

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Экология и рациональное использование
водных ресурсов»**

В. Л. ГРУЗИНОВА

ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

Учебно-методическое пособие

Гомель 2015

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Экология и рациональное использование
водных ресурсов»

В. Л. ГРУЗИНОВА

ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

*Одобрено учебно-методической комиссией
строительного факультета в качестве учебно-методического
пособия по выполнению курсового проекта
«Водопроводные сети населенного пункта»*

Гомель 2015

УДК 696.11
ББК 38.761
Г90

Рецензент – главный специалист отдела санитарно-технических сетей и систем *И. И. Мацко* (ОАО «Институт Гомельгражданпроект»)

Грузинова, В. Л.

Г90 Водопроводные сети населенного пункта : учеб.-метод. пособие / В. Л. Грузинова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 39 с.
ISBN 978-985-554-414-3

Приведен порядок расчета расходов воды на нужды населенного пункта, гидравлический расчет сети, размеров бака водонапорной башни и резервуара чистой воды, даны теоретические сведения и основные справочные данные, необходимые для выполнения курсового проекта на тему «Водопроводные сети населенного пункта».

Предназначено для студентов специальности 1-70 04 03.

УДК 696.11
ББК 38.761

ISBN 978-985-554-414-3

© Грузинова В. Л., 2015
© Оформление. УО «БелГУТ», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА | 4 |
| 1.1 План расчетно-пояснительной записки | 4 |
| 1.2 Объем графической части..... | 5 |
| 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ | 5 |
| 3 ГРАФИКИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ..... | 12 |
| 4 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ | 15 |
| 4.1 Гидравлический расчет кольцевой сети | 15 |
| 4.2 Гидравлический расчет водопроводной сети на случай пожара | 26 |
| 4.3 Расчет водоводов и тупиков | 29 |
| 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ БАКА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ | 30 |
| 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ СТВОЛА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ..... | 33 |
| 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ РЕЗЕРВУА- РА ЧИСТОЙ ВОДЫ..... | 34 |
| 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНЫХ НАПОРОВ В УЗЛОВЫХ ТОЧКАХ СЕТИ ... | 37 |
| 8.1 Построение пьезометрических линий при максимальном водопотребле- нии | 37 |
| 8.2 Построение пьезометрических линий при максимальном водопотребле- нии и пожаре..... | 38 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 39 |

ВВЕДЕНИЕ

В системах водоснабжения элементом с наибольшей стоимостью (до 60 %) являются водопроводные сети. Поэтому экономические показатели всей системы в значительной степени зависят от выбора оптимальных решений при проектировании водопроводных сетей. Перед проектировщиками ставится задача поиска рационального потокораспределения и оптимальных диаметров труб на расчетных участках водопроводной сети, с тем чтобы получить минимальную приведенную стоимость сооружений: насосные станции – водоводы – напорные сооружения – сеть. Вместе с тем должны быть обеспечены необходимые минимальные свободные напоры, кольцевая водопроводная сеть должна быть увязана, предусмотрена взаимозаменяемость отдельных участков сети.

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Водопроводные сети» способствует получению студентом навыков расчета и проектирования водопроводных систем и сооружений на них на основе теоретических знаний, полученных за время обучения. В ходе выполнения курсового проекта студент применяет знания, полученные при изучении курсов гидравлики, инженерной геологии, геодезии, гидрологии, строительных материалов, насосных и воздуходувных станций.

1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Для выполнения курсового проекта по дисциплине «Водопроводные сети» студенту выдается генеральный план города в масштабе 1:10000 или 1:20000 и текст задания. Проект состоит из двух частей: расчетно-пояснительной записки и графической части.

1.1 План расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка должна включать в себя следующие разделы:

- исходные данные для проектирования;
- содержание;
- введение;
- краткая природно-климатическая характеристика района;
- определение расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения;
- определение расхода воды на поливку территорий;
- определение расходов воды на промышленных предприятиях;
- составление сводной таблицы и графиков водопотребления;
- гидравлический расчет сети на пропуск максимального расхода;
- гидравлический расчет водопроводной сети на случай пожара;
- расчет водоводов и тупиков;
- определение основных размеров бака водонапорной башни;
- определение высоты ствола водонапорной башни;
- определение объема и размеров резервуара чистой воды;
- определение свободных напоров в узловых точках сети и построение пьезометрических линий;
- заключение;
- список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка выполняется в объеме 30–35 страниц, на листах писчей бумаги формата А4.

1.2 Объем графической части

Графическая часть должна содержать:

- генплан города в масштабе 1:10000 или 1:20000, на котором необходимо указать местоположение водозаборного сооружения, насосной станции первого подъема, сооружений водоподготовки, резервуаров чистой воды, насосной станции второго подъема, водонапорной башни; водопроводную сеть, основные сооружения на сети; расставить диаметры и длины расчетных участков;
- детализовку одного из колец водопроводной сети, спецификацию материалов к ней;
- разрез сооружения по варианту (для четных номеров – водонапорной башни, для нечетных – резервуара чистой воды).

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ

Расчетный (средний за год) суточный расход воды ($Q_{сут.ср}$, м³/сут), на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяется по формуле

$$Q_{\text{сут.ср}} = k_n \sum q_{\text{ж}} N_{\text{ж}} / 1000, \quad (1)$$

где k_n – коэффициент, учитывающий расход воды на нужды учреждений, организаций и предприятий обслуживания населения, а также неучтенные расходы, принимается в пределах 1,1–1,2;

$q_{\text{ж}}$ – среднесуточная норма водопотребления на одного жителя, принимается по таблице 1, л/сут·чел;

$N_{\text{ж}}$ – расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью санитарно-технического оборудования зданий рассчитывается по формуле

$$N_{\text{ж}} = S\rho, \quad (2)$$

где S – площадь города, га;

ρ – плотность населения, чел./га.

Таблица 1 – Нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды

| Степень санитарно-технического оборудования жилых зданий | Норма водопотребления (среднесуточная за год) | |
|---|---|------------|
| | единица измерения | количество |
| 1 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн и душей | л/сут на одного жителя | 85 |
| 2 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и газоснабжением без ванн и душей | л/сут на одного жителя | 100 |
| 3 Жилая застройка зданиями, оборудованными водопроводом, канализацией, ваннами и водонагревателями, работающими на твердом топливе | л/сут на одного жителя | 115 |
| 4 То же, с газовыми водонагревателями | л/сут на одного жителя | 140 |
| 5 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией (умывальниками, мойками и душами) с централизованным горячим водоснабжением. В том числе: | л/сут на одного жителя | 180 |
| - холодной воды | | 95 |
| - горячей воды | | 85 |
| 6 То же, с ваннами, оборудованными душами. В том числе: | л/сут на одного жителя | 210 |
| - холодной воды | | 105 |
| - горячей воды | | 105 |
| 7 Жилая застройка зданиями без санитарно- | л/сут на | |

| | | |
|---|---------------|----|
| технического благоустройства, имеющими ввод водопровода | одного жителя | 50 |
|---|---------------|----|

Окончание таблицы 1

| Степень санитарно-технического оборудования жилых зданий | Норма водопотребления (среднесуточная за год) | |
|---|---|------------|
| | единица измерения | количество |
| 8 Жилая застройка, снабжающаяся водой из водоразборных колонок | л/сут на одного жителя | 30 |
| 9 Промышленные предприятия - цеха с тепловыделениями свыше 80 кДж на 1 м ³ /ч - остальные цеха | л/сут на одного человек | 45 |
| | в смену то же | 25 |

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего ($Q_{сут. max}$) и наименьшего ($Q_{сут. min}$), м³/сут, водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды определяют по формулам

$$Q_{сут. max} = K_{сут. max} Q_{сут. ср.}; \quad (3)$$

$$Q_{сут. min} = K_{сут. min} Q_{сут. ср.}, \quad (4)$$

где $K_{сут. max}$, $K_{сут. min}$ – максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, которые учитывают уклад жизни людей, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели ($K_{сут. max} = 1,1 \dots 1,3$ и $K_{сут. min} = 0,7 \dots 0,9$).

Максимальный и минимальный часовые расходы воды населением ($Q_{ч. max}$) и ($Q_{ч. min}$), м³/ч, определяются по формулам

$$Q_{ч. max} = \frac{K_{ч. max} Q_{сут. max}}{24}; \quad (5)$$

$$Q_{ч. min} = \frac{K_{ч. min} Q_{сут. min}}{24}. \quad (6)$$

Коэффициенты часовой неравномерности водопотребления – максимальный ($K_{ч. max}$) и минимальный ($K_{ч. min}$) – определяют по формулам

$$K_{ч. \max} = \alpha_{\max} \beta_{\max}; \quad (7)$$

$$K_{ч. \min} = \alpha_{\min} \beta_{\min}, \quad (8)$$

где α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия; $\alpha_{\max} = 1,2 \dots 1,4$; $\alpha_{\min} = 0,4 \dots 0,6$;

β – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимается по таблице 2.

Расход воды на поливку и мойку территории ($Q_{п}$), м³/сут, определяется по формуле

$$Q_{п} = 10 \cdot \Sigma F_{п} q_{п}, \quad (9)$$

где $F_{п}$ – поливаемая площадь определенного вида, принимается по данным генерального плана населенного пункта, м²;

$q_{п}$ – норма расхода воды, л/м², принимаемая по таблице 3 в зависимости от вида поливаемых территорий.

Таблица 2 – Значения общего коэффициента неравномерности

| Число жителей в населенном пункте, тыс. чел. | До 0,1 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,50 | 0,75 | 1,0 | 1,5 |
|--|--------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| β_{\max} | 4,5 | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 1,8 |
| β_{\min} | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,1 | 0,1 |

Окончание таблицы 2

| Число жителей в населенном пункте, тыс. чел. | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 20 | 50 | 100 | 300 | 1000 и более |
|--|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|------|--------------|
| β_{\max} | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,05 | 1,0 |
| β_{\min} | 0,1 | 0,2 | 0,25 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,85 | 1,0 |

Таблица 3 – Нормы расхода воды на мойку покрытий территорий и поливку в населенных местах и предприятиях

| Наименование | Норма расхода воды | |
|--|-------------------------|------------|
| | единица измерения | количество |
| 1 Механизированная мойка усовершенствованных проездов и площадей | л/сут на м ² | 1,2 |
| 2 Механизированная поливка усовершенствованных проездов и площадей | л/сут на м ² | 0,3 |
| 3 Поливка вручную (из шлангов) | л/сут на м ² | 0,4 |

| | | |
|---|-------------------------|---|
| усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов | | |
| 4 Поливка городских зеленых насаждений | л/сут на м ² | 3 |
| 5 Поливка газонов и цветников | л/сут на м ² | 5 |

Окончание таблицы 3

| Наименование | Норма расхода воды | |
|--|-------------------------|---------------|
| | единица измерения | количество |
| 6 Поливка посадок в грунтовых зимних теплицах | л/сут на м ² | 15 |
| 7 Поливка посадок в стеллажных зимних и грунтовых весенних теплицах, парниках всех типов и утепленном грунте | л/сут на м ² | 6 |
| 8 Поливка приусадебных участков | л/сут на м ² | 4 |
| 9 Поливка посадок на приусадебных участках: – овощных культур – плодовых деревьев | л/сут на м ² | 3–15 10–15 |
| 10 Поливка травяного покрова: – футбольного поля – остальных спортивных сооружений | л/сут на м ² | 3 0,5 |
| 11 Заливка поверхности катка | л/сут на м ² | 0,5 |

При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства (зеленые насаждения, проезды и т. п.) удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление воды на поливку в расчете на одного жителя следует принимать не более 70 л/сут в зависимости от мощности водозаборных сооружений, степени благоустройства населенных пунктов и других местных условий.

При отсутствии данных по поливаемым площадям расход воды на поливку территорий определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{q_{\text{пж}} N_{\text{ж}}}{1000}, \quad (10)$$

где $q_{\text{пж}}$ – норма полива из расчета на одного жителя, принимаемая по таблице 3, л/сут.

Количество и режим поливок в течение суток желательно устанавливать с таким расчетом, чтобы их часы не совпадали с часами максимального расходования воды по объекту в целом. Продолжительность поливки рекомендуется принимать от 4 до 6 часов в сутки (утром с 4 до 7 часов и вечером с 19 до 22 часов). Поливка производится равномерно в течение суток.

Расход воды в смену на отдельном предприятии на хозяйственно-питьевые нужды, м³/смену, определяется по формуле

$$Q_{\text{пр}} = \frac{q_x N_x}{1000} + \frac{q_r N_r}{1000} + \frac{q_d N_d}{1000}, \quad (11)$$

где q_x – норма расхода воды на одного человека в смену, работающего в холодном цеху, л/смену на человека; принимается по таблице 1;

q_r – норма расхода воды на одного человека в смену, работающего в горячем цеху, л/смену на человека; принимается по таблице 1;

q_d – норма расхода воды на одну душевую сетку в течение принятого времени работы по окончании смены, л/смену на 1 душевую сетку;

N_x – количество рабочих в холодных цехах в смену, чел;

N_r – количество рабочих в горячих цехах в смену, чел;

N_d – количество душевых сеток, используемых в течение смены; определяется по соотношению количества рабочих в горячем цеху в смену к количеству рабочих, пользующихся по окончании смены одной душевой сеткой:

$$N_d = \frac{N_r}{N_1}, \quad (12)$$

где N_1 – количество человек на одну душевую сетку, определяется в зависимости от группы производственного процесса по таблице 4.

Часовой расход воды на одну душевую сетку на промышленных предприятиях следует принимать не более 500 л, а продолжительность пользования душем после окончания каждой смены – 45 минут. Следовательно, норма расхода воды на одну душевую сетку составит

$$q_d = \frac{500 \cdot 45}{60} = 375 \text{ л.} \quad (13)$$

Таблица 4 – Количество человек на душевую сетку

| Группа производственных процессов | Санитарная характеристика производственных процессов | Расчетное число человек | |
|-----------------------------------|--|-------------------------|-----------|
| | | на 1 душевую сетку | на 1 кран |
| 1 | Производственные процессы с незначительными избытками явного тепла и пыли, вызывающие загрязнение веществами III и IV классов опасности: | | |
| 1а | – только рук | 25 | 7 |
| 1б | – тела и спецодежды | 15 | 10 |

| | | | |
|----|--|---|----|
| 1в | – тела и спецодежды, удаляемое с применением специальных моющих средств | 5 | 20 |
| 2 | Производственные процессы, протекающие при значительных избытках явного тепла или выделений влаги, а также при неблагоприятных метеорологических условиях: | | |

Окончание таблицы 4

| Группа производственных процессов | Санитарная характеристика производственных процессов | Расчетное число человек | |
|-----------------------------------|--|-------------------------|-----------|
| | | на 1 душевую сетку | на 1 кран |
| 2а | – при избытках явного конвекционного тепла | 7 | 20 |
| 2б | – при избытках явного лучистого тепла | 3 | 20 |
| 2в | – связанные с воздействием влаги, вызывающей намокание спецодежды | 5 | 20 |
| 2г | – при температуре воздуха до 10 °С, включая работы на открытом воздухе | 5 | 20 |
| 3 | Производственные процессы с резко выраженными вредными факторами, вызывающие загрязнение веществами I и II классов опасности, а также веществами, обладающими стойким запахом: | | |
| 3а | – только рук | 7 | 10 |
| 3б | – тела и спецодежды | 3 | 10 |

Максимальные часовые расходы воды на промышленных предприятиях, м³/ч, определяется по формулам

$$Q_x = \frac{q_x N_x K_x}{T \cdot 1000}; \quad (14)$$

$$Q_r = \frac{q_r N_r K_r}{T \cdot 1000}, \quad (15)$$

где K_x , K_r – коэффициенты часовой неравномерности водопотребления соответственно для холодных цехов и горячих цехов; принимают равными 2,5 для цехов с тепловыделением более 80 кДж на 1 м³/ч и 3 – для остальных цехов;

T – продолжительность смены, равная 8 ч.

Расходы на промышленных предприятиях сводят в таблицу 5.

Таблица 5 – Расходы воды промышленным предприятием

| | |
|--|---------------------------------|
| | Номер промышленного предприятия |
|--|---------------------------------|

| Показатель | 1-я смена | <i>i</i> -я смена | Сумма показателя по предприятию |
|--|-----------|-------------------|---------------------------------|
| Количество рабочих в горячих цехах | | | |
| Расход воды в горячих цехах: Q_g , м ³ /смену $Q_{г.ч}$, м ³ /ч $q_{г. \max}$ с, л/с | | | |

Окончание таблицы 5

| Показатель | Номер промышленного предприятия | | |
|---|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| | 1-я смена | <i>i</i> -я смена | Сумма показателя по предприятию |
| Количество рабочих в холодных цехах | | | |
| Расход воды в холодных цехах: Q_x , м ³ /смену $Q_{х.ч}$, м ³ /ч $q_{х. \max}$ с, л/с | | | |
| Количество душевых сеток | | | |
| Расход воды на душевые сетки: Q_d , м ³ /смену $q_{д. \max}$ с, л/с | | | |

3 ГРАФИКИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Основанием для составления графика почасового водопотребления должны быть подсчитанные расходы воды по различным категориям водопотребителей.

Графики потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих на производстве должны составляться с учетом длительности смен, характера производства, наличия и длительности перерывов и других обстоятельств. Максимальный расход воды следует принимать в течение 30 минут после смены. Ориентировочно расходование воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды на промышленных предприятиях можно принимать, пользуясь таблицей 6.

Таблица 6 – Примерное распределение расходов воды по часам смены на хозяйственно-питьевые нужды предприятия

| Часы суток | Распределение расхода воды по часам смены, % | |
|------------|--|------------------|
| | в горячих цехах | в холодных цехах |
| 0–1 | 12,5 | 12,5 |
| 1–2 | 7,5 | 6,2 |
| 2–3 | 7,5 | 6,2 |
| 3–4 | 7,5 | 6,2 |
| 4–5 | 18,75 | 18,75 |

| | | |
|-----|-------|------|
| 5–6 | 7,5 | 6,2 |
| 6–7 | 7,5 | 6,2 |
| 7–8 | 31,25 | 37,5 |

Для составления графика расходования воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды населения городов могут быть использованы данные таблицы 7, представляющие собой близкие к реальным показатели расходования воды для этих целей. При использовании данных, приведенных в таблице 7, следует учитывать, что расходы воды в часы максимального и минимального водопотребления должны соответствовать расчетным данным, полученным по формулам. В противном случае следует принять другой график почасового водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды населения города, приведя расчетное водопотребление по часам суток в соответствие с расходом воды в часы максимального и минимального водопотребления.

Таблица 7 – Примерное распределение расходов воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды населения

| Часы суток | Коэффициент общей максимальной неравномерности $K_{gen\ max}$ | | | | | | | | |
|--------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2,5 | 2,0 | 1,7 | 1,5 | 1,45 | 1,4 | 1,35 | 1,3 | 1,25 |
| 0–1 | 0,6 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,2 | 3,35 |
| 1–2 | 0,6 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,1 | 2,65 | 3,2 | 3,1 | 3,25 |
| 2–3 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,85 | 2,2 | 2,5 | 3,2 | 3,3 |
| 3–4 | 1,9 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,9 | 2,25 | 2,6 | 3,2 | 3,2 |
| 4–5 | 3,5 | 3,0 | 2,0 | 2,5 | 2,85 | 3,2 | 3,5 | 3,2 | 3,25 |
| 5–6 | 3,5 | 5,5 | 3,0 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 4,1 | 3,4 | 3,4 |
| 6–7 | 4,5 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 3,8 | 3,85 |
| 7–8 | 10,2 | 5,5 | 6,5 | 5,5 | 5,3 | 5,1 | 4,9 | 4,6 | 4,45 |
| 8–9 | 8,8 | 3,5 | 6,5 | 6,25 | 5,8 | 5,35 | 4,9 | 5,4 | 5,2 |
| 9–10 | 6,5 | 3,5 | 5,5 | 6,25 | 6,05 | 5,85 | 5,6 | 5,0 | 5,05 |
| 10–11 | 4,1 | 6,0 | 4,5 | 6,25 | 5,8 | 5,35 | 4,9 | 4,8 | 4,85 |
| 11–12 | 4,1 | 8,5 | 5,5 | 6,25 | 5,7 | 5,25 | 4,7 | 4,6 | 4,6 |
| 12–13 | 3,5 | 8,5 | 7,0 | 5,0 | 4,8 | 4,6 | 4,4 | 4,5 | 4,6 |
| 13–14 | 3,5 | 6,0 | 7,0 | 5,0 | 4,7 | 4,4 | 4,1 | 4,4 | 4,55 |
| 14–15 | 2,0 | 4,7 | 5,5 | 5,5 | 5,05 | 4,6 | 4,1 | 4,6 | 4,75 |
| 15–16 | 6,2 | 5,3 | 4,5 | 6,0 | 5,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,7 |
| 16–17 | 10,4 | 3,5 | 5,0 | 6,0 | 5,45 | 4,9 | 4,3 | 4,4 | 4,65 |
| 17–18 | 9,4 | 3,5 | 6,5 | 5,5 | 5,05 | 4,8 | 4,1 | 4,3 | 4,35 |
| 18–19 | 7,3 | 6,0 | 6,5 | 5,0 | 4,85 | 4,7 | 4,5 | 4,4 | 4,4 |
| 19–20 | 5,1 | 6,0 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,3 |
| 20–21 | 1,6 | 6,0 | 4,5 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,3 |
| 21–22 | 1,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,6 | 4,2 | 4,8 | 4,8 | 4,2 |
| 22–23 | 0,6 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,85 | 3,7 | 4,6 | 4,6 | 3,75 |
| 23–24 | 0,6 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 2,1 | 2,7 | 3,3 | 3,3 | 3,7 |
| Итого | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Все расчеты по определению часовых расходов воды сводятся в таблицу 8, по которой затем вычерчивается график часового водопотребления (рисунки 1, 2) в натуральных показателях, м³, или в процентах от суточного водопотребления (по часам суток).

По таблице 8 находят час наибольшего водопотребления, по расходу которого определяют расчетные секундные расходы воды в сети:

– максимальный

$$q_{\max.с} = Q_{\max.ч}/3,6; \quad (16)$$

– сосредоточенный

$$q_{\text{соср}} = Q_{\text{ч.соср}}/3,6; \quad (17)$$

– путевой в сети (разность общего и сосредоточенного расходов в час наибольшего водопотребления)

$$q_{\text{пут}} = (Q_{\max.ч} - Q_{\text{ч.соср}})/3,6. \quad (18)$$

Таблица 8 – Распределение расходов воды по часам суток

| Часы суток | Расход воды населением | | Расход воды на поливку | | Расход воды на промышленном предприятии | | | | | | Общий расход воды | | Ордината интегрирования, % | |
|--------------|--------------------------|---------------------|------------------------|-------------------|---|-------------------|------------------|-------------------|-----------|-------------------|----------------------|-----|----------------------------|-----|
| | % от $Q_{\text{сут.ср}}$ | м ³ /ч | % от $Q_{\text{п}}$ | м ³ /ч | в горячих цехах | | в холодных цехах | | в душевых | | | | | |
| | | | | | % | м ³ /ч | % | м ³ /ч | % | м ³ /ч | м ³ /ч | % | | |
| 0–1 | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | | | | | | |
| 23–24 | | | | | | | | | | | | | | 100 |
| Итого | 100 | $Q_{\text{сут.ср}}$ | 100 | $Q_{\text{п}}$ | 300 | ∇ | 300 | ∇ | 300 | ∇ | $Q'_{\text{сут.ср}}$ | 100 | | |

Примечание – В колонках с символом «∇» указать сумму значений (так же в последующих таблицах).

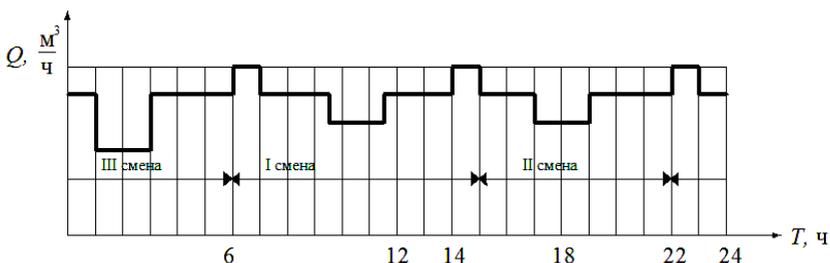


Рисунок 1 – График суточного производственного водопотребления

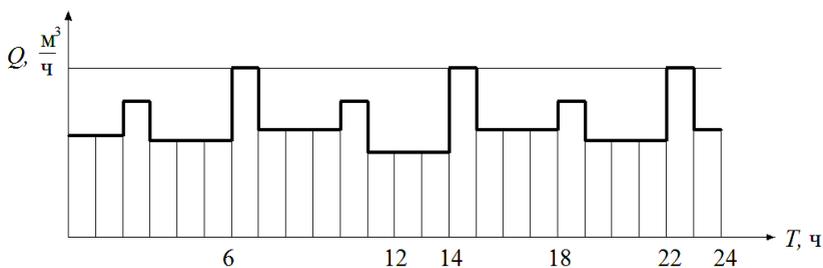


Рисунок 2 – График суточного потребления питьевой воды

Контроль расчетов

$$q_{\max,с} = q_{\text{пут}} + q_{\text{сопр.}} \quad (19)$$

4 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ

Прежде чем приступить к гидравлическому расчету, необходимо произвести трассировку сети на генплане населенного пункта, нанести кольцевые и тупиковые участки водопроводной сети.

4.1 Гидравлический расчет кольцевой сети

Цель расчета – определение экономически наиболее выгодных диаметров труб и потерь напора в трубопроводе. Экономически выгодным является такой диаметр труб, при котором приведенные затраты на строительство и эксплуатацию трубопровода будут минимальными. Минимальный диаметр трубопровода, объединенного с противопожарным, должен быть не менее 100 мм.

Воду из магистральной водопроводной сети потребляют в местах подключения распределительных линий, домовых ответвлений и крупных потребителей, а также в точках установки пожарных гидрантов и водоразборных колонок. Количество воды, поступающей к потребителю через каждый ввод, зависит от многих факторов (числа жителей, образа их жизни и т. д.) и имеет значительные колебания в течение суток. Поэтому картина отбора воды из сети весьма сложна и установить ее в полном объеме практически невозможно. Вместе с тем для практического расчета сети можно установить наиболее близкую к действительности схему отдачи воды сетью в отдельные периоды ее работы. На практике принимают условную схему водоотбора, предполагающую равномерную отдачу воды магистральной водопроводной сетью.

После трассировки магистральную водопроводную сеть делят на расчетные участки длиной не более 800 м. Участки разграничивают узлами, которые назначают во всех точках сети, где имеются сосредоточенные

расходы воды, а также во всех точках пересечения линий и изменения диаметра труб. Узлы нумеруют, начиная от водонапорной башни до диктующей точки, сначала по внешнему контуру, а затем по перемычке. После этого определяют удельный, путевой, узловый и расчетный расходы.

В расчетной схеме, состоящей из участков с транзитным расходом и участков с непрерывной водоотдачей, считается, что в каждом узле сети потребляется расход, состоящий из половины путевых расходов всех примыкающих к узлу участков, и сосредоточенного расхода

$$q_{уз} = q_{сопр} + 0,5 \cdot \sum q_{пут.i} \quad (20)$$

Путевой расход воды

$$q_{пут.i} = q_{уд} l_i \quad (21)$$

где $q_{уд}$ – удельный расход воды, л/с·м;

l_i – длина расчетного участка, м.

Удельный расход

$$q_{уд} = q_0 / \sum l, \quad (22)$$

где q_0 – расход воды в час наибольшего водопотребления, равномерно распределенный по длине сети, л/с, равен разности общего расхода и сосредоточенного;

$\sum l$ – длина всей магистральной сети, м.

При расчетах водопроводных сетей узловые отборы условно принимаются фиксированными, постоянными, не зависящими от изменения давления в сети. Путевые расходы воды на отдельных участках заменяют собой большое число мелких водоразборных точек (рисунок 3).

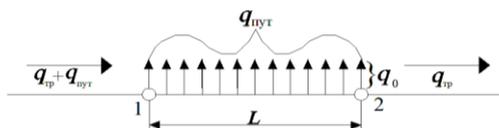


Рисунок 3 – Схема отбора воды из сети

Каждый участок сети, кроме путевого расхода, пропускает транзитный расход $q_{тр.}$, идущий для питания последующих участков. При этом расход воды в начале участка равен сумме путевого и транзитного расходов, а в конце участка – транзитному расходу (рисунок 4). Замена путевых расходов узловыми представлена на рисунке 5.



Рисунок 4 – Схема изменения расхода по трубопроводу

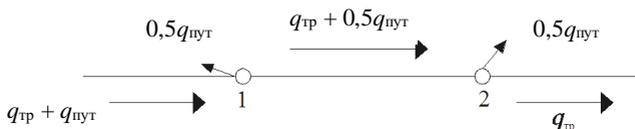


Рисунок 5 – Схема узловых расходов, заменяющих путевой расход
 Результаты расчетов путевых и узловых расходов сводят в таблицу 9.

Таблица 9 – Узловые и путевые расходы воды

| Узел | Участки сети, примыкающие к узлу | Длина участка, м | Расход, л/с | | Номер промышленного предприятия | Расход воды промышленным предприятием, л/с | Полный узловой расход, л/с |
|--------------|----------------------------------|------------------|-------------|---------|---------------------------------|--|----------------------------|
| | | | путевой | узловой | | | |
| ВБ | ВБ–1 | 800 | 5,4 | 2,7 | – | – | 2,7 |
| 1 | 1–ВБ | 800 | 5,4 | 4,8 | – | – | 4,8 |
| | 1–2 | 500 | 2,2 | | | | |
| | 1–17 | 400 | 2,0 | | | | |
| ... | | | | | | | |
| <i>Итого</i> | | γ | γ | γ | | γ | γ |

Вычисленные узловые и путевые расходы наносят на расчетную схему сети, показывая их стрелкой, выходящей из соответствующего узла, с указанием величины расхода в л/с. На этой же схеме в соответствующих точках отдельно указывают сосредоточенные расходы крупных водопотребителей и общий расход, подаваемый в сеть (рисунок 6).

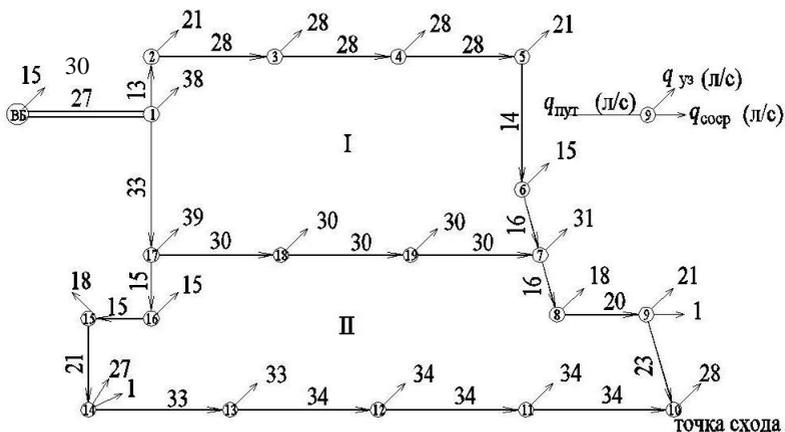


Рисунок 6 – Схема сети на пропуск максимального расхода

Начальное потокораспределение ведут в такой последовательности:

- назначают точку схода потоков, которую располагают в конце сети на наиболее удаленных и высоко расположенных отметках с наибольшими узловыми отборами. Диктующей точкой при размещении башни в начале сети может оказаться любая точка сети с наибольшей геодезической отметкой и наиболее удаленная от питателя (башни). В сети с контррезервуаром за диктующую принимают точку на границе питания сети от башни и от насосов, имеющую максимальную геодезическую отметку и свободный напор;

- намечают стрелками направление движения воды (основные пути снабжения водой от источника питания до диктующей точки);

- определяют расчетные расходы воды на каждом участке по основным путям, двигаясь в направлении, противоположном направлению движения воды, от точки схода к водонапорной башне;

- по расчетным расходам определяют диаметры участков сети по таблицам [2], предварительно выбрав материала труб. По таблицам [2] определяют также скорость движения воды, гидравлический уклон и рассчитывают потери напора на участке по формуле

$$h = il. \quad (23)$$

Определение расчетных расходов воды на каждом участке выполняют на основании данных рисунка 6. Расчет начинают от точки схода и ведут в сторону водонапорной башни в направлении, обратном направлению движения воды.

Пример определения расчетных расходов на участках. В точку 10 вода поступает по двум участкам 9–10 и 11–10. Следовательно, по каждому из этих участков протекает половина узлового расхода в точке 10:

$$q_{9-10} = q_{11-10} = 0,5q_{10} = 0,5 \cdot 28 = 14 \text{ л/с.} \quad (24)$$

По участку 12–11 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 11–10 и в узле 11:

$$q_{12-11} = q_{11-10} + q_{11} = 14 + 34 = 48 \text{ л/с.} \quad (25)$$

По участку 13–12 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 12–11 и в узле 12:

$$q_{13-12} = q_{12-11} + q_{12} = 48 + 34 = 82 \text{ л/с.} \quad (26)$$

По участку 14–13 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 13–12 и в узле 13:

$$q_{14-13} = q_{13-12} + q_{13} = 82 + 33 = 115 \text{ л/с.} \quad (27)$$

По участку 15–14 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 13–14 и в узле 14:

$$q_{15-14} = q_{13-14} + q_{14} = 115 + 27 + 1 = 143 \text{ л/с.} \quad (28)$$

По участку 16–15 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 15–14 и в узле 15:

$$q_{16-15} = q_{15-14} + q_{15} = 143 + 18 = 161 \text{ л/с.} \quad (29)$$

По участку 17–16 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 16–15 и в узле 16:

$$q_{17-16} = q_{16-15} + q_{16} = 161 + 15 = 176 \text{ л/с.} \quad (30)$$

Узел 17 снабжает водой два участка 17–18 и 17–16, т. е. расчетный расход на участке 1–17 будет складываться из расхода на участке 17–18, расхода на участке 17–16 и расхода в узле 17:

$$q_{1-17} = q_{17-18} + q_{17-16} + q_{17}. \quad (31)$$

В данном случае неизвестным является расход на участке 17–18,

который необходимо определить, двигаясь от точки схода по направлению 10–9–8–19–18–17. По участку 8–9 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 9–10 и в узле 9:

$$q_{8-9} = q_{9-10} + q_9 = 14 + 21 + 1 = 36 \text{ л/с.} \quad (32)$$

По участку 7–8 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 8–9 и в узле 8:

$$q_{7-8} = q_{8-9} + q_8 = 36 + 18 = 54 \text{ л/с.} \quad (33)$$

Вода на участок 7–8 поступает по двум направлениям: 19–7 и 6–7. Следовательно, по каждому из этих участков будет протекать половина расхода на участке 7–8 и половина расхода в узле 7:

$$q_{19-7} = q_{6-7} = (q_{7-8} + q_7)/2 = (54 + 31)/2 = 43 \text{ л/с.} \quad (34)$$

По участку 18–19 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 19–7 и в узле 19:

$$q_{18-19} = q_{19-7} + q_{19} = 43 + 30 = 73 \text{ л/с.} \quad (35)$$

По участку 17–18 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 18–19 и в узле 18:

$$q_{17-18} = q_{18-19} + q_{18} = 73 + 30 = 103 \text{ л/с.} \quad (36)$$

По участку 1–17 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 17–18, 17–16 и в узле 17 (31):

$$q_{1-17} = 103 + 176 + 39 = 318 \text{ л/с.} \quad (37)$$

По участку 5–6 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 6–7 и в узле 6:

$$q_{5-6} = q_{6-7} + q_6 = 43 + 15 = 58 \text{ л/с.} \quad (38)$$

По участку 4–5 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 5–6 и в узле 5:

$$q_{4-5} = q_{5-6} + q_5 = 58 + 21 = 79 \text{ л/с.} \quad (39)$$

По участку 3–4 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 4–5 и в узле 4:

$$q_{3-4} = q_{4-5} + q_4 = 79 + 28 = 107 \text{ л/с.} \quad (40)$$

По участку 2–3 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 3–4 и в узле 3:

$$q_{2-3} = q_{3-4} + q_3 = 107 + 28 = 135 \text{ л/с.} \quad (41)$$

По участку 1–2 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход на участке 2–3 и в узле 2:

$$q_{1-2} = q_{2-3} + q_2 = 135 + 21 = 156 \text{ л/с.} \quad (42)$$

По участку ВБ–1 должно протекать такое количество воды, чтобы покрыть расход всей сети, т. е. на участке 1–2, 1–17 и в узле 1:

$$q_{ВБ-1} = q_{1-2} + q_{1-17} + q_1 = 156 + 318 + 38 = 512 \text{ л/с.} \quad (43)$$

Сеть на участке ВБ–1 проложена из двух труб, поэтому при нормальном режиме работы по каждой линии протекает половина общего расхода:

$$q_{ВБ-1, 1} = q_{ВБ-1} / 2 = 512 / 2 = 256 \text{ л/с.} \quad (44)$$

Одним из основных условий начального потокораспределения для каждого расчетного случая является соблюдение правила баланса расходов в узлах сети (первый закон Кирхгофа): количество воды, притекающей к узлу, должно быть равно количеству воды, вытекающей и отбираемой из узла:

$$\sum q = 0. \quad (45)$$

По второму закону Кирхгофа в каждом контуре сети алгебраическая сумма потерь напора должна быть равна нулю, т. е. должно соблюдаться условие:

$$\sum h = 0. \quad (46)$$

При вычислении $\sum h$ потери напора на участках с направлением движения воды по часовой стрелке условно принимают положительным, а

на участках с направлением движения воды против часовой стрелки – отрицательными.

Гидравлический расчет сети сводят в таблицу 10.

Таблица 10 – Гидравлический расчет сети

| Кольцо или контур | Участок сети | Длина l , м | Предварительное распределение воды | | | | |
|-------------------|--------------|---------------|--|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | | Расчетный расход воды на участке q , л/с | Диаметр труб d , мм | Скорость движения воды v , м/с | Гидравлический уклон $1000i$ | Потери напора на участке, м |
| I | 1–2 | 290 | 156 | 400 | 1,6 | 5,64 | +1,64 |
| | 2–3 | 610 | 135 | 400 | 1,38 | 1,38 | +0,84 |
| | 3–4 | 610 | 107 | 400 | 1,1 | 2,89 | +1,76 |
| | 4–5 | 610 | 79 | 315 | 1,3 | 5,29 | +3,23 |
| | 5–6 | 670 | 58 | 280 | 1,21 | 5,36 | +3,59 |
| | 6–7 | 350 | 43 | 250 | 1,13 | 5,41 | +1,89 |
| | 1–17 | 320 | 318 | 630 | 1,31 | 2,29 | -0,73 |
| | 17–18 | 640 | 103 | 315 | 1,05 | 2,7 | -1,73 |
| | 18–19 | 640 | 73 | 355 | 0,95 | 2,6 | -1,66 |
| | 19–7 | 640 | 43 | 280 | 0,9 | 3,15 | -2,02 |
| | | | | | | | $\Sigma h = +6,81$ |
| II | 17–18 | 640 | 103 | 315 | 1,05 | 2,7 | +1,73 |
| | 18–19 | 640 | 73 | 355 | 0,95 | 2,6 | +1,66 |
| | 19–7 | 640 | 43 | 280 | 0,9 | 3,15 | +2,02 |
| | 7–8 | 340 | 54 | 280 | 1,13 | 4,72 | +1,61 |
| | 8–9 | 440 | 36 | 225 | 1,17 | 6,55 | +2,88 |
| | 9–10 | 480 | 14 | 140 | 1,17 | 11,78 | +5,65 |
| | 17–16 | 320 | 176 | 450 | 1,43 | 3,98 | -1,27 |
| | 16–15 | 460 | 161 | 450 | 1,3 | 3,4 | -1,56 |
| 15–14 | 700 | 143 | 450 | 1,15 | 2,76 | -1,93 | |

Окончание таблицы 10

| Кольцо или контур | Участок сети | Длина l , м | Предварительное распределение воды | | | | |
|-------------------|--------------|---------------|--|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | | Расчетный расход воды на участке q , л/с | Диаметр труб d , мм | Скорость движения воды v , м/с | Гидравлический уклон $1000i$ | Потери напора на участке, м |
| II | 14–13 | 730 | 115 | 450 | 0,93 | 1,87 | -1,36 |
| | 13–12 | 730 | 82 | 355 | 1,07 | 3,2 | -2,34 |
| | 12–11 | 730 | 48 | 280 | 1,0 | 3,83 | -2,79 |
| | 11–10 | 730 | 14 | 140 | 1,17 | 11,78 | -8,59 |
| | | | | | | | $\Sigma h = -4,29$ |
| Контур | 1–2 | 290 | 156 | 400 | 1,6 | 5,64 | +1,64 |
| | 2–3 | 610 | 135 | 400 | 1,38 | 1,38 | +0,84 |
| | 3–4 | 610 | 107 | 400 | 1,1 | 2,89 | +1,76 |
| | 4–5 | 610 | 79 | 315 | 1,3 | 5,29 | +3,23 |
| | 5–6 | 670 | 58 | 280 | 1,21 | 5,36 | +3,59 |
| | 6–7 | 350 | 43 | 250 | 1,13 | 5,41 | +1,89 |

| | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|------|-------|--------------------|
| 7–8 | 340 | 54 | 280 | 1,13 | 4,72 | +1,61 |
| 8–9 | 440 | 36 | 225 | 1,17 | 6,55 | +2,88 |
| 9–10 | 480 | 14 | 140 | 1,17 | 11,78 | +5,65 |
| 1–17 | 320 | 318 | 630 | 1,31 | 2,29 | -0,73 |
| 17–16 | 320 | 176 | 450 | 1,43 | 3,98 | -1,27 |
| 16–15 | 460 | 161 | 450 | 1,3 | 3,4 | -1,56 |
| 15–14 | 700 | 143 | 450 | 1,15 | 2,76 | -1,93 |
| 14–13 | 730 | 115 | 450 | 0,93 | 1,87 | -1,36 |
| 13–12 | 730 | 82 | 355 | 1,07 | 3,2 | -2,34 |
| 12–11 | 730 | 48 | 280 | 1,0 | 3,83 | -2,79 |
| 11–10 | 730 | 14 | 140 | 1,17 | 11,78 | -8,59 |
| | | | | | | $\Sigma h = +2,52$ |

Величины допустимых невязок потерь напора не должны превышать: в кольцах – 0,7–1,0 м, по внешнему контуру сети – 1,5–2,0 м. В противном случае потери напора в кольцах увязывают путем перераспределения ранее намеченных расходов, увеличив расход недогруженных линий и уменьшив расходы перегруженных линий на величину поправочных расходов.

Сеть увязывают по методу М. М. Андрияшева. При этом величины поправочных расходов определяют по формуле

$$\pm \Delta q = \frac{q_{\text{ср}} (\pm \Sigma h)}{2 \cdot \Sigma |h|}, \quad (47)$$

где $q_{\text{ср}}$ – средний расход воды всех входящих в кольцо участков, л/с,

$$q_{\text{ср}} = \Sigma q_i / n, \quad (48)$$

Σq_i – арифметическая сумма расходов воды на всех участках кольца, л/с;

n – число участков в кольце;

$\pm \Sigma h$ – невязка потерь напоров в кольце, м;

$\Sigma |h|$ – сумма абсолютных значений потерь напора по кольцу, м.

Пример расчета. Определим средние и поправочные расходы для каждого кольца по формулам (47), (48).

$$q_{\text{срI}} = 1115 / 10 = 111,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta q^I = \frac{111,5 \cdot 6,81}{2 \cdot 18,09} = 21 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{срII}} = 1062 / 13 = 81,7 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{II} = \frac{81,7 \cdot (-4,29)}{2 \cdot 35,4} = -5 \text{ л/с.}$$

Знак поправочного расхода по кольцу соответствует знаку невязки $\pm \Sigma h$. Поскольку поправочный расход относят к определенному участку кольца, знаки при Δq нужно принимать в зависимости от направления движения воды по данному участку. Если по участку вода движется по часовой стрелке, т. е. h имеет знак $+$, то знак при Δq меняется на обратный (таблица 11).

Таблица 11 – Знаки поправочных расходов

| Поправочный расход по кольцу | Знак Δq на участке кольца при движении воды в нем | |
|------------------------------|---|------------------------|
| | по часовой стрелке | против часовой стрелки |
| $+\Delta q$ | $-\Delta q$ | $+\Delta q$ |
| $-\Delta q$ | $+\Delta q$ | $-\Delta q$ |

Особое внимание нужно обратить на увязку смежного кольца, т. к. по участкам сети, являющимся смежными для двух колец, пройдут, соответственно, два поправочных расхода с учетом их знака.

Пример расчета для первого кольца. Для участка 1–2 первоначальный расход составляет 156 л/с. Направление движения воды на участке – по часовой стрелке. Знак поправочного расхода для первого кольца положительный. Таким образом, от первоначального расхода необходимо отнять поправочный расход (см. таблицу 11).

$$q_{1-2} = 156 - 21 = 135 \text{ л/с.}$$

Для участка 1–17 первоначальный расход составляет 318 л/с. Направление движения воды на участке – против часовой стрелки. Знак поправочного расхода для первого кольца положительный. Таким образом, к первоначальному расходу необходимо прибавить поправочный расход (см. таблицу 11).

$$q_{1-17} = 318 + 21 = 339 \text{ л/с.}$$

Пример расчета для второго кольца. Для участка 7–8 первоначальный расход составляет 54 л/с. Направление движения воды на участке – по часовой стрелке. Знак поправочного расхода для второго кольца отрицательный. Таким образом, к первоначальному расходу необходимо прибавить поправочный расход (см. таблицу 11).

$$q_{7-8} = 54 + 5 = 59 \text{ л/с.}$$

Для участка 17–16 первоначальный расход составляет 176 л/с. Направление движения воды на участке – против часовой стрелки. Знак поправочного расхода для второго кольца отрицательный. Таким образом, от первоначального расхода необходимо отнять поправочный расход (см. таблицу 11).

$$q_{17-16} = 176 - 5 = 171 \text{ л/с.}$$

Пример расчета для смежных участков. Участки 17–18, 18–19 и 19–7 являются общими для двух колец. Следовательно, по ним пройдет поправочный расход и первого, и второго кольца. Их учет производится следующим образом. Если рассматривать эти участки как собственные для первого кольца, то направление движения воды в них – против часовой стрелки, знак поправочного расхода для первого кольца положительный. Следовательно, к первоначальному расходу необходимо прибавить поправочный расход первого кольца (см. таблицу 11). А если рассматривать участки 17–18, 18–19 и 19–7 как собственные участки второго кольца, то направление движения воды в них – по часовой стрелке, знак поправочного расхода для второго кольца отрицательный. Следовательно, к первоначальному расходу необходимо прибавить поправочный расход второго кольца. Таким образом, например, для участка 17–18 общий исправленный расход

$$q_{17-18} = 103 + 21 + 5 = 129 \text{ л/с.}$$

По исправленным расходам вновь подбирают диаметры труб, скорость движения воды и гидравлический уклон, рассчитывают потери напора на каждом участке, определяют невязки в каждом кольце и по контуру. Увязку сети сводят в таблицу 12.

Таблица 12 – Увязка сети

| Кольцо или контур | Участок сети | Длина $l, \text{ м}$ | Первое исправление | | | | | | | |
|-------------------|--------------|----------------------|---|--|---|-----------------------------------|------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | Расчетный расход воды на участке $q, \text{ л/с}$ | Поправочный расход в данном кольце, л/с | Поправочный расход в смежном кольце, л/с | Исправленный расход, л/с | Диаметр труб $d, \text{ мм}$ | Скорость движения воды $v, \text{ м/с}$ | Гидравлический уклон $1000 \cdot i$ | Потери напора на участке, м |
| I | 1–2 | 290 | 156 | –21 | | 136 | 400 | 1,39 | 4,43 | +1,28 |
| | 2–3 | 610 | 135 | –21 | | 114 | 400 | 1,17 | 3,24 | +1,98 |
| | 3–4 | 610 | 107 | –21 | | 86 | 355 | 1,12 | 3,48 | +2,12 |
| | 4–5 | 610 | 79 | –21 | | 58 | 315 | 0,96 | 3,06 | +1,87 |
| | 5–6 | 670 | 58 | –21 | | 37 | 250 | 0,97 | 4,14 | +2,77 |
| | 6–7 | 350 | 43 | –21 | | 22 | 200 | 0,9 | 4,79 | +1,68 |
| | 1–17 | 320 | 318 | | +21 | | 339 | 630 | 1,4 | 2,57 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|--------------------|
| | 17-18 | 640 | 103 | +21 | +5 | 129 | 315 | 1,67 | 7,1 | -4,54 |
| | 18-19 | 640 | 73 | +21 | +5 | 99 | 355 | 1,29 | 4,46 | -2,85 |
| | 19-7 | 640 | 43 | +21 | +5 | 69 | 315 | 1,14 | 4,16 | -2,66 |
| | | | | | | | | | | $\Sigma h = +0,83$ |
| II | 17-18 | 640 | 103 | +5 | +21 | 129 | 315 | 1,67 | 7,1 | +4,54 |
| | 18-19 | 640 | 73 | +5 | +21 | 99 | 355 | 1,29 | 4,46 | +2,85 |
| | 19-7 | 640 | 43 | +5 | +21 | 69 | 315 | 1,14 | 4,16 | +2,66 |
| | 7-8 | 340 | 54 | +5 | | 59 | 280 | 1,23 | 5,52 | +1,88 |
| | 8-9 | 440 | 36 | +5 | | 41 | 250 | 1,08 | 4,97 | +2,19 |
| | 9-10 | 480 | 14 | +5 | | 19 | 180 | 0,96 | 6,11 | +2,93 |
| | 17-16 | 320 | 176 | -5 | | 171 | 450 | 1,38 | 3,8 | -1,22 |
| | 16-15 | 460 | 161 | -5 | | 156 | 450 | 1,26 | 3,22 | -1,48 |
| | 15-14 | 700 | 143 | -5 | | 138 | 450 | 1,12 | 2,59 | -1,81 |
| | 14-13 | 730 | 115 | -5 | | 110 | 400 | 1,13 | 3,04 | -2,22 |
| | 13-12 | 730 | 82 | -5 | | 77 | 355 | 1,0 | 2,86 | -2,09 |
| | 12-11 | 730 | 48 | -5 | | 43 | 280 | 0,9 | 3,15 | -2,3 |
| | 11-10 | 730 | 14 | -5 | | 11 | 140 | 0,92 | 7,68 | -5,61 |
| | | | | | | | | | | $\Sigma h = +0,32$ |
| Кон- тур | 1-2 | 290 | 156 | | | 136 | 400 | 1,39 | 4,43 | +1,28 |
| | 2-3 | 610 | 135 | | | 114 | 400 | 1,17 | 3,24 | +1,98 |
| | 3-4 | 610 | 107 | | | 86 | 355 | 1,12 | 3,48 | +2,12 |
| | 4-5 | 610 | 79 | | | 58 | 315 | 0,96 | 3,06 | +1,87 |
| | 5-6 | 670 | 58 | | | 37 | 250 | 0,97 | 4,14 | +2,77 |
| | 6-7 | 350 | 43 | | | 22 | 200 | 0,9 | 4,79 | +1,68 |
| | 7-8 | 340 | 54 | | | 59 | 280 | 1,23 | 5,52 | +1,88 |
| | 8-9 | 440 | 36 | | | 41 | 250 | 1,08 | 4,97 | +2,19 |
| | 9-10 | 480 | 14 | | | 19 | 180 | 0,96 | 6,11 | +2,93 |
| | 1-17 | 320 | 318 | | | 339 | 630 | 1,4 | 2,57 | -0,82 |
| | 17-16 | 320 | 176 | | | 171 | 450 | 1,38 | 3,8 | -1,22 |
| | 16-15 | 460 | 161 | | | 156 | 450 | 1,26 | 3,22 | -1,48 |
| | 15-14 | 700 | 143 | | | 138 | 450 | 1,12 | 2,59 | -1,81 |

Окончание таблицы 12

| Кольцо или контур | Участок сети | Длина $l, \text{м}$ | Первое исправление | | | | | | | |
|----------------------|--------------|------------------------|--|--|---|---|------------------------------------|---|---|--|
| | | | Расчетный расход воды на участке $q, \text{л/с}$ | Поправоч ный расход в данном кольце, л/с | Поправоч ный расход в смежном кольце, л/с | Исправ ленный расход, л/с | Диамет р труб $d, \text{мм}$ | Скорость движения воды $v, \text{м/с}$ | Гидравли ческий уклон $1000 \cdot i$ | Потери напора на участке, м |
| Кон- тур | 14-13 | 730 | 115 | | | 110 | 400 | 1,13 | 3,04 | -2,22 |
| | 13-12 | 730 | 82 | | | 77 | 355 | 1,0 | 2,86 | -2,09 |
| | 12-11 | 730 | 48 | | | 43 | 280 | 0,9 | 3,15 | -2,3 |
| | 11-10 | 730 | 14 | | | 11 | 140 | 0,92 | 7,68 | -5,61 |
| | | | | | | | | | | $\Sigma h = +1,15$ |

Если после первого исправления фактические невязки хотя бы в одном в

| Число жителей в населенном пункте, тыс. чел. | Расчетное количество одновременных пожаров | Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, в населенном пункте при застройке зданиями высотой | |
|--|--|--|-------------------|
| | | не более двух этажей | три этажа и более |
| До 1 | 1 | 5 | 10 |
| 1–10 | 1 | 10 | 15 |
| 10–25 | 2 | 10 | 15 |
| 25–50 | 2 | 20 | 25 |
| 50–100 | 2 | 25 | 35 |
| 100–200 | 3 | – | 40 |
| 200–300 | 3 | – | 55 |
| 300–400 | 3 | – | 70 |
| 400–500 | 3 | – | 80 |
| 500–600 | 3 | – | 85 |
| 600–700 | 3 | – | 90 |
| 700–800 | 3 | – | 95 |
| 800–1000 | 3 | – | 100 |

Таблица 14 – Количество внутренних пожаров

| Класс зданий по функциональной пожарной опасности | Число струй | Минимальный расход воды (на одну струю) на внутреннее пожаротушение, л/с |
|--|-------------|--|
| Здания класса Ф1.3: | | |
| – при числе этажей от 12 до 16 и длине коридоров до 10 м; | 1 | 2,5 |
| – то же, при длине коридоров св. 10 м; | 2 | 2,5 |
| – при числе этажей св. 16 до 25 и общей длине коридоров до 10 м; | 2 | 2,5 |

Окончание таблицы 14

| Класс зданий по функциональной пожарной опасности | Число струй | Минимальный расход воды (на одну струю) на внутреннее пожаротушение, л/с |
|---|-------------|--|
| – то же, при длине коридоров св. 10 м | 3 | 2,5 |
| Здания класса Ф4.3: | | |
| – высотой от 6 до 10 этажей и строительным объемом до 25 000 м ³ ; | 1 | 2,5 |
| – то же, строительным объемом св. 25 000 м ³ ; | 2 | 2,5 |
| – при числе этажей св. 10 и строительным объемом до 25 000 м ³ ; | 2 | 2,5 |
| – то же, строительным объемом св. 25 000 м ³ | 3 | 2,5 |

Рисунок 8 – Схема сети на пропуск максимального секундного и пожарного расходов

Далее определяют расчетные расходы на участках по аналогии с примером, приведенным в п. 4.1, и выполняют гидравлический расчет сети, не изменяя диаметры труб. При необходимости сеть увязывают по методу М. М. Андрияшева.

После увязки сети на случай возникновения пожара результаты гидравлического расчета (длину участка, диаметр, расход гидравлический уклон и потери напора) наносят на расчетную схему по аналогии с рисунком 7.

4.3 Расчет водоводов и тупиков

Расчет водоводов и тупиков выполняют на пропуск максимального расхода воды и на случай возникновения пожара. По расчетным расходам определяют экономически наиболее выгодные диаметры труб и потери напора в них по таблицам [2].

Водоводы от водонапорной башни к узлу 1 прокладывают в две линии. Тупики прокладывают в одну линию. Работу водоводов проверяют на нормальный режим работы и в период аварии на одной из линий. При нормальном режиме по каждой линии протекает половина общего расхода, при аварии одна линия должна пропускать не менее 70 % от общего расхода.

Гидравлический расчет водоводов и тупиков сводят в таблицу 16.

Из полученных для двух расчетных случаев диаметров для каждого участка назначают наибольший и по нему подбирают гидравлический уклон и скорость для второго режима.

Таблица 16 – Расчет водоводов и тупиков на пропуск секундного максимального и пожарного расходов воды

| Участок сети | Длина l , м | Число рабочих линий | Расчетный расход воды на участке q , л/с | Диаметр труб d , мм | Скорость движения воды v , м/с | Гидравлический уклон $1000i$ | Потери напора на участке, м |
|---|---------------|---------------------|--|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Максимальный водоразбор | | | | | | | |
| ВБ–1 | 300 | 2 | | | | | |
| | 300 | 1 | | | | | |
| 3–4 | 500 | 1 | | | | | |
| Максимальный водоразбор при пожаре | | | | | | | |
| ВБ–1 | 300 | 2 | | | | | |
| | 300 | 1 | | | | | |

| | | | | | | |
|-----|-----|---|--|--|--|--|
| 3-4 | 500 | 1 | | | | |
|-----|-----|---|--|--|--|--|

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ БАКА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ

Водопотребление в системах водоснабжения неравномерно. Общую подачу, а, следовательно, и мощность насосной станции можно уменьшить, если в систему включить водонапорную башню с регулирующей емкостью. Емкость будет наполняться, когда водопотребление меньше подачи насосной станции, и опорожняться, когда водопотребление больше подачи насосной станции. Для уменьшения регулирующей емкости принимают ступенчатый график работы НС II, приближая его тем самым к графику водопотребления. Таким образом, водонапорная башня предназначена для хранения запасов воды и создания и поддержания в сети необходимых напоров.

Объем бака водонапорной башни складывается из регулирующего объема воды и десятиминутного запаса воды на случай тушения пожара

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}}, \quad (49)$$

где $W_{\text{рег}}$ – регулирующий объем воды в баке, м³;

$W_{\text{пож}}$ – противопожарный запас воды, м³.

Регулирующий объем воды в баке удобно определять в табличной форме (таблица 17) с учетом графика водопотребления населенного пункта и графика работы насосов НС II по часам суток. При этом необходимо пользоваться следующими рекомендациями:

- в час максимального водопотребления забор воды из бака рекомендуется в количествах не более 10–15 % от суммарного расхода воды по объекту водоснабжения в этот час;

- регулирующий объем бака водонапорной башни не должен быть более 2–5 % от суточного расхода, в крайних случаях – до 10 %;

- оптимальное число рабочих насосных агрегатов станции второго подъема обычно находится в пределах от 2 до 4;

- при подборе насосов следует учитывать снижение их общей подачи за счет параллельности их работы.

Таблица 17 – Расчет регулирующей емкости водонапорной башни

| Часы суток | Водопотребление, % | Подача воды насосами НС II, % | Поступление в бак, % | Расход из бака, % | Остаток воды в баке, % |
|------------|--------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|------------------------|
| 0–1 | 1,81 | 1,81 | | | 0 |
| 1–2 | 1,81 | 1,81 | | | 0 |

| | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|--------------|
| 2–3 | 1,55 | 1,81 | 0,26 | | +0,26 |
| 3–4 | 1,59 | 1,81 | 0,22 | | +0,48 |
| 4–5 | 5,96 | 6,5 | 0,54 | | +1,02 |
| 5–6 | 6,58 | 6,5 | | 0,08 | +0,94 |
| 6–7 | 7,14 | 6,5 | | 0,64 | +0,3 |
| 7–8 | 4,07 | 4,2 | 0,13 | | +0,43 |
| 8–9 | 4,41 | 4,2 | | 0,21 | +0,22 |
| 9–10 | 4,65 | 4,2 | | 0,45 | –0,23 |
| 10–11 | 4,38 | 4,2 | | 0,18 | –0,41 |
| 11–12 | 4,30 | 4,2 | | 0,1 | –0,51 |
| 12–13 | 3,68 | 4,2 | 0,52 | | +0,01 |
| 13–14 | 3,57 | 4,2 | 0,63 | | +0,64 |
| 14–15 | 3,80 | 4,2 | 0,4 | | +1,04 |
| 15–16 | 3,92 | 4,2 | 0,28 | | +1,32 |
| 16–17 | 4,16 | 4,2 | 0,04 | | +1,36 |
| 17–18 | 3,80 | 4,2 | 0,4 | | +1,76 |
| 18–19 | 3,74 | 4,2 | 0,46 | | +2,22 |
| 19–20 | 7,15 | 6,9 | | 0,25 | +1,97 |
| 20–21 | 6,97 | 6,9 | | 0,07 | +1,9 |
| 21–22 | 6,63 | 6,9 | 0,27 | | +2,17 |
| 22–23 | 2,49 | 1,08 | | 1,41 | +0,76 |
| 23–24 | 1,84 | 1,08 | | 0,76 | 0 |
| <i>Итого</i> | 100 | 100 | 4,15 | 4,15 | |

По максимальной и минимальной величине остатка воды в баке находят регулирующий объем бака, выраженный в % от общего расхода в сутки. Затем переводят его в м³.

Неприкосновенный противопожарный объем $W_{\text{пож}}$ рассчитывается из условия тушения одного внутреннего и одного наружного пожара в течение 10 минут (10 минут – время, необходимое для запуска пожарных насосов и поступления воды на тушение пожара в сеть):

$$W_{\text{пож}} = (q_{\text{макс.с}} + q_{\text{н.п}} + q_{\text{в.п}})0,6, \quad (50)$$

где $q_{\text{н.п}}$, $q_{\text{в.п}}$ – расходы воды на тушение одного наружного и одного внутреннего пожара, л/с.

По полученному значению объема воды можно подобрать типовой бак или установить диаметр и высоту бака, исходя из отношения высоты к диаметру $h/d = 0,5 \dots 1,0$. Предпочтительно, чтобы отношение высоты бака к его диаметру было небольшим. В этом случае исключаются значительные колебания напоров в сети и обеспечиваются более благоприятные условия работы насосов.

Пример расчета. Регулирующий объем бака водонапорной башни

$$W_{\text{пер}} = 2,22 + |-0,51| = 2,73 \% ; \quad (51)$$

$$W_{\text{пер}} = 2,73 Q'_{\text{сут.сп}} / 100 = 2,73 \cdot 25000 / 100 = 682 \text{ м}^3. \quad (52)$$

Расход воды на 10-минутное тушение пожара

$$W_{\text{пож}} = (637 + 40 + 10) \cdot 0,6 = 412 \text{ м}^3. \quad (53)$$

Объем водонапорной башни

$$W_6 = 682 + 412 = 1094 \text{ м}^3. \quad (54)$$

Принимаем водонапорную башню с двумя типовыми баками объемом каждого 600 м³. Бак водонапорной башни выполняется в форме цилиндра высотой h и диаметром d . Как правило, $h = (2/3)d$.

Объем бака подсчитывается по формуле

$$W_6 = F_{\text{осн}} h = (\pi d^2/4) \cdot [(2/3)d] = (\pi/6)d^3. \quad (55)$$

Подставляя значение W_6 в данную формулу, определяют величину d , а затем h .

$$d = \left(\frac{6W_{6,\text{тип.}}}{\pi} \right)^{1/3} = \left(\frac{6 \cdot 600}{3,14} \right)^{1/3} = 10,5 \text{ м}; \quad (56)$$

$$h = (2/3)d = (2/3) \cdot 10,5 = 7 \text{ м}; \quad (57)$$

$$F_{\text{осн}} = (3,14 \cdot (10,5)^2) / 4 = 86,6 \text{ м}^2; \quad (58)$$

$$W_6 = 86,6 \cdot 7 = 605,8 \text{ м}^3. \quad (59)$$

Определяют высоту слоя воды в баке водонапорной башни

$$h_{\text{в}} = \frac{W_6}{F_{\text{осн}}} = \frac{547}{86,6} = 6,3 \text{ м}. \quad (60)$$

Разница между высотой бака водонапорной башни и высотой слоя воды в нем должна быть не менее 0,5 м.

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ СТВОЛА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ

На основании гидравлических расчетов сети можно определить высоту водонапорной башни и напор насосов. Высота водонапорной башни определяется по формуле

$$H_6 = H_{св} + \Sigma h - (Z_6 - Z_d), \quad (61)$$

где $H_{св}$ – свободный напор в диктующей точке, м;

Σh – сумма потерь напора в трубах сети при максимальном водоразборе на участках от башни до диктующей точки, м;

Z_6, Z_d – отметки поверхности земли у башни и диктующей точке, м.

Свободный напор в сети хозяйственно-питьевого водопровода определяется в зависимости от этажности зданий: при одноэтажной застройке $H_{св}$ составляет не менее 10 м, при большей этажности на каждый этаж добавляется по 4 м:

$$H_{св} = 4(n - 1) + 10, \quad (62)$$

где n – количество этажей.

Сумму потерь напора вычисляют по всем возможным направлениям движения воды от водонапорной башни до диктующей точки. **Например**, точка 8 является точкой схода потоков. Вода поступает в точку 8 по трем направлениям. Потери напора (таблица 10) по каждому направлению от нее до водонапорной башни составляют

$$h_{ВБ-1-2-3-8} = 2,4 + 2,2 + 2,2 + 4,6 = 11,4 \text{ м}; \quad (63)$$

$$h_{ВБ-1-4-5-6-7-8} = 2,4 + 2,2 + 2,1 + 2,3 + 2,0 + 1,0 = 12,0 \text{ м}; \quad (64)$$

$$h_{ВБ-1-4-3-8} = 2,4 + 2,2 + 2,4 + 4,6 = 11,6 \text{ м}. \quad (65)$$

К расчету принимаем наибольшие потери напора на участках по направлению ВБ–1–4–5–6–7–8.

Полученную высоту водонапорной башни округляют до ближайшей большей типовой высоты.

Далее необходимо проверить достаточность высоты водонапорной башни на случай возникновения пожара. Высота водонапорной башни при пожаре определяется для всех точек возникновения пожара. Потери напора вычисляются по всем возможным направлениям движения к точке пожара, и для каждой из них выбирается максимальная величина.

Необходимая высота башни при пожаре определяется по формуле

$$H_{б.п.ож} = H_{св.п.ож} + Z_{д.п.ож} + \Sigma h_{п.ож} - Z_6, \quad (66)$$

где $H_{\text{св.пож}}$ – свободный напор в сети противопожарного водопровода низкого давления, не менее 10 м;

$Z_{\text{д.пож}}$ – отметка земли в точке пожара, м;

$\Sigma h_{\text{пож}}$ – потери напора при пожаре от ВБ до точки пожара, м.

Если $H_{\text{б.пож}} < H_{\text{б}}$, то водонапорная башня будет обеспечивать напор во время пожара. Если $H_{\text{б.пож}} > H_{\text{б}}$, то во время пожара водонапорную башню выключают, и работают пожарные насосы.

7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ РЕЗЕРВУАРА ЧИСТОЙ ВОДЫ

Для повышения надежности системы водоснабжения применяют резервуары чистой воды для хранения в них регулирующего, противопожарного и аварийного запасов воды. Общее число резервуаров в одном узле должно быть не менее двух.

Объем резервуаров чистой воды определяют по формуле

$$W_{\text{РЧВ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з}} + W_{\text{ф}}, \quad (67)$$

где $W_{\text{рег}}$ – регулирующий объем, определяемый совмещением графика поступления воды в резервуар и графика забора воды из резервуара, м³;

$W_{\text{н.з}}$ – неприкосновенный противопожарный запас воды, м³;

$W_{\text{ф}}$ – объем воды на собственные нужды водоочистной станции, м³.

Регулирующий объем воды $W_{\text{рег}}$ может быть определен на основании анализа работы насосных станций I и II подъемов табличным способом аналогично определению объема бака водонапорной башни (таблица 18).

При этом учитывают, что НС I работает равномерно с подачей 4,17 %.

Таблица 18 – Расчет регулирующей емкости РЧВ

| Часы суток | В процентах | | | | |
|--------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| | Подача воды насосами НС I | Забор воды насосами НС II | Поступление в РЧВ | Расход из РЧВ | Остаток воды в РЧВ |
| 0–1 | | | | | |
| 1–2 | | | | | |
| ... | | | | | |
| <i>Итого</i> | 100 | 100 | ✓ | ✓ | |

Пожарный объем воды предусматривают в случаях, когда получение необходимого количества воды для тушения пожара непосредственно из источника водоснабжения технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Неприкосновенный противопожарный объем $W_{н.з}$ рассчитывается из условия тушения расчетного количества одновременных пожаров в течение всего нормативного времени тушения пожара $T_{\text{пож}}$

$$W_{н.з} = 3,6 \cdot n \cdot T_{\text{пож}} (q_{в.п} + q_{н.п}), \quad (68)$$

где n – расчетное количество пожаров;

$T_{\text{пож}}$ – нормативное время тушения пожара, $T_{\text{пож}} = 3$ ч.

Неприкосновенный противопожарный запас воды объемом до 1000 м³ допускается хранить в одном резервуаре, а больший объем равномерно распределяют по всем резервуарам.

Объем воды $W_{\text{ф}}$ на собственные нужды водоочистной станции должен быть рассчитан на две промывки одного фильтра и может быть определен по формуле

$$W_{\text{ф}} = \frac{2F_{\text{ф}}qt}{1000}, \quad (69)$$

где $F_{\text{ф}}$ – площадь одной секции фильтра, м²;

q – интенсивность промывки фильтров ($q = 12-18$ л/с·м²);

t – продолжительность промывки фильтров (300–420 с).

Как правило, $W_{\text{ф}}$ определяют после расчета водоочистной станции с учетом типа и площади фильтров. Вместе с тем этот объем ориентировочно можно определить по формуле

$$W_{\text{ф}} = (0,03 \dots 0,12) Q'_{\text{сут.ср.}} \quad (70)$$

По полученному расчетному значению объема подбирают типовые размеры резервуара и вычисляют высоту каждого слоя воды в нем: противопожарного $h_{\text{пож}}$, регулирующего $h_{\text{рег}}$ и высоту слоя воды на собственные нужды станции водоподготовки $h_{\text{ф}}$. Высота противопожарного слоя

$$h_{\text{пож}} = W_{н.з}/F_{\text{дн}}, \quad (71)$$

где $F_{\text{дн}}$ – площадь дна типового резервуара, м².

Высота регулирующего слоя воды

$$h_{\text{рег}} = W_{\text{рег}}/F_{\text{дн}}. \quad (72)$$

Высота слоя воды на промывку фильтров

$$h_{\phi} = W_{\phi}/F_{\text{дн}}. \quad (73)$$

Высота слоя воды в резервуаре

$$H_{\text{в}} = h_{\text{пож}} + h_{\text{рег}} + h_{\phi}. \quad (74)$$

Верхний уровень воды в резервуаре чистой воды обычно принимается на 0,5 м выше отметки поверхности земли в месте установки резервуара. Далее рассчитываются отметки уровней воды и конструктивных элементов:

– верхнего уровня воды в резервуаре чистой воды, воронки переливного трубопровода

$$Z_{\text{в.у.}} = Z_{\text{п.з}} + 0,5, \quad (75)$$

где $Z_{\text{п.з}}$ – отметка поверхности земли в месте установки резервуара, м;

– уровня воды на промывку фильтров

$$Z_{\phi} = Z_{\text{в.у.}} - h_{\text{рег}}; \quad (76)$$

– противопожарного уровня воды и приемной воронки (или расположения отверстий в сифоне) трубопровода, подающего воду на хозяйственно-питьевые нужды

$$Z_{\text{пож}} = Z_{\phi} - h_{\phi}; \quad (77)$$

– дна и приемной воронки трубопровода, подающего воду на тушение пожара

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{пож}} - h_{\text{пож}}; \quad (78)$$

– дна грязевого приемка

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{дн}} - (1 \dots 1,5); \quad (79)$$

– грязевого трубопровода

$$Z_{\text{гр}} = Z_{\text{пр}} + (0,1 \dots 0,2). \quad (80)$$

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНЫХ НАПОРОВ В УЗЛОВЫХ ТОЧКАХ СЕТИ

Свободные напоры определяются во всех расчетных узлах магистральной водопроводной сети, водоводах и водонапорной башне (до дна бака) для двух режимов: максимального водопотребления и

максимального водопотребления с пожаром.

8.1 Построение пьезометрических линий при максимальном водопотреблении

Расчет свободных и фактических напоров производится в табличной форме (таблица 19) по наиболее нагруженному направлению движения воды от водонапорной башни до диктующей точки. Потери напора на участках выбирают из таблицы гидравлического расчета после увязки сети. Отметки поверхности земли снимают с генплана.

Начальная пьезометрическая отметка (в месте установки водонапорной башни) равна сумме отметки поверхности земли и высоты водонапорной башни. Пьезометрическая отметка в узле 1 меньше предыдущей пьезометрической отметки на величину потерь напора на участке ВБ-1. Величина фактического свободного напора в каждом узле равна разности между пьезометрической отметкой и отметкой поверхности земли. В каждой точке сети фактический напор не должен быть меньше свободного.

Таблица 19 – Определение свободных напоров для максимального водопотребления

В метрах

| Номер расчетных узлов | Номера расчетных участков | Потери напора на участках | Свободный напор $H_{св}$ | Отметки | | Фактический свободный напор $H_{ф}$ |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|
| | | | | пьезометрические | поверхности земли | |
| ВБ | | | 34 | 94,5 | 60,5 | 34,0 |
| 1 | ВБ-1 | 0,5 | 26 | 94,0 | 59,6 | 34,4 |
| 2 | 1-2 | 1,6 | 26 | 92,4 | 59,0 | 33,4 |
| 3 | 2-3 | 1,8 | 26 | 90,6 | 58,9 | 31,7 |
| 4 | 3-4 | 1,5 | 26 | 89,1 | 60,0 | 29,1 |
| 5 | 4-5 | 2,1 | 26 | 87,0 | 57,7 | 29,3 |

Окончание таблицы 19

| Номер расчетных узлов | Номера расчетных участков | Потери напора на участках | Свободный напор $H_{св}$ | Отметки | | Фактический свободный напор $H_{ф}$ |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|
| | | | | пьезометрические | поверхности земли | |
| 6 | 5-6 | 1,6 | 26 | 85,4 | 56,9 | 28,5 |
| 7 | 6-7 | 0,8 | 26 | 84,6 | 57,4 | 27,2 |
| 8 | 7-8 | 1,4 | 26 | 83,2 | 55,8 | 27,4 |

Для построения пьезометрических линий на миллиметровой бумаге по горизонтали откладывают в масштабе 1:10 000 участки и намечают узлы. По вертикали в масштабе 1:100 откладывают отметки с таким расчетом, чтобы включить минимальную отметку поверхности земли и максимальную пьезометрическую отметку. На схему наносят линию свободных напоров и фактических напоров.

8.2 Построение пьезометрических линий при максимальном водопотреблении и пожаре

За расчетное направление принимают сеть от водонапорной башни до точки пожара. Потери напора на участках выбирают из таблицы гидравлического расчета после увязки сети при возникновении пожара.

Если $H_{б.пож} < H_б$, то водонапорная башня будет обеспечивать напор во время пожара, тогда свободный напор в точке ВБ равен высоте ствола водонапорной башни.

Если $H_{б.пож} > H_б$, то водонапорную башню выключают, и работают пожарные насосы. Тогда свободный напор в точке ВБ равен $H_{б.пож}$.

Расчет свободных и фактических напоров производится в форме таблицы 20.

Пример построения пьезометрических линий представлен на рисунке 9.

Таблица 20 – Определение свободных напоров при пожаре

| Номер расчетных узлов | Номера расчетных участков | Потери напора на участках | Свободный напор $H_{св}$ | Отметки | | Фактический свободный напор $H_{ф}$ |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|
| | | | | пьезометрические | поверхности земли | |
| ВБ | | | 34 | 94,5 | 60,5 | 34,0 |
| 1 | ВБ–1 | 0,7 | 10 | 93,8 | 59,6 | 34,2 |
| 2 | 1–2 | 2,0 | 10 | 91,8 | 59,0 | 32,8 |
| 3 | 2–3 | 2,4 | 10 | 89,4 | 58,9 | 30,5 |
| 4 | 3–4 | 2,7 | 10 | 86,7 | 60,0 | 26,7 |
| 5 | 4–5 | 2,9 | 10 | 83,8 | 57,7 | 26,1 |
| 6 | 5–6 | 2,3 | 10 | 81,5 | 56,9 | 24,6 |

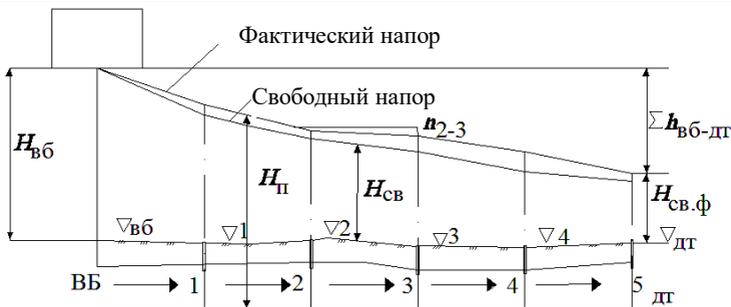


Рисунок 9 – Пьезометрические линии

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 **СНБ 4.01.01–03.** Водоснабжение питьевое. Общие положения и требования. – Введ. 2005–01–01. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2004. – 29 с.

2 **Шевелев, Ф. А.** Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справ. пособие / Ф. А. Шевелев. – 8-е изд., доп. и перераб. – М. : БАСТЕТ, 2008. – 352 с.

3 **Журба, М. Г.** Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений / М. Г. Журба. – М. : АСВ, 2003. – 288 с.

4 **Морозов, В. И.** Инженерные сети и оборудование. Водоснабжение населенного пункта : учеб.-метод. пособие / В. И. Морозов. – СПб. : СПбГПУ, 2003. – 42 с.

Учебное издание

ГРУЗИНОВА Валерия Леонидовна

**ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ
НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА**

Учебно-методическое пособие

Редактор А. А. П а в л ю ч е н к о в а
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а

Подписано в печать 10.06.2015 г. Формат 60×84^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,78. Тираж 100 экз.
Зак. № . Изд. № 115.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№1/361 от 13.06.2014.
№2/104 от 01.04.2014.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель