

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта по дисциплине
«Водопроводные сети»
к расчету и проектированию водопроводных сетей
по программе EPANET
для студентов специальности 700403 –
«Водоснабжение, водоотведение
и охрана водных ресурсов»

Брест 2021 г

УДК 628.1 (075.8)

В методических указаниях приведены основные справочные материалы, необходимые для проектирования системы транспортирования и распределения воды в населенном пункте. Даны рекомендации по определению проектных норм водопотребления для всех потребителей воды, приведены методики выполнения водохозяйственных расчетов, гидравлической увязки кольцевой водопроводной сети, рассмотрены особенности функционирования системы при возникновении пожара, а также при максимальном транзите воды в водонапорную башню. Приведен пример расчета. Содержатся основные сведения по моделированию системы водоснабжения по программе EPANET. Приведен пример моделирования проектируемой системы водоснабжения.

Составители: Б. Н. Житенёв профессор кафедры ВВиОВР, к. т. н..
С. В. Андреюк, к. т. н. доцент кафедры ВВиОВР.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОСНОВНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ВОДЫ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ	6
2 ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ	7
2.1 Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды населения	7
2.2 Проектные нормы водопотребления для определения расчетных расходов воды в отдельных жилых и общественных зданиях, а также промышленных предприятий и предприятий местной промышленности	7
2.3 Проектные нормы расхода воды на мойку и поливку покрытий территорий. поливку зеленых насаждений	9
2.4 Проектные нормы расхода воды на тушение пожаров.....	9
2.5 Расчет суточных объемов воды.	11
2.5.1 Расчет суточных объемов воды на питьевые и хозяйственные нужды.	11
2.5.2 Расчет суточного объема воды на полив.	11
2.5.3 Суточные объемы воды на нужды местной промышленности	12
2.5.4 Суточные объемы воды для нужд промышленных предприятий.....	12
2.5.5 Объемы воды на пожаротушение.	13
2.6 Расчет сводного суточного графика почасового водопотребления.	16
Определение часовых расходов	16
3 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ	18
3.1 Выбор системы водоснабжения	18
3.2 Трассирование водопроводной сети населенного пункта	18
3.3 Определение удельных расходов воды	20
3.4 Определение расходов воды, отбираемых на участках магистральных трубопроводов (путевых расходов).....	20
3.5 Вычисление узловых расходов воды.	20
3.6 Расчет режима работы насосной станции второго подъема.....	20
3.7 Расчет производительности водопитателей.	21
3.8 Предварительное потокораспределение.....	21
3.9 Подбор материала и диаметров труб.	22
3.10 Увязка водопроводной сети на случай максимального водопотребления ..	22
3.11 Построение карт пьезолиний и карт избыточных давлений.....	23
3.12 Просктирование водонапорной башни.	24
3.13 Определение размеров резервуаров чистой воды (РЧВ).....	25
3.14 Определение давления насосов насосной станции II подъема	25
4 ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОЖАРА.....	27
5 ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ МАКСИМАЛЬНОМ ТРАНЗИТЕ ВОДЫ В ВОДОНАПОРНУЮ БАШНЮ.	28
6 ПРИМЕР РАСЧЕТА	29
6.1 Характеристика населенного пункта.....	29
6.2 Водохозяйственные расчеты	29
6.2.1 Расчет суточных хозяйственно-питьевых расходов воды населения.	29
6.2.2 Расчет суточного объема воды на полив.	30

6.2.3 Расчет потребления воды промышленным предприятием и предприятиями местной промышленности.....	31
6.2.3.1 Хозяйственно-питьевое водоснабжение на предприятиях.....	31
6.2.3.2 Душевые расходы.....	31
6.2.3.3 Расход воды в производственные процессы	31
6.2.3.4 Расчет суточного объема воды для нужд бани	33
6.2.3.5 Расчет суточного объема воды на нужды столовой	33
6.2.3.6 Расчет суточного объема воды на нужды столовой	33
6.2.4 Расчет сводного суточного графика почасового водопотребления.	
Определение часовых расходов	33
6.2.4.1 Определенис максимальных и минимальных часовых расходов воды населенным пунктом.....	34
6.3 Гидравлический расчет водопроводной сети	36
6.3.1 Выбор системы водоснабжения	36
6.3.2 Трассирование водопроводной сети населенного пункта	36
6.3.4 Определение расходов воды, отбираемых на участках магистральных трубопроводов (путевых расходов).....	36
6.3.5 Вычисление узловых расходов воды.....	37
6.3.6 Расчет режима работы насосной станции второго подъема.....	37
6.3.7 Расчет производительности водопитателей	39
6.3.8 Предварительное потокораспределение.....	40
6.3.9 Подбор материала и диаметров труб.....	40
6.3.10 Увязка водопроводной сети.....	40
6.3.11 Построение карт пьезолиний и карт избыточных давлений.....	44
6.3.12 Проектирование водонапорной башни	47
6.3.13 Определение размеров резервуаров чистой воды (РЧВ)	47
6.4 Гидравлический расчет водопроводной сети на случай максимального водопотребления с учетом пожара.....	49
6.4.1 Определение количества одновременных пожаров и расчетных расходов воды на тушение пожаров.....	49
6.4.2 Предварительное потокораспределение на случай пожара	49
6.4.3 Увязка водопроводной сети на случай пожара.....	50
6.4.4 Расчет пьезометрических отметок. Построение карт пьезолиний и карт избыточных давлений при пожаре	52
6.4.5 Определение давления насосных станций второго подъема при пожаре	52
6.5 Составление детализировки водопроводной сети	56
7 СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА В EPANET.....	58
7.1 Создание нового проекта в епанет	58
7.2 Создание схемы.....	59
7.3 Настройка свойств объектов	62
7.4 Моделирование работы насосных станций.	65
7.5 Создание шаблона для работы насоса.	68
7.6 Сохранение и загрузка проектов	70
7.7 Статическое моделирование.....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	75
ЛИТЕРАТУРА.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ Пример оформления листа графической части проекта (ФА1) ..	79

ВВЕДЕНИЕ

Система водоснабжения представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных инженерных сооружений, предназначенных для захвата воды, улучшения качества, транспортирования и распределения среди потребителей. Экономичность, надежность функционирования этой системы во многом определяется качеством проектных решений.

В проекте предусматривается выполнение следующих расчетов и графических работ: определение суточных объемов и часовых расходов различными потребителями; гидравлический расчет систем транспортирования и распределения воды на ЭВМ на характерные расчетные режимы; определение высоты водонапорной башни; проектирование бака башни и резервуаров чистой воды; расчет давления насосов насосных станций при различных режимах функционирования системы; создание проекта в EPANET.

Графическая часть проекта выполняется на листе формата A1(24) или двух листах формата A2(22). На листе представляется: генплан по ГОСТ 21.604-82 в масштабе 1:10000 с нанесением магистральных трубопроводов систем транспортирования и распределения воды; детализованная схема одного кольца с составлением спецификации; ситуационный план с нанесением насосных станций, зон санитарной охраны; профиль от насосной № 1 через диктующую точку к насосной станции № 2 с указанием требуемой высоты подъема воды (расчетного давления), пьезометрических линий для всех расчетных режимов.

1 ОСНОВНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ВОДЫ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ

В населенном пункте можно выделить следующие категории потребителей воды:

- население, которое использует воду для питьевых и хозяйственных целей (приготовление пищи, пользование туалетом, стирка белья, мытье и уборка помещений и т. д.);
- предприятия местной промышленности: химчистки, прачечные, столовые, рестораны и т. д.;
- расходы воды на полив зеленых насаждений, мойку улиц и площадей;
- промышленные предприятия, на которых вода используется на технологические (производственные) цели. Кроме того на предприятиях вода потребляется на питьевые и хозяйственные нужды работающих, на душевые нужды и уборку помещений;
- нужды пожаротушения: современные системы водоснабжения устраиваются чаще объединенными, т. е. выполняющими функцию подачи воды для нескольких категорий водопотребителей, в том числе и на пожаротушение (для тушения пожаров как в населенном пункте, так и на промышленном предприятии).

2 ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ

2.1 Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды населения

Проектная норма водопотребления – это количество воды, расходуемое одним потребителем воды за какой-то период времени. Проектная норма потребления на хозяйственно-питьевые цели – объем воды в литрах (дм³), используемый в средние за год сутки одним человеком. Зависит эта норма от степени санитарно-технического оборудования зданий. Принимается по таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды населения

Степень санитарно-технического оборудования зданий жилой застройки	Проектная норма водопотребления суточная (средняя за год). В литрах в сутки на одного жителя
1 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн и душей	85
2 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и газоснабжением без ванн и душей	100
3 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией, с ваннами и водонагревателями, работающими на твердом топливе	115
4 То же, с газовыми водонагревателями	140
5 Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением с душевыми	180
6 То же, с ваннами, оборудованными душами	210
7 Жилая застройка зданиями, имеющими ввод водопровода	50
8 Жилая застройка с водопользованием из водоразборных колонок	30

2.2 Проектные нормы водопотребления для определения расчетных расходов воды в отдельных жилых и общественных зданиях, а также промышленных предприятиях и предприятиях местной промышленности

Проектные нормы водопотребления для определения расчетных расходов воды в отдельных жилых и общественных зданиях, а также промышленных предприятиях и предприятиях местной промышленности при необходимости учета сосредоточенных расходов следует принимать по таблице 2.2.

Проектные нормы водопотребления на технологические нужды (или технологические нормативы водопотребления) зависят от вида выпускаемой продукции и технологии ее производства.

Таблица 2.2 — Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды в жилых и общественных зданиях, на предприятиях

Наименование зданий	Проектная норма водопотребления суточная (средняя за год)	
	единица измерения	количество
Прачечные: механизированные	л/сут на 1 кг сухого белья	75
немеханизированные		40
Административные здания	л/сут на одного работающего	12
Учебные заведения (в том числе высшие и средние специальные) с душевыми при гимнастических залах и буфетами, реализующими готовую продукцию	л/сут на одного учащегося л/сут на одного преподавателя	17,2 17,2
Предприятия общественного питания: для приготовления пищи	л/сут на одно условное блюдо	
а) реализуемой в обеденном зале		12
б) продаваемой на дом		10
выпускающие полуфабрикаты:	л/сут на 1 т полуфабриката	
а) мясные		6700
б) рыбные		6400
в) овощные		4400
г) кулинарные		7700
Бани: для мытья в мыльной с тазами на скамьях и ополаскиванием в душе	л/сут на одного посетителя	180
то же, с приемом оздоровительных процедур и ополаскиванием в душе:		290
а) душевая кабина		360
б) ванная кабина		540
Промышленные предприятия цеха с тепловыделениями св. 80 кДж на 1 м ³ /ч остальные цеха	л/сут на одного человека в смену	45 25
Примечания 1 Нормы водопотребления установлены для основных потребителей и включают все дополнительные расходы (обслуживающим персоналом, душевыми для обслуживающего персонала, посетителями, на уборку помещений и т. п.). Потребление воды в групповых душевых и на ножные ванны на производственных предприятиях, на стирку белья в прачечных и приготовление пищи на предприятиях общественного питания, а также на водолечебные процедуры в водолечебницах, входящих в состав больниц, санаториев и поликлиник, следует учитывать дополнительно. Эти требования не распространяются на потребителей, для которых настоящей таблицей установлены нормы водопотребления, включающие расход воды на указанные нужды. 2 Для потребителей воды в зданиях, сооружениях и помещениях, не указанных в настоящей таблице, нормы расхода воды следует принимать согласно настоящей таблице для потребителей, аналогичных по характеру водопотребления. 3 При использовании неавтоматизированных стиральных машин в прачечных и при стирке белья со специфическими загрязнениями норму расхода горячей воды на стирку 1 кг сухого белья допускается увеличивать до 30 %.		

2.3 Проектные нормы расхода воды на мойку и поливку покрытий территорий, поливку зеленых насаждений

Проектные нормы расхода воды на мойку и поливку покрытий территорий, а также поливку зеленых насаждений в населенных пунктах и на предприятиях следует принимать по таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Проектные нормы расхода воды на мойку и поливку покрытий территорий, а также поливку зеленых насаждений в населенных пунктах и на предприятиях

Виды мойки и поливки	Проектная норма расхода воды	
	единица измерения	количество
1 Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	л/м ² на 1 мойку	1,2
2 Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	л/м ² на 1 поливку	0,3
3 Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	то же	0,4
4 Поливка городских зеленых насаждений	“	3,0
5 Поливка газонов и цветников	“	5,0
6 Поливка посадок в грунтовых зимних теплицах	л/м ² в сутки	15,0
7 Поливка посадок в стеллажных зимних и грунтовых весенних теплицах, парниках всех типов и утепленном грунте	то же	6,0
8 Поливка приусадебных участков	“	4,0
9 Поливка посадок на приусадебных участках: овощных культур	“	3,0–15,0
	“	10,0–15,0
10 Поливка травяного покрова: футбольного поля	“	3,0
	“	0,5
остальных спортивных сооружений	“	0,5
11 Заливка поверхности катка	“	0,5

Примечания

1 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.

2 Количество моек и поливок следует принимать: одна мойка и одна поливка в сутки.

2.4 Проектные нормы расхода воды на тушение пожаров

Пожары подразделяют: на возникающие в населенном пункте (наружные и внутренние), пожары на промышленных (сельскохозяйственных) предприятиях. Проектные нормы расхода воды на тушение наружных пожаров в населенном пункте следует принимать в соответствии с таблицей 2.4.

Таблица 2.4 — Проектные нормы расхода воды на тушение наружных пожаров в населенном пункте

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 включ.	1	5	10
Св. 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

Примечание — В расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте включены пожары на промышленных предприятиях, расположенных в пределах населенного пункта. При этом в расчетный расход воды следует включать соответствующие расходы воды на пожаротушение на этих предприятиях, но не менее указанных в таблице 2.4.

Расход воды на один пожар на наружное пожаротушение промышленных и сельскохозяйственных предприятий должен приниматься для здания, требующего наибольшего расхода воды, согласно таблиц 3 [3], 4 [3] или таблиц 2.5 и 2.6 в зависимости от степени огнестойкости, категории, строительного объема, ширины здания и наличия фонарей.

Таблица 2.5 — Расход воды на один пожар на наружное пожаротушение промышленных и сельскохозяйственных предприятий, для зданий шириной до 60 м

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м при строительном объеме зданий, тыс. м ³						
		до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 20	св. 20 до 50	св. 50 до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 600
I—IV	B4, Г1, Г2, Д	10 ¹	10 ¹	10	10	15	20	25
I—IV	A, Б, В1—В3	10	10	15	20	30	35	40
V, VI	Г1, Г2, В4, Д	10	10	15	25	35	---	---
V, VI	В1—В3	10	15	20	30	40	---	---
VII, VIII	Г1, Г2, В4, Д	10	15	20	30	---	---	---
VII, VIII	В1—В3	15	20	25	40	---	---	---

¹ Для зданий класса Ф5.3 расход воды на один пожар принимать 5 л/с.

Таблица 2.6 – Расход воды на один пожар на наружное пожаротушение промышленных и сельскохозяйственных предприятий, для зданий шириной более 60 м

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, производственных зданий без фонарей шириной более 60 м при строительном объеме зданий, тыс. м ³								
		до 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200	св. 200 до 300	св. 300 до 400	св. 400 до 500	св. 500 до 600	св. 600 до 700	св. 700 до 800
I– IV	A, Б, В1 – В3	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I– IV	В4, Г1, Г2, Д	10	15	20	25	30	35	40	45	50

2.5 Расчет суточных объемов воды

2.5.1 Расчет суточных объемов воды на питьевые и хозяйственные нужды

Объем воды, отбираемый из водопроводной сети за сутки, – величина непостоянная, а изменяющаяся в течении года. Различают сутки среднего, наибольшего и наименьшего водопотребления.

Среднесуточное водопотребление на питьевые и хозяйственные нужды населенного пункта, имеющего n районов с различной степенью благоустройства определяется по формуле

$$Q_{сут\ ср} = \sum_{i=1}^n \frac{q_{жi} \cdot N_i}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.1)$$

где $q_{жi}$ – проектная норма водопотребления на х/п нужды в i -ом районе (см. таблицу 1);

N_i – количество человек, проживающих в i -ом районе населенного пункта.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления определяют по формулам

$$Q_{сут\ max} = K_{сут\ max} \cdot Q_{сут\ ср}, \quad (2.2)$$

$$Q_{сут\ min} = K_{сут\ min} \cdot Q_{сут\ ср} \quad (2.3)$$

Коэффициенты суточной неравномерности водопотребления учитывают уклад жизни населения, режим работы предприятия, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели и принимаются

$$K_{сут\ max} = 1,1 \dots 1,3;$$

$$K_{сут\ min} = 0,7 \dots 0,9.$$

Чем выше степень благоустройства, тем меньшее значение имеет $K_{сут\ max}$ и большее $K_{сут\ min}$.

2.5.2 Расчет суточного объема воды на полив

Суточные объемы воды на полив зеленых насаждений, мойку улиц и площадей определяются по формуле

$$Q_{полив} = 10 \cdot \sum_{i=1}^N q_m \cdot F_{ni} \cdot t, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.4)$$

где q_n – норма расхода воды на полив л/м^2 на 1 поливку, мойку в зависимости от способа полива и мойки и вида поливаемых или моемых площадей, принимается по таблице 2.3;

F_{ni} – соответствующие площади, га;

m – количество поливок и моек соответствующих площадей в сутки. При отсутствии данных о поливаемых и моемых площадях допускается определять расход воды на полив и мойку по формуле

$$Q_{\text{полив}} = \frac{q_{\text{пол.ж.}} \cdot N_{\text{общ.}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.5)$$

$q_{\text{пол.ж.}}$ – норма расхода воды на полив и мойку на одного жителя, принимается до 70 л/сутки на человека, в зависимости от местных условий (климатических, степени благоустройства территорий, наличия водных ресурсов, соотношения площадей газонов и усовершенствованных покрытий и т. п.);

$N_{\text{общ.}}$ – количество жителей в населенном пункте, чел.

2.5.3 Суточные объемы воды на нужды местной промышленности

При наличии данных о конкретных предприятиях суточные объемы их водопотребления следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{мест.пред.}} = \frac{q_{\text{мест.}} \cdot M_{\text{мест.}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.6)$$

где $q_{\text{мест.пред.}}$ – проектная норма расхода воды на выпуск единицы продукции предприятием местной промышленности, таблица 2.2, л/ед.;

$M_{\text{мест.}}$ – количество продукции выпускаемой предприятием в сутки, ед.

Количество воды на нужды учреждений, организаций и предприятий социально-гарантированного обслуживания, а также неучтенные расходы при соответствующем обосновании допускается принимать дополнительно в размере от 10 до 20 % суммарного расхода воды на питьевые и хозяйственные нужды населенных пунктов.

2.5.4 Суточные объемы воды для нужд промышленных предприятий

Расход воды на производственные нужды определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут.пр.}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{пр.}} \cdot N_{\text{пр.}i}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.7)$$

где $q_{\text{пр.}}$ – технологический норматив расхода воды на выпуск единицы продукции, $\text{м}^3/\text{ед.}$;

$N_{\text{пр.}i}$ – количество единиц продукции, выпускаемой за i -ю смену, ед.

n – количество рабочих смен в сутки.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые цели рабочих рассчитываются по формуле

$$Q_{\text{сут.х-п}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_{\text{х-п,хол.}} \cdot N_{\text{хол.}i}}{1000} + \frac{\sum_{i=1}^n q_{\text{х-п,тепл.}} \cdot N_{\text{тепл.}i}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.8)$$

$q_{\text{х-п, хол}}$ – проектная норма расхода воды на одного работающего в холодных цехах, таблица 2.2;

$N_{\text{хол.}i}$ – количество рабочих в холодных цехах в i -ю смену;

$q_{х-п, гор.}$ – проектная норма расхода воды на одного работающего в горячих цехах, таблица 2.2;

$N_{гор.i}$ – количество рабочих в горячих цехах в i -ю смену;

Суточный расход воды на душевые нужды на промышленном предприятии зависит от санитарной характеристики производственных процессов и количества работающих. Расчетные показатели душевых сеток следует принимать по таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Расчетные показатели душевых сеток

Санитарная характеристика производственных процессов		Количество работающих на одну душевую сетку	Расход воды на одного работающего, л/чел.
Ia	Отсутствие загрязнения одежды и рук	15	25
Iб	Загрязнение одежды и рук	7	53,5
IIв	Использование воды	5	75
IIг	Выделение больших количеств пыли и загрязняющих веществ	3	125

Суточный расход воды на душевые нужды на промпредприятии рассчитывается по формуле:

$$Q_{душ} = \frac{\sum_{i=1}^n q_{душ.} \cdot N_{чел.i}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.9)$$

где $q_{душ.}$ – расход воды на душевые нужды одного работающего, л/чел.

$N_{чел.i}$ – количество человек работающих в i -ую смену, ед.

Расчетное количество душевых сеток:

$$n_{сет} = \frac{N_{чел.макс.см.}}{N_{1,душ.}}, \text{ шт}, \quad (2.10)$$

где $N_{чел.макс.см.}$ – количество работающих в максимальную смену, чел.;

$N_{1,душ.}$ – расчетное количество работающих на одну душевую сетку, чел.

Расход воды на одну душевую сетку принимается – 500 л/ч, продолжительность пользования душем 45 мин. Таким образом, на одну душевую сетку приходится $\frac{500 \cdot 45}{60} = 375 \text{ литров}$.

2.5.5 Объемы воды на пожаротушение

При определении расходов воды на тушение пожара следует учитывать следующие моменты:

- Если промпредприятие расположено в населенном пункте и площадь его до 150 га, а количество проживающих до 10 000 человек, то предусматривается 1 пожар либо в городе, либо на промпредприятии.
- Если площадь промпредприятия до 150 га, а количество проживающих от 10 000 до 25 000 человек, то тогда предусматривается 2 пожара: один в населенном пункте и один – на промпредприятии.

- Если площадь промпредприятия 150 га и более, а количество проживающих до 25 000 человек, то тогда предусматривается 2 пожара: либо в населенном пункте, либо на промпредприятии.

- При численности населения более 25 000 и любой площади промпредприятия расчетное количество на тушение пожара определяется как сумма большего потребного расхода (либо в городе, либо на промпредприятии).

- Промпредприятия, расчетное количество на тушение пожара определяется как сумма большего потребного расхода (либо в городе, либо на промпредприятии) + 50 % меньшего расхода.

- Расчетная продолжительность тушения пожара – 3 часа.

2.6 Расчет сводного суточного графика почасового водопотребления.

Определение часовых расходов

Коэффициенты часовой неравномерности водопотребления следует вычислять по формулам

$$K_{\text{ч. макс}} = \alpha_{\text{макс}} \cdot \beta_{\text{макс}} ; \quad (2.11)$$

$$K_{\text{ч. мин}} = \alpha_{\text{мин}} \cdot \beta_{\text{мин}} , \quad (2.12)$$

где α — коэффициент, учитывающий степень санитарно-технического оборудования зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемый [1]

$\alpha_{\text{макс}}$ — от 1,2 до 1,4;

$\alpha_{\text{мин}}$ — от 0,4 до 0,6;

$\beta_{\text{макс}}, \beta_{\text{мин}}$ — коэффициенты, учитывающие количество жителей в населенном пункте, принимаемые по таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Коэффициенты голосовой неравномерности

Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел	до 0,1	0,15	0,20	0,30	0,50	0,75	1,0	1,5	2,5
$\beta_{\text{макс}}$	4,50	4,00	3,50	3,00	2,50	2,20	2,00	1,80	1,60
$\beta_{\text{мин}}$	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,10	0,10
Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более	
$\beta_{\text{макс}}$	1,50	1,40	1,30	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00	
$\beta_{\text{мин}}$	0,20	0,25	0,40	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	

Водопроводная сеть должна быть рассчитана на максимальный часовой расход в сутки наибольшего водопотребления

$$Q_{v, \max} = \frac{K_{v, \max} \cdot Q_{\text{сум. max}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.13)$$

$$Q_{v, \min} = \frac{K_{v, \min} \cdot Q_{\text{сум. min}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.14)$$

Режим потребления воды на питьевые и хозяйственные цели следует принимать по таблице 2.10 в соответствии со значением $K_{v, \max}$.

Режим водопотребления на производственные цели принимается равномерным в течение смены. Графики распределения хозяйственно-питьевых расходов воды по часам смены на промышленном предприятии принимаются в соответствии с характером цехов (горячие, холодные) по таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Распределение расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды на предприятиях по часам смены, % водопотребления за смену

8-часовая смена в цехах		
Часы смен	Горячих ($K = 2,5$)	Холодных ($K = 3$)
0–1	0	0
1–2	12,5	6,25
2–3	12,5	12,5
3–4	12,5	12,5
4–5	12,5	18,75
5–6	12,5	6,25
6–7	12,5	12,5
7–8	12,5	12,5
8–8,5	15,65	18,75
Итого	100	100

Пользование душем предусматривается после окончания смены в течение 45 минут.

Режимы потребления воды на нужды бани, прачечной, столовой, принимаются в соответствии с таблицей 2.10.

Таблица 2.10 – Распределение суточного расхода воды по часам суток, %

Часы суток	Расходы по населенным пунктам при коэффициенте часовой неравномерности водопотребления												Расходы по отдельным зданиям						Расходы по животноводческим фермам		
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,5	Жилой дом	Больницы, гостиницы	Общесжития, интернаты	Бани, прачечные	Столовые	Детские сады	Молочной	Свиноводчес- кой	Овцеводчес- кой
0-1	3,5	3,35	3,2	3	2,5	2	1,5	1	0,9	0,85	0,75	0,6	0,6	0,2	0,15	-	-	-	0,5	0,9	-
1-2	3,45	3,25	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1	0,9	0,85	0,75	0,6	0,5	0,2	0,15	-	-	-	1	0,5	-
2-3	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1	0,9	0,85	1	1,2	0,5	0,2	0,15	-	-	-	0,5	0,5	-
3-4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1	1	1	1	2	0,5	0,2	0,15	-	-	-	0,5	0,5	-
4-5	3,4	3,25	3,35	2,5	3,2	2,85	2,5	2	1,35	2,7	3	3,5	0,4	0,5	0,15	-	-	-	2,2	10,2	16,5
5-6	3,55	3,4	3,75	4,1	3,9	3,7	3,5	3	3,85	4,7	5,5	3,5	2	0,5	0,25	-	-	-	2,2	9,5	16,5
6-7	4,00	3,85	4,15	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,2	5,35	5,5	4,5	8	3	0,3	-	12	5	4,7	6,5	-
7-8	4,4	4,45	4,65	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	10,2	11	5	30	-	3	3	4,7	3,2	-
8-9	5,00	5,2	5,05	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5	8,8	11	8,0	6,8	6,25	1	15	10,2	3,2	-
9-10	4,8	5,05	5,4	5,6	5,85	6,05	6,25	5,5	5,85	4,2	3,5	6,5	7,5	10	4,6	6,25	18	5,5	5,4	2	-
10-11	4,7	4,85	4,85	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5	5,5	6	4,1	2,5	6	3,6	6,25	18	3,4	7,2	3,3	-
11-12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	4,1	5	10	2	6,25	2	7,4	6,1	3,3	16,7
12-13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5	7	7,5	7,9	8,5	3,5	8	10	3	6,25	1	21	4,2	7,4	16,7
13-14	4,45	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5	7	6,7	6,35	6	3,5	5	6	3	6,25	1	2,8	9,1	5,3	-
14-15	4,6	4,75	4,4	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5	4,7	2	5	3	6,25	4	2,4	6,6	3,4	-
15-16	4,6	4,7	4,55	4,4	4,6	5,3	6	4,5	4,65	4,8	5	6,2	2	8,5	3	6,25	4	4,5	2	3,4	-
16-17	4,6	4,65	4,5	4,3	4,9	5,45	6	5	4,5	4	3,5	10,4	3	5,5	4	6,25	4	4	4,2	5,2	-
17-18	4,3	4,35	4,25	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5	9,4	3	5	3,6	6,25	6	16	3,6	6,9	-
18-19	4,35	4,4	4,45	4,5	4,7	4,85	5	6,5	6,3	6,2	6	7,3	12	5	3,3	6,25	3	3	8,2	9,2	16,8
19-20	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,35	5,7	6	1,6	12	5	5	6,25	6	2	7,2	7,4	16,8
20-21	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4	4,5	5	5,5	6	1,6	0,5	2	2,6	6,25	7	2	3,5	4,3	-
21-22	4,15	4,3	4,5	4,8	4,2	3,6	3	3	3	3	3	1	1	0,7	18,6	6,25	10	3	4,6	1,3	-
22-23	3,9	4,2	4,2	4,6	3,7	2,85	2	2	2	2	2	0,6	1	3	1,6	6,25	-	-	0,8	1,3	-
23-24	3,8	3,75	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1	1	1	1	0,6	1	0,5	1	6,25	-	-	0,8	1,3	-
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	100	100	100	100

При построении расчетных графиков водопотребления следует исходить из принимаемых в проекте технических решений, исключающих совпадение максимальных отборов воды из сети на различные нужды. Для этого следует предусматривать:

- устройство на крупных промышленных предприятиях регулирующих емкостей, пополняемых по заданному графику;
- подачу воды на поливку территории и на заполнение поливочных машин из специальных регулирующих емкостей или через устройства, прекращающие подачу воды при снижении давления до заданного предела и т. д.

Поливку и мойку покрытий проездов и площадей, а также поливку зеленых насаждений необходимо осуществлять в часы минимального и среднего водопотребления.

Расходы воды всех водопотребителей заносятся в сводную таблицу почасового водопотребления. Для автоматизации расчетов следует использовать электронную таблицу Wds.xls.

3 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

3.1 Выбор системы водоснабжения

На выбор системы водоснабжения оказывают влияние следующие факторы:

- наличие источников водоснабжения;
- качество воды в источниках водоснабжения;
- удаленность источника от объекта;
- наличие искусственных, естественных преград между источником и объектом;
- требования, предъявляемые потребителем к качеству воды.

При разработке схем системы водоснабжения разрабатывают несколько конкурирующих вариантов. Затем производят предварительный расчет всех сооружений и определяют стоимость вариантов по укрупненным показателям. В качестве основного критерия используют приведенные затраты

$$ПЗ = E_n \cdot K + C, \quad (3.1)$$

где K – капитальные вложения, тыс.руб.;

E_n – коэффициент эффективности капитальных вложений (величина обратная сроку окупаемости);

C – эксплуатационные расходы в год, тыс. руб./год.

Сравнение вариантов следует осуществлять по срокам и очередности строительства с вычислением капитальных затрат и годовых эксплуатационных расходов. Эти затраты следует определять на 1 м³ суточной производительности системы в целом и отдельно очистных сооружений (с учетом себестоимости подачи и очистки 1 м³ воды. После технико-экономических расчетов принимается вариант с меньшими приведенными затратами и осуществляется окончательное проектирование системы водоснабжения.

3.2 Трассирование водопроводной сети населенного пункта

Трассы водоводов следует определять с учетом:

- соблюдения требований землепользователей;
- наличия существующих дорог, сооружений и устройств на них, линий электропередач (ЛЭП) и подземных коммуникаций;
- возможности создания санитарно-защитных полос;
- требований охраны окружающей среды и рекультивации земли.

Вдоль трасс водоводов, магистральных и распределительных сетей в населенных местах при необходимости следует предусматривать выпуски, обеспечивающие отвод промывных вод при дезинфекции в специальные земляные емкости, в отдельных случаях – в «мокрые колодцы» с вывозом воды из них спецмашинами.

При проектировании трассы водоводов, магистральных и распределительных сетей должны быть согласованы в установленном порядке со всеми заинтересованными службами.

Запрещается трассировать водоводы, магистральные и распределительные сети по территориям кладбищ, скотомогильников, свалок и другим неблагоприятным в санитарно-гигиеническом отношении местам.

При трассировании водоводов, магистральных и распределительных сетей необходимо избегать заболоченных участков, излучин крупных рек, озер, участков с неблагоприятными геологическими условиями, районов горных разрабов, застроенных территорий, оврагов и т. п.

Число пересечений водовода и магистральной сети с реками, автомобильными и железными дорогами должно быть минимальным. Если такие пересечения неизбежны, их рекомендуется делать под углом 90° к указанным препятствиям и в наиболее удобных местах для строительства и эксплуатации. В отдельных случаях, при соответствующем обосновании, допускается уменьшение угла пересечения до 45° .

Количество ниток водовода должно приниматься в зависимости от категории системы водоснабжения, количества и мощности источников водоснабжения и очередности строительства.

Водопроводные сети должны быть кольцевыми. Конфигурация сети, расположение и направление основных магистралей должны приниматься в зависимости от планировки населенного пункта, мест подачи воды от источников, расположения отдельных крупных потребителей воды, а также от различных естественных и искусственных препятствий – рек, оврагов, рельефа местности и т. п.

Прокладка наружных водопроводных сетей через здания и сооружения не допускается.

При трассировании водопроводной сети в населенном пункте следует руководствоваться следующими положениями:

- магистральные водопроводные сети необходимо направлять по кратчайшему расстоянию к наиболее крупным потребителям воды, а также к водонапорной башне и от нее;
- для обеспечения надежности водоснабжения количество линий магистральной водопроводной сети должно быть не менее двух или должно быть выполнено их кольцевание при условии подачи воды из различных источников;
- водопроводные сети должны быть расположены равномерно по всей территории объекта водоснабжения;
- для обеспечения достаточных давлений в распределительной сети магистральные линии следует прокладывать по наиболее высоким отметкам местности, при этом следует исключать возможность возникновения давления в трубопроводе ниже атмосферного;
- водопроводные линии следует располагать по обочинам дорог, исключая, по возможности, зоны асфальтовых или бетонных покрытий;
- необходимо учитывать естественные и искусственные преграды;
- развитие водопроводной сети должно учитывать очередность застройки и перспективное развитие системы водоснабжения;
- при проектировании микрорайонов (кварталов) жилой застройки необходимо разрабатывать схемы их водоснабжения, в которых должны учитываться очередность и перспективное развитие микрорайонов (кварталов).

3.3 Определение удельных расходов воды

Удельный расход воды (расход, отбираемый на единицу длины сети) определяется для каждой зоны застройки отдельно по формуле

$$q_{уд} = \frac{Q_{пут}}{L}, \text{ л/с·м}, \quad (3.2)$$

где $Q_{пут}$ – путевой расход, отбираемый равномерно из всех участков магистральных трубопроводов.

L – сумма приведенных длин линий, из которых вода отбирается с расходом $Q_{пут}$, м.

При вычислении приведенной длины руководствуются следующим:

- В L включаются участки магистральных линий, из которых вода отбирается с двух сторон в данной зоне, поэтому участки, проходящие по незастроенным территориям, зеленым насаждениям, а также через реки, озера, овраги, не включаются в суммарную приведенную длину сети.
- При расположении данного участка на границе двух районов с разной плотностью проживающего населения, в L включается половина длины данного участка для каждой зоны.
- При наличии застройки с одной стороны в приведенную длину следует включать половину длины участка.

3.4 Определение расходов воды, отбираемых на участках магистральных трубопроводов (путевых расходов)

Расходы воды, отбираемые на участках магистральных трубопроводов (путевые расходы), определяются из выражения

$$q_{пут,i} = q_{уд} \cdot L_i, \text{ л/с}, \quad (3.3)$$

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

L_i – длина участка, м.

3.5 Вычисление узловых расходов воды

Узловые расходы условно принимаются фиксированными, не зависящими от напора в водопроводной сети и определяются по формуле

$$q_{уз,k} = 0,5 \sum q_{пут} + Q_{кр.п.к}; \text{ л/с} \quad (3.4)$$

где $q_{уз,k}$ – водоотбор из узла, л/с;

$\sum q_{пут}$ – сумма путевых расходов воды на участках, примыкающих к рассматриваемому узлу, л/с;

$Q_{кр.п.к}$ – отбор воды крупными водопотребителями из узла (сосредоточенные расходы), л/с.

3.6 Расчет режима работы насосной станции второго подъема

Из резервуаров вода забирается насосами второго подъема, которые работают с переменной подачей: в ночные часы она снижается, а в дневные увели-

чивается из-за неравномерности водоотбора из сети. Поскольку водопотребление (водоотбор из сети) колеблется в течение суток, а подача насосов изменяется в значительно меньшей степени, то в системах водоснабжения предусматривается строительство одной или нескольких водонапорных башен, выполняющих роль аккумулирующего резервуара. В часы, когда подача насосной станции превосходит водоотбор из сети, избыток воды поступает в бак водонапорной башни и наоборот, если водопотребление превышает подачу насосов, то недостаток воды поступает в сеть из него. Водонапорная башня является дорогостоящим сооружением, поэтому при проектировании стремятся к тому, чтобы объем бака башни был минимальным. Вместимость бака водонапорной башни зависит в основном от регулирующего объема, который определяется путем наложения графиков водопотребления и работы насосной станции второго подъема. Если водопотребление является нерегулируемым фактором, то подачу насосной станции можно регулировать путем изменения количества работающих насосов или частоты вращения их рабочих колес. Таким образом, задача расчета оптимального режима работы насосной станции второго подъема сводится к назначению такого графика подачи, при котором регулирующий объем бака башни минимальный.

Режим работы насосной станции 2-го подъема чаще принимается в 2 ступени, в дневное время включены все рабочие насосы, в ночное – часть агрегатов выключают, это позволяет уменьшить регулирующий объем водонапорной башни и снизить избыточные напоры в водопроводной сети. Назначение графика работы насосных станций второго подъема является многовариантной задачей, поэтому для ее решения целесообразно использовать ЭВМ. Расчет оптимального режима работы насосной станции 2-го подъема выполняется по программе NS1-2F.BAS в среде QBASIC.

3.7 Расчет производительности водопитателей

Современные системы водоснабжения имеют от одного до нескольких водопитателей, к которым относятся насосные станции второго подъема, водонапорные башни. Производительность водопитателей назначается в соответствии с разведанными запасами воды в источниках водоснабжения, а также совмещением графиков подачи и потребления воды.

3.8 Предварительное потокораспределение

После вычисления узловых расходов и определения подачи водопитателей осуществляется предварительное потокораспределение, целью которого является назначение желательных направлений движения воды в линиях сети и определение линейных расходов. Очевидно, что количество воды, подаваемое в водопроводную сеть водопитателями, должно быть равно количеству воды, отбираемой потребителями.

Перед распределением намечается точка схода потоков. Выбор этой точки зависит от взаимного расположения водопитателей. За точку схода потоков

принимается наиболее удаленный от водопитателей и высоко расположенный узел. Для всех линий сети намечается направление движения воды к точке схода потоков, затем участки сети нумеруются.

Предварительное потокораспределение расходов воды начинается с ближайшего к главному водопитателю узла, затем намечаются линейные расходы таким образом, чтобы для каждого узла было справедливо тождество:

$$\sum q_i = 0; \quad (3.5)$$

где $\sum q_i$ – сумма поступающих в i -й узел и уходящих из него расходов воды.

Поступающие в узел расходы принимаются со знаком “+”, уходящие со знаком “-”.

3.9 Подбор материала и диаметров труб

Для напорных водоводов и сетей, как правило, следует применять неметаллические трубы (железобетонные напорные, пластмассовые и др.). Отказ от применения неметаллических труб должен быть обоснован.

Применение чугунных напорных труб допускается для сетей в пределах населенных пунктов, территорий промышленных, сельскохозяйственных предприятий.

Применение стальных труб допускается:

- на участках с расчетным внутренним давлением более 1,5 МПа (15 кгс/кв. см);
- для переходов под железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги;
- в местах пересечения хозяйственно-питьевого водопровода с сетями канализации;
- при прокладке трубопроводов по автодорожным и городским мостам, по опорам эстакад и в туннелях.

Стальные трубы должны приниматься экономичных сортов с толщиной стенки, толщина которой должна определяться расчетом (но не менее 2 мм) с учетом условий работы трубопроводов.

3.10 Увязка водопроводной сети на случай максимального водопотребления

Гидравлическая увязка водопроводной сети выполняется с помощью ЭВМ. Расчет осуществляется по программе “WODSFF.BAS”, в среде QBASIC.

Программой предусматривается два режима ввода исходных данных: диалоговый и из файла.

В диалоговом режиме (рекомендуется для расчета небольших кольцевых водопроводных сетей) пользователь вводит исходные данные в следующем порядке:

- количество колец (кольца сети нумеруются в произвольном порядке, два параллельных участка, например, водоводы рассматриваются как кольцо);
- количество участков (участки сети нумеруются в любой последовательности);

Описание участков водопроводной сети. Каждый участок сети описывается одной строкой и включает:

- номер кольца, расположенного слева от участка по ходу движения воды;
- номер кольца, расположенного справа от участка;
- диаметр трубопровода на участке, мм;
- длину участка, м;
- линейный расход, л/с;
- код материала труб.

Если участок расположен во внешнем контуре, то с одной стороны он будет ограничен кольцом с номером «0».

Ввод исходных данных может осуществляться из файла, записанного заблаговременно на диск. Файл представляет описание участков водопроводной сети, каждый участок сети описывается одной строкой и включает: номер кольца, расположенного слева от участка по ходу движения воды; номер кольца, расположенного справа от участка; диаметр трубопровода на участке, мм; длину участка, м; линейный расход, л/с; код материала труб. Указанные величины разделяются запятыми. Номера участков не вводятся.

Таблица 3.1 – Исходные данные к гидравлическому расчету водопроводной сети

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Тип труб
	слева	справа				

Таблица 3.2 – Результаты гидравлического расчета на случай максимального водопотребления

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Скорость воды, м/с	Потери давления, МПа
	слева	справа					

Примечание – Если в результате гидравлической увязки водопроводной сети расходы скорости получились со знаком “минус”, это свидетельствует о том, что на этих участках поменялось направление движения воды на противоположное по сравнению с предварительным потокораспределением.

3.11 Построение карт пьезолиний и карт избыточных давлений

В результате гидравлического расчета водопроводной сети определяются потери давления на участках. Водопровод должен подавать воду не только в нужном количестве, но и под необходимым давлением.

Требуемое минимальное избыточное давление в водопроводной сети на вводе в здание $P_{тр}$, МПа относительно поверхности земли при любых режимах водопотребления должно приниматься не менее 0,1 МПа для одноэтажной застройки населенного пункта.

Для диктующей точки водопроводной сети требуемое давление составит

$$P_{тр} = 0,1 + (n - 1) \cdot 0,04, \text{ МПа.} \quad (3.6)$$

где n – количество этажей в здании.

Избыточное свободное давление в последующем узле вычисляется по формуле

$$P_{i+1} = \frac{\rho \cdot g \cdot H}{10^6} + P_i + \Delta P, \quad (3.7)$$

P_{i+1} – избыточное свободное давление в последующем узле, МПа;

ρ – плотность воды, кг/м³, $\rho \approx 1000$ кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с², $g \approx 10$ м/с²;

H – разность геодезических отметок, м.

P_i – избыточное свободное давление в предыдущем узле, МПа;

ΔP – потери давления между узлами, МПа.

Таким образом, формула (3.6) может принять упрощенный вид

$$P_{i+1} = 0,01 \cdot H + P_i + \Delta P. \quad (3.6.1)$$

Обход узлов следует производить навстречу движения воды. Для всех узлов должно соблюдаться условие:

$$P_{i+1} \geq P_{mp}. \quad (3.8)$$

Определение пьезометрических отметок в узлах начинают с диктующей точки, для которой:

$$Z_{n.l.(d.m.)} = Z_{z.d.m.} + 100 \cdot P_{mp}, \text{ м}, \quad (3.9)$$

где $Z_{n.l.(d.m.)}$ – пьезометрическая отметка в диктующей точке, м; $Z_{z.d.m.}$ – отметка земли в диктующей точке, определяется по генплану интерполяцией, м; P_{mp} – требуемое давление в диктующей точке, определяемое в зависимости от этажности застройки (по формуле 3.6).

Отметки пьезолиний прочих узлов вычисляются при обходе сети по формуле

$$Z_{n.l.(i+1)} = Z_{n.l.(i)} \pm 100 \cdot \Delta P_{[(i+1)-i]}, \text{ м}, \quad (3.10)$$

где $Z_{n.l.(i+1)}$ – пьезометрическая отметка последующего узла водопроводной сети, м;

$Z_{n.l.(i)}$ – пьезометрическая отметка предыдущего узла сети, м;

$\Delta P_{[(i+1)-i]}$ – потери давления на участке между (i+1) и i-м узлами (по результатам гидравлического расчета).

3.12 Проектирование водонапорной башни

Бак водонапорной башни хозяйственно-противопожарного водопровода должен содержать объем воды для регулирования неравномерности водопотребления и неприкосновенный противопожарный запас: для населенных мест на 10-минутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожаров при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

Полный объем водонапорной башни определяется по формуле:

$$W_{n(6)} = W_{рез(6)} + W_{nn}, \text{ м}^3. \quad (3.11)$$

где $W_{пж}$ – неприкосновенный противопожарный запас воды в баке башни.

$$W_{nn} = 0,6 \cdot (Q_{p.c.} + Q_n), \text{ м}^3, \quad (3.12)$$

где $Q_{p.c.}$ – расчетный расход воды из водопроводной сети в час максимального водопотребления

Q_n – расход воды на 10-ти минутную продолжительность одного внутреннего и одного наружного пожара.

Разработаны типовые проекты водонапорных башни вместимостью 100, 150, 200, 300, 500, 800 м³, с высотой ствола 12...42 м.

$$W_{\pi(б)} = \frac{\pi \cdot D_б^2}{4} h_{б\epsilon}; \quad (3.13)$$

$$D_{б\epsilon} = h_{б\epsilon} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot W_{\pi(б)}}{\pi}}. \quad (3.14)$$

Высота противопожарной призмы

$$h_{\pi,\pi} = \frac{4 \cdot W_{\pi,\pi}}{\pi \cdot D_б^2}. \quad (3.15)$$

Высота ствола водонапорной башни

$$H_{\text{ствола}} = \frac{P_{\text{башни}} \cdot 10^6}{\rho \cdot g} - h_{\pi,\pi}. \quad (3.16)$$

где $P_{\text{башни}}$ – избыточное давление в точке, где расположена водонапорная башня, МПа.

3.13 Определение размеров резервуаров чистой воды (РЧВ)

Резервуары предназначены для хранения хозяйственных, противопожарных, технологических и аварийных запасов воды. В зависимости от конструкции и принципа работы они бывают: по форме – круглые и прямоугольные; по степени заглубления – подземные и полуподземные; по материалу – железобетонные и бетонные.

Резервуары должны быть надежны в работе, экономичны и удобны в эксплуатации; материал, из которого они выполнены, не должен ухудшать качество воды.

Для обеспечения надежности водоснабжения в системах крупных водопроводов необходимо устраивать несколько резервуаров (не менее 2-х), дающих в сумме расчетную емкость. Это позволяет выключать на ремонт или промывку отдельные резервуары.

Объем РЧВ следует определять по формуле

$$W_{\text{полн(РЧВ)}} = W_{\text{рег(РЧВ)}} + W_{\text{в/с}} + W_{\text{пт}}, \text{ м}^3, \quad (3.17)$$

где $W_{\text{рег(РЧВ)}}$ – регулирующая емкость, м³;

$W_{\text{пт}}$ – неприкосновенный противопожарный запас воды, м³;

$W_{\text{в/с}}$ – объем воды на нужды водоочистной станции, м³.

$$W_{\text{пт}} = \frac{3 \cdot 3600}{1000} \cdot Q_{\text{пож}} + W_{\text{х-н}} - 3Q_{\text{исл}}, \text{ м}^3, \quad (3.18)$$

где $Q_{\text{пож}}$ – расход воды на тушение расчетного количества одновременных пожаров, л/с.

3.14 Определение давления насосов насосной станции II подъема

Система водоснабжения должна обеспечивать требуемое давление в сети. Давление насосной станции следует определять по формуле

$$P_{\text{НС}} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{\text{РЧВ}}}{10^6} + P_{\text{взм}} + \Delta P_{\text{поток}} + \Delta P_{\text{камин}}, \text{ МПа}, \quad (3.19)$$

где $H_{рчв} = Z_{водаРЧВ} - Z_{з.камеры}$;

$Z_{з.камеры}$ – отметка земли у камеры переключений кольцевой водопроводной сети, м;

$P_{кам}$ – избыточное давление у камеры переключений кольцевой водопроводной сети, МПа;

$\Delta P_{водов}$ – потери давления в водоводах, МПа;

$\Delta P_{коммун}$ – потери во всасывающих линиях, коммуникациях и измерительном устройстве насосной станции (принимается 0,03...0,04 МПа);

$Z_{водаРЧВ}$ – отметка уровня воды в РЧВ, соответствующая противопожарному объему, м;

$h_{н.п}$ – высота противопожарного объема, м.

$$Z_{водаРЧВ} = Z_{з.н.с.} - 0,5 + h_{н.п.}, \text{ м}, \quad (3.20)$$

$Z_{з.н.с.}$ – отметка земли возле насосной станции, м;

0,5 – заглубление дна РЧВ на площадке водоочистой станции, м.

4 ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОЖАРА

В настоящее время системы питьевого водоснабжения по назначению являются объединенными, т. е. выполняют несколько функций:

- подача воды на питьевые и хозяйственные нужды;
- подача воды для пожаротушения;
- подача воды на промышленные предприятия, в том числе и на технологические нужды, если для таковых требуется вода питьевого качества.

При возникновении пожара система водоснабжения работает не в штатном режиме, поэтому требуется проверочный расчет, справится ли она с подачей дополнительного расхода воды, необходимого для тушения пожара. При этом необходимо учитывать следующие моменты:

- пожар возникает в час максимального водопотребления;
- давление в любой точке водопроводной сети не должно быть менее 0,1 МПа, при этом часть потребителей на время пожара остаются без воды;
- места предполагаемого возникновения пожара следует назначать на плане населенного пункта в узлах, находящихся в неблагоприятных гидравлических условиях, а именно: в наиболее удаленных от водопитателей и высоко расположенных узлах;
- расчетное количество одновременных пожаров и проектные нормы расходов воды на тушение одного пожара следует принимать в соответствии с пунктами 2.4 и 2.5.5.

5 ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ МАКСИМАЛЬНОМ ТРАНЗИТЕ ВОДЫ В ВОДОНАПОРНУЮ БАШНЮ

Если система водоснабжения включает водонапорную башню, расположенную в середине или конце сети, считая от основных водопитателей – насосных станций, то следует выполнить проверочный расчет для режима максимального транзита воды в башню. Час максимального транзита – час, когда подача насосов второго подъема в наибольшей степени превосходит водопотребление. В этот час значительный расход воды проходит транзитом через водопроводную сеть от насосных станций до водонапорной башни и аккумулируется в ней.

Методика проверочного расчета аналогична рассмотренной выше и включает:

- расчет удельных, путевых, узловых, линейных расходов в соответствующий час;
- гидравлическую увязку водопроводной сети с расчётом потерь давления на участках. При этом следует учитывать:
- диаметры участков водопроводной сети должны соответствовать режиму максимального водопотребления;
- диктующей точкой является узел, в котором расположена водонапорная башня;
- расход воды, поступающий в башню, является узловым расходом для этого узла;
- требуемое избыточное давление должно обеспечивать подачу воды в бак башни при максимальном уровне воды в нём

$$P_{\text{башни}} = \frac{\rho \cdot g \cdot (H_{\text{статика}} + h_{\text{г.б.}})}{10^6}, \text{ МПа.} \quad (5.1)$$

6 ПРИМЕР РАСЧЕТА

6.1 Характеристика населенного пункта

Населенный пункт расположен в Республике Беларусь, состоит из двух зон застройки. Генплан в масштабе 1:10000 представлен на рис 6.1.

Характеристика зоны застройки:

расчетная этажность застройки – 4 этажа;
степень благоустройства зданий – 5 (здания, оборудованные внутренним водопроводом, канализацией (умывальниками, мойками, душами) с централизованным горячим водоснабжением);
расчетное количество населения – 19000 человек.

Данные по коммунальным предприятиям:

Баня 610 посетителя в смену;
Прачечная 1980 кг сухого белья в сутки;
Столовая 470 посетителей.

Таблица 6.1 – Исходные данные по промышленным предприятиям

Данные по промышленным предприятиям	Предприятие № 1
Количество смен	3
Кол-во выпускаемой продукции в сутки, ед.	166
Кол-во выпускаемой продукции в тах смену, ед.	66
Норма расхода воды на единицу выпускаемой продукции, м ³	9
Количество работающих в сутки, чел.	6192
Количество работающих в I-ю смену, чел.	2477
Работает в горячих цехах, %	49
Санитарная характеристика производственных процессов	Iа
Характеристика производственного процесса по пожарной опасности	Б
Степень огнестойкости здания	II
Объем здания, тыс. м ³	67

В качестве водопитателей в проекте приняты насосная станция № 1 и насосная станция № 2, которые подают в сеть по 40 % и 60 % соответственно требуемого расхода воды. Третьим водопитателем является водонапорная башня.

6.2 Водохозяйственные расчеты

6.2.1 Расчет суточных хозяйственно-питьевых расходов воды населения

С учетом степени благоустройства районов жилой застройки принимаются нормы водопотребления на одного жителя:

для первой зоны $q_1 = 200$ л/сут.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения 1-го района в сутки среднего водопотребления соответственно составит:

$$Q_{сут. ср.} = \frac{(q_1 \cdot N_1)}{1000} = \frac{(200 \cdot 19000)}{1000} = 3800 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

Водопотребление в максимальные сутки определяется по формуле

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

В минимальные сутки водопотребление рассчитывается из зависимости

$$Q_{сут. мин.} = K_{сут. мин.} \cdot Q_{сут. ср.},$$

где $K_{сут. макс.}$ и $K_{сут. мин.}$ – соответственно максимальный и минимальный коэффициенты неравномерности, которые принимаются в зависимости от степени благоустройства районов жилой застройки населенного пункта:

$$1\text{-й район: } K_{сут. макс.} = 1,1; K_{сут. мин.} = 0,9.$$

Расчет суточных расходов сведён в таблицу 6.2.

Расходы воды на нужды местной промышленности, обслуживающей население и неучтенные расходы, дополнительно рекомендуется принимать в размере до 20 % от суммарного среднесуточного расхода на хозяйственно-питьевые нужды населения.

Таблица 6.2 – Суточные объемы воды на хозяйственно-питьевые расходы населением города

Район и виды расходов	Расчетное число жителей	Норма водопотребления, л/сут	Коэффициент суточной неравномерности водопотребления		Суточные расходы, м³/сут		
			$K_{сут. макс}$	$K_{сут. мин.}$	Средн.	Макс.	Мин.
1-район							
Расход населением	19000	200	1,1	0,9	3800	4180	3420
Неучтенные расходы 10%					380	418	342
Итого по 1 району					4180	4598	3762

6.2.2 Расчет суточного объема воды на полив

Удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление на поливку в расчете на одного жителя с учетом местных условий принимается $q_{пол} = 4 \text{ л/сут} \cdot \text{чел.}$:

$$Q_{пол} = \frac{N_1 \cdot q_{пол}}{1000}, \text{ м}^3 / \text{сут};$$

$$Q_{пол} = \frac{19000 \cdot 4}{1000} = 76 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

Полив предусматривается в течение 5 часов:

$$Q_{час. полив} = 76/5 = 15,2 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Полив осуществляется в часы минимального водопотребления.

6.2.3 Расчет потребления воды промышленным предприятием и предприятиями местной промышленности

6.2.3.1 Хозяйственно-питьевое водоснабжение на промпредприятиях

Количество работающих на промпредприятии № 1 по сменам составит:

смена № 1 – 2477 чел.

смена № 2 – $(6192 - 2477) : 2 = 1858$ чел.

Расчет расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих сведены в таблицу 6.2.

6.2.3.2 Душевые расходы

Для санитарной характеристики производственных процессов Ia на одну душевую сетку приходится 15 человек. Количество одновременно работающих сеток для промышленного предприятия № 1:

$$Ns_I^{max} = 2477 / 15 = 165 \text{ шт.};$$

$$Ns_I^{IIu III} = 1858 / 15 = 124 \text{ шт.}$$

Норма на одну душевую составляет 500 л/ч, а продолжительность работы душа 45 минут. Количество воды, расходуемой за 45 минут одной душевой сеткой, составит:

$$Q_s = (500 \cdot 45) / 60 = 375 \text{ литров.}$$

Расход воды на одного рабочего за смену: $375 / 15 = 25$ л/смену.

Промышленное предприятие № 1:

На всю смену (330 рабочих в первую смену) расход воды составит:

$$Q_{см. I.} = 2477 \cdot 25 = 61925 \text{ л/смену} = 61,9 \text{ м}^3/\text{смену.}$$

За вторую (третью) смену: $1858 \cdot 25 = 46450 \text{ л/смену} = 46,45 \text{ м}^3/\text{смену.}$

6.2.3.3 Расход воды на производственные процессы

Предприятие № 1 работает в три смены, а предприятие № 2 – в две смены.

Количество выпускаемой продукции по сменам составляет:

Промышленное предприятие № 1:

– 1-я смена – 66 т;

– 2-я смена – 50 т.

Откуда расходы на производственные нужды по сменам:

Промышленное предприятие № 1:

– 1-я – $66 \cdot 9 = 594 \text{ м}^3/\text{смену};$

– 2-я – $50 \cdot 9 = 450 \text{ м}^3/\text{смену.}$

Расходы воды на промышленном предприятии сводятся в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Расходы воды на промышленном предприятии

Пред- приятие	№№ смен	Наимено- вание цехов	Хозяйственно-питьевые нужды			Расход на душевые нужды			Производственные нужды			Всего м ³ /см
			Количество работающих, чел.	Норма водопот- ребления, л/см.	Расход воды за смену, м ³ /см	Коли- чество работаю- щих, чел. N	Норма водопот- реблени я, л/см, Q _{душ.}	Расход м ³ /см Q _{душ.}	Количество продукции, т	Удельный расход, м ³ /т	Расход, м ³ /см Q _{пр.}	
П/П № 1	1	холодный горячий общий	1263 1214 2477	25 45	31,575 54,630 86,205	2477	25	61,925	66	9	594	742,1
	2	холодный горячий общий	948 910 1858	25 45	23,7 41 64,7	1858	25	46,450	50	9	450	561,2
Всего в сутки		холодный горячий общий	2211 2124 4335	25 45	55,3 95,6 150,9	4335		108,38	116		1044	1303,3

6.2.3.4 Расчет суточного объема воды для нужд бани

Объем воды, необходимый для нужд бани

$$Q_{\text{бани}} = \frac{N_1 \cdot q_{\text{бани}}}{1000}, \text{ м}^3 / \text{сут},$$

где N – количество посетителей в смену; $q_{\text{бани}}$ – норма расхода воды на одного моющегося $q_{\text{бани}} = 180 \text{ л/сут}$.

$$Q_{\text{бани}} = \frac{610 \cdot 180}{1000} = 109,8 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

6.2.3.5 Объем воды, необходимый для нужд прачечной

$$Q_{\text{прач}} = \frac{n \cdot q_{\text{прач}}}{1000}, \text{ м}^3 / \text{сут},$$

где n – расчетная производительность прачечной – количество килограмм сухого белья в сутки, $n = 1980 \text{ кг}$;

$q_{\text{прач}}$ – норма расхода воды на стирку одного килограмма белья. $q_{\text{прач}} = 75 \text{ л/сут}$

$$Q_{\text{прач}} = \frac{1980 \cdot 75}{1000} = 148,5 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

6.2.3.6 Расчет суточного объема воды на нужды столовой

Суточный объем воды на нужды столовой

$$Q_{\text{стол}} = \frac{N \cdot q_{\text{стол}}}{1000}, \text{ м}^3 / \text{сут},$$

где N – количество блюд приготавливаемых в столовой за сутки.

$$N = N_{\text{обед}} \cdot 3 = 470 \cdot 3 = 1410.$$

$N_{\text{обед}}$ – количество человек, обедающих в столовой за сутки;

3 – количество блюд, употребляемых одним обедающим;

$q_{\text{стол}}$ – норма расхода воды для приготовления одного блюда;

$q_{\text{стол}} = 12 \text{ л/блюдо}$.

$$Q_{\text{стол}} = \frac{3 \cdot 470 \cdot 12}{1000} = 16,92 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

6.2.4 Расчет сводного суточного графика почасового водопотребления.

Определение часовых расходов

Коэффициенты, учитывающие степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие условия, принимаются

для первого района:

$\alpha_{\text{max}} = 1,2$ (рекомендуется $1,2 \dots 1,4$); $\alpha_{\text{min}} = 0,6$ (рекомендуется $0,4 \dots 0,6$);

для второго района:

$\alpha_{\text{max}} = 1,3$; $\alpha_{\text{min}} = 0,5$.

Коэффициенты, учитывающие количество жителей в населенном пункте, составят для первого района:

$\beta_{\text{max}} = 1,21$; $\beta_{\text{min}} = 0,49$.

Тогда коэффициенты часовой неравномерности водопотребления для первого района:

$$K_{v, \max} = 1,2 \cdot 1,21 = 1,45 \approx 1,5$$

$$K_{v, \min} = 0,6 \cdot 0,49 = 0,29 \approx 0,3$$

По максимальным коэффициентам часовой неравномерности принимаются соответствующие типовые графики распределения расходов по часам суток.

6.2.4.1 Определение максимальных и минимальных часовых расходов воды населенным пунктом

Водопроводная сеть должна быть рассчитана на максимальный часовой расход в сутки наибольшего водопотребления:

$$Q_{v, \max} = \frac{K_{v, \max} \cdot Q_{\text{сут max}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{v, \max 1} = 1,5 \cdot \frac{4180}{24} = 261 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Наименьший водоотбор из водопроводной сети будет в час минимального водопотребления в сутки наименьшего водопотребления:

$$Q_{v, \min} = \frac{K_{v, \min} \cdot Q_{\text{сут min}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{v, \min 1} = 0,3 \cdot \frac{3420}{24} = 42,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Промышленные предприятия работают в три и две смены:

1-я смена с 8 до 16 ч;

2-я смена с 16 до 24 ч;

3-я смена с 0 до 8 ч.

Режим водопотребления на производственные цели принимается равномерным в течение смены.

Графики распределения хозяйственно-питьевых расходов воды по часам смены на промпредприятиях принимаются в соответствии с характером цехов (горячие, холодные).

Пользование душем предусматривается после окончания смены в течение 45 минут.

Режимы потребления воды на нужды бани, прачечной, столовой, а также расходы воды населенным пунктом принимаются в соответствии типовыми графиками.

Расходы всеми категориями водопотребителей заносятся в сводную таблицу почасового водопотребления 6.4. Для автоматизации расчетов используется электронная таблица Wds.xls. Для расчета вводятся типовые графики в соответствии с коэффициентами часовой неравномерности (см. табл. 2.10.) (диапазон ячеек B5:B29 – I район и D5:D29 – II район). В ячейки C31 и F31 заносятся значения максимального суточного водопотребления I и II районов соответственно. Для промышленного предприятия вводятся расходы воды на технологическис, хозяйственно-питьевые и душевые нужды по сменам, а для бани, прачечной и столовой заносятся суточные объемы водопотребления. В результате автоматического пересчета наибольший водоотбор с учетом всех потребителей наблюдается в 9 часов и составляет 392,41 м³/ч.

Таблица 6.4. Сводная таблица почасового водопотребления для первой очереди строительства

ЧАСЫ СУТОК	ХОЗ.ПИТЬЕВОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ						ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ №1						БАНЯ	ПРАЧЕЧНАЯ		СТОЛОВАЯ		ВСЕГО	ПОЛИВ		ВСЕГО С ПОЛИВОМ		ЧАСЫ СУТОК
	1 РАЙОН		2 РАЙОН		ТЕХНОЛОЖДЫ		ХОЗ.ПИТЬЕВЫЕ НУЖДЫ				ДУШЕВЫЕ												
							ХОЛОДЦЕХА		ГОРЯЦЕХА														
	%	м³/ч	%	м³/ч	%	м³/ч	%	м³/ч	%	м³/ч		м³/ч											
1.00	1.50	68.97	1.00	0.00	0.00	0.00	18.75	0.00	15.65	0.00	46.45						115.42			115.42	1.85	1	
2.00	1.50	68.97	1.00	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00	12.05	0.00							68.97			68.97	1.10	2	
3.00	1.50	68.97	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	12.05	0.00					68.97			68.97	1.10	3	
4.00	1.50	68.97	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	12.05	0.00					68.97			68.97	1.10	4	
5.00	2.50	114.95	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.75	0.00	12.05	0.00					114.95	15.20		130.15	2.08	5	
6.00	3.50	160.93	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00	12.05	0.00					160.93	15.20		176.13	2.82	6	
7.00	4.50	206.91	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	12.05	0.00				12.00	2.03	208.94	15.20		224.14	3.58	7
8.00	5.50	252.89	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	12.05	0.00				3.00	0.51	253.40			253.40	4.05	8
9.00	6.25	287.38	6.50	0.00	12.50	74.25	18.75	5.92	15.65	8.55	0.00	6.25	6.86	6.25	9.28	1.00	0.17	392.41			392.41	6.28	9
10.00	6.25	287.38	5.50	0.00	12.50	74.25	6.25	1.97	12.05	6.58		6.25	6.86	6.25	9.28	18.00	3.05	389.37			389.37	6.23	10
11.00	6.25	287.38	4.50	0.00	12.50	74.25	12.50	3.95	12.05	6.58		6.25	6.86	6.25	9.28	18.00	3.05	391.34			391.34	6.26	11
12.00	6.25	287.38	5.50	0.00	12.50	74.25	12.50	3.95	12.05	6.58		6.25	6.86	6.25	9.28	2.00	0.34	388.64			388.64	6.22	12
13.00	5.00	229.90	7.00	0.00	12.50	74.25	18.75	5.92	12.05	6.58		6.25	6.86	6.25	9.28	1.00	0.17	332.97			332.97	5.33	13
14.00	5.00	229.90	7.00	0.00	12.50	74.25	6.25	1.97	12.05	6.58		6.25	6.86	6.25	9.28	1.00	0.17	329.02			329.02	5.26	14
15.00	5.50	252.89	6.00	0.00	12.50	74.25	12.50	3.95	12.05	6.58		6.25	6.86	6.25	9.28	4.00	0.68	354.49			354.49	5.67	15
16.00	6.00	275.88	4.50	0.00	12.50	74.25	12.50	3.95	12.05	6.58		6.25	6.86	6.25	9.28	4.00	0.68	377.48			377.48	6.04	16
17.00	6.00	275.88	5.00	0.00	12.50	56.25	18.75	4.44	15.65	6.42	61.93	6.25	6.86	6.25	9.28	4.00	0.68	421.74			421.74	6.75	17
18.00	5.50	252.89	6.50	0.00	12.50	56.25	6.25	1.48	12.05	4.94		6.25	6.86	6.25	9.28	6.00	1.02	332.72			332.72	5.32	18
19.00	5.00	229.90	6.50	0.00	12.50	56.25	12.50	2.96	12.05	4.94		6.25	6.86	6.25	9.28	3.00	0.51	310.70			310.70	4.97	19
20.00	4.50	206.91	5.00	0.00	12.50	56.25	12.50	2.96	12.05	4.94		6.25	6.86	6.25	9.28	6.00	1.02	288.22			288.22	4.61	20
21.00	4.00	183.92	4.50	0.00	12.50	56.25	18.75	4.44	12.05	4.94		6.25	6.86	6.25	9.28	7.00	1.18	266.88			266.88	4.27	21
22.00	3.00	137.94	3.00	0.00	12.50	56.25	6.25	1.48	12.05	4.94		6.25	6.86	6.25	9.28	10.00	1.69	218.45	15.20		233.65	3.74	22
23.00	2.00	91.96	2.50	0.00	12.50	56.25	12.50	2.96	12.05	4.94		6.25	6.86	6.25	9.28			172.26	15.20		187.46	3.00	23
24.00	1.50	68.97	1.00	0.00	12.50	56.25	12.50	2.96	12.05	4.94		6.25	6.86	6.25	9.28			149.27			149.27	2.37	24
Итого	100.00	4998.00	100.00	0.00	200.00	1044.00	300.00	55.28	300.00	95.63	108.38	100.00	109.80	100.00	148.50	100.00	16.92	6176.51	76.00		6252.51	100.00	
$Q_{х.п.1} = 4998,00$		$Q_{х.п.2} = 0,00$		$Q_{с.т.1} = 1044,00$		$Q_{с.т.2} = 55,28$		$Q_{с.т.3} = 95,63$		$Q_{с.т.д.} = 108,80$		$Q_{с.т.лр.} = 148,50$		$Q_{с.т.ст.} = 16,92$									
				$Q_{см.1} = 594,00$		$Q_{см.1} = 31,58$		$Q_{см.1} = 54,63$															
				$Q_{см.2} = 450,00$		$Q_{см.2} = 23,70$		$Q_{см.2} = 41,00$															
				$Q_{см.3} = 0,00$		$Q_{см.3} = 0,00$		$Q_{см.3} = 0,00$															

6.3 Гидравлический расчет водопроводной сети

6.3.1 Выбор системы водоснабжения

В рассматриваемом примере с учетом природных условий принята система водоснабжения с забором воды из поверхностного и подземного источников. Водопроводная сеть проектируется кольцевой, с водонапорной башней, расположенной в наиболее возвышенной точке населенного пункта.

Водозаборное сооружение из поверхностного источника, согласно ситуационному плану, расположено на расстоянии 2600 м, а из подземного – на расстоянии 3150 м от распределительных камер водопроводной сети.

6.3.2 Трассирование водопроводной сети населенного пункта

Трассировка водопроводной сети на 1-й очереди строительства приведена на рис. 6.1.

6.3.3 Определение удельных расходов воды

В соответствии с генпланом длина магистральных линий в 1-м районе составляет: $L = 6450$ м.

Удельный расход воды

$$q_{уд1} = \frac{Q_{нпм.1}}{L_1} = \frac{287,38}{3,6 \cdot 6450} = 0,0123764 \text{ л/с} \cdot \text{м}.$$

6.3.4 Определение расходов воды, отбираемых на участках магистральных трубопроводов (путевых расходов)

Расходы воды, отбираемые на участках магистральных трубопроводов (путевые расходы), определяются из выражения

$$q_{нпм.i} = q_{уд} L_i, \text{ л/с},$$

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

L_i – длина участка, м.

Результаты расчетов путевых расходов сведены в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Вычисление путевых расходов

Участок	Приведенная длина, м	Расход $q_{пут.}$, л/с
1 район		
1–2	520	6,44
1–4	380	4,70
2–3	600	7,43
3–4	250	3,09
3–12	230	2,85
4–5	780	9,65
5–12	710	8,79

Продолжение таблицы 6.5

Участок	Приведенная длина, м	Расход $q_{\text{пут.}}$, л/с
12-11	470	5,82
5-6	190	2,35
11-9	340	4,21
9-6	260	3,22
6-7	390	4,83
8-7	210	2,60
8-9	320	3,96
10-8	440	5,45
10-11	360	4,46
Итого	6450	79,83

6.3.5 Вычисление узловых расходов воды

В час максимального водопотребления сосредоточенные расходы составляют:

- промышленное предприятие № 1 – $Q_{\text{п/п}} = 70,78 \text{ м}^3/\text{ч} = 19,66 \text{ л/с}$
- промышленное предприятие № 2 – $Q_{\text{п/п}} = 97,23 \text{ м}^3/\text{ч} = 27,01 \text{ л/с}$
- баня – $Q_6 = 6,86 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,91 \text{ л/с}$
- прачечная – $Q_{\text{пр.}} = 9,28 \text{ м}^3/\text{ч} = 2,58 \text{ л/с}$
- столовая – $Q_{\text{ст}} = 0,17 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,047 \text{ л/с}$

Расчет узловых расходов воды сведен в таблицу 6.6.

Таблица. 6.6. Значения узловых расходов

Номер узловой точки	Номера, прилегающих к узловой точке участков	$\Sigma q_{\text{пут.}}$, л/с	$Q_{\text{к.п}}$	$q_{\text{узел.}}$, л/с
1	1-4, 1-2	11,14	24,64	30,21
2	2-3, 2-1	13,87		6,94
3	3-2, 3-4, 3-12	13,37	2,58	9,27
4	4-3, 4-5, 4-1	17,44		8,72
5	5-4, 5-12, 5-6	20,79		10,40
6	6-5, 6-9, 6-7	10,40		5,20
7	7-6, 7-8	7,43		3,72
8	8-7, 8-9, 8-10	12,01		6,01
9	9-11, 9-6, 9-8	11,39	0,047	5,74
10	10-8, 10-11	9,91		4,96
11	11-10, 11-9, 11-12	14,49		7,25
12	12-11, 12-5, 12-3	17,46	1,91	10,64
Итого		159,70	29,18	109,06

6.3.6 Расчет режима работы насосной станции второго подъема

Поскольку в примере расчета принята трехсторонняя схема питания, в час максимального водопотребления (подача воды в сеть в этот час осуществляется от двух насосных станций и от водонапорной башни), то необходимо вычислить, сколько воды будет поступать от насосных станций и сколько от водонапорной башни. Это можно определить путем совмещения графиков водопотребления и работы насосной станции 2-го подъема.

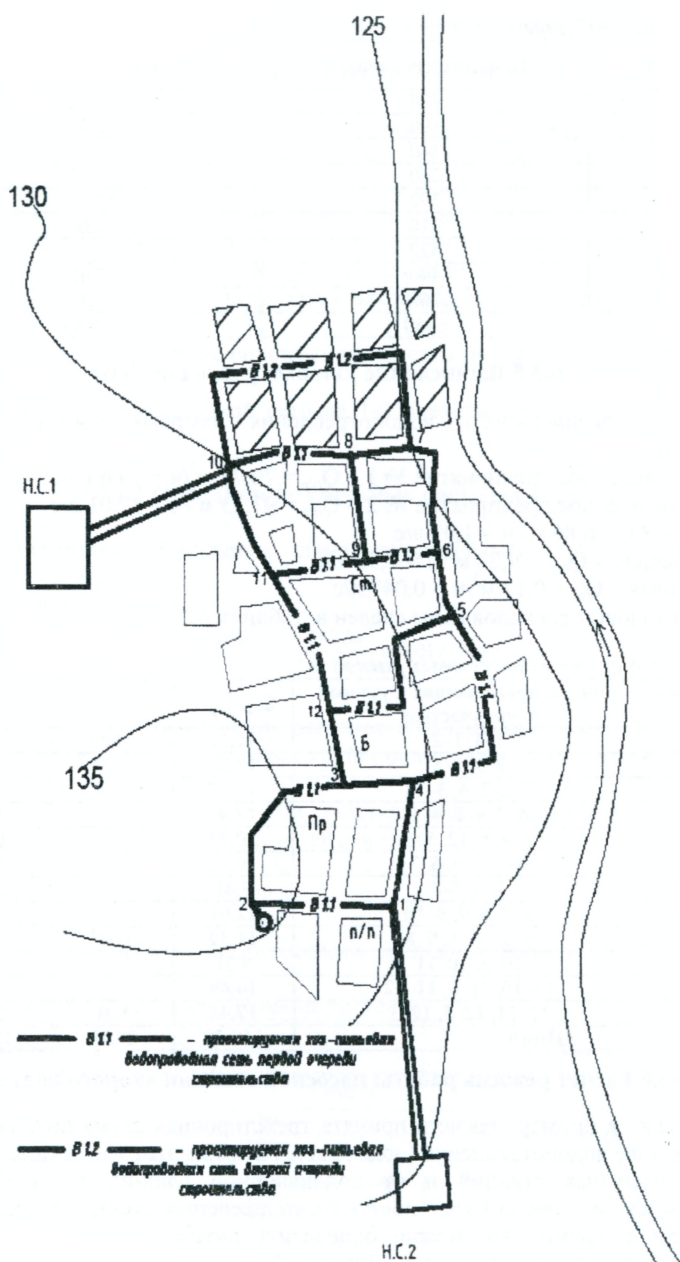


Рисунок 6.1 – Трассировка водопроводной сети

Результаты расчетов приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Расчет режима работы насосной станции 2-го подъема и определение вместимости регулирующих емкостей по программе NSI-2F.BAS

часы суток	водопотребление % от $Q_{сут. макс.}$	Подача насосной станции		Расход воды		Остаток воды в башне % от $Q_{сут. макс.}$	Расход воды		Остаток воды в РЧВ % от $Q_{сут. макс.}$
		I-го подъема % от $Q_{сут. макс.}$	II-го подъема % от $Q_{сут. макс.}$	Из башни % от $Q_{сут. макс.}$	В Башню % от $Q_{сут. макс.}$		Из РЧВ % от $Q_{сут. макс.}$	В РЧВ % от $Q_{сут. макс.}$	
1,00	1,85	4,16	2,05	-	0,20	0,00	-	2,11	0,00
2,00	1,10	4,16	2,05	-	0,95	0,20	-	2,11	2,11
3,00	1,10	4,16	2,05	-	0,95	1,15	-	2,11	4,22
4,00	1,10	4,16	2,05	-	0,95	2,09	-	2,11	6,34
5,00	2,08	4,17	2,05	0,03	-	3,04	-	2,12	8,45
6,00	2,82	4,17	2,05	0,77	-	3,01	-	2,12	10,57
7,00	3,58	4,17	2,05	1,53	-	2,24	-	2,12	12,69
8,00	4,05	4,17	5,68	-	1,63	0,71	1,51	-	14,81
9,00	6,28	4,17	5,68	0,60	-	2,34	1,51	-	13,30
10,00	6,23	4,17	5,68	0,55	-	1,74	1,51	-	11,79
11,00	6,26	4,17	5,68	0,58	-	1,19	1,51	-	10,28
12,00	6,22	4,17	5,68	0,54	-	0,61	1,51	-	8,77
13,00	5,33	4,17	5,68	-	0,35	0,07	1,51	-	7,26
14,00	5,26	4,17	5,68	-	0,42	0,42	1,51	-	5,75
15,00	5,67	4,17	5,68	-	0,01	0,84	1,51	-	4,24
16,00	6,04	4,17	5,68	0,36	-	0,85	1,51	-	2,73
17,00	6,75	4,17	5,68	1,07	-	0,49	1,51	-	1,22
18,00	5,32	4,17	5,68	-	0,36	-0,58	1,51	-	-0,29
19,00	4,97	4,17	5,68	-	0,71	-0,22	1,51	-	-1,80
20,00	4,61	4,17	5,68	-	1,07	0,49	1,51	-	-3,31
21,00	4,27	4,16	5,68	-	1,41	1,56	1,52	-	-4,82
22,00	3,74	4,16	2,05	1,69	-	2,97	-	2,11	-6,34
23,00	3,00	4,16	2,05	0,95	-	1,27	-	2,11	-4,22
24,00	2,37	4,16	2,05	0,32	-	0,32	-	2,11	-2,11
Итого	100,00	100,00	100,00	9,00	9,00		21,15	21,15	

Регулирующий объем водонапорной башни	3,63 % от $Q_{сут. макс.}$	270,11 M^3
Регулирующий объем РЧВ	21,15 % от $Q_{сут. макс.}$	1322,41 M^3

6.3.7 Расчет производительности водопитателей

В соответствии с заданием насосная станция № 1 подаёт 40 %, а № 2 – 60 % расчетного расхода, суммарная подача Н.С. II на второй ступени согласно расчету на ЭВМ составит

$$\sum Q_{н.с. II} = \frac{Q_{от} \cdot 5,68}{100} = \frac{6252,51 \cdot 5,68}{100} = 355,14 M^3 / ч = 98,65 л / с .$$

Тогда подача Н.С. II № 1

$$q_{н.с.1} = 0,4 \sum Q_{н.с. II} = 0,4 \cdot 98,65 = 39,46 л / с .$$

Подача Н.С. II № 2

$$q_{н.с.2} = 0,6 \sum Q_{н.с. II} = 0,6 \cdot 98,65 = 59,19 л / с .$$

Расход воды из башни

$$Q_6 = q_{ч. макс} - \sum Q_{н.с. II}, л / с ;$$

$$q_{ч. макс} = 392,41 M^3 / ч = 109,003 л / с ,$$

$q_6 = 109,003 - 98,65 = 10,35 \text{ л/с}$ (см. таблицу 6.4 для часа максимального потребления).

6.3.8 Предварительное потокораспределение

Перед распределением намечается точка схода потоков. Выбор этой точки зависит от взаимного расположения водопитателей. За точку схода потоков принимается наиболее удаленный от водопитателей и высоко расположенный узел (в данном примере узел № 8). Для всех линий сети намечается направление движения воды к точке схода потоков. затем участки сети нумеруются.

Данные предварительного потокораспределения приведены на рисунке 6.2.

6.3.9 Подбор материала и диаметров труб

В пределах населенного пункта принимаются чугунные напорные трубы по ГОСТ 9583-75, для водоводов 2-го подъема – стальные, по ГОСТ 10704-76. Диаметры труб на расчетных участках принимаются по значениям линейных расходов.

6.3.10 Увязка водопроводной сети

Гидравлическая увязка водопроводной сети выполняется с помощью ЭВМ. Расчет осуществляется по программе «WODSFF.BAS», в среде QBASIC.

В курсовом проекте рассчитывается водопроводная сеть, состоящая из 8 колец и 22 расчетных участков. Ввод исходных данных осуществляется из файла, записанного заблаговременно на диск или в диалоговом режиме. Файл представляет описание участков водопроводной сети, каждый участок сети описывается одной строкой и включает: номер кольца, расположенного слева от участка по ходу движения воды; номер кольца, расположенного справа от участка; диаметр трубопровода на участке, мм; длину участка, м; линейный расход, л/с; код материала труб. Указанные величины разделяются запятыми. Номера участков не вводятся.

Исходные данные по описанию участков приведены в таблице 6.8.

Результаты гидравлического расчета для случая максимального водопотребления приведены в таблице 6.9 и на рисунке 6.3.

Таблица 6.8 – Исходные данные для гидравлического расчета на случай максимального водопотребления

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Тип труб
	слева	справа				
1	1	0	200	760	29,595	1
2	0	1	200	760	29,595	1
3	0	3	150	520	18,98	2
4	2	0	100	30	5,175	1
5	0	2	100	30	5,175	1
6	0	3	150	600	22,39	2
7	3	0	125	380	10,00	2
8	4	3	100	250	2,12	2

Продолжение таблицы 6.8

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Тип труб
	слева	справа				
9	4	0	100	780	3,40	2
10	0	5	100	190	2,58	2
11	5	4	100	710	4,36	2
12	0	6	100	390	6,28	2
13	0	6	125	210	10,00	2
14	6	5	100	260	1,50	2
15	6	7	100	320	8,49	2
16	0	7	150	440	24,50	2
17	5	7	100	340	1,25	2
18	7	0	125	360	10,00	2
19	0	8	150	560	19,73	1
20	8	0	150	560	19,73	1
21	5	0	100	470	4,00	2
22	0	4	125	230	11,00	2

Таблица 6.9 – Результаты гидравлического расчета на случай максимального водопотребления

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Скорость воды, м/с	Потери напора, м	Потери давления, МПа
	слева	справа						
1	1	0	250	760	29,595	0,56	1,64	0,0164
2	0	1	250	760	29,595	0,56	1,64	0,0164
3	0	3	200	520	12,79	0,40	0,78	0,0078
4	2	0	100	30	5,175	0,51	0,16	0,0016
5	0	2	100	30	5,175	0,51	0,16	0,0016
6	0	3	200	600	16,20	0,50	1,49	0,0149
7	3	0	200	380	16,19	0,50	0,94	0,0094
8	4	3	100	250	-3,83	0,47	1,33	0,0133
9	4	0	100	780	3,64	0,45	4,01	0,0401
10	0	5	100	190	3,77	0,46	0,98	0,0098
11	5	4	100	710	2,99	0,37	2,43	0,0243
12	0	6	150	390	6,63	0,36	0,76	0,0076
13	0	6	200	210	10,35	0,32	0,23	0,0023
14	6	5	100	260	2,34	0,29	0,58	0,0058
15	6	7	150	320	4,79	0,26	0,36	0,0036
16	0	7	200	440	21,15	0,66	1,77	0,0177
17	5	7	100	340	-3,29	0,40	1,38	0,0138
18	7	0	200	360	13,41	0,42	0,73	0,0073
19	0	8	200	560	19,730	0,58	1,70	0,017
20	8	0	200	560	19,730	0,58	1,70	0,017
21	5	0	150	470	2,87	0,16	0,50	0,005
22	0	4	200	230	10,76	0,33	0,27	0,0027

Примечание – Если в результате гидравлической увязки водопроводной сети расходы, скорости, потери получились со знаком «минус», это свидетельствует о том, что на этих участках поменялось направление движения воды на противоположное по сравнению с предварительным потокораспределением.

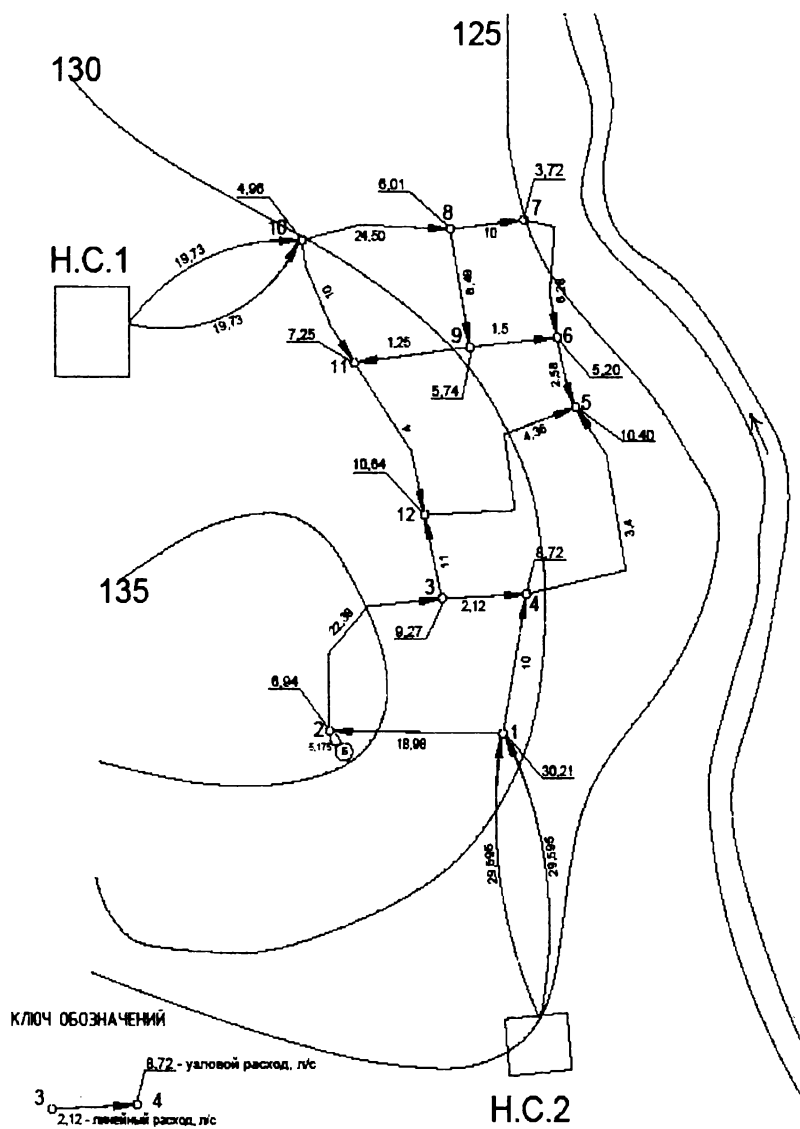


Рисунок 6.2 – Предварительное потокораспределение на случай максимального водопотребления

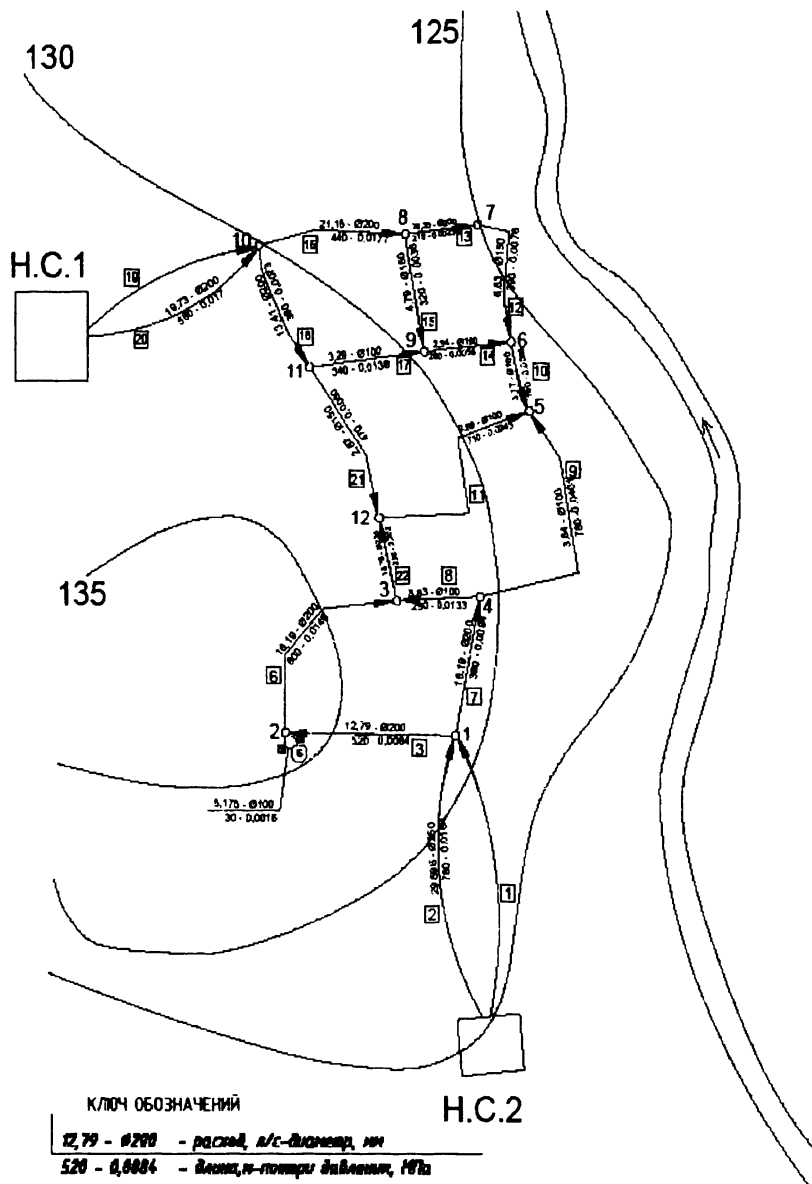


Рисунок 6.3 – Результаты гидравлического расчета
для случая максимального водопотребления

6.3.11 Построение карт пьезолиний и карт избыточных давлений

Определение пьезометрических отметок в узлах начинают с диктующей точки [п.3.11]

$Z_{з(г)}$ – отметка земли в узле, определяется по генплану интерполяцией.

Результаты расчета пьезометрических отметок и избыточных давлений для случая максимального водопотребления приведены на рисунке 6.4.

Для построения карт пьезолиний и избыточных давлений в масштабе вычерчивается схема водопроводной сети, затем интерполяцией определяются точки с одинаковыми значениями отметок, соединяя эти точки, получается карта пьезолиний. Аналогично строится карта избыточных давлений. Карта пьезолиний приведена на рис. 6.5, а избыточных давлений – на рисунке 6.6.

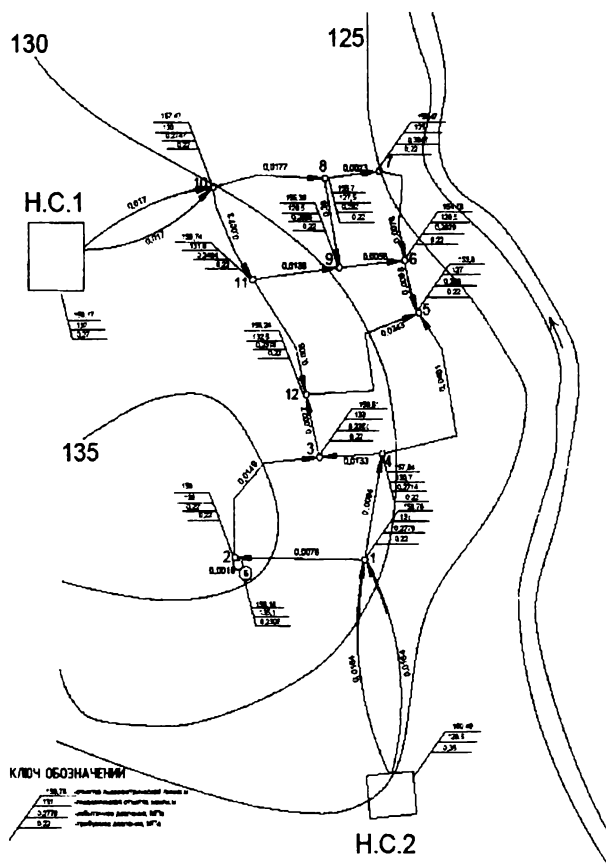
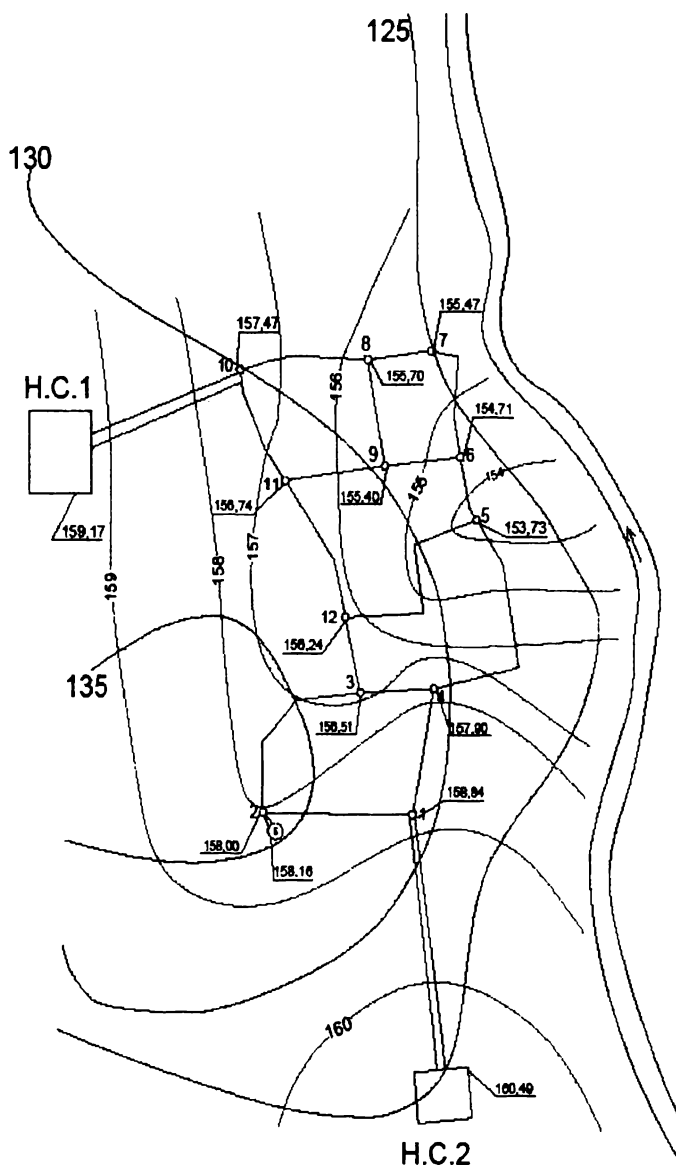
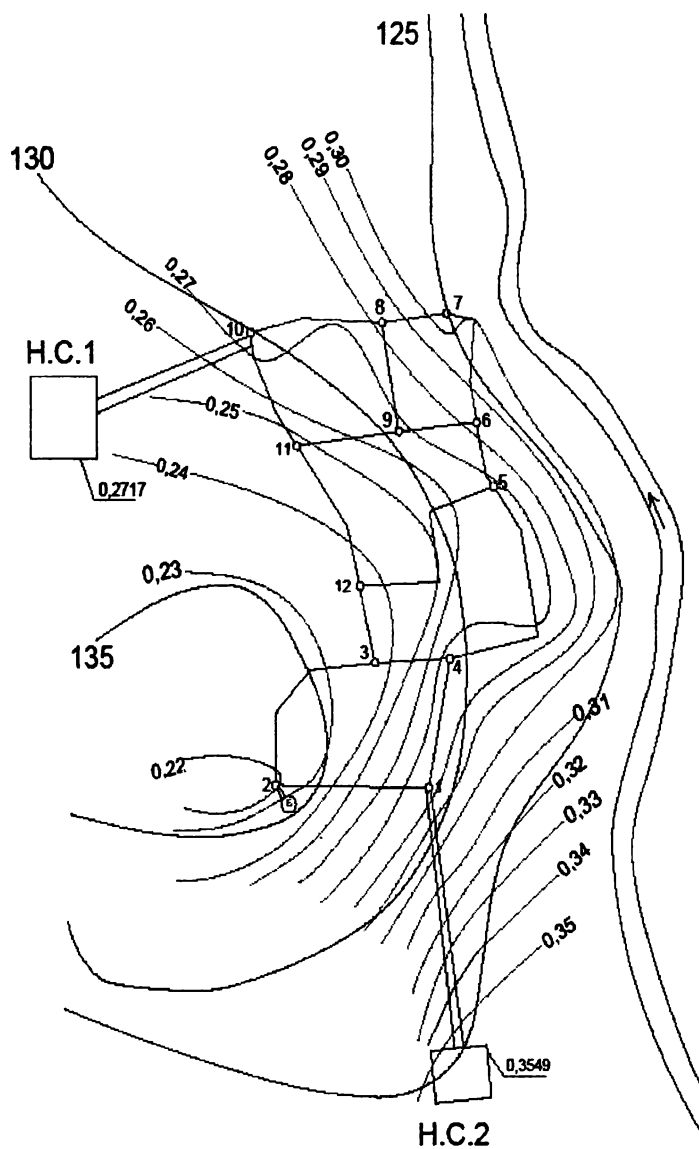


Рисунок 6.4 – Расчет пьезометрических отметок и избыточных давлений на случай максимального водопотребления



**Рисунок 6.5 – Карта пьезолиний
на случай максимального водопотребления**



**Рисунок 6.6 – Карта избыточных давлений
на случай максимального водопотребления**

6.3.12 Проектирование водонапорной башни

Полный объем водонапорной башни определяется по формуле

$$W_{n(б)} = W_{рез(б)} + W_{nn}, \text{ м}^3,$$

где $W_{пж}$ – неприкосновенный противопожарный запас воды в баке башни.

$$W_{nn} = 0,6 \cdot (Q_{p.c.} + Q_n), \text{ м}^3,$$

где $Q_{p.c.}$ – расчетный расход воды из водопроводной сети в час максимального водопотребления ($Q_{p.c.} = 392,41 \text{ м}^3/\text{ч} = 109 \text{ л/с}$); Q_n – расход воды на 10-ти минутную продолжительность одного внутреннего и одного наружного пожара. Внутреннее пожаротушение предусмотрено двумя струями по 2,5 л/с, наибольший расход на наружное пожаротушение составляет 35 л/с (см. п. 4).

Откуда

$$Q_n = 2 \cdot 2,5 + 35 = 40 \text{ л/с};$$

$$W_{nn} = 0,6 \cdot (109 + 40) = 89,4 \text{ м}^3.$$

Регулирующий объем бака принимается из таблицы 6.7, $W_{пер} = 270,11 \text{ м}^3$.

С учетом способности центробежных насосов к саморегулированию (увеличение подачи при снижении напора и наоборот), регулирующая емкость бака может быть уменьшена по сравнению с расчетным значением для системы с проходной башней на 10..15 %, а в системе водоснабжения с контррезервуаром на 30...40 %

$$W_{рез} = 270,11 - 0,2 \cdot 270,11 = 216,09 \text{ м}^3;$$

$$W_{n(б)} = 89,40 + 216,09 = 305,49 \text{ м}^3.$$

Для дальнейших расчетов принимается типовая водонапорная башня вместимостью 300 м^3 (Разработаны типовые проекты водонапорных башни вместимостью 100, 150, 200, 300, 500, 800 м^3 , с высотой ствола 12...42 м).

$$W_{n(б)} = \frac{\pi \cdot D_6^2}{4} h_{6.6};$$

$$D_{6.6} = h_{6.6} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot W_{n(б)}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 300}{3,14}} = 7,26 \text{ м}$$

Высота противопожарной призмы:

$$h_{nn} = \frac{4 \cdot W_{nn}}{\pi \cdot D_6^2} = \frac{4 \cdot 89,40}{3,14 \cdot 7,26^2} = 2,16 \text{ м}.$$

Высота ствола водонапорной башни:

$$H_{ствола} = 100 \cdot P_{башни} - h_{n.n.} = 100 \cdot 0,23 - 2,16 = 20,87 = 21 \text{ м},$$

где $P_{башни}$ – избыточное давление в точке, где расположена водонапорная башня, МПа.

6.3.13 Определение размеров резервуаров чистой воды (РЧВ)

Объем РЧВ определяется по формуле

$$W_{полн(РЧВ)} = W_{рез(РЧВ)} + W_{в/с} + W_{nn}, \text{ м}^3,$$

где $W_{пер(РЧВ)}$ – регулирующая емкость, м^3 ; $W_{пп}$ – неприкосновенный противопожарный запас воды, м^3 ; $W_{в/с}$ – объем воды на нужды водоочистной станции, м^3 .

$W_{рез(РЧВ)} = 1322,41 \text{ м}^3$ (см. по результатам расчета таблицы 3.3);

$$W_{nn} = \frac{3 \cdot 3600}{1000} \cdot Q_{пож} + W_{х-п} - 3Q_{нс1}, \text{ м}^3,$$

где $Q_{пож}$ – расход воды на тушение расчетного количества одновременных пожаров, л/с.

$$Q_{пож} = Q_n = 40 \text{ л/с},$$

$W_{х-п}$ – объем воды, использующейся на хозяйственно-питьевые нужды в течение 3-х смежных часов с максимальным водопотреблением (См. сводную таблицу почасового водопотребления, табл. 2.3).

$$W_{х-п} = 253,40 + 392,41 + 389,37 = 1035,18 \text{ м}^3.$$

$Q_{нс1}$ – подача насосной станции 1-го подъема, м³/ч

$$Q_{нс1} = Q_{сут. макс} / 24,$$

$$W_{nn} = \frac{3 \cdot 3600}{1000} \cdot 40 + 1035,18 - 3 \cdot 6252,51/24 = 685,62 \text{ м}^3,$$

$W_{в/с}$ – расход воды на собственные нужды водоочистной станции:

$$W_{в/с} = (0,01 \dots 0,015) \cdot Q_{сут. макс} \text{ м}^3;$$

$$W_{в/с} = 0,01 \cdot 6252,51 = 62,53 \text{ м}^3;$$

$$W_{полн(РЧВ)} = 1322,41 + 62,53 + 685,62 = 2070,56 \text{ м}^3.$$

Поскольку подача насосных станций равна по 40 % и 60 %, то вместимость РЧВ принимается пропорциональной подаче насосных станций.

Объем одного РЧВ (на каждой насосной станции II подъема принимается по два РЧВ)

$$W_{полн(РЧВ)}^1 = \frac{W_{полн(РЧВ)}}{2} = \frac{2070,56 \cdot 0,4}{2} = 414,11 \text{ м}^3;$$

$$W_{полн(РЧВ)}^2 = 621,17 \text{ м}^3;$$

$$S_{1РЧВ} = \frac{W_{полн(РЧВ)}^1}{H_{РЧВ}} = \frac{414,11}{3,5} = 118,32 \text{ м}^2;$$

$$S_{2РЧВ} = 177,48 \text{ м}^2,$$

где $H_{РЧВ}$ – высота РЧВ, принимается 3...4 м;

$$D_1 = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 118,32}{3,14}} = 12,28 \text{ м};$$

$$D_2 = 15,04 \text{ м};$$

$$W_{nn}^1 = \frac{685,62 \cdot 0,4}{2} = 137,12 \text{ м}^3;$$

$$W_{nn}^2 = 205,67 \text{ м}^3.$$

Высота противопожарного объема:

$$h_{nn}^1 = \frac{W_{nn}^1}{S} = \frac{137,12}{118,32} = 1,159 \text{ м};$$

$$h_{nn}^2 = 1,159 \text{ м}.$$

6.3.14 Определение давления насосной станции II подъема

Давление насосных станций, учитывая полученные расчетные данные, определяем по формуле

$$P_{НС} = 0,01 \cdot (Z_{пл.н.с} - Z_{вод.РЧВ}) + \Delta P_{коммин}, \text{ МПа},$$

где $Z_{п.л.с.}$ – отметка пьезометрической линии насосной станции II подъема, м (см. п. 3.11);

$\Delta P_{компл.ч}$ – потери во всасывающих линиях, коммуникациях и измерительном устройстве насосной станции, $\Delta P_{компл.ч} = 0,035$ МПа;

$Z_{водаРЧВ}$ – отметка уровня воды в РЧВ, соответствующая противопожарному объему, м.

$h_{п.л.}$ – высота противопожарного объема, м;

$$Z_{водаРЧВ} = Z_{з.н.с.} - 0,5 + h_{п.л.}, \text{ м,}$$

$Z_{з.н.с.}$ – отметка земли возле насосной станции, м;

0,5 – заглубление дна РЧВ на площадке водоочистой станции, м.

Давление Н.С. II № 1:

$$Z_{водаРЧВ} = 132 - 0,5 + 1,159 = 132,66 \text{ м;}$$

$$P_{ис\ №1} = 0,01 \cdot (158,79 - 132,66) + 0,035 = 0,296 \text{ МПа.}$$

Давление Н.С. II № 2

$$Z_{водаРЧВ} = 126 - 0,5 + 1,159 = 127,16 \text{ м;}$$

$$P_{ис\ №2} = 0,01 \cdot (160,49 - 127,16) + 0,035 = 0,368 \text{ МПа.}$$

6.4 Гидравлический расчет водопроводной сети на случай максимального водопотребления с учетом пожара

6.4.1 Определение количества одновременных пожаров и расчетных расходов воды на тушение пожаров

Для населенного пункта расчетный расход воды на наружное пожаротушение принимается в зависимости от общего количества жителей и расчетной этажности жилой застройки.

Общее количество жителей в городе:

$$N_j = 19000 \text{ чел.}$$

Большая этажность застройки по районам $n = 4$ этажа.

Для объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода при количестве жителей в городе более 19 тыс. человек к расчету принимается расход воды на пожаротушение как сумма максимального расхода (для города или промпредприятий) и половины минимального расхода (для города или промпредприятий).

Подбираем расчетный расход на тушение пожара: $Q_{пж} = 15$ л/с, количество одновременных пожаров – 2.

На промышленных предприятиях расчетный расход воды на наружное пожаротушение:

принимается для предприятия № 1 – при объеме здания 67 тыс. м³, степени огнестойкости II и категории Б – $Q_{пж. \frac{n}{n}} = 20$ л/с.

Для объединенного водопровода, обслуживающего промышленное предприятие и город, принимается к расчету 2 одновременных пожара.

Общий расход воды на пожаротушение: $\Sigma q_{пж.} = 5 + 15 + 20 = 40$ л/с.

6.4.2 Предварительное потокораспределение на случай пожара

На генплане намечаются узлы предположительного возникновения пожара (на предприятии № 1 и в населенном пункте). При выборе мест возникновения пожаров следует принимать узлы наиболее удаленные от водопитателей. К узловым расходам в этих точках прибавляются расходы на пожаротушение.

Противопожарный расход добавляется к подаче насосных станций 2-го подъема. Подача насосных станций при пожаре составит:

$$Q_{н.с. \text{ №1}}^{\text{пож}} = q_{н.с. \text{ №1}} + 0,4 \sum q_{\text{пож.}} = 39,46 + 0,4 \cdot 40 = 55,46 \text{ л/с};$$

$$Q_{н.с. \text{ №2}}^{\text{пож}} = q_{н.с. \text{ №2}} + 0,6 \sum q_{\text{пож.}} = 59,19 + 0,6 \cdot 40 = 83,19 \text{ л/с}.$$

В данном случае насосные станции подают по 40 % и 60 % расчетного расхода воды, поэтому и противопожарный расход разделен между ними пропорционально подаче при нормальной работе насосных станций.

6.4.3 Увязка водопроводной сети на случай пожара

Выполняется предварительное потокораспределение с учетом новых значений узловых расходов, и осуществляется гидравлическая увязка сети при новых значениях линейных расходов. Следует иметь в виду, что расчет на случай возникновения пожара является проверочным, поэтому диаметры труб на участках остаются неизменными.

По результатам проверочного гидравлического расчета вычисляются пьезометрические отметки и избыточные давления, строятся карты пьезолиний и карты избыточных давлений. Значения требуемого давления во всех узлах водопроводной сети при возникновении пожара принимаются равными 0,1 МПа, независимо от расчетной этажности застройки.

Таблица 6.4.3 – Результаты гидравлического расчета на случай максимального водопотребления с учетом пожара

№ участка	№№ колен		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Скорость, м/с	Потери напора, м	Потери давления, МПа
	слева	справа						
1	1	0	250	760	41,595	0,78	3,06	0,0306
2	0	1	250	760	41,595	0,78	3,06	0,0306
3	0	3	200	520	18,96	0,59	1,72	0,0172
4	2	0	100	30	5,175	0,51	0,16	0,0016
5	0	2	100	30	5,175	0,51	0,16	0,0016
6	0	3	200	600	2,37	0,10	0,05	0,0005
7	3	0	200	380	14,02	0,43	0,73	0,0073
8	4	3	100	250	-3,27	0,40	1,00	0,01
9	4	0	100	780	2,03	0,25	1,39	0,0139
10	0	5	100	190	7,16	0,88	2,70	0,027
11	5	4	100	710	1,21	0,15	0,39	0,0039
12	0	6	150	390	9,09	0,5	1,35	0,0135
13	0	6	200	210	12,81	0,4	0,34	0,0034
14	6	5	100	260	3,27	0,4	1,04	0,0104
15	6	7	150	320	6,37	0,35	0,60	0,006
16	0	7	200	440	25,19	0,78	2,39	0,0239
17	5	7	100	340	-2,64	0,32	0,93	0,0093
18	7	0	200	360	25,37	0,79	2,02	0,0202
19	0	8	200	560	27,73	0,81	3,18	0,0318
20	8	0	200	560	27,73	0,81	3,18	0,0318
21	5	0	150	470	15,48	0,85	4,2	0,042
22	0	4	200	230	-3,63	0,11	0,04	0,0004

Результаты гидравлического расчета представлены на рисунке 6.7.

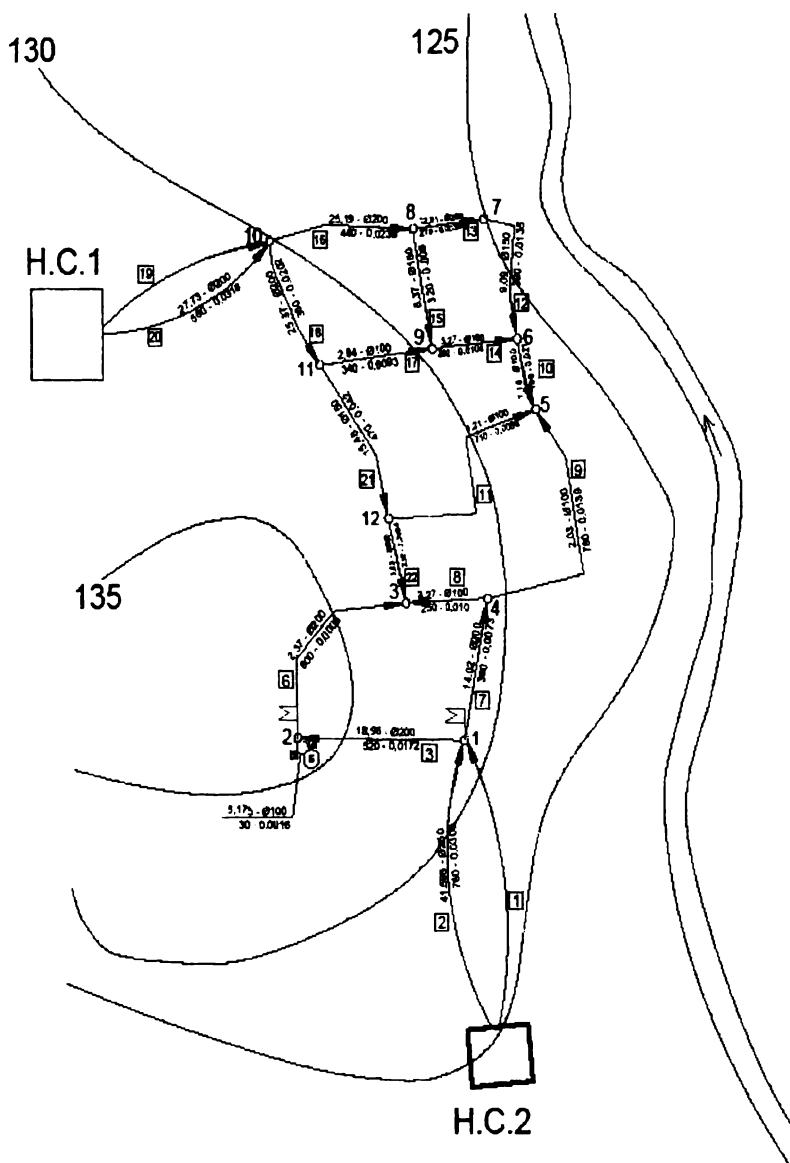


Рисунок 6.7 – Результаты гидравлического расчета для случая максимального водопотребления с учетом пожара

6.4.4 Расчет пьезометрических отметок.

Построение карт пьезолиний и карт избыточных давлений при пожаре

Расчет пьезометрических отметок и избыточных давлений выполняется аналогично расчету при максимальном водопотреблении с разницей в том, что избыточное давление в диктующей точке принимается равным 0,1 МПа. Результаты расчета пьезометрических отметок и избыточных давлений для случая «максимального водопотребления + пожар» приведены на рисунке 6.8.

Карты пьезолиний и избыточных давлений приведены на рисунке 6.9 и рисунке 6.10 соответственно.

6.4.5 Определение давления насосных станций второго подъема при пожаре

Давление насосных станций 2-го подъема на случай «максимального водопотребления + пожар» рассчитываем аналогично п. 6.3.14.

Система водоснабжения должна обеспечивать требуемое давление (0,1 МПа) во всех узлах сети. Давление насосных станций при пожаре

$$P_{нс} = 0,01 \cdot (Z_{пл.н.с.пож.} - Z_{дна.РЧВ}) + \Delta P_{коммун.}, \text{ М,}$$

где $Z_{пл.н.с.пож.}$ – отметка пьезометрической линии насосной станции II подъема, при пожаре, м (см. п. 3.11);

$\Delta P_{коммун.}$ – потери во всасывающих линиях и коммуникациях Н.С., $\Delta P_{коммун.} = 0,035$ МПа;

$Z_{дна.РЧВ}$ – отметка дна РЧВ, м

$$Z_{дна.РЧВ} = Z_{з.н.с.} - 0,5, \text{ м.}$$

Давление Н.С. II № 1

$$\begin{aligned} Z_{дна.РЧВ1} &= 132 - 0,5 = 131,5 \text{ м;} \\ P_{НС\#1} &= 0,01 \cdot (167,59 - 131,5) + 0,035 = 0,3959 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Давление Н.С. II № 2

$$\begin{aligned} Z_{дна.РЧВ2} &= 125 - 0,5 = 124,5 \text{ м;} \\ P_{НС\#2} &= 0,01 \cdot (162,78 - 124,5) + 0,035 = 0,4478 \text{ м.} \end{aligned}$$

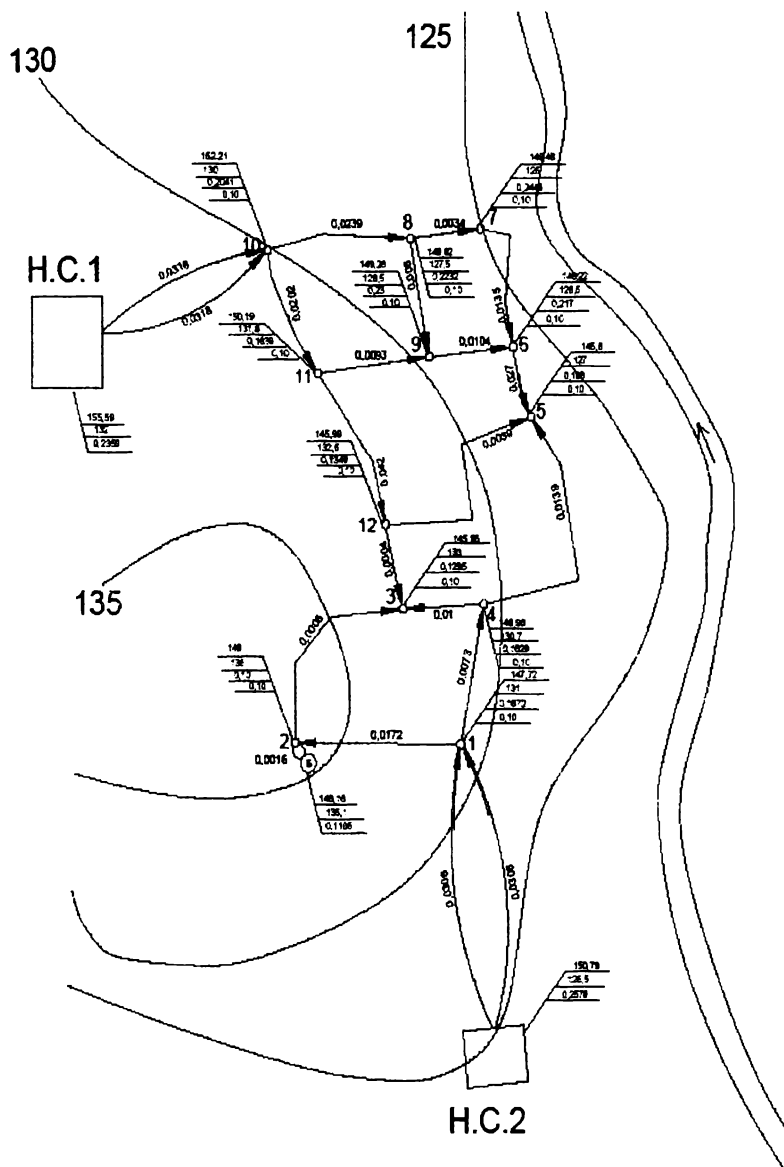


Рисунок 6.8 – Расчет пьезометрических отметок и избыточных давлений на случай максимального водопотребления с учетом пожара

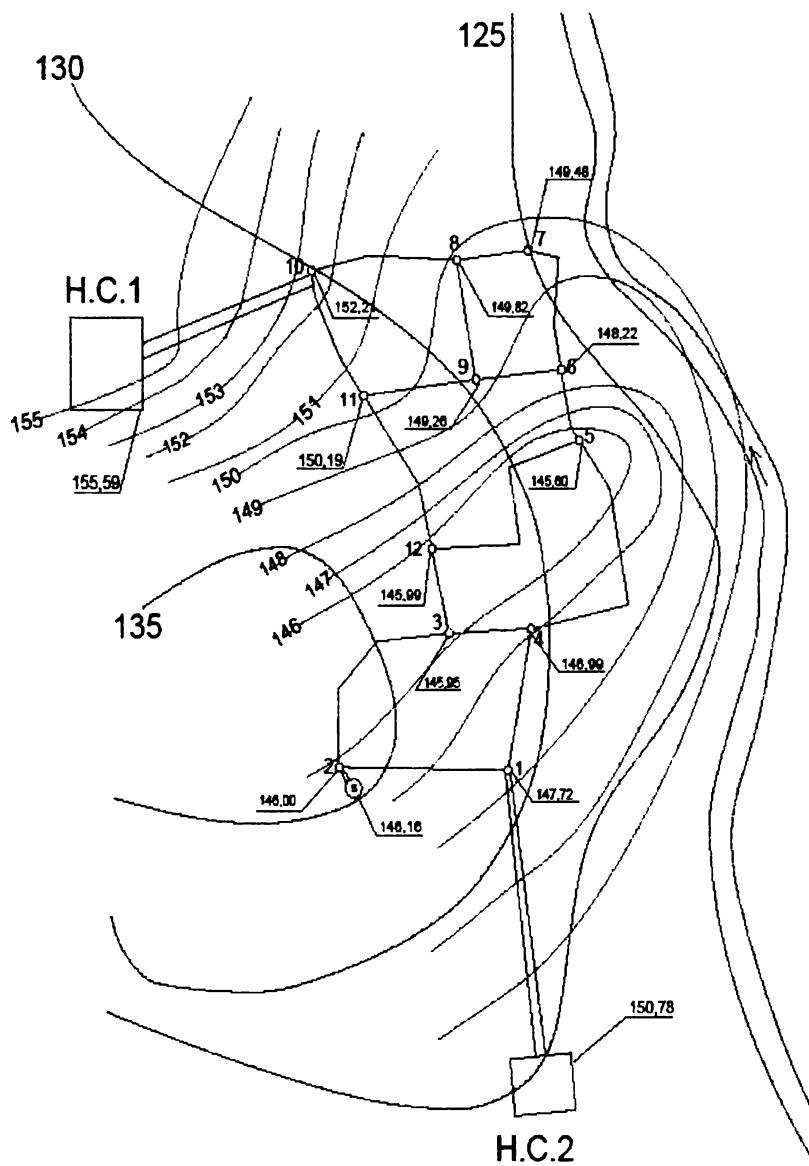


Рисунок 6.9 – Карта пъезолиний на случай максимального водопотребления с учетом пожара

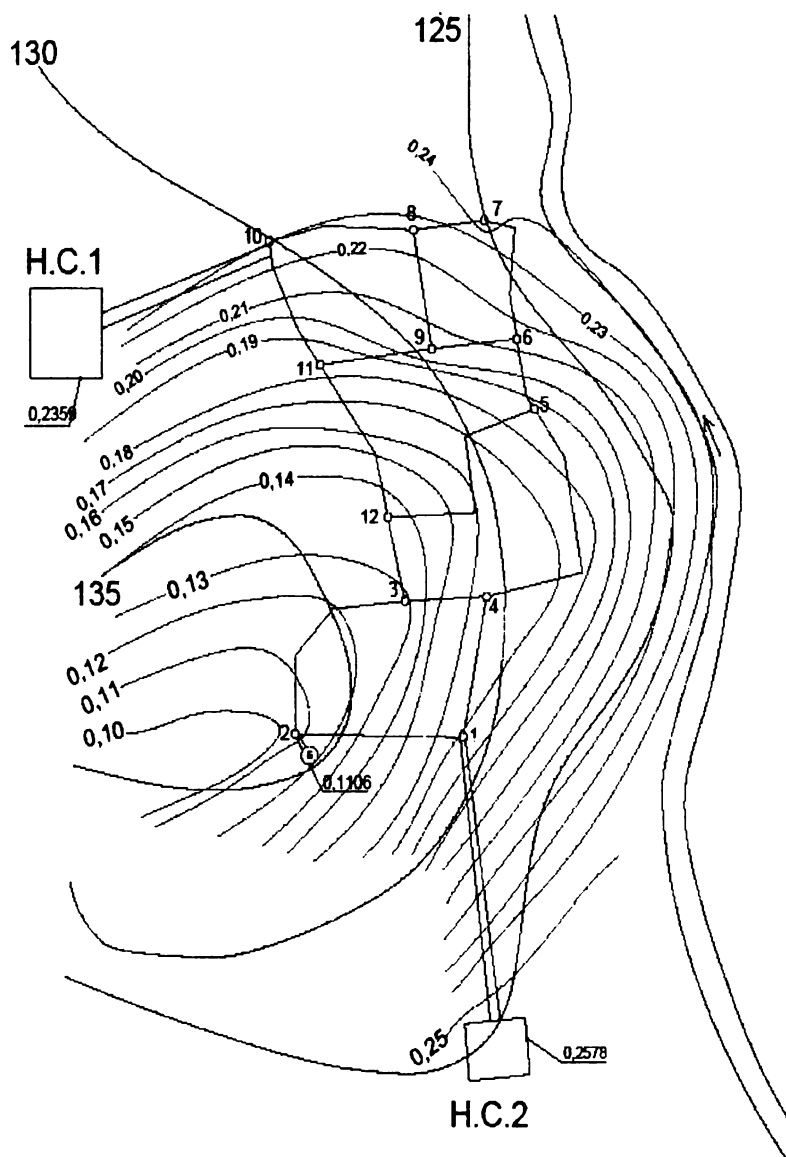


Рисунок 6.10 – Карта избыточных давлений на случай максимального водопотребления с учетом пожара

6.5 Составление детализовки водопроводной сети

Таблица 6.10 – Спецификация фасонных частей

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса ед., кг	Прим.
1	ТФПП 200х150	Тройник фланцевый с пожарной подставкой	2 шт.	83	
2	ТФПП 100х100	Тройник фланцевый с пожарной подставкой	2 шт.	42	
3	ХФ 200х150	Переход фланцевый	1 шт.	30,3	
4	ХФ 150х100	Переход фланцевый	2 шт.	19,9	
5	ПФР 100	Патрубок фланец-раструб	2 шт.	13,6	
6	ПФР 150	Патрубок фланец-раструб	3 шт.	22,1	
7	ПФР 200	Патрубок фланец-раструб	2 шт.	31,1	
8	ПФГ 100	Патрубок фланец-гладкий конец	1 шт.	13,1	
9	ПФГ 150	Патрубок фланец-гладкий конец	1 шт.	21,3	
10	30ч6бр	Задвижка Ø 100	2 шт.	42	
11	30ч6бр	Задвижка Ø 150	4 шт.	82	
12	30ч6бр	Задвижка Ø 200	2 шт.	125	
13	ЧНР100ЛА ГОСТ 9583-75	Трубы чугунные Ø 100		194	
14	ЧНР150ЛА ГОСТ 9583-75	Трубы чугунные Ø 150		194	
15	ЧНР200ЛА ГОСТ 9583-75	Трубы чугунные Ø 200		282	

Детализовка колодцев водопроводной сети представлена на рисунке 6.11.

В приложении представлен пример компоновки листа графической части проекта (ФА1).

7 СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА В EPANET

7.1 Создание нового проекта в EPANET

Вначале требуется создать новый проект в программе EPANET и убедиться в том, что установлены требуемые опции по умолчанию. Запустите EPANET и выберите пункт меню «Файл – Новый» для создания нового проекта. Далее выберите пункт меню «Проект – По умолчанию» для отображения диалогового окна, показанного на рисунке 7.1. Используйте это окно для того, чтобы настроить автозаполнение имен элементов последовательными числами, начиная с 1, по мере их добавления к схеме. На вкладке «Имена объектов» очистите все поля колонки «Префикс имени», кроме последнего («Шаг инкремента»). Установите «Шаг инкремента» равным 1. Далее выберите вкладку «Гидравлика» и установите значение поля «Единицы расхода» равным МЗЧ. При этом программа автоматически будет использовать систему СИ для всех остальных величин (длина в метрах, диаметр трубы в мм, давление в паскалях). Также выберите формулу Хазена-Вильямса (Х-В) для расчета потерь напора. Если вы хотите использовать указанные настройки для всех новых проектов, отметьте флажок Использовать по умолчанию для новых проектов перед нажатием ОК для применения параметров.

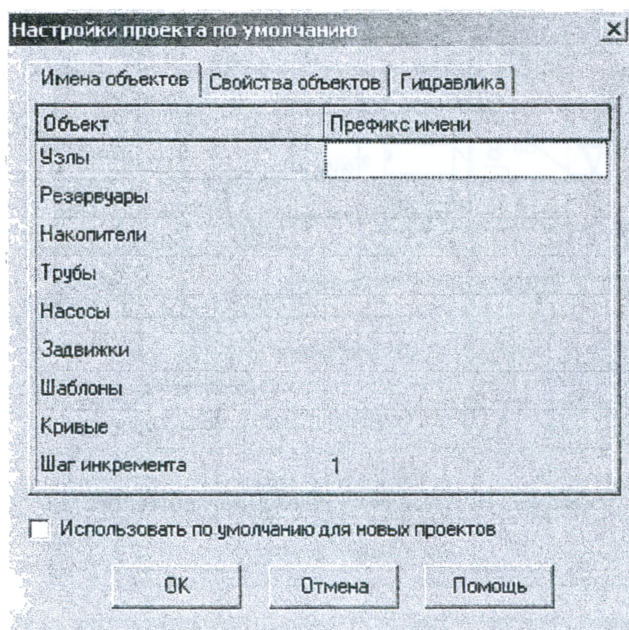


Рисунок 7.1 – Диалоговое окно «По умолчанию»

Для создания карты, рисунок (карту) следует сохранить в формате *.bmp), например, через программу Paint.

Далее требуется настроить параметры карты. Для этого выберите пункт меню «Вид – Настройки» для открытия диалогового окна «Свойства карты». Перейдите на вкладку «Подписи объектов» и установите значения параметров так, как это показано на рисунке 7.2. Далее перейдите на вкладку «Символы» и отметьте все флажки. Нажмите «ОК» для подтверждения выбора и закрытия диалогового окна.

Наконец, перед началом создания схемы мы должны убедиться в том, что введены правильные настройки масштаба. Выберите пункт меню «Вид – Размеры» для открытия диалогового окна «Размеры карты». Просмотрите значения, установленные программой по умолчанию («Настройки карты»).

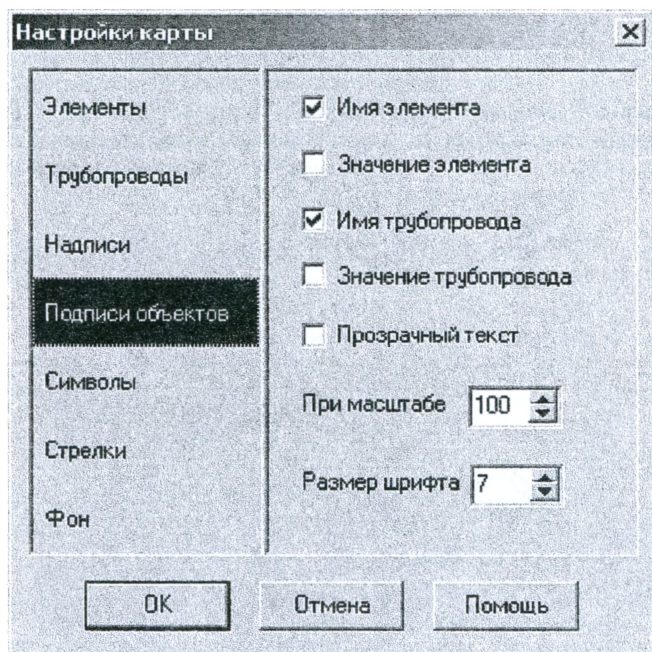


Рисунок 7.2 – Диалоговое окно «Свойства карты».

7.2 Создание схемы

В Eranet две панели инструментов: стандартная и карта.

Панель стандартная имеет кнопки позволяющие осуществлять наиболее употребимые команды. Доступ к панели «Вид – Панели инструментов – Стандартная»:



- Открывает новый проект (Файл - Новый)
- Открывает существующий проект (Файл - Открыть)
- Сохраняет текущий проект (Файл - Сохранить)
- Распечатывает текущее активное окно (Файл - Печать)
- Копирует выбранную область в буфер обмена или в файл (Правка – Копировать в)
- Удаляет выделенный объект
- Выполняет поиск объекта на карте (Вид - Поиск)
- Запускает процесс моделирования (Проект - Выполнить)
- Открывает окно выполнения запросов к картё (Вид - Запрос)
- Создает новый график отображения результатов (Отчет - График)
- Создает новую таблицу отображения результатов (Отчет - Таблица)
- Открывает окно настроек проекта или отчета (Вид – Настройки или Отчет - Настройки)

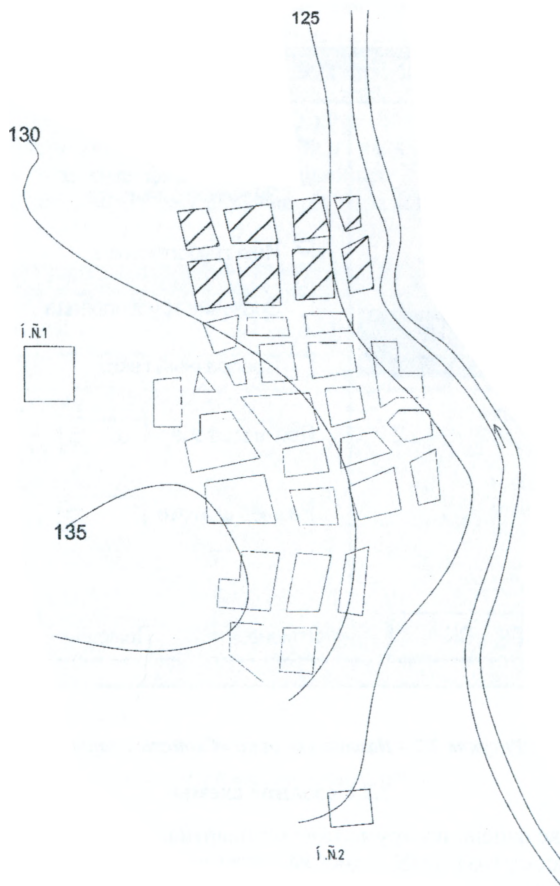


Рисунок 7.3 – Вид карты создаваемого проекта

Панель инструментов «Карта» содержит кнопки управления операциями по работе с картой доступ к панели «Вид – Панели инструментов – Карта»:



Выбирает объект на карте (Правка – Выбрать объект)
 Выбирает вершину трубопровода (Правка – Выбрать вершину)
 Выбирает регион на карте (Правка – Выбрать регион)
 Активирует режим перемещения по карте (Вид – Режим перемещения)
 Увеличивает масштаб карты (Вид – Увеличить)
 Уменьшает масштаб карты (Вид – Уменьшить)
 Перерисовывает карту в исходном масштабе (Вид – Исходный размер)
 Добавляет узел в схему

Теперь можно начать рисовать заданную схему. Для этого нужно использовать кнопки панели инструментов «Карта» (если эта панель не видна, отметьте пункт меню «Вид – Панели инструментов – Карта»).

Вначале следует добавить резервуар чистой воды (РЧВ). Нажмите кнопку «Резервуар». Далее выполните щелчок мышью на карте в том месте, где вы хотите добавить резервуар.

Далее добавьте узлы. Нажмите кнопку «Узел» и выполните щелчок мышью на карте в тех местах, где необходимо расположить узлы.

Наконец, добавьте емкость (водонапорную башню), нажав кнопку «Накопитель» и выполнив щелчок мышью на карте в том месте, где этот накопитель будет размещен.

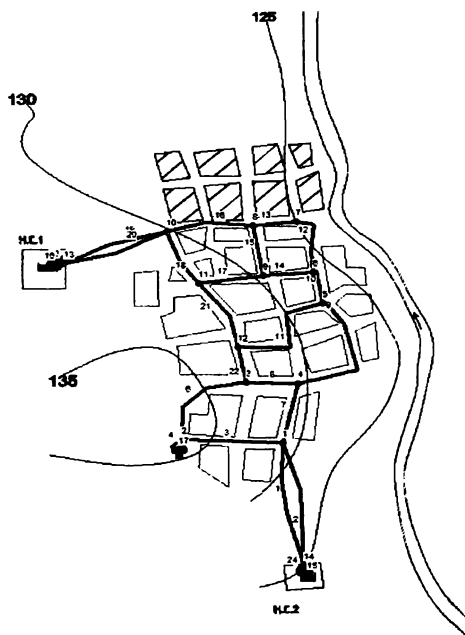


Рисунок 7.4 – Внешний вид схемы после добавления элементов

Далее можно добавить трубопроводы. Давайте начнем с Трубопровода 1, соединяющего «Узел 14» и «Узел 1». Вначале нажмите кнопку «Трубопровод» на «Панели инструментов». Затем выполните щелчок мышью на «Элементе 14» схемы, и затем на «Элементе 1». При движении курсора от «Элемента 14» к «Элементу 1» рисуется контур трубопровода. Повторите эту процедуру для всех трубопроводов.

Если трубопровод имеет изогнутую форму (форму ломаной линии), вначале выполните щелчок на начальном элементе, затем при движении мыши к следующему элементу нажимайте левую кнопку мыши в тех точках, где трубопровод должен изменить направление. Завершите процесс, выполнив щелчок мышью на конечном элементе.

Далее добавьте насосы. Нажмите на кнопке «Насос», нажмите мышью на «Элементе 13», затем на «Элементе 16». Повторите для элементов 14 и 15.

Затем можно добавить подписи к резервуару, насосу и накопителю. Выберите кнопку «Надпись T» на «Панели инструментов» и выполните щелчок мышью на карте рядом с резервуаром РЧВ 1 («Элемент 16»). Появится текстовое поле. Наберите слово РЧВ 1 и нажмите клавишу Enter. Выполните щелчок мышью рядом с насосами и отредактируйте соответствующую надпись, сделайте то же самое с накопителем (водонапорной башней). Далее нажмите на кнопке «Выбор объекта», для того чтобы перейти из режима вставки текста в режим выбора объектов на карте.

К настоящему моменту ваша схема должна выглядеть приблизительно так, как на рисунке 7.4. Если элементы смещены или находятся не на своем месте, вы можете их перемещать, перетаскивая с помощью мыши при зажатой левой кнопке. Обратите внимание, как соединены трубопроводы.

Для изменения формы изогнутого трубопровода.

Выберите «Трубопровод», выполнив щелчок мышью на нем, а затем нажмите кнопку «Выбор вершины» панели инструментов для перевода карты в режим выбора вершин.

Выберите одну из промежуточных точек кривой, нажав на ней мышью, и перетащите ее в нужное место, зажав левую кнопку мыши.

При необходимости вершины могут быть добавлены или удалены. Для этого нажмите правую кнопку мыши и выберите соответствующий пункт контекстного меню.

После окончания редактирования формы кривой вернитесь в режим выбора объектов, нажав кнопку «Выбор объекта».

7.3 Настройка свойств объектов

При добавлении к проекту свойствам каждого объекта присваиваются значения по умолчанию. Для изменения свойств объекта необходимо выделить объект и перейти в «Редактор свойств». Есть несколько способов сделать это. Если программа настроена таким образом, что «Редактор свойств» всегда активен, то вы просто выполняете щелчок мышью на объекте или выбираете объект на вкладке «Объекты» окна «Обзор». Если «Редактор свойств» не активен, вы можете его вызвать одним из следующих способов:

- выполнить двойной щелчок мышью на объекте;
- нажать правой кнопкой мыши на объекте и выбрать пункт «Свойства» в контекстном меню;
- выделить объект на вкладке «Объекты» окна «Обзор» и нажать кнопку «Редактировать».

Таблица. 7.1 – Свойства элементов (узлов) сети

Номер узловой точки	Высотная отметка, м	Напор, м	Узловой расход, л/с	Узловой расход, м ³ /ч
1	131,0	153	30,21	108,76
2	135,1+21 м.	156.1	6,94	24,98
3	133,0	155	9,27	33,37
4	130,7	152.7	8,72	31,39
5	127,0	149	10,40	37,44
6	126,5	148.5	5,20	18,72
7	125,0	147	3,72	13,39
8	127,5	149,5	6,01	21,64
9	128,5	150.5	5,74	20,66
10	130,0	152	4,96	17,86
11	131,0	153	7,25	26,10
12	132,5	154,5	10,64	38,30
13	132	154	0	0
14	126,5	148.5	0	0
19	132	154	0	0
22	126,5	148.5	0	0
23	125	147	0	0
24	125	147	0	0
Итого			109,06	392,62

Если окно «Редактора свойств» активно, то, нажав клавишу F1, вы можете получить подробное описание перечисленных свойств.

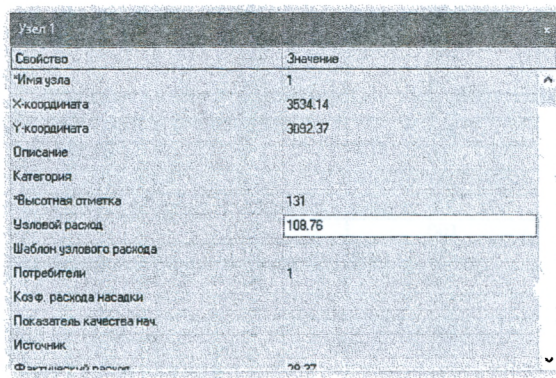


Рисунок 7.5 – Редактор свойств (Узел 1)

Таблица 7.2 -- Значения коэффициента шероховатости C в формуле Хазена -- Вильямса с учетом возрастания шероховатости труб в процессе эксплуатации

Материал труб	Новые трубы	Неновые трубы
Асбестоцемент	140	140
Чугун	100	140
Бетон	100	140
Медь	130	140
Сталь	90	110
Полиэтилен	140	140
Поливинилхлорид	130	130
Дисперсно-армированный пластик	150	150

Таблица 7.3 Свойства трубопроводов (участков).

Трубопровод (участок)	Диаметр, мм	Длина, м	Коэффициент шероховатости
1	250	760	100
2	250	760	100
3	200	520	120
4	100	30	100
5	100	30	100
6	200	600	120
7	200	380	120
8	100	250	120
9	100	780	120
10	100	190	120
11	100	710	120
12	150	390	120
13	200	210	120
14	100	260	120
15	150	320	120
16	200	440	120
17	100	340	120
18	200	360	120
19	200	560	100
20	200	560	100
21	150	470	100
22	200	230	100
23	100	30	100
24	100	30	100
25	350	50	100
26	300	50	100
27	150	5	100
28	150	5	100
32	150	5	100
33	150	5	100

Если окно «Редактора свойств» активно, то, нажав клавишу F1, можно получить подробное описание перечисленных свойств.

Можно начать редактирование, выбрав «Элемент 1» (Узел 1) в «Редакторе свойств», как показано на рисунке 7.5. Нужно ввести высотную отметку и узловой расход для этого элемента (см. таблицу 7.1, расход в м³/ч). Можно использовать стрелки «Вверх» / «Вниз» на вашей клавиатуре или мышь для перемещения.

Свойство	Значение
*Имя трубопровода	3
*Начальный элемент	1
*Конечный элемент	2
Описание	
Категория	
*Длина	520
*Диаметр	200
*Шероховатость	100
Коеф. местных потерь напора	0
Начальное состояние	Откр.
Коеф. объемной реакции	
Коеф. поверхностной реакции	
Валюта	122.12

Рисунок 7.6 – Редактор свойств (трубопровод 3)

В примере для стальных труб коэффициент шероховатости принимаем равным 100, а для чугунных труб – 120 (таблица 7.2). Результаты сведены в таблице 7.3.

7.4 Моделирование работы насосных станций

В примере, рассматриваемом в методических указаниях, насосные станции второго подъема работают в две ступени.

Насосная станция № 1.

В соответствии с заданием (см. пункт 3.7) насосная станция № 1 подаёт 40 %, а № 2 – 60 % расчетного расхода, суммарная подача Н.С. II :

На первой ступени согласно расчету на ЭВМ составит:

$$\sum Q_{н.с. II} = \frac{Q_{сут} \cdot 2,05}{100} = \frac{6252,51 \cdot 2,05}{100} = 128,18 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Тогда подача Н.С. II №1 (40%):

$$q_{н.с. I} = 0,4 \sum Q_{н.с. II} = 0,4 \cdot 128,18 = 51,27 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Подача Н.С. II №2 (60%):

$$q_{н.с.2} = 0,6 \sum Q_{н.с. II} = 0,6 \cdot 128,18 = 76,91 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

На второй ступени согласно расчету на ЭВМ составит:

$$\sum Q_{н.с. II} = \frac{Q_{зм} \cdot 5,68}{100} = \frac{6252,51 \cdot 5,68}{100} = 355,14 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Тогда подача Н.С. II № 1

$$q_{н.с.1} = 0,4 \sum Q_{н.с. II} = 0,4 \cdot 355,14 = 142,06 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Подача Н.С. II № 2

$$q_{н.с.2} = 0,6 \sum Q_{н.с. II} = 0,6 \cdot 355,14 = 213,08 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таблица 7.4 – Свойства насосных станций

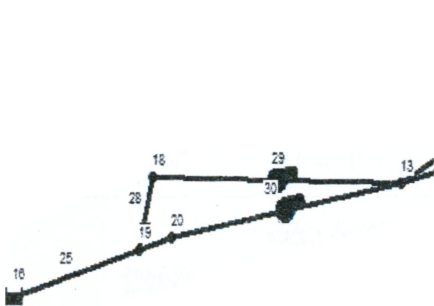
	Первая ступень		Вторая ступень	
	Подача, $q_{н.с}$ м ³ /ч	Напор, м	Подача, $q_{н.с}$ м ³ /ч	Напор, м
Нас. ст. № 1	51,27	40	142,06	45
Нас. ст. № 2	76,91	40	213,08	45
Всего	128,18		355,14	

Для моделирования работы насосных станций второго подъема в две ступени на каждой из них предусматриваем по два насоса, один обеспечивает работу на первой ступени, другой – на второй ступени. Таким образом необходимо создать четыре кривых (рабочие характеристики насосов – зависимости напора в метрах от производительности в м³/ч). Для создания кривой выбрать «Вид – Обзор – Объекты – Кривая – Добавить», добавиться кривая с именем 1 и откроется «редактор кривых», после двойного клика.

Требуется ввести расход (м³/ч) насосной станции №1 на первой ступени 51,27 м³/ч. Насос № 29 (рисунок 7.9, таблица 7.4), дробная часть отделяется *точкой*, а не *запятой*, и напор насоса (м) (для примера, напор насосной станции № 1 – 40 м, таблица 7.4) Аналогично поступаем с созданием кривой производительности для насосной станции № 1 на второй ступени, насос № 30 (кривая 2). Все повторяется для насосной станции № 2, Кривые 3, 4 – соответственно для насосов 35, 36 (рисунок 7.9). В результате по одной рабочей точке программа строит рабочую характеристику насосов. Кривые 1,2,3,4 приведены на рисунке 7.9.

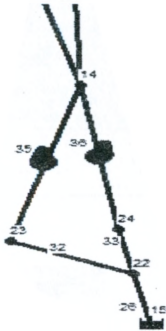
Далее следует указать для какого насоса соответствует та или другая кривая, для этого -- «Вид -- Обзор – Объекты – Насос». В примере насос насосной станции № 1 (первая ступень) имеет имя «29», щелкнув дважды переходим в «Редактор свойств насоса» и в строке кривая производительности указываем 1. Аналогично поступаем с насосной станцией №1 (вторая ступень). В примере насос насосной станции № 2 (первая ступень) имеет имя «35», щелкнув

дважды, переходим в «Редактор свойств насоса» и в строке «Кривая» производим указываем 3. Насос насосной станции № 2 (вторая ступень) имеет имя «36», щелкнув дважды, переходим в «Редактор свойств насоса» и в строке «Кривая производим указываем 4.



16 – резервуар (РЧВ);
13, 18, 19, 20 – узлы;
29, 30 – насосы

Рисунок 7.7 – Схема моделирования насосной станции № 1



15 – резервуар (РЧВ);
14, 22, 23, 24 – узлы;
35, 36 – насосы

Рисунок 7.8 – Схема моделирования насосной станции № 2

	Первая ступень	Вторая ступень
Нас.ст. №1	Редактор кривой Имя кривой Описание Тип кривой Уравнение НАСОС Напор = 53.33-0.005078*Расход^2.39 Расход Напор 51.27 40 Напор (м) 50 40 30 20 10 Расход (м³/ч) 0 20 40 60 80 100 Загрузить... Сохранить... OK Отмена Панель	Редактор кривой Имя кривой Описание Тип кривой Уравнение НАСОС Напор = 53.33-0.00508*Расход^2.08 Расход Напор 142.06 40 Напор (м) 50 40 30 20 10 Расход (м³/ч) 0 100 200 Загрузить... Сохранить... OK Отмена Панель

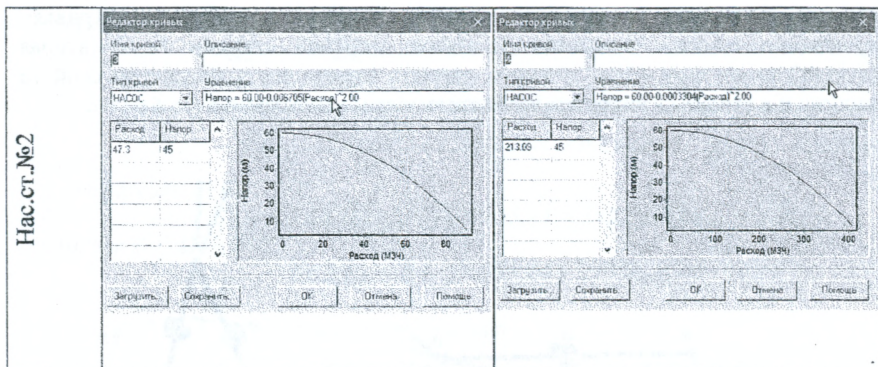
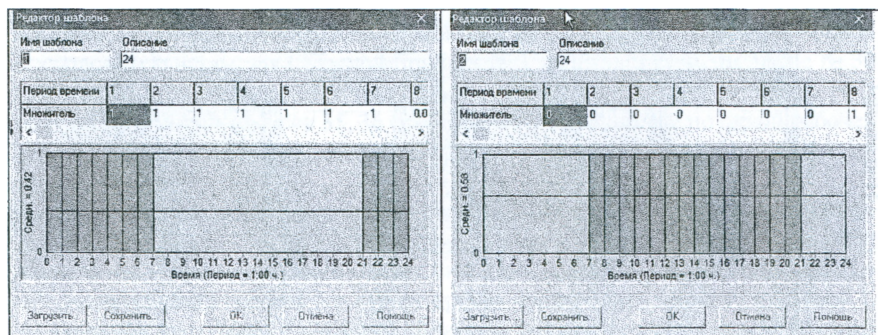


Рисунок 7.9 – Кривые 1,2,3,4

7.5 Создание шаблона для работы насоса

Шаблон – набор множителей, которые применяются к базовому значению для изменения величины параметра во времени. Например, шаблоны применимы к таким свойствам элементов и трубопроводов, как узловые расходы, напор в резервуарах, режим работы насоса (насосной станции), качество воды в источниках. Временной интервал (шаг), используемый во всех шаблонах, – величина фиксированная. Шаг шаблона задается в окне Проект – Настройки – Объект – Время – Свойства. В пределах одного временного интервала (шага) значение управляемого параметра остается постоянным и равно произведению базового значения на множитель для этого интервала. Хотя все шаблоны имеют одинаковый шаг, количество шагов в каждом шаблоне может отличаться. Шаблон выполняется циклически в течение всего времени моделирования. При достижении последнего интервала времени в шаблоне счетчик сбрасывается и следующим выполняется первый интервал.



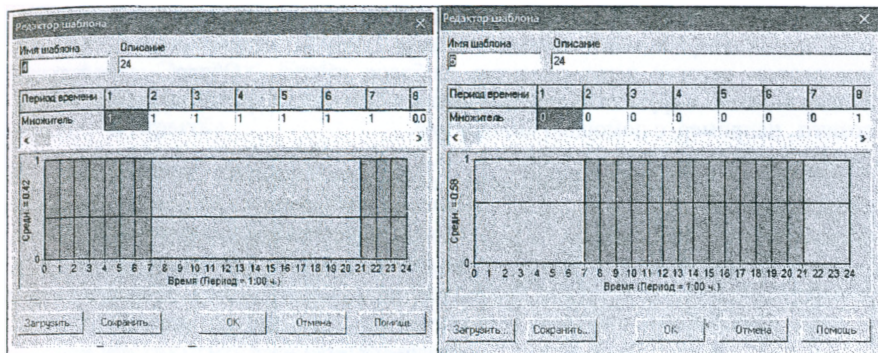


Рисунок 7.10 – Редактор шаблонов 1,2,4,5

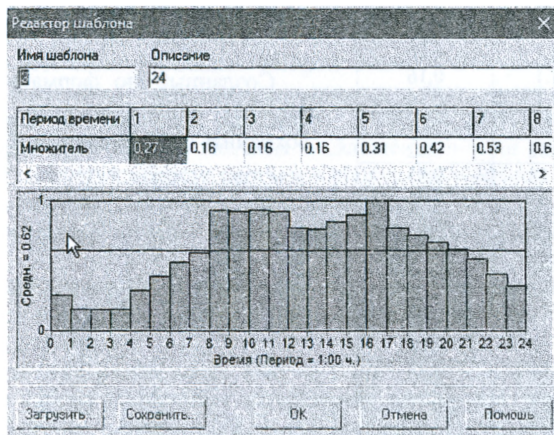


Рисунок 7.11 – Редактор шаблона № 3

Таблица 7.5 Свойства шаблонов, описывающих работу насосных станций

Шаблон 1(насос 29, Н. ст. № 1)																								
Время, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Множитель	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Шаблон 2 (насос 30, Н. ст. № 2)																								
Время, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Множитель	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Шаблон 4 (насос 35, Н. ст. № 2)																								
Время, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Множитель	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Шаблон 5 (насос 36, Н. ст. № 3)																								
Время, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Множитель	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

Формат числа для шаблона: 1.00 или 0.36, в противном случае возникает ошибка «Недопустимое значение числа». Шаблон можно создать либо в диалоговом режиме через редактор шаблона «Окно – Обзор – Объекты – Шаблон», либо загрузить из предварительно созданного файла, который можно создать, например, с помощью «Блокнота».

Таблица 7.6 – Водопотребление
(пример – шаблон 3)

Часы суток	Водопотребление, % Табл. 2.9	Шаблон EPANET (Множители)
-1-	-2-	-3-
1	1.85	0,27
2	1.1	0,16
3	1.1	0,16
4	1.1	0,16
5	2.08	0,31
6	2.82	0,42
7	3.58	0,53
8	4.05	0,60
9	6.28	0,93
10	6.23	0,92
11	6.26	0,93
12	6.22	0,92
13	5.33	0,79
14	5.26	0,78
15	5.67	0,84
16	6.04	0,89
17	6.75	1,00
18	5.32	0,79
19	4.97	0,74
20	4.61	0,68
21	4.27	0,63
22	3.74	0,55
23	3	0,44
24	2.37	0,35

При вычислении множителей за базовый выбирается, например, большее значение, максимальное водопотребление, согласно расчетам, наблюдается в 17 ч. (столбец 2, таблица 7.6). Для этого часа множитель 1, тогда для 1-го часа множитель составит:

$$M_{n1} = \frac{1,85}{6,75} = 0,27 \quad \text{и т. д.}$$

Созданный по формату (таблица 7.6, столбец 3) в блокноте файл следует сохранить с расширением *.pat.

7.6 Сохранение и загрузка проектов

Завершив создание схемы, необходимо сохранить проделанную работу в следующей последовательности.

Выберите пункт меню «Файл - Сохранить как».

В появившемся окне выберите папку и имя файла, расширение .net будет добавлено к имени файла автоматически.

Нажмите «ОК» для сохранения проекта в файл.

Проект сохраняется в специальном двоичном формате. Если вы хотите сохранить информацию о схеме в виде читаемого текста, используйте пункт меню **Файл – Экспорт – Схема**.

Для того чтобы загрузить проект позже, воспользуйтесь пунктом меню **«Файл – Открыть»**.

7.7 Статическое моделирование

Сейчас достаточно информации для выполнения статического моделирования схемы примера. Для запуска моделирования выберите **«Проект – Выполнить»** или кнопка **«Выполнить»** панели инструментов **«Стандартная»** (если эта панель не отображается на экране, отметьте пункт меню **«Вид – Панели инструментов – Стандартная»**).

Если в процессе моделирования возникли ошибки, автоматически откроется окно **«Отчет выполнения»**, в котором будет приведена подробная информация об ошибке. Если моделирование было выполнено успешно, просмотреть результаты можно разными способами, описанными ниже.

В выпадающем списке вкладки **«Карта окна – Обзор»** выбрать пункт **«Давление»**. При этом значения давления в узлах будут маркированы соответствующим цветом. Для просмотра легенды цветовой маркировки, выберите пункт меню **«Вид – Легенда – Элементы»** (или нажмите правой кнопкой мыши на пустой области карты и в контекстном меню выберите пункт **«Легенда элементов»**). Для изменения цветов и интервалов легенды, нажмите правой кнопкой мыши на **«Легенде»**. При этом откроется окно **«Редактора легенды»**.

Откройте **«Редактор свойств»** (выполните двойной щелчок мышью на любом элементе или трубопроводе). Результаты моделирования отображаются в конце списка свойств.

Создайте таблицу результатов, выбрав пункт меню **«Отчет – Таблица»** (или нажав на кнопку **«Таблица»** на **«Панели инструментов»**). На рисунке 7.12 показана таблица изменений расхода, скорости, удельных потерь напора во времени для трубопровода № 11. Отрицательные значения расхода означают, что направление потока противоположно направлению, которое было выбрано при рисовании трубопровода. Аналогично можно вывести эти данные для любого трубопровода. На рисунке 7.13 представлен график изменения расхода в трубопроводе 11. Разработанная модель системы водоснабжения позволяет анализировать изменение во времени: узлового расхода ($\text{м}^3/\text{ч}$), напора (значения пьезометрических отметок, м), давления (свободного напора, м) для всех узлов. На рисунке 7.14 приведена таблица изменений узлового расхода ($\text{м}^3/\text{ч}$), напора (значения пьезометрических отметок, м), давления (свободного напора, м) для узла № 5. На рисунке 7.15 продемонстрировано изменение во времени давления (свободного напора, м) для узла № 5 в виде графика. Также разработанная модель позволяет оценить энергозатраты на функционирование системы и подсчитывает затраты на электроэнергию (рисунок 7.16): **«Отчет – Энергопотребление»**.

ERANET 2 - Пример к методичке декабрь 01 OK.net - (Таблица трубопровода)

Time Часы	Расход МЗЧ	Скорость МС	Удельн. потери напора м/км	Козф. трения
0:00	1.72	0.06	0.08	0.042
1:00	5.14	0.18	0.60	0.036
2:00	4.98	0.18	0.57	0.036
3:00	4.83	0.17	0.53	0.036
4:00	-0.71	0.03	0.02	0.048
5:00	-4.82	0.17	0.53	0.036
6:00	-7.45	0.26	1.19	0.034
7:00	8.04	0.28	1.38	0.033
8:00	-7.71	0.27	1.27	0.034
9:00	-7.65	0.27	1.25	0.034
10:00	-9.29	0.29	1.46	0.033
11:00	-10.57	0.37	2.23	0.032
12:00	-9.15	0.32	1.75	0.033
13:00	-8.04	0.32	1.71	0.033
14:00	-9.69	0.34	1.95	0.032
15:00	-10.24	0.36	2.16	0.032
16:00	-11.46	0.41	2.85	0.032
17:00	-9.15	0.32	1.75	0.033
18:00	-8.60	0.30	1.56	0.033
19:00	-7.95	0.28	1.35	0.033
20:00	-7.41	0.26	1.18	0.034
21:00	-7.90	0.28	1.33	0.033
22:00	-5.48	0.19	0.68	0.035

Рисунок 7.12 – Таблица изменений расхода, скорости, удельных потерь напора во времени для трубопровода № 11

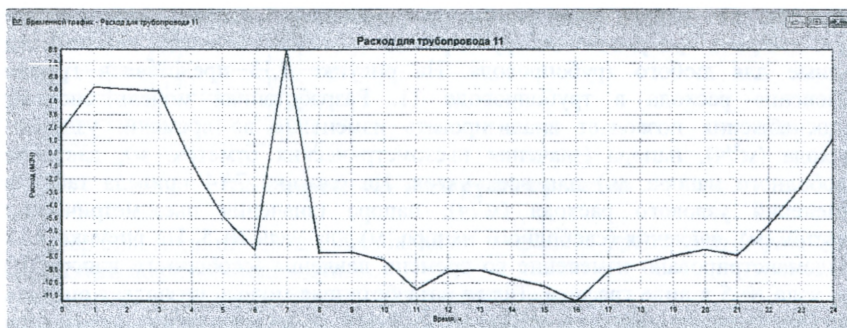


Рисунок 7.13 – Временной график изменения расхода воды в трубопроводе 11

Time Часы	Расход МЗЧ	Напор м	Давление м
0:00	10.81	157.39	30.39
1:00	5.99	159.26	32.26
2:00	5.99	160.04	33.04
3:00	5.99	160.81	33.81
4:00	11.61	160.01	33.01
5:00	15.72	159.34	32.34
6:00	19.84	157.33	30.33
7:00	22.46	163.93	36.93
8:00	34.82	159.93	32.93
9:00	34.44	160.50	33.50
10:00	34.82	160.76	33.76
11:00	34.44	165.14	38.14
12:00	29.58	170.51	43.51
13:00	29.20	170.89	43.89
14:00	31.45	168.54	41.54
15:00	33.32	166.45	39.45
16:00	37.44	161.45	34.45
17:00	29.58	170.51	43.51
18:00	27.71	172.36	45.36
19:00	25.46	174.43	47.43
20:00	23.59	176.03	49.03
21:00	20.59	159.04	32.04
22:00	16.47	159.88	32.88
23:00	13.10	160.23	33.23
24:00	10.11	160.52	33.52

Рисунок 7.14 – Изменение во времени узлового расхода ($\text{м}^3/\text{ч}$), напора (значения пьезометрических отметок, м), давления (свободного напора, м) для узла № 5



Рисунок 7.15 – Изменение во времени давления (свободного напора, м) для узла № 5

Отчет энергопотребления						
Таблица		Диаграмма				
Насос	Процент Потребление	Средн. ф.ф.к.т.ив.н.с.т.	кВт.ч /м3	Средн. кВт	Пик кВт	Затраты /сут
29	41.67	75.00	0.11	7.30	7.46	20.94
30	58.33	75.00	0.15	19.89	21.17	79.81
35	41.67	75.00	0.12	7.63	7.71	21.68
36	58.33	75.00	0.17	33.53	35.73	134.56
Общие затраты						257.13
Доп. энергопотребление						0.00

Рисунок 7.16 – Отчет по энергопотреблению

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях приведена последовательность расчета вновь проектируемой водопроводной сети. Выполнена проверка функционирования сети при пожаротушении и при максимальном транзите воды в водонапорную башню. Содержатся основные сведения по моделированию системы водоснабжения по программе EPANEN. Приведен пример моделирования проектируемой системы водоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение / Н. Н. Абрамов. – М. : Стройиздат, 1982. – 440 с.
2. Абрамов, Н. Н. Расчет водопроводных сетей / Н. Н. Абрамов, М. М. Поспелова, М. А. Сомов. – М. : Стройиздат, 1983. – 304 с.
3. Административные и бытовые здания. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.02-209-2010 – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2011 (изменение № 1 от 10 мая 2017). – 30 с.
4. Михневич, Э. И. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З.
5. Водопроводная сеть города : пособие для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / Э. И. Михневич. – Минск : БНТУ, 2021. – 87 с.
6. Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические условия: ГОСТ 10704–91.
7. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. Межгосударственный стандарт. – Введен 01.01.2003: ГОСТ 18599–2001.
8. Трубы железобетонные напорные со стальным сердечником. Технические условия. С изменениями и дополнениями: ГОСТ 26819–86 – М., 1989.
9. Трубы и муфты хризотилцементные. Технические условия: ГОСТ 31416–2009.
10. Чугунные трубы напорные. Изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья: ГОСТ 9583–75*.
11. Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016–2020 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 21.04.2016, № 326.
12. Гуринович, А. Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами : планирование, проектирование, строительство и эксплуатация: монография / А. Д. Гуринович. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 244 с.
13. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие: в 3-х т. / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова; под ред. М. Г. Журбы – издание 2-е, перераб. и доп. – М. : Издательство АСВ, 2004. – Т. 3. : Системы распределения и подачи воды. – 255 с.
14. О питьевом водоснабжении: Закон Республики Беларусь от 24 июня 1999 г. № 271-З.
15. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Закон Республики Беларусь: от 7 января 2012 г. № 340-З.
16. Казанли, Е. А. Сети водоснабжения и водоотведения из полимерных труб. Расчет, проектирование и монтаж: учебное пособие / Е. А. Казанли, Л. В. Кулешова, Э. И. Михневич; под ред. Э. И. Михневича. – Минск: БНТУ, 2006. – 170 с.
17. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: ТКП 474-2013 (02300). – Минск : Министерство по чрезвычайным ситуациям РБ, 2013. – 52 с.

18. Монтаж систем водоснабжения и канализации: Справочник строителя / Под ред. А. К. Перешивкина. – М. : Стройиздат, 1988. – 653 с.
19. Москвитин, Б. А. Оборудование водопроводных и канализационных сетей / Б. А. Москвитин [и др.]. – 2-е изд. перераб. и доп.– М. : БАСТЕТ, 2011. – 293 с.
20. Николадзе, Г. И. Водоснабжение / Г. И. Николадзе, М. А. Сомов. – М. : Стройиздат, 1995. – 688 с.
21. Орлов, В. А. Водоснабжение / В. А. Орлов, Л. А. Квитка. – М. : Издательство ИНФА, 2017. – 441 с.
22. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.02-315-2018 (33020). – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2018. – 51 с.
23. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы Республики Беларусь: СанПиН 10-124 РБ 99: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 19.10.1999 г. № 46.
24. СанПиН 16.09.2014 № 69 Санитарно-эпидемиологические требования к системам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.09.2014 № 69.
25. Санитарные нормы и правила Республики Беларусь «Требования к организации зон санитарной охраны источников и централизованных систем питьевого водоснабжения: Санитарные нормы и правила Республики Беларусь: СанПиН от 30.12.2016 № 142: утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2016 № 142.
26. Строительные нормы Республики Беларусь Противопожарное водоснабжение: СН 2.02.02–2019 – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ. 2020.
27. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: Строительные нормы Республики Беларусь: СН 4.01.01–2019. — Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ. 2020.
28. Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий: Строительные нормы Республики Беларусь: СН 4.01.03–2019. — Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ. 2020.
29. Сомов, М. А. Водоснабжение / М. А. Сомов, Л. А. Квитка. – М. : Издательство ИНФА, 2007. – 287 с.
30. Трубы бетонные и железобетонные безнапорные. Технические условия. Госстандарт: СТБ 1163–2012.
31. Строительство. Водоснабжение питьевое. Термины и определения: СТБ 1884–2008. – Введ. 01.03.2009. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2008. – 16 с.

32. Трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. Технические условия. Госстандарт: СТБ 1986–2009. – Введ. 01.07.2010.

33. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – М. : Изд. дом «БАСТЕТ», 2014. – 382 с.

79



Учебное издание

Составители:

*Житенёв Борис Николаевич
Андреюк Светлана Васильевна*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта по дисциплине
«Водопроводные сети»
к расчету и проектированию водопроводных сетей
по программе ЕРANET
для студентов специальности 700403 – «Водоснабжение,
водоотведение и охрана водных ресурсов»

Ответственный за выпуск: Житенёв Б. Н.

Редактор: Митлошук М. А.

Компьютерная вёрстка: Рогожина Ю. А.

Корректор: Дударук С. А.

Подписано в печать 29.12.2021 г. Формат 60х84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 4,65. Уч. изд. л. 5. Заказ № 1482. Тираж 19 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014.