# Введение

Для современных городов, сельского хозяйства, промышленных предприятий и энергетических хозяйств необходимы огромные количества воды, строго отвечающей по своим качествам требованиям ГОСТа или технологических процессов. Для решения этой важной задачи требуются тщательный выбор источников водоснабжения, организация охраны их от загрязнений, строительство очистных сооружений. Одним из главных вопросов использования воды как в населенных пунктах, так и на промышленных предприятиях является пожаротушение.

При проектировании системы водоснабжения любого объекта прежде всего должно быть определено, сколько воды и какого качества требуется подавать данному объекту.

Система водоснабжения представляет собой комплекс сооружений для обеспечения определенной группы потребителей водой в требуемых количествах и требуемого качества. Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, т.е. обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды.

Система водоснабжения должна обеспечивать получение воды из природных источников, ее очистку, если это вызывается требованиями потребителей, и подачу к местам потребления.

Целью данного курсового проекта являются:

1. Расчет и проектирование водопроводной сети для города и промышленного предприятия;
2. Закрепление теоретического материала по дисциплине «водоснабжение».

# 1. Выбор места расположения головных водопроводных сооружений и башни. Трассировка водопроводной сети

При использовании в качестве источника водоснабжения реки, место расположения водозабора принимаем выше населенного пункта по течению реки, с таким расчетом, чтобы поверхностный загрязненный сток с территории города не мог попасть в воду, забираемую водозаборными сооружениями. Очистные сооружения, резервуары чистой воды и насосную станцию второго подъема располагаем в непосредственной близости от водозабора.

Для уменьшения высоты водонапорной башни (с целью ее удешевления), ее располагаем на самом высоком месте населенного пункта, в пределах застроенной части.

Установив местоположение насосной станции и водонапорной башни, начинаем проектировать на плане города трассы водоводов и водопроводной сети.

Водопроводная сеть состоит из магистральной и распределительной. Гидравлическому расчету подвергаем только магистральную сеть. При выполнении курсового проекта проектируем магистральную сеть, состоящую из 4 замкнутых колец, исходя из следующих основных положений:

* главные магистральные сети, основное назначение которых состоит в транспортировке воды в наиболее удаленные районы, должны совпадать с продольным направлением застройки, равномерно охватывать территорию города и вместе с тем подавать воду в удаленные районы кратчайшим путем;
* магистральные линии следует прокладывать по наиболее возвышенным точкам территории, чтобы обеспечить достаточные свободные напоры в распределительной сети;
* для обеспечения бесперебойной подачи воды потребителям, число магистралей должно быть не менее двух. Расстояние между ними 600-800 м. Для распределения воды в случае аварии на отдельных участках этих линий или при пожаре магистрали связываются перемычками, расстояние между которыми принимается 800–900 м;
* следует стремиться к тому, чтобы сеть имела, возможно, меньшую протяженность участков. Это достигается при условии, что линии наружного контура сети обеспечивают двухстороннее питание потребителей, то есть магистрали и перемычки должны находиться внутри городской застройки;
* Насосная станция второго подъема и водонапорная башня соединяются с кольцевой сетью двумя водоводами.

#

# 2. Определение расчетных суточных расходов воды

#

# 2.1 Хозяйственно-питьевые расходы населения

Определение суточного водопотребления на хозяйственные нужды населенного пункта производим в соответствии с нормой водопотребления, назначенной в зависимости от географического положения населенного пункта и степени благоустройства жилой застройки.

Среднесуточный расход Qсут. m, м3/сут, определяем по формуле:

 (1)

где qж – удельная норма водопотребления на одного жителя, л/чел. сут., принимается согласно [1, табл. 1], и зависит от географического положения местности и уровня благоустройства местности;

Nж - количество жителей в населенном пункте, по районам.

В виду того, что город разделен на два района с различными уровнями благоустройства, то формула (1) приобретает следующий вид:

 (2)

где Q1 - среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды для первого района, м3/сут;

Q2 - среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды для второго района, м3/сут.

Для первого района:

удельная норма водопотребления согласно [1, табл. 1] qж = 330 л/чел. сут., при Централизованном горячем водоснабжении и географическом положении местности – Новосибирская область. Но так как в расчет принимается только количество холодной воды, составляющей 60% общего расхода, то



количество жителей Nж = 40000 чел.



Для второго района:

удельная норма водопотребления согласно [1, таблица 1] qж = 150 л/чел. сут., при водоснабжении и канализации без ванн и том же географическом положении местности.

количество жителей Nж = 20000 чел.



Расчетный расход в сутки наибольшего водопотребления Qсут. max, м3/сут, определяем по формуле:

 (3)

где Kсут. max – максимальный коэффициент суточной неравномерности, зависит от уровня благоустройства местности и принимаем по [1]:

Kсут. max1 =1,1 при ЦГВ,

Kсут. max2 =1,3 при ВиК без ванн.





**2.2 Расход воды на полив улиц и зеленых насаждений в городе**

В данном проекте отсутствуют конкретные данные о площадях поливки в городе по видам благоустройства, видах покрытия, поэтому расчет ведем по формуле:

 (4)

где q – удельное среднесуточное водопотребление на поливку в расчете на одного жителя, по [1, таблица 3, прим. 1] q =50–90 л/чел. сут в зависимости от климатических условий, степени благоустройства населенных пунктов. С учетом всех этих требований принимаем q=70 л/чел. сут.;

0,15 – величина, учитывающая какая часть воды на поливку будет браться из проектируемой водопроводной сети, остальная вода должно доставляться к месту поливки специальными машинами или системами.





#

# 2.3 Расход воды на промышленном предприятии

Вода на пром. предприятии расходуется на хозяйственно-питьевые, душевые, технологические и поливочные нужды.

Расчетный суточный расход воды Qсут.х-п., м3/сут, на хозяйственно-питьевые нужды рабочих, во время их пребывания на производстве, определяем, исходя из норм водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды работающих, по формуле

 (5)

где qг, qх – нормы расхода воды на одного рабочего в горячих и холодных цехах соответственно, принимаемые согласно [2, прил. 1], qг = 45 л/чел. смену; qх = 25 л/чел. смену;

Nг, Nх – суммарное количество рабочих, соответственно, в горячих и холодных цехах, за все смены. Nг =300 чел., Nх=1000 чел.



Расчетный суточный расход воды Qсут..д., м3/сут, на прием душа определяется по формуле

 (6)

где qд – норма расхода холодной воды на одну душевую сетку, согласно [2, прил. 3] qд=500 л/сетку;

Nд – количество рабочих, пользующихся душем, за сутки;

nд – расчетное количество человек на одну душевую сетку, принимаем в зависимости от санитарной характеристики технологического процесса – 1б по [3, таблица. 6] n д= 15 чел.

 (7)

где 35, 20 – количество рабочих в процентах, пользующихся душем соответственно в горячих и холодных цехах.





Суточный расход на поливку и мойку территории предприятия Qпол, м3/сут, определяем по формуле

 (8)

где Sпред – площадь предприятия, м2, определяемая по схема города, Sпред=30400 м2;

0,15 – величина, показывающая какая часть площади предприятия подлежит поливки;

q – норма расхода воды на поливку газонов и цветников, по [1, таблица 3] q=5 л/м2.



Потребности воды питьевого качества на технологические нужды Qтех, м3/сут, определяем по следующей формуле:

 (9)

где q – норма расхода воды питьевого качества для производственных целей, принимаем для птицефабрики, по [4, таблица 35, с. 364] q =26,1 м3 на единицу продукции;

n – производительность предприятия, т/сут; n=100 т/сут.



# 2.4 Расход воды на пожаротушение

Расход воды на пожаротушение не входит в расчетную сумму суточного водопотребления. Однако его величина необходима для проверочного расчета на случай возникновения пожара, а также определения пожарных запасов башни и резервуаров чистой воды.

Определение расхода воды на наружное пожаротушение зависит от того, где находится предприятие: в пределах населенного пункта или вне его.

Число жителей населенного пункта превышает 25 тыс. человек (составляет 60 тыс.) и пром. предприятие находится за чертой города, поэтому по [1, п. 2.23] расход воды на пожаротушение следует определить как сумму потребного большего расхода и 50 процентов потребного меньшего расхода.

При числе жителей 60 тыс. человек, расчетное количество пожаров в населенном пункте по [1, таблица 5] равно двум. При этом, расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар (при застройке здания высотой три этажа и более независимо от степени огнестойкости) qн.п=35 л/с.

Для промышленного предприятия в соответствии со степенью огнестойкости здания (1), категорией производства по пожарной опасности (Д), шириной (100 м) и объемом (120 тыс.м3) здания, по [1, таблица 8] определяем расход воды на наружное пожаротушение на один пожар qп.п=20 л/с. Расчетное количество одновременных пожаров – один, т. к. площадь пром. предприятия меньше 150 га.

Расход воды на пожаротушение равен



**3. Режим расходования воды**

Для гидравлического расчета водопроводной сети и назначения режима работы насосной станции второго подъема необходимо знать график водопотребления по часам суток. Для этого определяем режим расходования воды в течение суток по каждой из категорий водопотребления, в соответствии с [1, п. 2. 7,2.8].

Режим водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды принимаем на основании данных о фактических режимах работы аналогичных населенных пунктов; по[5, таблица 1], в зависимости от максимального коэффициента часовой неравномерности Кч.max, определяемого по формуле

Кч.max = αmax ∙ βmax (10)

где αmax - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий, и т.д., принимаем по [1];

для 1-го района (при ЦГВ) αmax=1,2,

для 2-го района (при ВиК без ванн) αmax=1,3.

βmax – коэффициент, учитывающий общее число жителей в населенном пункте, принимаем по [1, таблица 2]; βmax = 1,15 при числе жителей 60 тыс. человек.





Вычисленной величины K1ч.max и K2ч.max отличаются от табличных, поэтому распределение расходов по часам суток производим в соответствии с табличным коэффициентами, наиболее близкими по величине к вычисленным: K1ч.max =1,4 и K2ч.max=1,5.

Часовые расходы заносим в соответствующие графы таблицы 1.

Режим расходования воды на коммунальные и административные нужды принимаем согласно заданию: 800 м3/сут., разделив его на районы. Коммунальные и административные расходы уже включены в хозяйственно-питьевой расход.

Поливочные расходы как для города, так и для промышленного предприятия распределяем в часы минимального водопотребления (в данном в случаи в утренние часы) согласно [1, п. 2.8], исключая полив в часы максимального водопотребления в населенном пункте.

График распределения воды на промышленное предприятие производим в зависимости от режима его работы.

Технологический расход для предприятия распределяем равномерно в течение рабочих часов в сутках, так как отсутствует задание технологов.

Распределение расхода воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды промышленного предприятия выполняем по [5, таблица 2].

Душевые расходы на промышленном предприятии осуществляем лишь в первый час последующей смены.

Часовые расходы заносим в соответствующие графы таблицы 1, затем суммируем и выражаем в процентах от Qсут.max. По данным таблицы 1, графа 17 строим ступенчатый график водопотребленияв городе, в течении суток, и определяем час максимального водопотребления, назначается режим работы насосной станции второго подъема, а также объем регулирующей водонапорной башни.

На графике водопотребления, по оси абсцисс откладываем часы суток через каждый час, а по оси ординат – часовые расходы в процентах от суточного расхода.

Таблица 1 – Таблица водопотребления и работы насосной станции второго подъема

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Часы суток | 1 район | 2 район | Промышленное предприятие | Общий расход по городу |
| хозяйственно-питьевой расход | в том числе общественные здания | поливочный расход | общий расход по району | хозяйственно-питьевой расход | в том числе общественные здания | поливочный расход | общий расход по району | технологический расход | хозяйственно-питьевой расход | душевой расход | поливочный расход | общий расход по предприятию |
|  | % | М3 | М3 | М3 | М3 | % | М3 | М3 | М3 | М3 | М3 | М3 | М3 | М3 | М3 | % | М3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 0–1 | 2,8 | 243,9 | 7,2 | 105 | 348,9 | 1,5 | 58,5 | 2,4 | 42,0 | 100,5 | 108,75 | 0 | 3,40 | 5,7 | 117,85 | 3,56 | 567,29 |
| 1–2 | 2,9 | 252,6 | 7,2 | 105 | 357,6 | 1,5 | 58,5 | 2,4 | 42,0 | 100,5 | 108,75 | 0,93 | 0 | 5,7 | 115,38 | 3,60 | 573,53 |
| 2–3 | 2,5 | 217,8 | 5,4 | 105 | 322,8 | 1,5 | 58,5 | 1,8 | 42,0 | 100,5 | 108,75 | 1,57 | 0 | 5,7 | 116,02 | 3,39 | 539,32 |
| 3–4 | 2,6 | 226,5 | 1,8 | 105 | 331,5 | 1,5 | 58,5 | 0,6 | 42,0 | 100,5 | 108,75 | 2,59 | 0 | 5,7 | 117,04 | 3,45 | 549,05 |
| 4–5 | 3,8 | 331,1 | 10,8 | 105 | 331,1 | 2,5 | 97,5 | 3,6 | 42,5 | 97,5 | 108,75 | 0,93 | 0 | 5,7 | 115,38 | 3,42 | 543,94 |
| 5–6 | 4,1 | 357,2 | 11,4 | 0 | 357,2 | 3,5 | 136,5 | 3,8 | 0 | 136,5 | 108,75 | 1,57 | 0 | 0 | 110,32 | 3,79 | 604,01 |
| 6–7 | 4,5 | 392,0 | 10,8 | 0 | 392,0 | 4,5 | 175,5 | 3,6 | 0 | 175,5 | 108,75 | 2,59 | 0 | 0 | 111,34 | 4,26 | 678,88 |
| 7–8 | 4,9 | 426,9 | 10,2 | 0 | 426,9 | 5,5 | 214,5 | 3,4 | 0 | 214,5 | 108,75 | 2,65 | 0 | 0 | 111,40 | 4,73 | 752,79 |
| 8–9 | 4,9 | 426,9 | 9 | 0 | 426,9 | 6,3 | 245,7 | 3,0 | 0 | 245,7 | 108,75 | 0 | 3,40 | 0 | 112,15 | 4,93 | 784,74 |
| 9–10 | 5,8 | 505,3 | 13,8 | 0 | 505,3 | 6,3 | 245,7 | 4,6 | 0 | 245,7 | 108,75 | 0,93 | 0 | 0 | 109,68 | 5,41 | 860,68 |
| 10–11 | 4,9 | 426,9 | 14,4 | 0 | 426,9 | 6,3 | 245,7 | 4,8 | 0 | 245,7 | 108,75 | 1,57 | 0 | 0 | 110,32 | 4,92 | 782,91 |
| 11–12 | 4,7 | 409,5 | 14,4 | 0 | 409,5 | 6,3 | 245,7 | 4,8 | 0 | 245,7 | 108,75 | 2,59 | 0 | 0 | 111,34 | 4,81 | 766,50 |
| 12–13 | 4,4 | 383,3 | 18,6 | 0 | 383,3 | 5,0 | 195,0 | 6,2 | 0 | 195,0 | 108,75 | 0,93 | 0 | 0 | 109,68 | 4,32 | 688,01 |
| 13–14 | 4,1 | 357,2 | 19,8 | 0 | 357,2 | 5,0 | 195,0 | 6,6 | 0 | 195,0 | 108,75 | 1,57 | 0 | 0 | 110,32 | 4,16 | 662,51 |
| 14–15 | 4,1 | 357,2 | 22,8 | 0 | 357,2 | 5,5 | 214,5 | 7,6 | 0 | 214,5 | 108,75 | 2,59 | 0 | 0 | 111,34 | 4,29 | 683,03 |
| 15–16 | 4,4 | 383,3 | 22,8 | 0 | 383,3 | 6,0 | 234,0 | 7,6 | 0 | 234,0 | 108,75 | 2,65 | 0 | 0 | 111,40 | 4,58 | 728,73 |
| 16–17 | 4,3 | 374,6 | 13,2 | 0 | 374,6 | 6,0 | 234,0 | 4,4 | 0 | 234,0 | 108,75 | 0 | 3,40 | 0 | 112,15 | 4,53 | 720,77 |
| 17–18 | 4,0 | 348,5 | 27 | 0 | 348,5 | 5,5 | 214,5 | 9,0 | 0 | 214,5 | 108,75 | 0,93 | 0 | 0 | 109,68 | 4,22 | 672,66 |
| 18–19 | 4,2 | 365,9 | 55,8 | 0 | 365,9 | 5,0 | 195,0 | 18,6 | 0 | 195,0 | 108,75 | 1,57 | 0 | 0 | 110,32 | 4,22 | 671,22 |
| 19–20 | 4,4 | 383,3 | 62,4 | 0 | 383,3 | 4,5 | 175,5 | 20,8 | 0 | 175,5 | 108,75 | 2,59 | 0 | 0 | 111,34 | 4,21 | 670,17 |
| 20–21 | 4,5 | 392,0 | 73,8 | 0 | 392,0 | 4,0 | 156,0 | 24,6 | 0 | 156,0 | 108,75 | 0,93 | 0 | 0 | 109,68 | 4,13 | 657,72 |
| 21–22 | 4,8 | 418,2 | 67,8 | 0 | 418,2 | 3,0 | 117,0 | 22,6 | 0 | 117,0 | 108,75 | 1,57 | 0 | 0 | 110,32 | 4,05 | 645,50 |
| 22–23 | 4,5 | 392,0 | 55,2 | 0 | 392,0 | 2,0 | 78,0 | 18,4 | 0 | 78,0 | 108,75 | 2,59 | 0 | 0 | 111,34 | 3,65 | 581,38 |
| 23–24 | 3,9 | 339,8 | 44,4 | 0 | 339,8 | 1,3 | 50,7 | 14,8 | 0 | 50,7 | 108,75 | 2,65 | 0 | 0 | 111,40 | 3,35 | 533,44 |
| Итого | 100,0 | 8712,0 | 600,0 | 420,0 | 9132,0 | 100,0 | 3900,0 | 200,0 | 210,0 | 4110,0 | 2610,00 | 38,50 | 10,20 | 22,80 | 2681,50 | 100,0 | 15918,8 |

#

# 4. Назначение режима работы насосной станции второго подъема. Определение емкостей водонапорной башни и резервуаров чистой воды (РЧВ)

Назначение режима работы насосной станции второго подъема сводится к построению графика её работы на ступенчатом графике водопотребления города (рисунок 2).

При построении графика руководствовались следующими положениями:

* насосы в насосной станции должны быть однотипными
* число насосов и регулирование подачи (включение и выключение) должно быть небольшим. Обычно число рабочих насосов принимается 2–5 работающих по ступенчатому графику, а число ступеней насосных агрегатов 2–3.
* регулирующая емкость резервуара башни должна быть минимальна, и не превышать 2–6% от суточного водопотребления;
* при определении количества рабочих насосов необходимо учитывать влияние параллельного включения на подачу насосов, при этом в случае выключения из работы одного насоса, подача оставшихся в работе насосов должна быть увеличена на 11%, двух насосов – на 18%, трех – на 25%;
* следует стремиться к тому, чтобы подача воды от башни в час максимального водопотребления составляла не более 8–15% от максимального водопотребления и величина транзитной подачи воды в бак водонапорной башни не превышала 25–30% от расхода в рассматриваемый час.

Просматривая разные варианты режима работы насосной станции второго подъема, наиболее благоприятным был принят вариант при минимальной подаче 3,64% и максимальной 4,80%. При этом было принято три однотипных насоса. При параллельной работе трех насосов каждый подает по 1,6%, и два насоса при работе двух параллельно включенных насосов подают 3,68%, что удовлетворяет принятым расчетам.

Суммарная емкость бака Wб водонапорной башни складываем из регулирующей емкости Wбрег и пожарного запаса воды

Регулирующий объем определяется по совмещенному графику, как несоответствие между режимом водопотребления и подачей насосной станции второго подъема, или же по таблице 1. Wбрег=442,5м3.

Пожарный запас Wп, м3, необходимый на тушение одного пожара qп в течение 10 мин. при максимальном водопотреблении города qг=812м3/час, определяется:

 (11)

где qг = 812 м3/час по таблице 1;

qп = 35 л/с.



Тогда

 (12)



Размеры бака водонапорной башни определяем из соотношения высоты бака и его диаметра:

 тогда

 (13)

 (14)

где H – высота бака, м;

D – диаметр бака, м.





Определение емкости резервуаров чистой воды производим на основании совмещенного графика поступления воды в резервуары от насосной станции первого подъема, который всегда принимается равномерным, и принятого графика отбора ее насосной станцией второго подъема.

Суммарный объем резервуара принимаем по формуле:

Wрчв = Wрег + Wнпз + Wсоб, (15)

где Wрег – регулирующий объем воды в резервуарах чистой воды, который определяем как несоответствие между работой насосной станции первого подъема и насосной станцией второго подъема по графику 2; Wрег=(4,80–4,17)⋅11⋅159,188=1103м3.

Wнпз – объем неприкосновенного пожарного запаса, м3;

Wсоб – объем воды на собственные нужды очистной станции, м3, принимаем 2% от общего суточного расхода воды, подаваемого потребителю; Wсоб = 2⋅159,188= 318,4 м3.

Объем неприкосновенного пожарного запаса Wнпз, м3, определяем по формуле

Wнпз =3Qпож + 3Qmax – 3Q1, (16)

где 3Qпож – запас воды на тушение расчетного числа пожаров длительностью 3 часа, м3;

3Qmax – суммарный расход за три смежных часа максимального водопотребления (с 8–11) без учета воды на полив территории, прием душа на промышленном предприятии (таблица 1);

3Q1 – подача воды насосной станции первого подъема за три часа, м3.

3Qпож = 3 ∙ 80 ∙ 3600/1000 = 864 м3,

3Qmax = 781,34 + 860,68 + 782,91 = 2424,93 м3,

3Q1 = 3 ⋅ 4,17 ∙ 159,188 = 1991,49 м3.

Тогда

Wнпз = 864 + 2424,9 – 1297,5 = 1297,5 м3,

Wрчв = 1103,2+ 1297,5 + 318,4 = 2719,1 м3.

По определенному объему резервуаров чистой воды определяем их количество и размеры по типовым проектам [6]: принимаем три прямоугольных резервуара для воды из сборных железобетонных конструкций, емкостью 1000м3 каждый. Размеры резервуара в плане 18000×12000 мм, высота 4,8 м. Определяем все характерные отметки уровней воды в резервуарах чистой воды (Zmax, Zнпз, Zдна). Максимальный уровень воды в них должен быть на 0,5 м выше отметки земли.

Отметка земли в РЧВ: Zз=122,5 м по генплану.

Отметка дна, м:

Zдна= Zз - (4,8–0,5), (17)

Zдна= 122,5- (4,8–0,5)=118,2 м.

Отметка неприкосновенного пожарного запаса ZНПЗ:

Zнпз = Zдна + h; (18)

где h – высота столба воды неприкосновенного пожарного запаса, м, определяем по формуле

h= W1 нпз / 12⋅18 (19)

где W1нпз - объем неприкосновенного пожарного запаса в одном резервуаре, м3, W1нпз= Wнпз/3=1297,5=432,5 м3;

hmax = 432,5/ 12⋅18 = 2 м,

Zнпз = 118,2+2 = 120,2 м.

Отметка максимального уровня воды в резервуаре Zmzx:

Zmzx=122,5+0,5=123 м.

# 5. Гидравлический расчет сети

#

# 5.1 Расчетные режимы работы сети

Для того, чтобы проектируемая сеть обеспечила пропуск необходимого количества воды при любых возможных ситуациях, она рассчитывается на наиболее напряженные режимы работы, определяемые по [1, п. 4.11].

Основным расчетным режимом является работа сети в час наибольшего водопотребления города в целом, который определяется по таблице 1.

Расходы воды каждого из районов и предприятия города, подача воды насосами и поступление её из башни в этот час являются исходными данными для этого расчетного случая.

Для сети с контррезервуаром расчетным режимом является также работа сети в час максимального транзита воды в башню. Он наблюдается обычно в час минимального водопотребления и определен по наибольшему притоку в бак.

Эти расчетные случаи являются основными, кроме них сеть подвергаем еще ряду проверочных расчетов.

Во-первых, проверяется способность сети пропустить в «час max» дополнительный пожарный расход (час пожара). Точками возникновения пожара в городе являются наиболее удаленные от начала сети и высоко расположенные точки – это две точки, расположенные во втором районе, а точнее в его верхней правой части, а третья точка расположена на промышленном предприятии. Полный расход на тушение пожара подает насосная станция второго подъема, т. к. башня опорожняется в первые 10 минут пожара, его определяем по формуле:

 (20)

где Qч.max – общий расход по городу в час максимального водопотребления без учета поливочных и душевых расходов на предприятии, если таковые имеются в этот час, м3/ч;

qпож – расход воды на тушение расчетного числа пожаров в городе, qпож =80 л/с.



Во-вторых, проверяется пропускная способность сети при аварии на одном из магистральных участков (час аварии). В этом случае сеть должна пропускать 70 процентов максимального часового расхода города, [1, п. 8.6].

Все расходы для расчетных случаев выражаем в л/с и сводим в таблицу 2.

При этом расходы воды в общественных, коммунальных, промышленных предприятиях, пожарные расходы учитываем как сосредоточенные отборы. Расходы воды в жилых зданиях и поливочные расходы в населенном пункте считаем равномерно-распределенными по всей длине магистральной сети.

Равномерно-распределенный расход qр-р, л/с, определяется по формуле

qр-р =qобщ – ∑qсоср (21)

где qобщ – общий расход по городу, л/с;

∑qсоср – суммарный сосредоточенный расход, л/с.

Таблица 2 – Таблица расчетных режимов работы сети

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчетные случаи | 1 район | 2 район | Расход по предприятию | Общий расход по городу с предприятием | Подача насосной станции второго подъема | Приток в бак | Расход из бака |
| общий расход | сосредоточенный расход | равномерно-распределенный расход | общий расход | сосредоточенный расход | равномерно-распределенный расход |
| л/с | л/с | л/с | л/с | л/с | л/с | л/с | л/с | л/с | л/с | л/с |
| 1. Час максимального водопотребления | 140,36 | 3,83 | 136,53 | 68,25 | 1,28 | 66,97 | 30,47 | 239,08 | 212,25 | - | 26,83 |
| 2. Час транзита или др. случай | 99,22 | 5,50 | 93,72 | 54,17 | 1,83 | 52,34 | 30,64 | 184,03 | 212,25 | 28,30 | - |
| 3. Час пожара | 140,36 | 3,83 | 136,53 | 138,25 | 71,28 | 66,97 | 40,47 | 319,08 | 319,08 | - | - |

# 5.2 Подготовка сети к гидравлическому расчету

Подготовка сети к гидравлическому расчету производиv в следующей последовательности:

1. Вычерчиваем трассу сети, нанесенную на генплане, в виде схемы (рисунок 4) с указанием точки присоединения водоводов и места подключения башни к сети.

Рисунок 1 – Трасса сети

2. Разбиваем сеть на расчетные участки, проставляем номера расчетных точек. Границами участков являются узлы и точки ответвления сосредоточенных расходов. Проставляем длины каждого участка. Вычисляем общую длину участков сети ∑ *l* и для каждого района определяем удельные расходы по формуле

 (22)

где ∑ *l1* = 520⋅2+590⋅2+620⋅6=5940 м,

∑ *l2* = 640+780+310⋅2+520=2560 м.

При прохождении линии по границе районов в каждом из них учитываем половину её фактической длины. Участки магистральных линий, проходящие по незастроенной территории, не учитываем, а участки с односторонним отбором воды принимаем половину действительной длины.

3. По удельным расходам определяем путевые расходы для каждого расчетного участка сети:

 (23)

где *l* – длина расчетного участка, м.

Определение путевых расходов приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Путевые расходы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер района | Номер участка | Длина, м | Час максимального водопотребления | Час транзита | Час пожара |
| удельный расход q | путевой расход q | удельный расход q | путевой расход q | удельный расход q | путевой расход q |
| 1 | 1–2 | 520 | 0,023 | 11,96 | 0,016 | 8,32 | 0,023 | 11,96 |
|  | 2–3 | 590 |  | 13,57 |  | 9,44 |  | 13,57 |
|  | 3–4 | 620 |  | 14,26 |  | 9,92 |  | 14,26 |
|  | 4–4а | 620 |  | 14,26 |  | 9,92 |  | 14,26 |
|  | 4–7 | 590 |  | 13,57 |  | 9,44 |  | 13,57 |
|  | 7–7а | 620 |  | 14,26 |  | 9,92 |  | 14,26 |
|  | 7–8 | 520 |  | 11,96 |  | 8,32 |  | 11,96 |
|  | 8–8а | 620 |  | 14,26 |  | 9,92 |  | 14,26 |
|  | 8–1 | 620 |  | 14,26 |  | 9,92 |  | 14,26 |
|  | 2–7 | 620 |  | 14,26 |  | 9,92 |  | 14,26 |
| Итого: |  | 5940 |  | 136,62 |  | 95,04 |  | 136,62 |
| 2 | 4а-5 | 640 | 0,026 | 16,64 | 0,020 | 12,80 | 0,026 | 16,64 |
|  | 5–6 | 780 |  | 20,28 |  | 15,60 |  | 20,28 |
|  | 6–7а | 310 |  | 8,06 |  | 6,20 |  | 8,06 |
|  | 6–9 | 520 |  | 13,52 |  | 10,40 |  | 13,52 |
|  | 9–8а | 310 |  | 8,06 |  | 6,20 |  | 8,06 |
| Итого: |  | 2560 |  | 66,56 |  | 51,2 |  | 66,56 |

4. Путевые расходы приводим к узловым. Узловой отбор равен полусумме путевых расходов участков, примыкающих к этому узлу. Если в данном узле присутствует сосредоточенный отбор, то прибавляем его к узловому. Расчет выполняем в таблице 4.

Таблица 4 – Узловые расходы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер узловой точки | Наименование сосредоточенных потребителей | Номера примыкающих к узлу участков | Час максимального водопотребления | Час транзита | Час пожара |
| ∑qп | qузл=0,5∑qп | qсоср | qобщузл | ∑qп | qузл=0,5∑qп | qсоср | qобщузл | ∑qп | qузл=0,5∑qп | qсоср | qобщузл |
| 1 |  | 1–2, 1–8 | 26,22 | 13,11 |  | 13,1 | 18,24 | 9,12 |  | 9,1 | 26,22 | 13,11 |  | 13,1 |
| 2 |  | 2–3, 2–1, 2–7 | 39,79 | 19,90 |  | 19,9 | 27,68 | 13,84 |  | 13,6 | 39,79 | 19,90 |  | 19,9 |
| 3 |  | 3–2, 3–4 | 27,83 | 13,92 |  | 13,9 | 19,36 | 9,68 |  | 9,7 | 27,83 | 13,92 |  | 13,9 |
| 4 |  | 3–4, 4–5, 4–7 | 58,73 | 29,37 |  | 29,4 | 42,08 | 21,04 |  | 21,0 | 58,73 | 29,37 |  | 29,4 |
| 5 | ком. пр. | 5–4, 5–6 | 51,18 | 25,59 |  | 25,6 | 38,32 | 19,16 |  | 19,2 | 51,18 | 25,59 | 71,28 | 96,9 |
| 6 | ком. пр. | 6–5, 6–7, 6–9 | 56,12 | 28,06 | 1,28 | 29,3 | 42,12 | 21,06 | 1,83 | 22,9 | 56,12 | 28,06 |  | 28,1 |
| 7 | ком. пр. | 7–6, 7–8, 7–2, 7–4 | 62,11 | 31,06 | 3,83 | 34,9 | 43,80 | 21,90 | 5,50 | 27,4 | 62,11 | 31,06 | 3,83 | 34,9 |
| 8 |  | 8–7, 8–9, 8–1 | 48,54 | 24,57 |  | 24,6 | 34,36 | 17,18 |  | 17,2 | 48,54 | 24,57 |  | 24,6 |
| 9 | пром. пр. | 9–8, 9–6 | 35,84 | 17,92 | 30,47 | 48,4 | 26,52 | 13,26 | 30,64 | 43,9 | 35,84 | 17,92 | 40,47 | 58,4 |
| Итого: |  |  | 406,36 | 203,48 | 35,58 | 239,1 | 292,48 | 146,24 | 37,97 | 184,0 | 406,36 | 203,48 | 115,58 | 319,1 |

Проверяем правильность вычислений по равенству

∑qузл = qобщ, (24)

Значения узловых расходов для каждого расчетного случая наносим на расчетную схему (рисунки 5, 6, 7). Узловой расход изображен стрелкой, исходящей из данного узла.

Рисунок 2 – Предварительное потокораспределение для часа максимального водопотребления

Рисунок 3 – Предварительное потокораспределение для часа транзита

5. Намечаем направление движения воды в сети и осуществляем предварительное потокораспределение для каждого расчетного случая.

При выборе направления потоков при известных источниках питания и величинах узловых расходов стремимся к тому, чтобы подвод воды к каждой узловой точке происходил кратчайшим путем, и чтобы основные магистрали были загружены примерно одинаково. Это гарантирует оптимальную пропускную способность сети при аварии на любом участке.

При распределении потоков в каждой узловой точке проверяем материальный баланс приходящих и уходящих расходов, то есть ∑q = 0. При этом транзитные расходы, приходящие к узлу, считаем положительными, а выходящие и общий узловой отбор – отрицательными.

Расчетные расходы по перемычкам назначаем меньшими, чем по основным магистралям, так как перемычки не участвуют в транспортировке транзитных расходов, а предназначены лишь для перераспределения их между магистралями в случае аварии магистрального участка и при пожаре.

Предварительно намеченные расходы для каждого расчетного случая на участках занесены на рисунках 5, 6, 7.

6. Определяется материал и диаметр трубопроводов.

В соответствии с требованиями [1, п. 8.21] для напорных сетей и водоводов применяем неметаллические трубы (пластмассовые).

Диаметры труб участков сети определяем по расчетным расходам и экономическим скоростям. Так как расчетные расходы различны для расчетных случаев работы сети, то при определении диаметра принимаем наибольшее значение расхода из принятых расчетных случаев (без учета поверочных случаев).

Приняв соответствующий экономический фактор, исходя из географического положения населенного пункта (Сибирь), (Э = 0,5) по таблице предельных расходов [7, таблица 12], назначаем диаметры участков сета. При определении диаметра перемычек их назначаем на 1–2 сортамента меньше диаметров соединяемых магистралей.

Принятый диаметр трубопроводов проверяем на пропуск пожарного расхода этого участка, имея ввиду, что скорости более 2,0 -2,5 м/с нежелательны, вследствие больших потерь напора на участках.

Определение диаметров водоводов производим аналогично при условии, что число ниток водоводов должно быть не менее двух для надежной работы водоводов.

Результаты подбора диаметров сведены в таблице 5.

Таблица 5 – Определение диаметров

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер участка сети и водоводы | Расходы при расчетных случаях, л/с | Принятый диаметр, мм | Расход при пожаре, л/с | Скорости (м/с) и потери напора (м) при пожаре при принятом диаметре, V/h | Окончательный диаметр с учетом пропуска пожарного расхода |
| максимальное водопотребле-ние | транзит |
| 1–2 | 99,2 | 101,6 | 315 | 153,0 | 2,52 / 16,8 | 400 |
| 2–3 | 16,5 | 60,6 | 280 | 98,2 | 2,40 / 19,8 | 315 |
| 3–4 | 29,4 | 22,6 | 200 | 84,3 | - | 315 |
| 4–5 | - | 1,6 | 110 | 60,9 | - | 280 |
| 5–6 | 25,6 | 17,6 | 200 | 35,9 | 1,71 / 16,4 | 225 |
| 6–7 | 27,9 | - | 200 | 2,0 | - | 200 |
| 7–8 | - | - |  | 8,0 | - | 280 |
| 8–9 | 75,4 | 84,4 | 315 | 120,4 | 2,03 / 11,4 | 355 |
| 1–8 | 100,0 | 101,6 | 315 | 153,0 | 2,52 / 16,8 | 400 |
| 2–7 | 62,8 | 27,4 | 280 | 34,9 | 0,85 / 3,13 | 280 |
| 6–9 | 27,0 | 40,5 | 225 | 62,0 | 2,33 / 24,5 | 280 |
| 4–7 | - | - |  | 6,0 | - | 250 |
| 1-н.ст. | 212,3 | 212,3 | 2\*355 | 319,1 | 2,06 / 10,1 | 2\*400 |
| в.б. – 3 | 26,8 | 28,3 | 200 | - | - | 200 |

# 5.3 Гидравлическая увязка кольцевой сети

Увязка кольцевой сети – это процесс нахождения действительных расходов по участкам сети при уже принятых диаметрах. При действительных расходах соблюдаем условие баланса потерь напора во всех кольцах ∑h = 0, то есть алгебраическая сумма потерь напора в любом кольце равна нулю. При этом потери на участках сети с движением воды по часовой стрелке принимаем положительными, а против часовой – отрицательными.

После предварительного потокораспределения ∑h не равна нулю, а равна некоторой величине ∆h, которую называем невязкой.

В практических расчетах с достаточной степенью точности увязку ведут до ∆h≤0,5 для отдельного кольца и ∆h≤1 для объемлющего контура, а при пожаротушении, соответственно, ∆h≤ 1.0 и ∆h≤2-Зм.

Потери напора для каждого участка определяем по формуле

h = S∙q2 (25)

где S – сопротивление участка, равное

S = k ∙ A ∙ *l* (26)

где А – удельное сопротивление участка, определяемое по [7] для пластмассовых труб, для расходов, л/с;

k – поправочный коэффициент, учитывающий неквадратичность зависимости потерь напора от средней скорости движения воды, определяем по [7];

*l* – длина участка, м.

В данном курсовом проекте определение увязки одного расчетного случая производим методами Лобачева-Кросса, а остальных на компьютере с использованием программ для расчета сетей.

Метод Лобачева-Кросса заключается в последовательном исправлении расходов до действительного значения на всех участках сети, по значениям невязок потерь напора в элементарных кольцах сети.

Увязку производим в следующей последовательности.

1. По диаметрам и длинам линий подсчитываем сопротивление S всех линий без учета К, (то есть S = А∙*l*). Определяют потери напора при первоначальном потокораспределении на каждом участке.

2. Определяем невязку в кольце и сравниваем ее с допустимой.

3. Если невязка превышает допустимую, то определяем поправочный расход по формуле

 (27)

где ∑|S ∙ q| – арифметическая сумма произведений полных гидравлических сопротивлений и расходов по участкам, входящих в кольцо.

Поправочному расходу придаем направление, обратное знаку невязки, на что указывает знак минус в формуле.

4. Определяем новые расходы (исправленные) на участках кольца с учётом поправочного расхода

 (28)

где qi-1 – расчетный расход на участке при предыдущем потокораспределении.

Знак плюс соответствует участкам сети с направлением движения воды, совпадающим с направлением поправочного расхода, минус – несовпадающим с направлением поправочного расхода.

Исправленный расход на участках сети общих для смежных колец, находим с учетом поправочных расходов смежных колец, каждый со своим знаком.

5. По исправленным расходам определяем новую невязку потерь напора в каждом кольце. Все операции повторяем до тех пор, пока невязка в каждом кольце не станет равной или меньше допустимой.

По последнему расчетному расходу на участках определяем по [7] скорость воды в трубах, поправочный коэффициент К к расчетным значениям А, уточненные потери напора с учетом К и итоговое значение невязки ∆h для всех колец по наружному контуру.

Все кольца увязываем одновременно, расчеты приведены в таблице 6 (для часа максимального). Гидравлический расчет для остальных случаев произведен с помощью программы Wadiso.

По результатам гидравлического расчета составляем окончательные расчетные схемы (рисунок 8, 9, 10), на котором указываем окончательные параметры *l, d, q,* *h, v* всех участков. В центре кольца указываем номер кольца, слева от него начальное значение невязки, справа – конечное, с учетом знака.

# Список использованной литературы

1. СНиП 2.04.02–84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой СССР: ЦИТП Госстроя СССР, 1998.-128 с.
2. СНиП 2.04.01–85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий / МиНстрой России – М.: ГУП ЦПП, 1997.-60 с.
3. СНиП 2.09.04–87\*. Адмистративые и бытовые здания./ Минземстрой России, – М.: ГУП ЦПП, 1998.-18 с.
4. Укрупненные нормы водопотребления для различных отраслей промышленности. – М.: Стройиздат, 1982.-528 с.
5. Водопроводные сети: Метод.указ./ Сост.: Л.Р. Ланге, Б.М. Гохман: СибГИУ. – Новокузнецк, 2005.-40 с.
6. Каталог типовых проектов зданий и сооружений водоснабжения. Сборник паспартов 2.901–79. Том 3. Резеовуары, водонапорные башни, градирни, прочие здания и сооружения.
7. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984.-116 с.
8. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. Справочник монтажника / под. ред. А.С. Москвитина – М.: Стройиздат, 1979.-430 с.
9. ГОСТ 5525–88 Части соединительные чугунные, изготовленные литьем в песчаные формы для трубопроводов. – технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1988.-57 с.
10. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации: справочник монтажника / под. ред. А.К. Перешивкина, – М.: Стройиздат, 1978.-435 с.