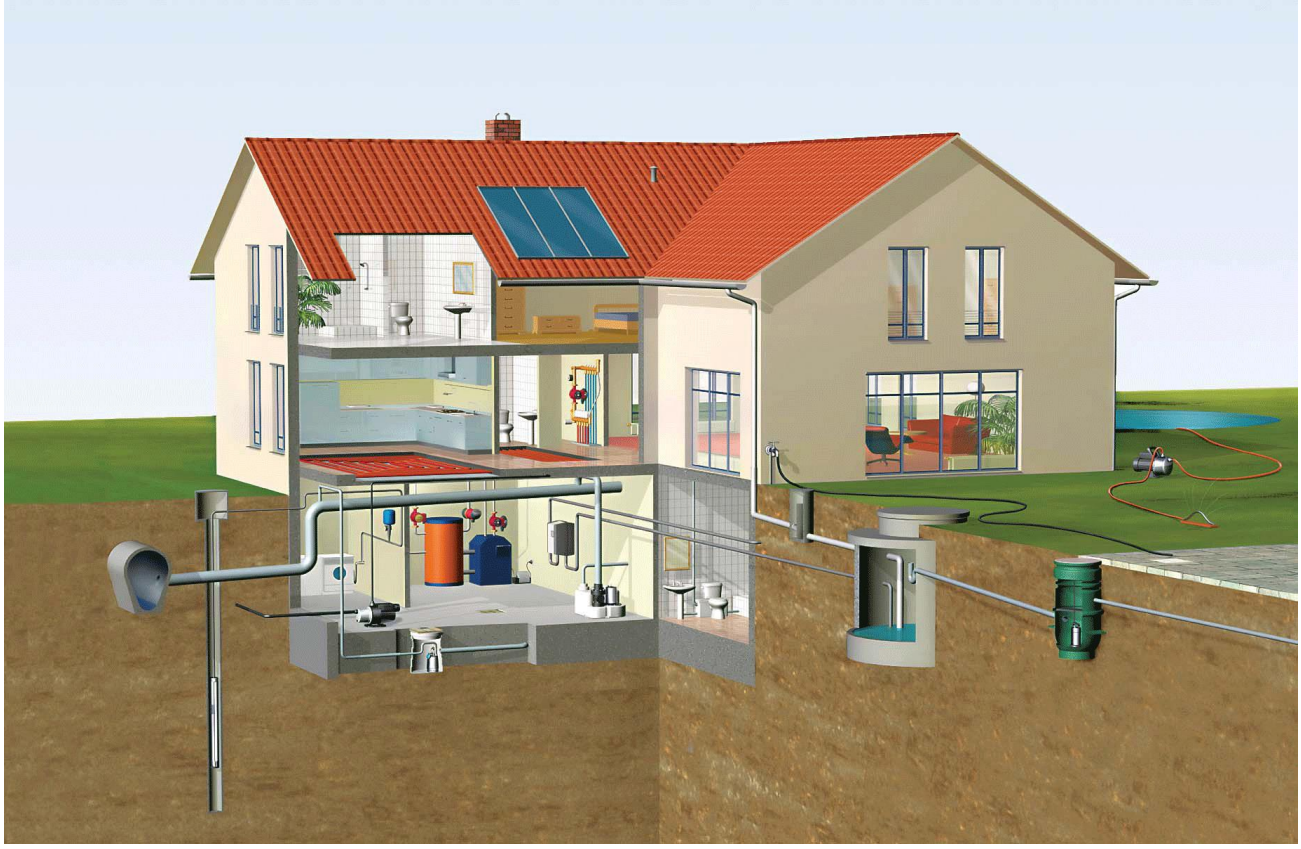
Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович
Должность: ректор ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ
Дата подписания: 26.04.2021 16:15:33
Уникальный программный ключ:
5b8335c1f3d6e7bd91a51b28834cdf2b81866538

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Учебно–методическое пособие
по изучению дисциплины «Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики на объектах тепло-, газоснабжения» и задания по выполнению курсовой работы
для направления подготовки «Строительство»



Саратов 2019

Основы гидравлического расчета систем водоснабжения и водоотведения: Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики на объектах тепло-, газоснабжения » и выполнению курсовой работы для направления подготовки «Строительство /Сост. Миркина Е.Н., Горбачева М.П: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2019. 70 с.

Учебно-методическое пособие направлено на формирование навыков профессиональной компетенции по проектированию систем водоснабжения и водоотведение зданий, сооружений и населенных мест и городов, а также их эксплуатации и реконструкции.

Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих специалистов в области водоснабжения и водоотведения. Учебно-методическое пособие содержит краткие теоретические сведения гидравлики, водоснабжения и водоотведения, а так же задание на выполнение курсовой работы для студентов по направлению подготовки «Строительство».

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……4
1. ОСНОВЫ ГИДРОСТАТИКИ……...5
2. ОСНОВЫ ГИДРОДИНАМИКИ……8
3. ОСНОВЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ……..15
4. ОСНОВЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ……...22
5. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ……..26
6. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ С ОСНОВАМИ ГИДРАВЛИКИ» 42
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……69

ВВЕДЕНИЕ

Вода является основой жизни на Земле. Основа здоровья населения – это качество воды. Однако интенсивное воздействие человека на окружающую среду привело к загрязнению и истощению водных ресурсов.

Правительство РФ уделяет большое внимание охране водных ресурсов. В последние годы были разработаны документы и программы: «Вода России - XXI век», федеральные целевые программы «Возрождение Волги», «О питьевой воде и питьевом водоснабжении» и программы социально-экономического развития регионов РФ.

Сохранение водных источников при постоянно увеличивающемся потреблении и загрязнении их промышленными и бытовыми отходами – одна из актуальных проблем современности. Во многих регионах России наблюдается дефицит пресной воды, а в отдельных регионах из-за изношенных систем водоснабжения и водоотведения – дефицит качественной воды.

В настоящее время объемы строительства и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения возрастают.

Поэтому при изучении дисциплины «Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики» необходимо изучить основы гидравлики, для обеспечения надежной работы сооружений выполняют гидравлические расчеты, которые являются важной частью комплекса инженерных расчетов объектов и сооружений, входящих в состав систем водоснабжения и водоотведения. Без знаний основ гидравлики не возможно произвести расчеты по реконструкции многих сооружений входящих в систему водоснабжения и водоотведения.

1. ОСНОВЫ ГИДРОСТАТИКИ

Гидростатикой называется раздел механики жидкости, в котором изучаются законы равновесия жидкостей, а также применение этих законов к решению инженерных задач.

На любую материальную среду действуют различные силы (массовые, поверхностные). В результате внутри среды возникают напряжения, которые можно разложить на нормальные и касательные. Нормальные напряжения бывают сжимающие и растягивающие. Твердые тела способны без разрушения выдерживать и те и другие. Жидкости же растягивающих нормальных напряжений не выдерживают.

Внутри неподвижной жидкости могут существовать только нормальные сжимающие напряжения. Их величина в данной точке жидкой среды называется ***гидростатическим давлением (p).*** Гидростатическое давление может быть различным в различных точках жидкой среды и является однозначной функцией координат

$$p = p(x, y, z)$$

Уравнение равновесия жидкости, находящейся в относительном покое может быть записано в дифференциальной форме:

$$dp = \rho\left(F_x d_x + F_y d_y + F_Z d_Z\right),$$

где: $F_x, F_y, F_Z -$ проекции на соответствующие оси координат равнодействующей массовых сил, отнесенных к единице массы; $\rho -$ плотность жидкости, $кг/м^3$.

Основной закон гидростатики имеет вид

$$Z + \frac{P}{\gamma} = const,$$

где: $Z -$ геометрическая высота, т.е. расстояние от произвольной горизонтальной плоскости сравнения до рассматриваемой точки покоящейся жидкости; $\gamma -$ удельный вес жидкости.

Гидростатическое давление в точке определяется по формуле

$$p = p_0 + \gamma \cdot h,$$

где: $P_0 -$ внешнее давление; $\gamma -$ удельный вес жидкости; $h -$ глубина погружения точки.

В системе СИ гидростатическое давление измеряется в $Н/м^2$ или в Паска-

лях [$Па = H/м^2$]. В других системах единиц измерения размерность давления зависит от размерности силы и площади. Так, в технической системе масс размерность давления $кгс/м^2$.

Гидростатическое давление может быть условно выражено высотой столба жидкости h=P/γ. Наиболее часто для измерения давления используется ртутный и водяной столб.

В гидравлике за величину атмосферного давления принята постоянная величина, называемая ***технической атмосферой:***

$$p_{атм} = 1\frac{кгс}{см^2} = 1000\frac{кгс}{м^2} = 98100\frac{Н}{м^2} = 98{,}1кПа$$

Давление, равное одной технической атмосфере эквивалентно давлению столба воды высотой 10 м т.е.

$$P_{атм}/\gamma = 9{,}81\cdot 10^4/9810 = 10 м.вод.ст$$

Гидростатическое давление, определяемое по отношению к полному нулю по давлению уравнению, именуется полным или абсолютным давлением.

$$P_{абс} = P_0 + \gamma \cdot h$$

Абсолютное давление в данной точке жидкости может быть как больше, так и меньше атмосферного давления. Когда давление больше атмосферного, говорят об ***избыточном*** (или *манометрическом*) давлении.

$$p_{изб} = p_1 - p_{атм},$$

а когда меньше атмосферного – о ***вакуумметрическом*** давлении

$$p_{вак} = p_{ат} - p_2,$$

Жидкость, находясь под давлением, оказывает силовое воздействие на находящиеся в ней тела и поверхности. В результате на поверхности площадью ω, будет действовать результирующая сила, называемая ***силой давления.***

Сила абсолютного давления жидкости на горизонтальную поверхность равна гидростатическому давлению, умноженному на площадь ω.

$$P = (P_0 + \gamma \cdot h)\cdot \omega,$$

где: P – сила давления с учетом внешнего давления; h – глубина погружения дан-

ной горизонтальной поверхности.

Сила избыточного (манометрического) давления при условии, что внешнее давление в уравнении $P = (P_0 + \gamma \cdot h) \cdot \omega$ равно атмосферному $P_0 = P_{атм}$, определяется по уравнению:

$$P = \gamma \cdot h \cdot \omega$$

Сила давления жидкости на плоские стенки может быть вычислена аналитическим либо графоаналитическим способом с помощью эпюры гидростатического давления. Центр давления, т.е. точка приложения равнодействующей сил давления, также может быть определен этими двумя способами.

Точка приложения равнодействующей сил манометрического давления для симметричной поверхности определяется по формуле:

$$У_д = У_c + \frac{J_0}{\omega \cdot У_c} \ ,$$

где: $У_д$ – расстояние от свободной поверхности до центра давления, м; $У_c$ – расстояние от свободной поверхности, м; ω – смоченная площадь плоской поверхности, м^2; J_0 – момент инерции смоченной площади относительно оси, проходящей через центр тяжести, параллельно линии уреза жидкости.

2. ОСНОВЫ ГИДРОДИНАМИКИ

Гидродинамикой называется раздел механики жидкости, в котором изучаются законы движения жидкостей, а также применение этих законов к решению

инженерных задач.

Основными гидродинамическими параметрами жидкости являются скорость движения жидкости и гидродинамическое давление. Скорость движения жидкости в данной точке пространства называется местной скоростью. Если местная скорость и давление не зависят от времени, то движение жидкости называется установившимся. Далее будем рассматривать только установившееся движение жидкости.

Линией тока называется такая линия, в каждой точке которой вектор местной скорости направлен по касательной к этой линии. Трубкой тока называется поверхность, образованная линиями тока, проведенными через все точки бесконечно малого замкнутого контура. Масса жидкости внутри трубки токи называется элементарной струйкой жидкости. Предельным положением элементарной струйки является линия тока. Совокупность (множество) элементарных струек образуют поток жидкости.

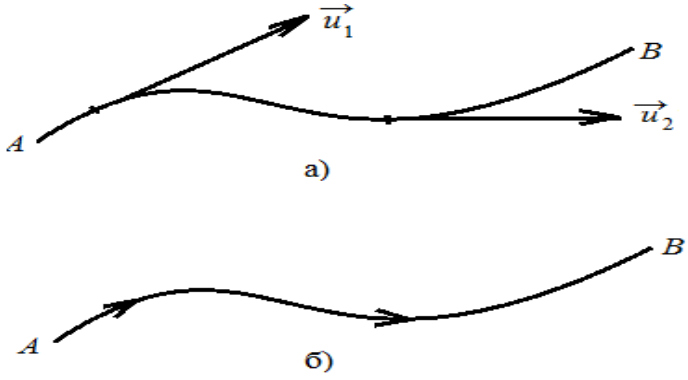


Рисунок 1 Линия тока: а) – определение;
б) – обозначение

Живым сечением потока ω называется поверхность, проведенная перпендикулярно всем линиям тока.

Движение жидкости называется равномерным, если оно одновременно удовлетворяет двум условиям:

1) живые сечения постоянны;
2) местные скорости постоянны вдоль линии тока.

Из определения следует, что при равномерном движении линии тока прямые, а живые сечения – плоские. В противном случае движение называется неравномерным.

Неравномерные движения, характеризующиеся изменяющимися живыми сечениями, подразделяются на:

1) плавно изменяющиеся (кривизна линий тока и живых сечений незначительны);
2) резко изменяющиеся.

Если движение плавно изменяющееся, то живые сечения потока можно считать плоскими, а давление в них изменяется по гидростатическому закону.

Напорным называется такое движение жидкости, при котором свободная поверхность потока отсутствует.

При безнапорном движении жидкости поток имеет свободную поверхность, давление на которой равно атмосферному.

Часть периметра живого сечения χ, соприкасающаяся с твердыми стенками, называется смоченным периметром.

Отношение площади живого сечения ω к смоченному периметру χ называется гидравлическим радиусом (не путать с геометрическим):

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \text{ [м]}$$

Расходом называется объем жидкости, проходящий через живое сечение потока в единицу времени:

$$Q = \frac{W}{T} \quad \text{[м}^3\text{/с]}$$

Отношение расхода к площади живого сечения называется средней (фиктивной) скоростью:

$$V = \frac{Q}{\omega}, \text{ [м /с]}$$

При равномерном или плавно изменяющемся движении расход через все живые сечения потока постоянен:

$$Q = V_1\,\omega_1 = V_2\,\omega_2 = \ldots = const.$$

Уравнение называется уравнением неразрывности в гидравлической форме.

При равномерном или плавно изменяющемся движении для двух расчетных сечений потока имеет место уравнение Бернулли.

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2}$$

Здесь α_1, α_2 – коэффициенты кинетической энергии; V_1, V_2 – средние скорости, м/с; p_1, p_2 – давления, Па; z_1, z_2 – расстояния от выбранной горизонтальной плоскости сравнения до рассматриваемых сечений 1-1 и 2-2, м; $h_{1\text{-}2}$ – потеря энергии (напора) при перемещении единицы веса жидкости из первого расчетного сечения во второе, м.

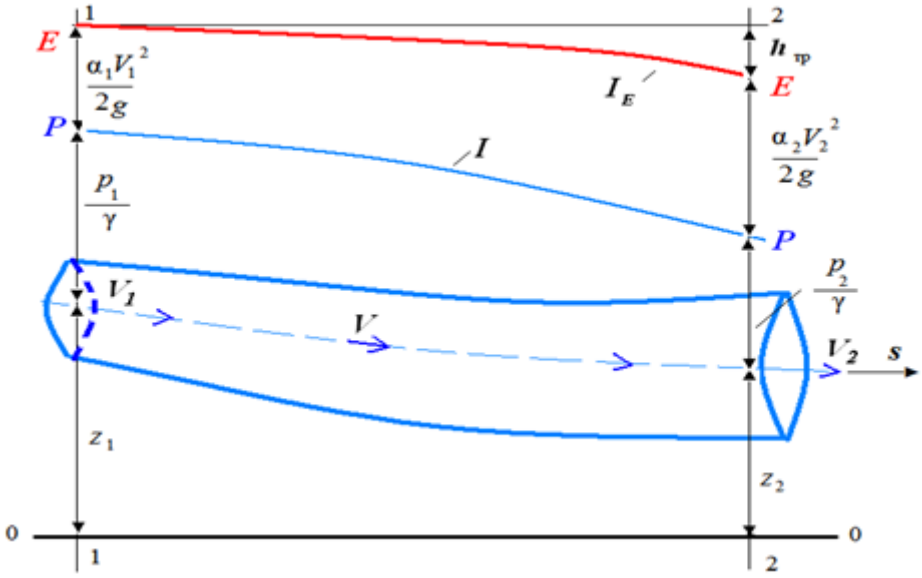


Рисунок 2. Диаграмма уравнения Бернулли для реальной жидкости

Величина $h_{1\text{-}2}$ может быть найдена только после выяснения механизма работы сил трения, зависящих от режима движения жидкости.

Существуют два различных режима движения – ламинарный и турбулентный. При ламинарном режиме движение жидкости носит слоистый характер, перемешивание слоев отсутствует (рисунок 3).

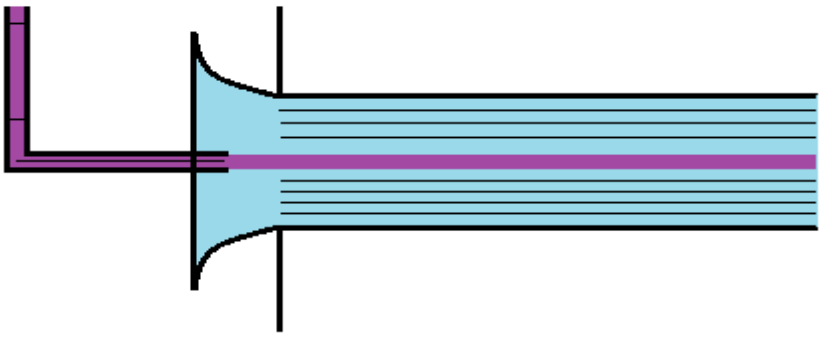


Рисунок 3 - Ламинарный режим

Турбулентный режим характеризуется интенсивным перемешиванием жидкости, ее частицы движутся хаотично по самым разнообразным траекториям (рисунок 4).

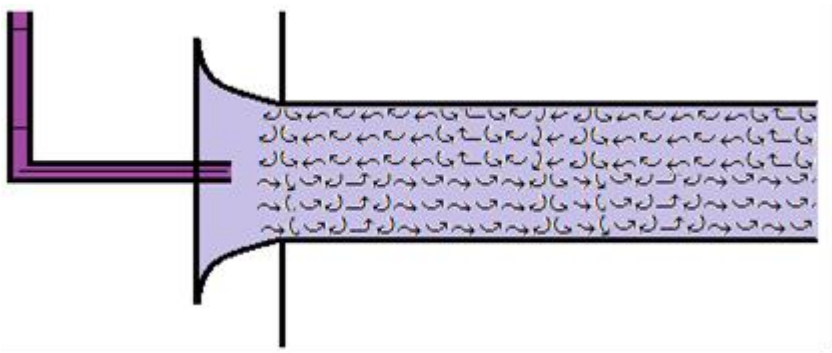


Рисунок 4 - Турбулентный режим

Режим движения определяют по значению числа Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

где V – средняя скорость; d – внутренний диаметр трубы; ν – кинематический коэффициент вязкости жидкости.

Если Re < 2300, то режим движения – ламинарный. При Re > 2300 – турбулентный.

При движении вязкой жидкости возникают потери напора (энергии), обусловленные работой сил трения (гидравлическими сопротивлениями).

Принято различать два вида потерь напора:

- потери напора по длине потока h_l , равномерно распределенные по его длине;

- местные потери напора $h_М$, сосредоточенные в местах резкого изменения конфигурации стенок ограничивающих поток.

Потери напора по длине при равномерном движении жидкости находятся по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} \quad ,$$

где λ – безразмерный гидравлический коэффициент трения.

В общем случае гидравлический коэффициент трения есть функция от числа Рейнольдса и относительной шероховатости:

$$\lambda = f\,(\mathrm{Re},\ \Delta/d\ ),$$

где Δ – эквивалентная абсолютная шероховатость.

Величину λ в соответствии с графиком Никурадзе обычно вычисляют по следующим формулам:

1) при ламинарном режиме движения (Re < 2300) формула Пуазейля

$$\lambda = \frac{64}{\mathbf{Re}}\ ;$$

2) Если 2300< Re <4000, то устойчивых значений гидравлического коэффициента трения не существует (нерасчетная область трения);

3) в области гладкостенного трения (4000< Re < 20 d/Δ) формула Блазиуса

$$\lambda = \frac{0{,}3164}{\mathbf{Re}^{0{,}25}}\ ;$$

4) в области доквадратичного трения (20d/Δ< Re <500 d/Δ) формула Альтшуля

$$\lambda = 0{,}11\sqrt[4]{\frac{68}{\mathbf{Re}} + \frac{\Delta}{d}}$$

5) в области квадратичного трения (Re > 500 $d/\ \Delta$) формула Шифринсона

$$\lambda = 0{,}11\sqrt[4]{\frac{\Delta}{d}}\ .$$

Формулу Альтшуля можно применять для любой области трения при турбулентном режиме движения.

Потери напора на местных сопротивлениях определяют по формуле Вейсбаха:

$$h_M = \zeta_M \frac{V^2}{2g}$$

где ζ_M – коэффициент местного сопротивления; V – средняя скорость, как правило, после местного сопротивления.

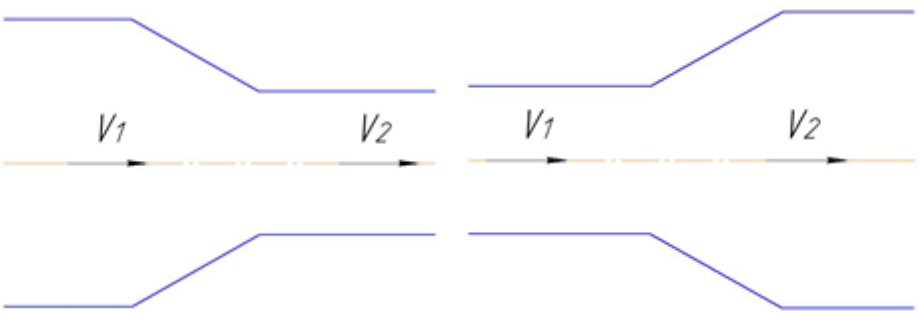


Рисунок 5 - Простейшие местные сопротивления:
а) сужение трубы, б) расширение трубы

В области квадратичного трения коэффициенты местных сопротивлений не зависят от режима движения жидкости, а полностью определяются типом местного сопротивления.

Если в системе имеется несколько местных сопротивлений и расстояния между ними превосходят (20…30)*d*, то суммарные потери напора в системе находятся по формуле

$$h_{1-2} = h_l + \sum h_M .$$

При истечении жидкости через отверстия различают малые и большие отверстия. Отверстие считается малым, если его вертикальный размер мал по сравнению с напором над центром отверстия (a <0,1H).

Отверстием в тонкой стенке называется отверстие с острой кромкой.

Расход через малое отверстие в тонкой стенке находится по формуле

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gH}$$

где μ_0 – коэффициент расхода отверстия; ω – площадь поперечного сечения отверстия; H – напор над центром отверстия.

Скорость истечения при этом составляет:

$$V = \varphi_0 \sqrt{2gH} ,$$

где φ_0 – коэффициент скорости.

В области квадратичного трения коэффициенты расхода и скорости не зависит от режима движения жидкости. Для маловязких жидкостей, таких как вода, μ_0 = 0,62, φ_0 = 0,97.

Насадком называется короткая труба длиной (3…4)*d*, присоединенная к отверстию. Расход через насадок находится по формуле:

$$Q=\mu_н\ \omega\sqrt{2gH}$$

где коэффициент расхода $\mu_Н = 0{,}82$.

3. ОСНОВЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Одной из основных задач водоснабжения является обеспечение населения водой, отвечающей определенным санитарно-гигиеническим требованиям. Рост водопотребления привел во всем мире к ее количественному и качественному де-

фициту. Поэтому при решении задач водоснабжения требуется комплексный подход, предусматривающий учет интересов различных групп потребителей воды, рациональное ее использование с учетом экологических аспектов.

Одной из главных задач для России является обеспечение населения чистой и безопасной водой. Решить эту задачу необходимо, прежде всего, для сохранения здоровья, значительного улучшения условной деятельности, а также повышения уровня жизни населения.

На территории России находится практически четвертая часть от всего мирового запаса пресной воды.

Источники водоснабжения в последнее время подвергаются интенсивному загрязнению.

Комплекс сооружений обеспечивающих подачу воды в нужном количестве и данного качества указанным потребителям, называется *системой водоснабжения.*

В состав любой системы водоснабжения обычно входят следующие сооружения:

- – *водозаборные сооружения,* при помощи которых осуществляется захват воды из природного источника;
- – *водоподъемные сооружения,* то есть насосные станции, подающие воду к местам ее очистки, хранению и потреблению;
- – *сооружения для улучшения качества воды,* очистные сооружения;
- – *водоводы и водопроводные сети,* служащие для транспортирования воды к местам потребления и распределения;
- – *водонапорные башни и резервуары,* играющие роль регулирующих и запасных емкостей.

Система водоснабжения может обеспечивать потребности в воде различных потребителей, используя для этого различные природные источники (поверхностные и подземные воды), различные способы подачи воды (напорные и самотечные водопроводы).

При проектировании системы водоснабжения необходимо знать количество воды, необходимое потребителю и режим её потребления.

Для этого необходимо знать перечень и количество всех потребителей, по-

лучающих воду от рассчитываемой системы водоснабжения, и нормы водопотребления для них.

Количество воды, необходимое потребителю в единицу времени (или на единицу продукции), называется *нормой водопотребления.*

Среднесуточная потребность в воде определяется

$$Q_{ср.сут} = \frac{q \cdot N}{1000}, м^3/сут$$

где q – средний за год расчетный расход воды потребителем принимается по СНиП, *л/сут.*, N – расчетное число водопотребителей.

Транспортирование воды к потребителям осуществляется по водоводам, соединяющим отдельные элементы системы водоснабжения и водопроводным сетям, распределяющим воду по территории данного объекта.

Разводящая водопроводная сеть предназначена для подачи воды отдельным потребителем и заканчивается вводами в здания, переходя во внутренний водопровод.

Наружная водопроводная сеть должна обеспечивать на вводе в здание необходимый свободный напор $H_{св.}$

Свободным напором в данной точке сети называется напор (давление) в данном сечении трубопровода в час максимального водоразбора, отсчитываемый от поверхности земли (в метрах водяного столба).

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения свободный напор определяется по формуле:

$$H_{св}^{хоз} = 10 + 4(n-1), м$$

где n – число этажей

Наружные водопроводные сети бывают:

1. *Тупиковые* (рисунок 6). Тупиковые водопроводные сети подают воду потребителю с одного направления. Они менее надежны, чем кольцевые, просты в гидравлическом расчете.

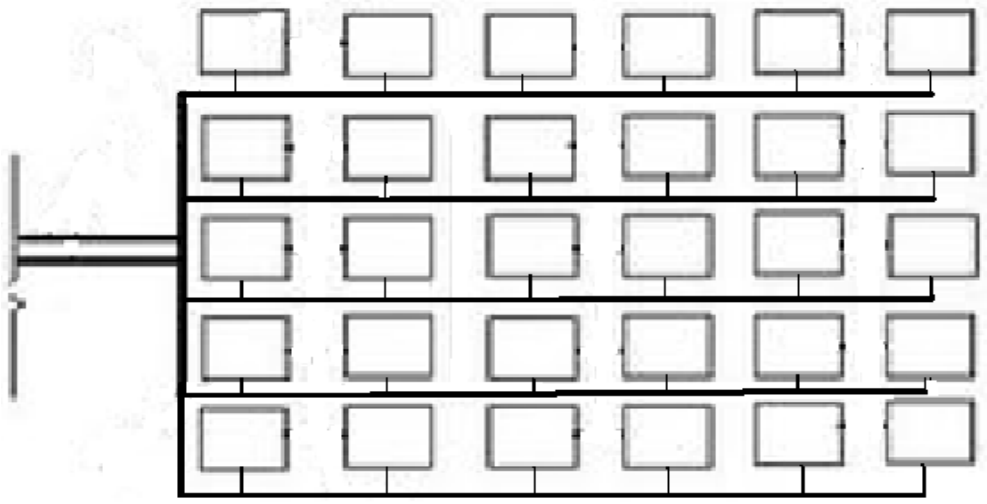


Рисунок 6 - Тупиковая сеть водоснабжения

2. *Кольцевые* (рисунок 7). Кольцевые водопроводные сети обладают повышенной надёжностью подачи воды потребителям, имеют меньшие диаметры труб по сравнению с тупиковыми линиями. Это компенсирует некоторое увеличение их общей длины. Поэтому кольцевые сети, как правило, используются при проектировании систем водоснабжения населённых пунктов.

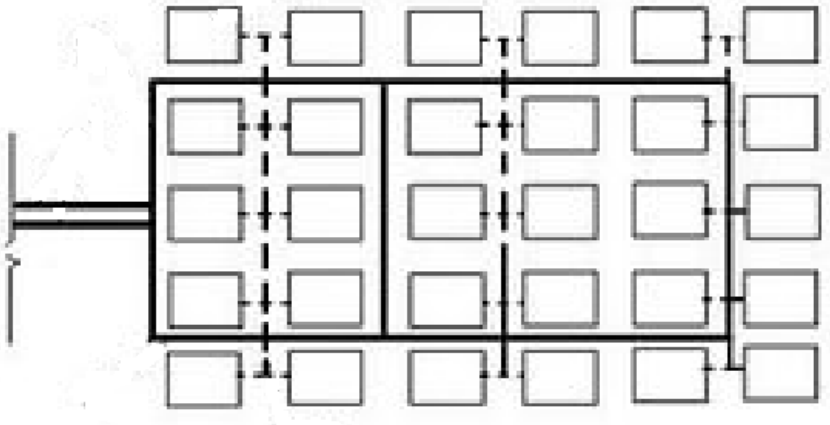


Рисунок 7 – Кольцевая сеть водоснабжения

3. *Смешанные* (рисунок 8).

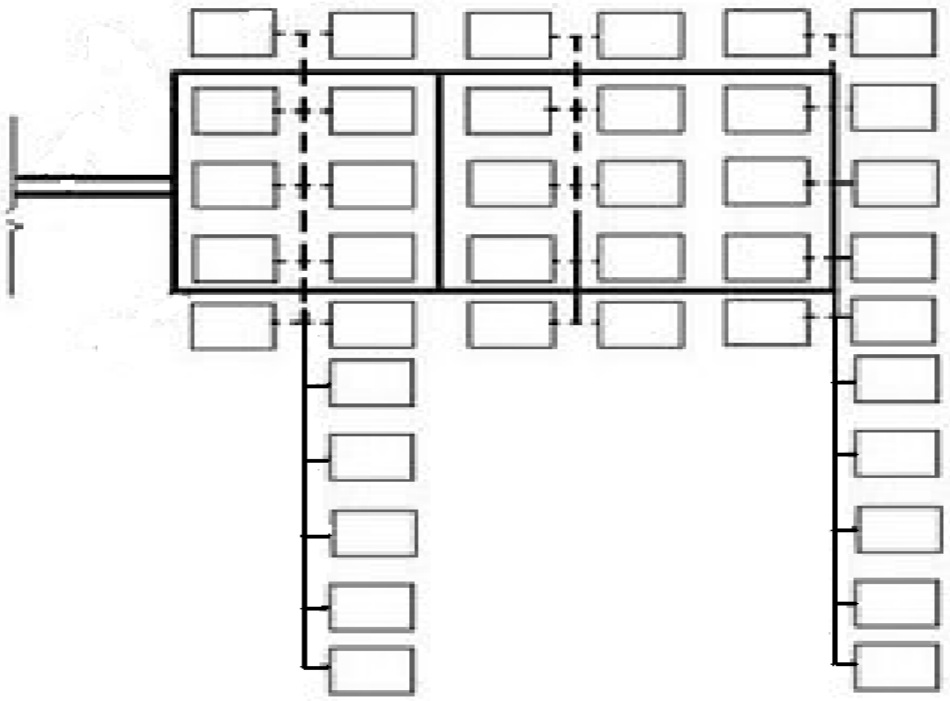


Рисунок 8 – Смешанная сеть водоснабжения

Всех потребителей воды делят на два типа:

1. *Сосредоточенные*

2. Распределенные

Сосредоточенные - крупные потребители локально расположенные на сети (завод, ферма, и т.д.).

Распределенные – более равномерно расположенные по сети потребители с приблизительно одинаковым расходом.

К распределенным потребителям обычно относят население и скот в личном пользовании, а также полив зеленых насаждений.

Для расчета сети необходимо определить расход распределенных потребителей, который распределяется пропорционально длинам участков водопроводной сети, на которых эти потребители расположены.

Определяем расход распределенных потребителей

$$Q_{распр.} = q \cdot N$$

Определяем путевые отборы на каждом участке сети по формуле

$$Q_{пут.} = q_{уд.} \cdot l_{ij}$$

где: $q_{уд.}$ – удельный распределенный расход отбираемый с одного метра распределительной водопроводной сети

l_{ij} – сумма длин участков, на которых расположены распределенные потребители.

Заданные расходы воды можно подавать по трубам разного диаметра. При малых диаметрах труб уменьшаются строительные затраты, но возрастают эксплуатационные затраты, связанные с потерями напора в трубопроводах

$$h_l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$V \approx 1 \, м/с$$

Тогда, используя уравнение расхода

$$Q_{ij} = V_{ij} \cdot \omega_{ij} \quad \text{где} \quad \omega_{ij} = \frac{\pi \cdot d_{ij}^2}{4}$$

получим

$$d_{ij} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{ij}}{\pi \cdot V_{ij}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{ij}}{\pi}}$$

Окончательно принимаем ближайшее большее стандартное значение диаметра трубы. При этом следует иметь в виду, что для наружной водопроводной сети не допускается применение труб диаметром менее 100 мм при любых расчетных расходах.

Для определения потерь напора, используют основную водопроводную формулу

$$h_{ПОТ} = A_{ij} \cdot l_{ij} \cdot Q_{ij}^2$$

где: A_{ij} - удельное сопротивление трубопровода, зависящее от диаметра трубы, ее материала и определяемое по водопроводным таблицам;

l_{ij} - длина трубопровода;

Q_{ij} - расход в трубопроводе.

Для облегчения расчетов составлены специальные водопроводные таблицы Шевелева, где определены потери напора в трубах разных диаметров и материалов на 1 км длины при разных расходах.

Для подачи воды потребителям в различные тупиковые точки сети требуются различные напоры в начале сети при выбранных диаметрах труб. В общем случае для подачи заданного расхода в произвольную точку сети требуется напор в начале сети

$$H_б^i = (\nabla_i - \nabla_б) + h_{ПОТ}^{0i} + H_{СВ}$$

где

$h_{ПОТ}^{0i}$ - потери напора в трубах до *«i»* точки сети по кратчайшему расстоянию от водонапорной башни.

$H_{СВ}$ - свободный напор в *«i»* точке сети, обеспечивающей нормальную работу водоразборной арматуры.

Расчёт наружных разводящих водопроводных сетей сводится к определению диаметров труб и высоты водонапорной башни, обеспечивающих подачу заданных расходов потребителям в сутки с максимальным водопотреблением в час максимального водоразбора. Кроме этого они должны обеспечить подачу пожарных расходов в любую точку сети одновременно с подачей максимального хозяйственного расхода.

Кольцевые сети могут иметь тупиковые линии, подающие воду отдельно стоящим потребителям. Для повышения надёжности таких линий их, как правило, прокладывают в две нитки трубопроводов одинакового диаметра. Это обеспечивает надёжность подачи пожарных расходов. При прокладке тупиков в одну нитку необходимо у объекта водоснабжения устраивать пожарный резервуар, рассчитанный на 3 часа тушения пожара. В качестве пожарного резервуара могут быть использованы естественные водоёмы, расположенные вблизи объекта водоснабжения (пруд, река и т.п.).

Наружная водопроводная сеть состоит из трех основных элементов:
труб, фасонных частей, арматуры.

Выбор материала труб представляет ответственную задачу, так как их стоимость в огромной мере определяет затраты по всей системе водоснабжения в целом. В системах водоснабжения должны применяться трубы, материалы которых безвредны для здоровья человека. Надежность работы трубопровода во многом определяется правильным выбором прочностных характеристик и их соответстви-

ем внешних и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод. Трубы и их соединения должны оставаться герметичными в процессе всего периода эксплуатации. От этого зависят экономичность и надежность системы подачи и распределения воды, а также ее санитарное состояние.

Для строительства напорных водоводов и сетей применяют стальные, чугунные, асбестоцементные, пластмассовые, железобетонные и другие трубы.

Фасонные части предназначены для перехода к трубам разного диаметра в сети (раструбы), поворота труб (колена), ответвления (тройники) установки водопроводной арматуры (пожарная подставка). Соединяются с трубами, как правило, фланцевыми соединениями в водопроводных колодцах.

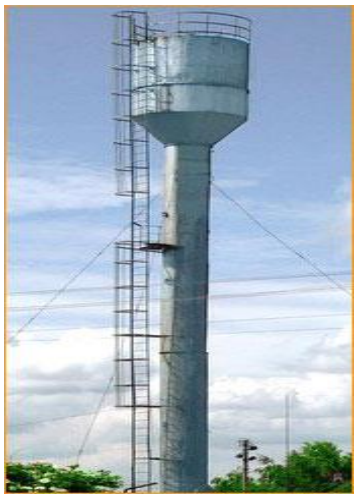
Для обеспечения нормальной эксплуатации водопроводная сеть должна быть оборудована арматурой. Трубопроводная арматура представляет собой комплекс устройств, для регулирования, обслуживания, ремонта и обеспечения надежной работы систем водоснабжения.

Водонапорные башни и резервуары, играющие роль регулирующих и запасных емкостей.

Водонапорные башни может использоваться в системах питьевого, хозяйственного, производственного и противопожарного водоснабжения различных объектов промышленности, населенных пунктов и сельскохозяйственных комплексов. Используются для хранения запасов воды и расходования ее в часы повышенного потребления, а также подачи под небольшим напором при остановке насосов. В них хранится также резервный и противопожарный запас воды. Наполнение башни происходит в часы, когда подача воды превышает ее потребление. Если расход воды превышает производительность насосных станций и в часы перерывов в работе насосов, то из водонапорной башни в сеть поступает недостающее количество воды.

Одной из наиболее распространенных видов водонапорных башен является башня Рожновского (рисунок 10). Она хорошо зарекомендовала себя своей надежностью, простотой конструкции и долговечность при правильной эксплуатации.

Водонапорная башня также может считаться резервуаром чистой воды.



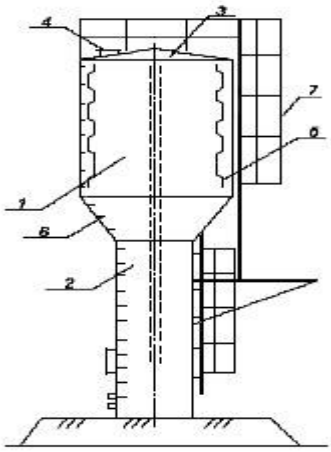


Рисунок 10 Водонапорная башня

Резервуар чистой воды предназначен для компенсации неравномерности потребления воды в течение суток, а также хранение аварийного запаса, на случай отказа насосного оборудования, водозаборного узла.

В резервуаре чистой воды хранятся аварийный, контактный и пожарный запас воды. Аварийный объем должен обеспечивать подачу воды потребителям по аварийному графику в течении времени ликвидации аварии.

Контактный объем предусматривается для обеспечения требуемого времени контакта воды с реагентами, содержащими хлор.

Пожарный объем воды предусматривается, когда получение необходимого количества воды для тушения пожара непосредственно из источника водоснабжения.

4. ОСНОВЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Особое значение имеет развитие современной системы водоотведения бытовых и производственных сточных вод, обеспечивающей высокую степень защиты окружающей природной среды от загрязнений. Предпосылками для успешного решения этих задач при строительстве водоотводящих систем являются разработки, выполняемые высококвалифицированными специалистами, использующими новейшие достижения науки и техники в области строительства и реконструкции водоотводящих сетей и очистных сооружений.

Водоотведение – комплекс сооружений и инженерных мероприятий, пред-

назначенных для сбора и транспортирования за пределы населенного пункта или промышленного предприятия сточных вод, их очистки, и обеззараживания с целью сброса в водоем или для повторного использования.

Сброс сточных вод допустим лишь при условии соблюдения существующих нормативов для данного вида сточных вод и мощности водного источника.

В результате использования воды на производстве и при транспортировании отходов она изменяет свои физические и химические свойства и образует сточную жидкость.

По происхождению и характеру загрязнения все сточные воды промышленных предприятий могут быть классифицированы по трем признакам:

- – по месту образования;
- – по виду содержащихся в стоках веществ;
- – фазово-дисперсному состоянию загрязнений.

По месту образования сточные воды могут быть:

Бытовые сточные воды – образуются из вод, поступающих от раковин, унитазов и др. источников стоков установленных в жилых, общественных, коммунальных и промышленных зданиях. Бытовые сточные воды относят к группе наиболее загрязненных. Они содержат минеральные и органические загрязнения.

Производственные сточные воды многообразны по составу и концентрации загрязнений. Загрязнителями производственных сточных вод являются отходы и потери производства. Концентрация и качество загрязнителей в сточной воде находятся в тесной зависимости от вида производства, исходного сырья и всякого рода реагентов, участвующих в технологическом процессе. Загрязнение промышленных сточных вод подразделяются на инертные, нестабильные, токсичные.

Атмосферные воды образуются от выпадения дождя или таяния снега и загрязняются отбросами, имеющимися на поверхности территории города или промышленного предприятия.

На некоторых промышленных предприятиях дождевые воды приходится принимать в водоотводящие сети для грязных вод, так же дождевые воды оказываются загрязненными теми же веществами, что и производственные воды.

Все категории сточных вод в той или иной степени содержат загрязнения, вид и состав которых позволяет делить стоки по виду содержащихся в них ве-

ществ.

Минеральные загрязнения. К ним относятся: песок, глинистые частицы, частицы руды, шлака, растворимые неорганические соли, кислоты и щелочи.

Органические загрязнения. Они могут быть разделены на загрязнения растительного происхождения, в которых преобладает химический элемент углерод (остатки овощей, плодов и т.д.) и животного происхождения, в которых преобладает азот (физиологические выделения, остатки живых тканей и т.д.). В бытовых стоках содержится примерно 60% загрязнений органического происхождения и 40% минерального.

Биологические загрязнения. К этой категории относятся бактерии, дрожжевые и плесневелые грибки и вирусы.

Под системой водоотведения подразумевают комплекс сооружений, предназначенных для отведения сточных вод и их очистки

Общесплавная система предусматривает отвод всех видов сточной жидкости на очистные сооружения по единой сети трубопроводов в этом случае бытовые, производственные органического происхождения и атмосферные осадки сплавляются по единой системе трубопроводов на очистные сооружения (рисунок 9). В настоящее время общесплавные системы не проектируются, так как они не удовлетворяют современным требованиям охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами.

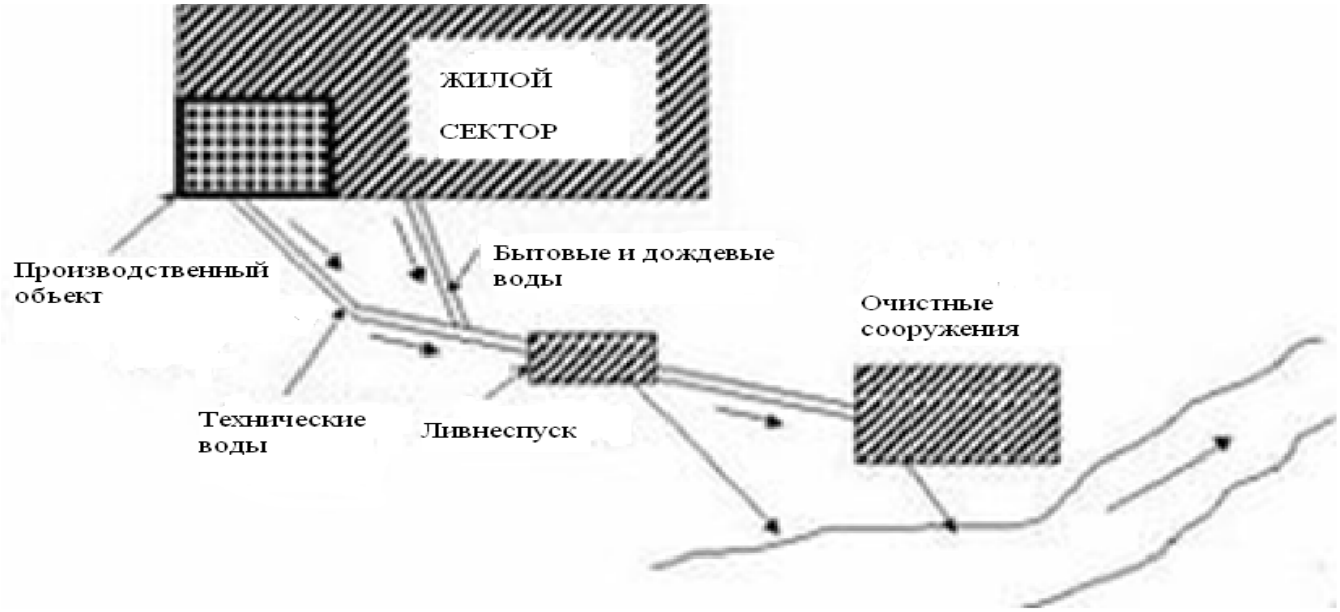
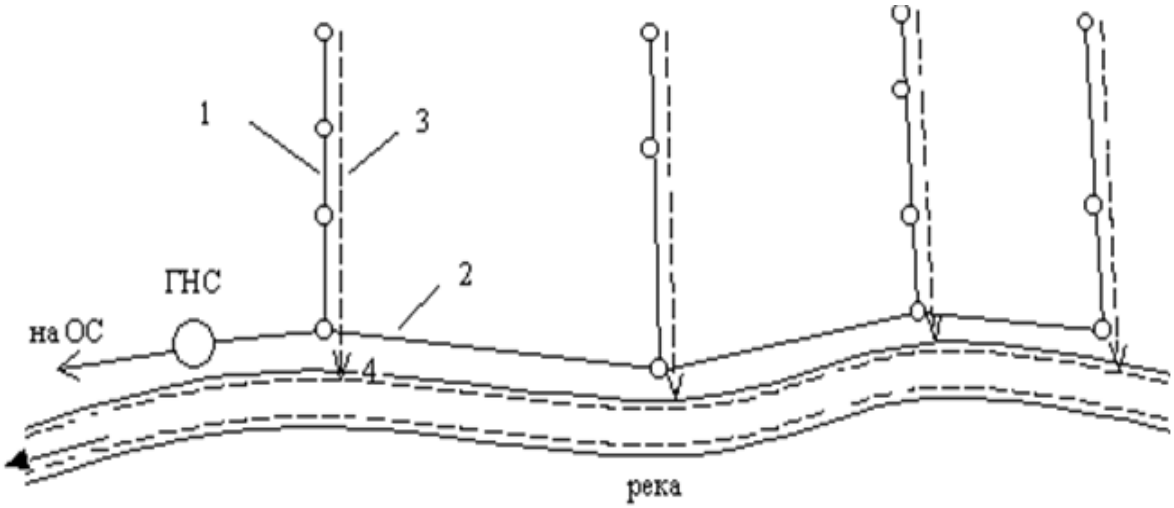


Рисунок 9. Общесплавная система водоотведения

Раздельные системы водоотведения системы могут быть различными в зависимости от вида стоков, образующихся на предприятии (рисунок 10). Бытовые и дождевые стоки отводятся по самостоятельным сетям. Производственные стоки могут отводиться по нескольким различным системам трубопроводов, в зависимости от категории стоков.



1 – коллектор бытовой сети; 2 – главный коллектор;
3 – коллектор дождевой сети; 4 – выпуск
Рисунок 10 - Схема раздельной системы водоотведения

В отдельных случаях производственные сточные воды могут отводиться совместно с бытовыми стоками (*производственно-бытовая сеть*) или дождевыми водами (*производственно-дождевая сеть*). Бывают следующие раздельные системы:

- – с локальными очистными сооружениями;
- – с частичным оборотом производственных сточных вод;
- – с полным оборотом производственных и бытовых вод.

5. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Задание: Запроектировать хозяйственно-противопожарный водопровод для населенного пункта

Задание принимается по двум последним цифрам номера зачетной книжки (шифра) студента. Последняя цифра шифра соответствует приложению 1. Две последние цифры шифра соответствуют приложению 2. Предпоследняя цифра шифра соответствует приложению 3

Принять к концу расчетного срока службы водопровода (15-20 лет) в населенном пункте число водопотребителей, расположенных на водоснабжаемой территории, согласно приложению 2. Произвести следующие расчеты.

1. Рассчитать среднесуточный расход населенного пункта $Q_{сут.ср.}$, максимальный суточный расход $Q_{сут.макс.}$ и годовую потребность в воде $Q_{год.}$

2. Определить максимальный часовой $Q_{макс.час.}$ и максимальный секундный $Q_{макс.сек.}$ расход.

3. Построить интегральную кривую водопотребления населенного пункта и выбрать режим работы насосной станции второго подъема.

4. Выбрать типовую водонапорную башню.

5. Запроектировать и выполнить гидравлический расчет тупиковой водопроводной сети населенного пункта.

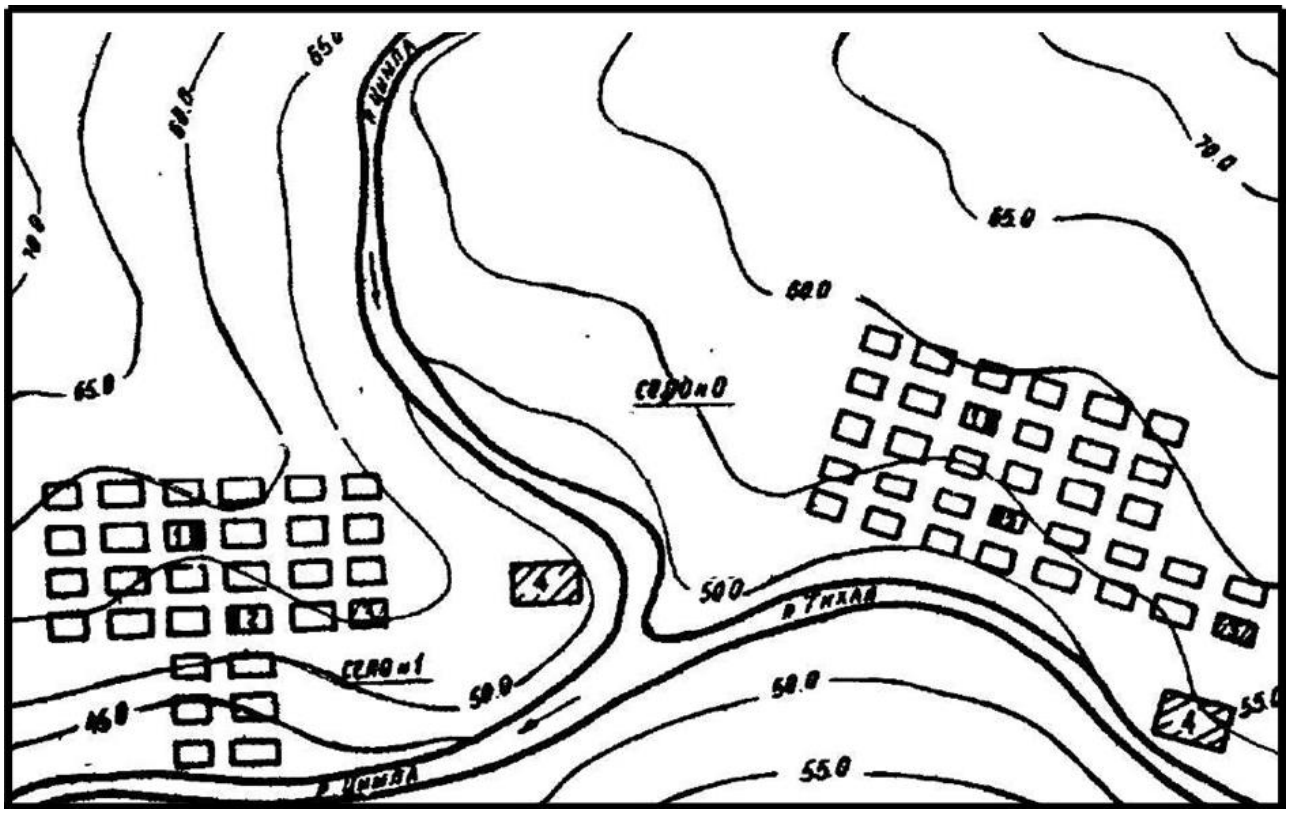
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Генплан населенного пункта

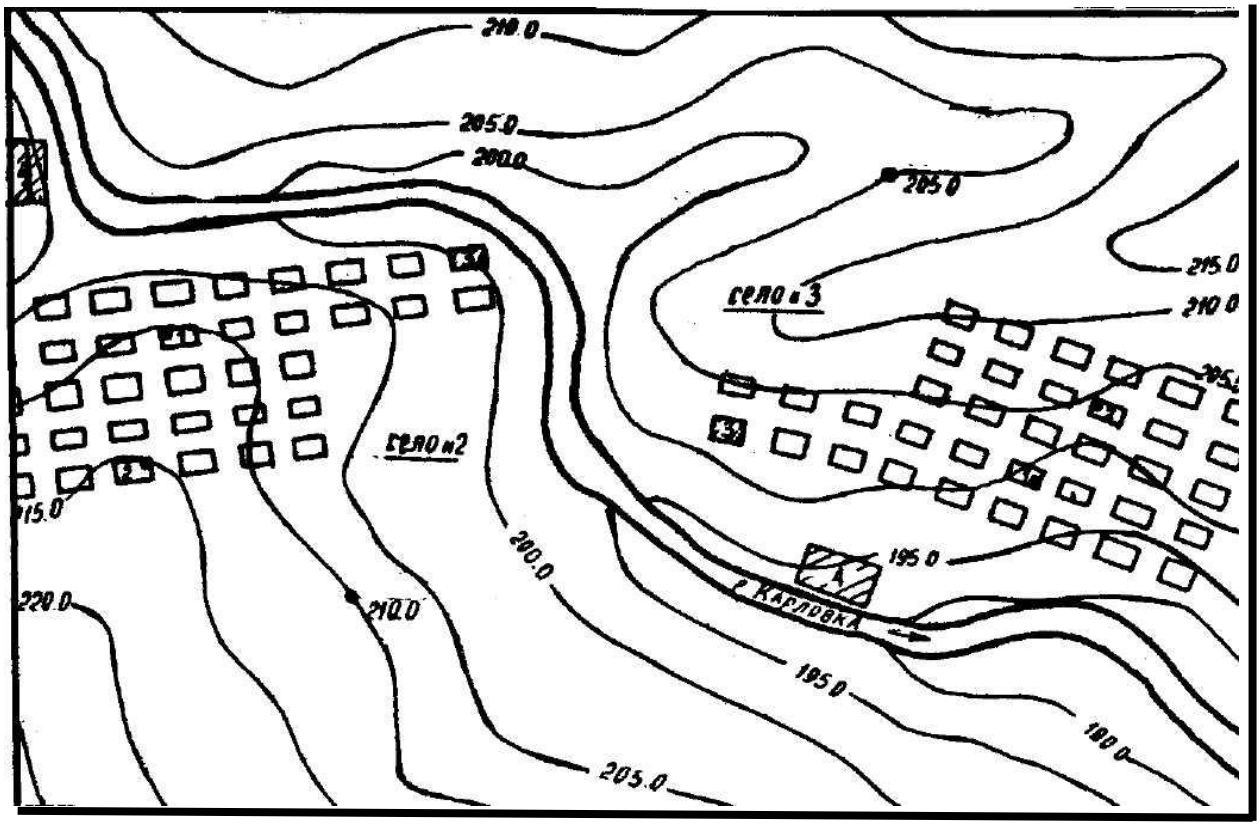
1-баня, прачечная; 2- больница; 3-промышленное предприятие; 4-животноводческий комплекс.

Планшет 1 (к заданиям 0 и 1) Масштаб 1:50000

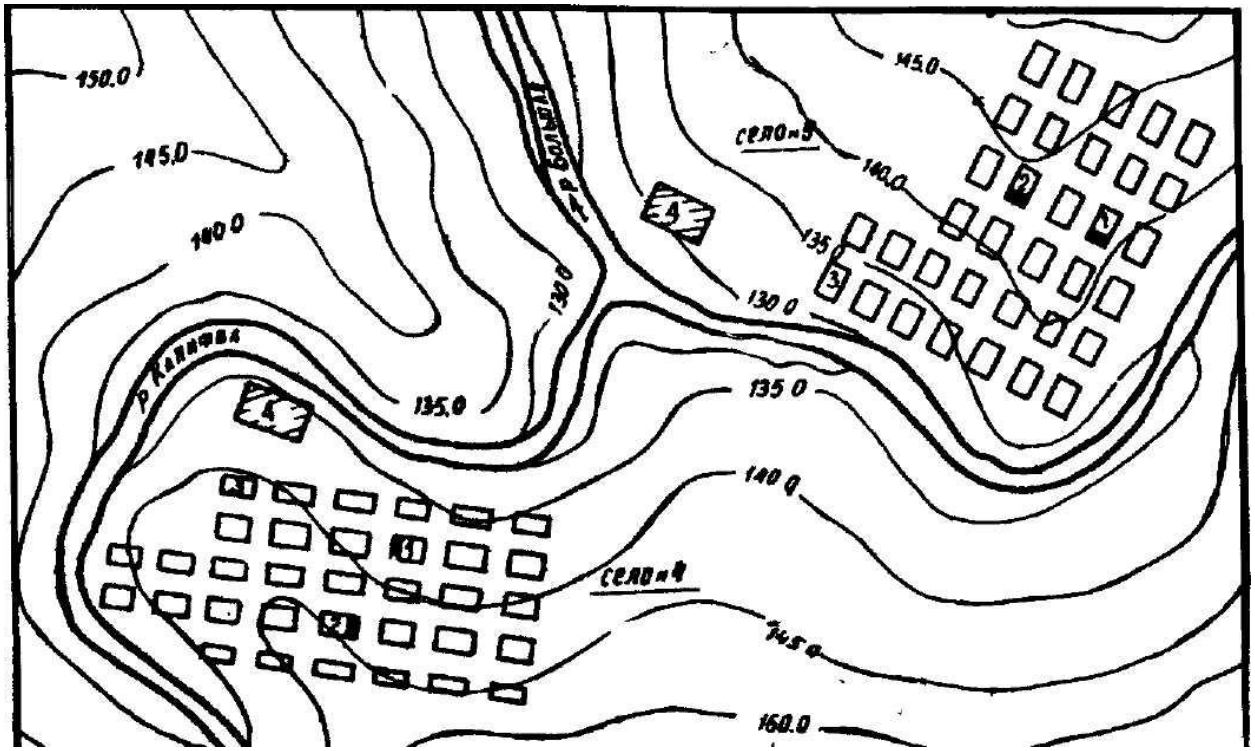


1. Баня, прачечная.
2. Больница.
3. Промышленные предприятия
4. Животноводческий комплекс

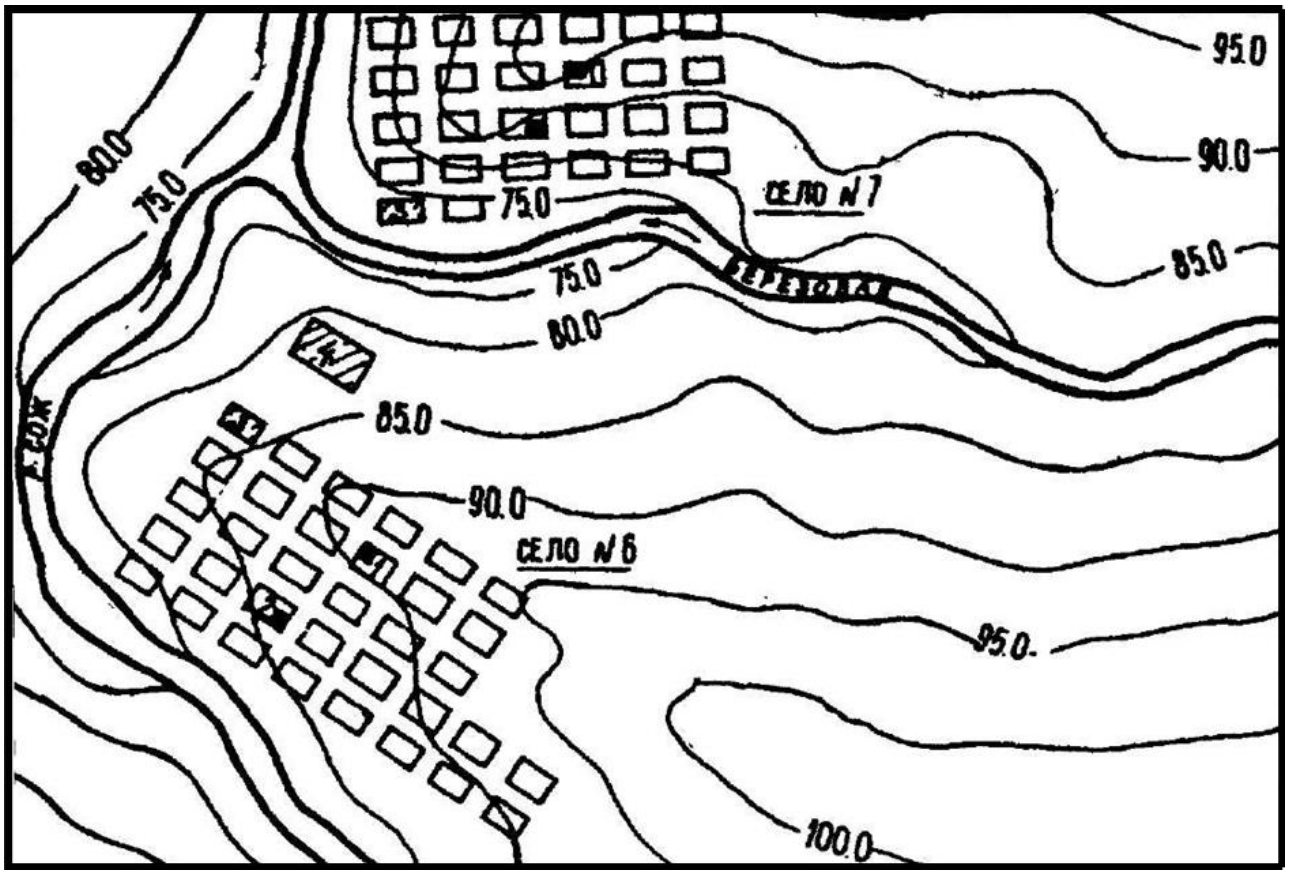
Планшет 2 (к заданиям 2 и 3) Масштаб 1:50000



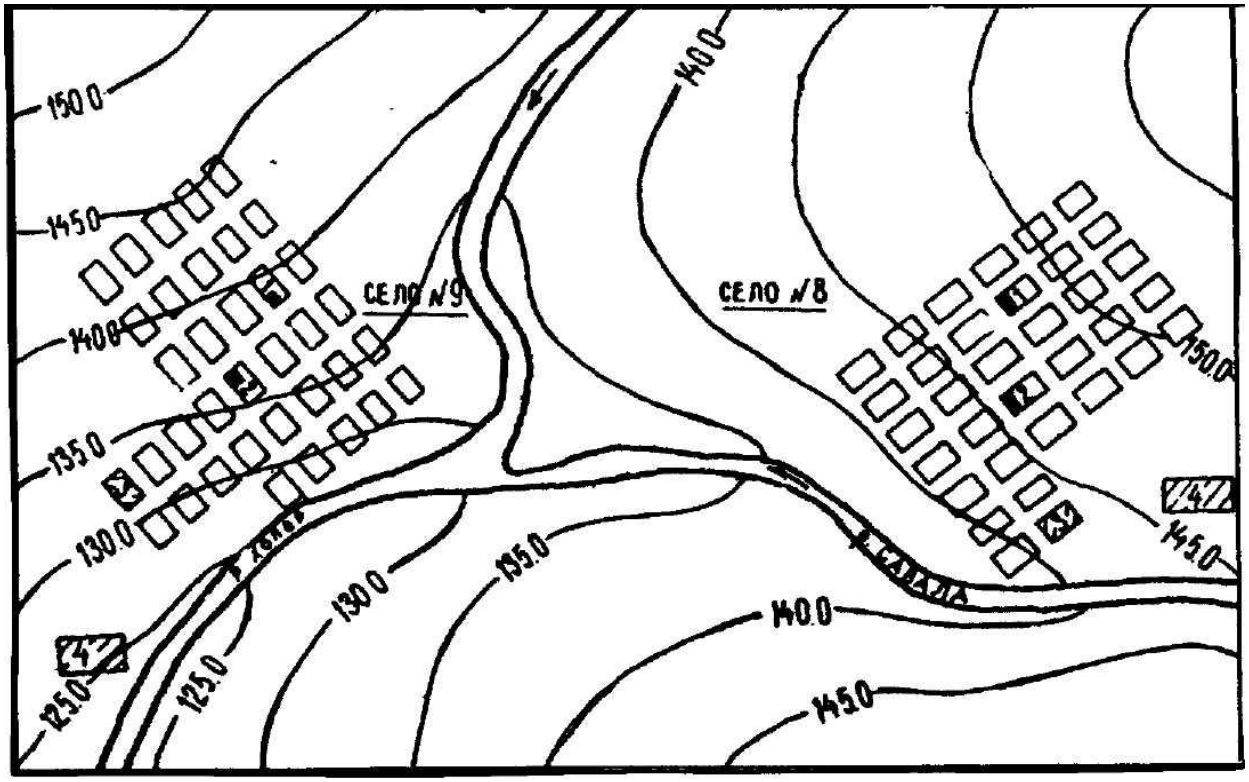
Планшет 3 (к заданиям 4 и 5) Масштаб 1:50000



Планшет 4 (к заданиям 6 и 7) Масштаб 1:50000



Планшет 5 (к заданиям 8 и 9) Масштаб 1:50000



Приложение 2

Состав водопотребителей к концу расчетного срока службы водопровода

№ п/п	Наименование водопотребителей	Варианты задания							
		00	01	02	03	04	05	06	07
1.	Население, пользующееся водой из уличных водоразборных колонок, чел	3690	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800
2.	Население, имеющее внутренний водопровод и канализацию с ваннами и местными водонагревателями, чел	3975	6475	6450	6425	6400	6375	6350	6325
3.	Баня	-	да	-	-	да	-	-	да
4.	Больница, коек	-	-	150	-	-	140	-	-
5.	Прачечная	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	Рабочий скот, голов	122	200	195	190	185	180	175	170
7.	Полив газонов, цветников и зеленых насаждений, га	6,6	2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Скот в личном пользовании населения, голов									
8.	Молочные коровы	1585	1000	1050	1025	1075	1100	1125	1150
9.	Свиньи	1465	865	925	900	950	975	1000	1025
10.	Овцы, козы	3000	2500	2450	2450	2400	2385	2350	2325
11.	Куры, утки	3705	4900	4890	4880	4870	4860	4850	4840
Промышленные предприятия									
12.	Завод по переработке сельскохозяйственной продукции, т молока в сутки	46,0	40	39,5	39,0	38,5	38,0	37,5	37,0
Животноводческий комплекс									
13.	Молочные коровы, голов	1080	2020	2010	2000	1990	1980	1970	1960
14.	Молодняк крупного рогатого скота, голов	10000	10500	10600	10700	10800	10900	11000	11100

Продолжение прил. 2

	08	09	10	11	12	13	14	15	16
1.	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250
2.	6300	6275	6250	6225	6200	6175	6125	6100	6075
3.	-	-	да	-	-	да	-	-	да
4.	130	-	-	120	-	-	110	-	-
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	173	165	160	155	150	145	140	135	130
7.	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	8,8
8.	1190	1175	1200	1225	1250	1275	1300	1325	1350
9.	1700	1050	1075	1100	1125	1150	1175	1200	1225
10.	2500	2300	2285	2250	2225	2200	2175	2150	2125
11.	5200	4830	4820	4810	4800	4790	4780	4770	4760
12.	20,0	36,5	36,0	35,5	35,0	34,5	34,0	33,5	33,0
13.	2000	1950	1940	1930	1920	1910	1900	1890	1880
14.	10500	11200	11300	11400	11500	11600	11700	11800	11900

Продолжение прил. 2

	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700
2.	6050	6025	6000	5975	5950	5925	5900	5875	5850
3.	-	-	да	-	-	да	-	-	да
4.	100	-	-	90	-	-	160	-	-
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	125	120	115	110	105	100	95	90	95
7.	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3	8,2	8,1	8,0	7,9
8.	1375	1400	1425	1450	1475	1500	1525	1550	1575
9.	1250	1275	1300	1325	1350	1375	1400	1425	1450
10.	2100	2075	2050	2025	2000	1900	1875	1850	1825
11.	4750	4740	4730	4720	4710	4700	4690	4680	4670
12.	32,0	32,0	31,5	31,0	30,5	30,0	29,5	29,0	28,5
13.	1870	1860	1850	1840	1830	1820	1810	1800	1790
14.	12000	12100	12200	12300	12400	12500	12600	12700	12800

Продолжение прил.2

	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1.	4750	4800	4850	4900	4950	5000	5050	5100	5150
2.	5825	5800	5775	5750	5725	5700	5675	5650	5625
3.	-	-	да	-	-	да	-	-	да
4.	155	-	-	150	-	-	145	-	-
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	100	105	110	115	120	125	130	135	140
7.	7,8	7,7	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0
8.	1600	1625	1650	1675	1700	1725	1750	1775	1800
9.	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1650	1675
10.	1800	1775	1750	1725	1700	1675	1650	1625	1600
11.	4660	4650	4640	4630	4620	4610	4600	4590	4580
12.	28,0	27,5	27,0	26,5	26,0	25,5	25,0	24,5	24,0

13.	1780	1770	1760	1750	1760	1750	1740	1730	1720
14.	12900	13000	13100	13200	13300	13400	13500	13600	13700

Продолжение прил.2

	35	36	37	38	39	40	41	42	43
1.	5200	5250	5300	5350	5400	5500	5550	5600	5600
2.	5600	5575	5550	5525	5500	5475	5450	5425	5400
3.	-	-	да	-	-	да	-	-	да
4.	140	-	-	135	-	-	130	-	-
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	145	150	155	160	165	170	175	180	185
7.	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1
8.	1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975	2000	2025
9.	1700	1725	1750	1775	1800	1825	1850	1875	1900
10.	1575	1550	1525	1500	1510	1520	1530	1540	1540
11.	4570	4560	4550	4540	4530	4520	4510	4500	4490
12.	23,5	23,0	22,5	22,0	21,5	21,0	20,5	20,0	20,5
13.	1710	1720	1710	1700	1690	1680	1670	1660	1650
14.	13800	13900	14000	14100	14200	14300	14400	14500	14600

родолжение прил.2

	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1.	5650	5700	5750	5800	5850	5900	5950	6000	6050
2.	5375	5350	5325	5300	5275	5250	5225	5200	5175
3.	-	-	Да	-	-	да	-	-	да
4.	125	-	-	120	-	-	115	-	-
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	190	195	200	195	190	185	180	175	170
7.	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2
8.	2050	2075	2100	2125	2150	2175	2200	2210	2220
9.	1925	1950	1975	2000	2025	2060	2075	2085	2095
10.	1550	1560	1570	1580	1590	1600	1610	1620	1630
11.	4480	4470	4460	4360	4260	4160	4060	3960	3860
12.	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0
13.	1640	1630	1620	1610	1600	1590	1580	1570	1560
14.	14700	14800	14900	15000	900	1000	1200	1400	1600

Продолжение прил.2

	53	54	55	56	57	58	59	60	61
1.	6100	6150	6200	6250	6300	6350	6400	6450	6500
2.	5150	5125	5100	5075	5050	5025	5000	4975	4950
3.	-	-	да	-	-	да	-	-	да
4.	110	-	-	100	-	-	95	-	-
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	165	160	155	150	145	140	135	130	125
7.	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3
8.	2230	2240	2250	2260	2270	2280	2290	2300	2310

9.	2105	2115	2125	2135	2145	2155	2165	2175	2185
10.	1640	1650	1660	1670	1670	1680	1690	1700	1710
11.	3760	3660	3560	3460	3360	3260	3160	3060	2960
12.	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5
13.	1550	1540	1530	1520	1510	1500	1490	1480	1470
14.	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400

Продолжение прил.2

	62	63	64	65	66	67	68	69	70
1.	6550	6600	6650	6700	6750	6800	6850	6900	6950
2.	4925	4900	4875	4810	4825	4800	4775	4750	4725
3.	-	-	да	-	-	да	-	-	да
4.	90	-	-	85	-	-	80	-	-
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	120	115	110	105	100	95	90	91	92
7.	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,6
8.	2320	2330	2340	2350	2360	2370	2380	2390	2400
9.	2195	2205	2215	2225	2235	2245	2255	2265	2275
10.	1720	1730	1740	1750	1760	1770	1780	1790	1800
11.	2860	2760	2785	2815	2840	2865	2895	2915	2940
12.	30,0	30,5	31,0	31,5	32,0	32,5	33,0	33,5	34,0
13.	1460	1450	1440	1430	1420	1410	1400	1390	1380
14.	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200

Продолжение прил.2

	71	72	73	74	75	76	77	78	79
1.	7000	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350
2.	4700	4650	4650	4625	4600	4575	4550	4525	4500
3.	-	-	да	-	-	да	-	-	да
4.	75	-	-	70	-	-	65	-	-
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-
6.	93	94	95	96	97	98	99	100	101
7.	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
8.	2410	1420	1430	1440	1450	1460	1470	1475	1480
9.	2285	1300	1310	1320	1330	1340	1350	1355	1360
10.	1810	1820	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890
11.	2965	2990	3015	3040	3065	3095	3115	3140	3165
12.	34,5	35,0	35,5	36,0	36,5	37,0	37,5	38,0	38,5
13.	1370	1360	1350	1340	1330	1320	1310	1300	1290
14.	5400	5600	6800	6000	6200	6400	6600	6800	7000

Продолжение прил.2

	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
1.	3400	3450	3500	3525	3530	3540	3550	3560	3570	3580
2.	4475	4450	4425	4400	4375	4350	4325	4300	4275	4250
3.	-	-	да	-	-	да	-	-	да	-

4.	60	-	-	55	-	-	40	-	-	180
5.	-	да	-	-	да	-	-	да	-	-
6.	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
7.	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5
8.	1485	1490	1495	1500	1505	1510	1515	1520	1525	1530
9.	1365	1370	1375	1380	1385	1390	1395	1400	1405	1410
10.	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
11.	3190	3215	3240	3265	3295	3315	3340	3365	3395	3415
12.	39,0	39,5	40,0	40,5	41,0	41,5	42,0	42,5	43,0	43,5
13.	1280	1270	1260	1250	1240	1230	1220	1210	1200	1190
14.	7200	7400	7600	7800	8000	8200	8400	8600	8800	8900

Продолжение прил.2

	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
1.	3590	3600	3610	3620	3630	3640	3650	3660	3670	3680
2.	4225	4200	4175	4150	4125	4100	4075	4050	4025	4000
3.	-	да	-	-	да	-	-	да	-	-
4.	-	-	175	-	-	170	-	-	165	-
5.	да	-	-	да	-	-	да	-	-	да
6.	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
7.	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5
8.	1535	1540	1545	1550	1555	1560	1565	1570	1575	1580
9.	1415	1420	1425	1430	1435	1440	1445	1450	1455	1460
10.	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090
11.	3440	3465	3480	3515	3540	3565	3580	3615	3640	3680
12.	44,0	44,5	50,0	49,5	49,0	48,5	48,0	47,5	47,0	46,5
13.	1180	1170	1160	1150	1140	1130	1120	1110	1100	1090
14.	9000	9100	9200	9300	9400	9500	9600	9700	9800	9900

Приложение 3

Распределение хозяйственно-питьевых расходов воды в населенных пунктах и бытовых учреждениях по часам суток в процентах от суточного максимального водопотребления

Часы суток	Варианты распределения									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-1	2,50	1,96	1,56	0,85	3,25	3,00	1,50	1,00	0,75	1,75

1-2	2,25	0,96	0,69	0,37	3,25	3,20	1,50	1,00	0,75	1,65
2-3	2,20	0,83	0,53	0,10	3,30	2,50	1,50	1,00	1,00	1,40
3-4	2,25	0,96	0,69	0,15	3,20	2,60	1,50	1,00	1,00	1,89
4-5	2,60	1,12	0,74	0,31	3,25	3,30	2,50	2,00	3,00	2,42
5-6	3,90	2,31	1,91	1,14	3,30	4,10	3,50	3,00	5,50	3,20
6-7	4,50	5,28	5,38	5,40	3,85	4,50	4,50	5,00	5,50	4,40
7-8	5,10	5,55	5,70	5,94	4,45	4,90	5,50	6,50	5,50	5,13
8-9	5,35	7,12	7,81	9,45	5,20	5,60	6,25	6,50	3,50	4,55
9-10	5,85	6,86	7,46	8,83	5,05	5,60	6,25	5,50	3,50	4,10
10-11	5,35	5,82	6,07	6,49	4,85	4,90	6,25	4,50	6,00	4,18
11-12	5,25	5,41	5,03	4,83	4,60	4,70	6,25	5,50	8,50	5,55
12-13	4,60	3,58	3,30	2,59	4,80	4,40	5,00	7,00	8,50	4,55
13-14	4,40	3,27	2,95	2,19	4,55	4,10	5,00	7,00	5,00	5,53
14-15	4,60	2,96	2,62	1,82	4,75	4,10	5,60	5,50	5,00	5,74
15-16	4,60	3,87	3,64	3,01	4,70	4,40	6,00	4,50	5,00	5,52
16-17	4,90	4,45	4,34	3,91	4,65	4,30	6,00	5,00	3,50	5,34
17-18	4,60	4,17	3,99	3,45	4,35	4,10	5,50	6,50	3,50	4,20
18-19	4,70	4,73	4,69	4,39	4,40	4,50	5,00	6,50	6,00	5,60
19-20	4,50	6,09	6,42	7,05	4,30	4,50	4,50	5,00	6,00	5,38
20-21	4,40	6,61	7,12	8,22	4,30	4,50	4,00	4,50	6,00	5,58
21-22	4,20	7,10	8,33	10,42	4,20	4,30	3,00	3,00	3,00	4,60
22-23	4,70	6,35	6,77	7,63	3,75	4,60	2,00	2,00	2,00	4,74
23-24	2,70	2,64	2,26	1,46	3,70	3,30	1,40	1,00	2,00	3,00

Окончание прил.3

Часы суток	Прачечная, баня	Больница, гостиница	Промышленное предприятие	Животноводческий комплекс	Полив зеленых насаждений
1	2	3	4	5	6
0-1	-	0,20	-	0,50	-
1-2	-	0,20	-	1,00	-
2-3	-	0,20	-	0,50	-
3-4	-	0,20	-	0,50	-
4-5	-	0,50	-	2,20	-
5-6	-	0,50	-	2,20	16,66
6-7	-	3,00	-	4,70	16,67

7-8	-	5,00	6,25	4,70	16,67
8-9	6,25	8,00	6,25	10,2	-
9-10	6,25	10,0	6,25	5,40	-
10-11	6,25	6,00	6,25	7,20	-
11-12	6,25	10,0	6,25	6,10	-
12-13	6,25	10,0	6,25	4,20	-
13-14	6,25	6,00	6,25	9,10	-
14-15	6,25	5,00	6,25	6,60	-
15-16	6,25	8,50	6,25	2,00	-
16-17	6,25	5,50	6,25	4,20	-
17-18	6,25	5,00	6,25	3,60	-
18-19	6,25	5,00	6,25	8,20	-
19-20	6,25	5,00	6,25	7,20	16,66
20-21	6,25	2,00	6,25	3,50	16,67
21-22	6,25	0,70	6,25	4,60	16,67
22-23	6,25	3,00	6,25	0,80	-
23-24	6,25	0,50	-	0,80	-

Приложение 4

Нормы водопотребления населением

Степень благоустройства районов жилой застройки	Среднесуточные нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в населенных пунктах на 1 жителя (за год), л/сут
1	2
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125-160
Тоже, с ваннами и местными водонагревателями	160-230
Тоже, с централизованным горячим водоснабжением	250-350

Примечание: Для районов застройки зданиями с водопользованием из водоразборных колонок норму среднесуточного водопотребления на 1 жителя следует принимать 30-50 л/сут.

Приложение 5

Нормы расхода воды на полив

Назначение воды	Измеритель	Нормы расхода воды на поливку, л/м^2
1	2	3
Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 мойка	1,2-1,5
Механизированный полив усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 полив	0,3-0,4
Полив вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	1 полив	0,4-0,5
Полив		

Городских зеленых насаждений	1 полив	3-4
Газонов и цветников	1 полив	4-6
Посадок в грунтовых зимних теплицах	1 сутки	15
Посадок в стеллажных зимних и грунтовых весенних теплицах, парниках всех типов, утепленного грунта	1 сутки	6

Приложение 6

Нормы расхода воды на наружное пожаротушение

Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел. ,до	Расчетное количество одновременных пожаров	Расходы воды на наружное пожаротушение в населенных пунктах, л/ с	
		Застройка зданиями высотой до 2-го этажа включительно, независимо от степени их огнестойкости	Застройка зданиями высотой 3 этажа и выше, независимо от степени их огнестойкости
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15

Примечание: Расход воды на пожаротушение внутри зданий принимают 5 л/с (2 струи по 2,5 л/с каждая).

Приложение 7

Нормы расхода воды на животных и птиц

Наименование потребителя	Норма расхода воды на одну голову скота, птиц и зверей, л /сут.
1	2
Коровы Молочные Мясные	 100 70
Быки	60
Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет	30

Телята в возрасте до 6 месяцев	20
Лошади Рабочие, верховые, рысистые и некормящие матки Племенные и кормящие матки	 60 80
Жеребцы – производители	70
Жеребята в возрасте до 1,5 лет	45
Овцы взрослые	10
Молодняк овец	6
Хряки-производители, матки взрослые	25
Свиноматки с поросятами супоросные, холостые	 60 25
Поросята –отъемыши	5
Ремонтный молодняк	15
Свиньи на откорме	15
Куры	1
Индейки	1,5
Утки и гуси	2
Норки, соболи	3
Лисы и песцы	7
Кролики	3
Одно крупное животное в ветеринарной лечебнице	100
Одно мелкое животное в ветеринарной лечебнице	50

Приложение 8

Геометрические размеры типовых водонапорных башен

Объем бака, $м^3$	Высота ствола башни $H_б$, м	Типовой проект	Размеры, м				Объем конической части бака, $м^3$
			внутренний диаметр бака $D_{вн}$	строительная высота бака H	высота конуса бака h	диаметр днища бака d	
1	2	3	4	5	6	7	8
Бак стальной, ствол кирпичный							
50	9,12,15, 18,21,24	901-5-21/70	3,088	6,96	-	-	-
100	9,12,15, 18,21,24	901-5-21/70	5,00	6,70	2,20	0,63	16,42
150	18,24	901-5-9/70	6,00	7,18	2,69	0,63	28,32

200	12,15,18,21,24	901-5-23/70	6,50	8,10	2,90	0,63	35,52
300	15,18,21,24,30,36	901-5-24/70	8,00	8,51	3,51	1,00	66,98
Бак стальной, ствол железобетонный							
300	21,24,30,36,42	901-5-26/70	8,00	8,51	3,51	1,00	66,98
Стальные башни (системы Рожновского)							
15	12	901-5-29	3,02	2,79	1,175	1,22	4,39
25	12,15	901-5-29	3,02	4,42	1,175	1,22	4,39
50	12,15	901-5-29	3,02	8,57	1,175	1,22	4,39

Приложение 9

Значение удельных сопротивлений А для неновых стальных, чугунных, асбестоцементных и полиэтиленовых труб (*V ≥1 м/с*)

Стальные		Чугунные	Асбестоцемент-ные ВТ-6, ВТ-9	Полиэтилено-вые ПЭ80,S10
Диаметр условного прохода, мм	*A* (для *Q* в $м^3/с$)	*A* (для *Q* в $м^3/с$)	*A* (для *Q* в $м^3/с$)	*A* (для *Q* в $м^3/с$)
90	-	-	-	547,5
100	267,4	365,3	187,7	
110	-	-	-	192,7
125	86,23	110,8	-	98,6
140	-	-	-	54,5

150	33,95	41,85	31,55	-
160	-	-	-	27,2
175	18,96	-	-	-
180	-	-	-	14,6
200	9,273	9,029	6,898	8,5
225	4,822	-	-	4,6
250	2,583	2,752	2,227	2,6
275	1,535	-	-	-
280	-	-	-	1,5
300	0,9392	1,025	0,914	-
315	-	-	-	0,78
325	0,6088	-	-	-
350	0,4078	0,4529	0,4342	-
355	-	-	-	0,42
400	0,2062	0,2232	0,2171	0,22
450	0,1089	0,1195	-	0,12
500	0,0622	0,06839	0,07138	-
600	0,02384	0,02602	-	-
700	0,01150	0,01150	-	-
800	0,005665	0,005665	-	-
900	0,003034	0,003034	-	-

6. Пример выполнения курсовой работы по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики» на тему «Расчет системы водоснабжения с тупиковой водопроводной сетью»

Введение

Для проектирования систем водоснабжения нужно знать количество потребляемой воды и режим его потребления. Суммарное водопотребление устанавливают по составу и числу потребителей. Основными потребителями воды в сельском хозяйстве являются: население, животные, находящиеся в личной соб-

ственности, животноводческие фермы, предприятия по переработке молочной продукции, коммунальные предприятия.

Проектирование систем водоснабжения основано на ряде общих требований:

а) вода должна поставляться всем потребителям без исключения;

б) вода должна подаваться в нужном количестве;

в) вода должна подаваться определенного количества;

г) вода должна подаваться в определенные сроки;

д) подача воды должна быть максимально механизирована и автоматизирована наиболее доступными и дешевыми средствами.

Водопотребление может быть неравномерным в течение суток и времени года. Это накладывает определенные условия на проектируемые сооружения водоснабжения, позволяющие удовлетворить вышеуказанные требования. Расчет системы водоснабжения приводят с учетом максимально возможных расходов в сети.

Для этого определяют сутки с максимальным водопотреблением. Одновременно анализируется водопотребление в течение суток и определяется час максимальной водоподачи, при котором водопроводная сеть испытывает максимальную нагрузку по расходу.

Водозаборные и очистные сооружения должны обеспечивать подачу максимального суточного расхода, а разводящие водопроводные сети пропускать максимальный часовой расход.

Система водоснабжения должна проектироваться с учетом генерального плана развития населенного пункта на ближайшие 15-20 лет.

Задание

Принять к концу расчетного срока службы водопровода (15-20 лет) в населенном пункте число водопотребителей, расположенных на водоснабжаемой территории. Произвести следующие расчеты.

Определить:

1. Рассчитать среднесуточный расход населенного пункта $Q_{сут.ср.}$, макси-

мальный суточный расход $Q_{сут.макс.}$ и годовую потребность в воде $Q_{год.}$

2. Определить максимальный часовой $Q_{макс.час.}$ и максимальный секундный $Q_{макс.сек.}$ расход.

3. Построить интегральную кривую водопотребления населенного пункта и выбрать режим работы насосной станции второго подъема.

4. Выбрать типовую водонапорную башню.

5. Запроектировать и выполнить гидравлический расчет тупиковой водопроводной сети населенного пункта.

Исходные данные для выполнения работы

1	Население, пользующееся водой из уличных водоразборных колонок, чел	2885
2	Население, имеющее внутренний водопровод и канализацию с ваннами и местными водонагревателями, чел	4885
3	Прачечная, чел	7770
4	Рабочий скот, голов	135
5	Полив газонов, цветников и зеленых насаждений, га	3,46
	Скот в лично пользовании населения, голов	
6	Молочные коровы	865
7	Свиньи	769

8	Овцы, козы	1807
9	Куры, утки	3730
	Промышленные предприятия (молочный завод)	
10	Предприятие по переработке сельскохозяйственной продукции, т молока в сутки	34,1
	Животноводческий комплекс (ферма)	
11	Молочные коровы, голов	1515
12	Молодняк крупного рогатого скота, голов	8461

1. Определение среднесуточного расхода населенного пункта $Q_{ср.сут.}$, максимального суточного расхода $Q_{сут.макс.}$ и годовую потребность в воде $Q_{год.}$

Среднесуточный расход каждой группы потребителей определяют по формуле:

$$Q_{ср.сут} = \frac{N \cdot q}{1000}, \; м^3/сут.$$

где N – количество водопотребителей., q – среднесуточная норма водопотребления на одного водопотребителя, л/сут.; принимают по СНиП 2.04.02-84 (приложение 4,5,6). Результаты сводят в таблицу 1.

Население, пользующееся водой из уличных водоразборных колонок

$$\left(q = 40\ {}^{л}\!/_{сут}\right)$$

$$Q_{ср.сут} = \frac{2885 \cdot 40}{1000} = 115{,}4\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Население, имеющее внутренний водопровод и канализацию с ваннами и местными водонагревателями $\left(q = 200\ {}^{л}\!/_{сут}\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{4885 \cdot 200}{1000} = 977\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Рабочий скот $\left(q = 60\ {}^{л}\!/_{сут}\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{135 \cdot 60}{1000} = 8{,}1\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Полив газонов $\left(q = 5\ {}^{л}\!/_{м^2}\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{3{,}46 \cdot 50000}{1000} = 173\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Скот в личном пользовании

Молочные коровы $\left(q = 100\ {}^{л}\!/_{сут}\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{865 \cdot 100}{1000} = 86{,}5\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Свиньи $\left(q = 15\ {}^{л}\!/_{сут}\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{769 \cdot 15}{1000} = 11{,}535\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Овцы, козы $\left(q = 10\ {}^{л}\!/_{сут}\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{1807 \cdot 10}{1000} = 18{,}07\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Куры, утки $\left(q = 1\ {}^{л}\!/_{сут}\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{3730 \cdot 1}{1000} = 3{,}73\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Промышленное предприятие по переработке сельскохозяйственной продукции ($q = 12 м^3$ воды на 1 тонну молока)

$$Q_{ср.сут} = \frac{34{,}1 \cdot 12000}{1000} = 409{,}2\ {}^{м^3}\!/_{сут}$$

Животноводческий комплекс

Молочные коровы $\left(q = 100\, л/сут\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{1515 \cdot 100}{1000} = 151{,}5\, м^3/сут$$

Молодняк крупного рогатого скота $\left(q = 30\, л/сут\right)$

$$Q_{ср.сут} = \frac{8461 \cdot 30}{1000} = 253{,}83\, м^3/сут$$

Суточный расход прачечной определяем следующим образом:

$$Q = \frac{N \cdot q \cdot P \cdot П}{100 T 1000},\ м^3/сут$$

где N – общее количество населения в населенном пункте (по заданию);

P – процент жителей, пользующихся прачечной $(P = 40\%)$;

q – норма расхода воды на стирку сухого белья $(q = 75л)$;

$П$ – норма сухого белья на одного человека в год $(П = 100кг)$;

T – количество дней работы прачечной в год $(T = 200)$

$$Q = \frac{7770 \cdot 75 \cdot 40 \cdot 100}{100 \cdot 200 \cdot 1000} = 43{,}269\, м^3/сут$$

Замечание: При определении суточных расходов прачечной необходимо брать общее количество населения по исходным данным.

Примечание:

Суточные расходы воды коммунальными предприятиями определяют следующим образом:

Суточный расход для бани $Q_б$:

$$Q_б = \frac{N_ж P_б q_б П_б}{100 T_б 1000},$$

где: $N_ж$ – расчетное количество жителей, пользующихся водоразборными колонками (по заданию); $P_б$ – количество жителей, пользующихся баней, %, $P_б = 30$; $q_б$ – норма расхода воды, используемой 1 чел., л, $q_б = 180$; $П_б$ – количество помывок в году на 1 чел., $П_б = 40$; $T_б$ – продолжительность работы бани в год, дней, $T_б = 200$

Суточный расход для больницы Q:

$$Q = \frac{N_к q}{1000},$$

где: $N_к$ – количество коек в больнице (по заданию); q – норма расхода воды на одного больного, $q = 250$ л/сут.

Годовой расход воды определяется по формуле:

$$Q_{год} = \left(Q_{ср.сут.насел.и.скот} + Q_{ср.сут.комм.} + Q_{ср.сут.жив.}\right) \cdot t_1 + Q_{ср.сут.пром.} \cdot t_2 + Q_{ср.сут.пол.} \cdot t_3$$

где: $Q_{ср.сут.насел.и.скот}$ – среднесуточное водопотребление населением и скота в личном пользовании, м^3/сут.; $Q_{ср.сут.ком.}$ – среднесуточное водопотребление коммунальным сектором, м^3/сут.; $Q_{ср.сут.жив.}$ – среднесуточное водопотребление животноводческим комплексом, м^3/сут.; t_1 – число дней в году (принять $t_1 = 365$); $Q_{ср.сут.пром.}$ – среднесуточное водопотребление промышленным предприятием, м^3/сут.; t_2 – число рабочих дней промышленного предприятия в году (принять $t_2 = 261$); $Q_{ср.сут.пол.}$ – среднесуточное водопотребление на полив зеленых насаждений, м^3/сут.; t_3 – количество поливных дней в году (принять $t_3 = 150$).

$$Q_{год} = (1220{,}34 + 405{,}33)) \cdot 365 + 409{,}2 \cdot 261 + 173 \cdot 150 + 43{,}27 \cdot 200 = 73477{,}73 \, м^3/год$$

Среднесуточные расходы определяют для каждого вида потребителя. Однако они дают лишь общую характеристику водопотребления того или иного объекта. Проектируемый водопровод рассчитывают на пропуск максимального суточного расхода. Отклонение его от среднесуточного у каждой группы потребителей учитывают коэффициентом максимальной суточной неравномерности $K_{\max.сут.}$, который показывает, во сколько раз расчетный максимальный суточный расход превышает среднесуточный. Коэффициент суточной неравномерности приводят в нормах проектирования.

Для коммунального сектора его можно принять 1,3, для промышленного 1,1.

Максимальный суточный расход воды вычисляют по формуле:

$$Q_{мак.сут} = K_{сут.макс.} \cdot Q_{ср.сут}$$

Данные расчета сводят в таблицу 1

Используя таблицу 1, объединяют потребителей по группам, имеющим одинаковую неравномерность водопотребления в течение суток. Результаты сводят в таблицу 2.

Таблица 1

Определение расчетных суточных расходов воды

Наименование водопотребителей	Количество водопотребителей	Норма водопотребления на одного водопотребителя, л/сут	Средняя суточная водопотребность, $м^3$/сут	Коэффициент суточной неравномерности водопотребления	Расчетный расход воды в сутки наибольшего водопотребления, $м^3$/сут
Население, пользующееся водой из уличных водоразборных колонок, чел					
Население, имеющее внутренний водопровод и канализацию с ваннами и местными водонагревателями, чел					
Прачечная					
Рабочий скот, голов					
Полив газонов, цветников и зеленых насаждений, га					
Скот в личном пользовании населения, голов					
Коровы молочные					
Свиньи					
Овцы, козы					
Куры, утки					
Промышленные предприятия					
Завод по переработке сельскохозяйственной продукции, т молока в сутки					
Животноводческий комплекс					
Молочные коровы, голов					
Молодняк крупного рогатого скота, голов					

Таблица 2

Сводная таблица расчетных расходов

Среднесуточные расходы, м^3/сут							Максимальные суточные расходы, м^3/сут					
Население и скот в личном пользова-нии	**Животноводческий сектор (ферма)**	**Коммунальные предприятия (пра-чечная)**	**Промышленный сектор (молочный завод)**	**Полив насаждений**	**Общий расход**	**Годовой расход**	**Население и скот в личном пользова-нии**	**Животноводческий сектор (ферма)**	**Коммунальные предприятия (пра-чечная)**	**Промышленный сектор (молочный завод)**	**Полив насаждений**	**Общий расход**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
1220,34	405,33	43,27	409,20	173,00	**2251,13**		1586,44	526,93	56,25	450,12	224,90	**2844,63**
Кол-во рабочих дней												
365	365	200	261	150								
Годовой расход, м3												
445422,3	147945,5	8653,8	106801,2	25950		**734772,73**						

2. Определение максимального часового $Q_{макс.час.}$ и максимального секундного $Q_{макс.сек.}$ расходов

Используя кривые суточной неравномерности водопотребления отдельных потребителей (по заданию), определяем неравномерность водопотребления всех потребителей по населенному пункту и находим максимальный часовой $Q_{час.мак.}$ и максимальный секундный $Q_{сек.мак.}$ расходы.

Распределение суточных расходов воды по часам суток для отдельных категорий водопотребителей принимается по приложению 3. Промышленное предприятие работает в две смены. Воду на технологические нужды расходуют равномерно от расчетного суточного расхода воды предприятием. Прачечная работает с 8 до 24 часов. Зеленые насаждения поливают равномерно 2 раза в сутки.

Так как распределение расходов по часам суток задается в процентах, то для каждой группы потребителей необходимо проценты перевести в физические величины и определить распределение физических расходов всех потребителей населенного пункта по часам суток (таблица 3). Далее физические расходы переводят в проценты от суточного потребления всего населенного пункта. График суточной неравномерности водопотребления по населенному пункту строят для суток с максимальным водопотреблением.

По данным таблицы 3 определяем час максимального водоразбора (с19 до 20 часов):

$$Q_{час.мак.} = 178{,}44 \, м^3/час$$

$$Q_{сек.мак.} = \frac{Q_{час.мак.} \cdot 1000}{3600} = \frac{178{,}44}{3{,}6} = 49{,}57 \, л/с$$

Таблица 3

Распределение расходов воды по часам суток

Часы суток	Население и скот в личном пользовании		Коммунальные предприятия (прачечная)		Промышленный сектор (молочный завод)		Животноводческий комплекс (ферма)		Полив зеленых насаждений		Общий расход воды по населенному пункту		Ординаты интегральной кривой
	%	$м^3$/час	%	$м^3$/час	%	$м^3$/час	%	$м^3$/час	%	$м^3$/час	%	$м^3$/час	%
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
0 - 1	3	47,59					0,5	2,63			1,77	50,23	1,77
1 - 2	3,2	50,77					1	5,27			1,97	56,04	3,74
2 - 3	2,5	39,66					0,5	2,63			1,49	42,30	5,22
3 - 4	2,6	41,25					0,5	2,63			1,54	43,88	6,77
4 - 5	3,3	52,35					2,2	11,59			2,25	63,94	9,01
5 - 6	4,1	65,04					2,2	11,59	16,66	37,47	4,01	114,10	13,02
6 - 7	4,5	71,39					4,7	24,77	16,67	37,49	4,70	133,65	17,72
7 - 8	4,9	77,74			6,25	28,13	4,7	24,77	16,67	37,49	5,91	168,12	23,63
8 - 9	5,6	88,84	6,25	3,52	6,25	28,13	10,2	53,75			6,13	174,24	29,76
9 - 10	5,6	88,84	6,25	3,52	6,25	28,13	5,4	28,45			5,24	148,94	34,99
10 - 11	4,9	77,74	6,25	3,52	6,25	28,13	7,2	37,94			5,18	147,32	40,17
11 - 12	4,7	74,56	6,25	3,52	6,25	28,13	6,1	32,14			4,86	138,35	45,04
12 - 13	4,4	69,80	6,25	3,52	6,25	28,13	4,2	22,13			4,34	123,58	49,38
13 - 14	4,1	65,04	6,25	3,52	6,25	28,13	9,1	47,95			5,08	144,64	54,47
14 - 15	4,1	65,04	6,25	3,52	6,25	28,13	6,6	34,78			4,62	131,47	59,09
15 - 16	4,4	69,80	6,25	3,52	6,25	28,13	2	10,54			3,94	111,99	63,02
16 - 17	4,3	68,22	6,25	3,52	6,25	28,13	4,2	22,13			4,29	122,00	67,31
17 - 18	4,1	65,04	6,25	3,52	6,25	28,13	3,6	18,97			4,07	115,66	71,38
18 - 19	4,5	71,39	6,25	3,52	6,25	28,13	8,2	43,21			5,14	146,25	76,52
19 - 20	**4,5**	**71,39**	**6,25**	**3,52**	**6,25**	**28,13**	**7,2**	**37,94**	**16,66**	**37,47**	**6,27**	**178,44**	**82,79**
20 - 21	4,5	71,39	6,25	3,52	6,25	28,13	3,5	18,44	16,67	37,49	5,59	158,97	88,38
21 - 22	4,3	68,22	6,25	3,52	6,25	28,13	4,6	24,24	16,67	37,49	5,68	161,59	94,06
22 - 23	4,6	72,98	6,25	3,52	6,25	28,13	0,8	4,22			3,83	108,84	97,89
23 - 24	3,3	52,35	6,25	3,52			0,8	4,22			2,11	60,08	100,00
Итого	100	1586,44	100	56,25	100	450,12	100	526,93	100	224,90	100,00	2844,63	

3. Построение интегральной кривой водопотребления населенного пункта и выбор режима работы насосной станции второго подъема

На насосной станции второго подъема устанавливаются хозяйственные и пожарные насосы. Режим работы насосной станции для обеспечения хозяйственного водопотребления выбирают из условия максимального приближения кривой подачи «2» к кривой водопотребления «1». Рассматриваются четыре варианта режима работы насосной станции:

а) равномерный круглосуточный одним насосом (рисунок 1а);

б) двухсменный одним насосом (16ч) (рисунок 1б);

в) неравномерный круглосуточный тремя одинаковыми насосами (рисунок 1в);

г) одним насосом с остановами (рисунок 1г).

Изменяя режим работы насосной станции необходимо сохранить подачу насосов постоянной для сохранения высокого К.П.Д. их работы. Это достигается предварительной подачей воды в водонапорную башню, откуда она затем поступает потребителю.

График работы хозяйственных насосов устанавливается окончательно по минимальной регулирующей емкости бака водонапорной башни.

Необходимый объем бака водонапорной башни определяется по формуле:

$$W_б = W_{рег} + W_{пож}$$

где: $W_{рег}$ – регулирующий объем, $W_{пож}$ – неприкосновенный пожарный запас воды на 10 мин тушения пожара.

Регулирующий объем определяют по максимальному отклонению кривой водопотребления (1) в положительную сторону (Δ^+) и отрицательную (Δ^-) сторону от кривой подачи (2) (Рисунок 1).

$$W_{рег} = \left(\Delta^- + \Delta^+\right) \cdot Q_{сут.мак.} м^3$$

где: $Q_{сут.мак.}$ – расчетный суточный расход населенного пункта в сутки

наибольшего водопотребления;

$(\Delta^{-});(\Delta^{+})$ – максимальные разности ординат интегральных графиков подачи и потребления соответственно по избытку и недостатку.

График работы насосной станции второго подъема выбирают таким, чтобы сумма максимальных разностей по избытку и недостатку была бы наименьшей, т.е. регулирующая емкость была бы минимальной. Подача насоса определяется тангенсом угла наклона кривой «2» к горизонту.

Определяем регулирующий объем бака для равномерной работы насосной станции одним насосом круглосуточно $(Q_н = 4{,}17\%)$:

$$W_{рег} = \frac{(10+3)}{100} \cdot 2844{,}6 = 369{,}798 м^3$$

Определяем регулирующий объем бака для двухсменной работы насосной станции одним насосом (16ч) $(Q_н = 6{,}25\%)$. Время работы с 5 до 21 часа.

$$W_{рег} = \frac{(8+14)}{100} \cdot 2844{,}6 = 625{,}8 м^3$$

Определяем регулирующий объем бака для неравномерной круглосуточной работы тремя насосами $(Q_н = 1{,}6\%)$

$$W_{рег} = \frac{(4+0)}{100} \cdot 2844{,}6 = 113{,}784 м^3$$

Определяем регулирующий объем бака для работы одним насосом с остановками $(Q_н = 4{,}8\%)$:

$$W_{рег} = \frac{(0+6)}{100} \cdot 2844{,}6 = 170{,}676 м^3$$

Наименьший регулирующий объем бака водонапорной башни обеспечивает неравномерный круглосуточный режим работы тремя одинаковыми насосами (рисунок 1в, кривая 2).

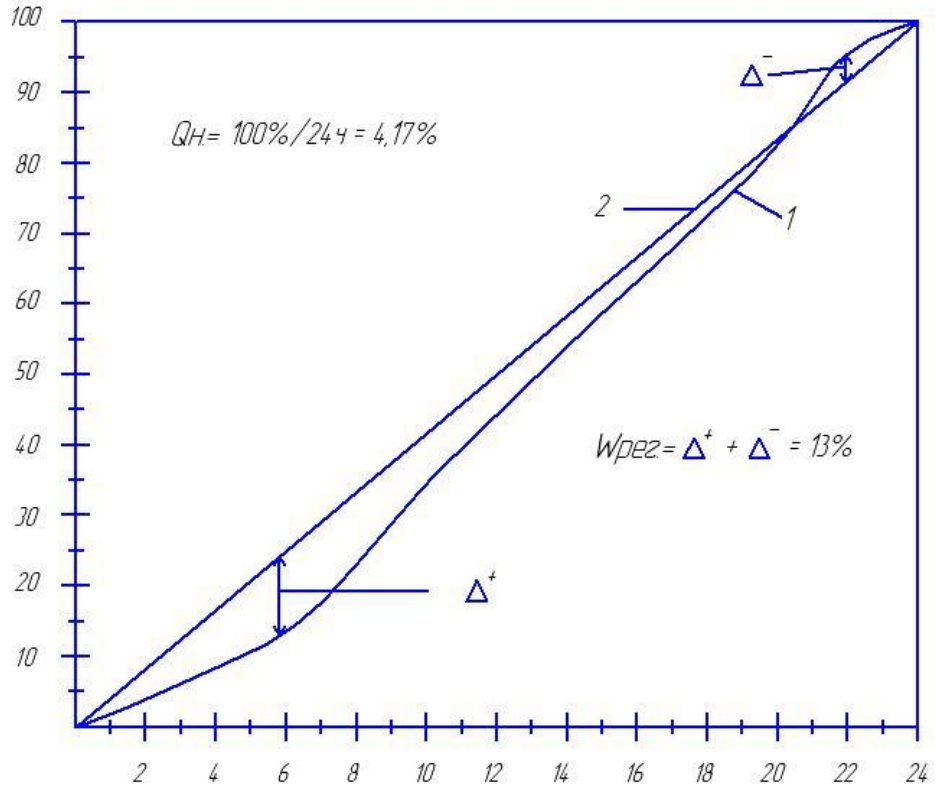


Рисунок 1 а. График подачи насосной станции второго подъема, режим работы неравномерный круглосуточный одним насосом

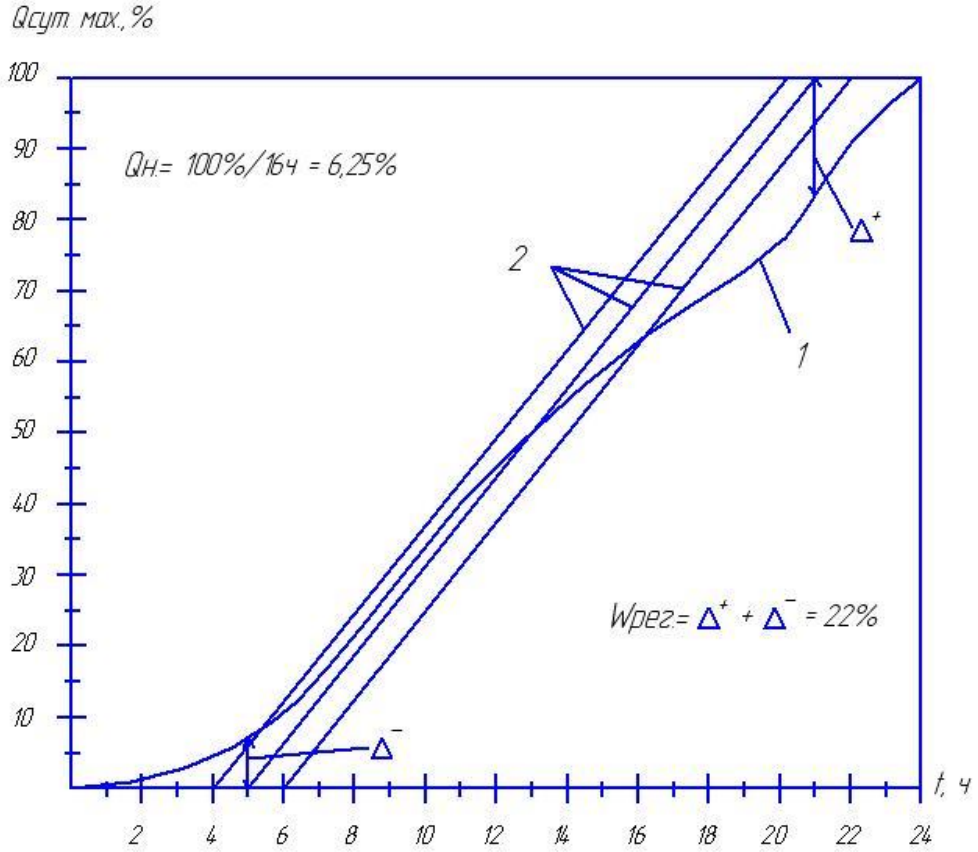


Рисунок 1б. График подачи насосной станции второго подъема, режим работы двухсменный одним насосом (16 ч). Время работы выбрано с 5 до 21 часа.

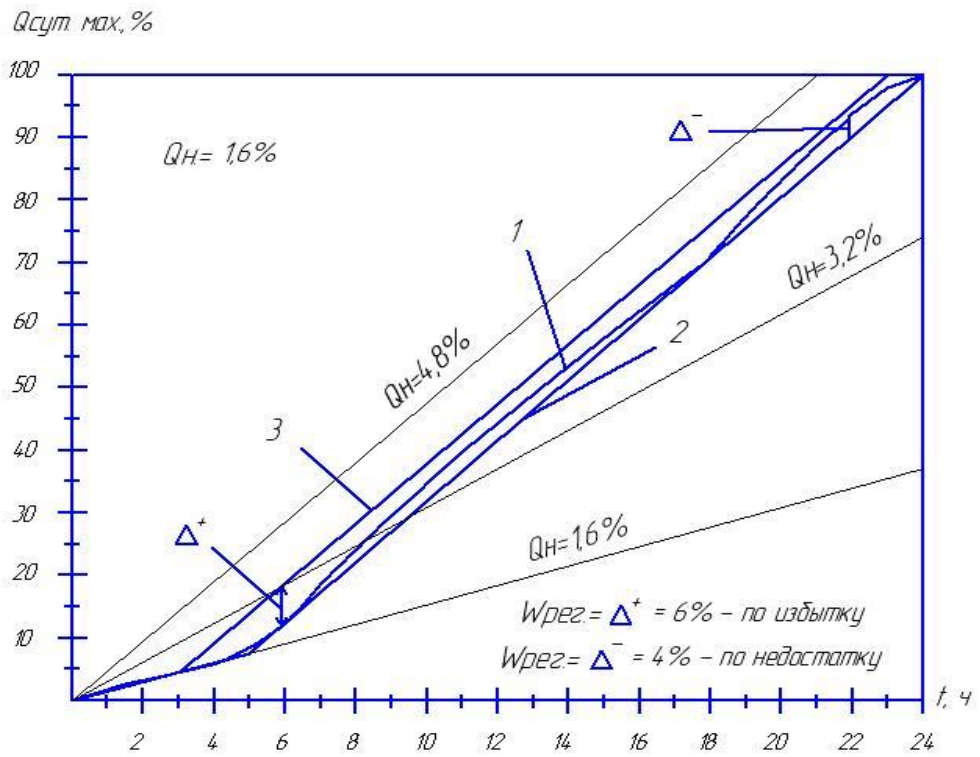


Рисунок 1в. График подачи насосной станции второго подъема, режим работы неравномерный круглосуточный тремя одинаковыми насосами (кривая 2 – по недостатку; кривая 3 – по избытку)

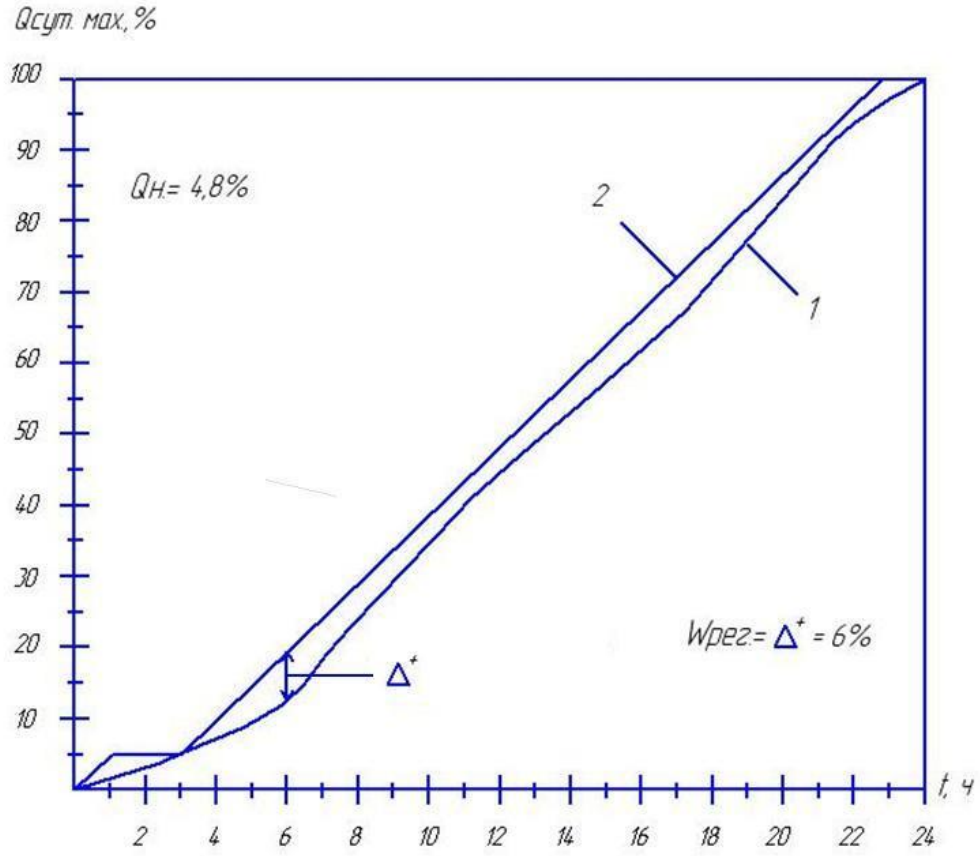


Рисунок 1г. График подачи насосной станции второго подъема, режим работы одним насосом с остановками

После выбора режима работы насосной станции второго подъема уточняют регулирующий объем. Таблица 4 позволяет получить более точные значения (Δ^-) и (Δ^+), чем их графическое определение. Величины (Δ^-) и (Δ^+) определяют по графе «6» по максимальной величине воды в баке (Δ^+) и недостатку воды в баке (Δ^-). Имеем $W_{рег} = 4{,}46\%$. Окончательно имеем

$$W_{рег} = \frac{4{,}46 \cdot 2844{,}6}{100} = 126{,}9 м^3$$

Таблица 4

Уточнение регулирующего объема водонапорной башни

Часы суток	Потребление, %	Подача, %	Приток воды в бак, %	Отток воды в бак, %	Наличие воды в баке, %
0 - 1	1,77	1,6	-	0,17	-0,17
1 - 2	1,97	1,6	-	0,37	-0,54
2 - 3	1,49	1,6	0,11		-0,42
3 - 4	1,54	1,6	0,06		-0,36
4 - 5	2,25	1,6		0,65	-1,01
5 - 6	4,01	4,8	0,79		-0,22
6 - 7	4,70	4,8	0,10		-0,12
7 - 8	5,91	4,8		1,11	-1,23
8 - 9	6,12	4,8		1,32	-2,56
9 - 10	5,24	4,8		0,44	-2,99
10 - 11	5,18	4,8		0,38	-3,37
11 - 12	4,86	4,8		0,06	-3,44
12 - 13	4,34	4,8	0,46		-2,98
13 - 14	5,08	4,8		0,28	-3,27
14 - 15	4,62	4,8	0,18		-3,09
15 - 16	3,94	4,8	0,86		-2,22
16 - 17	4,29	4,8	0,51		-1,71
17 - 18	4,07	4,8	0,73		-0,98
18 - 19	5,14	4,8		0,34	-1,32
19 - 20	6,27	4,8		1,47	-2,79
20 - 21	5,59	4,8		0,79	-3,58
21 - 22	5,68	4,8		0,88	-4,46
22 - 23	3,83	4,8	0,97		-3,49
23 - 24	2,11	4,8	2,69		-0,80
	100	99,2			

4. Выбираем типовую водонапорную башню

В баке водонапорной башни должен храниться неприкосновенный пожарный запас воды, рассчитанный на 10-минутную продолжительность тушения пожара.

Неприкосновенный пожарный запас воды в водонапорной башни предназначен как непосредственно для тушения пожара, так и для обеспечения хозяйственных нужд при пожаре в час максимального водоразбора:

$$W_{пож} = \frac{t60(q_{пож} + q_{сек.\max})}{1000},\ м^3$$

где: t – продолжительность тушения пожара из башни (t = 10 мин);

$$q_{пож} = \left(q_{пож.нар.} + q_{пож.внут.}\right) \cdot n$$

$q_{дппожна.}$ и $q_{пож.внутр.}$ – принятые при расчете сети расходы воды на тушение соответственно одного наружного и одного внутреннего пожара, л/с принимаем: $q_{пож.нар.} = 10\frac{л}{с}$, $q_{пож.внутр.} = 5\frac{л}{с}$

n – число одновременных пожаров, $n = 2$

$$q_{пож.} = (10+5) \cdot 2 = 30\frac{л}{с}$$

$q_{сек.мак.}$ – максимальный секундный расход воды в сети на хозяйственные нужды, л/с, $q_{сек.мак.} = 49{,}57\frac{л}{с}$ (таблица 3, время с 19 до 20 часов). Расчетный расход воды на наружное пожаротушение и расчетное количество одновременных пожаров в населенных пунктах следует принять согласно приложению 7. Расчетный расход воды на внутреннее пожаротушение принимают 5л/с (2 струи по 2,5 л/с каждая).

$$W_{пож} = \frac{10 \cdot 60 \cdot (30 + 49{,}57)}{1000} = 47{,}74\ м^3$$

$$W_б = W_{рег} + W_{пож} = 126{,}9 + 47{,}74 = 174{,}64 м^3$$

Полученный объем водонапорной башни округляем до типовых размеров ($W_б = 200 м^3$) (Рисунок 2).

Определим h_n и $h_{рег}$

$$\Delta W_{пож} = 47{,}742 - 35{,}52 = 12{,}22 м^3$$

$$\Delta h = \frac{4 \cdot 12{,}22}{3{,}14 \cdot 6{,}5^2} = 0{,}37 м$$

$$h_n = 2{,}9 + 0{,}37 = 3{,}27 м$$

$$h_{рег} = \frac{4 \cdot W_{рег}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 126{,}9}{3{,}14 \cdot 6{,}5^2} = 3{,}83 м$$

Общая глубина воды

$$h_n + h_{рег} = 3{,}27 + 3{,}83 = 7{,}1 м$$

Определяем запас глубины в баке

$$H - h_n - h_{рег} = 8{,}1 - 7{,}1 = 1{,}0 м$$

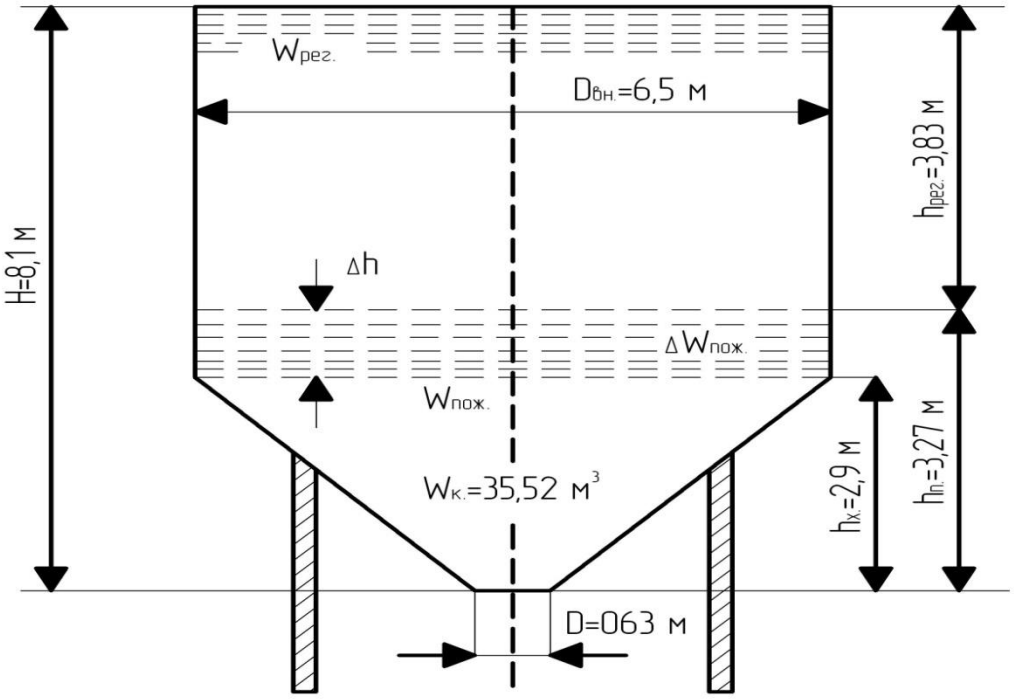


Рисунок 2 Схема бака водонапорной башни

5. Гидравлический расчет тупиковой водопроводной сети

Генплан населенного пункта

Масштаб 1:25000

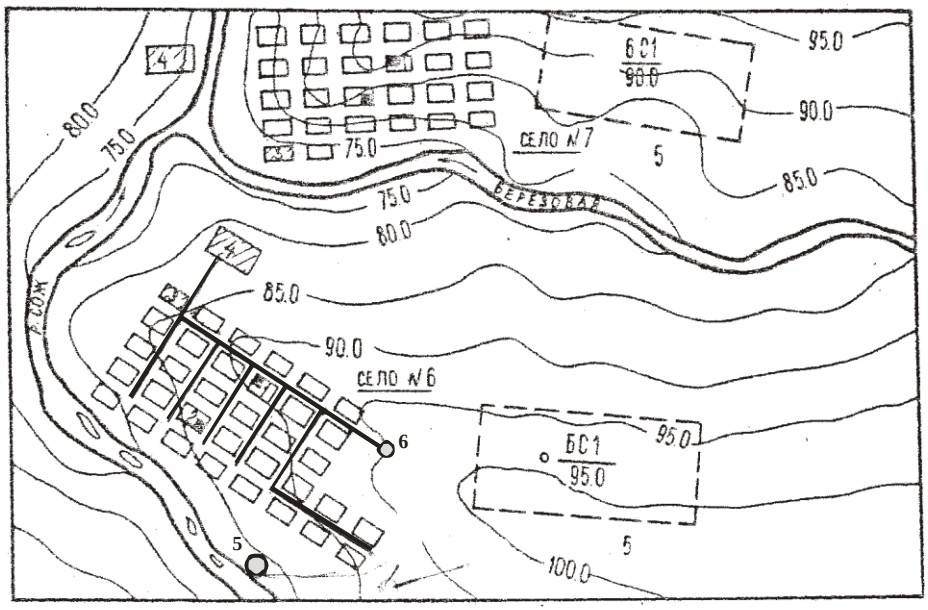


Рисунок 3. Генплан населенного пункта
1 – прачечная; 2 – больница; 3 – молочный завод; 4 – ферма; 5 – водозабор;
6 – водонапорная башня.

Нанесем на план населенного пункта схему тупиковой водопроводной сети, стремясь к минимальной длине труб. После нанесения тупиковой водопроводной сети на генплан населенного пункта, разделяем её на участки, в пределах которых расход не имеет резких изменений. Участки нумеруем. Используя масштаб генплана и горизонтали, определяем длины участков l_{ij} и отметки узловых и тупиковых точек ∇_i. Водонапорную башню устанавливают на наивысшей отметке населенного пункта. При этом она должна быть максимально приближена к водозабору и населенному пункту, что обеспечивает минимальную длину труб. Схема тупиковой водопроводной сети показана на рисунке 3 и продублирована на рисунке 4.

l_{0-1} условно принимаем 100 метров.

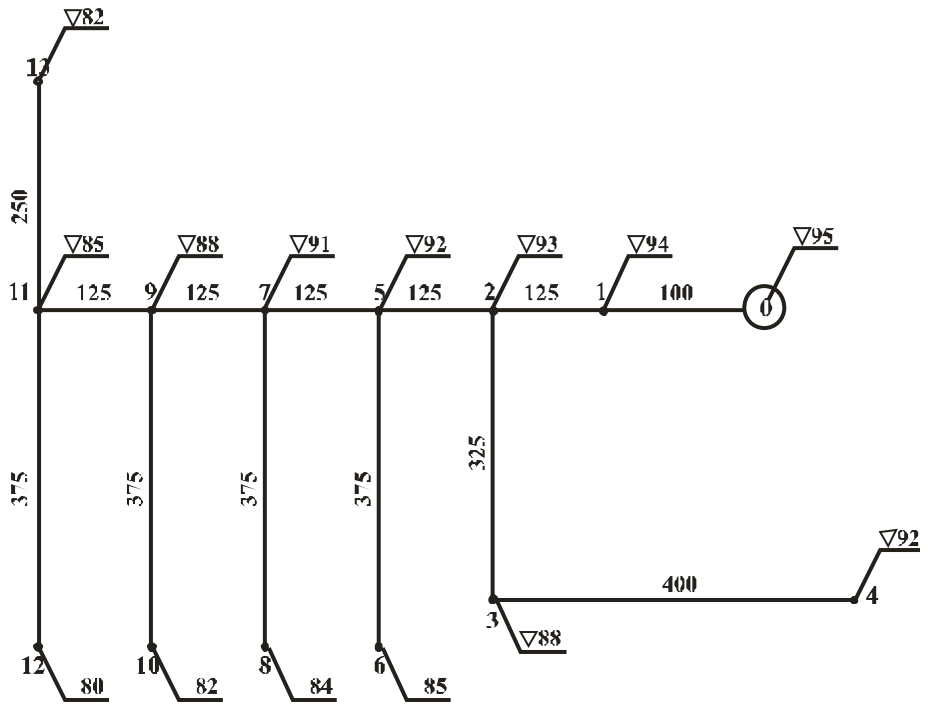


Рисунок 4. Геометрические параметры сети, нанесены:
длины участков, м
отметки тупиковых точек, м

Водопроводная сеть проектируется таким образом, чтобы обеспечить более или менее равномерную нагрузку на трубопроводы. Всех потребителей воды делят на сосредоточенных, которые локально требуют значительных расходов воды и распределенных по сети, которые более или менее равномерно потребляют воду по длине трубопровода. К распределенным потребителям обычно относят население и скот в личном пользовании, а также полив зеленых насаждений. При этом для упрощения гидравлического расчета сети полагают, что потребление воды распределенными потребителями пропорционально длине трубопровода, на котором они расположены.

Гидравлический расчет сети сводится к определению диаметра труб d на отдельных участках и высоты водонапорной башни H, при которых подача воды будет обеспечена всем потребителям в заданном количестве с минимальными экономическими затратами.

Заданные расходы воды можно подавать по трубам разного диаметра. При малых диаметрах труб уменьшаются строительные затраты, но возрастают эксплуатационные затраты, связанные с потерями напора в трубопрово-

дах

$$h_1 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = AlQ^2 \ ;$$

Анализ показывает, что для каждого расхода в трубе Q можно выбрать такой диаметр трубы d, при котором сумма строительных и эксплуатационных затрат будет минимальной. Такой результат получается, если принять скорость движения воды в трубах равной экономически эффективной скорости, которую для средних условий строительства можно принять равной.

$$V = 1 \ м/с$$

Тогда, используя уравнение расхода

$$Q_{ij} = V_{ij} \cdot \omega_{ij} \ ; \ \omega_{ij} = \frac{\pi \cdot d_{ij}^2}{4} \ ,$$

получим

$$d_{ij} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{ij} \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot V}}$$

Окончательно принимают ближайшее большее стандартное значение диаметра трубы. При этом следует иметь в виду, что для наружной водопроводной сети не допускается применение труб диаметром менее 100 мм при любых расчетных расходах.

Таким образом, каждому расходу соответствует определенный диаметр трубопровода водопроводной сети, т.е. диаметры труб принимаются по расходу.

Общие потери напора в трубопроводах:

$$h_{пот} = h_l + \sum_{i=1}^{n} h_м^i$$

где h_l – потери напора по длине трубопровода; $\sum_{i=1}^{n} h_м^i$ - сумме потерь на всех местных сопротивлениях.

При расчете водопроводных сетей учет местных потерь напора приводит к неоправданному усложнению гидравлического расчета. Поэтому местными потерями напора пренебрегают, полагая трубопроводы гидравлически

длинными. И определения потерь напора, используют основную водопроводную формулу

$$h_{пот} = A_{ij} \cdot I_{ij} \cdot Q_{ij}^2$$

где A_{ij} – удельное сопротивление трубопровода, зависящее от диаметра трубы и её материала и определяемое по водопроводным таблицам;

l_{ij} – длина трубопровода;

Q_{ij} – расход воды в трубопроводе.

Для подачи воды потребителям в различные тупиковые точки сети требуются различные напоры в начале сети при выбранных диаметрах труб. В общем случае для подачи заданного расхода в произвольную точку сети требуется напор в начале сети:

$$H_б^i = (\Delta_i - \Delta_б) + h_{пот}^{0-i} + H_{св}^i$$

где $h_{пот}^{0-i}$ – потери напора в трубах до i – й точки сети по кратчайшему расстоянию от водонапорной башни; $H_{св}^i$ – свободный напор в i – й точке сети, обеспечивающей нормальную работу водоразборной арматуры.

Свободный напор $H_{св}$ – напор, воды в i – й точке сети, отсчитываемый от поверхности земли; зависит от этажности здания, технологического процесса, вида водоразборной арматуры и её назначения. Так, для жилых зданий в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения

$$H_{св} = 10 + 4(n-1)м$$

где n – число этажей. Принимая двухэтажную застройку $(n = 2)$, получим

$$H_{св} = 10 + 4(2-1) = 14м$$

Для вычисления высоты водонапорной башни $H_б$ определяют необходимый напор в начале сети для всех её точек.

За высоту водонапорной башни принимают максимальную величину этого напора $\left(H_б^i\right)_{мак}$. Точка сети, для которой высота водонапорной башни получается максимальной, называется диктующей. Обычно диктующая точка наиболее удалена от водонапорной башни или в ней необходимо создать зна-

чительный свободный напор $H_{св}$. Высота водонапорной башни обычно определяется относительно дна бака, т.к. уровень воды в баке может постоянно изменяется.

Определение диаметров труб водопроводной сети и потерь напора в трубах требует знания расходов воды на отдельных участках. Наличие распределенных потребителей приводит к изменению расхода по длине отдельных участков. Естественно, что на таких участках не могут прокладываться трубы переменного по длине диаметра. Поэтому, на таких участках вводится понятие «расчетного» расхода, по которому определяется диаметр трубы и потери напора в ней

$$Q_{рас} = Q_{тр} + 0{,}5 \cdot Q_{пут}$$

Расчетный расход $Q_{РАСЧ}$ является как бы средним расходом на данном участке водопроводной сети.

В результате все путевые отборы исчезают и остаются только узловые.

Расчет водопроводной сети ведется на час максимального водоразбора (таблица 3, время с 19 до 20 часов).

Для определения путевых и транзитных расходов на отдельных участках поступаем следующим образом:

Наносим на сеть сосредоточенные расходы в час максимального водоразбора (молочный завод, ферма и т.д.).

$Q_{жив.} = 10{,}54\, л/с$

$Q_{пром.} = 7{,}81\, л/с$

$Q_{прач.} = 0{,}98\, л/с$

$Q_{соср.} = 19{,}33\, л/с$

Путевые расходы на отдельных участках распределяем пропорционально соответствующим длинам труб, вдоль которых находятся распределенные потребители. Для их определения находим погонный (удельный) расход, то есть расход с 1 метра трубопровода.

$$q_{уд} = \frac{Q_{распр}}{\sum l_{ij}} = \frac{30,239}{2850} = 0,01061 л/с$$

$$Q_{распр} = Q_{сек.\max} - \sum Q_{соср.} = 49,57 - 19,331 = 30,239 л/с$$

$$Q_{соср.} = Q_{прач.} + Q_{мол.завод.} + Q_{ферма} = 0,978 + 7,814 + 10,539 = 19,331 л/с$$

где Σl_{ij} – сумма длин участков, на которых есть распределенные потребители.

Далее находим путевые отборы на каждом участке сети (рисунок 5):

$$Q_{ПУТ}^{ij} = q_{уд.} \cdot l_{ij}$$

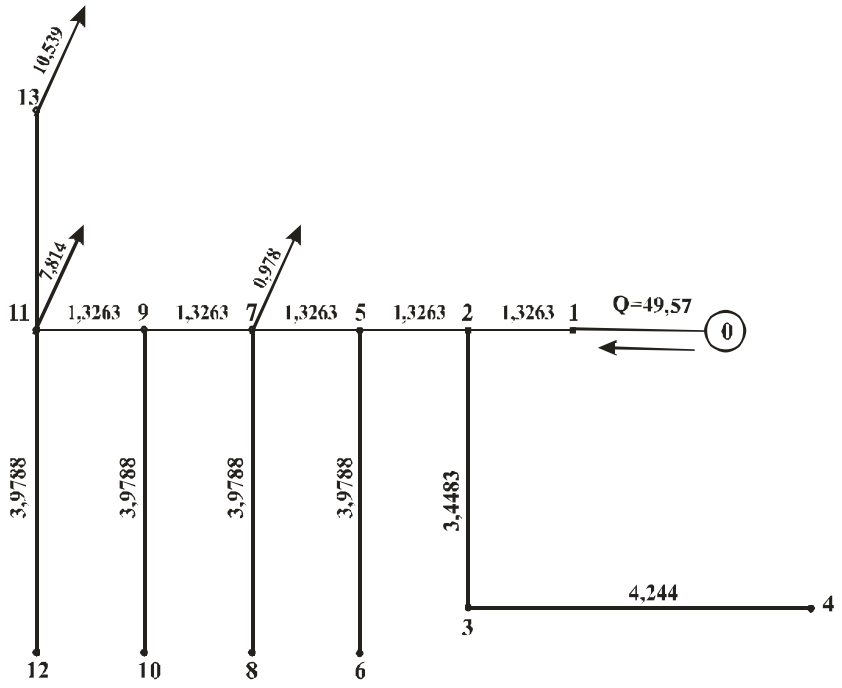


Рисунок 5. Распределение путевых отборов по участкам сети, значения приведены в л/с

Используя метод узловых отборов, переводим путевые отборы в узловые (рисунок 6) и (рисунок 7) определяем расчетные расходы на каждом участке сети.

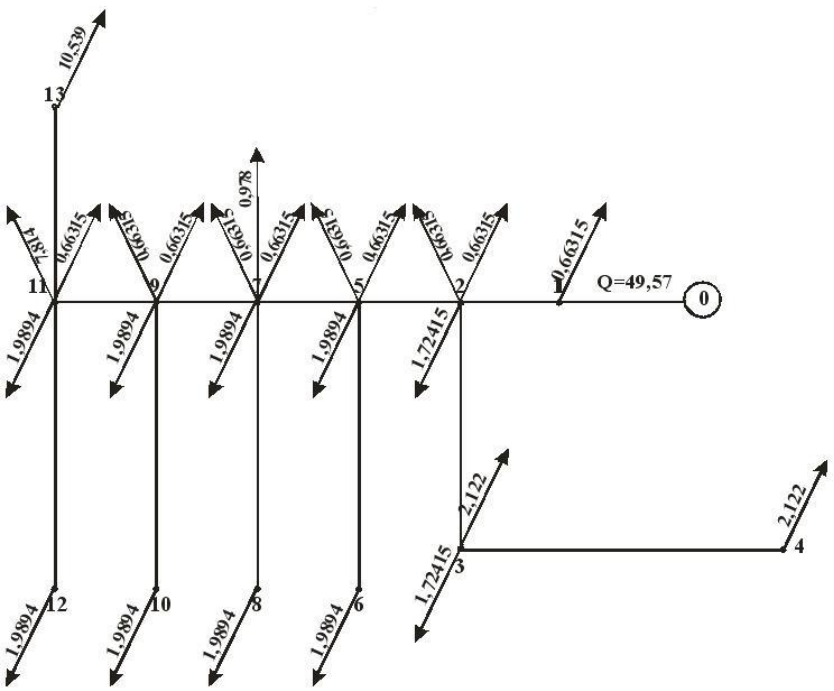


Рисунок 6. Определение расходов в узловых и тупиковых точках по способу узловых отборов, значения приведены в л/с

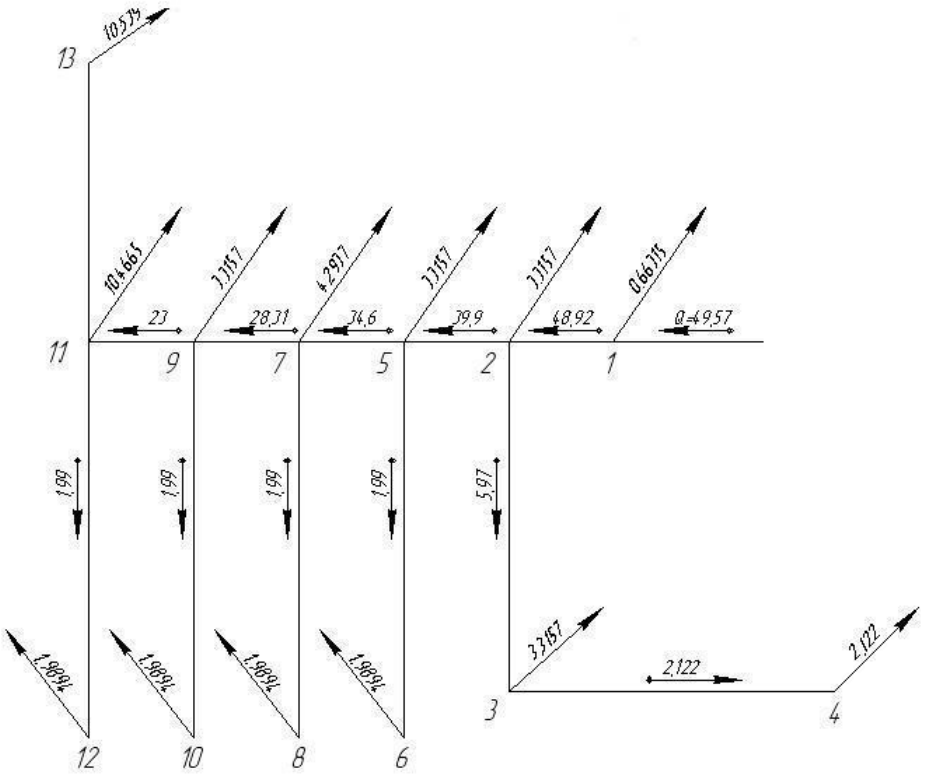


Рисунок 7. схема узловых отборов и расчетных расходов на участках сети, значения приведены в л/с

Далее определяем потери напора на каждом участке, предварительно найдя соответствующие диаметры труб. Результаты сводим в таблицу 5.

Таблица 5

Расчет потери напора на участках

№ участка	Длина l, м	Расход $Q_{расч.}$, $л/с$	Диаметр d, мм	Удельное сопротивление, А	Потери напора $h_{пот}$, м
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
0-1	100,0	49,57	300	0,914	0,225
1-2	125,0	48,9	300	0,914	0,273
2-3	325,0	5,97	100	187,700	2,173
3-4	400,0	2,1220	100	187,700	0,338
2-5	125,0	39,9	250	2,227	0,443
5-6	375,0	1,99	100	187,700	0,279
5-7	125,0	34,6	250	2,227	0,333
7-8	375,0	2,97	100	187,700	0,620
7-9	125,0	28,30	200	6,898	0,690
9-10	375,0	1,99	100	187,700	0,279
9-11	125,0	23	200	6,898	0,456
11-12	375,0	1,99	100	187,700	0,279
11-13	250,0	10,54	200	6,898	0,192

Затем определяем высоту водонапорной башни для каждой точки сети. Результаты сводим в таблицу 6.

Таблица 6

Расчет высоты водонапорной башни

№ узла	Отметка поверхности земли в узлах	Разность отметок Δ_i,м	Свободный напор в узле $H_{св}$, м	Сумма потерь напора от узла до башни	Высота ВБ $H_Б^i$, м	Примечание
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	94	-1	14	0,225	13,23	
2	93	-2,0	14	0,498	12,5	
3	88	-7,0	14	2,671	9,67	
4	92	-3,0	14	3,009	14,01	Диктующая точка
5	92	-3,0	14	0,941	11,94	
6	85	-10,0	14	1,22	5,22	
7	91	-11,0	14	1,274	4,27	
8	84	-11,0	14	1,894	4,89	
9	88	-7,0	14	1,964	8,96	
10	82	-13,0	14	2,243	3,24	
11	85	-10,0	14	2,42	6,42	
12	80	-15,0	14	2,699	1,7	
13	82	-13,0	14	3,212	4,21	

Все найденные значения наносим на гидравлическую схему сети (рису-

нок 8).

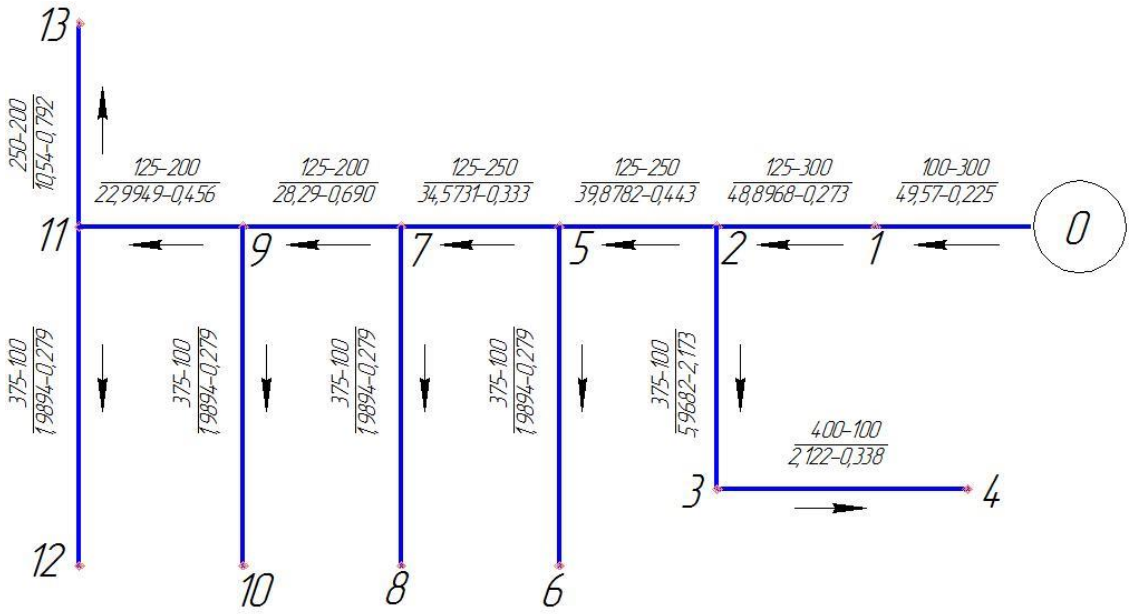


Рисунок 8 Гидравлическая схема сети $\left(\frac{l-d}{Q-h}\right)$,($l$ – м; d – мм; Q – л/с; h – м)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

а) основная

1. Павлинова, И.И. Водоснабжение и водоотведение: учебник для студ. вузов по спец. «Водоснабжение и водоотведение», для бакалавров / И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И.Г. Губий. – М.: Юрайт, 2012. – 472 с.

б) дополнительная

2. Сомов, М. А. Водоснабжение: учебник / М. А. Сомов, Л.А. Квитка. – М.: ИНФРА–М, 2007. – 288 с.

3. Водоотведение учебник / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев, В.П. Саломеев, Е.А. Пугачёв. – М.: Инфра–М, 2007. – 415 с.

4. Журба, М.Г. Водоснабжение: проектирование систем и сооружений: учебное пособие в 3 т. / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – М.: Издательство АСВ, 2003 – 2004.

Т. 1: Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения. – 2003 – 288 с.

Т. 3: Системы распределения и подачи воды. – 2004 – 256 с.

5. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ. пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2007. – 336 с.

6. Оводова, Н.В. Расчеты проектирования сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения : учеб. пособие для с.–х. вузов по спец. «Вод. хоз–во и мелиорация» / Н.В. Оводова. – М.: Колос, 1995. – 256 с.

Учебное издание

Составители:

Миркина Елена Николаевна

Горбачева Мария Петровна

ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Учебно–методическое пособие
по изучению дисциплины «Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики»и задания по выполнению курсовой работы
для студентов по направлению подготовки «Строительство

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»
410012, Саратов, Театральная пл., 1