типовые таблицы распределения воды по часам суток (табл. 3.2). В графах 2, 4 и 6 табл. 3.2 показано типовое распределение воды по часам суток в процентах от собственного расхода в жилищно-коммунальном, животноводческом и производственном секторах.

Необходимо определить, как распределяется вода по часам суток в процентах от общего расхода поселка. Для этого определяют коэффициенты $B_к, B_ж, B_{пр}$, которые показывают, какую часть составляет расход данного сектора от расхода всего поселка:

$$B_{ж} = \frac{Q_{max.сут.ж.ж}}{Q_{max.сут.пос}}$$

$$B_{ж} = \frac{Q_{max.сут.ж}}{Q_{max.сут.пос}} \qquad (3.5)$$

$$B_{п} = \frac{Q_{max.сут.п}}{Q_{max.сут.пос}}$$

После проведения расчетов по формулам (3.5) производят проверку, исходя из условия, что сумма $B_к + B_ж + B_{пр}$ должна равняться 1. Значения данных в графах 3,5,7 табл. 2 представляют произведения данных 2,4 и 6 граф табл. 3.2 на соответствующие коэффициенты $B_к, B_ж, B_{пр}$. Для того чтобы получить значения суммарных ординат (графу 8 табл. 3.2), необходимо сложить значения данных 3, 5, 7 граф.

Ординаты интегральной кривой водопотребления за соответствующие часы определяют последовательным сложением суммарных ординат часового водопотребления поселка (графа 8).

За время 0-1 значения графы 8 переносят в графу 9, за время 1-2 к значению графы 9 за время 0-1 прибавляют значение графы 8 за время 1-2 и т. д. В графе 9 за время 23-24 должно быть 100, если другое число, то расчеты по заполнению граф 3, 5, 7-9 выполнены неверно и их повторяют.

Далее необходимо найти максимальный секундный расход и соответствующие ему расходы по секторам:

$$q_{max.с.пос} = \frac{Q_{max.сут.пос} \cdot P_{пос} \cdot 1000}{100 \cdot 3600}; \qquad (3.6)$$

$$q_{max.с.ж.к} = \frac{Q_{max.сут.пос} \cdot P_{ж.к} \cdot 1000}{100 \cdot 3600}; \qquad (3.7)$$

$$q_{max.с.ж} = \frac{Q_{max.сут.пос} \cdot P_{ж} \cdot 1000}{100 \cdot 3600}; \qquad (3.8)$$

$$q_{max.с.п} = \frac{Q_{max.сут.пос} \cdot P_{п} \cdot 1000}{100 \cdot 3600}; \qquad (3.9)$$

где $P_{пос}$ -максимальное значение суммарной ординаты часового водопотребления поселка (графа 8 табл. 3.2);

$P_{к.к}, P_{ж}, P_{пр}$ - значения ординат соответствующих секторов, взятые в % от общего расхода и лежащие на одной горизонтали с $P_{пос}$ (графы 3, 5, 7 табл. 3.2), %.

Таблица 3.2

Типовая таблица распределения воды по часам суток в хозяйстве

Часы суток	Жилищно-коммун. сектор		Животновод. сектор		Производств. сектор		Суммар. ордината часового водопотр. поселка	Ордината интеграл. кривой водопотр.
	в % от собств. расхода	в % от расх	в % от собств. расхода	в % от расх	в % от собств. расход/л	в % от расх		
	2	пос 3	4	пос 5	6	пос 7	8	9
0-1	0.75		3.1		4.17			
1-2	0.75		2.1		4.17			
2-3	1.0		1.9		4.17			
3-4	1.0		1.7		4.17			
4-5	3.0		1.9		4.17			
5-6	5.5		1.9		4.17			
6-7	5.5		3.3		4.17			
7-8	5.5		3.5		4.17			
8-9	3.5		6.1		4.17			
9-10	3.5		9.1		4.17			
10-11	6.0		8.6		4.17			
11-12	8.5		2.9		4.17			
12-13	8.5		3.3		4.17			
13-14	6.0		4.3		4.17			
14-15	5.0		4.8		4.17			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15-16	5.0		2.9		4.17			
16-17	3.5		10.0		4.16			
17-18	3.5		4.8		4.16			
18-19	6.0		2.9		4.16			
19-20	6.0		3.1		4.16			
20-21	6.0		2.6		4.16			
21-22	3.0		6.5		4.16			
22-23	2.0		5.3		4.16			
23-24	1.0		3.4		4.16			100
Итого	100%		100%		100%			

После проведения расчетов по формулам (3.6)-(3.9) производится проверка максимальных расходов из условия: $q_{max.c.nc} = q_{max.c.ж.к} + q_{max.c.ж} + q_{max.c.п}$.

На основании данных табл. 3.2 строят суточные графики водопотребления каждого сектора и всего поселка (рис. 3.1). Для построения этих графиков на оси абсцисс откладывают часы суток 0-24 часа а по оси ординат- водопотребление в % от расхода поселка (значение граф 3, 5, 7,8 табл. 3.2). Строят интегральную кривую водопотребления по данным графы 9 табл. 3.2, показывающую, какое количество воды (в % от суточного расхода) израсходовано потребителями от начала суток до соответствующего момента времени (рис. 3.2).

На оси абсцисс откладывают в масштабе часы 0-24, а на оси ординат-соответствующие значения водопотребления в %. 24 часа соответствуют 100 %. (Рис. 3.2). На этот рисунок наносят график водоподачи в том же масштабе. Если время работы насоса второго водоподъема равно 24, то соединяют точки на оси абсцисс 0, а на оси ординат 100, соответствующие 24 часам. Если время работы насосной станции 23 часа, то соединяют точки 0 на оси абсцисс и на оси ординат 100, соответствующие 23 часам. Графики строят на миллиметровой бумаге формата 12.

Определяют максимальные секундные расходы воды для бани, больницы и детских ясель-сада

Для бани

$$q_б = \frac{n_б q_{ср.сут.б} K_{сут.б} K_{час.б}}{T_б \cdot 3600}, \qquad (3.10)$$

где $q_б$ - максимальный расход воды в бане, л/с;

$n_б$ - пропускная способность бани поселка;

$q_{ср.сут.б}$ - среднесуточная норма потребления в сутки максимального водопотребления для одного посетителя, л/сут; (табл. 2 приложения 2);

K - коэффициент суточной неравномерности для бани (принять 1.3);

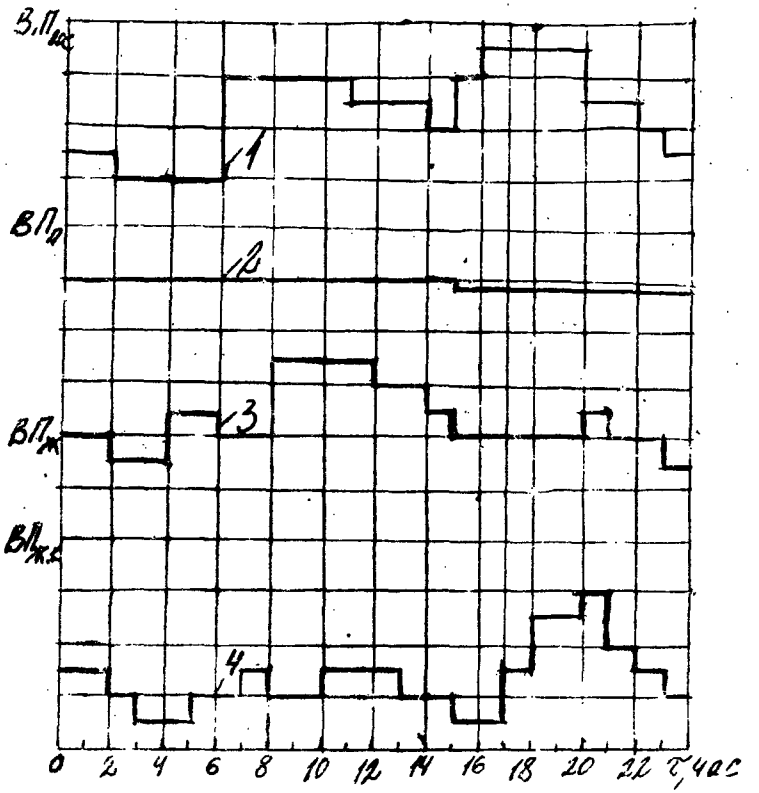


Рис. 3.1.

Графики водоподачи

1 – всего посёлка; 2 – производственного сектора;

3 – животноводческого сектора; 4 – жилищно – коммунального сектора.

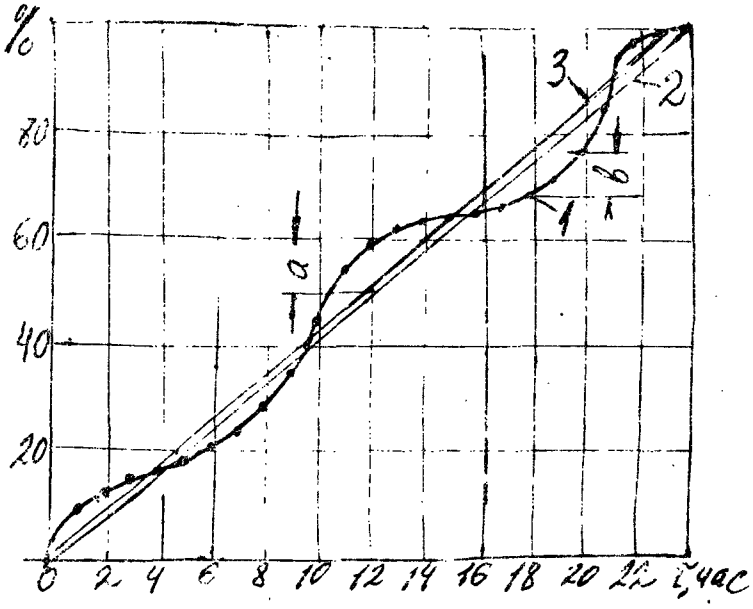


Рис. 3.2.

Интегральная кривая водопотребления для посёлка и графики водоподачи

1 – интегральная кривая водопотребления; 2 – график водоподачи при T = 24 часа; 3 – то же – T = 23 часа.

$K_{час.б}$ - коэффициент часовой неравномерности для бани (определить по данным табл. 3.2 графа 3, т. е. значение max ординаты разделить на среднее 4.17);

$T_б$ - время работы бани (принять 6 часов в сутки)

Для больницы

$$q_{бл} = \frac{n_{бл}\, q_{ср.сут.бл}\, K_{сут.бл}\, K_{час.бл}}{T_{бл} \cdot 3600}, \qquad (3.10)$$

где $q_{бл}$ - максимальный расход воды в больнице, л/с;

$n_{бл}$ - число коек;

$q_{ср.сут.бл}$ - среднесуточная норма потребления в сутки максимального водопотребления для одной койки, л/сут; (табл. 2 приложения 2);

$K_{сут.бл}$ - коэффициент суточной неравномерности для больницы (принять 1.3);

$K_{час.бл}$ - коэффициент часовой неравномерности для больницы ($K_{час.бл} = K_{час.б}$);

$T_{бл}$ - время работы больницы (работает круглосуточно).

Для ясель- детского сада

$$q_{я.д.с} = \frac{n_{я.д.с}\, q_{ср.сут.я.д.с}\, K_{сут.я.д.с}\, K_{час.я.д.с}}{T_{я.д.с} \cdot 3600}, \qquad (3.10)$$

где $q_{я.д.с}$ - максимальный расход воды в яслях- детском саде, л/с;

$n_{я.д.с}$ - число детей в яслях- детском саде, реб;

$q_{ср.сут.я.д.с}$ - среднесуточная норма потребления в сутки максимального водопотребления для одного ребенка, л/сут; (табл. 2 приложения 2);

$K_{сут.я.д.с}$ - коэффициент суточной неравномерности для ясель- детского сада (принять 1.3);

$K_{час.я.д.с}$ - коэффициент часовой неравномерности для ясель- детского сада ($K_{час.я.д.с} = K_{час.б}$),

$T_{я.д.с}$ - время работы ясель- детского сада (принять 9 часов в сутки).

4 РАСЧЕТ РАЗВОДЯЩЕЙ СЕТИ

4.1. Трассировка разводящей сети.

Трассирование водопроводной сети, в процессе которого ей придают определенное геометрическое начертание на плане, зависит от планировки объекта водоснабжения и размещения на его территории отдельных водопотребителей, рельефа местности, наличия естественных и искусственных препятствий для укладки труб. При трассировании водопроводной сети необходимо руководствоваться следующими положениями: главные магистральные линии нужно прокладывать по кратчайшему расстоянию к наиболее крупным водопотребителям, а также к водонапорной башне или от нее;

водопроводные линии должны быть расположены равномерно по всей территории объекта водоснабжения;

магистральные линии следует прокладывать по возможности на наиболее возвышенных отметках местности;

водопроводные линии следует располагать параллельно линиям застройки

Пользуясь планом поселка с указанными на нем водопотребителями, необходимо решить следующие задачи: выбрать место под водонапорную башню, наметить магистральный трубопровод и тупиковые ответвления к водопотребителям, дать нумерацию узлов и участков водопроводной сети.

Все это необходимо нанести на план поселка, вычерченный на миллиметровой бумаге формата 12 в соответствующем масштабе.

Водонапорная башня должна размещаться на наивысшей отметке территории поселка (на плане поселка указаны горизонтали).

При проектировании магистральный трубопровод прокладывается вдоль длинной стороны поселка, а от него по кварталам размещаются тупиковые отводы к водопотребителям.

После того, как произведена трассировка разводящей сети, необходимо замерить длины каждого участка и записать в табл. 4.1. В этой же таблице в графе «Примечания» значком «П» отметить те участки, на которых происходит путевая раздача воды водопотребителям, а значком «Т» - те участки, где происходит только транзитный расход.

Таблица 4.1

Длины участков водопроводной сети

№№	Наименование участка сети	Длина участка по планшету, см	Масштаб	Длина участка	Примечание
1. 2. 3. и т. д.					

4.2. Определение расходов на участках водопроводной сети.

После трассировки разводящей сети необходимо определить расчетные расходы на каждом участке.

Максимальные секундные расходы промышленных предприятий и животноводческих комплексов или ферм будут являться расчетными на участках, подводящих воду к ним при условии, что эти трубопроводы не служат для путевой раздачи воды.

При определении расходов на участках сети, отмеченных буквой П (табл. 4.1), т. е. участков, на которых происходит путевая раздача воды потребителям, вода равномерно распределяется по длине. Это хозяйственные расходы. Они определяются по формуле

$$q_{хоз} = q_{мах.с.ж.к} - q_{б} - q_{п} - q_{я.д.с}, \quad (4.1)$$

где $q_{хоз}$ - хозяйственный расход, л/с.

Находим удельный расход по формуле

$$q_{уд} = \frac{q_{хоз}}{\sum l_{хоз}}, \quad (4.2)$$

где $q_{уд}$ - удельный расход воды, л/с на 1 п. м;

$\sum l_{хоз}$ - сумма длин участков трубопровода с путевыми расходами, м.

Зная удельный расход, определяют путевой расход на каждом участке с путевыми расходами по формуле

$$q_{пут} = q_{уд} \cdot l_{уч i}, \quad (4.3)$$

где $q_{пут}$ - путевой расход на участке, л/с;

$l_{уч i}$ - длина участка, на котором определяется путевой расход, м.

Проверка. Сумма всех путевых расходов должна быть равна хозяйственному расходу.

Главной задачей расчета является определение расчетных расходов на отдельных участках, по которым подбираются диаметры трубопроводов. Расчетный расход определяется на каждом участке сети, причем его определение начинают вести с самого последнего отдаленного участка сети, навстречу движению воды, по формуле

$$q_{РАС} = q_{тр} + 0.5\, q_{пут}, \quad (4.4)$$

где $q_{РАС}$ - расчетный расход на участке, л/с;

$q_{тр}$ - транзитный расход, проходящий через расчетный участок без отдачи, л/с.

Проверка. Расчетный расход, проходящий по первому участку, должен быть равен максимальному секундному расходу поселка. Данные расчетных расходов заносят в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Расчетные расходы, диаметры труб по ГОСТ, расчетные скорости по ГОСТ, потери напора.

п/п	Наимен. участка сети	Расчетные расходы, $q_{РАС}$, л/с	Расчетные диаметры, $d_р$, мм	Диаметры труб по ГОСТ, $d_г$, мм	Расчетные скорости, $\vartheta_р$, м/с	Потери напора на участке, h, м

4.3. Гидравлический расчет водопроводной сети.

При гидравлическом расчете сети определяют диаметр труб по участкам, а также потери напора на них.

Расчетный диаметр определяют по формуле

$$d_р = \sqrt{\frac{4q_{РАС}}{\pi\vartheta}}, \qquad (4.5)$$

где $d_р$ - расчетный диаметр, м;

$q_{РАС}$ - расчетный расход на участке, $м^3/с$;

ϑ - скорость движения воды по трубам (принимается 1 м/с)

Подбор экономически наивыгодных диаметров труб можно произвести по [1].

При определении диаметра труб по ГОСТ необходимо полученные величины расчетных диаметров округлить до ближайших стандартных (табл. 5-9 приложения 2). Затем производят определение действительной скорости по формуле

$$\vartheta_р = \frac{4q_{РАС}}{\pi d^2_г}, \qquad (4.6)$$

где $\vartheta_р$ - расчетная скорость воды в трубопроводе при принятом стандартном диаметре, м/с;

$q_{РАС}$ - расчетный расход воды на участке, $м^3/с$;

$d_г$ - принятый стандартный диаметр труб, м.

При определении потерь напора на участках пользуются формулой

$$h_i = A \cdot q^2_{РАС} \cdot l_i K_\vartheta K_M, \qquad (4.7)$$

где h_i - потери напора на участке, м;

A - удельное сопротивление трубопровода на данном участке, взятое по табл. 5-9 в зависимости от диаметра $d_г$ и материала стенок труб, $с^2/м^6$;

$q_{РАС}$ - расчетный расход на участке, $м^3/с$;

l_i - длина участка, м;

K_ϑ - скоростной коэффициент, который определяется по расчетной скорости воды в трубопроводе (табл. 10 приложения 2);

K_M - коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях ($K_M = 1.05 - 1.10$).

Определяя потери напора, необходимо стремиться, чтобы на каждом участке их величина не превышала 3...5 м. Если потери напора больше 3...5 м, то увеличивают диаметры трубопровода. Данные расчетов заносят в табл. 4.2.

5. ВОДОНАПОРНАЯ БАШНЯ

5.1 Определение высоты водонапорной башни

Для того чтобы определить высоту водонапорной башни, необходимо прежде найти диктующую точку, т. е. точку, куда труднее всего подать воду. Выбирают несколько сечений трубопровода, наиболее удаленных от водонапорной башни. Напор, который необходимо иметь в том или ином сечении водопровода, можно определить по формуле

$$H_i = [H_{СВ}] + \nabla_i - \nabla_{В.Б} + \sum h_{i-В.Б}, \qquad (5.1)$$

где $[H_{СВ}]$ - свободный напор в соответствующем сечении, определяемый по табл. 11 приложения 2, м;

$\nabla_i, \nabla_{В.Б}$ - геодезические отметки местности в данном сечении и в месте установки водонапорной башни, м;

$\sum h_{i-В.Б}$ - потери напора при движении воды от водонапорной башни до данного сечения, определяемые по данным табл. 4.2. Диктующая точка будет та, у которой H_i максимально.

Высота водонапорной башни определяется по формуле

$$H_{ВБ} = \nabla_д - \nabla_б + \sum h_{дБ} + H_{СВ}, \qquad (5.2)$$

где $H_{ВБ}$ - высота ствола водонапорной башни, м;

$\nabla_д$ - геодезическая отметка в диктующей точке, м;

$\nabla_б$ - геодезическая отметка в месте установки башни, м;

$\sum h_{дБ}$ - сумма потерь напора на участках от водонапорной башни до диктующей точки, м;

$H_{СВ}$ - свободный напор в диктующей точке (табл. 11 приложения 2).

5.2 Определение емкости бака водонапорной башни

Объем воды в баке водонапорной башни складывается из регулирующего объема $W_р$ и пожарного объема $W_п$.

Для того чтобы определить регулирующий объем бака водонапорной башни, необходимо воспользоваться рис. 3.2.

Регулирующий объем определяется по формуле

$$W_р = \frac{Q_{МАКС.СУТ.ПС}}{100}\frac{(a+b)}{}, \qquad (5.3)$$

где $W_р$ - регулирующий объем, $м^3$;

$Q_{МАКС.СУТ.ПС}$ - максимальный суточный расход поселка, $м^3/с$ *уточ*

a - максимальная ордината между интегральной кривой водопотребления и графика водоподачи по избытку, %;

b - максимальная ордината между интегральной кривой водопотребления и графика водоподачи по недостатку, %.

Для того чтобы регулирующая емкость была наименьшей, необходимо выбрать такой промежуток времени работы насосной станции при заданном времени работы в сутки T, чтобы сумма максимальных ординат по избытку и недостатку была наименьшей.

В башне должен храниться неприкосновенный запас воды для тушения пожара в течение 10 мин., который следует определять по формуле

$$W_{п} = \frac{n_{пж}\, T_{пж}\, g_{пж}\, 60}{1000}, \qquad (5.4)$$

где $W_{п}$ - запас воды для тушения пожара, $м^3$;

$n_{пж}$ - число пожаров, которые одновременно могут возникнуть в населенном пункте (табл. 12 приложения 2);

$T_{пж}$ - время, в течение которого необходимо включить основные насосы ($T = 10$ мин);

$g_{пж}$ - расход воды на тушение пожара, л/с (табл. 12 приложения 2).

Объем воды в баке водонапорной башни следует определять по формуле

$$W_{б} = W_{р} + W_{п}. \qquad (5.5)$$

По полученному суммарному значению объема воды можно найти диаметр и высоту бака, исходя из соотношения высоты к диаметру $H_{бак}/Д_{бак} = 0.7$,

$$Д_{бак} = \sqrt[3]{W_{б}/0.55}, м^3; \qquad (5.6)$$

$$H_{бак} = 0.7 Д_{бак}, м. \qquad (5.7)$$

Строительная высота бака будет

$$H_{с.бак} = 0.25 + H_{бак} + 0.2, м,$$

где 0.25- величина, предусматривающая осадок в баке, $м$;

0.2- величина, предусматривающая превышение бортов бака над уровнем воды, $м$.

Строительный объем бака водонапорной башни определяется по формуле

$$W_{с.бак} = \left(\frac{\pi}{4} Д_{бак}^{2}\right) H_{с.бак}. \qquad (5.8)$$

По $W_{с.бак}$, $H_{с.бак}$, $Д_{бак}$ можно подобрать типовые конструкции водонапорных башен (табл. 13 приложения 2).

6 ПРОВЕРКА СЕТИ НА ПРОПУСК ПОЖАРНОГО РАСХОДА.

Водонапорную сеть необходимо проверить на пропуск с учетом пожарного расхода. По СНиП [10] скорости воды в трубах в этом случае не должны превышать 2-2.5 м с и определяются по формуле

$$\vartheta_{п} = \frac{4(q_{РАСЧ} + q_{П})}{\pi \cdot d_{Г}^{2}} \le 2 - 2.5 \, м/с. \qquad (6.1)$$

где $q_{РАСЧ}$ - расчетный расход воды на соответствующем участке, $м^3/с$;

$q_{П}$ - расход воды на тушение пожара (см. формулу 5.4), $м^3/с$,

$d_{Г}$ - диаметр труб по ГОСТ на расчетном участке $м$.

Если расчетные скорости будут превышать допустимые, то необходимо увеличивать диаметры труб на соответствующих участках.

Выбирают несколько участков, где расчетные расходы наибольшие и проверяют на них условие (6.1), начиная с участка, на котором расход наибольший. Расчет ведут до тех пор, пока на выбранном участке скорость $\vartheta_{П}$ будет менее 2-2.5 $м/с$ и тогда расчет прекращают.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРА И ПОДАЧИ НАСОСА ВТОРОГО ВОДОПОДЪЕМА.

Расчетная подача насоса второго водоподъема находится по формуле

$$Q_{Н} = \frac{Q_{макс.сут.пос}\, K_{Н}}{T \cdot 3600 \cdot 24}, \qquad (7.1)$$

где $Q_{Н}$ - подача насоса второго водоподъема, $м^3/с$,

$Q_{макс.сут.пос}$ - максимальный суточный расход поселка, $м^3/с$ $ут$

$K_{Н}$ - коэффициент, учитывающий расход воды на промывку фильтров и другие нужды ($K_{Н} = 1.09$);

T - время работы насосной станции, час.

Напор насоса на насосной станции второго водоподъема определяется по формуле

$$H_{Н} = H_{Г.ВС} + \nabla_{В.Б} + \nabla_{Н} + H_{В.Б} + H_{С.БК} + \sum h_{Н-В.Б} + h_{ВС}, \qquad (7.2)$$

где $H_{Н}$ - напор насоса второго водоподъема, м;

$H_{Г.ВС}$ - геометрическая высота всасывания, м;

$H_{В.Б}$ - высота ствола водонапорной башни, м;

$H_{С.БК}$ - строительная высота бака водонапорной башни, м;

$h_{ВС}$ - потери напора во всасывающем трубопроводе, м;

$\sum h_{Н-В.Б}$ - потери напора в водопроводе от насоса до водонапорной башни, м;

$\nabla_{В.Б}$, $\nabla_{Н}$ - геодезические отметки насоса и водонапорной башни, м.

Геометрический напор всасывания находится по формуле

$$H_{Г.ВС} = H_{ВАК} - (\varphi_{КЛ} + \varphi_{0} + \varphi_{З}) \frac{\vartheta^{2}_{Р.ВС}}{2g} + A_{ВС} l_{ВС} Q_{Н}^{2}, \qquad (7.3)$$

где $H_{Г.ВС}$ - геометрический напор всасывания, м;

$H_{вак}$ - вакуум в сечении II-II (принимается 5-7 м в зависимости от конструкции насоса), м;

$\varphi_{кл}, \varphi_{о}, \varphi_{з}$ - коэффициенты местных сопротивлений всасывающего клапана, отвода, задвижки полностью открытой (принимается по [11]);

$\vartheta_{т.в}$ - расчетная скорость во всасывающем трубопроводе, $м/с$;

$A_{в}$ - удельное сопротивление всасывающего трубопровода, взятое по табл 5-9 в зависимости от диаметра $d_{т}$ всасывающего трубопровода и его материала стенок, $с^2/м^6$,

$l_{вс}$ - длина всасывающего трубопровода (см рис 3 приложения 1), м;

$Q_{н}$ - подача насоса, $м^3/с$.

По формулам (4-5), (4-6) и табл. 5-9 приложения 2 находят расчетный диаметр всасывающего трубопровода $d_{р.в}$, его диаметр по ГОСТ, $d_{т.вс}$ и расчетную скорость во всасывающем трубопроводе $\vartheta_{р.вс}$, принимая $q_{р.вс} = Q_{н}$ (подача насоса).

ЛИТЕРАТУРА

1.Белан А. Е., Хорунжий П. Д. Технико-экономические расчеты водопроводных систем на ЭВМ. Киев: Вища. школа, 1979, 230 с.

2.Белан А. Е., Хорунжий П. Д. Проектирование и расчет устройств водоснабжения. Киев: Будивельник, 1981, 210 с.

3.Исаев А. П., Сергеев Б. И., Дидур В. А. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов. М.: ВО Агропромиздат, 1990, 400 с.

4.Карасев Б. В., Дечев В. И. Гидравлика, основы сельскохозяйственного водоснабжения и канализации. Минск: Вышейшая школа, 1983, 285 с.

5.Логинов В. П., Шуссер Л. М. Справочник по сельскохозяйственному водоснабжению. М.: Колос, 1981, 272 с.

6.Скобельцын Ю. А., Аракельян Л. В. Методические указания по подбору лопастных насосов Краснодар: 1981, 28 с.

7.Скобельцын Ю. А., Громадский А. В. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов. Краснодар: 1986, 113 с.

8.Скобельцын Ю. А. и др. Лопастные насосы, ч. 2, Нальчик: 1988, 55 с.

9.Скобельцын Ю. А., Фетисов В. Д., Громадский А. В. Руководство к расчету тупиковой водопроводной сети. Краснодар: 1986, 20 с.

10.СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М.: Гос. ком. по строительству, 1985, 134 с.

11.Степанов П. М., Овчаренко И. К Скобельцын Ю. А. Справочник по гидравлике для мелиораторов. М.. Колос, 1984. 207 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

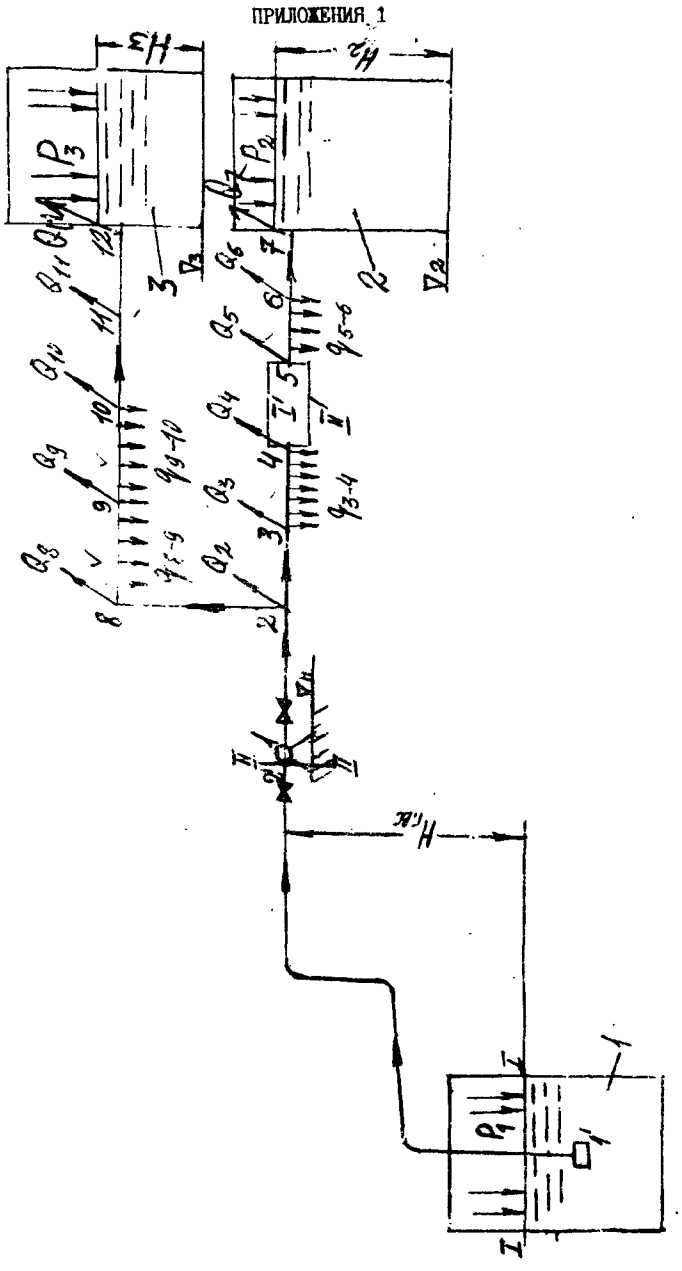


Рис. . . Расчетная схема водопроводной сети.

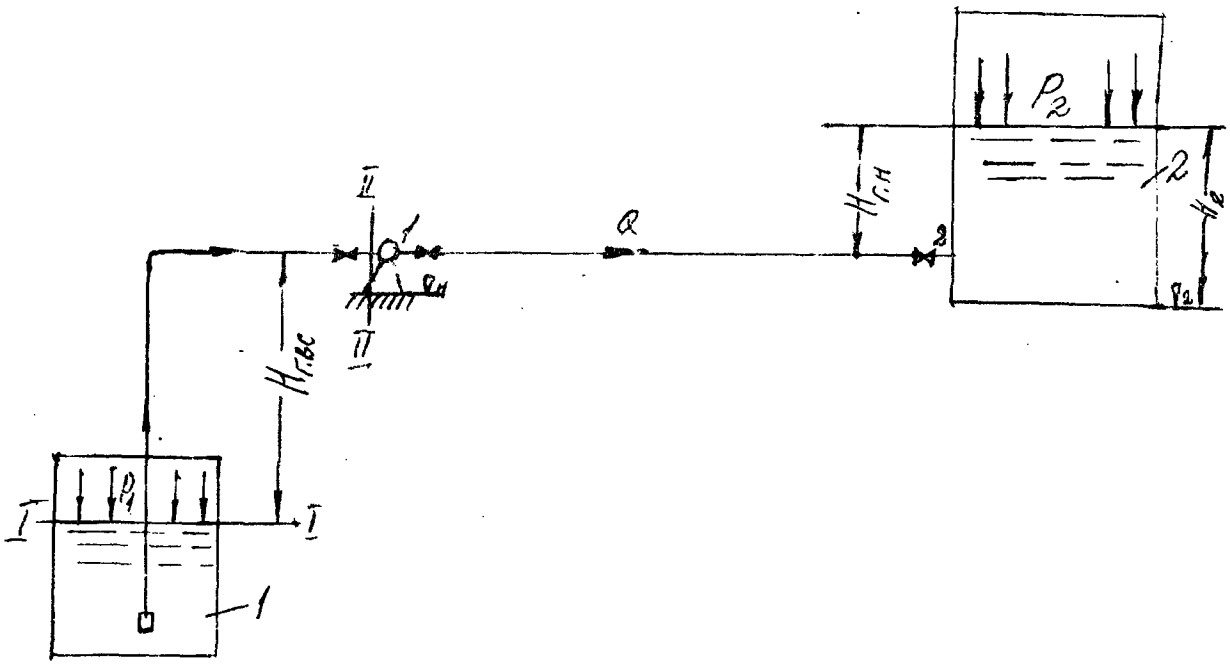


Рис. 2.
Расчётная схема нефтепроводной сети.

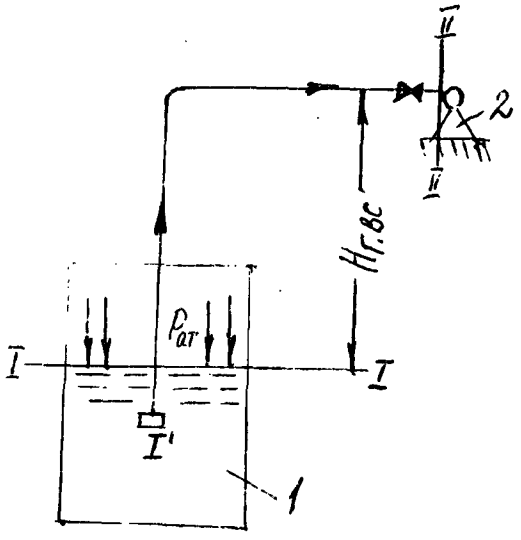
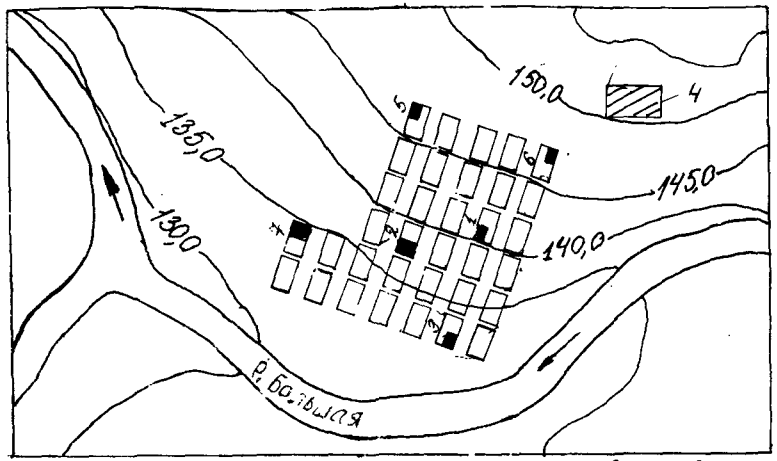


Рис. 3.

Расчётная схема всасывающего трубопровода насоса второго подъёма

1 – резервуар чистой воды; 2 – насос; $\ell_{I'-II}$ = 6+0,01$\sqrt{n}$ ... $\ell_{вс}$ – длина всасывающего трубопровода.

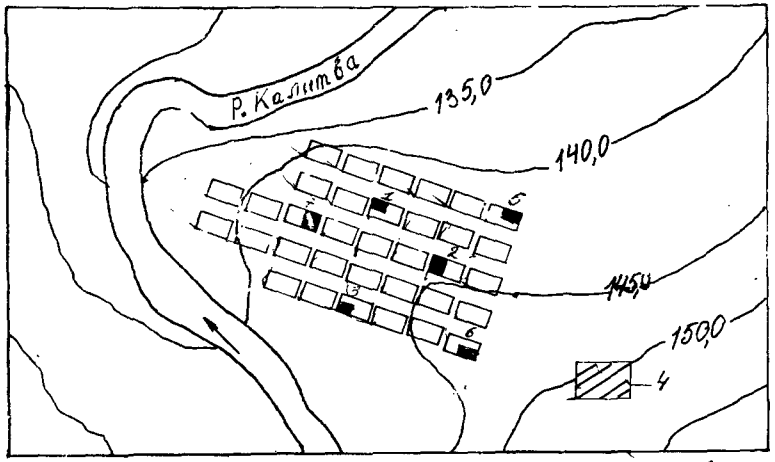
Поселок 1 Масштаб 1:25000



1-баня ; 2-больница ; 3-ясли-детский сад; 4-животноводческий комплекс ; 5-хлебопекарня ; 6-молочный завод; 7-маслозавод

Рис. 4.

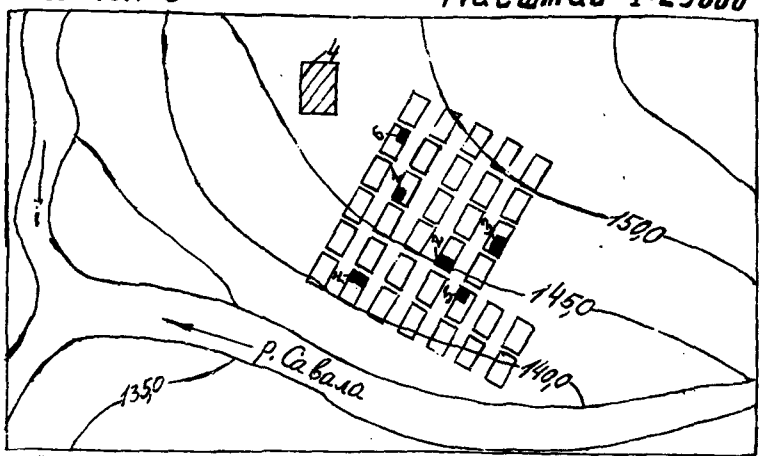
Поселок 2 Масштаб 1:25000



1-баня ; 2-больница ; 3-ясли-детский сад; 4-животноводческий комплекс ; 5-хлебопекарня; 6-молочный завод; 7-маслозавод

Рис. 5.

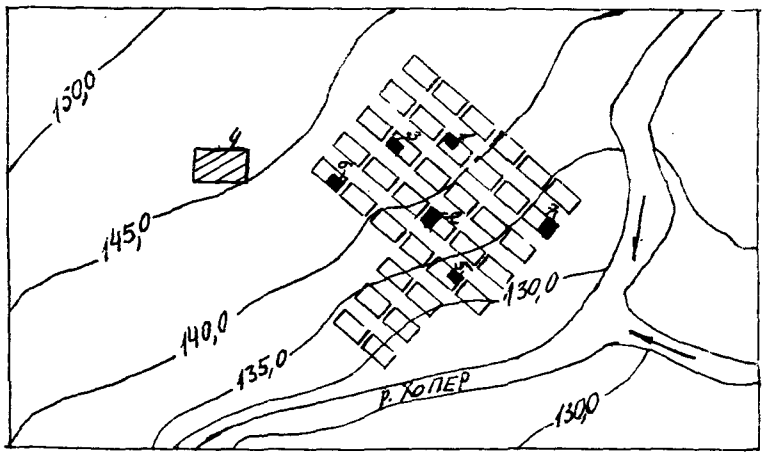
Поселок 3 Масштаб 1:25000



1-баня ; 2-больница ; 3-ясли-детский сад ; 4-животноводческий комплекс; 5-хлебопекарня; 6-молочный завод; 7-маслозавод

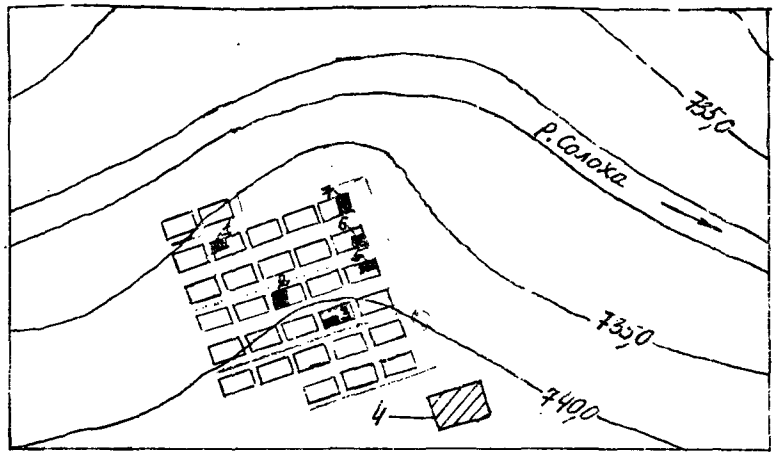
Рис. 6.

Поселок 4 Масштаб 1:25000



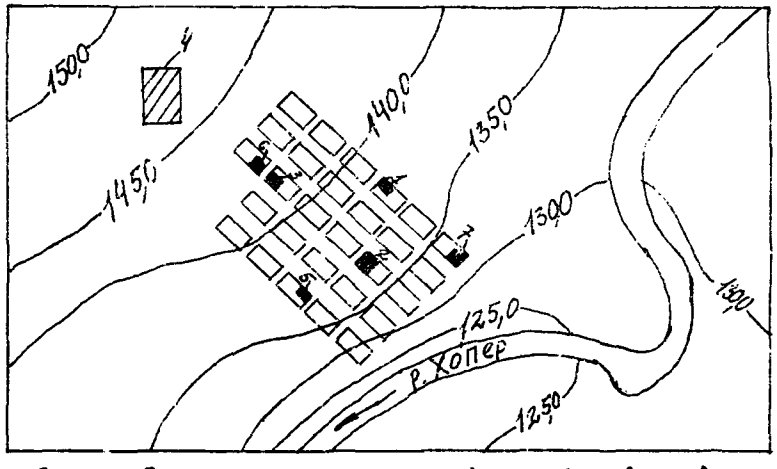
1-баня ; 2-больница ; 3-ясли-детский сад ; 4-животноводческий комплекс ; 5-хлебопекарня ; 6-молочный завод; 7-маслозавод

Рис. 7.



1-баня; 2-больница; 3-ясли-детский сад; 4-животноводческий комплекс; 5-хлебопекарня; 6-молочный завод; 7-маслозавод

Рис. 8.



1-баня; 2-больница; 3-ясли-детский сад; 4-животноводческий комплекс; 5-хлебопекарня; 6-молочный завод; 7-маслозавод

Рис. 9.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Таблица 1

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления для сельских населенных пунктов

№№	Степень благоустройства районов жилой застройки	Среднесуточная норма потребления на одного жителя, л/сут
1.	Застройка зданиями, оборудованными внутренними водопроводами и канализацией без ванн	125-160
2.	То же с ваннами и местными водонагревателями	160-230
3.	То же с централизованным горячим водоснабжением	230-350
4.	Застройка зданиями, не оборудованными внутренними водопроводами и канализацией с водоснабжением из водоразборных колонок	30-50

Примечание. 1. Нормами водопотребления учтены расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды в жилых и общественных зданиях, за исключением расхода воды для домов отдыха, санаториев, и пионерских лагерей.

2. Выбор норм водопотребления в пределах, указанных в приложении I, должен производиться в зависимости от природно- климатических условий, мощности источника водоснабжения, степени благоустройства, этажности застройки, уклада жизни населения и других местных условий.
3. Для сельских населенных пунктов с числом жителей до 3000 чел. следует принимать меньшую норму водопотребления.
4. Количество воды на нужды местной промышленности, обслуживающей местное население, и неучтенные расходы допускается принимать дополнительно в размере 5-10 % суммарного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населенного пункта.
5. При централизованной системе горячего водоснабжения с непосредственным отбором воды из тепловых сетей до 40 % общего расхода воды подается потребителям из сетей теплоснабжения.

Таблица 2

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в отдельных зданиях

Водопотребитель	Измеритель	Норма расхода воды в сутки максимального водопотребления, л/сут
Больница	Койка	250
Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей	Ребенок	75
Бани	Посетитель	180
Прачечные механизированные	Кг сухого белья	75
Столовые	Блюдо	12

Таблица 3

Нормы расхода воды для скота, птиц, зверей

№№	Наименование водопотребителей	Среднесуточная норма потребления на одну голову скота, птиц, зверей, л/сут
1.	Коровы молочные	100
2.	Коровы мясные	70
3.	Быки и нетели	60
4.	Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет	30
5.	Телята в возрасте до 6 мес.	20
6.	Лошади рабочие, верховые, рысистые и некормящие матки	60
7.	Лошади племенные и кормящие матки	80
8.	Жеребцы - производители	70
9.	Жеребята в возрасте до 1.5 лет	45
10.	Овцы взрослые	10
11.	Молодняк овец	6
12.	Хряки-производители, матки взрослые	25
13.	Свиноматки с поросятами	60
14.	Свиноматки супоросные, холостые	25
15.	Свиньи на откорме	15
16.	Куры	1
17.	Индейки	1.5
18.	Утки и гуси	2
19.	Норки, соболи	3
20.	Лисицы и песцы	7
21.	Кролики	3

Примечание: 1. Для молодняка птицы нормы следует уменьшить вдвое.

2. В жарких и сухих районах допускается увеличение нормы на 25 %.
3. В нормы включен расход воды на мойку помещений, клеток, молочной посуды, приготовление кормов и т. д.
4. На удаление навоза принимается дополнительный расход воды в размере от 4 до 10 л на голову в зависимости от способа его удаления.
5. Норму водопотребления для скота и птиц, находящихся в личном пользовании населения, допускается снижать для крупного рогатого скота на 40 %, для остального скота и птиц на 30 %.

Таблица 4

Нормы расхода воды на хозяйственно- питьевые нужды на промышленных предприятиях на 1 человека в смену для цехов с тепловыделениями более 20 ккал на 1 м^3/ч принимается 45 л, в остальных случаях - 25 л.

Расходы воды на производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий определяется на основании технологических данных. Для ориентировочных расчетов расхода воды можно пользоваться нормами водопотребления на единицу продукции.

Так на 1 т перерабатываемой продукции затрачивается воды на заводах молочных, консервных 10-15 м^3, в хлебопекарнях 1.7 м^3, сыроваренных, маслодельных 35-40 м^3, в мясокомбинатах 6-10 м^3.

При отсутствии данных о площадях зеленых насаждений поселков расход на их поли принимают ориентировочно на одного жителя 50-90 л/сут.

На заправку водой одного трактора или комбайна расходуется до 1 л/сут. на каждую лошадиную силу установленных на них двигателей; одной автомашины- 10 л/сут. на 1 т ее грузоподъемности. На мойку автомашин грузоподъемностью до 3 т требуется 400-500 л воды, тракторов- 300-600 л; на одну ремонтируемую машину или трактор в мастерской- 1 м^3/сут.

Таблица 5

Удельные сопротивления А для асбестоцементных труб (ГОСТ 539-73 и ГОСТ 5.990-70*) при $\vartheta = 1 м/с$

Условный проход, d, мм	Внутренние диаметры и А					
	ВТ-6		ВТ-9		ВТ-12	
	$d_в$, мм	A, с^2/м^6	$d_в$, мм	A, с^2/м^6	$d_в$, мм	A, с^2/м^6
100	104	153.144	100	187.717	96	232.014
150	146	26.334	141	31.554	135	39.543
200	196	5.711	189	6.897	181	8.633
250	244	1.832	235	2.227	228	2.605
300	289	0.761	279	0.914	270	1.083
350	334	0.359	322	0.434	312	0.511

Таблица 6

Удельные сопротивления А для чугунных труб (ГОСТ 9583-75) при $\vartheta = 1.0\,м/с$ (новых)

Условный проход, d_y, мм	Внутренние диаметры					
	ЛА		А		В	
	$d_{вн}$, мм	$A, с^2/м^6$	$d_{вн}$, мм	$A, с^2/м^6$	$d_{вн}$, мм	$A, с^2/м^6$
65	67.6	2556.304	66.2	2855.204	65.0	3144.970
80	83.6	831.980	82.2	909.637	80.8	996.068
100	103.0	276.197	101.4	300.017	100.0	322.887
125	128.2	86.890	126.3	92.852	125.0	99.307
150	153.4	33.663	151.6	35.829	150.0	37.895
200	203.6	7.542	201.8	7.904	200.0	8.287
250	254.0	2.314	252.0	2.444	250.0	2.549
300	304.0	0.901	302.2	0.936	300.0	0.973
350	354.6	0.402	352.4	0.415	350.0	0.431

Таблица 7

Удельные сопротивления А для чугунных труб (ГОСТ 9583-75) при $\vartheta = 1.2\,м/с$ (не новых)

Условный проход, d_y, мм	Внутренние диаметры					
	ЛА		А		В	
	$d_{вн}$, мм	$A, с^2/м^6$	$d_{вн}$, мм	$A, с^2/м^6$	$d_{вн}$, мм	$A, с^2/м^6$
65	66.6	2984.599	65.2	3340.316	64.0	3685.922
80	82.6	953.466	81.2	1043.885	79.8	1144.680
100	102.0	311.687	100.4	338.930	99.0	365.118
125	127.2	96.720	125.6	103.430	124.0	110.704
150	152.4	37.110	150.6	39.521	149.0	41.823
200	202.6	8.206	200.8	8.603	199.0	9.024
250	253.0	2.528	251.0	2.637	249.0	2.751
300	304.4	0.949	302.2	0.986	300.0	1.025
350	354.6	0.422	352.4	0.437	350.0	0.453

Таблица 8

Удельные сопротивления А для стальных труб (ГОСТ 10704-63 и ГОСТ 8696-74)

Условный проход, d_y, мм	Новые $\vartheta = 1 м/с$		Не новые $\vartheta = 1.2 м/с$	
	$d_{вн}$, мм	$A, с^2/м^6$	$d_{вн}$, мм	$A, с^2/м^6$
100	102	224.249	101	328.395
125	126	74.326	125	106.090
150	152	27.884	151	38.969
200	211	5.023	210	6.785
250	265	1.527	264	2.015
300	315	0.619	315	0.791
350	367	0.278	367	0.362

Таблица 9

Стандартные диаметры и соответствующие им значения удельных сопротивлений для не новых стальных водогазопроводных труб (ГОСТ 3262-62)

$d_{ст}$, мм	Удельное сопротивление трубопровода А, $с^2/м^6$
8	225.5
10	329.5
15	8.8
20	1.643
25	0.437
32	0.094
40	0.044
50	0.011
70	0.0029
80	0.0012
100	0.00027
125	0.0000s6
150	0.000034
175	0.000019
200	0.0000093
225	0.00000-8
250	0.0000026
300	0.00000094
350	0.00000041
400	0.00000021

Таблица 10

Поправочные коэффициенты K_ϑ к значениям удельных сопротивлений А

ϑ, м/с	Трубы			
	стальные новые	чугунные новые	не новые стальные, чугунные	асбестоцементные
0.6	1.057	1.115	1.115	1.082
0.7	1.039	1.078	1.085	1.056
0.8	1.021	1.047	1.060	1.034
0.9	1.011	1.021	1.040	1.016
1.0	1.000	1.000	1.030	1.000
1.1	0.993	0.988	1.015	0.986
1.2	0.986	0.965	1.000	0.974
1.3	0.979	0.951	1.000	0.963
1.4	0.972	0.938	1.000	0.953
1.5	0.968	0.927	1.000	0.944

Таблица 11

Свободные напоры

1.Минимальный свободный напор в сети водопровода населенного пункта принимается при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большой этажности на каждый этаж следует добавить по 4 м.

2.Свободный напор в сети у водоразборных колонок должен быть не менее 10 м.

3.Минимальный свободный напор при одноэтажных зданиях животноводческих ферм должен быть не менее 8 м.

4.Свободный напор в сети производственного водопровода принимается по технологическим характеристикам оборудования; в частности, свободный напор на вводе в молочный завод должен быть не менее 20 м.

5.Гидравлический напор в наружной сети хозяйственно- питьевого водопровода у потребителя не должен превышать 60 м.

Таблица 12

Расход воды на наружное пожаротушение в населенных пунктах в л/с на 1 пожар

К-во жителей в нас. пункте в тыс. чел.	Расчетное к-во одновременных пожаров	Застройка до 2 этажей включительно $q_п$, л/с	Застройка зданиями высотой 3 этажа и выше $q_п$, л/с
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25

Таблица 13

Геометрические размеры типовых водонапорных башен

Водонапорная башня	$W_{с.як}$, м³	$H_{с.як}$, м	$Д_{бак}$, м	Типовой проект
Бак стальной, ствол кирпичный	50	5, 12, 15, 18, 21, 24	3.083	901-5-21/70
То же	100	12, 15, 18, 21, 24	5.000	901-5-22/70
То же	150	18, 24	6.000	901-5-9/70
То же	200	12, 15, 18, 21, 24	6.500	901-5-23/70
То же	300	15, 18, 21, 24, 30, 36	8.000	901-5-24/70
Бак стальной, ствол	300	21, 24, 30, 36, 42	8.000	901-5-26/70
железобетонный	15	12	3.02	901-5-29
Стальные башни системы Гожновского	25	12, 15	3.02	
	50	12, 15	3.02	

Таблица 14

Коэффициент запаса мощности

Мощность электродвигателя, кВТ	Коэффициент запаса мощности, k_2
до 20	1.25
25-50	1.20
50-300	1.15
Более 300	1.10

Тип. КубГАУ Заказ 111. Тираж 500 экз.