# Введение

Развитие газовой промышленности и газоснабжения населенных пунктов на базе природных газов в республике Беларусь началось в 1960г. с города Минска. Широкая газификация началась в 76–80 гг. Для повышения надежности систем газоснабжения минского промышленного узла в 1976 г. было введено в эксплуатации подземное хранилище газа в Осиповичах. В 1999 году ведено в эксплуатацию Прибугское подземное газовое хранилище, а в настоящее время проектируется Мозырское ПХГ (хранение газа в выработанных соляных кавернах).

Современные городские распределительные системы газоснабжения представляют собой сложный комплекс сооружений, состоящий из следующих основных элементов газовых сетей низкого, среднего и высокого давления, газораспределительных станций (ГРС), газорегуляторных пунктов (ГРП) и установок (ГРУ). Для управления этой системой имеется специальная служба с соответствующими средствами, обеспечивающими возможность бесперебойного газоснабжения.

Система газоснабжения должна обеспечивать бесперебойную подачу газа потребителям, быть безопасной в эксплуатации, простой и удобной в обслуживании, должна предусматривать возможность отключения отдельных элементов или участков газопровода для производства ремонтных и аварийных работ.

Достоинства газового топлива:

1 низкая себестоимость и, как следствие, высокий экономический эффект замены других видов топлива газом;

2 универсальность – удовлетворяет все виды потребления;

3 использование газа в народном хозяйстве позволяет интенсифицировать и автоматизировать производственные процессы в промышленности и сельском хозяйстве, улучшить качество продукции;

4 позволяет улучшить санитарно-гигиенические условия труда на предприятиях и быта населения;

5 природный газ – ценное сырье в химической продукции для получения спирта, каучука, пластмасс;

6 по сравнению с твердым топливом газ лучше:   
простота транспортировки, быстрота зажигания и прекращение   
горения, возможность полного сжигания при незначительном   
избытке воздуха с получением высоких температур в топке.

# 1 Характеристика города и потребителей газа

Город Островец, для которого проектируется система газоснабжения, находится в Гродненской области, tн.о= –22°C , преобладающее направление ветра – восточное и северо–восточное.

Так как город средних размеров и в нем имеются потребители, которые требуют различных давлений, то принимаем двухступенчатую схему газоснабжения с газопроводом высокого давления (0.3МПа...0,6МПа) и низкого (до 5кПа) давления. В данном случае газопровод высокого давления проектируется кольцевым, т.к. он является основной артерией, питающей газом город. К сети среднего давления присоединяются крупные потребители газа: больница, хлебозавод, 2 районные котельные, банно-прачечный комбинат, квартальная котельная, сетевые ГРП.

Газораспределительная станция находится на восточной окраине города на расстоянии 500 м от линии застройки.

В городе 27 жилых кварталов, жители которых используют основную часть газа на коммунально-бытовые нужды.

Кварталы имеют среднюю и высокую градостроительную ценность.   
В пятиэтажных и шестиэтажных домах установлены газовые плиты и водоподогреватели, в 7-10-этажных домах только газовые плиты.

Районные котельные расположены на восточной и юго-восточной окраинах города, что вызвано преобладающим направлением ветра.

# 2 Определение свойств газа

Плотность газового топлива в нормальных условиях ρосм, кг/м3, находится по формуле 2.1:

(2.1)

где yi – объёмное процентное содержание i-го компонента в газовой   
смеси, %;

ρoi – плотность i-го компонента смеси при нормальных условиях, кг/м3.

Подставляем все данные в формулу 2.1:

ρосм = 0,01\*(98,3\*16,043/22,38 + 0,45\*30,068/22,174 + 0,25\*44,097/21,997 +  
+ 0,3\*58,124/21,5 + 0\*72,146/20,87 + 0,1\*44,097/22,27 + 0,6\*28,04/22,39) =

= 0,733 кг/м3.

Низшая объемная теплота сгорания сложных газов Qнсм, кДж/м3, рассчитывается по составу газообразного топлива и теплоте сгорания компонентов по формуле 2.2:

где Qнi – объемная низшая теплота i-го компонента, входящего в   
смесь, кДж/м3. Принимаем по [таблице 9.1].

Подставляем все данные в формулу 2.2:

Qнсм = 0,01\*(98,3\*35760 + 0,45\*63650 + 0,25\*91140 + 0,3\*118530 + 0\*146180) = =36021,945 кДж/м3;

Концентрационные пределы воспламенения для смесей горючих газов, не содержащих балластных примесей, определяются по правилу аддитивности по формуле 2.3:

(2.3)

где Lгсм – нижний или верхний предел воспламенения смеси горючих газов в газовоздушной среде, об. %;

Li – нижний или верхний предел воспламенения i-го компонента в   
газовоздушной смеси, об. %.

Используя данные [таблицы 9.1], находим низший и верхний пределы воспламенения горючей части газа по формуле 2.3:

Теоретическое количество сухого воздуха, необходимое для полного сгорания 1 м3 природного газа, Vо, м3/м3, определяем по формуле 2.4:

где CnHm – объемное процентное содержание углеводородов, входящих в состав газовой смеси, %;

n и m – соответственно число атомов углерода и водорода в каждом   
углеводороде;

H2S – объемное процентное содержание сероводорода в газовом   
топливе, %.

Vо = 0,0476\*(2\*98,3+3,5\*0,45+5\*0,25+6,5\*0,3+8\*0) = 9,64 м3/м3.

Теоретический расход влажного воздуха Voвл, м3/м3, больше подсчитанного по формуле 2.4 на объем содержащихся в нем водяных паров определяем по формуле 2.5:

где dв – влагосодержание воздуха, г/м3 (dв = 10,43, г/м3);

0,00124 – объем 1 гр. водяного пара, м3/г;

м3/м3.

Вследствие несовершенства смешения горючих компонентов с окислителем в процессе горения топочные процессы ведутся с некоторым избытком воздуха (для исключения химической неполноты сгорания), поэтому действительное количество воздуха Vд, м3/м3, необходимого, для сжигания газа, определяется по формуле 2.6:

где α– коэффициент избытка воздуха. Его величина зависит от условий смесеобразования газа и воздуха и обычно принимается в пределах 1,0...1,2.

Находим

м3/м3.

В состав продуктов сгорания входят углекислый газ, водяные пары, азот, кислород, а иногда и сернистый ангидрид.

Количество углекислого газа, образующегося при сгорании 1 м3 газообразного топлива VCO2, м3/м3, находим по формуле 2.7:

(

где СО2 – объемное процентное содержание углекислого газа в составе   
смеси, %.

VCO2 *=* 0,01\*(1\*98,3+2\*0,45+3\*0,25+4\*0,3+5\*0 +0,1) *=* 1,01 м3/м3.

Количество образующихся водяных паров VН2О, м3/м3, находим по   
формуле 2.8:

где dг – влагосодержание газа, г/м3;

H2S – объемное процентное содержание сероводорода в газовой   
смеси, %.

Находим объем водяных паров в продуктах сгорания по формуле 2.8:

м3/м3.

Количество кислорода в продуктах сгорания VO2, м3/м3, определяем по формуле 2.9:

м3/м3.

Содержание азота в продуктах сгорания VN2, м3/м3, определяем по   
формуле 2.10:

где N2 – объемное процентное содержание азота в газовой смеси, %.

м3/м3.

Полный объем продуктов сгорания 1 м3 газообразного топлива   
Vпр.сг., м3/м3, определяем по формуле 2.11:

м3/м3.

# 3 Определение количества сетевых ГРП, выявление зон их действия и расчет количества жителей в этих зонах

Количество ГРП, питающих сети низкого давления для бытовых и   
мелких коммунальных потребителей, может быть определено по формуле 3.1:

*n = F/(2\*R²опт)*; (3.1)

где F – газифицируемая площадь, включая площадь проездов, м²;

Rопт – оптимальный радиус действия ГРП, 800м.

Определим количество ГРП для газоснабжения бытовых и мелко   
коммунальных потребителей:

n=2340000 / (2\*8002) = 1,83≈2.

Принимаем 2 ГРП.

ГРП1 обслуживает кварталы: 1,2,3,4,5,12,13,14,15,16,17,18,19,25,26,27 с общим числом жителей 44271 (расчет представлен ниже).

ГРП2 обслуживает кварталы: 6,7,8,9,10,11,20,21,22,23,24 с общим числом жителей 35261.

Каждый ГРП размещается в центре зоны его действия, и для каждой зоны определяют расчетные расходы газа. При этом необходимо учитывать, что оптимальная производительность ГРП, питающих сети низкого давления Vопт=1,0...2,5 тыс. м3/ч.

Количество жителей в зоне действия каждого ГРП определяют по   
формуле 3.2:

*N = F·P*; (3.2)

где F – площадь квартала в красных линиях застройки (селитебная территория), га, определяется по генплану города без учета площади улиц, проспектов, площадей, парков, скверов;

Р – нормативная плотность населения, чел/га, определяется в зависимости от зоны различной степени градостроительной ценности территории [таблица 9.2]. Расчет количества жителей сводится в таблицу 3.1.

**Таблица 3.1 – Расчет количества жителей в городе**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № квартала | Этажность | Площадь квартала *F*, га | Расчетная плотность населения *Р*, чел/га | Количество жителей N, чел |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 5 | 3.9 | 230 | 897 |
| 2 | 8 | 4.77 | 350 | 1670 |
| 3 | 9 | 4.52 | 420 | 1899 |
| 4 | 8 | 10.59 | 350 | 3707 |
| 5 | 9 | 11.98 | 420 | 5032 |
| 6 | 7 | 16.64 | 350 | 5824 |
| 7 | 8 | 7.98 | 350 | 2793 |
| 8 | 7 | 9.93 | 350 | 3476 |
| 9 | 5 | 5.86 | 230 | 1348 |
| 10 | 7 | 12.99 | 350 | 4547 |
| 11 | 6 | 5.85 | 350 | 2048 |
| 12 | 6 | 9.08 | 350 | 3178 |
| 13 | 5 | 7.85 | 230 | 1806 |
| 14 | 9 | 4.41 | 420 | 1853 |
| 15 | 7 | 3.02 | 350 | 1057 |
| 16 | 8 | 5.02 | 350 | 1757 |
| 17 | 6 | 6.08 | 350 | 2128 |
| 18 | 7 | 12.87 | 350 | 4505 |
| 19 | 5 | 14.47 | 230 | 3329 |
| 20 | 5 | 9.37 | 230 | 2156 |
| 21 | 8 | 4.7 | 350 | 1645 |

**Окончание таблицы 3.1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 22 | 6 | 4.43 | 350 | 1551 |
| 23 | 7 | 13.76 | 350 | 4816 |
| 24 | 9 | 12.04 | 420 | 5057 |
| 25 | 8 | 12.81 | 350 | 4484 |
| 26 | 6 | 9.96 | 350 | 3486 |
| 27 | 7 | 9.95 | 350 | 3483 |

# 4 Определение расчетных расходов газа сетевыми ГРП

Необходимо определить нагрузку сетевых ГРП, которые обслуживает жилой район, застроенный 5,6,7,8,9-ти этажными зданиями.

ГРП1: В зоне 5-этажной застройки проживает 6032 человек,   
6–9-этажной – 38239 человек.

ГРП2: В зоне 5-этажной застройки проживает 3504 человек,   
6–9-этажной – 31757 человек.

В квартирах 5–этажных жилых домов установлены газовые плиты и   
проточные газовые водонагреватели, в квартирах 6–10-этажных зданий –   
газовые плиты. В районе имеются столовые, которые получают газ из сетей низкого давления. Используется природный газ с Qn =36021,95 кДж/м3.

Расчетный расход газа Vp, м3/ч, находим как долю годового расхода по формуле 4.1:

*Vр=Кm\*Vгод*; (4.1)

где Кm – коэффициент часового максимума.

Годовой расход газа V, м3/год, на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды равномерно распределенными потребителями определяем по выражению 4.2:

. (4.2)

где N – численность населения, чел.;

n – число расчетных потребителей на 1 тыс. жителей;

х – степень охвата газоснабжением в долях единицы;

Qгод – нормативный расход газа в тепловых единицах на хозяйственно бытовые и коммунальные нужды, кДж/год.

Для удобства расчет сводим в таблицу 4.1.

**Таблица 4.1** – **Расчет расхода газа равномерно распределенными потребителями**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № квартала | Назначение  расходуемого газа | Показатель  потребления газа | Охват газоснабжением, % | Число единиц потребления N | Годовая  норма | | Годовой расход газаVгод, м3/год | Коэффициент часового максимума *Km* | Расчетный расход газа *Vр*, м3/ч |
| *Qгод,*кДж/год | *Qгод/Qн*, м3/год |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ГРП1 | | | | | | | | | |
| Зона пятиэтажной застройки | | | | | | | | | |
| 1 | Приготовление пищи и горячей воды в квартирах при наличии газовой плиты и газового водонагревателя | 1 чел. | 100 | 6032 | 8000000 | 222.09 | 1339627.83 |  | 570,05 |
| Зона шести – десятиэтажной застройки | | | | | | | | | |
| 2 | Приготовление пищи в квартирах при наличии газовой плиты и централизованном горячем водоснабжении | 1 чел. | 100 | 38239 | 2800000 | 77.73 | 2972332.56 |  | 1264,822 |
| S 1834,88 | | | | | | | | | |
| ГРП2 | | | | | | | | | |
| Зона пятиэтажной застройки | | | | | | | | | |
| 1 | Приготовление пищи и горячей воды в квартирах при наличии газовой плиты и газового водонагревателя | 1 чел. | 100 | 3504 | 8000000 | 222,09 | 778192.29 |  | 331,15 |
| Зона шести – десятиэтажной застройки | | | | | | | | | |
| 2 | Приготовление пищи в квартирах при наличии газовой плиты и централизованном горячем водоснабжении | 1 чел. | 100 | 31757 | 2800000 | 77,73 | 2468484,14 |  | 1050,4 |
| S1381,56 | | | | | | | | | |

# 5 Определение расхода газа сосредоточенными потребителями

Необходимо определить расчетный расход газа для сосредоточенных потребителей больницы, хлебозавода, банно-прачечного комбината, 2-х районных и квартальной котельной расположенных в городе с населением 79532 человека. Город Островец находится в Гродненской области. Используется газ с Qн = 36021,95 кДж/м3. В больнице газ расходуется на приготовление пищи, горячей воды для хозяйственно–бытовых нужд и на лечебные процедуры, на стирку белья в механизированной прачечной, а также для покрытия расходов теплоты на отопление и вентиляцию больницы.

Число мест в больнице определяется органами здравоохранения. По существующим рекомендациям в городе с населением 79532 человек больница должна иметь 0,012·N = 0,012·79532 = 955 коек. При определении расчётных расходов газа на приготовление пищи и горячей воды Кm принимаем для числа коек 955 Кm=1/1800 [2, таблица 4].

Количество стираемого белья в механизированной прачечной больницы находим из условия стирки 0,48 т. белья в год на одну койку, т. е.:

G = 0,48·955 = 459 т/год.

Определяем нормативные значения расходов газа и находим по формулам (5.1) и (5.2) годовые и расчётные расходы газа для больницы. Значение Кm для прачечной больницы принимаем по [2, таблица 5] Кm=1/2900

Расчетный расход газа на отопление и вентиляцию больницы находим по формулам 5.1–5.2:

(5.1)

. (5.2)

где 1,1 – коэффициент, учитывающий дополнительные потери теплоты в системе отопления;

qo, qв – соответственно удельные отопительная и вентиляционная характеристики здания, Вт/(м3·0С), по принимаем qo = 0,4 Вт/(м3·0С) и   
qв = 0,3 Вт/(м3·0С);

Vн – объем здания по наружному обмеру, м3, по примем удельную кубатуру 160 м3 на одну койку, тогда:

Vн = 160\*955 = 152800 м3.

tв, tн – соответственно расчетные температуры внутреннего воздуха в помещении и наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции (для Минской области tн = –220С; tв = 180С);

ε – коэффициент, учитывающий затраты теплоты на подогрев инфильтрационного воздуха, в зданиях с приточной вентиляцией ε = 0;

η – КПД котельной установки, принимаем η = 0,8;

β – температурный коэффициент, определяемый по формуле 5.3:

; (5.3)

βt = 1 + 0,6 \* = 1,12;

V0 = = 376,27 м3/ч;

Vв = = 229,06 м3/ч;

На хлебозаводе газ используется для выпечки хлебобулочных и кондитерских изделий. Производительность хлебозавода определяем из условия выпечки в сутки на 1000 жителей 0,6...0,8 т, т.е. в год на 1000   
жителей 219 т хлебобулочных изделий и 36,5 г кондитерских изделий. Нормативный расход газа на выпечку 1 т. изделия зависит от вида изделия. Принимаем, что выпечка хлеба формового составляет 20%, подового – 30%, батонов, булок, сдобы – 50% от общего количества хлебобулочных изделий. Коэффициент часового максимума для хлебозавода Km = 1/6000 [2, таблица 5].

В банно–прачечном комбинате газ расходуется на приготовление горячей воды для мытья в бане (в ваннах и без ванн) и для стирки белья в механизированной прачечной. Количество помывок в бане определяем из расчета 52 помывки в год одним человеком. Считаем, что баней пользуются 10% от общего числа жителей города, причем для половины из них учитываем расход газа на мытье без ванн, для остальных – мытье в ваннах. Значение Km для бани принимаем по [2, таблица 5]. Km = 1/2700

В прачечную белье для стирки поступает от жителей города, от предприятий общественного питания, поликлиник, бани, гостиницы, детских учреждений (в больнице имеется собственная прачечная). Расчетные показатели для определения количества стираемого белья приведены в [9, приложение 1].

Принимаем, что 50% от общего, числа жителей сдают белье в прачечную. При норме 75 кг на одного человека в год количество белья, поступающего от населения, составит:

G1 = (75/1000) \*0,5\*79532 = 2983 т/год;

Количество белья, сдаваемого в прачечную предприятиями общественного питания, зависит от числа единиц потребления в столовых (от количества обедов, завтраков, ужинов). При норме 0,01 кг на один обед, завтрак или ужин [приложение 1, раздел 5]:

G2 = (0,01/1000) \* (360 \* 0,25 \* 1 \* 79532) \* 2 = 144 т/год;

Множитель 2 учитывает количество завтраков (или ужинов) и обедов на 1 человека.

Количество белья, поступающего в прачечную из поликлиник, бани и гостиницы, соответственно равно:

Gз = (0,125/1000) \* 30 \* (79532/1000) \* 310 = 93 т/год;

G4=0,075\*206,78= 16 т/год;

G5 =0,3\*6 \* (79532/1000) = 143 т/год.

В этих выражениях 0,125 кг; 0,075 кг; 0,3 т – расчетные показатели стираемого белья на одно посещение поликлиники, бани и на одно место в гостинице; 30 – количество посещений поликлиники в день, приходящееся на 1000 жителей; 310 – число дней работы поликлиники в году; 6 – количество мест в гостинице на 1000 жителей; 206784 – число помывок в бане в год (графа 5, таблица 5.1).

При расчете количества белья, поступающего в прачечную из детских учреждений, принимаем, что число детей ясельного возраста составляет 8%, в возрасте от 4 до 7 лет – 10% от общего числа жителей, а охват обслуживанием детскими учреждениями 85%. При норме 0,48 т белья в год на одного ребенка в яслях и 0,36 т в детских садах количество сдаваемого белья соответственно равно:

G6 = 0,48\* 0,08\*0,85\*79532 = 2596 т/год;

G7 = 0,36\*0,10\*0,85\*79532 = 2434 т/год;

Суммарное количество белья, стираемого в прачечной, составит:

Gпрач = 2983+144+93+16+143+2596+2434 = 8409 т/год.

Нагрузку ГРП банно-прачечного комбината определяем как сумму расчетных расходов на баню и прачечную.

Для удобства расчет расхода газа больницей, хлебозаводом и БПК в таблицу 5.1.

**Таблица 5.1 – Расчет расхода газа сосредоточенными потребителями**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № квартала | Назначение расходуемого газа | Показатель  потребления газа | Охват газоснабжением, % | Число единиц потребления N | Годовая норма | | Годовой расход газаVгод, м3/год | Коэффициент часового максимума *Km* | Расчетный расход газа *Vр*, м3/ч |
| *Qгод,*кДж/год | *Qгод/Qн*, м3/год |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Больница | | | | | | | | | |
| 1 | Приготовление пищи | 1 койка в год | 100 | 955 | 3200000 | 88,83 | 84837,2 |  | 47,13 |
| 2 | Приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур (без стирки белья) | 1 койка в год | 100 | 955 | 9200000 | 255,39 | 243906,9 |  | 135,50 |
| 3 | Стирка белья в механизированной прачечной, включая сушку и глажение | 1 т сухого белья | 100 | 459 | 18800000 | 521,90 | 239554 |  | 82,61 |
| 4 | Отопление и вентиляция больницы | 376,27+229,06 | | | | | | | 605,33 |
| Нагрузка ГРП больницы | | | | | | | | | S870,78 |
| Хлебозавод | | | | | | | | | |
| 1 | Выпечка хлеба формового | 1 т изделий | | 3484 | 2500000 | 69,4 | 241797 |  | 40,29 |
| 2 | Выпечка хлеба подового, батонов, булок, сдобы | 1 т изделий | | 13935 | 545000 | 151,29 | 2108319 |  | 351,39 |

**Окончание таблицы** **5.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 3 | Выпечка кондитерских изделий | 1 т изделий | | 2903 | 7750000 | 215,15 | 624570,7 |  | 104,09 |
| Нагрузка ГРП хлебозавода | | | | | | | | | S495,78 |
| Банно-прачечный комбинат | | | | | | | | | |
| 1 | Мытье в бане без ванн | 1 помывка | 5 | 206784 | 40000 | 1,11 | 229619,1 |  | 85,04 |
| 2 | Мытье в бане в ваннах | 1 помывка | 5 | 206784 | 50000 | 1,39 | 287023,9 |  | 106,31 |
| 3 | Стирка белья в механизированной прачечной, включая сушку и глаженье белья | 1 т сухого белья | 50 | 8410 | 18800000 | 499,69 | 4202438 |  | 1449,12 |
| Нагрузка ГРП БПК | | | | | | | | | S1640,47 |

Районная котельная 1 (РК-1) обслуживает кварталы 1,2,3,4,5,12,13,14,15,16,17,18,19,25,26,27 с общим числом жителей 44271. В зоне 5-этажной застройки проживают 6032 чел.; 6–9–этажной застройки – 38239 чел. В квартирах 5–этажных жилых домов установлены проточные газовые водонагреватели.

Расход газа котельными определяем по выявленным расходам теплоты (кВт) на отопление жилых и общественных зданий Qo, вентиляцию общественных зданий Qв и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий Qгв. Расходы теплоты находим по укрупненным показателям. На отопление жилых и общественных зданий определяется по формуле 5.4:

*Qo = qo\*A\*(1+K1)*. (5.4)

где qo – укрупненный показатель максимального часового расхода теплоты на отопление жилых зданий, Вт/м2. Для Гродненской области qo=84,6 Вт/м2;

А – общая площадь жилых зданий, м2. Определяется по формуле 5.5:

*A=N\*f*. (5.5)

где f – норма общей площади на 1 человека, f =18 м2/чeл;

N – количество жителей в обслуживаемой зоне;

К1 – коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий, К1 = 0,25.

QoРК1 = 84,6\*18\*44271\*(1+0,25) \*10-3 = 84269,85 кВт.

Расход теплоты на вентиляцию общественных зданий определяем по формуле 5.6:

*Qв = K1\*K2\*qo\*A*; (5.6)

где К2 – коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию общественных зданий, К2 = 0,6.

Для РК1:

*QвРК1* = 0,25\*0,6\*84,6\*18\*44271\*10-3 = 10112,38 кВт.

Среднечасовой расход теплоты на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий в зоне 6–9–этажной застройки определяем по   
формуле 5.7:

*Qгв = qгв\*N*. (5.7)

где qгв – укрупненный показатель среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение на 1 человека, Вт/чел; qгв = 376 Вт/чел при норме расхода воды на горячее водоснабжение для одного человека а=105 л/(чел.сут.);

N – число жителей, пользующихся централизованным горячим водоснабжением.

QгвРК1= 376·44271\*10-3 =16645,89 кВт;

Расход газа районной котельной 1 VРК1, м3/ч, найдем по формуле 5.8:

*VРК1=(3600·(QоРК1+QвРК1+QгвРК1))/η ·Qн*; (5.8)

VРК1=3600\*(84269,85+10112,38+16645,89)/ (0,8\*36021,945) =   
= 13870,06 м3/ч.

На территории больницы расположена отдельная котельная, покрывающая все ее расходы теплоты на горячее водоснабжение, отопление и вентиляцию.

Районная котельная 2 (РК-2) обслуживает кварталы 6,7,8,9,10,11,20,21,22,23,24 с общим числом жителей 35261. В зоне 5–этажной застройки проживают 3504 чел.; 6–9–этажной застройки – 31757 чел.

Расчет ведется аналогично расчету районной котельной 1:

QoРК2 =84,6\*18\*35261\*(1+0,25) \*10-3 = 67119,31 кВт;

QвРК2= 0,25\*0,6\*84,6\*18\*35261\*10-3 = 8054,32 кВт;

QгвРК2= 376\*35261\*10-3 =13258,14 кВт;

VРК2=3600\*(67119,31+8054,32+13258,14)/(0,8·36021,945) = 11047,24 м3/ч.

# 6 Выбор схемы газоснабжения города

Для выбора системы газоснабжения используем данные, полученные ранее: количество жителей – 79532 чел., расход газа равномерно распределенными потребителями – 3216,44 м3/ч, сосредоточенными потребителями – 27924,12 м3/ч, всего – 31143,3 м3/ч.

Так как численность населения немногим менее 100000 чел. и плотность нагрузки сравнительно невелика принимаем двухступенчатую систему газоснабжения с давлением в 1-ой ступени 0,3 МПа, во 2-ой – 3кПа.

Запроектированная кольцевая сеть с магистралью среднего давления достаточно надежна. Трассу кольца прокладываем по проездам и нежилым территориям таким образом, чтобы общая длинна кольца была минимальной. Так как потребность в газе относительно невелика принимаем 1 ГРС со стороны подхода магистрального газопровода на расстоянии 550 м от линии застройки.

# 7 Гидравлический расчет кольцевой сети высокого давления для трех режимов эксплуатации сети

Сосредоточенные потребители и сетевые ГРП присоединяются к сети среднего давления.

Давление на выходе из ГРС – Рн = 0,6 Мпа (абс.), перед конечным потребителем Рк = 0,25 МПа (абс.).

Составляем расчетную схему сети (рисунок 7.1). На схеме указываем все газопроводы среднего давления, ГРП, ГРС и сосредоточенных потребителей. Намечаем направление движения газа по сети и выбираем резервную перемычку – участок 3–4. Нумеруем на расчетной схеме все узлы кольца и проставляем длины участков сети.

Расчет кольцевой системы выполняем для трех режимов ее работы:

1) аварийного режима I - при отключенном участке 5–1;

2) аварийного режима II - при отключенном участке 1-2;

3) нормального (расчетного) режима.

Определяем и проставляем на схеме расчетные расходы газа на участках сети. Предварительный выбор диаметров кольцевой сети по расчетному (эквивалентному по создаваемой потере давления) расходу газа определяем по формуле 7.1:

*0,59* ; (7.1)

где Коб – коэффициент обеспеченности при аварийной ситуации (таблица 7.1). и среднеквадратичному перепаду давления А, МПа2/км, для рассматриваемого направления газового потока.

Среднеквадратичный перепад давления А, МПа2/км определяем по   
формуле 7.2:

; (7.2)

где Рн – начальной давление в кольцевой сети – 0,6 МПа (абс);

Рк – давление перед наиболее удаленным потребителем не менее – 0,23 МПа (абс).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 7.1 - Сводная таблица часовых расходов потребителей газа** | | | | |
| № | Наименование  потребителя | Часовой расход, м3/ч | Коэффициент обеспеченности при аварии | Часовой расход при аварии, м3/ч |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | ГРП -1 | 1834,88 | 0,8 | 1467,90 |
| 2 | ГРП -2 | 1381,56 | 0,8 | 1105,25 |

**Окончание таблицы 7.1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | Больница | 870,78 | 0,85 | 739,99 |
| 4 | Хлебозавод | 495,78 | 0,7 | 347,05 |
| 5 | БПК | 1640,47 | 0,6 | 984,28 |
| 6 | РК №1 | 13870,06 | 0,75 | 10402,55 |
| 7 | РК №2 | 11047,24 | 0,75 | 8285,43 |
| Сумма | | 31143,30 |  | 23334,09 |

В ГРП1 включен расход газа на хлебозавод. Итого расход газа на ГРП1 составит 16202,72 м3/ч

В ГРП2 включен расход газа на больницу и банно-прачечный комбинат. Итого расход газа на ГРП2 составит 14939,84 м3/ч

В аварийном режиме 1 газ к потребителям поступает по направлению ГРС–1–8–7–6–5–4–3–2–ГРП1. Отключен участок 1–2. Общая протяженность газопроводов этого направления ∑L=9,554 км.

Потери давления в местных сопротивлениях учитываем путем увеличения фактической длины расчетных участков газопроводов на 10%.

Vрэкв=0,59\*23334,09 = 13766,14 м3/ч;

Аср = (0,62–0,252)/(1,1\*11,936)=0,032 МПа2/км.

Линии расхода Vpэкв = 13766,14 м3/ч и среднеквадратичного перепада давления А= 0,032 (МПа)2/км пересекаются в точке, лежащей между диаметрами газопроводов 325х8 мм и 273х7мм.

Такие диаметры участков газопроводов кольцевой сети назначаем, выполняя гидравлический расчет; при этом больший (325х8) принимаем на участках кольца, ближайших к ГРС, а меньший (273х7) – на участках, расположенных диаметрально противоположно точке питания сети газом (ГРС). Площадь поперечного сечения газопровода с наименьшим диаметром должна составлять не менее 0,75 площади поперечного сечения газопровода с наибольшим диаметром.

Расчет системы сводим в таблицу 7.1, в соответствующие графы которой записываем номера участков, фактические и расчетные длины участков, расходы газа.

По номограмме для принятого диаметра и известного расхода находим действительные значения среднеквадратичного перепада давления на 1км газопровода (графа 6), а затем рассчитываем перепад давления для известной расчетной длины участка (графа 8). Давление газа в начале участка задано –   
Рн = 0,4 МПа, давление газа в конце участка, т.е. в точке 1, определяем по формуле 7.3:

; (7.3)

Полученное давление Рк на участке ГРС-1 является начальным для последующего участка 1–2, давление в конце участка 2–3 является начальным Рн для участка 3–4 и т.д. Последним участком в рассматриваемом аварийном режиме является участок 5 – ГРП2, диаметр которого принят 159х4,5 мм. Диаметры ответвлений принимают меньше диаметров участков кольцевой сети. Расчет в аварийном режиме 1 следует считать правильным, если использован располагаемый перепад давления и величина давления в конце участка 5 – ГРП2 будет равна принятой Рк = 0,23 МПа или заданной.

Аналогичным образом выполняется расчет газопроводов для аварийного режима II с направлением газового потока ГРС–1–2–3–4–5–6–7–8–ГРП2 (отключен участок 1-8).

В выполненных гидравлических расчетах газопроводов для двух аварийных режимов использован располагаемый перепад давления, диаметры кольцевой сети назначены в соответствии с рекомендациями. Для каждого аварийного режима составляется расчетная схема газопроводов, которые приведены далее.

Расчет сети при нормальном (расчетном) режиме ее работы сводится к следующему:

1) выбираем расчетные направления потоков газа от ГРС к потребителям, из условия подачи газа к каждому из них по кратчайшему пути; составляем расчетную схему;

2) принимаем диаметры газопроводов по участкам – наибольшие из двух вариантов выполненных расчетов сети для аварийных режимов;

3) для расчетных расходов газа и принятых диаметров газопроводов определяем потери давления на участках расчетных направлений и величины давления газа в точках врезки ответвлений.

Как следует из расчетов, давления в точках врезки ответвлений при аварийных режимах меньше давлений в этих точках при работе сети в нормальном режиме. Расчет ответвлений производим для наименьших (из трех известных величин) давлений в точках врезки их в сеть при соответствующих расходах газа.

В настоящем примере величины давлений газа в точках врезки ответвлений в сеть при нормальном режиме значительно превышают их значения в аварийных режимах, т. е. устойчивая работа системы в нормальном режиме с подачей потребителям расчетного расхода газа обеспечена (выполненная проверка подтвердила это; расчет не приводится).

Т.к. номограмма для расчета газопроводов среднего и высокого давлений составлена для природного газа с плотностью ро = 0,73 кг/м3, а у нас газ с плотностью ρо= 0,733 кг/м3 вносим соответствующую поправку на величину А.

**Таблица 7.1 – Гидравлический расчет кольцевой сети среднего давления**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № участка | Длина участка,  м | | | | Расчетный расход газа на участке Vp, м3/ч | Диаметр газопровода Dнδ, мм | Среднеквадратичное падение давления А, МПа2 /км | Фактическое среднеквадратичное падение давления Аф, МПа2/км | Среднеквадратичные потери давления АфLp, МПа2 | Давление газа, МПа | |
| по плану, м | | | расчетная Lp=1.1L | в начале участка Рн | в конце участка Рк |
| 1 | 2 | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Аварийный режим 1 | | | | | | | | | | | |
| ГРС-1 | | 0.5 | | 0.55 | 23334.09 | 3258 | 0.035 | 0.036 | 0.0198 | 0.6 | 0.580 |
| 1-8 | | 0.951 | | 1.0461 | 23334.09 | 3258 | 0.035 | 0.036 | 0.0377 | 0.580 | 0.543 |
| 8-7 | | 0.672 | | 0.7392 | 22228.84 | 3258 | 0.034 | 0.035 | 0.0259 | 0.542 | 0.517 |
| 7-6 | | 1.224 | | 1.3464 | 21242.91 | 3258 | 0.033 | 0.034 | 0.0458 | 0.517 | 0.471 |
| 6-5 | | 1.42 | | 1.562 | 20502.92 | 3258 | 0.032 | 0.033 | 0.0515 | 0.471 | 0.419 |
| 5-4 | | 1.379 | | 1.5169 | 12217.49 | 3258 | 0.0085 | 0.0086 | 0.0130 | 0.419 | 0.406 |
| 4-3 | | 2.047 | | 2.2517 | 1814.95 | 3258 | 0.00024 | 0.000241 | 0.0005 | 0.406 | 0.406 |
| 3-2 | | 1.311 | | 1.4421 | 1467.9 | 3258 | 0.00022 | 0.000226 | 0.0002 | 0.406 | 0.406 |
| 2-ГРП1 | | 1.032 | | 1.1352 | 1467.9 | 1084 | 0.042 | 0.043 | 0.0488 | 0.406 | 0.357 |
| Аварийный режим 2 | | | | | | | | | | | |
| ГРС-1 | | | 0.5 | 0.55 | 23334.09 | 3258 | 0.035 | 0.036 | 0.0198 | 0.6 | 0.580 |
| 1-2 | | | 1.08 | 1.188 | 23334.09 | 3258 | 0.035 | 0.036 | 0.0428 | 0.580 | 0.537 |
| 2-3 | | | 1.311 | 1.4421 | 21866.19 | 3258 | 0.026 | 0.027 | 0.0389 | 0.537 | 0.498 |
| 3-4 | | | 2.047 | 2.2517 | 21519.14 | 3258 | 0.025 | 0.026 | 0.0585 | 0.498 | 0.440 |
| 4-5 | | | 1.379 | 1.5169 | 11116.6 | 3258 | 0.007 | 0.0071 | 0.0108 | 0.440 | 0.429 |
| 5-6 | | | 1.42 | 1.562 | 2831.17 | 3258 | 0.00048 | 0.000486 | 0.0008 | 0.429 | 0.428 |
| 6-7 | | | 1.224 | 1.3464 | 2091.18 | 3258 | 0.00029 | 0.000294 | 0.0004 | 0.428 | 0.428 |
| 7-8 | | | 0.672 | 0.7392 | 1105.25 | 3258 | 0.00011 | 0.000118 | 0.0001 | 0.428 | 0.428 |
| 8-ГРП2 | | | 0.564 | 0.6204 | 1105.25 | 1084 | 0.021 | 0.022 | 0.0136 | 0.428 | 0.414 |
| Нормальный режим | | | | | | | | | | | |
| Полукольцо ГРС-1–2–3–4–РК1 | | | | | | | | | | | |
| ГРС-1 | | | 0.5 | 0.55 | 31143.3 | 3258 | 0.052 | 0.0526 | 0.0289 | 0.6 | 0.571 |
| 1-2 | | | 1.08 | 1.188 | 16200.71 | 3258 | 0.016 | 0.0167 | 0.0198 | 0.571 | 0.551 |
| 2-3 | | | 1.311 | 1.4421 | 14365.84 | 3258 | 0.013 | 0.02 | 0.0288 | 0.551 | 0.522 |
| 3-4 | | | 2.047 | 2.2517 | 13870.06 | 3258 | 0.011 | 0.013 | 0.0293 | 0.522 | 0.493 |
| 4-РК1 | | | 0.079 | 0.0869 | 13870.06 | 1084 | 0.026 | 0.027 | 0.0023 | 0.493 | 0.491 |

**Окончание таблицы 7.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Полукольцо ГРС-1–8–7–6–5–РК2 | | | | | | | | | | |
| ГРС-1 | | 0.5 | 0.55 | 31143.3 | 3258 | 0.052 | 0.053 | 0.0292 | 0.6 | 0.571 |
| 1-8 | | 0.951 | 1.0461 | 14942.59 | 3258 | 0.012 | 0.013 | 0.0136 | 0.571 | 0.557 |
| 8-7 | | 0.672 | 0.7392 | 13561.03 | 3258 | 0.011 | 0.012 | 0.0089 | 0.557 | 0.548 |
| 7-6 | | 1.224 | 1.3464 | 11917.81 | 3258 | 0.007 | 0.0075 | 0.0101 | 0.548 | 0.538 |
| 6-5 | | 1.42 | 1.562 | 11047.24 | 3258 | 0.0065 | 0.007 | 0.0109 | 0.538 | 0.527 |
| 5-РК2 | | 0.269 | 0.2959 | 11047.24 | 1084 | 0.055 | 0.06 | 0.0178 | 0.538 | 0.521 |
| Расчет ответвлений | | | | | | | | | | |
| 2-ГРП1 | | 1.032 | 1.1352 | 1834.87 | 1084 | 0.075 | 0.08 | 0.0908 | 0.600 | 0.509 |
| 3-ХЗ | | 0.41 | 0.451 | 495.78 | 763 | 0.035 | 0.038 | 0.0171 | 0.509 | 0.492 |
| 4-РК1 | | 0.079 | 0.0869 | 13870.06 | 1084 | 0.026 | 0.027 | 0.0023 | 0.492 | 0.490 |
| 5-РК2 | | 0.269 | 0.2959 | 11047.24 | 1084 | 0.055 | 0.06 | 0.0178 | 0.490 | 0.472 |
| 6-Б | | 0.298 | 0.3278 | 870.57 | 1084 | 0.015 | 0.018 | 0.0059 | 0.472 | 0.466 |
| 7-БПК | | 0.079 | 0.0869 | 1643.22 | 1084 | 0.048 | 0.05 | 0.0043 | 0.466 | 0.462 |
| 8-ГРП2 | | 0.564 | 0.6204 | 1381.56 | 1084 | 0.036 | 0.038 | 0.0236 | 0.462 | 0.438 |

# 8 Внутридомовое газоснабжение, подбор газовых приборов, счетчиков и определение расходов газа, выбор схемы газоснабжения секции жилого дома и ее расчет

Необходимо рассчитать внутридомовую систему газоснабжения для секции 10–этажного жилого дома. Используется природный газ с плотностью ρо= 0,733 кг/м3 и теплотой сгорания Qн = 36021,945 кДж/м3.

Так как здание имеет 10 этажей, то на кухнях устанавливаются газовые плиты, газовые счетчики.

Предварительно в кухнях назначаем места установки газовых приборов и счетчиков. На плане выполняем разводку газопроводов, составляем аксонометрическую схему внутридомовых газопроводов.

В квартирах устанавливаем газовые плиты ПГ4-ВК, т.к. объем кухонь более 15 м3. Ввод газопроводов производится в лестничную клетку, стояки размещаются в кухнях. Горизонтальная разводка газопроводов выполняем на высоте 2,2 м от пола, подключение плиты осуществляем на отметке 0,75м от пола. Плита имеет следующие конструктивные размеры 0,5х0,5м, H=0,85м. Наибольшее распространение в данный момент имеют счетчики СГМ G1,6 (Qmax = 2,5 м3/ч; Qmin=0,016 м3/ч). Счетчики должны размещаться, как правило, на капитальных стенах на высоте 1,6 м от пола до низа счетчика. При установке счетчика расстояние по горизонтали от края счетчика до центра крайней горелки должно составлять не менее 0,8 м. Счетчик имеет следующие конструктивные размеры 110х90х100мм, присоединительные патрубки: 20х2,5мм.

Отключающие устройства устанавливаем на вводе, перед газовыми счетчиками, на подводках к газовым плитам и водонагревателям.

Расчетные расходы газа V м3/ч на участках определяем по формуле 8.1:

; (8.1)

где Vном – расход газа плитой, определяемый по формуле 8.2:

*Vном = 3,6·Qном/Qн*; (8.2)

где Qном – номинальная тепловая нагрузка плиты ПГ 4-ВК, по паспортным данным, составляет 11200 Вт,

*Vном* = 3,6\*11200/36021,945 = 1,12 м3/ч.

где n – число однотипных приборов;

Ко – коэффициенты одновременности действия приборов, принимаем для каждого участка по известному числу и типу приборов [10, приложение В].

Расчет начинаем с самого отдаленного от ввода участка 1 подводки газовой плите. Расчетный перепад давления от врезки внутридомовой сети в квартальный газопровод до плиты с учетом потерь в ней 40...60 Па составляет Р=600 Па. Диаметры ввода, стояков и квартирных разводок должны быть рассчитаны на располагаемое давление Рр=550 – 50 = 550 Па.

Для удобства расчет газопроводов сводим в таблицу 8.1.

Вначале заполняем графы 1...5 известными для каждого расчетного участка значениями. Затем назначаем диаметры участков. Участок 1 является подводкой к плите, и диаметр его должен быть равен диаметру соединительного штуцера прибора, для ПГ 4-ВК Dy=15, мм (гр.6). Значения коэффициентов местных сопротивлений на участках принимаем по таблицам. Удельные потери давления на трение Rт, Па/м и эквивалентные длины Lэ, принимаем по номограммам.

Таблицы и номограммы составлены для газа ρт=0,73 кг/м3 поэтому следует вносить поправку на табличную величину удельных потерь давления по формуле 8.3:

*R = Rт·ρo/ ρ*; (8.3)

Далее находим эквивалентную длину по формуле 8.4:

*Lэ = Lэ`·Σ£*; (8.4)

расчетную длину по формуле 8.5:

*Lр = Lф+Lэ*; (8.5)

На вертикальных и наклонных участках газопроводов высотой H, м учитываем гидростатическое давление Р, Па, возникающее за счет разности плотностей воздуха ρв и газа ρо кг/м3 по формуле 8.6:

*Р = ±9,81\*h\*(ρв–ρо)*. (8.6)

# 9 Выбор схемы газоснабжения квартала, гидравлический расчет квартальных сетей

Необходимо рассчитать схему газоснабжения квартала №8, который находиться в зоне действия ГРП-1. Квартал имеет 10–этажную застройку. Врезка газопровода квартала осуществляется в распределительный газопровод. Поступающий газ идет на нужды только квартала №16.

Процессу гидравлического расчета газопроводов предшествует выполнение разводки газовых сетей низкого давления от ГРП до всех потребителей, выбор расчетных участков и соответствующая подготовка расчетной схемы.

Для газоснабжения данного квартала принята тупиковая схема, как наиболее целесообразная для данной застройки. Вводы осуществляются в лестничные клетки зданий.

Располагаемое давление Р = 1000Па должно быть использовано от врезки в распределительный газопровод до наиболее отдаленного ввода в здание.

Для удобства расчет газопроводов сводим в таблицу 9.1.

Вначале заполняем графы 1...5 известными для каждого расчетного участка значениями. Затем назначаем диаметры участков.

Значения коэффициентов местных сопротивлений на участках принимаем 10% от длины рассчитываемой магистрали. Удельные потери давления на трение Rт, Па/м и эквивалентные длины Lэ, принимаем по номограммам.

Таблицы и номограммы составлены для газа ρт=0,73 кг/м3 поэтому следует вносить поправку на табличную величину удельных потерь.

**Таблица 9.1 – Гидравлический расчет внутриквартальных газопроводов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № участка | L, м | Lэ, м | Lp, м | Vр,м3/ч | D, мм | R  Па/м | Rф, Па/м. | Rф·Lр Па | SRф·Lр , Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Основная магистраль | | | | | | | | | |
| 1 | 20.2 | 2.02 | 22.22 | 7.76 | 32 | 1.49 | 1.50 | 33.26 | 33.26 |
| 2 | 61.2 | 6.12 | 67.32 | 15.52 | 48 | 3.34 | 3.36 | 225.89 | 259.15 |
| 3 | 30.2 | 3.02 | 33.22 | 31.05 | 57 | 2.79 | 2.80 | 93.11 | 352.26 |
| 4 | 30.8 | 3.08 | 33.88 | 46.57 | 76 | 2.12 | 2.13 | 72.16 | 424.42 |
| 5 | 155.6 | 15.56 | 171.16 | 62.09 | 76 | 1.49 | 1.50 | 256.21 | 680.63 |
| 6 | 72.28 | 7.23 | 79.51 | 155.23 | 108 | 3.16 | 3.17 | 252.41 | 933.04 |
| Ответвления | | | | | | | | | |
| 7 | 22.4 | 2.24 | 24.64 | 7.76 | 32 | 1.49 | 1.50 | 36.88 | 36.88 |
| 8 | 46.24 | 4.624 | 50.864 | 15.52 | 48 | 3.34 | 3.36 | 170.67 | 207.56 |
| 9 | 12.4 | 1.24 | 13.64 | 23.28 | 57 | 1.66 | 1.67 | 22.75 | 230.30 |
| 9 | 32.4 | 3.24 | 35.64 | 31.05 | 57 | 2.79 | 2.80 | 99.90 | 330.20 |
| 10 | 27.4 | 2.74 | 30.14 | 46.57 | 76 | 2.12 | 2.13 | 64.19 | 394.39 |
| 11 | 26.6 | 2.66 | 29.26 | 62.09 | 89 | 1.49 | 1.50 | 43.80 | 438.19 |
| 12 | 26.6 | 2.66 | 29.26 | 77.62 | 89 | 2.26 | 2.27 | 66.43 | 504.62 |
| 13 | 62.2 | 6.22 | 68.42 | 93.14 | 89 | 2.486 | 2.50 | 170.88 | 675.50 |

# 10 Подбор и расчет оборудования ГРП-2

Необходимо произвести подбор и расчет оборудования для газорегуляторной установки (ГРУ) квартальной котельной при известном расчетном расходе газа Vр =352 м3/ч, давлении газа на вводе в ГРУ Рвх = 0,3309 МПа (известно из расчета газопроводов среднего давления), плотности газа   
ро = 0,733 кг/м3. Диаметр газопровода 57х3 мм. От ГРП газ поступает по газопроводам к потребителям газа в жилых кварталах.

1 Фильтр

Принимаем к установке чугунный волосяной фильтр Dу 80. Потери давления в чистом фильтре ∆Рф, Па, определяем по формуле 10.1:

(10.1)

где Vp – расчетный расход газа, м3/ч;

Vrp – расход газа по графику, м3/ч;

ΔРгр – потери давления в чистом фильтре, определяемые по графику [1, рисунок 9.16], при Vrp = 352 ΔРгр =4250 Па;

Рвх – давление газа на вводе в ГРУ, МПа;

Р0 – нормальное атмосферное давление, равное 0,101 МПа;

ρгр – плотность газа по графику, 1 кг/м3;

ρ0 – плотность газа, ρ0 = 0,82 кг/м3.

Па.

Расчет показывает, что фильтр Dy 80 подходит к установке (∆Рф чистого фильтра не должен быть более 4000 Па).

2 Счетчик

Расход газа при нормальных условиях определяется по формуле 10.2:

(10.2)

где Vр – расчетный расход газа, м3/ч;

Vд – действительный объём газа при рабочих условиях, м3;

Рн – нормальное атмосферное давление, равное 0,101 МПа;

Рсч – рабочее давление перед счетчиком, МПа;

tд – среднее значение рабочей температуры газа, 5 оС;

м3/ч.

Принимаем к установке счетчик СГ 16-160 с характеристиками: DУ=80 мм; Рмакс= 1,6 МПа, Vmin= 8 м3/ч; Vmax=160 м3/ч.

При загрузке счетчика (102,6/160)\*100 = 64,1

По графику определяем потери давления в счетчике в зависимости от процента загрузки – ΔРвсч = 290 Па.

Потери по газу определяем по формуле 10.3:

Па; (10.3)

где ρВ –плотность воздуха, ρВ=1,293 кг/м3;

ΔPcч –потнри давления в счетчике, Па;

ΔPcчв– принимается с учетом действительной загрузки счетчика, Па.

3 Предохранительный запорный клапан

Давление на выходе из ГРУ определяется по формуле 10.4:

(10.4)

.

Принимаем к установке клапан ПКН – 50 с верхним пределом настройки от 0,001 до 0,06 МПа, нижним – от 0,0003 до 0,003 МПа.

Давление газа на входе в ПЗК:

ΔРпзк = 0,33–0,0011–0,0001=0,32872 МПа.

Потери давления в предохранительном клапане определяются по формуле 10.5:

; (10.5)

где ξ – коэффициент местного сопротивления ПЗК [1, таблица 9.19],   
равный 5;

W – скорость газа на входе в ПЗК;

– плотность газа при рабочих условиях, кг/м3, определяем по   
формуле 10.6:

(10.6)

где ТПЗК – температура газа на входе в клапан, К, ТПЗК = 278 К.

кг/м3.

Скорость газа на входе в ПЗК определяем по формуле 10.7:

(10.7)

.

Давление газа во входном сечении регулятора давления:

Р1 = 0,33–0,0011–0,0001–0,0016=0,3272 МПа.

Давление газа в выходном сечении:

Р2 = +0,101=0,1469 МПа.

4 Регулятор давления

Принимаем к установке регулятор давления РДБК 1-50 с характеристиками fс = 8,5 см2, α = 0,6.

Пропускная способность регулятора давления определяется по   
формуле 10.8:

(10.8)

где *f* – площадь седла клапана, см2;

α – коэффициент расхода;

φ – коэффициент, зависящий от отношения давлений Р2/Р1, определяемый по формуле 10.9:

(10.9)

где k – показатель адиабаты, для природного газа k=1,32;

Р1 и Р2 – давление газа на входе и выходе регулятора давления, МПа.

Пропускная способность регулятора давления:

м3/ч.

Пределы устойчивой работы регулятора определяются:

VУ = (0,2…0,8)⋅V = (0,2…0,8)⋅1378,5 = 275…1102,8 м3/ч.

Принятый к установке в ГРУ регулятор давления РДБК 1-50 будет работать устойчиво при расчетном расходе газа Vр = 352 м3/ч.

5 Предохранительный сбросной клапан

Необходимая пропускная способность ПСК в ГРУ при наличии перед регулятором давления ПЗК определяется по формуле 10.10:

VПСК  0,0005 \* V = 0,0005 \* 1378,5=0,69 м3/ч. (10.10)

Принимаем к установке в ГРУ ПСК-50.

# Список использованных источников

**1 Брилинг, Н. С.** Справочник по строительному черчению : учебное пособие для техникумов / Н. С. Брилинг, С. Н. Белягин, С. И. Симонин. - Москва : Стройиздат, 1987. – 448 с.

**2 Егизаров, А. Г.** Общая теплотехника, теплоснабжение и вентиляция : учебник для вузов / А. Г. Егизаров. - Москва : Стройиздат, 1982. – 215 с.

**3 Кязимов, К. Г.** Справочник газовика : справочное пособие. / К. Г. Кизямов – 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа; Академия, 1997. – 272 с.

**4** **Одельский, Э. Х.** Гидравлический расчет трубопроводов разного назначения : учеб. пособие для студентов вузов по специальности "Теплогазоснабжение и вентиляция" / Э. Х. Одельский. - Минск : Вышэйшая школа, 1967. - 103 с. : ил.

**5 Хрусталев, Б.М.** Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. / Под ред. проф. Б. М. Хрусталева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : АСВ, 2005. – 576 с.

**6 ТКП 45-2.04-43-2006 (02250)** Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования = Будаўнiчая цеплатэхнiка. Будаўнiчыя нормы праектавання. – С Изм. 1, 2, 3, 4, 5, 6. - Введен впервые (с отменой СНБ 2.04.01-97); введ. 2007-07-01 // Стройдокумент / РУП «Стройтехнорм», - Минск, 2018 – 36 с.

**7** **ТКП 45-4.03-68-2007**  Распределительные газопроводы. Порядок гидравлического расчета. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 50 с.

**8** **ТКП 45-4.03-267-2012 (02250)** Газораспределение и газопотребление. Строительные нормы проектирования = Газаразмеркаванне i газаспажыванне. Будаунiчыя нормы праектавання. – С Изм. 1, 2 - Введен впервые (с отменой на территории Республики Беларусь СНБ 4.03.01-98; введ. 2012-12-01. // Стройдокумент / РУП «Стройтехнорм», - Минск, 2018.

**9 ТКП 45-1.02-295-2014.** Строительство. проектная документация. Состав и содержание. – С изм. 1, 2, 3, 4, 5. – Взамен СНБ 1.03.02-96; введен 01.04.2014 // Стройдокумент / РУП «Стройтехнорм», – Минск, 2014.

**10** **ТКП 45-3.02-324-2018** Жилые здания. Строительные нормы проектирования. - [Электронный ресурс]. - Взамен СНБ 3.02.04-03; введен 01.11.2018 // Стройдокумент / РУП «Стройтехнорм», - Минск, 2018.

**11** **ГОСТ 3262-75** Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия. **–** Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1991.

**12 ГОСТ 21.205-2016** Условные обозначения элементов трубопроводных систем зданий и сооружений. – Взамен ГОСТ 21.205-93; введен 01.08.2018 // Стройдокумент / РУП «Стройтехнорм», - Минск, 2018.

**13** **СТБ ГОСТ Р 50838-97** Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1997. – 26 с.

**14** **СТБ 2255-2012** Система проектной документации для строительства. Основные требования к документации строительного объекта.- Введен впервые (с отменой на территории Республики Беларусь ГОСТ 21.101-93); введ. 2012-03-01.-Минск : Госстандарт, 2012.- 38 с.

**15 СТО 1-2008\*.** Правила построения, изложения, оформления и содержания текстовой части учебных работ = Правiлы пабудовы, выклады, афармленнi i утрыманнi тэкставай часткi навучальных прац. – Введ. 01.09.2019. – Могилев : АСК ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2019. – 49

# Приложение А (обязательное) Аксонометрическая схема внутридомовой системы газоснабжения

# Приложение Б (обязательное) Схема газоснабжения квартала М 1:1000