

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для подготовки студентов к Всеукраинской
студенческой олимпиаде по специальности

“ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ”

(для студентов 4, 5 курсов дневной формы обучения специальности
6.092600, 7.092601, 8.092601 – «Водоснабжение и водоотведение»)

Методические указания для подготовки студентов к Всеукраинской студенческой олимпиаде по специальности «Водоснабжение и водоотведение» (для студентов 4, 5 курсов дневной формы обучения специальности 6.092600, 7.092601, 8.092601 – “Водоснабжение и водоотведение”). Сост. Благодарная Г.И., Ткачев В. А., Ромашко А.В., Шевченко Т.А. - Харьков: ХНАГХ, 2008. – 71с.

Составители: Г.И. Благодарная,
В.А. Ткачев,
А.В. Ромашко,
Т.А. Шевченко.

Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод,
протокол № 5 от 14.01.2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	4
1. Очистка природных вод.....	5
2. Насосы и насосные станции.....	7
3. Водопроводные сети и сооружения.....	11
4. Водозаборные сооружения.....	13
5. Очистка сточных вод.....	16
6. Канализационные сети.....	20
7. Рациональное использование и охрана водных ресурсов.....	22
8. Гидравлика.....	24
9. Массопередача.....	27
10. Олимпиады 90 ^x	28
10.1. Олимпиада 1995 (Киев).....	28
10.2. Олимпиада 1996.....	29
10.3. Олимпиада 1997.....	31
10.4. Олимпиада 1998.....	32
10.5. Олимпиада 1999.....	34
11. Олимпиада 2000 (Киев).....	38
12. Олимпиада 2001 (Киев).....	42
13. Олимпиада 2002 (Днепропетровск).....	45
14. Олимпиада 2003 (Днепропетровск).....	49
15. Олимпиада 2004 (Днепропетровск).....	52
16. Олимпиада 2005 (Ровно).....	56
17. Олимпиада 2006 (Ровно).....	58
18. Олимпиада 2007 (Ровно).....	63
Список литературы.....	66

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для подготовки студентов старших курсов специальности «Водоснабжение и водоотведение» к Всеукраинской студенческой олимпиаде по специальности «Водоснабжение, водоотведение». Целью данной работы является полная подготовка участников олимпиады к предстоящему соревнованию. В данных методических указаниях собрано большое количество задач, что позволяет использовать их также как универсальный сборник задач по курсу «Водоснабжение и водоотведение», некоторые задачи могут быть представлены студентам для написания бакалаврского экзамена.

В настоящее время инженерам-экологам приходится решать всё больше проблем, связанных с рациональным использованием водных ресурсов, очисткой природных и сточных вод, обработкой осадков и т. д. Нетрадиционные способы часто являются решением возникших сложностей. Поэтому крайне важно уметь видеть такие нестандартные решения, развязывать задачи повышенной сложности, выявлять экстремальные возможности их реализации. Общеизвестно, что каждый новый проект, прежде чем он будет реализован на практике, должен быть подтверждён исчерпывающими расчётами с учётом перспективы развития. А вот в этом часто и возникают трудности. Данные методические указания в частности и представляют такую тактическую базу для будущего инженера, который, пройдя предлагаемый курс обучения, будет максимально точно вести любой самый сложный расчёт.

В работу включены основные дисциплины, читаемые преподавателями кафедры ВВ и ОВ, необходимые для полного представления существующих задач курса «Водоснабжение, водоотведение и рациональное использование водных ресурсов». По возможности затронуты необходимые для решения формулы, причём сложные для запоминания формулы здесь не учтены, так как предлагается общий курс и при желании каждый студент может их дополнить, используя обширный список литературы. Следует обратить внимание на редко встречающиеся данные приложения 1, они необходимы для сравнительной характеристики требуемого качества природных вод.

1. ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД

1. Определить карбонатную жёсткость воды при содержании в ней: $Ca^{2+} = 50$ мг/дм³, $Mg^{2+} = 40$ мг/дм³, $HCO_3^- = 400$ мг/дм³. Как изменится жёсткость воды, если содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} останется неизменным, а содержание HCO_3^- увеличится до 450 мг/дм³.

2. Определить графическим методом ионный состав воды в мг-экв/дм³, если в воде следующий предлагаемый состав солей: $Ca(HCO_3)_2 = 4$ мг-экв/дм³, $CaSO_4 = 3$ мг-экв/дм³, $Na_2SO_4 = 3$ мг-экв/дм³, $NaCl = 2$ мг-экв/дм³.

3. Определить дозу коагулянта сульфата алюминия для следующих данных: мутность воды 200 мг/дм³, цветность 50 град ПКШ.

4. Проверить достоверность анализа воды, поступающей на очистные сооружения. Содержание катионов в воде, мг/дм³ следующее: $Ca^{2+} = 71$; $Mg^{2+} = 8,5$; $Na^+ = 33,7$; $HCO_3^- = 186,4$; $SO_4^{2-} = 72,8$; $Cl^- = 29,1$; $SiO_3^{2-} = 12$.

5. Определить жёсткость, щёлочность и сухой остаток воды, поступающей на очистные сооружения. Ионный состав воды, мг/дм³: $Ca^{2+} = 71$; $Mg^{2+} = 8,5$; $Na^+ = 33,7$; $HCO_3^- = 186,4$; $SO_4^{2-} = 72,8$; $Cl^- = 29,1$; $SiO_3^{2-} = 12$.

6. Определить дозу расхода фторсодержащего реагента при следующих исходных данных:

- производительность очистных сооружений - 500 м³/сут;
- количество фтора в воде источника, используемого для хозяйственно-питьевого водоснабжения - 0,2 мг/дм³;
- содержание реагента в чистом продукте - 95%.

7. Построить высотную схему основных сооружений для очистки воды:

- полезная производительность - 100 000 м³/сут;
- содержание взвешенных веществ в исходной воде - 480 мг/дм³;
- цветность воды - 48 град ПКШ.

8. Составить высотную схему основных сооружений для очистки воды:

- полезная производительность - 45 000 м³/сут;
- содержание взвешенных веществ в исходной воде - 40 мг/дм³;
- цветность воды - 90 град ПКШ.

9. Определить полную производительность станции обработки хозяйственно-питьевой воды, если $Q_{полн} = 110000$ м³/сут; станция снабжает питьевой водой город с населением 520 000 чел.

10. Определить расход реагентов для приготовления кремниевой кислоты, активированной сульфатом алюминия. Полезная производительность водоочистных сооружений - $90000 \text{ м}^3/\text{сут}$; вода источника водоснабжения маломутная, средняя температура воды 13 град.

11. Построить высотную схему очистных сооружений в составе микрофилтра, смесителя, камеры хлопьеобразования, горизонтального отстойника, скорого филтра и РЧВ. Отметка земли у РЧВ 110 м. Построить отметки уровня воды в сооружениях.

12. Определить дозу извести для подщелачивания воды при коагулировании примесей воды при ее щелочности $1,5$ мг-экв/л и содержании взвешенных веществ до 150 мг/л.

2. НАСОСЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

НЕОБХОДИМЫЕ ФОРМУЛЫ

$$P_a = p_a + \gamma \cdot h; N = \frac{A}{t}, \text{кВт}; \eta = \frac{N}{N_6} \cdot 100\%; N = \frac{N}{N + \Delta N} \cdot 100\%;$$

$$N = \rho g Q H; H = H_2 + S Q^2; \eta = \frac{H}{H + \Delta H} \cdot 100\%; \eta = \frac{Q}{Q + \Delta Q} \cdot 100\%;$$

$$\frac{D_2^H}{D_2^M} = \lambda \frac{Q^H}{Q^M}; \frac{N^H}{N^M} = \left(\frac{n^H}{n^M} \right)^3 \cdot \lambda^5; n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{0,75}}; n_s = \frac{n \sqrt{N}}{H \sqrt{H}}; H = \frac{P_m}{\rho_s \cdot g};$$

$$N = \frac{\rho_s \cdot g \cdot Q \cdot H}{736} - \text{лошадиные силы}; \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 - \text{формулы подобия};$$

$$N_n = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000}, \text{кВт}; N_{\text{об}} = \frac{N_H}{\eta_H \cdot \eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{неп}}}; \eta_{\text{неп}} = 1$$

n_s - коэффициент быстроходности;

$$\text{для насосов типа «Д»: } n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{0,5Q}}{H^{0,75}};$$

$$\text{для бензина: } n_s = 3,05 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{0,75}}.$$

ЗАДАЧИ

1. Определить предельную высоту установки насоса над поверхностью воды в колодце $h_в$ (рис. 2.1). Насос перекачивает воду с температурой $t = 20^\circ\text{C}$ в количестве $Q = 50$ л/сек. Длина всасывающего трубопровода $L_г = 45$ м; его диаметр $d_в = 200$ мм. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,035$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\xi_{\text{колена}} = 0,3$; $\xi_{\text{задвижки}} = 0,4$; $\xi_{\text{сетки}} = 3,0$.

2. Определить полезную мощность насоса по следующим данным: производительность насоса $Q = 0,12$ м³/сек, показание манометра $P_m = 7,2$ кг/см², показание вакуумметра $P_v = 0,45$ кг/см², вертикальное расстояние между точками присоединения манометра и вакуумметра $Z_0 = 0,42$ м. Диаметры всасывающего и напорного трубопроводов одинаковы. Насос перекачивает мазут с удельным весом $\gamma = 930$ кг/м³.

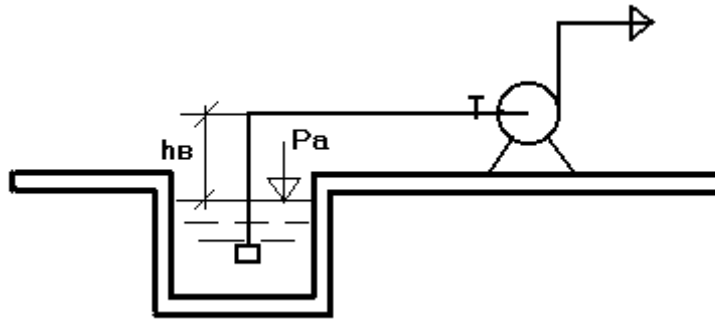


Рис. 2.1 - Схема насосной установки

3. При проектировании насосной установки задано: избыточное давление в приемном резервуаре $P_1 = 1,5 \text{ кг/см}^2$, избыточное давление в напорном баке $P_2 = 24,1 \text{ кг/см}^2$, геометрический напор $H_z = 12 \text{ м}$ (рис.2.2), потери напора на гидравлические сопротивления в трубопроводах $H_w = 35 \text{ м}$. Насос перекачивает нефть с удельным весом $\gamma = 0,95 \text{ Г/см}^3$. Определить напор насоса.

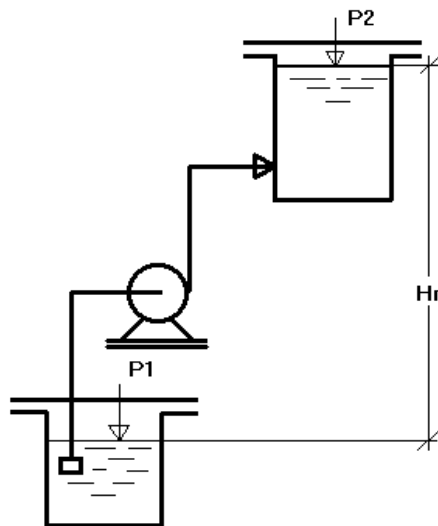


Рис. 2.2 – Схема перекачки воды насосом

4. Определить напор насоса проектируемой насосной установки и подсчитать потребляемую им мощность, если геометрический напор $H_z = 18 \text{ м}$, (рис. 2.3) диаметр трубопровода $d = 150 \text{ мм}$, длина трубопровода $L = 65 \text{ м}$, производительность насоса $Q = 50 \text{ л/сек}$, полный КПД насоса $\eta = 0,78$. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,035$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\xi_{сетки} = 10,0$; $\xi_{колена} = 0,3$; $\xi_{крана} = 4,5$. Насос перекачивает воду с удельным весом $\gamma = 1 \text{ г/см}^3$.

5. Определить напор насоса при следующих данных: производительность устанавливаемого насоса $Q = 72$ л/сек, длина всасывающей линии $L_v = 45$ м, диаметр всасывающей линии $d_v = 300$ мм, длина нагнетательной линии $L_n = 360$ м, диаметр нагнетательной линии $d_n = 250$ мм. Отметка расчетного уровня воды в приемном колодце $82,000$. Отметка уровня воды в напорном баке $125,000$. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,042$. Коэффициенты местных сопротивлений: $\xi_{сетки} = 6,0$; $\xi_{колена} = 0,22$; $\xi_{крана} = 5,0$.

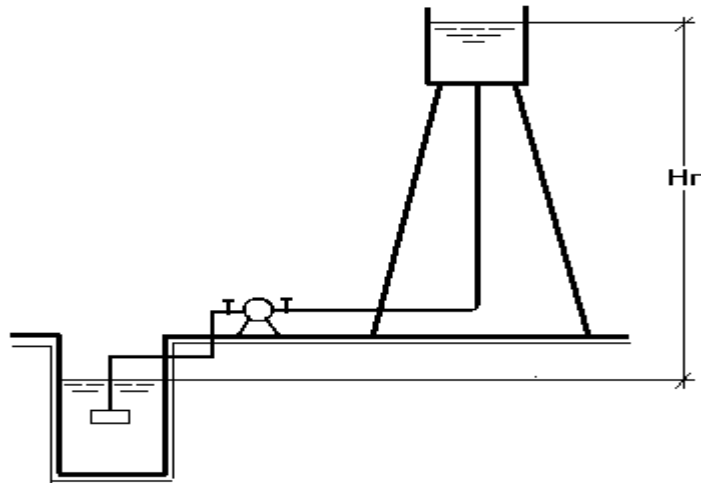


Рис. 2.3 - Схема насосной установки

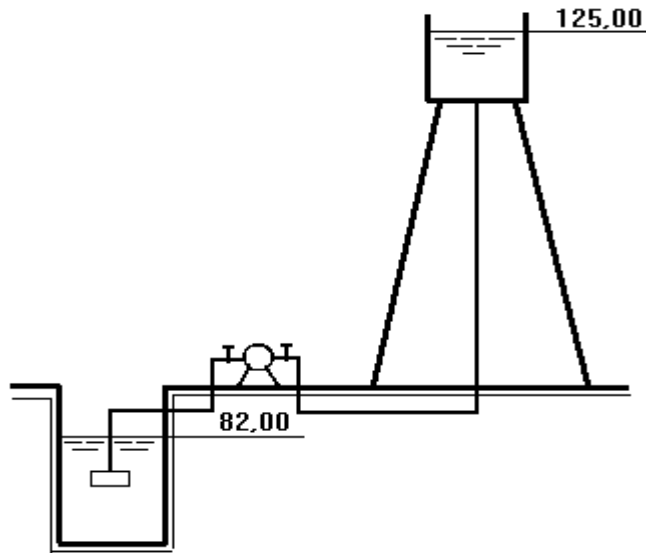


Рис. 2.4 - Схема насосной установки

6. Для одного насоса были определены следующие величины: потребляемая мощность $N=115$ кВт, индикаторная мощность $N_i=103$ кВт, напор насоса $H = 225$ м, теоретическая производительность $Q_t = 45$ л/сек, объемный КПД $\eta_0 = 0,88$. Насос перекачивает мазут с удельным весом $\gamma = 945$ кг/м³. Определить полный КПД насоса η , индикаторный КПД η_i . Гидравлический КПД η_2 , механический КПД η_m , действительную производительность Q , полезную мощность насоса N_n , объемные потери q и гидравлические потери h_{w2} .

7. Насос подает воду в количестве $Q = 100$ м³/час из колодца в напорный бак по трубопроводу диаметром $d = 150$ мм. Геометрический напор $H_g = 32$ м. Определить полный коэффициент полезного действия насоса, если потребляемая им мощность $N=14$ кВт, а полный коэффициент сопротивления $\sum \xi = 12$.

8. Насосом вода подается на высоту $H_g = 25$ м в количестве $Q = 25$ м³/час по трубопроводу, потери напора в котором составляют $h_w = 6$ м. Определить мощность, потребляемую электродвигателем, непосредственно соединенным с насосом, приняв коэффициенты полезного действия насоса и электродвигателя соответственно равными $\eta_n = 0,7$ и $\eta_э = 0,95$.

3. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

НЕОБХОДИМЫЕ ФОРМУЛЫ

Коэффициенты суточной неравномерности:

$$K_{сут}^{max} = \frac{Q_{сут. max}}{Q_{сут. средн}}; \quad K_{сут}^{max} = 1,1 \dots 1,3;$$

$$K_{сут}^{min} = 0,7 \dots 0,9; \quad K_{сут}^{min} = \frac{Q_{сут. средн}}{Q_{сут. min}};$$

Коэффициенты часовой неравномерности:

$$K_{час}^{max} = \frac{Q_{час. max}}{Q_{час. средн}} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max},$$

где α_{max} - зависит от степени благоустройства зданий, $\alpha_{max} = 1,2 \dots 1,4$;

β_{max} - зависит от числа жителей, $\beta_{max} = 1$ при $N \geq 1$ млн. чел.;

$$K_{час}^{min} = \alpha_{min} \cdot \beta_{min};$$

$$\alpha_{min} = 0,2 \dots 0,4.$$

Среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды:

$$Q_{сут}^{средн} = \frac{Nq}{1000}; \quad Q_{сут}^{max} = Q_{сут}^{средн} \cdot K_{сут}^{max}.$$

Часовой максимальный расход: $Q_{час}^{max} = \frac{Q_{сут}^{max}}{24} \cdot K_{час}^{max}$.

Секундный максимальный расход: $Q_{сек}^{max} = \frac{Q_{час}^{max}}{3,6}$.

Расход воды для поливки зелёных насаждений: $Q_{сут}^{max} = \frac{F \cdot n \cdot q}{1000}$.

Потери напора на участке сети: $h = Sq^2$; $S = S_0 \cdot l$, где

S_0 - удельное сопротивление 1 погонного метра.

Пьезометрическая отметка в точке, м: $\Pi = H_{св} + Z$; $\Pi_i = \Pi + h_{ij}$;

Z - отметка поверхности земли, м.

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}.$$

Необходимая ёмкость водонапорной башни (ВБ): $W_{б} = W_{ак} + W_{н}$,

где: $W_{ак}$ - аккумулирующая ёмкость ВБ; $W_{н}$ - ёмкость для хранения неприкос-

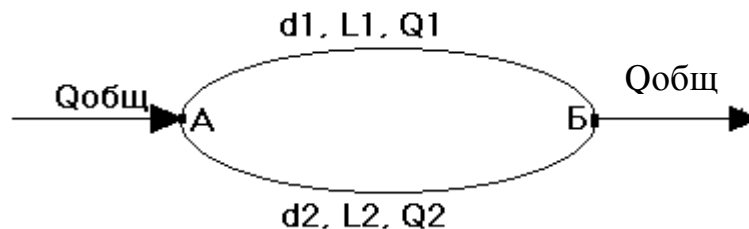
новенного запаса воды для пожара; высота ВБ: $H_{\sigma} = Z_1 - Z_2 + H_{cv} + \sum_1^2 h_w$,

где: $Z_1 - Z_2$ - разница отметок поверхностей земли 1 и 2 точек;

$\sum_1^2 h_w$ - потери напора от точки 1 до точки 2.

ЗАДАЧИ

1. В соответствии со схемой движения потоков воды определить расход Q_1 и Q_2 , если $d_1=d_2$, $L_1=0,81 \cdot L_2$, $Q_{общ}=100$ л/с. Материал труб везде одинаков.



2. Уровень воды в водонапорной башне на 40 м выше уровня воды в РЧВ. Определить необходимый напор насосов насосной станции 2 подъёма, подающей воду с расходом 1000 л/с по 2 стальным водоводам диаметром $d=700$ м. Длина водовода – 4 км. Потери во всасывающих водоводах, насосной станции 2 подъёма и водомере – 3 м.

3. Определить потери напора h в стальном трубопроводе с условным проходом $d=600$ мм, длиной $L=5$ км, если расход $Q=179$ л/с.

4. Определить расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения города с количеством жителей $N=160000$ чел. Норма водопотребления – 400 л/сут·чел. Коэффициент суточной неравномерности $K=1,2$; $\alpha_{\max}=1,2$; $\beta_{\max}=1,05$.

5. Определить расход воды на поливку городских улиц, дорожных покрытий и зелёных насаждений, если площадь городских улиц и дорожных покрытий равна $F_{покp} = 100000 \text{ м}^2$, а площадь зелёных насаждений $F_{зел} = 50000 \text{ м}^2$.

6. Определить свободные напоры и пьезометрические отметки в расчётных точках, если известно, что застройка – 5-этажная (см. рис. 3.1.), а потери напора в сети по участкам даны в табл. 3.1:

Таблица 3.1.

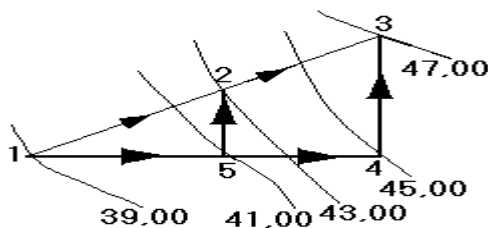


Рис. 3.1.

NN участка	Потери напора, м
1 - 2	1,5
1 - 5	0,8
2 - 3	1,8
2 - 5	0,7
3 - 4	1,0
4 - 5	1,5

4. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

НЕОБХОДИМЫЕ ФОРМУЛЫ

Площадь водоприёмных отверстий: $F = 1.25 \frac{Q}{V} \cdot K$, м²; $K = \frac{a+c}{a}$,

где c – толщина стержня.

Электрообогрев решёток: $N = \frac{Q \cdot t_n}{860}$, кВт; $N = \frac{F_p \cdot t_n}{860}$, кВт.

Длина ковша: $L = l_p + l_{ш} + l_6$; $l_p = H \cdot \alpha \cdot \frac{V_k}{V_{ш}}$ – рабочая длина ковша, м,

где α – коэффициент использования ковша, $\alpha = 0,7...0,8$;

V_k – скорость движения воды в ковше;

$V_{ш}$ – скорость движения шуги.

Дебит шахтного колодца: $Q = \frac{\pi K_{\phi} (2H - S) S}{\ln \frac{1,65R}{r} + \zeta_k}$, где $r = \frac{d}{2}$,

например, при $D = 250$ мм: $r = \frac{0,25}{2} = 0,125$ м.

Дебит лучевого водозабора (Д. Читрин): $Q = \frac{2\pi K_{\phi} m S}{\ln \frac{R}{r_{\varepsilon}}}$ (в напорном пласте),

где R – радиус кругового контура питания пласта, м; $r_{\varepsilon} = l \sqrt{0,25}$ – эквивалентный радиус; l, n – соответственно длина и число лучей водозабора.

Дебит лучевого водозабора, который питается безнапорными подземными

водами, определяется по формуле Д. Читрина: $Q = \frac{1,36 K_{\phi} (H_2^2 - H_1^2)}{\ln \frac{R}{l}}$.

Для горизонтальных водозаборов: $Q = L \cdot K_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{2R}$ – для совершенно-го колодца при одностороннем питании пласта;

$Q = L \cdot K_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{R}$ – при двустороннем питании; $h = (0,15...0,3)H$.

L – длина водоприёмной части, м;

h – глубина слоя воды водоприёмной части, м.

Формула Дююи: $Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot m \cdot S}{\ln \frac{R}{r}} = \frac{2,73 K_{\phi} m S}{\lg \frac{R}{r}} = q_{уд} \cdot S$.

Формула Зихардта (для напорных вод): $R = 10S \sqrt{K \phi}$.

Закон Дарси: $Q = BhKI$.

Для напорных вод и совершенного колодца: $Q = \frac{2,73K \phi mS}{\ln \frac{R}{r}}$.

Для напорных вод и несовершенного колодца: $Q = \frac{2,73K \phi mS}{\ln \frac{R}{r} + 0,43\xi}$.

Для напорных вод: $S_{дон} = H - (0,3...0,5)m - H_n - \Delta H \phi$.

Для безнапорных вод и совершенного колодца: $Q = \frac{1,36K \phi S(2h_c - S)}{\ln \frac{R}{r}}$.

Для безнапорных вод и несовершенного колодца: $Q = \frac{1,36K \phi S(2h_c - S)}{\ln \frac{R}{r} + 0,43\xi}$.

Для безнапорных вод: $S_{дон} = (0,5...0,7)h - h_n - \Delta h \phi$.

Площадь фильтра: $F_\phi = \pi \cdot d \cdot l$, количество воды поступающей через фильтр в колодец $Q = v_\phi \cdot \pi \cdot d \cdot l$, где $v_\phi = 65 \cdot \sqrt[3]{k}$.

ЗАДАЧИ

1. Определить дебит по данным пробных откачек скважины при понижении уровня воды на 15 м при следующих данных:

$$S_1 = 8,3 \text{ м} \quad Q_1 = 1,6 \text{ л/с}$$

$$S_2 = 12,2 \text{ м} \quad Q_2 = 2,2 \text{ л/с}$$

$$S_3 = 18 \text{ м} \quad Q_3 = 2,7 \text{ л/с}$$

2. Выполнить технологический расчёт берегового водозабора (площадь грубых решёток, уровни воды в отделениях) при следующих данных:

- производительность $150000 \text{ м}^3/\text{сут}$;
- диаметр прутьев решётки 10 мм ;
- расстояние в свету 100 мм ;
- скорость входа воды в водозабор 1 м/с ;
- СНГВ 85 м ;
- потери напора в решётке $0,01 \text{ м}$;
- потери напора в сетке $0,15 \text{ м}$.

3. Рассчитать основные параметры (площадь и рабочую длину) сетчатого фильтра $D\phi = 200$ мм, если коэффициент фильтрации породы $K = 10$ м/сут., производительность трубчатого колодца $Q = 0,0216$ м³/с. Забор воды производится из напорного пласта, сложенного из мелкозернистых песков ($D_{cp} = 0,20$ мм).

4. Определить производительность одиночного совершенного колодца по следующим исходным данным: предполагается приём воды из напорного водоносного пласта мощностью $m = 20$ м, сложенного из пылеватых мелкозернистых песков ($D_{cp} = 0,25$ мм) и перекрытого мощным слоем глинистых сланцев. Напор над его подошвой – 70 м, над кровлей – 30 м. Коэффициент фильтрации породы $K = 10$ м/сут., радиус влияния колодца $R = 100$ м. Скважина оборудована сетчатым фильтром $D\phi = 150$ мм.

5. Определить поглощающую способность безнапорного водоносного пласта, сложенного из песчано-галечниковых отложений (коэффициент фильтрации породы $K = 75$ м/сут.) при подаче воды в него через совершенный поглощающий колодец $D = 250$ мм. Первоначальная глубина воды в пласте над водоупором $H = 15$ м. Уровень воды в колодце во время подачи её в водоносный пласт - в пределах $H = 10$ м над водоупором. Радиус влияния колодца $R = 400$ м.

6. Определить необходимую площадь и размеры водоприёмных отверстий железобетонного раструбного защищенного оголовка с боковым приёмом воды с четырьмя водоприёмными отверстиями, общей высотой $H = 14$ м. Толщина стержней решётки $C = 1$ см, а расстояние между стержнями в свету $A = 10$ см, скорость поступления воды в водоприёмные отверстия $V = 0,2$ м/с. Производительность водозабора $Q = 0,64$ м³/с.

5. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

НЕОБХОДИМЫЕ ФОРМУЛЫ

$$Q_{ср.сут}^{быт} = \frac{1,05 \cdot q_{жс} \cdot N}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут.},$$

где 1,05 – коэффициент, учитывающий расход от промпредприятий, местной промышленности и неучтённые расходы;

$q_{ж}$ – удельная норма водопотребления, л/сут на 1 человека;

$$Q_{ср.сут}^{расч} = Q_{ср.сут}^{быт} + Q_{ПП1} + Q_{ПП2} + \dots + Q_{ППn} = Q_{ср.сут}^{быт} + \sum_1^n Q_{ПП};$$

$$q_{\max.s} = \frac{Q_{ср.сут}^{расч}}{86400} \cdot K_{gen.\max}; \quad q_{\min.s} = \frac{Q_{ср.сут}^{расч}}{86400} \cdot K_{gen.\min};$$

Концентрация загрязнений в бытовых сточных водах от населения:

- Для взвешенных веществ – C_{en} , мг/дм³;
- Для БПК – L_{en} .

$$C_{en}^{быт} = \frac{65 \cdot 1000}{q_{жс}}; \quad L_{en}^{быт} = \frac{(40...75) \cdot 1000}{q_{жс}}.$$

Подставлять 40 или 75 – см. СНиП 2.04.03 – 85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

Средняя концентрация загрязнений в общем стоке воды:

$$C_{en}^{ПП} = \frac{C_{en}^{быт} \cdot Q_{ср.сут}^{быт} + C_{en}^{ПП1} \cdot Q_{ПП1} + C_{en}^{ПП2} \cdot Q_{ПП2} + \dots + C_{en}^{ППn} \cdot Q_{ППn}}{Q_{ср.сут}^{быт} + Q_{ПП1} + Q_{ПП2} + \dots + C_{en}^{ППn} \cdot Q_{ППn}};$$

$$L_{en}^{ПП} = \frac{L_{en}^{быт} \cdot Q_{ср.сут}^{быт} + L_{en}^{ПП1} \cdot Q_{ПП1} + L_{en}^{ПП2} \cdot Q_{ПП2} + \dots + L_{en}^{ППn} \cdot Q_{ППn}}{Q_{ср.сут}^{быт} + Q_{ПП1} + Q_{ПП2} + \dots + C_{en}^{ППn} \cdot Q_{ППn}};$$

Приведенное число жителей:

$$N_{прив}^{вз.вв} = \frac{C_{en} \cdot Q_{ср.сут}^{расч}}{65}; \quad N_{прив}^{БПК} = \frac{L_{en} \cdot Q_{ср.сут}^{расч}}{40...75}.$$

ЗАДАЧИ

1. Определить концентрации загрязнений в бытовых сточных водах при норме водоотведения 250 л, 300 л, 400 л на одного человека в сутки.

2. Определить, требуется ли добавка биогенных элементов для обработки бытовой сточной воды биологическим путём (концентрации загрязнений на одного человека в сутки взять из СНиП 2.04.03 – 85).

3. В биохимически очищенной воде найдено $1,5 \text{ мг/дм}^3$ азота нитритов и 10 мг/дм^3 нитратов. Определить запас химически связанного кислорода, обеспечивающего компенсацию остаточной БПК воды, а следовательно, и стабильность очищенной воды.

4. Определить концентрации загрязнений по взвешенным веществам и по $BPK_{полн}$ в сточных водах, поступающих на городские очистные сооружения. В городе имеется два района с различной степенью благоустройства. Норма водоотведения для первого района 150 л на одного человека в сутки, а для второго 300 л на одного человека в сутки. В городе находятся хлопчатобумажный комбинат, химико-фармацевтический и машиностроительный заводы. Расход бытовых сточных вод, поступающих из первого района, составляет $18000 \text{ м}^3/\text{сут}$, из второго – $40000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Расходы производственных сточных вод, поступающих в городскую канализационную сеть, составляют:

- хлопчатобумажный комбинат 15000 ;
- химико-фармацевтический завод 3000 ;
- машиностроительный завод 6000 .

Концентрации загрязнений, мг/дм^3 , по взвешенным веществам и по $BPK_{полн}$ в сточных водах промышленных предприятий соответственно равны:

- хлопчатобумажный комбинат 150 и 250 ;
- химико-фармацевтический завод 100 и 1200 ;
- машиностроительный завод 200 и 100 .

5. Определить объём и размеры в плане многокоридорного усреднителя при залповом сбросе высококонцентрированных сточных вод в течение $T_z = 0,5 \text{ ч}$. Расход сточных вод постоянен: $Q = 80 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация загрязнений $C_{\max} = 450 \text{ мг/дм}^3$, $C_{\text{ср}} = 85 \text{ мг/дм}^3$. Допустимая концентрация загрязнений из условий нормальной работы последующих сооружений $C_{\text{доп}} = 140 \text{ мг/дм}^3$.

6. Определить размеры решёток и количество улавливаемых загрязнений для очистной станции со средней производительностью $Q_{\text{ср.сут}} = 120000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

7. Рассчитать горизонтальные песколовки для очистной станции со средней производительностью $Q_{\text{ср.сут}} = 80000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

8. Рассчитать горизонтальные песколовки с круговым движением воды для очистной станции со средней производительностью $Q_{\text{ср.сут}} = 25000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

9. Рассчитать аэрируемые песколовки для очистной станции со средней производительностью $Q_{\text{ср.сут}} = 20000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

10. Рассчитать тангенциальные песколовки для очистной станции со средней производительностью $Q_{\text{ср.сут}} = 8000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

11. Рассчитать горизонтальные отстойники для очистной станции со средней производительностью $Q_{ср.сут} = 40000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Содержание взвешенных веществ в воде $C_o = 200 \text{ мг/дм}^3$. Требуемый эффект осветления воды $\mathcal{E} = 45\%$. Определить приведенное число жителей для следующих условий: население 200 жителей, расход сточных вод от жизнедеятельности жителей и нескольких промышленных предприятий - $765 \text{ м}^3/\text{сут}$. Средняя величина $BPK_{полн}$ смеси бытовых и промышленных стоков вод $285 \text{ г O}_2/\text{м}^3$.

12. Рассчитать горизонтальную песколовку с прямолинейным движением воды канализационных очистных сооружений для следующих условий:

максимальный приток сточных вод - 1230 л/с , минимальный - 474 л/с ;

приведенное число жителей - 285300 чел . Объемная масса песка - $1,5 \text{ т/м}^3$.

13. Определить наиболее полное содержание растворённых органических загрязнений в отстаиваемых бытовых сточных водах, если известно, что $BPK_5 = 200 \text{ мг/дм}^3$.

14. Блок первичного отстаивания сточных вод состоит из 4-х радиальных отстойников диаметром 24 м ; рабочей глубиной $3,4 \text{ м}$; диаметром впускного устройства $1,2 \text{ м}$. На очистку поступают сточные воды с концентрацией взвешенных веществ 300 мг/л . Определить концентрацию взвешенных веществ на выходе из блока при равномерном распределении между всеми отстойниками общего расхода сточных вод - $2900 \text{ м}^3/\text{час}$ и при их неравномерном распределении между всеми отстойниками:

$Q_1 = 500 \text{ м}^3/\text{час}$; $Q_2 = 650 \text{ м}^3/\text{час}$; $Q_3 = 800 \text{ м}^3/\text{час}$; $Q_4 = 950 \text{ м}^3/\text{час}$. Принять показатель n_2 по СНиП равным $0,2$.

15. Два аэрофильтра соединены по двухступенчатой схеме (см. рис 5.1).

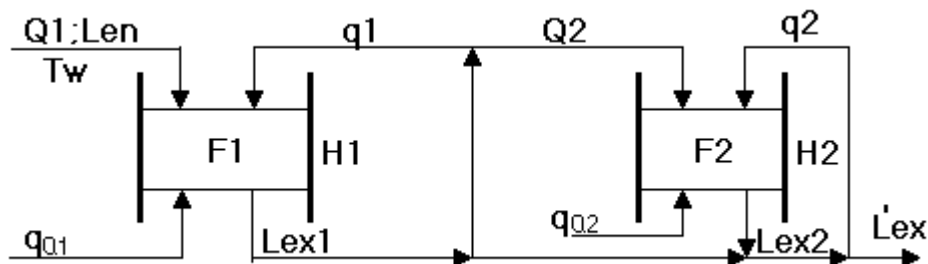


Рис 5.1 - Схема соединения аэрофильтров

$$Q_1 = 1200 \text{ м}^3 / \text{сут}; q_1 = 200 \text{ м}^3 / \text{сут}; Q_2 = 800 \text{ м}^3 / \text{сут}; q_2 = 100 \text{ м}^3 / \text{сут};$$

$$q_{a1} = 8 \text{ м}^3 / \text{м}^3; q_{a2} = 12, \text{ м}^3/\text{м}^3; F_1 = 140 \text{ м}^2; H_1 = 3 \text{ м}; F_2 = 30 \text{ м}^2; H_2 = 3 \text{ м};$$

$T_w = 12^\circ \text{C}$; $Len = 340 \text{ мг/л}$. Определить $BPK_{полн}$ сточных вод после 1 ступени; после 2 ступени; после общего выхода.

16. В аэротенке очищается $2100 \text{ м}^3/\text{час}$ сточных вод. В аэротенк подаётся $735 \text{ м}^3/\text{час}$ циркулирующего активного ила с концентрацией $10,4 \text{ г/л}$. Иловая смесь из аэротенка отстаивается во вторичных отстойниках (2 шт. $D=30 \text{ м}$). Определить вынос взвеси из отстойников ($C_{\text{вын}}$, мг/л).

17. На илоуплотнитель поступает $22 \text{ м}^3/\text{час}$ избыточного активного ила плотностью 1019 кг/м^3 , влажностью $99,37\%$. Определить (с точностью до $0,01$) расход удаляемой иловой воды ($Q_{\text{ув}}$, $\text{м}^3/\text{час}$) и расход уплотнённого активного ила ($Q_{\text{уи}}$, $\text{м}^3/\text{час}$) влажностью $97,42\%$, а также (с точностью до $0,1$) плотность уплотнённого ила ($\gamma_{\text{уи}}$, кг/м^3), если вынос взвеси с иловой водой составил $1,35 \text{ г/л}$. Плотность жидкой фазы иловой воды принять 1000 кг/м^3 .

18. Определить общую площадь аэрофильтров, общий объем фильтрующего материала и необходимое количество воздуха, если сточные воды поступают с $\text{БПК}_{\text{полн}} L_{\text{ен}} = 340 \text{ мг/л}$. Их можно выпускать в водоем БПК после очистки $L_{\text{ex}} = 15 \text{ мг/л}$. Среднезимняя температура сточных вод 14 град . Среднесуточный расход сточных вод $18000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

19. Рассчитать площадь биофильтра, действительную нагрузку на биофильтр, если расход $Q=860 \text{ м}^3/\text{сут}$, $L_{\text{ен}} = 190 \text{ мг/л}$, $L_{\text{ex}} = 18 \text{ мг/л}$. Среднезимняя температура сточных вод $T_w = 12 \text{ град}$.

20. Определить размеры песколовки для очистных сооружений производительностью $75000 \text{ м}^3/\text{сут}$. при максимальном 1200 и минимальном 520 л/с притоках для задержания песка гидравлической крупностью $U_o = 18 \text{ мм/с}$. Проектируется аэрируемая песколовка. Её показатели при $B/H=1,5$: $K_s = 2,08$, $H_s = 1 \text{ м}$ и $V_s = 0,1 \text{ м/с}$.

6. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ СЕТИ

НЕОБХОДИМЫЕ ФОРМУЛЫ

Коэффициент суточной неравномерности: $K_1 = Q_{\max} / Q_{mid}$,

где Q_{mid} – среднесуточный расход за год.

Расчётные расходы бытовых сточных вод от города:

$$Q_{mid} = \frac{N \cdot q_{\bar{b}}}{1000}; \quad Q_{\max} = \frac{N \cdot q_{\bar{b}}}{1000} \cdot K_1; \quad q_{mid.s} = \frac{N \cdot q_{\bar{b}}}{24 \cdot 3600};$$
$$q_{\max.s} = q_{mid.s} \cdot K_{gen.max},$$

где $q_{\bar{b}}$ - удельное водоотведение бытовых сточных вод;

$q_{mid.s}$ - средний секундный расход;

$q_{\max.s}$ - максимальный секундный расход.

$$q_{\max.s} = q_0 \cdot F \cdot K_{gen.max}$$

F – площадь жилых кварталов; q_0 - модуль стока – расход с единицы площади

жилых кварталов:

$$q_0 = \frac{P \cdot q_{\bar{b}}}{24 \cdot 3600}; \quad q_i = q_0 \cdot F;$$

P – плотность населения, чел./га.

ЗАДАЧИ

1. Определить количество сточных вод (Q_{mid} , $Q_{mid.s}$, $Q_{расч}$) от населения квартала площадью 6 га с плотностью 300 чел./га и удельным водоотведением 270 л/сут. на одного жителя. Определить концентрацию загрязнений от населения квартала по взвешенным веществам и $BPK_{полн}$.

2. Среднесуточный расход сточных вод от населения $Q_{mid} = 90\,000$ м³/сут, уклон местности $i = 0,002$. Необходимо определить диаметр коллектора, скорость в коллекторе и его наполнение при минимальном и максимальном уклоне.

3. Определить общее количество сточных вод от города с населением 130000 человек при удельном водоотведении 240 л/сут на одного жителя и промышленного предприятия с количеством трудящихся 2000 человек и пользующихся душем 60% от общего количества работающих. Объём выпускаемой продукции 1500 ед/сут., а удельный расход на единицу продукции 0,3 м³.

4. Определить модуль стока и расход сточных вод от квартала площадью 11 га с плотностью населения 280 чел./га и удельным водоотведением 250 л/сут. от одного жителя.

5. Определить среднюю концентрацию загрязнений сточных вод по $BPK_{полн}$, взвешенным веществам и общее количество сточных вод (Q_{mid} , $Q_{mid.s}$, $Q_{расч}$). Данные по предприятиям приведены в табл. 6.1

Таблица 6.1

Предприятия	Расход сточных вод, м ³ /сут	Концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³	БПК, мг/дм ³
1	3500	700	550
2	1750	500	1300
3	2000	650	420

6. Рассчитать дюкер длиной 60 м, $Q_{mid.s}=250$ л/с при скорости в подводящем к дюкеру коллекторе 1,15 м/с и определить отметку лотка трубы в нижней камере дюкера, если отметка трубы в верхней камере равна 155,4 м.

7. Произвести гидравлический расчет дюкера на бытовой сети. Длина дюкера $L=200$ м, средний расход $q=0,3$ м³/с. Скорость движения сточных вод в коллекторе для дюкера и за ним при пропуске расчетного расхода $v=1,2$ м/с, средняя гидравлическая крупность транспортируемой взвеси $U_0=0,12$ м/с, кинематическая вязкость сточной воды $\nu=1,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Глубина заложения подводящего коллектора 3,9 м. Дюкер проектируют в две нитки.

7. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

НЕОБХОДИМЫЕ ФОРМУЛЫ

Эта формула справедлива для определённых групп показателей: органолептический показатель, токсикологический показатель, общесанитарный показатель.

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1.$$

Коэффициенты эффективности работы водного хозяйства предприятий:

$$K_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{нтн} + Q_m} \cdot 100\% ;$$

$$K_{св} = \frac{Q_{нтн} + Q_m - (Q_{m/o} + Q_{н/o} + P_3 + Q_\phi)}{Q_{нтн} + Q_m} < 1 ;$$

$$P_{б.н} = \frac{Q_{нтн} + Q_m - (Q_{m/o} + Q_{н/o} + P_3 + Q_\phi)}{Q_{нтн} + Q_m + Q_{об}} \cdot 100\% ;$$

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q} - \text{кратность разбавления;} ;$$

$$C_{доп}^{636.66} = 0,25n + C_p - \text{для I вида водопользования;} ;$$

$$C_{доп}^{636.66} = 0,75n + C_p - \text{для II вида водопользования;} ;$$

$$C_{доп}^{токс.66} = (n-1)(C_n + C_p) + C_n,$$

где: C_n - ПДК токсичного вещества в контрольном створе реки соответствующего вида водопользования;

по БПК для речной воды: $C_p^t = C_p \cdot 10^{-K_1 t}$;

по БПК для сточной воды: $C_{св}^t = C_{св} \cdot 10^{-K_2 t}$;

K_1 и K_2 - скорости потребления кислорода соответственно речной и сточной водой. Дефицит кислорода через определённый период времени: $D_t = D_0 \cdot 10^{-kt}$;

D_0 - начальный дефицит кислорода, k – константа реэрации.

ЗАДАЧИ

1. Какое из двух предприятий более рационально использует воду источника, если известно, что расход сточных вод на первом составляет $200 \text{ м}^3/\text{сут.}$, свежей воды – $300 \text{ м}^3/\text{сут.}$, а на втором соответственно $500 \text{ м}^3/\text{сут.}$ и $900 \text{ м}^3/\text{сут.}$

2. Обеспечат ли экологическую безопасность водному объекту очистные сооружения города, если на очистку поступает сток, содержащий фенол с максимальной концентрацией – $5 \text{ мг}/\text{дм}^3$. При этом известно, что кратность раз-

бавления сточных вод водами равна 11, фоновая концентрация – 0,0002 мг/дм³, ПДКфенола - 0,001 мг/дм³.

3. Можно ли использовать для рекреационных целей участок реки, если известны следующие показатели в контрольном створе:

- кратность разбавления 5;
- расход сточных вод, м³/с 0,6;
- расход реки, м³/с 12.

4. Допускается ли сброс промышленных стоков в водный объект при их полном смешении с речной водой, если известны следующие исходные данные в контрольном створе:

- расход реки, м³/с 12;
- расход промышленных стоков, м³/с 0,6.

Окраска сточных вод исчезает в столбике $h=20$ см при разбавлении 1:10.

5. Допускается ли сброс теплых сточных вод $T = 35$ град/ в реку, если известно:

- кратность разбавления 5;
- температура воды, град 18;

6. Какой расход сточных вод можно сбросить в реку первого вида водопользования при полном смешении стоков с водами реки и не нарушить нормативные требования по взвешенным веществам, если известно:

- расход реки, м³/с 12;
- концентрация взвешенных веществ в стоках, мг/дм³ 12;
- концентрация взвешенных веществ в фоновом створе, мг/дм³ 8.

7. Определить необходимую степень очистки смеси бытовых и производственных сточных вод города, выпускаемых в реку. Количество сточных вод $q=0,6$ м³/с. БПК неочищенных сточных вод $L_{en} = 200$ мг/дм³, содержание взвешенных веществ в сточных водах до очистки $C_{en} = 250$ мг/дм³.

Река незарегулирована. Расход воды 95%-ной обеспеченности в маловодный месяц $Q=30$ м³/с; средняя скорость течения реки на участке сточных вод $V_m = 0,64$ м/с, средняя глубина реки $H_m = 1,2$ м, извилистость русла выражена (коэффициент извилистости $\varphi = 1$) слабо; содержание растворенного кислорода $C_{0r} = 9,5$ мг/дм³ - зимой, $C_{0r} = 7,5$ мг/дм³ - летом и взвешенных веществ в воде водоема до выпуска сточных вод $C_r = 15$ мг/дм³. БПК речной воды до выпуска сточных вод $L_r = 2$ мг/дм³; средняя температура воды в реке летом 15 град, максимальная 20 град, скоростной множитель (коэффициент Шеши) $C_r = 47,5$ м^{0,5}/с. Ближайший по течению реки пункт водопользования – поселок. Река используется для питьевых и культурно бытовых целей. Расстояние от места выпуска сточных вод до поселка составляет 16 км. В створе, расположенном на 1 км выше поселка (то есть на расстоянии 15 км от места выпуска), качество воды в реке должно соответствовать нормативным требованиям для питьевого водоснабжения. Выпуск сточных вод предусмотрен у берега ($\xi = 1$).

8. ГИДРАВЛИКА

НЕОБХОДИМЫЕ ФОРМУЛЫ

$$V = C\sqrt{Ri};$$

$$Q = K\sqrt{i};$$

$$Q = wC\sqrt{Ri};$$

$$h_{wl} = \frac{Q^2 l}{k^2};$$

h_{wl} - потери напора по длине;

$$i = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{V^2}{2g};$$

$$h_w = 1.1 \frac{Q^2}{k^2} l,$$

где: h_w - местные потери напора и по длине (суммарные);

$$P = \frac{\gamma_0 V_0 C}{g}; \quad C - \text{коэффициент Шези, который дается по условию};$$
$$T = \frac{2l}{C}; \quad T - \text{период волны гидравлического удара.}$$

ЗАДАЧИ

1. Произвести расчет гидравлического удара при следующих исходных данных:

- скорость распространения ударной волны $C=1100$ м/с;
- скорость движения воды в трубопроводе $V_0=1,29$ м/с;
- потери напора в водоводе $H_{mp}=61$ м;
- статистический напор $H_{cm}=185$;
- испытательное давление в водопроводе $H_{исп}=1,3$ Нр.

2. Определить добавочное давление $H_{доб}$, возникающее в начале гидравлического удара при следующих исходных данных:

- материал труб C_{m3} , толщина стенок труб 10 мм;
- диаметр водопровода $D=800$ мм;
- скорость движения воды в водоводе $V=1,32$ м/с.

3. Определить величину сбросного расхода предохранительного клапана для водопровода при следующих исходных данных:

- диаметр водопровода $D_0=600$ мм;
- скорость движения воды в трубопроводе до удара $V_0=1,34$ м/с;
- скорость распространения ударной волны для стальных труб $C=1000$ м/с;

- рабочее давление в трубопроводе до удара $H_p=62$ м;
- максимальное допустимое давление в водоводе $H_{max}=100$ м.

4. Определить диаметр седла предохранительного клапана при следующих исходных данных:

- необходимый сбросной расход клапана $Q_{кл}=140$ л/с;
- величина открытия клапана $S=6$ мм;
- коэффициент расхода клапана $\mu=0,6194$;

- максимально допустимое давление в трубопроводе при ударе $H_{max}=120$ м.

5. Определить теплотери трубопровода, если;

- средняя по длине температура воды в трубопроводе $T_0 = 3$ град;
- температура среды в зоне расположения трубопровода $T_c = 15$ град;
- длина трубопровода $L = 5000$ м;
- термическое сопротивление теплопередаче трубопровода $S = 0,237$

м·ч·гр/ккал.

6. Определить величину фильтрационных потерь из каналов трапециевидного сечения без облицовки по формуле Вернадского, зная:

- длина канала $6,5$ км;
- ширина канала по поверхности воды $B = 5$ м;
- глубина воды в канале $H = 3,5$ м;
- коэффициент фильтрации грунта $K = 0,081$;
- значение $2K/K_1$ следует принять равным 4 при $m = 1,5$.

7. Определить добавочное давление $H_{доб}$, возникающее в начале гидравлического удара при следующих исходных данных:

- материал труб $C_{тз}$, толщина стенок труб 9 мм;
- диаметр водовода $D = 1000$ мм;
- скорость движения воды в водоводе $V_0 = 1,47$ м/с.

8. Определить расход Q открытого водопроводного канала при условии, что будут заданы:

- размеры каналов $B = 12$ м, $H = 3,5$ м, $m = 2,0$;
- шероховатость $h = 0,04$;
- уклон дна $i = 0,00004$.

9. Определить уклон дна i открытого водопроводного канала по заданному расходу $Q = 35$ м³/с, размерам канала $B = 8$ м, $H = 3$ м, $m = 1,5$, шероховатость $n = 0,03$.

10. Определить минимально-допустимую скорость по условиям незаилевания и незарастания каналов (используя формулу Леви для определения независимой скорости) при условии, что известны:

- гидравлическая крупность частиц $W = 1,2$ мм/с;
- средний диаметр частиц преобладающей массы взвешенных наносов $D_{cp} = 2,5$ мм;
- процент по весу взвешенных наносов с крупностью $0,25$ мм составляет $P = 20\%$;
- коэффициент шероховатости русла канала $\eta = 0,012$;
- гидравлический радиус $R = 2,65$.

11. Определить величину фильтрационных потерь каналов без облицовки по формуле Павловского, зная:

- глубину воды в канале $H=3,5$ м;
- ширину канала по поверхности воды $B=5,5$ м;
- длину канала $L=5000$ м.

12. Определить скорость (среднюю) течения в первом сечении трубы, если известно, что диаметр первого сечения 400 мм, диаметр второго сечения 300 мм и средняя скорость во втором сечении $1,3$ м/с.

13. Определить расход воды через отверстие диаметром 30 мм, напор над которым $4,2$ м.

14. Определить силу воздействия струи на вертикальную стенку, если она вытекает под напором $H=20$ м из вертикального отверстия в тонкой стенке $d=0,05$ м.

15. Какова величина повышения давления при прямом гидравлическом ударе в трубопроводе? Начальная скорость воды $V=1,2$ м/с. Скорость звука 1425 м/с в воде.

9. МАССОПЕРЕДАЧА

1. Рассчитать взаимную нейтрализацию кислот и щелочей при следующих исходных данных:

- кислые сточные воды содержат серной кислоты – $4,0 \text{ г/дм}^3$, соляной – $5,0 \text{ г/дм}^3$;
- щелочные сточные воды содержат гидроксид натрия – $3,0 \text{ г/дм}^3$, карбонат натрия – $3,5 \text{ г/дм}^3$.

2. На опреснительную установку поступает вода с расходом 10 л/с и солесодержанием 20000 мг/дм^3 . Из этого расхода поступает в опреснитель $X \text{ л/с}$ воды и выходит из опреснителя $0,75X \text{ л/с}$ пресной воды с солесодержанием 100 мг/л и $0,25X \text{ л/с}$ рассола с неизвестной концентрацией $Y \text{ мг/дм}^3$. Так как населению подают воду с солесодержанием 500 мг/дм^3 , то часть воды после опреснителя смешивают с соленой водой в резервуаре, откуда подается населению. Определить неизвестные расходы воды и концентрацию рассола Y .

3. Определить хлор поглощаемость воды в г/м^3 , если на очистных сооружениях водопровода, производительность $100000 \text{ м}^3/\text{сут}$, суточный расход хлора составляет 150 кг .

4. В смеситель-нейтрализатор завода поступают три потока сточных вод с различными pH и расходами (Q), данные по которым приведены в таблице. Определить неизвестный параметр « X », если pH смеси, выходящей в городскую канализационную сеть, равно $7,0$.

Поток	pH	Q , л/с
1	4,8	5,6
2	10,3	4,2
3	X	6,2

5. В смеситель-нейтрализатор завода поступает три потока сточных вод с различными расходами (Q) и солесодержанием (C). Определить неизвестные расходы и солесодержание потока, выходящего из смесителя-нейтрализатора.

Поток	(Q) , л/с	C , мг/дм ³
1	5,6	600
2	4,2	400
3	6,2	200

6. В системе Си жесткость воды определяется в моль/м³. В других странах жесткость воды определяется в несистемных единицах, например:

1. В Германии в немецких градусах;
2. Во Франции во французских градусах;
3. В США в американских градусах;
4. В Англии в английских градусах.

Выразить жесткость воды равную 1 моль/м^3 в немецких и французских градусах если известно, что 1 немецкий градус равен 10 мг CaO в 1 л воды, а 1 французский градус равен 10 мг CaCO_3 в 1 дм^3 воды.

10. ОЛИМПИАДЫ 90^x

10.1. ОЛИМПИАДА 1995 (КИЕВ)

1. Для биологической очистки в аэротенк подаётся сточная вода и активный ил в соотношении расходов: $q_{св}:q_{аи}=2,7$. После аэротенка иловая смесь поступает на блок из 3-х вторичных радиальных отстойников диаметром $D_{сет}=18$ м; $d_{ен}=0,7$ м; $H_{сет}=3,7$ м. Распределение смеси между отстойниками неравномерно и составляет, соответственно, 360; 340; 380 м³/час. Определить концентрацию активного ила в осветлённой воде (мг/л) после каждого из отстойников. (9 баллов)

2. Вода природного источника с целью осветления и обесцвечивания обработана коагулянтom – сульфатом алюминия. Определить стабильность воды после коагулирования. Исходные данные приведены в табл. 10.1. (7 баллов)

Таблица 10.1

Вода природного источника				Вода после коагулирования		
Мутность, мг/дм ³	Цветность, град	Щелочность, мг.экв/дм ³	Содержание CO ₂ , мг/л	Общее содержание, мг/дм ³	Содержание кальция, мг.экв/дм ³	Температура, град.
90	55	3	6	200	4,25	13

3. Для представленной схемы движения потоков воды определить расходы q_1 и q_2 (л/с), если $d_1=200$ мм, $d_2=250$ мм. Трубы чугунные водопроводные.

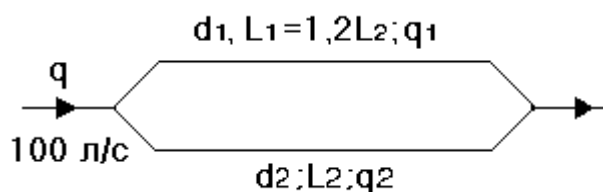


Рис. - 10.1 (7 баллов)

4. Для рационального использования водных ресурсов на промышленных предприятиях внедряются оборотные системы водоснабжения. По какому показателю можно оценить техническое совершенство оборотной системы водоснабжения. Какой величины достигает этот показатель в современных условиях (для различных отраслей промышленности)? (5 баллов)

5. Насос, характеристика ($Q - H$) которого описывается в таблице 10.2, подаёт воду по трубопроводу с равномерным подъёмом на высоту 50 м.

Таблица 10.2

Q, л/с	0	20	40	60	80	100	120
H, м	80	78	76	72,5	69	65	59

Вода из трубопровода изливается свободно в атмосферу. На середине трубопровода (*м. Б*) производится промежуточный отбор воды в атмосферу.

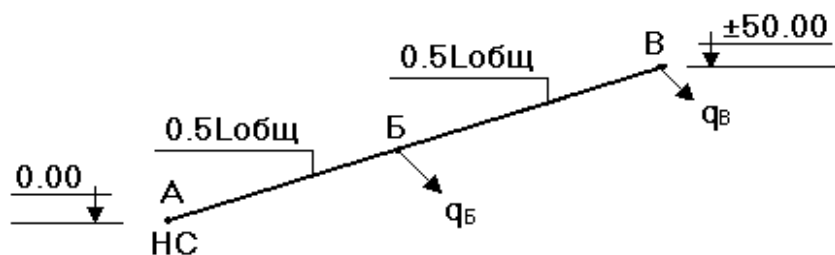


Рис. 10.2.

Определить суммарную подачу насоса ($q_{\text{сум}}$, л/с) и величину отбора в т. Б ($q_{\text{б}}$, л/с). Коэффициент сопротивления всего трубопровода (от А до В) $S_{\text{тр}}=0,004$. Коэффициент сопротивления отборного устройства (в т. Б) $S_{\text{б}}=0,01$. (Оба коэффициента даны для расхода воды в л/с). (10 баллов)

6. Определить возможность прямой промывки самотечных линий $d=500$ мм водозабора, если расход каждой из них при нормальной работе $0,15 \text{ м}^3/\text{с}$, а при промывке $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$. Удельные потери на трение ($1000i$):

- при нормальной работе $1,62 \text{ м}$;
- при промывке $13,8 \text{ м}$.

Сумма коэффициентов местных сопротивлений на самотечной линии $\Sigma \xi = 5$. Длина самотечных линий 100 м . Отметка горизонта низких вод в реке – $40,00 \text{ м}$. Глубина воды в приёмном отделении берегового колодца – 2 м (при нормальной работе). Высота сеток в приёмном отделении – $1,2 \text{ м}$. (9 баллов)

10.2. ОЛИМПИАДА 1996

1. Блок очистных водопроводных сооружений состоит из 2-х одинаковых реакторов; эффективность каждого из них по удалению из воды вещества «X» в зависимости от расхода воды представлена в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Q, $\text{м}^3/\text{сут}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Э, %	80	75	63	44	31	24	20	17,2	15,5	14,8

Реакторы в блоке могут работать или последовательно, или параллельно. Предложите наиболее эффективное распределение воды между реакторами при параллельной схеме и сравните с эффективностью при последовательной схеме. Расход воды, очищаемой блоком - $100 \text{ м}^3/\text{сут}$.

2. В смеситель-нейтрализатор завода поступает 3 потока сточных вод с различными pH и расходами (Q), данные, которые приведены в табл. 10.4. Определить неизвестный параметр «х», если pH смеси, выходящей в городскую канализационную сеть, равен $7,0$.

Таблица 10.4

Поток	pH	Q, л/с
1	4,82	5,55
2	10,31	4,23
3	х	6,22

3. Напорный водовод из асбестоцементных труб (BT-9, тип 1) диаметром 250 мм и длиной 1400 м пропускает 65 л/с воды. При ликвидации аварии на этом водоводе возникла необходимость заменить трубы на участке длиной 400 м. На складе ремонтно-строительной организации оказались в наличии лишь трубы диаметром 200 и 300 мм. Предложите вариант укладки ремонтируемого участка, пользуясь только трубами указанных диаметров при сохранении пропускной способности водовода.

4. На уплотнитель поступает 10 м³/час избыточного активного ила влажностью 99,6% (плотность 1006 кг/м³). Из уплотнителя выходит уплотнённый активный ил (плотность 1007 кг/м³) и 8,2 м³/час иловой воды с содержанием взвешенных веществ 600 г/м³. Определить влажность уплотнённого активного ила (%).

5. Обоснуйте правильность уравнения для определения предельно допустимого содержания взвешенных веществ $C_{доп}^{ВЗВ}$, (мг/л) в очищенных сточных водах, сбрасываемых в водоём:

$$C_{доп}^{ВЗВ} = P \cdot \left(\frac{\gamma Q_p}{q_{св}} + 1 \right) + C_p^{ВЗВ},$$

где P – допустимое по санитарным нормам увеличение содержание взвешенных веществ в речной воде после сброса сточных вод;

γ - коэффициент смешения, учитывающий долю речной воды, участвующей в смешении со сточной водой;

Q_p - расход речной воды;

$q_{св}$ - расход сточной воды;

$C_p^{ВЗВ}$ - содержание взвешенных веществ в воде водоёма до сброса в него сточных вод.

6. Определить дебит трубчатого колодца и размеры фильтра при заборе воды из напорного пласта мощностью $m=15$ м, понижении статического уровня $S=10$ м и диаметре погружного насоса 200 мм.

Дополнительная информация:

- радиус влияния $R = f(S, K)$;
- дебит скважины $Q = f(K, m, S, R, r)$, где r – радиус скважины;
- скорость движения воды через фильтр $V = f(K)$.

7. Заводской герметичный подземный резервуар-накопитель жидких кислотных отходов гальваники размерами 2 м (высота), 6 м (ширина), 8 м (длина) заполнен на 80% объёма. Завод располагает парком из 5 герметичных цистерн ёмкостью 20 м³ каждая (см. рис. 10.3, поз. 5), предназначенные для вывоза этих отходов на базу утилизации.

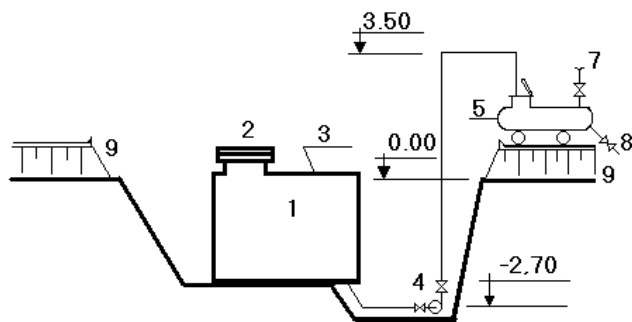


Рис. 10.3 - Схема установки:

1 - резервуар-накопитель; 2 - герметичный люк $d=0,6$ м; 3 - воздушная трубка $d=32$ мм; 4 - кислотостойкий насос; 5 - цистерна; 6 - герметичный люк $d=0,6$ м; 7,8 - патрубки для обслуживания с вентилями $d=40$ мм; 9 - насыпь железно-дорожной колеи

Кислотостойкий насос (поз. 4), перекачивающий отходы из резервуара в цистерны, вышел из строя и отправлен в мастерские для ремонта. Запасного насоса того же типа на складе завода не оказалось. Служба водоснабжения и канализации завода располагают передвижной насосной установкой с рабочими характеристиками: $H=15$ м; $Q=5$ л/с; $h_{\text{вак}}=4$ м, однако насос этой установки не может перекачивать кислые стоки. Предложите наиболее простой способ перекачивания отходов из резервуара в цистерны в данной ситуации.

10.3. ОЛИМПИАДА 1997

1. Разработать схему водозаборных сооружений при следующих исходных данных: производительность водозабора 30000 м³/сут; источником водоснабжения является судоходная река; мутность воды 1000 мг/л; толщина льда – $0,5$ м; берега реки устойчивые; шуга отсутствует.

2. Определить КПД и полезную мощность насоса, если он перекачивает воду расходом 20 л/с, начиная с отметки $10,000$ до отметки $30,000$. При этом суммарные гидравлические потери составили 20 м, а мощность насоса – 13 кВт.

3. Определить высоту водонапорной башни для микрорайона с 5-этажной застройкой, если:

- $H_{\text{кр-б}}$ – потери напора в сети на участке от критической точки до башни; $H_{\text{кр-б}} = 1,5$ м;

- $Z_{\text{б}}$ – отметка земли в месте установки водонапорной башни; $Z_{\text{б}} = 91,00$ м;

- $Z_{\text{кр}}$ – отметка земли в критической точке; $Z_{\text{кр}} = 90,00$ м.

4. На скорый двухслойный фильтр площадью 100 м² поступает вода с содержанием взвешенных веществ 20 мг/л. Превышение нормативного уровня (по ГОСТ 2874-82) содержания взвешенных веществ в фильтрате наступает через 12 часов. Определить пропускную способность фильтра (м³/сут) и концентрацию взвешенных веществ в промывной воде. (При решении использовать СНиП 2.04.02-84).

5. Уклон местности $0,06$. Можно ли проложить самотечную дождевую канализацию из железобетонных труб диаметром 600 мм параллельно уклону

местности?

6. За несколько лет население посёлка увеличилось на 12%, норма водоотведения выросла от 150 до 220 л/чел·сут., норма выброса взвешенных веществ со сточной водой на 1 человека (г/чел·сут.) увеличилась в 1,15 раза. Как при этом изменились (в % - рост или падение):

- концентрация взвешенных веществ (мг/л);
- общий суточный выброс (кг/сут) взвешенных веществ со сточной водой посёлка.

7. На берегу озера, имеющего большое народно-хозяйственное значение, находится посёлок городского типа с расходом 2000 м³/сут. Можно ли сбрасывать сточные воды в это озеро? Ответ обосновать.

10.4. ОЛИМПИАДА 1998

1. Насосная станция оборудована 2-мя параллельно соединёнными центробежными насосами, характеристика «Q – H» которых приведена в табл. 10.5.

Таблица 10.5

Q, л/с	20	40	60	80	100	120	140
H, м	24,8	24,0	23,0	21,8	20,1	18,1	15,8

Насосная станция обеспечивает подачу 180 л/с воды по 2-м стальным водоводам $d=300$ мм на расстояние 1200 м. При реконструкции насосной станции без изменения агрегатов проложен дополнительный стальной водовод, параллельно двум существующим, что обеспечило увеличение общей подачи на 67 л/с. Определить диаметр нового водовода. Потери напора в насосной станции и местные потери в напорных водоводах не учитывать.

(10 баллов)

2. Приведите возможные варианты технического решения, обеспечивающие забор воды из рек малой глубины:

- а) при пористом грунте ложа реки;
- б) при плотном грунте ложа реки (не размываемом и размываемом).

(7 баллов).

3. Количество профильтрованной воды за время фильтроцикла на двухслойном фильтре составила 5200 м³. Мутность воды, поступающей на фильтр, составила 20 мг/л. Определить среднюю концентрацию взвеси в промывной воде, если площадь фильтра составляет 60 м².

(6 баллов).

4. Горизонтальный трубопровод АД длиной 45 м из неовых стальных водогазопроводных труб диаметром $d=100$ мм состоит из трёх участков (см. схему). Вода поступает в трубопровод в точке «А». На участке ВС длиной 5 м осуществляется равномерно рассредоточенный отбор воды из трубопровода с удельным расходом 5 л/с·м. В точке «Д» обеспечивается свободный излив воды

в атмосферу с потерей напора на излив $0,5$ м. Свободный напор в точке «А» составляет 12 м.

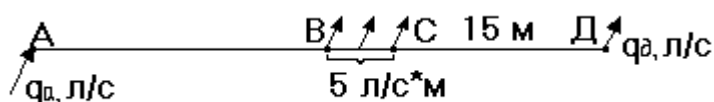


Рис. 10.4

Определить наибольший возможный расход воды, поступающий в точку «А».

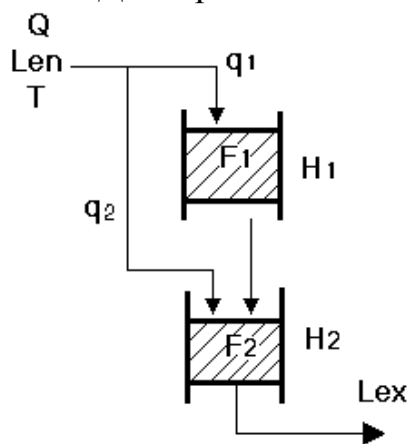
5. При химическом анализе воды реки хоз-питьевого назначения в контрольном створе после сброса сточных вод обнаружено 15 веществ. В табл. 10.6 приведены их фактические концентрации (C_f , мг/л), предельно-допустимые концентрации для рек данной категории ($C_{пдк}$, мг/л) и их распределение по группам лимитирующего признака вредности (*ЛПВ*): санитарно-токсикологические (*СТ*), общесанитарные (*ОС*), органолептические (*ОР*). Рассчитать максимально возможные значения C_f для некоторых веществ, обозначенные в табл. 10.6 как «Х».

(7 баллов)

Таблица 10.6

Вещества и группы ЛПВ	C_f , мг/л	$C_{пдк}$, мг/л	Вещества и группы ЛПВ	C_f , мг/л	$C_{пдк}$, мг/л	Вещества и группы ЛПВ	C_f , мг/л	$C_{пдк}$, мг/л
Ванадий СТ	0,015	0,1	Ксилол ОР	0,005	0,05	Титан ОС	Х	0,1
Висмут СТ	0,15	0,5	Медь ОР	Х	1,0	Толуол ОР	0,15	0,5
Железо ОР	0,045	0,3	Метанол СТ	Х	3,0	Уксусная кислота ОС	0,12	1,2
Кадмий СТ	0,0001	0,001	Резорцин ОС	0,03	0,1	Хром ОР	0,1	0,5
Капролактан ОС	0,25	1,0	Селен СТ	0,1	0,5	Цинк ОС	0,2	1,0

6. Для приведенной схемы (см. рис 10.5) распределения воды по 2-х



капельным биофильтрам рассчитать согласно СНиП 2.04.03-85 *БПК_{полн}* очищенной воды - L_{ex} , мг/л; $Q=800$ м³/сут; $L_{en}=370$ мг/л; $T=14^\circ C$; $H_1=2$ м; $H_2=1,5$ м; $F_1=180$ м²; $F_2=320$ м²; $q_2=260$ м³/сут.

(9 баллов).

Рис. 10.5

7. Предложить и обосновать схему вертикальной увязки соединения труб в колодце если диаметр предыдущего участка 350 мм, наполнение в нём 180 мм, диаметр последующего участка 450 мм, наполнение в нём 290 мм. (5 баллов)

10.5. ОЛИМПИАДА 1999

1. Расчётное суточное потребление воды объектом составляет 15000 м³/сут. Определить необходимое количество трубчатых колодцев (скважин) n_k подземного водозабора и фактическую суточную подачу воды Q_{ϕ} , м³/сут при условии: мощность водоносного слоя $m=20$ м, коэффициент фильтрации $K=15$ м/сут; диаметр фильтра скважины $D_{\phi}=250$ мм; напор воды над подошвой водоупора, подстилающего водоносный слой, $H=25$ м; потери напора в насосе и фильтре $\Delta H=5$ м.

2. Вода в количестве 20 л/с подаётся в напорный бак «С» (см. схему) двумя насосами H_1 и H_2 , (при $Q=0$; $H_{нас}=70$ м; при $Q=10$ л/с $H_{нас}=60$ м), расположенными, соответственно, в начале водовода (H_1) и посередине (H_2). Водопровод по всей длине ($2 \cdot L$, м) сделан из труб одинакового материала и диаметра, но первую половину (участок А – В) – в одну нитку (потери напора на этом отрезке составили 16 м), а другую половину (участок В - С) – в две нитки.

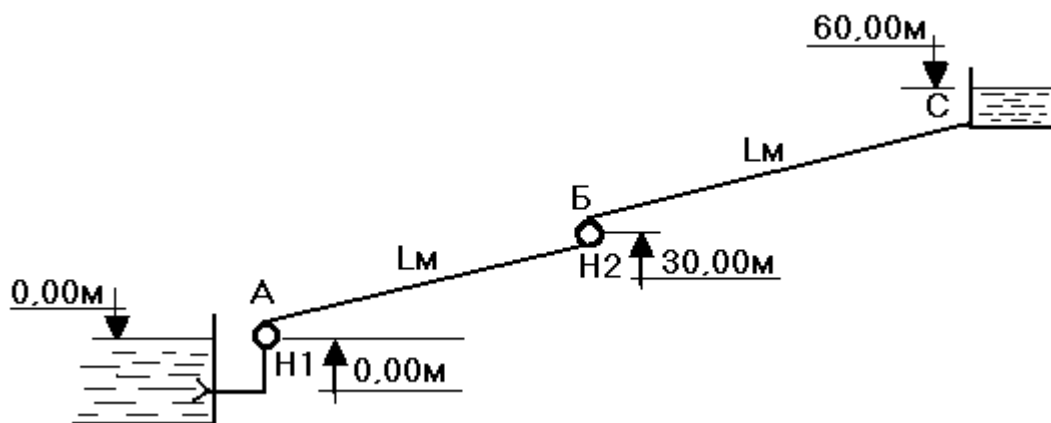


Рис. 10.6

Задание: 1. Построить графические зависимости (характеристики) « $Q - H$ » насосов и водоводов;

2. Обосновать выбор материала труб для водовода из двух возможных вариантов:

а) стальные со сварными соединениями;

б) асбестоцементные на муфтах с резиновыми уплотнителями.

3. В очищенной сточной воде, сбрасываемой в речку, контролируется содержание 10 загрязняющих веществ ($X_1 - X_{10}$), относящихся к общесанитарной (ОС) и токсикологической (ТК) группам по лимитирующим признакам вредности (ЛПВ), (см. табл. 10.7). Для этих веществ известны предельно допустимые концентрации (ПДК) при сбросе в данную реку.

Таблица 10.7

Вещества		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Концентрации загрязнений, мг/дм ³ по группам ЛПВ	ОС	-	?	0,255	-	4,56	-	-	0,035	-	0,35
	ТК	0,54	-	-	0,49	-	0,9	?	-	1,08	-
ПДК, мг/дм ³		3,0	2,5	1,7	3,5	12,0	10,0	0,25	0,35	4,0	1,4

Задание: Определить максимально возможную концентрацию веществ X2 и X7 в очищенной сточной воде (по 3 вариантам), если известно:

- Вариант 1: $C_{x2} = C_{x7}$;
- Вариант 2: $C_{x7} \geq 0,6C_{x2}$;
- Вариант 3: $C_{x7} \leq 0,25C_{x2}$.

4. Кинетика гидролиза коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ соответствует реак-

ции первого порядка:
$$\frac{dC_t}{dt} = -k \cdot C_t, \quad (10.1)$$

где C_t - временная концентрация не гидрализованного коагулянта на момент времени t ; k - константа реакции. Начальная доза коагулянта C_0 составляет 150 мг/дм^3 . Через 30 сек. после начала гидролиза коагулянта масса его гидрализованной части равнялась 30% от C_0 .

Задание: Предложить в табличной форме изменение по времени (t) не гидрализованной части массы $Al_2(SO_4)_3$ в течение 5 мин. от момента начала гидролиза ($30 \text{ с, } 60 \text{ с, } 120 \text{ с, } 180 \text{ с, } 300 \text{ с}$).

Рекомендация: Для нахождения функциональной зависимости $C_t = f(t)$ необходимо проинтегрировать по времени дифференциальное уравнение (10.1) при условии, что при $t=0$ $C_t = C_0$.

5. Сточная вода содержит C_0 , мг/дм³ загрязняющего вещества «X», удаление которой производится при последовательном его прохождении через 2 системы очистного комплекса (см. схему): физико-химическую («ФХ») и биологическую («БИО»).

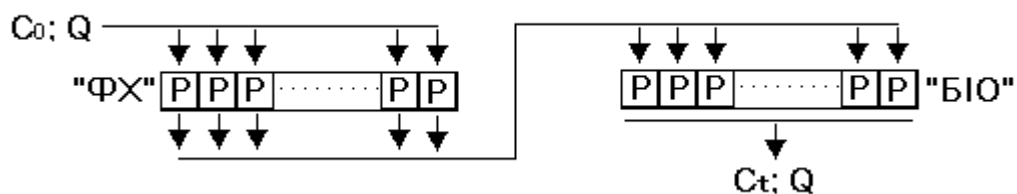


Рис. 10.7 - Схема соединения реакторов

Каждая система состоит из конкретного числа (n) параллельно работающих реакторов так, что расход воды через 1 реактор каждой системы (q_p , л/час):

$$q_p = \frac{Q}{n_p},$$

где Q – общий расход сточных вод ($Q = 100$ л/час).

Эффект удаления вещества «X» в очистном комплексе:

$$E = \frac{C_0 - C_t}{C_0} = \left(1 - e^{-\frac{65}{q_{p\Phi X}}}\right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{85}{q_{p\text{БИО}}}}\right).$$

Определить такое наименьшее количество реакторов каждой системы ($n_{p\Phi X}$, $n_{p\text{БИО}}$), чтобы $C_t \leq 0,5$ мг/дм³ (при $C_0 = 5$ мг/дм³).

Примечание: Стоимость изготовления и эксплуатации 1 реактора «ФХ» на 10% больше, чем 1 реактора «БИО».

6. На схеме приведен фрагмент городской сети водоотведения бытовых сточных вод. Трубы керамические. Лоток трубы участка К1–К3 в колодце К3 находится на отметке 123,000, а участка К2–К3 в колодце К3 на отметке 123,500.

Задание:

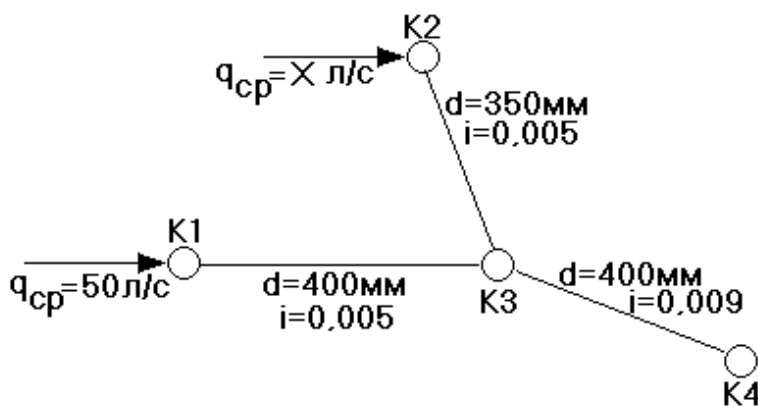
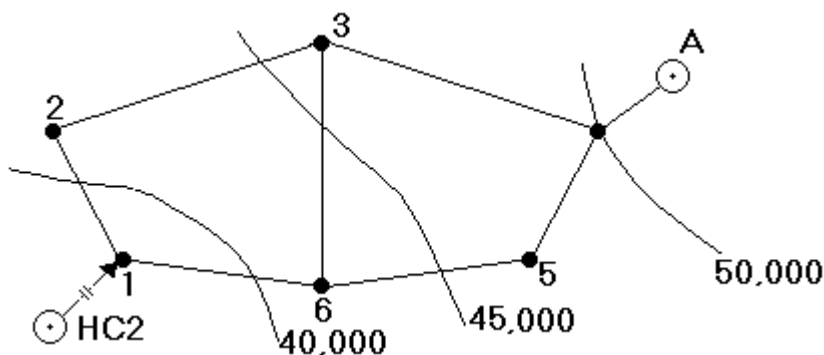


Рис. 10.8.

в колодце К3 по линии К1–К3–К4.

7. На рисунке показана схема водопроводной сети населённого пункта с 4-этажной застройкой. В точке «А» расположен контррезервуар.



Задание: 1. Показать распределение направлений потоков по участкам сети во время максимального водопотребления воды, которые подтверждали бы существование в точке «А» контррезервуара, а не проходной башни.

2. Объяснить, как на основании суточного почасового графика подачи НС II ($Q_{нс}$, м³/час) и потребление воды ($Q_{потр}$, м³/час) определить час максимального транзита воды в контррезервуар.

3. Определить необходимую пьезометрическую отметку в точке 4:

- во время максимального потребления воды;
- при тушении пожара в этой точке.

4. Какое сооружение системы в данном случае должно компенсировать потери воды для тушения пожара?

КОМАНДНЫЙ КОНКУРС

Производственное предприятие использует для своих технологических нужд $100 \text{ дм}^3/\text{час}$ воды, которая имеет содержание загрязняющего вещества «X» $C_0=200 \text{ мг/дм}^3$. Предприятие закупило у фирмы «N» очистную установку, предназначенную для удаления из воды вещества «X». Фирма «N» поставила заказчику оборудование установки: два реактора типа «RX», трубы, арматуру, регулирующее и контролирующее приспособление.

В сопровождающей технической документации фирма дала такую информацию о реакторах типа «RX»:

1. Пропускная способность реактора может регулироваться в диапазоне от 5 до $100 \text{ дм}^3/\text{час}$ ступенчато с шагом расходов $5 \text{ дм}^3/\text{час}$ ($5, 10, 15, 20, 85, 90, 95, 100 \text{ дм}^3/\text{час}$);

1. Эффективность работы реактора E рассчитывают по стандартной зависимости:

$$E = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}},$$

где C_{en} и C_{ex} – соответственно концентрация вещества «X» на выходе из реактора, $\text{дм}^3/\text{час}$, и связана с пропускной способностью реактора q_p , $\text{дм}^3/\text{час}$ так, как это приведено в табл. 10.8:

Таблица 10.8

$q_p, \text{ дм}^3/\text{час}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
E	0,91	0,9	0,88	0,86	0,83	0,78	0,63	0,45	0,36	0,3
$q_p, \text{ дм}^3/\text{час}$	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
E	0,26	0,23	0,2	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11

2. Реакторы в установке соединяются по конкретной технологической схеме, информация о которой (“know-how”) требует отдельной платы.

3. Схема в целом работает в напорном режиме и движение воды в ней происходит только за счёт разницы давлений в точке входа (А) и выхода (Б) воды. Никаких устройств для повышения давления в середине схемы не существует.

Задание: для получения на выходе из установки воды с наименьшей возможной концентрацией вещества «X»:

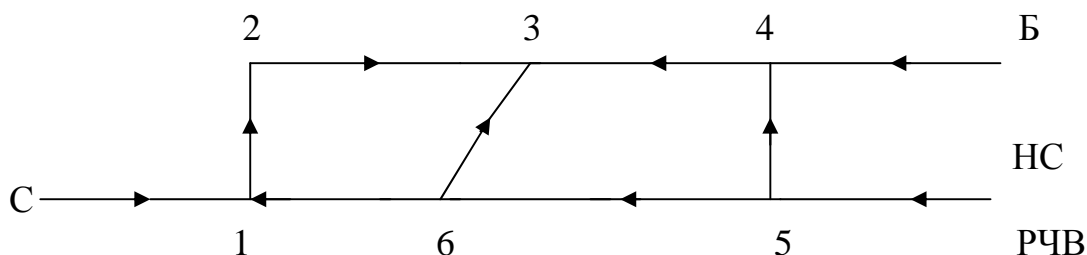
1. Разработать технологическую схему соединения реакторов и трубопроводов;

2. Дать направления движения воды и расходы ($q, \text{ дм}^3/\text{час}$) по отдельным участкам схемы;

3. Привести расчёты по величине концентрации вещества «X» на выходе из установки.

11. ОЛИМПИАДА 2000 (КИЕВ)

1. **Условие:** водопроводная сеть города обеспечивается водой из скважины («С») и очистных сооружений (НС 2, РЧВ). «Б» - водопроводная башня.



В табл. 11.1 приведены потери на трение по участкам в соответствии с показанными направлениями движения воды и отметки поверхности земли в точках. Застройка - пятиэтажная. Отметка уровня воды в РЧВ 30,000.

Таблица 11.1

Участок	Отметки земли		Потери напора, м
	Начало	Конец	
С – 1	34,000	34,800	2,0
1 – 2	34,800	36,000	1,0
2 – 3	36,000	38,000	0,5
3 – 4	38,000	38,000	2,2
Б – 4	40,000	38,000	0,4
4 – 5	38,000	34,000	1,8
5 – 6	34,000	34,000	1,0
6 – 1	34,000	34,800	1,5
6 – 3	34,000	38,000	3,0
НС 2 – 5	30,000	34,000	5,0

Задание: Определить, какое давление (кгс/см²) должны показывать манометры на выходе из скважины (P_c) и на НС II и необходимую высоту водонапорной башни (H_b , м).

2. **Условие:** расход речной воды составляет 0,5 м³/с.

Задание: определить размеры основных элементов водозабора: решеток (стержни 1,5 см, расстояние между стержнями в свету 10 см), трубопроводов, сеток (прутья диаметром 2 мм, ширина отверстий 6 мм).

3. **Условие:** дебит скважины «А» составляет 150 м³/сут. воды с содержанием 2500 мг/дм³. Максимально допустимый норматив содержания для водоснабжения населённого пункта «Б» составляет 1000 мг/дм³. Для обезсоливания воды используется электродиализная установка «Е», которая обеспечивает выход 75% очищенной воды с содержанием 300 мг/дм³ и 25% высококонцентрированного раствора «Р».

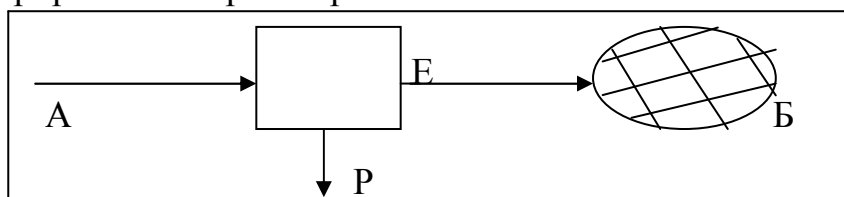


Рис. 11.1

4. **Задание:** предложите схему движения потоков и определите их количество (расходы, м³/сут.) и качественные (солесодержание, мг/дм³) параметры для обеспечения максимально возможной подачи обессоленной воды к населённому пункту.

5. **Условие:** в реку хозяйственно-питьевого использования с расходом $Q_p=15$ м³/с сбрасываются очищенные сточные воды машиностроительного предприятия в количестве $Q_{np}=1$ м³/с, которые содержат 7 контролируемых загрязняющих веществ. Качественные показатели речной воды (C_p , мг/дм³) и максимально допустимое содержание этих веществ в контрольном створе ($C_{доп}$, мг/дм³) после смешения (коэффициент смешения 0,3) приведены в табл. 11.2:

Таблица 11.2

NN	Вещества	C_p	$C_{доп}$
1	Нефтепродукты	0,01	0,3
2	Медь	0,1	1,0
3	Свинец	0,01	0,03
4	Хром	0,01	0,5
5	Цинк	0	1,0
6	Взвешенные вещества	4,6	
7	«X»	0,03	?

Задание:

1. Определить максимально допустимое содержание этих веществ (кроме «X») в очищенных сточных водах предприятия ($C_{св}$, мг/дм³);
 2. Для вещества «X» определить $C_{доп}$, мг/дм³, если максимально допустимое содержание его ($C_{св}$) составляет 2,89 мг/дм³.

6. **Условие:** лоток самотечного канализационного трубопровода диаметром 350 мм с заполнением $h/d = 0,62$ входит в колодец на глубине 2,25 м от поверхности земли.

Задание: Определить, на какой наименьшей глубине может находиться лоток местного самотечного трубопровода диаметром 400 мм.

7. **Условие:** город с тремя промышленными предприятиями образует смесь бытовых и промышленных сточных вод, концентрация взвешенных веществ в которой составила в 1995г 236 мг/дм³. За 3 года норма водоотведения на 1 жителя (a , л/сут.·чел.), расход бытовых сточных вод ($Q_{быт}$, м³/сут.) и норма выхода с ними взвешенных веществ (m , г/сут.·чел.) увеличились: a – на 15%, $Q_{быт}=1800$ м³/сут., m – на 5 г/сут.·чел. Динамика изменения количества жителей (N , чел) и расходов и концентраций взвешенных веществ промышленных сточных вод приведены в табл. 11.3:

Таблица 11.3

Годы	N, чел	Расходы ПП, м ³ /сут			Концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³		
		1	2	3	1	2	3
1995	25 000	600	450	810	180	320	200
1998	28 000	620	410	850	150	300	210

Задание: рассчитать перспективное значение концентрации взвешенных веществ в сточных водах города в 1998г.

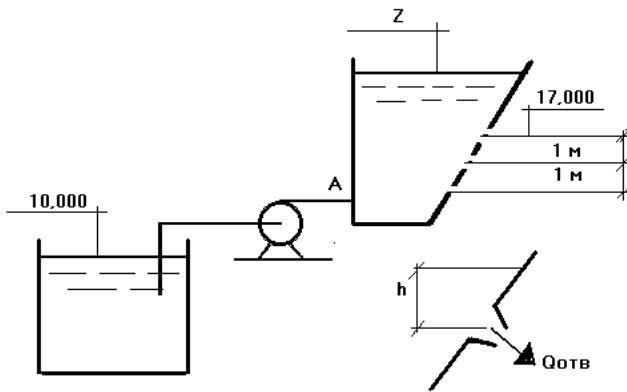
8. **Условие:** насос забирает воду из резервуара с постоянным уровнем воды и подаёт её к оросительному агрегату, с которого вода вытекает из трёх отверстий, расположенных на разной высоте (см. рис. 10.1). Характеристика насоса «Q – H» дана в табл. 11.4:

Таблица 11.4

Q, л/с	3,5	7,0	9,5	12,0	14,0
H, м	16	14	12	9	6

Расход воды через каждое отверстие (q , л/с) зависит от высоты уровня воды над этим отверстием (h , м) и коэффициентом сопротивления отверстия ($s=1/9$ м·с²/л) и это выражается следующей зависимостью:

$$h = s \cdot q_{отв}^2.$$



Задание: определить максимальную отметку уровня воды в агрегате (z , м) и расход воды через каждое отверстие (q_i , л/с) при постоянном режиме работы насоса без учёта потерь напора до точки «А».

Рис. 11.2 - Схема рабочей установки

КОМАНДНЫЙ КОНКУРС

Условие. На очистную станцию водоотведения промышленного объекта (см. схему) по двум разным коллекторам (А, Б) поступают бытовые (расход – $Q_{быт}$ [м³/час]; $БПК_{20} - L_{быт}$ [г/м³]) и промышленные (расход – $Q_{пр}$ [м³/час]; $БПК_{20} - L_{пр}$ [г/м³]) сточные воды.

Бытовые сточные воды проходят механическую очистку в системе «МЕХ» с уменьшением $БПК_{20}$ до уровня L' , г/м³, а промышленные сточные воды – предварительную физико-химическую очистку в реакторах системы «ФХ» с уменьшением $БПК_{20}$ до уровня L'' , г/м³, после чего их смесь поступает на сооружения системы биологической очистки «БИО» с уменьшением $БПК_{20}$ до уровня L_t , г/м³.

Система «МЕХ» обеспечивает эффект снижения $БПК_{20}$ (E' , %) в зависимости от расхода сточных вод согласно графику 1а.

Система «БИО» уменьшает $БПК_{20}$ с эффектом E'' , % в зависимости от расхода сточных вод согласно графику 1б.

Эффект уменьшения $БПК_{20}$ в каждом реакторе системы «ФХ» (E_p , %) зависит от расхода сточных вод через реактор (Q_p , м³/час) согласно уравнению:

$$E_p = 72 \left(1 - 10^{-\frac{280}{Q_p + 110}} \right).$$

Все реакторы в системе «ФХ» работают параллельно при равномерном разделении общего расхода сточных вод между ними. Количество работающих

в данный период времени реакторов (n_p) может изменяться по желанию оператора.

Задание.

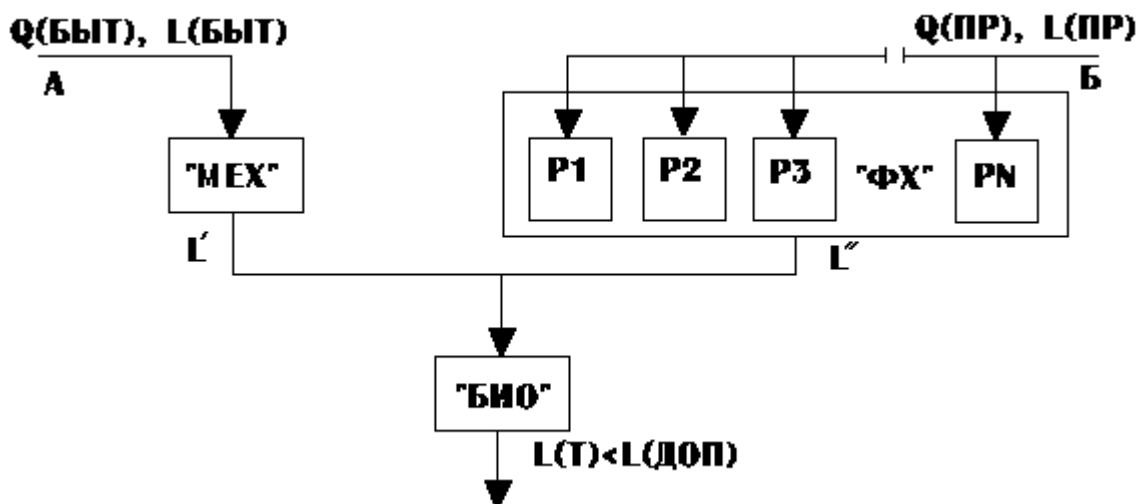
В зависимости от смены исходных данных (см. табл. 11.5):

1. Определить по вариантам такое минимальное необходимое количество работающих реакторов (n_p) системы «ФХ», чтобы BPK_{20} очищенной воды на выходе из системы «БИО» не превышала $L_{доп} = 16 \text{ г/м}^3$.
2. Построить ступенчатые графики изменений по вариантам:

$Q_{\text{быт}}; Q_{\text{пр}}; L_{\text{быт}}; L_{\text{пр}}; L_t; n_p$.

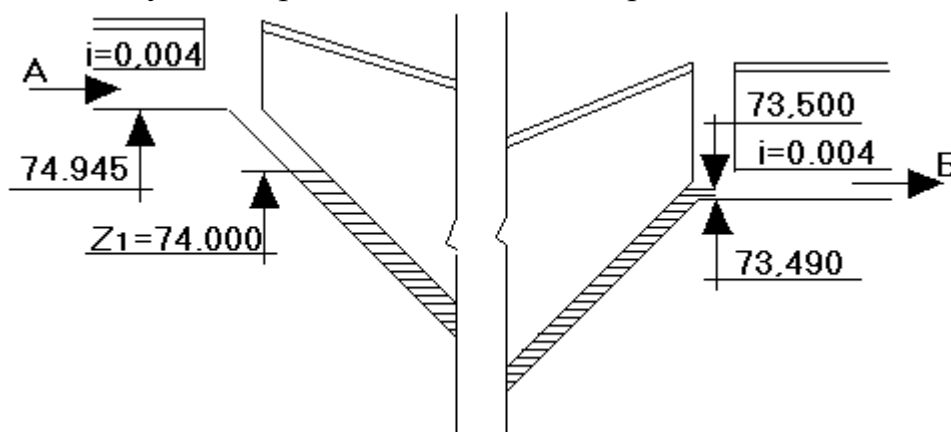
Таблица 11.5 - Исходные данные

Варианты	$Q_{\text{быт}}, \text{м}^3/\text{сут}$	$Q_{\text{пр}}, \text{м}^3/\text{сут}$	$L_{\text{быт}}, \text{г/м}^3$	$L_{\text{пр}}, \text{г/м}^3$
1	600	400	195	370
2	700	350	180	310
3	1100	450	160	420
4	1400	600	140	280
5	1600	850	130	250



12. ОЛИМПИАДА 2001 (КИЕВ)

1. При $Z_1 = 74.000$ дюкер пропускает расход $q_1 = 170$ л/с (см. схему). Каким должен быть минимальный одинаковый диаметр D , мм подводящего (A) и отводящего (B) железобетонных коллекторов при пропуске максимально возможного для данного дюкера расхода q_2 , л/с, если режим движения в обоих случаях соответствует квадратичной области сопротивлений.



2. Интенсивность процесса гидролиза коагулянта (например $FeCl_3$) зависит от свойств воды, а скорость процесса (dC/dT) как кинетической реакции 1-го порядка в каждый момент времени (t , с) пропорциональна концентрации его ещё не гидролизованной части: $dC/dT = -KC$, где C – временное значение концентрации ($мг/дм^3$), K – константа скорости ($с^{-1}$). Необходимо определить значения C ($мг/дм^3$) через 30 , 60 , 120 с, если начальная концентрация коагулянта $C_0 = 100$ $мг/дм^3$, а через 20 с его не гидролизованная часть составила 70% от C_0 .

3. Определить необходимое количество совершенных трубчатых колодцев (скважин) для получения $15\,000$ $м^3/сут.$ воды при мощности водоносного пласта $m=15$ м, коэффициенте фильтрации $K=15$ м/сут., диаметре фильтра $D_f=250$ мм. Напор воды над подошвой водоупора, который подстилает водоносный пласт, $H = 35$ м. Потери напора в насосе и фильтре соответственно, принять $1,0$ и $3,0$ м. Категория надёжности подачи воды – 2.

4. Песок, задерживаемый в песколовке, характеризуется нормативными (согласно СНиП 2.04.03 – 85) влажностью (P_n , %) и объёмным весом (γ , $кг/м^3$), транспортируется на песковые площадки при помощи гидроэлеватора в виде пульпы влажностью P_{nn} , %. Чему должен быть равен суточный расход рабочей воды для гидроэлеватора (V_2 , $м^3/сут.$), если $P_{nn}=95\%$, то суточный объём задерживаемого в песколовке песка $V_n=5$ $м^3/сут.$, а сухая (твёрдая) часть песка при транспортировании гидроэлеватором на песковые площадке не теряется.

5. На схеме водопроводной сети показано: NN узлов ($1...10$), место расположения скважины ($СК$) и насосной станции 2 подъёма ($НС 2$), направления движения воды (\longrightarrow) и потери напора (м) по участкам, горизонтали.

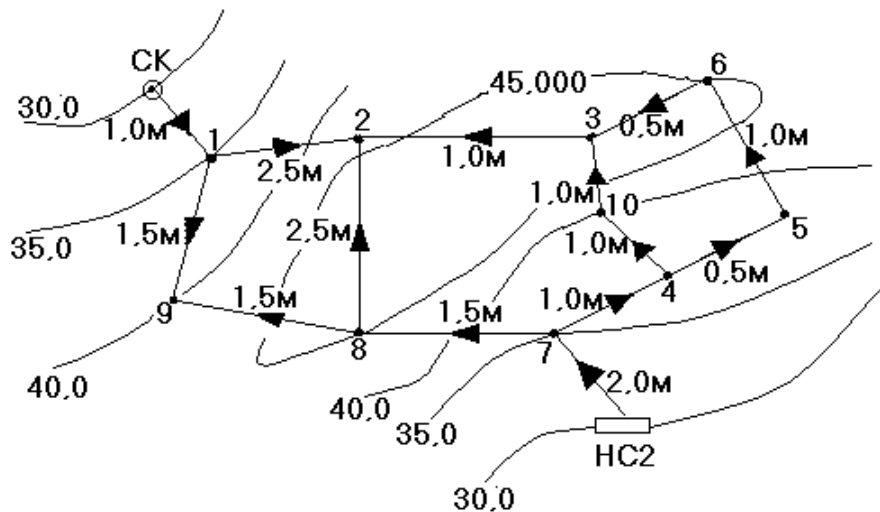
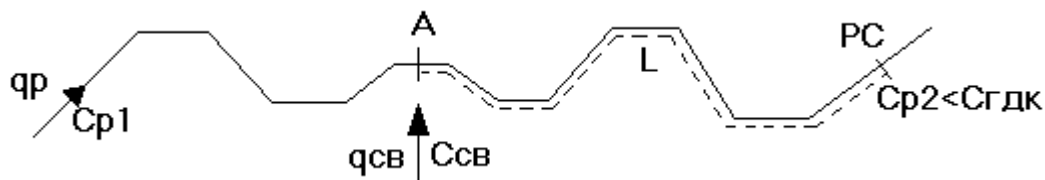


Рис. 12.1 – Схема водопроводной сети

Диктующая точка – узел 6. Застройка в городе пятиэтажная. Какими будут показания манометров (P , $MПа$) на выходе из скважины ($P_{св}$) и на НС 2 ($P_{нс}$) для обеспечения необходимого свободного напора в режиме тушения пожара во время максимального водопотребления? Какой при этом будет фактический свободный напор в узле 10 (м. вод. ст.)?

б. В речку, расчётный расход которой $q_p = 32 \text{ м}^3/\text{с}$, сбрасывают (см. схему) в створе «А» сточные воды, расход которых $q_{св} = 8 \text{ м}^3/\text{с}$, содержащие 3 загрязняющие вещества, относящиеся к 3 разным группам лимитирующего признака вредности (ЛПВ, см. табл. 12.1).



Концентрации загрязняющих веществ: в речной воде до створа «А» - C_{p1} ($\text{мг}/\text{дм}^3$); предельно допустимые в речной воде данной категории водопользования - $C_{гдк}$ ($\text{мг}/\text{дм}^3$); в сточной воде - $C_{св}$ ($\text{мг}/\text{дм}^3$); в расчётном створе (PC) - C_{p2} ($\text{мг}/\text{дм}^3$). L – расстояние по фарватеру (м) до створа «А» до расчётного створа.

Дополнительная информация:

1. Балансовое условие для PC:

$$C_{p2}(\gamma q_p + q_{св}) \leq C_{p1}\gamma q_p + C_{св}q_{св},$$

где γ - коэффициент смешения речной воды со сточными водами.

2). Формула Родзиллера:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha^3 L}}{1 + \frac{q_p}{q_{св}} e^{-\alpha^3 L}},$$

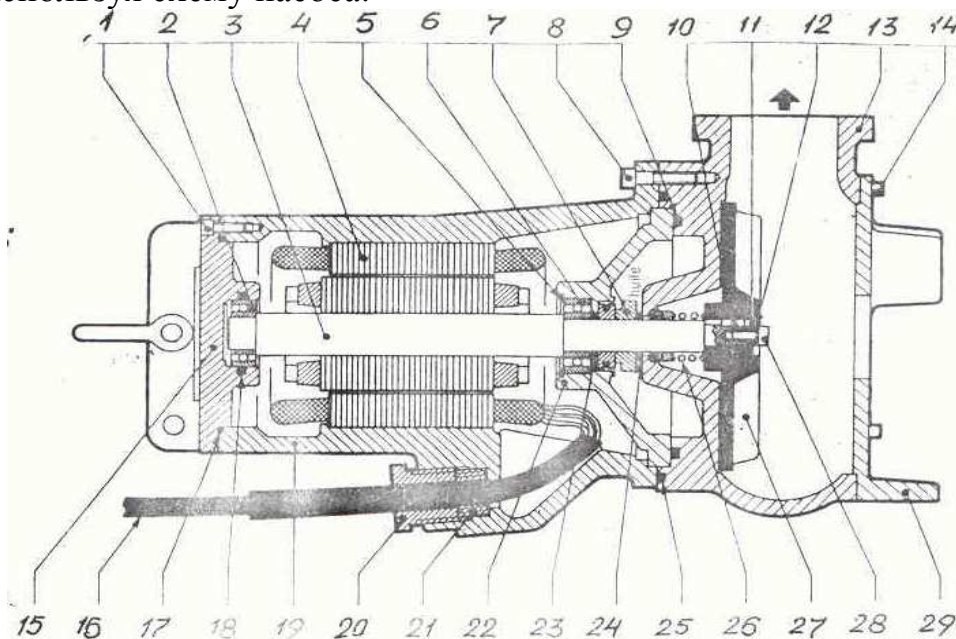
где α - гидродинамический коэффициент.

Задание: Определить на каком минимальном расстоянии $L, м$ балансовое условие для «РС» будет выполняться для всех 3-х загрязняющих веществ, если $\alpha = 0,22$.

Таблица 12.1

Загрязнения	Группы ЛПВ	Концентрация загрязнений, мг/дм ³		
		Ср1	Сгдж	Ссв
цинк	Общ. санитар	0,2	1,0	3,0
никель	Сан. токсик	0,03	0,1	0,25
нефтепрод	органолепт	0,1	0,3	1,0

7. Используя схему насоса:



а) определить его характерные признаки:

- по принципу работы (3 балла; диагональный, вихревой, объёмный);
- по назначению (2 балла; общего назначения, канализационный, насос-дозатор, грунтовый);
- по ориентации оси (1 бал; горизонтальный, вертикальный, универсальной ориентации);
- по принципу разборки (2 балла; осевой, торцевой, монолитный);
- по соединению с двигателем (1 бал; через муфту, редукторный, моноблок-насос);
- по расположению входа (1 бал; с осевым входом, с боковым входом, с двусторонним входом);

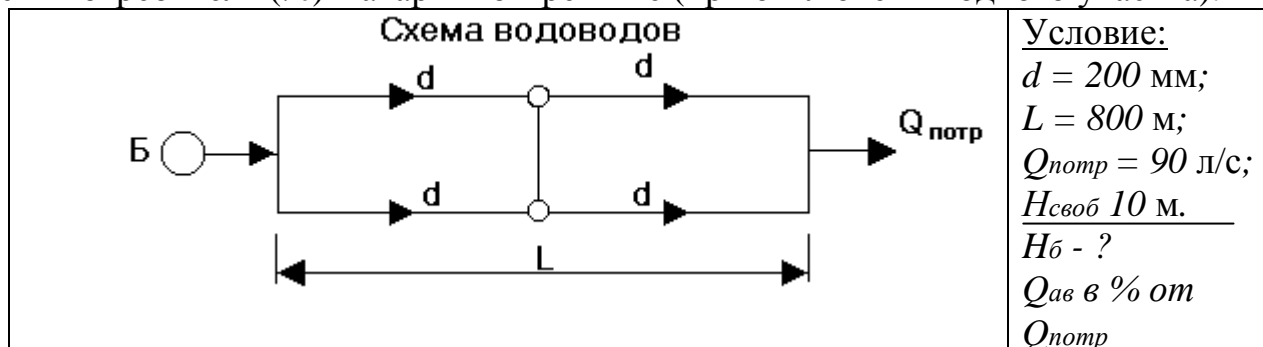
б) показать номера деталей:

- рабочее колесо (1 бал);
- статор двигателя (1 бал);
- подшипники (2 балла);
- сальники (6 баллов).

Примечание: данные баллы дают лишь относительное количество процентов от общего количества баллов задания.

13. ОЛИМПИАДА 2002 (ДНЕПРОПЕТРОВСК)

1. Вода подаётся из башни к потребителю по двум стальным водопроводам диаметром d , длиной L . Для уменьшения длины ремонтного участка по середине водоводов предусмотрена перемычка (см. схему). Расход воды потребителем в нормальном режиме эксплуатации – $Q_{норм}$, свободный напор – $H_{своб}$. Рельеф местности горизонтальный. Местными сопротивлениями пренебречь. Необходимо определить высоту башни и установить степень водообеспеченности потребителя (%) в аварийном режиме (при отключении одного участка).



2. На рисунке показана напорная характеристика насоса марки 6К-8, которая построена по аналитической зависимости $H = H_0 - S_\phi Q^2$ ($H_0 = 39,3$ м; $S_\phi = 0,00297$ для Q в л/с). Насос подаёт воду по трубопроводу диаметром d , длиной L на высоту $H_{геом}$.

Коэффициент гидравлического трения трубопровода λ .

Необходимо:

- 1) Построить характеристику трубопровода, получить рабочую точку «А» и определить производительность (Q_a) и напор насоса (H_a).
- 2) Выяснить, как необходимо изменить число оборотов двигателя насоса, чтобы его производительность увеличилась на 20%.



3. Керамические трубы водоотводящей сети соединяются в смотровом колодце по уровню шельг. Наполнения трубы диаметром 350 мм составляет 180 мм. Труба диаметром 400 мм проложена с уклоном $I = 0,003$ и пропускает

расход $Q=81$ л/с. Проверить, как соединяются трубы по уровням жидкости. Если происходит подтопление входного потока – определить, с каким уклоном необходимо проложить трубу диаметром 400 мм, чтобы образовалось равенство отметок поверхности жидкости в трубах.

4. Природная вода после обработки имеет следующие показатели: $t = 30^0 \text{ C}$; $M=1,5$ мг/л; $Ц=20^0$; $Щ=4,5$ мг-экв/л; $[Ca^{2+}] = 90$ мг/л; $P=500$ мг/л; $pH=7,65$. Определить дозу реагента, необходимого для стабилизационной обработки воды.

5. Для увеличения дебита совершенной водозаборной скважины в безнапорном пласте произведено вакуумирование. Вакуум-насос *КВН-4* делает в скважине вакуум $P_{\text{вак}}=0,4$ атм.

Необходимо определить, на сколько % увеличится расход воды.

Исходные данные для расчёта:

- Коэффициент фильтрации $K_f=20$ м/сут;
- Глубина воды в безнапорном пласте $H=20$ м;
- Диаметр скважины $d = 250$ мм;
- Принять потери напора в насосе и фильтре постоянными и такими, что равны $h = 5$ м.

6. **Условие:** определить размер общей платы за сброс загрязняющих сточных вод промпредприятий в Днепропетровской области. Коэффициент кратности платы за надлимитный сброс $K = 5$. Исходные данные приведены в табл. 13.1, 13.2, 13.3.

Таблица 13.1

NN	Название загрязняющего вещества	Масса речного выброса в пределах лимита, т	Масса надлимитного сброса, т
1	Железо общее	30,0	15,0
2	Взвешенные вещества	700,0	400,0
3	Нефтепродукты	60,0	20,0
4	Фенолы	0,8	0,7
5	Цинк	6,0	4,0

Таблица 13.2. Значение некоторых нормативов за сбросы загрязняющих веществ в водоёмы (в ценах 1995 года)*

NN	Название загрязняющего вещества	Базовый норматив платы Нил, млн. руб/т
1	2	3
1	Азот аммонийный	3,5
2	Биохимическое потребление кислорода (БПК)	1,4
3	Жиры, масла	18,3
4	Железо общее	3,5
5	Взвешенные вещества	0,1
6	Масло соляное	199,5
7	Мышьяк	199,5

1	2	3
8	Нефть и нефтепродукты	20,6
9	Никель и его соединения	34,4
10	Двухвалентный свинец	199,5
11	Синтетические поверхностные вещества (СПАВ)	6,9
12	Сульфат-анион	0,07
13	Фенолы	275,2
14	Фосфаты	2,8
15	Хлорид-анион	0,07
16	Трёхвалентный хром-ион	3,5
17	Цианиды	34,4
18	Двухвалентный цинк-ион	34,4

*Для перерасчёта суммы в гривнах следует размер платы разделить на 100 000.

Таблица 13.3

NN	Бассейны рек	Кт
1	Дунай	1,8
2	Тиса	1,9
3	Прут	2,1
4	Днестр	2,1
5	Днепр (граница Украины - г. Киев	1,8
6	Днепр (г. Киев – Каховский г/в)	2,2
7	Днепр (Каховский г/в – Чёрное море)	2,5
8	Припять	1,4
9	Западный Буг и реки бассейна Вислы	1,4
10	Десна	1,5
11	Южный Буг и Ингул	2,3
12	Реки Крымского полуострова	2,8
13	Северный Донец	2,8
14	Миус	2,8
15	Кальмиус	4,0

7. Определить концентрацию загрязнений по взвешенным веществам и по $BPK_{полн}$ в сточных водах, которые поступают на городские очистные сооружения.

В городе есть 2 района с разным уровнем благоустройства застройки, размещены 3 промышленных предприятия. Нормы водоотведения на 1 человека q и расходы бытовых сточных вод $Q_{быт}$ по районам приведены в табл. 13.4. Расходы производственных сточных вод, поступающих в городскую канализационную сеть $Q_{пт}$, и концентрации загрязнений в них по взвешенным веществам $C_{взв}$ и по $BPK_{полн}$ – $SBPK$ приведены в табл. 13.5.

Таблица 13.4

Район	q, л/сут	Qбыт, м ³ /сут
I	150	18 000
II	300	40 000

Таблица 13.5

Предприятие	Qпп, м ³ /сут	Свзв, мг/л	Сбпк, мг/л
I	15 000	150	250
II	3 000	100	1200
III	6 000	200	100

КОМАНДНЫЙ КОНКУРС

Вам приведен текст из известного справочника «А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. Таблицы для гидравлического расчёта канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского». В нём приводится математическое описание алгоритма по расчёту гидравлических элементов потока в безнапорных трубах круглого сечения.

Задание: сделать проверку алгоритма, если в нём есть ошибки, выявить и исправить их и составить письменную рецензию.

1. Наполнение – отношение высоты заполнения h к диаметру трубы d

$$\frac{h}{d} = \frac{1 - \cos \beta}{2}. \quad (6)$$

2. Площадь живого сечения

$$w = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\beta}{180^\circ} - \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\sin^2 \beta}{2} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{\beta}{180^\circ} - \frac{\sin^2 \beta}{2} \right) d^2. \quad (7)$$

3. Смоченный периметр

$$\chi = \pi d \frac{\beta}{180^\circ}. \quad (8)$$

4. Гидравлический радиус

$$R = \frac{w}{\chi}. \quad (9)$$

Из формул (7 – 9) видно, что величины w , χ , R являются функциями диаметра и степени наполнения, так как угол β представляет собой функцию степени наполнения h/d .

В качестве справочного материала в табл. 42 даны значения гидравлических элементов круглого сечения.

14. ОЛИМПИАДА 2003 (ДНЕПРОПЕТРОВСК)

1. Определить дебит и размеры водоприёмной части шахтного колодца, который построен из сборных железобетонных колец внутренним диаметром 1 м и толщиной стенки $\delta=8$ см при следующих исходных данных: $H=16$ м; $T=5$ м; $S=5,5$ м; $K_{\phi}=25$ м/сут; $d_{50} - 0,5$ мм. Приток подземной воды к колодцу осуществляется в условиях недостаточного питания водоносного пласта, показатель упругой водоотдачи которого $\mu=0,25$. Срок эксплуатации колодца $t=15$ лет.

Расчетная схема притока воды к несовершенному шахтному колодцу, которая работает дном и стенками в не напорных водоносных пластах.

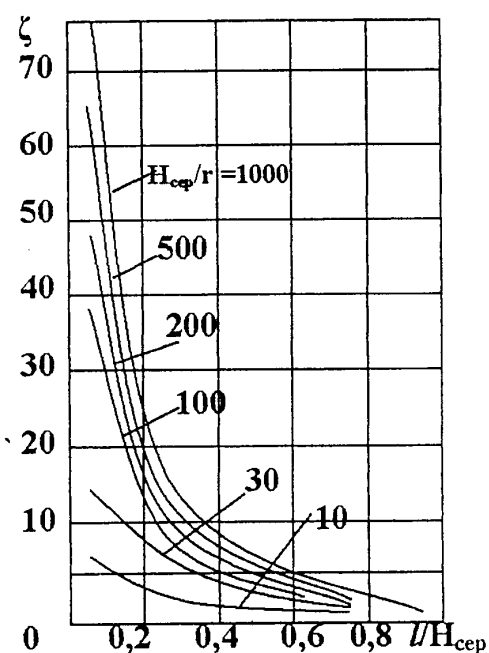
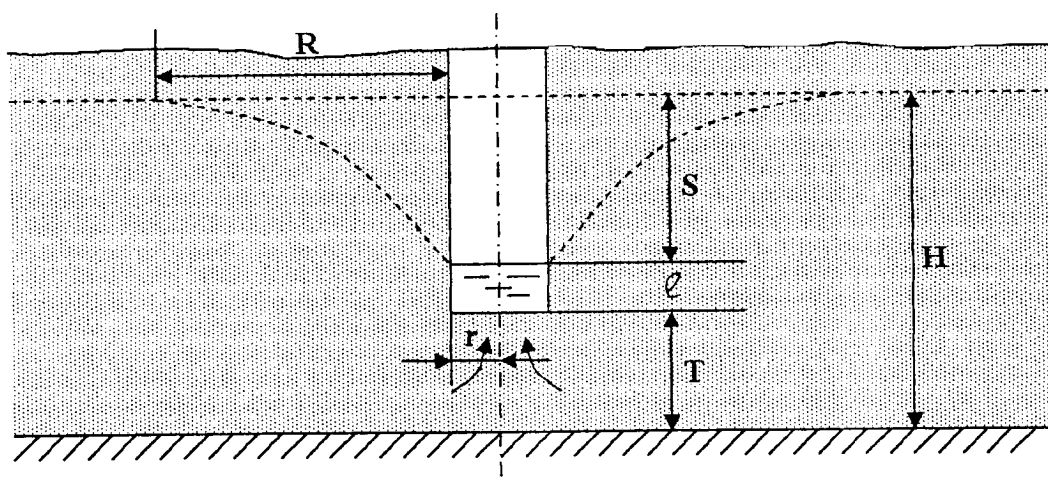


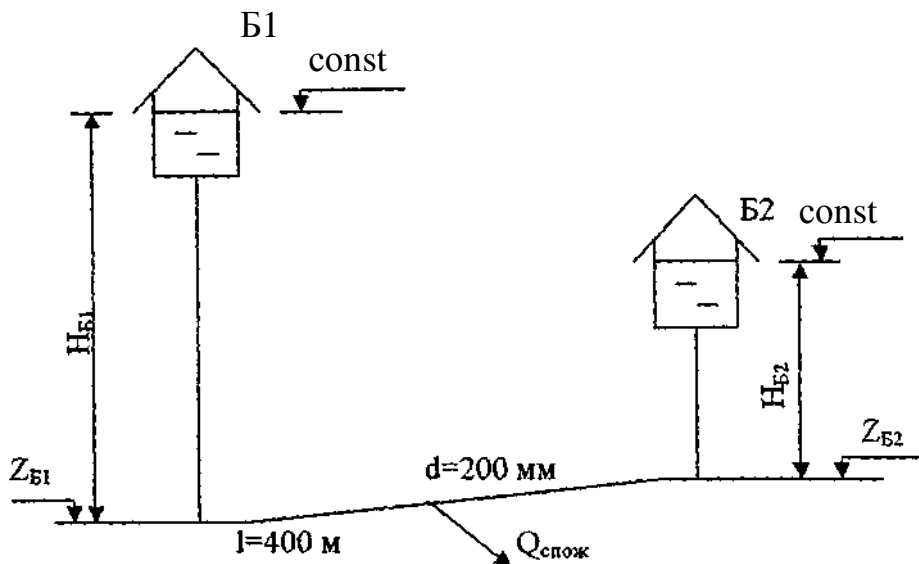
График функции ζ для расчета несовершенных колодцев

8 баллов

2. Центробежный насос, который имеет коэффициент быстроходности $n_3=120$, перекачивает бензин ($\rho_6=700$ кг/м³) с расходом $Q=5,13$ л/с. Определить число оборотов насоса n , если манометр на выходе показывает давление $p_{\max}=0,5$ атм.

(6 баллов)

3. Потребитель, который размещен посередине стального водогона длиной l , диаметром d получает воду из двухбашенной системы (рис. 14.1). Определить критический расход потребителя $Q_{кр}$, при котором башня B_2 превращается из второго источника питания в нефиксированный водоотбор. Принять характеристическое уравнение башен $H=const$.



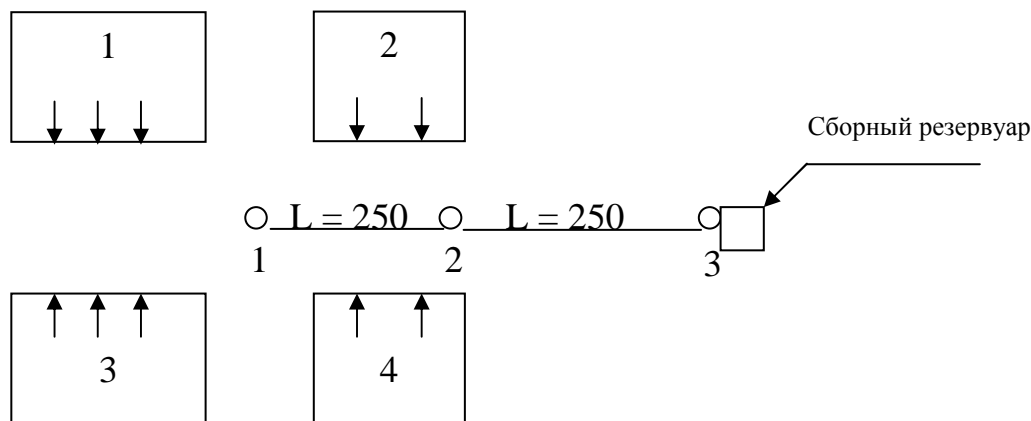
Дано:
 $l = 400 \text{ м}$
 $d = 200 \text{ мм}$
 $H_{B1} = 21 \text{ м}$
 $Z_{B1} = 82,5 \text{ м}$
 $H_{B2} = 20 \text{ м}$
 $Z_{B2} = 80 \text{ м}$
 $Q_{кр} - ?$
 (8 баллов)

Рис. 14.1 – Схема водоснабжения потребителя с двумя башнями

4. Уличная дождевая сеть проложена в жилой застроенной зоне села М. в Николаевской области (условия прокладки коллектора благоприятные), транспортирует дождевые сточные воды к сборному резервуару. Площади жилых кварталов составляют – $f_1=6,25 \text{ га}$, $f_2=5,8$, $f_3=6,29 \text{ га}$, $f_4=5,7 \text{ га}$. Среднее значение коэффициента, который характеризует поверхность бассейна стока, равняется 0,188. Дождевая сеть в середине кварталов отсутствует, а длина открытых лотков в каждом квартале равняется 150 м, скорость движения дождевой воды по которым - 0,8 м/с.

Отметки поверхности земли в дождеприемниках составляют:
 $Z_1 = 59,00$, $Z_2 = 56,50$, $Z_3 = 55,00$

Необходимо определить глубину заложения водоотводящей сети на входе в сборный резервуар, если глубина заложения водоотводящего коллектора первого дождеприемника – 2,5 м.



(7 баллов)

5. В реку хозяйственно-питьевого водопользования сбрасывают неочищенные сточные воды предприятий с расходом $Q = 200 \text{ м}^3/\text{год}$, которые содержат 3 контрольные загрязняющие вещества: цинк в количестве $1,05 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (СДОЗВ = $1,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$), свинец в количестве $0,03 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (СДОЗВ = $0,03 \text{ мг}/\text{дм}^3$), медь в количестве $0,55 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (СДОЗВ = $1,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$).

Задание: при каких условиях можно получить разрешение на сброс таких вод в водоем и какое будет их общее количество?

(5 баллов)

6. Сравните условия работы двух метантенков объемом загрузки 1000 м^3 каждый, если в первый метантенк подается осадок из первичного отстойника в количестве $60 \text{ м}^3/\text{сут.}$, а в другом - уплотненный активный ил в количестве $120 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Влажность осадка 93%, активного ила 97%, зольность осадка 30%, активного ила 26%, плотность осадков равняется $1 \text{ кг}/\text{л}$.

(10 баллов)

7. Во сколько раз повысится нагрузка на горизонтальный отстойник (длина $L=18 \text{ м}$, ширина $B=2 \text{ м}$, высота проточной части $H_0=1,5 \text{ м}$, общая высота в конце сооружения $H=2 \text{ м}$, наклон дна $i=0,1$), который предназначенный для задержания коагулированных взвешенных веществ с гидравлической крупностью $0,5 \text{ мм}/\text{с}$ при начальной концентрации $150 \text{ мг}/\text{л}$, эффект очистки 95%, коэффициент запаса равный 1,5, если провести его модернизацию путем установления вдоль отстойника двух пакетов наклонных пластин (угол наклона пластин 60° , ширина пластин $b=0,8 \text{ м}$, полная высота пакета пластин $H_{\text{пл}}=1,5 \text{ м}$, расстояние между верхом пакета и верхней кромки пластин $a=0,5 \text{ м}$, зазор по нормали между пластинами $h=0,04 \text{ м}$, материал пластин - оконное стекло толщиной $\delta=0,004 \text{ м}$, зазор между торцом стенки и пакетом $\Delta=0,2 \text{ м}$, $K=1,7$)?

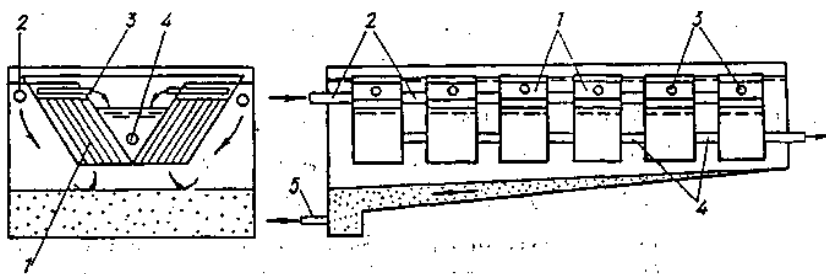


Рис. 14.2 - Установка тонкослойных модулей в горизонтальном отстойнике:

1 - пакеты наклонных пластин; 2 - перфорированный впускной коллектор; 3 - трубы для отвода осветленной воды; 4 - отводящий коллектор; 5 - илопровод

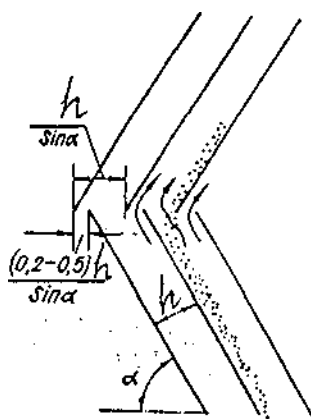


Рис. 14.3 - Элементы пластин:

а - установка пластин; б - установка пакетов при помощи гидравлического замка; 1 - стенка пакета; 2 - глиняный раствор (жидкое стекло).

(10 баллов)

15. ОЛИМПИАДА 2004 (ДНЕПРОПЕТРОВСК)

1. Имеем групповой водозаборный узел, который складывается из пяти одинаковых скважин.

Необходимо определить, на сколько снизится статический уровень в скважинах, по сравнению с одиночной скважиной, если забор воды групповым водозабором осуществляется из одного эксплуатационного водоносного пласта при установившемся режиме движения подземной воды, а коэффициент снижения дебита скважины $\alpha=0,1$.

Конструкция скважины приведена на рис. 15.1.

Линейная схема расположения скважин (рис. 15.2.).

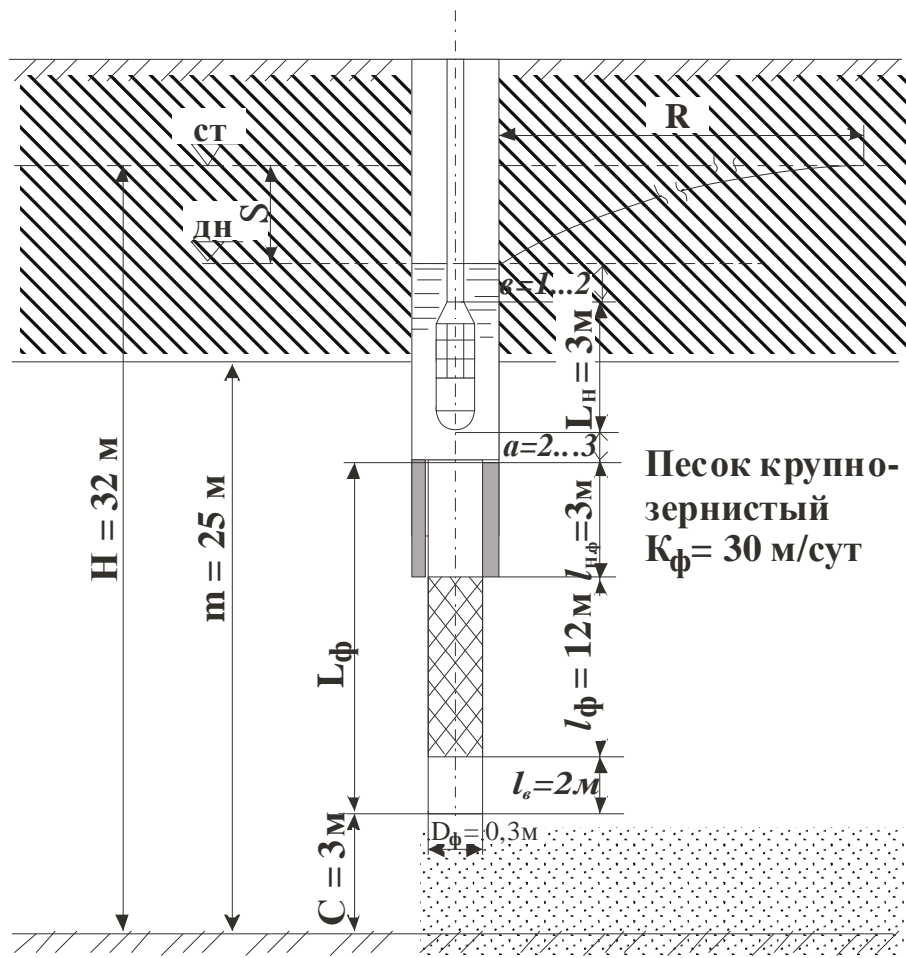


Рис. 15.1 – Конструкция скважины

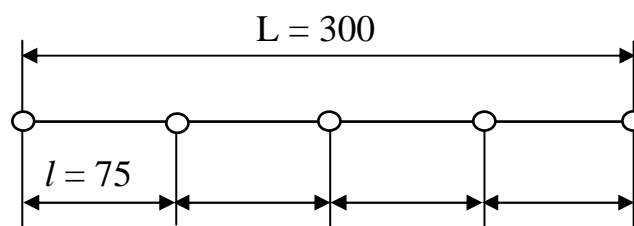


Рис. 15.2. – Линейная схема расположения скважин

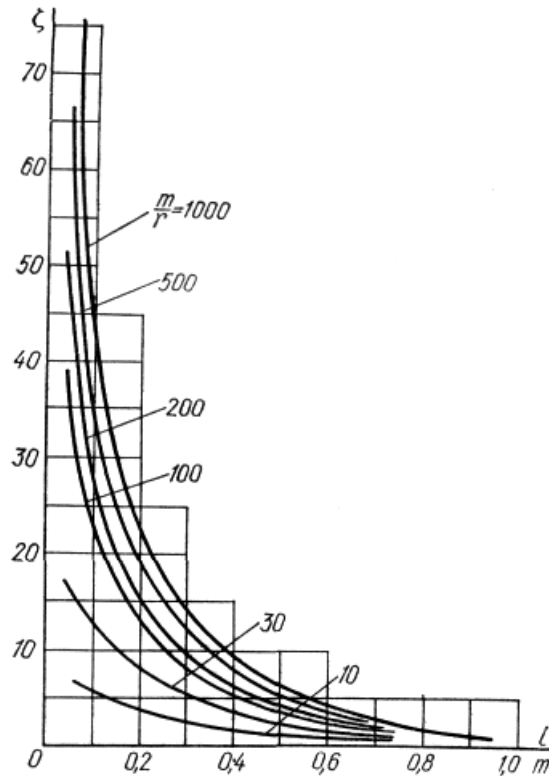


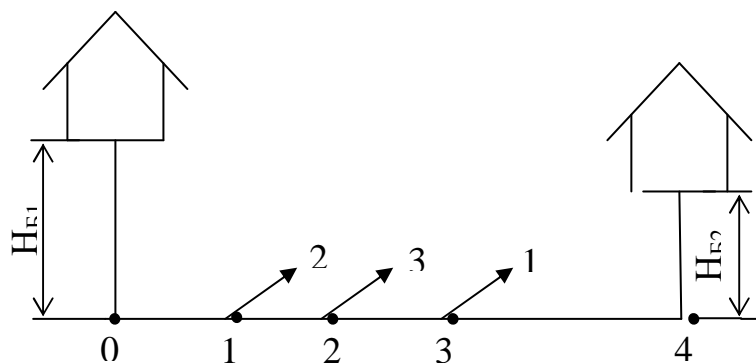
Рис.15.3 - График функции ζ для расчета несовершенных водозаборных скважин

(8 баллов)

2. Три фиксированных потребителя получают воду из тупиковой водопроводной сети, сложенной из стальных электросварных труб диаметром d . Источниками водоснабжения являются две водонапорные башни высотой $H_{Б1}$ и $H_{Б2}$ (рис. 15.4).

Определить потери воды от каждой башни. Рельеф местности – горизонтальный. Узловые потери водопотребителей приведены в л/с.

Дано: $d=200$ мм; $H_{Б1}=24$ м; $H_{Б2}=20$ м; $l_{0-1}=500$ м; $l_{1-2}=200$ м; $l_{2-3}=300$ м; $l_{3-4}=400$ м.
$Q_{Б1} - ?$ $Q_{Б2} - ?$



(9 баллов)

3. Какие параметры работы Н-катионитовых фильтров изменятся и во сколько раз, если изменить сульфуголь на Н-катионит марки КУ-2-8 с объемной емкостью 1800 г-экв/м³?

(5 баллов)

4. Определить суточный расход хлорной извести, необходимой для окисления цианосодержащих сточных вод машиностроительного завода, если:

- суточный расход сточных вод составляет $Q_{сут} = 300 \text{ м}^3/\text{сут}$;

- концентрация простых цианов (цианид-ионов) $C = 50 \text{ мг/дм}^3$;

- содержание активного хлора в реагенте – $a = 30\%$;

- теоретическая необходимость количества активного хлора для окисления циан-ионов – $n=2,73 \text{ г/г}$.

(5 баллов)

5. Определить размер общей платы за сброс загрязненных сточных вод промышленного предприятия, которое расположено на Крымском полуострове. Региональный (бассейновый) коэффициент $K_m=2,8$. Коэффициент кратности платы за свыше лимитный сброс $K_n=3$. Исходные данные приведены в табл. 15.1 и 15.2.

Таблица 15.1

№ п/п	Название загрязняющего вещества	Масса годового сброса в границах лимита, т	Масса годового сброса свыше лимитного сброса, т
1.	Жиры	45	20
2.	Взвешенные вещества	200	-
3.	Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	120	40
4.	Фосфаты	60	-

Таблица 15.2

№ п/п	Название загрязняющего вещества	Базовый норматив платы $N_{ил}$, млн.крб/т
1.	Жиры, масла	18,3
2.	Железо общее	3,5
3.	Взвешенные вещества	0,1
4.	Масло солярное	199,5
5.	Мышьяк	199,5
6.	Нефть и нефтепродукты	20,6
7.	Никель и соединения никеля	34,4
8.	Свинец-ион двухвалентный	199,5
9.	Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	6,9
10.	Сульфат-анион	0,07
11.	Фенолы	275,2
12.	Фосфаты	2,8

* Для пересчета суммы в гривне следует размеры платы разделить на 100000.

(5 баллов)

6. Определить минимальный уклон керамического трубопровода бытовой канализации диаметром 400 мм при наполнении $\frac{h}{d} = 0,5$, если по трубопроводу протекает сточное вещество $t=15^{\circ}\text{C}$ с концентрацией взвешенных веществ $K=500$ мг/л.

(8 баллов)

7. Центробежный насос, напорная характеристика которого приведена в табл. 15.3, подаёт воду в закрытый резервуар (см. схему, рис. 15.4).

Таблица 15.3

Q, л/с	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7
H, м	12,0	11,7	11,5	11,2	10,8	10,2	9,3	8,1	6,0

Определить, какой объем воды сможет накачать насос и какое на это будет затрачено время.

Исходные данные: начальное давление воздуха в резервуаре равно атмосферному; площадь дна резервуара $S_{\text{дна}}$, его высота – h_p ; геометрическая высота подъёма воды (до дна резервуара) H_r ; диаметр трубопровода d , длина l . Местными гидравлическими сопротивлениями пренебречь.

Дано:

$$S_{\text{дна}} = 2 \text{ м}^2;$$

$$h_p = 9 \text{ м};$$

$$H_r = 4 \text{ м};$$

$$d = 25 \text{ мм};$$

$$l = 5 \text{ м}.$$

$$W_{\text{води}} - ?$$

$$t - ?$$

Примечание: при решении задачи учесть смену геометрической высоты вследствие повышения уровня воды в резервуаре.

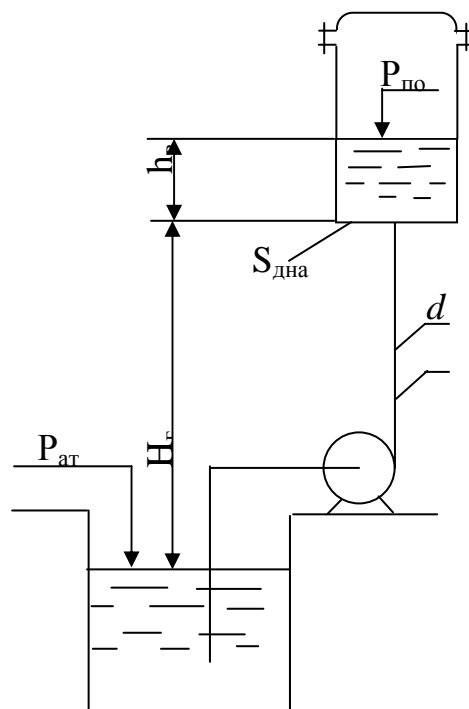


Рис. 15.4 – Схема подачи воды в закрытый резервуар

16. ОЛИМПИАДА 2005 (РОВНО)

1. НАСОСЫ

Построить график параллельной работы трёх насосов Д630-90 ($D_{p.k.} = 525$ мм, $n = 960$ об/мин.) на две нитки стального водовода $Dy = 450$ мм, длиной $L = 1300$ м для обеспечения подачи $Q = 0,4$ м³/с, используя метод обтачивания рабочего колеса. Отметка расчетного уровня воды в источнике $V_1 = 100,0$ м, отметка уровня воды в отводном канале $V_2 = 120,9$ м. Потери напора во внутростанционных коммуникациях насосной станции составляет $h_{ст} = 1,0$ м при подаче насоса $Q = 0,12$ м³/с.

2. СЕТИ КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ

Через яр проложен самотечный дюкер в одну нитку из чугунных труб с внутренним диаметром 300 мм. Разница отметок входной и выходной камер дюкера составляет 695 мм, а пропускная способность – 72 л/с. Определить, какой была бы пропускная способность дюкера, если бы он был изготовлен из полиэтиленовых труб такого же диаметра. Кинематическую вязкость сточной воды принять $0,0118 \times 10^{-4}$ м²/с.

3. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

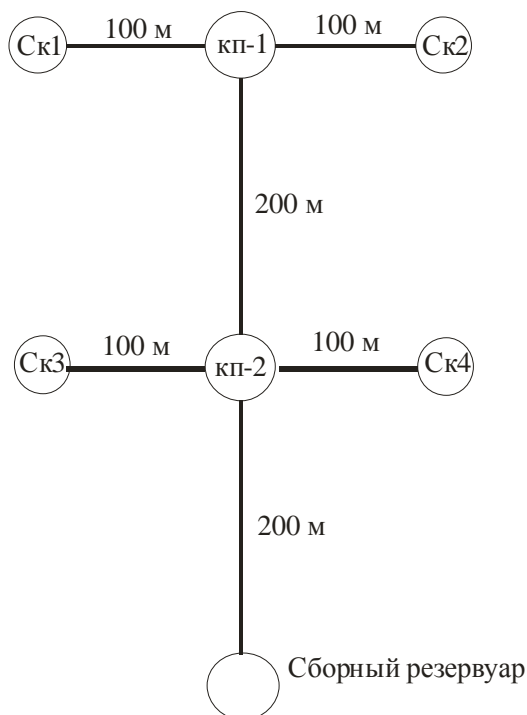
Для первичного осветления сточных вод на очистной станции применяются 4 первичных радиальных отстойника диаметром 30 м (ТП 902-2-378.83) с диаметром впускного приспособления 1,8 м, гидравлической глубиной 3,4 м, высотой зоны осадка 0,3 м, диаметром подводящего трубопровода 700 мм, диаметром отводящего трубопровода 500 мм, диаметр трубопровода сырого осадка 200 мм и объем зоны осадка 110 м³. Определить концентрацию взвешенных веществ в отстаиваемых сточных водах, если концентрация взвешенных веществ в неосветленных сточных водах составляет 250 мг/л, а расход сточных вод – 86200 м³/сут. Температура сточных вод составляет 20⁰С, а показатель степени n_2 , который зависит от агломерации частиц во время осаждения – 0,25.

4. ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Определить допустимую БПК_п оборотных вод, если сбрасываются в водный объект при таких исходных данных: предельно допустимая БПК_п воды в реке – 3 мг/л; БПК_п поверхностных вод до места выпуска – 2,72 мг/л; БПК_п, обусловленное метаболитами и органическими веществами, которые смываются в речку атмосферными осадками 1 мг/л; фоновое содержание растворенного кислорода в поверхностных водах – 8,09 мг/л; наименьшая величина растворенного кислорода, которая должна остаться в воде водного объекта – 6 мг/л; усредненное значение коэффициента неконсервативности органических веществ – 0,26 сут⁻¹; продолжительность протекания оборотных вод от места выпуска до расчетного створа – 4 суток; максимальный часовой расход оборотных вод – 100 м³/час; минимальный расход воды в реке 96% обеспеченности – 1000 м³/час; кратность разбавления оборотных вод поверхностными в контрольном створе – 5.

5. ВОДОЗАБОРЫ

Определить необходимый напор заглубленного насоса, установленного в каждой из четырех взаимодействующих скважин, забирающих воду из водоносного пласта, который имеет следующие характеристики: механический состав - среднезернистый песок; радиус влияния $R=300$ м; коэффициент фильтрации $K_f=20$ м/сут; средняя мощность $m=10$ м; глубина статического уровня $H_{ст}=20$ м. Суточная производительность скважинного водозабора составляет $Q_{вод}=5000$ м³/сут. Эксплуатационный диаметр скважин $D_э=0,3$ м. Отметки устья скважин: $Z_{у1}=130$ м; $Z_{у2}=132$ м; $Z_{у3}=135$ м; $Z_{у4}=136$ м. Отметка максимального уровня воды в сборном резервуаре $Z_p=142$ м. Сборные водоводы запроектированы из чугунных труб. Потери напора в водоподъемных трубах и коммуникациях НСИ приняты 4 м. Скважины работают круглосуточно.



6. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Установить необходимое количество рабочих насосов, способных обеспечить нужные напоры у потребителей при подаче расчетных расходов воды в час максимального хозяйственно-питьевого водоснабжения и пожаротушения (пожарный водопровод низкого давления). На насосной станции установлено пять насосов марки Д320-50а. Q-Н характеристика каждого из насосов отвечает аналитическому выражению $H=50-0,0016xQ^2$. Расходы воды на тушение пожаров составляют 35 л/с и отбираются в третьем узле. Необходимые напоры в каждом узле при хозяйственно-питьевом водоснабжении составляют 26 м. Другие данные на рис. 16.1.

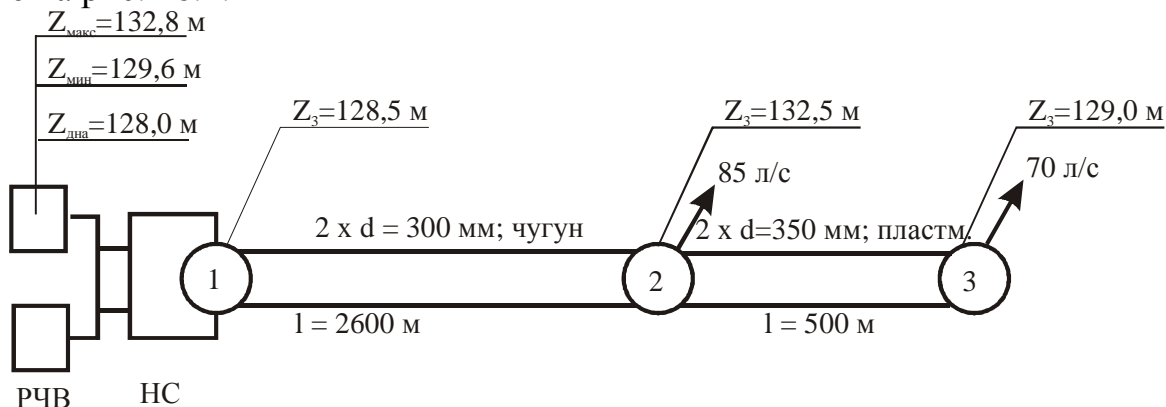


Рис. 16.1 – Схема водопроводной сети

17. ОЛИМПИАДА 2006 (РОВНО)

1. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ СЕТИ

Составить возможную рациональную схему сетей водоотведения хозяйственно-бытовых сточных вод от города, план которого приведен на рисунке.

Определить диаметр коллектора из керамических труб от точки „А” до насосной станции длиной 1400 м при условии, что максимальная глубина коллектора перед насосной станцией не будет превышать 4,7 м.

Исходные данные:

1. План объекта в масштабе 1:10000 (рис. 17.1);
2. Характеристика застройки кварталов – современная, многоэтажная;
3. Плотность населения - 450 чел./га;
4. Норма водоотведения 250 л/(чел.·сутки);
5. Размеры квартала: длина – 320 м, ширина – 250 м, ширина улицы 30 м;
6. Начальное заглубление уличной сети – $H_{нач.} = 1,5 + d_{тр.}$;
7. Расходы сточных вод на участках коллектора „А – НС” и длины участков приведены в табл. 17.1.

Таблица 17.1

№ № Уч-ков	Расчетный расход, л/с	Длина уч-ков, м
А - Б	12,92	320
Б - В	31,1	350
В - Г	48,45	350
Г - Д	65,28	350
Д - НС	73,36	30

8. Отметки земли:
 - в точке „А” – 224,2 м
 - возле насосной станции – 220,75 м.

Примечание: при гидравлическом расчете проверку на пропуск контрольного расхода сточных вод не выполнять.

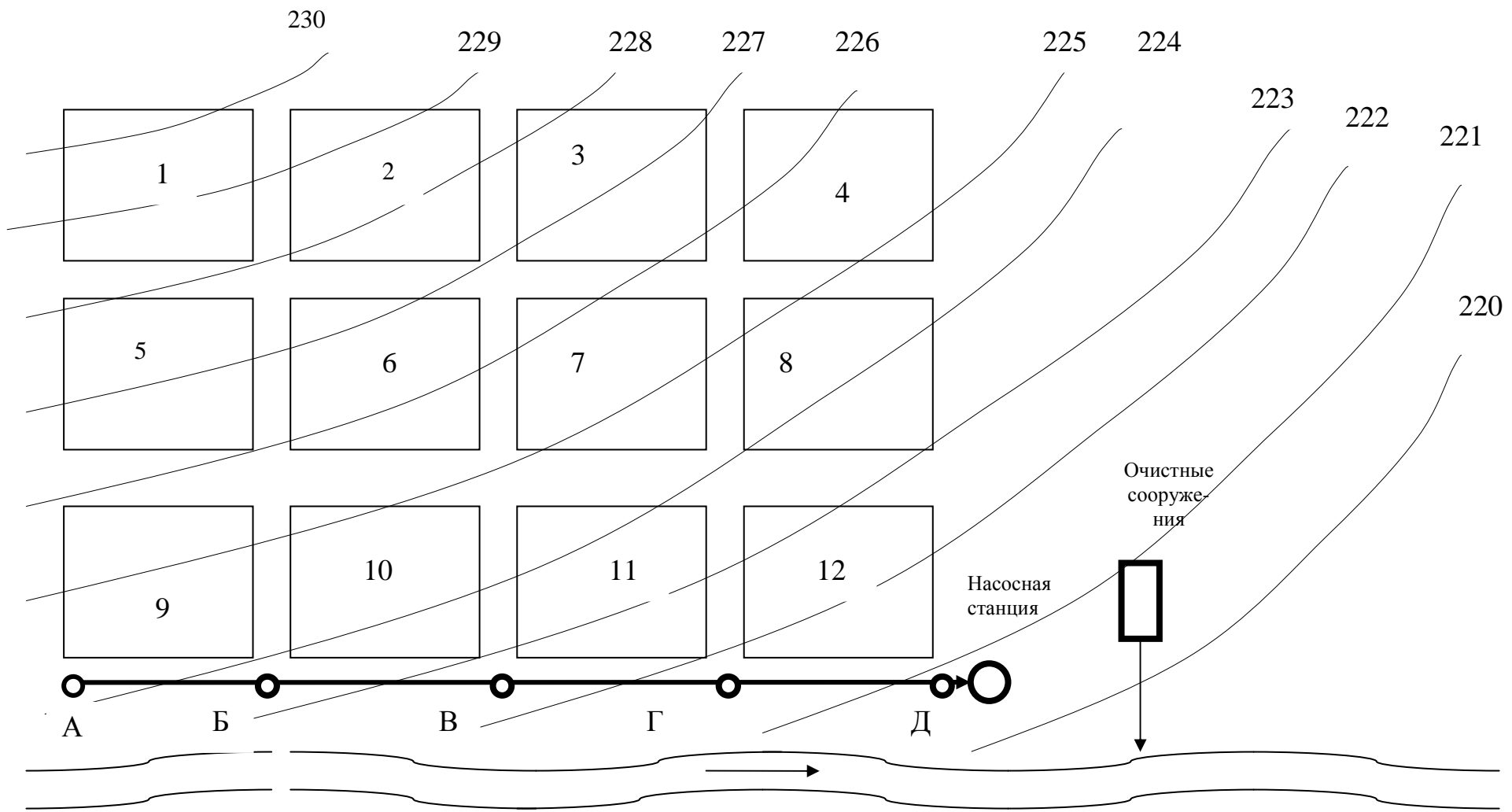


Рис. 17.1 – План поселка

2. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

На очистных сооружениях с суточной производительностью $15260\text{ м}^3/\text{сут.}$ для полной биологической очистки сточных вод с расчетной температурой $T_w = 14\text{ }^\circ\text{C}$ используются три высоконагружаемые биологические фильтры диаметром 18 м, которые работают без рециркуляции с удельным расходом воздуха $q_a = 10\text{ м}^3/\text{м}^3$. Установить, какой расход сточных вод при сбережении эффективности очистки можно будет подавать на биофильтры при замене их загрузки на поливинилхлоридные блоки пористостью 95% и удельной поверхностью $100\text{ м}^2/\text{м}^3$.

3. ВОДОЗАБОРЫ (ВОДОСНАБЖЕНИЕ)

Проверить работоспособность в аварийном режиме по высотному расположению самой высокой точки (в.т.) сифонной линии из стальных труб двухсекционного руслового водозабора. Расчетный суточный расход на объекте $Q_{\text{сут max}} = 48000\text{ м}^3/\text{сут.}$; количество жителей на объекте 45000 чел; коэффициент, который учитывает собственные нужды водопровода $\alpha=0.06$. Длина трассы линии от входа в водоприемник до самой высокой точки составляет 88 м. Потери напора в мусорозадерживающей решетке, водоприемном окне принять 0.2 м. Минимальная и максимальная годовая температура воды в источнике соответственно составляет $+2\text{ }^\circ\text{C}$ и $+28\text{ }^\circ\text{C}$.



Рис. 17.2 - Схема сифонной линии

Справочные данные:

Коэффициент местного сопротивления	$\zeta_{\text{конф}}$	$\zeta_{\text{откл1}}$	$\zeta_{\text{откл2}}$	$\zeta_{\text{откл3}}$	$\zeta_{\text{тр1}}$	$\zeta_{\text{тр2}}$	$\zeta_{\text{задв}}$	$\zeta_{\text{кол}}$	$\zeta_{\text{вых}}$
Значение	0,25	0,2	0,	0,4	0,15	0,15	0,1	1	1

Зависимость высоты столба воды, который соответствует атмосферному давлению, от высоты расположения местности над уровнем моря

Z, м	0	100	200	300	400	500	600	800	1000	1500	2000
H _а , м	10.1	10.0	9.90	9.75	9.65	9.50	9.40	9.20	9.00	8.45	8.00

Зависимость напора, который отвечает парциальному давлению насыщенного водяного пара от температуры

t °, С	0	5	10	15	20	25	30	35
H _с , м	0.063	0.089	0.125	0.174	0.24	0.33	0.43	0.59

5. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Определить необходимые напоры хозяйственно-питьевых насосов и высоту ствола (столба) водонапорной башни.

Насосы забирают воду из РЧВ, отметки уровней воды в которых составляет: $Z_{в.РЧВ.макс} = 185,5$ м; $Z_{в.РЧВ.мин} = 182,3$ м. Отметка земли в месте расположения водонапорной башни – $Z_{з.ВБ} = 195,7$ м. Бак башни объемом 300 м^3 (регулирующий $W_{ВБ.рег} = 223 \text{ м}^3$; пожарный $W_{ВБ.пож} = 58 \text{ м}^3$) имеет форму цилиндра диаметром 8 м. Схема сети, отметки поверхности земли Z_z и необходимые напоры H_n в узлах и потери напора на участках h , полученные в результате «увязки» сети для случаев максимального водоснабжения и максимального транзита воды в башню приведены на рис. 17.3 и 17.4.

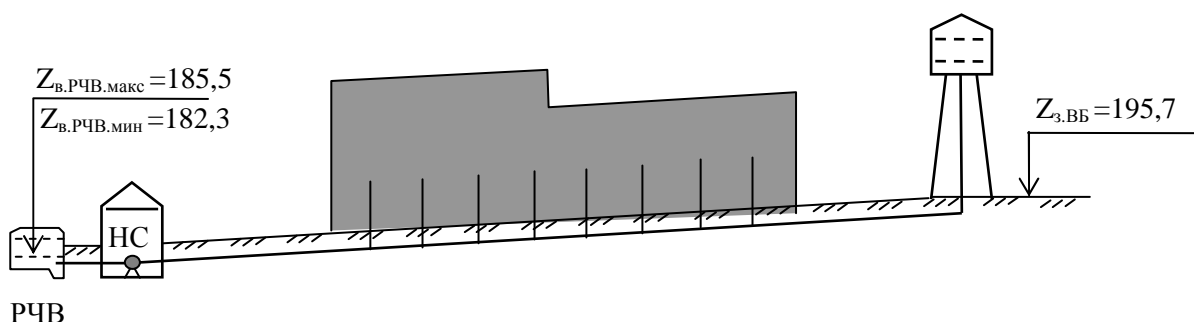
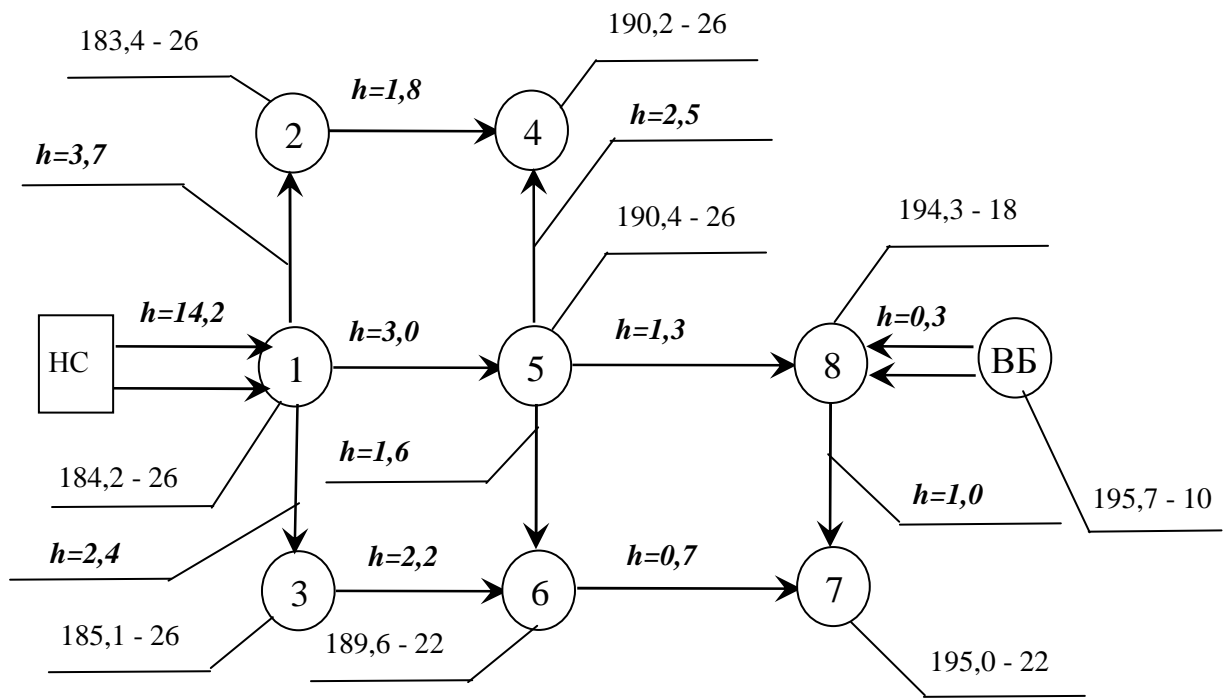
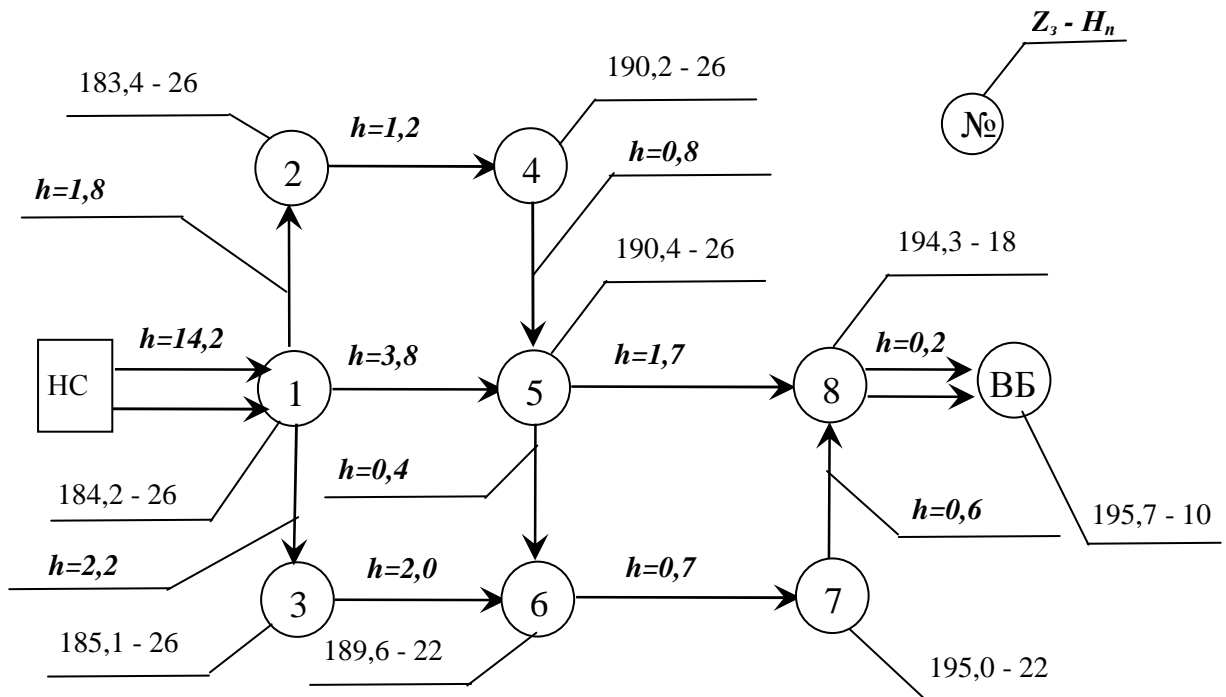


Рис. 17.3 - Схема расположения насосной станции, водопроводной сети и водонапорной башни



а) максимальное водопотреб-



б) максимальный транзит воды в башню

Рис. 17.4 - Расчетные параметры водопроводной сети:
h – потери напоров на участках, м; *Z*₃ - отметки поверхности земли;
*H*_n - необходимые напоры

18.ОЛИМПИАДА 2007 (РОВНО)

1. СЕТИ КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ

Вам предложены фрагменты таблиц для гидравлического расчета бетонных и железобетонных трубопроводов самотечных водоотводных сетей диаметром 800мм. Проанализируйте приведенные фрагменты на примере трубопровода с уклоном 0,004 и дайте ответы на такие вопросы:

1. Почему в таблицах „А” и „Б” скорости при наполнении 0,5d и 1,0d практически одинаковы?
2. Почему в таблице „В” скорость при полном наполнении больше, чем при половинном?
3. Почему в таблицах „А” и „Б” расход при наполнении 0,5d в два раза меньше, чем при наполнении 1,0d?
4. Почему в таблицах „А” и „Б” максимальный расход наблюдается при наполнении 0,95d, а в таблице „В” - при наполнении 1,0d?
5. Почему в таблицах „А” и „В” расход при полном наполнении меньше, чем в таблице „Б” ?
6. Почему в таблицах „А” и „В” расходы при полном наполнении практически одинаковы, а при наполнении меньше единицы в таблице „В” расход меньше, чем в таблице „А” ?

2. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Для двухступенчатой очистки сточных вод молокозавода применяется одна секция двухкоридорного аэротенка на первой ступени и две секции двухкоридорного аэротенка – на второй ступени.

Исходные данные:

- размеры коридора каждого аэротенка - 3х3х12 м;
- БПК_{полн} неочищенных вод 1440 мг/л;
- доза ила в аэротенках первой ступени - 4,0 г/л, в аэротенках второй ступени - 2,0 г/л;
- расход сточных вод 300 м³/сут, сточные воды поступают в аэротенки равномерно на протяжении суток;
- скорость окисления загрязнений в аэротенках первой ступени 22 мг/ (Г_{бр} ч), в аэротенках второй ступени – 6 мг/ (Г_{бр} ч);
- зольность ила в аэротенках первой ступени 25%, в аэротенках второй ступени - 35%;
- аэротенки работают без регенерации активного ила.

Проверить, будет ли обеспечено в аэротенках первой ступени уменьшение БПК_{полное} сточных вод до 300 мг/л, а в аэротенках второй ступени – до 15 мг/л.

3. ВНУТРЕННИЙ ВОДОПРОВОД ЗДАНИЙ

Определить расчетные расходы воды на хозяйственно – питьевые нужды и расходы воды на душ в котельных на предприятии. Котельная работает в три смены, продолжительность смены 8 часов, количество рабочих в первой смене 6, во второй и третьей – по 3, из них 2/3 пользуются душем. Группа производственного процесса за санитарной характеристикой – Па, тепловыделение в цеха больше $23,2 \text{ Вт/м}^3$. В котельной установлены душ со смесителем, раковина со смесителем и унитаз со смывным краном. Внутренние водопроводные сети тупиковые. Согласно СНиП 2.09. 04-87 для категории Па расчетное количество работников на одну душевую сетку - 7, на один кран - 20.

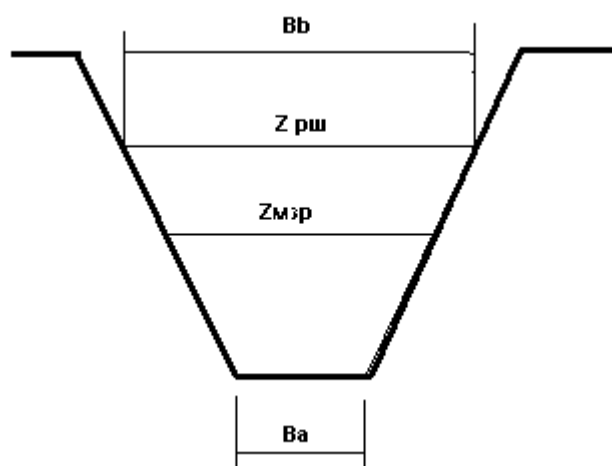
4. ВОДОЗАБОРЫ

Для забора воды из шугоносной реки используется водоприемный ковш, углубленный в берег под углом отвода воды $\varphi = 135^\circ$.

Исходные данные:

- отметка минимального уровня воды в реке в период шугохода $Z_{рш} = 84 \text{ м}$;
- отметка минимального зимнего уровня $Z_{бзр} = 83 \text{ м}$;
- производительность водозабора $Q_{в} = 3.8 \text{ м}^3/\text{с}$;
- высота водоприемных окон в конце ковша $H_{р} = 1.5 \text{ м}$;
- заложение откосов ковша $m = 1,5$;
- высота пласта наносов $-h_{н} = 0.4 \text{ м}$;
- расчетная толщина льда в ковше $h_{л} = 0.6 \text{ м}$;
- скорость входа воды в ковш $V_{в} = 0.4 \text{ м/с}$, скорость движения воды в ковше $V_{к} = 0.1 \text{ м/с}$. соответственно.

Определить полную длину ковша.



5. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Насосная станция подает воду с РЧВ по водоводам в водопроводную сеть, которая присоединена к водоводу в точке 2. На насосной станции установлено 4 насоса Д 320-50 (три рабочих и один резервный). Водоводы устроены в две нитки из чугунных и стальных труб разных диаметров, величины которых и их длины точно неизвестны.

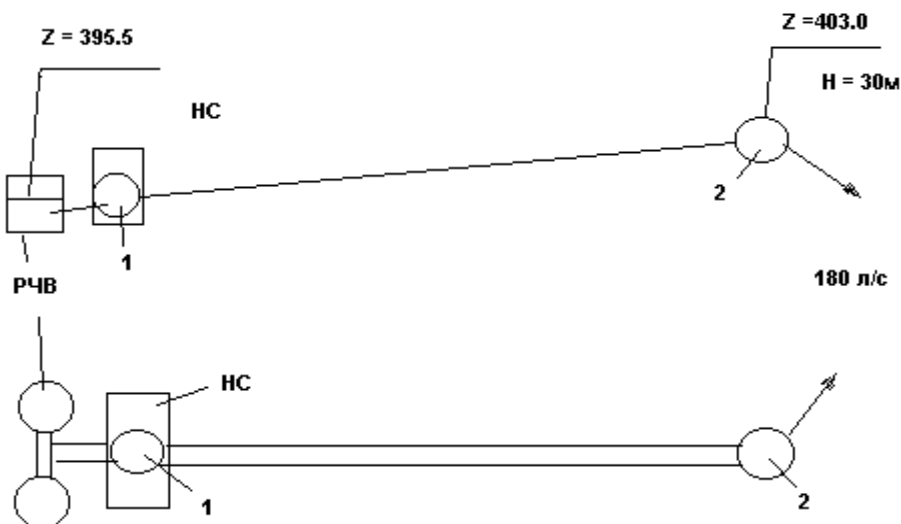
В начале эксплуатации два рабочих насоса при подаче 180 л/с обеспечивали в точке 2 свободный напор $H_{св} = 30\text{м}$. Q-H характеристика каждого насоса с учетом потерь напора в коммуникациях насосной станции отвечает аналитическому выражению $H = H_{\phi} - S_{\phi} * Q^2 = 60 - 0.002 * Q^2$. Гидравлические сопротивления нитей водоводов практически одинаковы.

Определить величины напора в точке 2 при работе двух и трех насосов, если через несколько лет эксплуатации состоялись такие изменения:

- разбор воды в точке 2 снизился в 1,2 раза;
- гидравлические сопротивления водоводов из-за коррозии труб возросли: первой нити в 1,5 раза; второй - в 1,8 раза;
- гидравлические сопротивления каждого насоса увеличились в 2,0 раза;

Для расчетов принять:

- отметка уровня воды в РЧВ $Z_{рчв} = 395.5\text{м}$;
- отметка поверхности земли в точке 2 $Z_2 = 403.0\text{ м}$;
- потерями воды из-за утечек пренебречь.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василенко А.А. Водоотведение. Курсовое проектирование. – К.: “Вища школа”, 1988. (628.3(075)В19).
2. Николадзе Г. И. Водоснабжение. – М., 1989. – 496 с. (628.1(075)Н63).
3. Тугай А.М., Прокопчук И.Т. Водоснабжение из подземных источников. – М., 1990. – 264 с. (628.1(075)Т81).
4. Тугай А.М Водоснабжение. Водозаборные сооружения. – М., 1984. – 200 с. (628.1(075)Т81).
5. Ласков Ю. М., Воронов Ю. В., Калицун В.И. Примеры расчётов канализационных сооружений. – М.: Стройиздат, 1987 (628.2(075)Л26).
6. Тугай А. М., Тугай Я. А. Водопостачання та водозабірні споруди. – К., 1999. (628.1(075)Т81).
7. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод. – М., 1987. – 479с.
8. (628.1(075)Н63).
9. Трегубенко Н. С. Водоснабжение и водоотведение. – М., 1989. – 352с.
- 10.(628.1(075)Т66).
- 11.Запольський А.С., Астрелін І. М. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. – К., 2000. – 500с. (628.3(075)Ф50).
- 12.Константинов Ю.М. Гидравлика. – М., 1988 (532(075)К65).
- 13.Чугаев Р. Р. Гидравлика. – М., 1970 (532 Ч83).
- 14.Лобачёв П. В. Насосы и насосные станции. – М., 1983 (628.1 Л69).
- 15.Калицун В. И., Кедров В. С., Ласков Ю. М. Гидравлика, водоснабжение и канализация. – М., 1980 (628.1 Г46).
- 16.Клячко В. А., Апельцин И. Э. Очистка природных вод. – М., 1971 (628.1К52).
- 17.Абрамов Н. Н., Поспелова М. М. Расчёт водопроводных сетей. – М., 1983 (628.1(075)Р24).
- 18.Ленский В.А. Водоснабжение и канализация. – М., 1969 (628.1 Л46).
- 19.Абрамов Н. Н. Водоснабжение. – М., 1982 (628.1(075)А56).
- 20.Яковлев С. В., Карелин Я.А., Жуков А. И. Канализация. – М., 1975 (628.2(075)К19).
- 21.Карасёв Б.В. Насосы и насосные станции. – М., 1980 (628.1(075)К21).
- 22.Турк В.И., Минаев А. В., Карелин В. Я. Насосы и насосные станции. – М., 1977 (628.1(075)Т88).
- 23.Федоров Н.Ф. Гидравлический расчет канализационных сетей. (Расчетные таблицы). – М.: Стройиздат, 1968.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Методические указания для подготовки студентов к Всеукраинской студенческой олимпиаде по специальности: "Водоснабжение и водоотведение" (для студентов 4, 5 курсов дневной формы обучения специальности 6.092600, 7.092601, 8.092601 – "Водоснабжение и водоотведение").

Составители: Галина Ивановна Благодарная,
Вячеслав Александрович Ткачев,
Андрей Васильевич Ромашко,
Тамара Александровна Шевченко.

Редактор: Н.З. Алябьев

Корректор: З.И. Зайцева

Компьютерная верстка: Ю. П. Степась

План 2008, поз. 327М

Подп. к печати 11.03.08	Формат 60x84 1/16	Бумага офисная.
Печать на ризографе.	Усл.- печ. л. 3,9	Уч.-изд. л. – 4,
Заказ. №	Тираж 100 экз.	

61002, Харьков, ХНАГХ, ул. Революции, 12
Сектор оперативной полиграфии ИВЦ ХНАГХ
61002, Харьков, ул. Революции, 12