#### Введение

#### В настоящее время добыча природного газа в России составляет около 600 млрд. м3 в год. Всего эксплуатируется около 200 месторождений газа. 90% природного газа добывается в западной Сибири. Потенциальные запасы природного газа на территории России в оцениваются 240 трлн. м3.

#### В российской федерации газоснабжение городов и населенных пунктов является одним из приоритетов государственной политики при очевидных результатах. Законодательной базой газификации является Федеральный закон «О газоснабжении в РФ» принятый 31.03.99 г. №69 ФЗ.

Широкая газификация страны обусловлена следующими преимуществами газового топлива в сравнении с другими видами топлива:

– низкая себестоимость добычи;

– высокое качество и эффективное сжигание;

– наиболее экономически чистое топливо;

– газосжигающие установки легче поддаются автоматизации;

– повышается санитарно-гигиенический уровень установок и помещений;

– улучшаются социально-экономические условия жизни населения и т.д.

В Пензенской области также активно сооружаются системы газоснабжения населённых пунктов. Ежегодно вводятся в эксплуатацию 700–900 км газовых сетей за счёт разных источников финансирования.

Цель данного проекта – разработка системы газоснабжения района города согласно заданию.

#### 1. Исходные данные

1. Район строительства: г. Саратов.
2. Город снабжается природным газом месторождения Медвежье.
3. Давление газа в городской распределительной сети высокого давления 0,3 МПа (изб.).
4. Охват газоснабжением:
* жилых зданий при наличии только бытовых плит: 20%;
* жилых зданий при наличии бытовых плит и ЦГВС: 20%;
* жилых зданий при наличии бытовых плит и проточных водонагревателей: 60%;
* объектов отопления и вентиляции: 100%.
1. Горелка типа ЭНД с характеристиками:
* Qт = 80 кВт;
* ΔP = 2 кПа;
* α = 0,6.

#### 2. Определение характеристик газа

Согласно задания район города снабжается природным газом месторождения Медвежье. Состав газа приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Состав природного газа месторождения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Химическая формула | Количествокомпонента,% по объему | Плотность компонента, кг/м3 | Низшая теплота сгорания, кДж/м3 | Высшая теплота сгорания, кДж/м3 |
| Метан | СН4 | 99 | 0,7168 | 35840 | 39860 |
| Этан | С2Н6 | 0,1 | 1,3566 | 36730 | 70420 |
| Пропан | С3Н8 | 0,005 | 2,019 | 93370 | 101740 |
| Н-бутан | С4Н10 | - | 2,703 | 123770 | 133980 |
| Пентан | С5Н12 | - | 3,221 | 146340 | 158480 |
| Диоксид углерода | СО2 | 0,095 | 1,9768 |  |  |
| Азот + редкие газы | N2+… | 0,8 | 1,2505 |  |  |

Определение плотности газа

Плотность газа определяется по формуле

 (1)

где ri – плотность компонента входящего в смесь, кг/н.м3;

*Vi* – доля *i-*того компонента в газе в% об.



Относительная плотность газа по воздуху определяется по формуле

 (2)

Определение теплоты сгорания

Теплота сгорания газообразного топлива данного состава определяется по формуле

 (3)

 (4)

где Qнс – низшая теплота сгорания горючих компонентов, кДж/н. м3;

Qвс – высшая теплота сгорания горючих компонентов, кДж/н. м3;

####

####

Для полного сгорания органического топлива требуется определённое количество воздуха, определяемое по процентному содержанию горючих элементов в его составе. Это количество воздуха называется теоретическим и необходимым. Коэффициент избытка воздуха α =1. Необходимое количество воздуха определяем по следующей формуле:

 (5)

Определяем теоретический объём продуктов сгорания.

Теоретический объём продуктов сгорания будем складывать из объёма сухих газов и объёма водяных паров. В состав сухих газов входят:

* объём трёхатомных газов;
* объём азота.

Теоретический объём продуктов сгорания определяется по формуле

 (6)

Теоретический объём продуктов сгорания трёхатомных газов

=0,01 (CO2+CO+ H2S+ΣmCmHn)= 0,961 н.м3/н.м3 (7)

Теоретический объём водяных паров:

 н.м3/н.м3  (8)

Теоретический объём азота для газов:

=7,21 н.м3/н.м3 (9)

Полный теоретический объём продуктов сгорания

н.м3/н.м3

**3. Определение численности населения района города**

Определяется количество населения, проживающего в каждом квартале газифицируемого населенного пункта, в зависимости от плотности жилищного фонда:

N=F·a, (10)

где F-площадь квартала в красных линиях, га;

a – плотность населения, чел./га;

N – количество населения в квартале, чел.

В площадь кварталов включаются площади школ, детских яслей и садов, предприятия торговли, питания и бытового обслуживания населения, внутриквартальные и микрорайонные зеленые насаждения; не включаются площади улиц, проспектов, площадей, садов, парков и участков, которые не являются обычными для жилых массивов.

Таблица 2 – Численность населения района города

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер квартала | Площадь застройки, Га | Плотность нас, чел./га | Численность населения, чел. |
| 1 | 16,4 | 110 | 1804 |
| 2 | 17,2 | 110 | 1892 |
| 3 | 15,6 | 110 | 1716 |
| 4 | 14,2 | 90 | 1278 |
| 5 | 8,3 | 90 | 747 |
| 6 | 22,4 | 110 | 2464 |
| 7 | 35,1 | 110 | 3861 |
| 8 | 16,9 | 90 | 1521 |
| 9 | 18,8 | 90 | 1692 |
| 10 | 18,5 | 90 | 1665 |
| 11 | 19,4 | 90 | 1746 |

Общее количество жителей в районе проектирования N=20386 жителей.

#### 4. Определение годовых расчётных расходов газа

В данном подразделе определяются годовые и расчетные расходы газа на все виды потребления.

Годовые расходы газа используются для планирования количества газа, которое необходимо доставить проектируемому населенному пункту, а расчетные – для определения диаметров газопроводов.

Для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения расход газа определяется по строительному объему отапливаемых и вентилируемых зданий (по укрупненным показателям).

Расходы газа сосредоточенным потребителям (более 50 м3/ч на ввод) необходимо определить отдельно для каждого потребителя. При равномерном распределении потребителей с расчетными расходами менее 50 м3/ч на ввод (жилые и общественные здания) расход газа определяется по жилым кварталам в целом.

Способ определения расхода газа по годовым нормам применяется для равномерно распределенных потребителей, когда количество устанавливаемых приборов неизвестно.

Годовое потребление газа подсчитывается для определенных объектов, а затем суммируется по группам. Условно принято выделять такие группы:

1. Расход газа населением в квартирах жилых домов для приготовления пищи и горячей воды.
2. Расход газа предприятиями коммунального хозяйства и общественными зданиями (бани, больницы, прачечные, хлебозаводы).
3. Расход газа на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий.
4. Расход газа промышленностью.

 (11)

где yi – степень охвата газоснабжения;

ni – количество единиц использующих газ у i-того потребителя.

Qi – норма расходы теплоты на одну условную единицу, Мдж/ год.

Количество условных единиц по категориям потребителей определяется по нормам проектирования.

**Определение годового расхода газа на отопление и вентиляцию**

Годовой расход газа на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий определяется по формуле

 (12)

где *k* – коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий (принимаем k = 0,25);

*z* – число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течение суток (принимаем z = 16);

*k1* – коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию общественных зданий (принимаем k1 = 0,6);

*q0* – укрупнённый показатель максимального теплового потока на отопление общественных зданий на единицу м3 общей площади, [5] Вт.

*A* – общая площадь подлежащая отоплению с использованием газа, м2: вычисляется по формуле

 (13)

где *y4* – охват объектов отоплением и вентиляцией.

*n0* – продолжительность отопительного периода [4];

*η0* – КПД теплоснабжающей системы, принимаем равным 0,85;

*ti* – внутренняя температура отапливаемых помещений, принимаем равной 18 °C;

*tср.от* – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, принимаем по [4], °C;

*tр.от* – расчётная температура наружного воздуха для проектирования отопления, принимаем по [4], °C.





Определение годового расхода газа на ГВС

Годовой расход газа на ГВС определяется по укрупнённым показателям по формуле

 (14)

где *m* – число жителей, пользующихся горячей водой от централизованного ГВС, вычисляем по формуле

 (15)

где *y2* – жилых зданий при наличии бытовых плит и ЦГВС;

*tСS* – температура холодной воды в летнее время, принимаем равной 18 °C;

*tСW* – температура холодной воды в зимнее время, принимаем равной 5 °C;

*β* – коэффициент снижения среднечасового расхода воды в летнее время, принимаем равным 0,8;

*qh* – укрупнённый показатель расхода теплоты, принимаем равным 378 Вт на человека.





Определение суммарного годового и удельного расхода газа.

Суммарный годовой расход газа определяется по формуле

 (16)

Удельный годовой расход газа определяется по формуле

 (17)

Определение часовых расходов газа

Часовой расход газа на жилые дома, хозяйственно-бытовые, коммунальные и производственные нужды определяется по формуле

 (18)

где *khmax* – коэффициент часового максимума, принимаем согласно [6].

Часовой расход газа на отопление и вентиляцию определяется по формуле

 (19)

Часовой расход газа на ГВС жилых и общественных зданий вычисляется по формуле

 (20)

Расчёт часовых расходов газа сведён в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчётные расходы газа потребителями района города

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Потребители | Годовой расход м3/год | Коэффициент часового максимума, Khmax | Расчётный расход, м3/час |
| Жилые дома | 3913931,1 | 1,00/2300 | 1761,4 |
| Учебные заведения |
| Мелкие предприятия |
| Больница |
| Бани | 842171,647 | 1,00/2700 | 311,92 |
| Прачечная | 242113,875 | 1,00/2900 | 83,49 |
| Столовая и ресторан | 338406,662 | 1,00/2000 | 169,20 |
| Хлебозавод | 571844,591 | 1,00/6000 | 95,31 |
| Котельная | 10848966,017 | -/- | 4694,67 |

Сумма 5354,59 м3/ч

Удельный часовой расход газа определяется по формуле

 (21)

#### 5. Система и схема газоснабжения

Наличие в районе города потребителей двух параметров определяет необходимость выбора двухступенчатой системы газоснабжения, она экономична, надёжна, проста в эксплуатации и наиболее распространена в городах с населением до 100 тысяч жителей.

В качестве первой ступени применяются газопроводы высокого давления второй категории, в качестве второй ступени – газопроводы низкого давления.

По газопроводам первой ступени газ подаётся к сосредоточенным потребителям (котельной, прачечной, хлебозаводу), а также к ГРП где редуцируется до низкого давления и по газопроводам второй ступени направляется к бытовым и коммунальное – бытовым потребителям.

Схема системы газоснабжения зависит от количества и исполнения сетевых ГРП, от трассировки газопроводов, от требований к надёжности газоснабжения.

В данном случае схема двухступенчатой системы представлена кольцевыми сетями высокого и низкого давления и ГРП в отдельно стоящем здании.

Трассировка газопроводов проводится с учётом следующих основных данных:

– должны выдерживаться минимально допустимые расстояния от газопроводов до зданий и сооружений;

– протяжённость газопроводов должна быть минимальной;

– длина ответвлений к потребителям, по возможности не должна превышать 200 м;

– необходимо стремиться чтобы участки низкого давления имели двухсторонний отбор газа, и т.д.

#### 6. Распределение потребителей газа по давлению

Потребители с нагрузкой до 50 м3/ч подключаются к сети низкого давления, а с нагрузкой более 50 м3/ч подключаются к сети высокого давления.

Распределение потребителей по давлению газа приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Распределение потребителей по давлению газа

|  |  |
| --- | --- |
| Потребители | Расход газа, м3/ч |
| низкого давления | среднего давления |
| Жилые здания | 1930,6 | - |
| Столовые и рестораны |
| Больница |
| Учебные заведения |
| Мелкие предприятия |
| Бани | - | 311,92 |
| Прачечная | - | 83,49 |
| Хлебозавод | - | 95,31 |
| Котельная | - | 4694,67 |
| ГРП | - | 1930,6 |
| Итого | 1930,6 | 7116,03 |

Удельный часовой расход газа низкого давления определяется по формуле

 (22)

Удельный часовой расход газа среднего давления определяется по формуле

 (23)

**7. Гидравлический расчёт сети низкого давления**

*КП-2069059-270109-051332-09*

Целью гидравлического расчёта является определение диаметров труб на участках сети и давления газа в её узлах.

Расчётная схема сети низкого давления приведена на рисунке 1.

**Определение удельных путевых расходов газа.**

Газоснабжаемая территория разбивается на зоны, с одинаковой плотностью населения, которые питаются от определённых контуров. Длина питательного контура является суммой длин участков питающих данную зону.

Расчёт сведён в таблицу 7.

Таблица 7 – Удельные путевые расходы газа

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Номер зоны | Кол-во населения, чел | Удельный расход газа, м3/ (час · ч) | Расход газа на зону, м3/ч | Длина пит. контура, м | Удельный путевой расход газа, м3/ (ч · м) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 5103 | 0,095 | 483,28 | 2976 | 0,162 |
| 2 | 5382 | 509,70 | 3160 | 0,161 |
| 3 | 6690 | 633,57 | 1750 | 0,362 |
| 4 | 3211 | 304,10 | 1374 | 0,221 |

Проверка: отношение разности суммы часового расходов газа на зоны и расхода газа на ГРП к сумме часовых расходов газа на зоны должно быть менее 1%.

 (24)

Определение расчётных расходов газа на участках сети низкого давления

Расчётный расход газа на участках сети определяется по формуле

 (25)

где *Qпут.i* – путевой расход газа на i-том участке, м3/ч, определяется по формуле

 (26)

где *lф.i* – фактическая длина i-того участка, м.

*qпут.i* – удельный путевой расход газа для соответствующей зоны, м3/(ч·м).

Таблица 8 – Расчётные расходы газа на участках сети низкого давления

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер участка | Фактическая длина, м | Удельный путевой расход газа, м3/ (ч · м) | Расход газа, м3/ч |
| Qпут | Qтр | Qр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 246 | 0,162 | 39,95 | 713,78 | 733,75 |
| 2 | 319,9 | 0,162 | 51,95 | 661,83 | 687,80 |
| 3 | 606 | 0,162 | 98,41 | 563,42 | 612,63 |
| 4 | 675,4 | 0,162 | 109,68 | 191,31 | 246,15 |
| 5 | 485,6 | 0,162 | 78,86 | 112,46 | 151,88 |
| 6 | 285,6 | 0,162 | 46,38 | 66,08 | 89,27 |
| 7 | 406,9 | 0,162 | 66,08 | 0,00 | 33,04 |
| 8 | 248,3 | 0,162 | 40,32 | 633,93 | 654,09 |
| 9 | 425,2 | 0,161 | 68,58 | 565,34 | 599,63 |
| 10 | 440,3 | 0,161 | 71,02 | 494,32 | 529,83 |
| 11 | 530,9 | 0,161 | 85,63 | 214,46 | 257,28 |
| 12 | 459,3 | 0,161 | 74,08 | 140,38 | 177,42 |
| 13 | 372,3 | 0,161 | 60,05 | 80,33 | 110,35 |
| 14 | 498 | 0,161 | 80,33 | 0,00 | 40,16 |
| 15 | 344,6 | 0,362 | 124,76 | 372,11 | 434,49 |
| 16 | 354,6 | 0,362 | 128,38 | 243,73 | 307,92 |
| 17 | 478,2 | 0,362 | 173,13 | 70,60 | 157,16 |
| 18 | 195 | 0,362 | 70,60 | 0,00 | 35,30 |
| 19 | 463 | 0,221 | 102,47 | 279,86 | 331,10 |
| 20 | 447,8 | 0,221 | 99,11 | 180,75 | 230,31 |
| 21 | 426,2 | 0,221 | 94,33 | 86,43 | 133,59 |
| 22 | 390,5 | 0,221 | 86,43 | 0,00 | 43,21 |

Проверка: отношение разности суммы путевых и транзитных расходов на участках примыкающих к точке питания и расхода на ГРП к сумме путевых и транзитных расходов газа на участках, примыкающих к точке питания должны быть менее 1%.

 (27)

Определение диаметров и потерь давления на участках сети.

Расчётная схема сети низкого давления приведена на рисунке 1. Исходными данными для расчёта являются *Qр.i.*, м3/ч, *lр.i.*, м, *Δpдоп*, Па.

Расчётная длина определяется по формуле

 (28)

Допустимые потери давления в распределительных сетях низкого давления согласно [6] *Δpдоп* = 1200 Па.

Расчётный гидравлический уклон определяется по формуле

 (29)

Фактические потери давления на участках сети определяются по формуле

 (30)

где *iф.i.* – фактический гидравлический уклон на i-том участке, Па/м;

Расчёт сведён в таблицу 9.

Таблица 9 Определение диаметров и потерь давления на участках сети

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер участка | *Qр*, м3/ч | *dн\*S*, мм | *lф*, м | *lр*, м | *iр*, Па/м | *iф*, Па/м | *ΔPф*, Па |
| 1 | 733,75 | 325х8 | 246,00 | 270,60 | 0,36 | 0,23 | 62,24 |
| 2 | 687,80 | 325х8 | 319,90 | 351,89 | 0,17 | 59,82 |
| 3 | 612,63 | 325х8 | 606,00 | 666,60 | 0,14 | 93,32 |
| 4 | 246,15 | 219х6 | 675,40 | 742,94 | 0,16 | 118,87 |
| 5 | 151,88 | 219х6 | 485,60 | 534,16 | 0,10 | 53,42 |
| 6 | 89,27 | 133х4 | 285,60 | 314,16 | 0,33 | 103,67 |
| 7 | 33,04 | 108х4 | 406,90 | 447,59 | 0,16 | 71,61 |
| 8 | 654,09 | 325х8 | 248,30 | 273,13 |  | 0,17 | 46,43 |
| 9 | 599,63 | 325х8 | 425,20 | 467,72 | 0,37 | 0,14 | 65,48 |
| 10 | 529,83 | 273х7 | 440,30 | 484,33 | 0,27 | 130,77 |
| 11 | 257,28 | 219х6 | 530,90 | 583,99 | 0,19 | 110,96 |
| 12 | 177,42 | 219х6 | 459,30 | 505,23 | 0,12 | 60,63 |
| 13 | 110,35 | 159х4 | 372,30 | 409,53 | 0,22 | 90,10 |
| 14 | 40,16 | 114х4 | 498,00 | 547,80 | 0,20 | 109,56 |
| 15 | 434,49 | 273х7 | 344,60 | 379,06 | 0,79 | 0,18 | 68,23 |
| 16 | 307,92 | 219х6 | 354,60 | 390,06 | 0,30 | 117,02 |
| 17 | 157,16 | 140х4,5 | 478,20 | 526,02 | 0,70 | 368,21 |
| 18 | 35,30 | 89х3 | 195,00 | 214,50 | 0,45 | 96,53 |
| 19 | 331,10 | 219х6 | 463,00 | 509,30 | 0,67 | 0,32 | 162,98 |
| 20 | 230,31 | 219х6 | 447,80 | 492,58 | 0,15 | 73,89 |
| 21 | 133,59 | 159х4 | 426,20 | 468,82 | 0,30 | 140,65 |
| 22 | 43,21 | 114х4 | 390,50 | 429,55 | 0,20 | 85,91 |

Проверка: отношение разности суммарных потерь давления по полукольцам к полусумме потерь давления в кольце должно быть менее 10%.

 (31)

**Расчёт на ПЭВМ**

Гидравлический расчёт на ПЭВМ произведём при помощи программы «KOLTUP». Программа реализует методику, изложенную в [6] и позволяет оптимизировать подбор диаметров на участках сети так, чтобы гидравлические уклоны на участках были как можно ближе к среднему расчётному гидравлическому уклону. Результаты расчёта приведены в приложении А.

**8. Гидравлический расчёт сети среднего давления**

Расчётная схема сети приведена на рисунке 2.

Нейтральная точка выбирается так, чтобы выполнялось условие

 (32)

Отклонение не должно превышать 10% и рассчитывается по формуле

 ≤ 10% (33)

Если условие выполнено, то расчётные расходы газа принимаются для дальнейших расчётов.

Определение диаметра кольцевого газопровода.

Исходными данными для расчёта являются *Qр.i.*, м3/ч, *lр.i.*, м, *Δp2*, кПа2.

Квадрат потерь давления в сети определяется по формуле

 (34)

где Pн – абсолютно начальное давление в сети, кПа, принимаем 400 кПа;

Pк – абсолютно конечное давление в сети, кПа.

Давления газа в конце каждого участка по ходу движения определяется по формуле

 (35)

С целью повышения надёжности газоснабжения потребителей сети выполняются в виде кольца из труб одного диаметра и тупиковых ответвлений к потребителю. Определение диаметра кольца ведётся с учётом работы сети в нормальных и аварийных режимах.

Для нормальных режимов расходы газа у потребителей принимается расчётными. Для аварийных – определяются по формуле

 (36)

где x – коэффициент снижения расхода при аварии, принимается для ГРП равным 0,85, для котельной имеющей резервной топливо 0, для всех остальных 0,8.

Средний расчётный расход на кольце определяется по формуле

 (37)

где j – номер режима.

Невязка кольца определяется по формуле

≤ 10% (38)

Квадрат перепада давления определяется по формуле (34). При этом Pтрк для нормальных режимов принимается равным 300 кПа, для аварийных – 250 кПа.

Расчёт сведём в таблицу 10.

Таблица 10 – Определение диаметра кольцевого газопровода

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Режим | Qср, м3/ч | lр, м | ΔP2ф, Па2 | dнxS, мм |
| I – нормальный | 4694,00 | 938,30 | 70000 | 159х4,5 |
| II – нормальный | 1877,92 | 3221,90 | 70000 | 140х4,5 |
| I – аварийный | 1553,59 | 2653,20 | 97500 | 114х4 |
| II – аварийный | 1154,04 | 2678,50 | 97500 | 108х4 |

Для дальнейшего расчёта принимаем трубу с диаметром 159х4,5 мм.

Расчёт сведём в таблицу 11.

Таблица 11 – Определение давления в характерных точках сети и диаметров тупиковых ответвлений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер | Qр, м3/ч | Lф, м | Lр, м | ∆Pр^2, Па2 | dнар\*S мм | ∆Pф^2 | Рн, Па | Рк(ф), Па |
| 1 | 2786 | 1578 | 1735,8 | - | 159х4,5 | 30500,00 | 400,00 | 359,86 |
| 2 | 855,4 | 156,9 | 172,59 | - | 159х4,5 | 350,00 | 359,86 | 359,37 |
| 3 | 364,7 | 1071 | 1178,1 | - | 159х4,5 | 100,00 | 359,37 | 359,24 |
| 4 | 4330 | 684,8 | 753,28 | - | 159х4,5 | 38000,00 | 400,00 | 349,28 |
| 5 | 4694,7 | 123,6 | 135,96 | 39050,0 | 114х4 | 35000,00 | 359,24 | 306,68 |
| 6 | 83,5 | 230 | 253 | 39150,0 | 57х3 | 1900,00 | 359,37 | 356,72 |
| 7 | 1930,6 | 79,7 | 87,67 | 39500,0 | 89х3 | 20000,00 | 359,86 | 330,91 |
| 8 | 407,2 | 288,4 | 317,24 | 39150,0 | 57х3 | 37000 | 359,37 | 303,56 |
| 9 | 95,3 | 389,2 | 428,12 | 2150,0 | 60х3 | 1900 | 303,56 | 300,42 |
| 10 | 311,9 | 64,9 | 71,39 | 2150,0 | 70х3 | 1900 | 303,56 | 300,42 |

**9. Гидравлический расчёт квартальной сети**

Под квартальной сетью понимается сеть газопроводов от точки подключения к уличной сети до точки присоединения газопроводов-вводов в дома. Расчётная схема выполняется на основе трассировки на плане квартала. Расчётная схема приведена на рисунке 7.

Определение расчётных расходов газа на участках квартальной сети

Расчётный расход газа на участках квартальной сети определяем согласно [6] по формуле

 (39)

где *Ksim* – коэффициент одновременной работы газовых приборов, согласно[6];

*qпом* – номинальный расход газа прибором, определяется по формуле

для 4-х кофортных плит  (40)

для 2-х кофортных плит 

где *QТ* – тепловая мощность прибора, кВт, принимаемая согласно [1] или по паспортным данным прибора.

*ni* – число однотипных приборов.

По нормам проектирования принимаем, что в однокомнатной квартире устанавливается 2-х комфортные плиты, а в двух- и более комнатных квартирах – 4-х комфортные плиты.

Расчёт сведён в таблицу 12.

Таблица 12 – Определение расчётных расходов газа на участках квартальной сети

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| номер участка | Число квартир | Кол-во приборов | Кsim | Qd(h) |
| 1 ком. | 2 ком. и более | ПГ2 | ПГ4 | ПГ2 | ПГ4 |  |
| 1–2 | 0 | 290 | 0 | 290 | 0 | 0,191 | 67,36 |
| 2–3 | 0 | 200 | 0 | 200 | 0 | 0,2 | 48,64 |
| 3–4 | 0 | 155 | 0 | 155 | 0 | 0,204 | 38,45 |
| 4,5 | 0 | 105 | 0 | 105 | 0 | 0,21 | 26,82 |
| 5–6 | 0 | 75 | 0 | 75 | 0 | 0,216 | 19,70 |
| 2–7 | 0 | 90 | 0 | 90 | 0 | 0,212 | 23,20 |
| 7–8 | 0 | 30 | 0 | 30 | 0 | 0,231 | 8,43 |

**Определение диаметров на участках квартальной сети**

Расчёт ведётся аналогично расчёту сети низкого давления. Допустимые потери в квартальной сети принимаются равными 250 Па. Расчёт сведён в таблицу 13.

Расчётный уклон вычисляется по формуле

 (41)

Таблица 13 – определение диаметров на участках квартальной сети

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер участка | Qd(h) | dнар\*S | lф | lр | iр | iф | ∆Pф |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1–2 | 67,36 | 108х4 | 18 | 19,8 | 1,11 | 0,7 | 13,86 |
| 2–3 | 48,64 | 89х3 | 32 | 35,2 | 0,8 | 28,16 |
| 3–4 | 38,45 | 88,5х4 | 56 | 61,6 | 0,8 | 49,28 |
| 4–5 | 26,82 | 88,5х4 | 82 | 90,2 | 0,4 | 36,08 |
| 5–6 | 19,70 | 70х3 | 17 | 18,7 | 0,6 | 11,22 |
| 2–7 | 23,20 | 76х3 | 99 | 108,9 | 0,92 | 0,5 | 54,45 |
| 7–8 | 8,43 | 70х3 | 147 | 161,7 | 0,16 | 25,872 |

Проверка:  220,3 250 (42)

1**0. Гидравлический расчёт внутридомового газопровода**

Проектирование внутридомового газопровода проводилось с учётом следующих условий:

1. Газопровод – ввод подключается к квартальной сети;
2. От газопровода ввода к стоякам газопровод прокладывается по наружным стенам здания;
3. Подача газа к газовым приборам осуществляется от стояков устанавливаемых в углах кухонь;
4. Запрещается прокладка газопроводов по санузлам, ванным комнатам, жилым комнатам;
5. Запорные устройства устанавливаются на газопроводе – вводе, перед каждым стояком и перед каждым газовым прибором;
6. При прохождении строительных конструкций газопровод заключается в футляр;

Расчётная схема приведена на рисунке 8.

Определение расчётных расходов газа на участках газопровода

Расчётный расход газа определяется по формуле (39). Расчёт сведён в таблицу 14.

Таблица 14 – Определение расчётных расходов газа на участках газопровода

|  |
| --- |
| Участок 1 |
|  | Внезапное сужение | 0,35 |
|  | Отвод гнутый, 2 шт. | 2 × 0,3 = 0,6 |
|  | Пробковый кран ∅ 15 | 4 |
|  | *Σξ* = 4,95 |
| Участок 2, 3, 4,5,6 |
|  | Тройник проходной | *Σξ* = 1 |
| Участок 7 |
|  | Тройник поворотныйПробковый кран ∅ 32Отвод гнутый, 6 шт.  | 1,521,8*Σξ* = 5,3 |
| Участок 8 |
|  | Отвод гнутый, 6 шт. | 1,8 |
|  | Тройник поворотный | 1,5 |
|  |  | *Σξ* = 3,3 |
|  |  |  |
| Участок 9 |  | *Σξ* = 1,5 |
|  | Отвод гнутый Вентиль ∅ 50 | 0,32*Σξ* = 2,3 |
| Участок 10 |  | 0,3 |
|  | Задвижка ∅ 50Отвод гнутый | 0,50,3 |
|  |  | *Σξ* = 0,8 |
|  |  |  |

Допустимые потери давления во внутридомовом газопроводе принимаем равными 350 Па. Расчёт сведён в таблицу 15

Таблица 14 – Определение расчётных расходов газа на участках газопровода

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер уч-ка | Число квартир | Кол-во приборов | Кsim | Qd(h) |
| ПГ2 | ПГ4 | ПГ2 | ПГ4 |
| 1 | 1 | - | 1 | - | 1 | 1,23 |
| 2 | 1 | - | 1 | - | 1 | 1,23 |
| 3 | 2 | - | 2 | - | 0,65 | 1,60 |
| 4 | 3 | - | 3 | - | 0,45 | 1,67 |
| 5 | 4 | - | 4 | - | 0,35 | 1,73 |
| 6 | 5 | - | 5 | - | 0,29 | 1,79 |
| 7 | 6 | - | 6 | - | 0,28 | 2,07 |
| 8 | 12 | - | 12 | - | 0,245 | 3,63 |
| 9 | 18 | - | 18 | - | 0,237 | 5,26 |
| 10 | 18 | - | 18 | - | 0,237 | 5,26 |

Определение диаметров и потерь давления на участках газопровода

Расчётная длина участков определяется по формуле

 (43)

где *lф.i.* – фактическая длина на i-том участке, м;

*Σξ* – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

*lЭξ=1* – эквивалентная длина, соответствующая местному сопротивлению с ξ=1.

Гидростатическое давление определяется по формуле

 (44)

где *h* – геодезическая разность отметок начала и конца участка, м;

*ρв* – плотность воздуха, равная 1,293 кг/м3;

*ρг* – плотность газа, равная 0,748 кг/м3;

Допустимые потери давления во внутридомовом газопроводе принимаем равными 350 Па. Расчёт сведён в таблицу 15

Таблица 15 – Определение диаметров и потерь давления на участках газопровода

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер уч-ка | Qd(h) | lф | ∑ξ | lэкв | lр | dнар\*S | iф | ∆Pф | ∆Pгс | ∆Pф+(–)∆Pгс |
| 1 | 1,23 | 1 | 4,95 | 0,75 | 4,71 | 21,3х2,8 | 2,3 | 10,84 | 5,40 | 16,23 |
| 2 | 1,23 | 1,8 | 1 | 0,9 | 2,70 | 26,8х2,8 | 0,7 | 1,89 | 9,71 | 11,60 |
| 3 | 1,60 | 2,8 | 1 | 0,9 | 3,70 | 26,8х2,8 | 1 | 3,70 | 15,11 | 18,81 |
| 4 | 1,67 | 2,8 | 1 | 0,9 | 3,70 | 26,8х2,8 | 1,05 | 3,89 | 15,11 | 18,99 |
| 5 | 1,73 | 2,8 | 1 | 0,9 | 3,70 | 26,8х2,8 | 1,1 | 4,07 | 15,11 | 19,18 |
| 6 | 1,79 | 2,8 | 1 | 0,9 | 3,70 | 26,8х2,8 | 1,2 | 4,44 | 15,11 | 19,55 |
| 7 | 2,07 | 17,8 | 5,3 | 1,05 | 23,37 | 33,5х3,2 | 0,5 | 11,68 | -5,40 | 6,29 |
| 8 | 3,63 | 30 | 3,3 | 1,1 | 33,63 | 42,3х3,2 | 0,35 | 11,77 | 0 | 11,77 |
| 9 | 5,26 | 4,5 | 2,3 | 1,2 | 7,26 | 48х3,5 | 0,5 | 3,63 | 24,28 | 27,91 |
| 10 | 5,26 | 5 | 0,8 | 1,5 | 6,20 | 57х3 | 0,2 | 1,24 | 0 | 1,24 |
| 11 | 1,23 | 1 | 4,95 | 0,75 | 4,71 | 21,3х2,8 | 2,3 | 10,84 | 5,40 | 16,23 |

Проверка (45)

где ΔPпр – потери давления в приборе, равные 60 – 80 Па;

1,1 – коэффициент на неучтённые потери.

**11. Расчёт, подбор и настройка оборудования сетевого ГРП**

Принципиальная схема ГРП приведена на рисунке 9.

Рисунок 9 – Принципиальная схема ГРП

ГРП структурно состоит из следующих элементов:

1 – запорное устройство на входе линии регулирования;

2 – фильтр, предназначен для очистки газа от механических примесей;

3 – предохранительно – запорный клапан, предназначен для «отсечки» подачи газа потребителю в случаях повышения P1 или понижения P2 до пределов настройки ПЗК;

4 – регулятор давления, предназначен для понижения давления газа с входного P1 до заданного настраиваемого давления P2 и поддержания давления P2 постоянным, независимо от колебания давления P1 и изменения расхода газа в сети;

5 – запорное устройство на выходе с линии регулирования;

6 – обводной газопровод (байпас), предназначен для подачи газа потребителю при невозможности подачи через линию редуцирования, при этом понижение давления с P1 до P2 производится запорным устройством 7 и 8. За давлением P2 следят непрерывно по манометру всё время работы через байпас;

9 – кран на сбросном трубопроводе, используется при пусконаладочных работах, после чего пломбируется в открытом положении;

10 – предохранительно – сбросной клапан, предназначен для понижения P2, до заданного при его повышении на 5–15%, путём стравливания части газа в атмосферу через свечу 11.

Подбор регулятора давления

Известно: P1, P2, Qрmax, Qрmin.



P1 = 0,4 МПа абс.,

P2 = 0,15 МПа абс.,

Qрmax = 1930.6 м3/ч,

Qрmin = 0,3 · 1930,6 = 579,1 м3/ч.

 (46)



Предварительно принимаем РДУК2В-50/50 с диаметром седла клапана 50 мм, площадью седла клапана 19,6 см2 и коэффициентом расхода 0,6. Определяем фактическую пропускную способность регулятора

 (47)

где *f* – площадь седла клапана, см2;

*L* – коэффициент расхода;

*P1* – абсолютное входное давление в МПа;

*φ* – коэффициент принимаем ;



Приведём условие нормальной работы регулятора

(48)

(49)

Условие выполняется.

Подбор фильтра

Предварительно принимаем диаметр условного фильтра по диаметру условного прохода регулятора давления.

Фактические потери давления в фильтре определяются по формуле

 (50)



Принимаем фильтр чугунный волосяной с условным проходом по регулятору давления.

**Подбор предохранительно-запорного клапана**

ПЗК принимается по диаметру условного прохода регулятора давления. В сетевых ГРП в отдельно стоящих зданиях наибольшее распространение получили клапаны ПКН. Принимаем клапан ПКН-50

**Подбор предохранительно – сбросного клапана**

Кол-во газа, подлежащее сбросу определяется по формуле

 (51)

Принимаем клапан типа ПСК-50Н.

Принятый клапан удовлетворяет требованиям по пропускной способности.

**Обоснование диаметра обводного газопровода**

Согласно [6] диаметр байпаса должен быть не менее седла клапана регулятора давления. Принимаем 50 мм.

**Обоснование запорной арматуры**

В качестве запорной арматуры принимаем задвижки. Запорная арматурой должна быть предназначена для природного или сжиженного газа и иметь соответствующую запись в паспорте.

Настройка оборудования ГРП

PРД = P2 = 3000 Па (52)

PмаксПЗК = (1,2 – 1,25) PРД = 1,25 · 3000 = 3750 Па(53)

PминПЗК = Pминпр + (200 – 300) = 1000 + 300 = 1300 Па(54)

PПСК = (1,05 – 1,15) PРД = 1,05 · 3000 = 3150 Па.(55)

**12. Расчёт газовой горелки**

Теоретические основы

Расчет горелок приходится выполнять как при проектировании новых конструкций (конструктивный расчет), так и в случае применения ранее разработанных горелок для новых условий работы (поверочный рас чет).

Сопловая часть. Подавляющее большинство горелок работает в условиях докритической скорости истечения газа, т.е. при его избыточном давлении не более 85 кПа. При давлении газа перед соплом более 85 кПа наступают критические условия истечения. В нерасширяющемся сопле скорость газа достигает скорости звука и дальнейшего увеличения ее не происходит. Для получения максимальной (сверхзвуковой) скорости следует применять сопло с расширяющимся насадком (сопло Лаваля).

Однако до избыточных давлений 100–150 кПа расширяющийся насадок сопла получается таким малым, что практически те же результаты дают обычные сопла, изготовление которых значительно проще.

Истечение газа из отверстия или сопла сопровождается двумя явлениями:

1. снижением скорости струи из-за наличия сопротивления трения и потерь энергии за счет завихрения потока;
2. сжатием струи, заключающимся в том, что минимальное сечение ее оказывается меньше, чем сечение отверстия или сопла. Это имеет место из-за наличия инерции газовых струй при входе в отверстие или сопловой канал.

Тракт воздуха и смеси. При расчете тракта движения воздуха и смеси в пределах горелки учитываются только местные сопротивления, вызываемые изменениями величины или направления скорости потока.

В горелках полного и частичного предварительного смешения кроме неизбежных изменений скорости и направлений потока воздуха и смеси, обусловленных конструкцией горелки, имеют место значительные потери давления в смесителе, так как наиболее эффективное смешение происходит при больших скоростях взаимодействующих струй газа и воздуха.

Как правило, наибольшая потеря давления в кинетических горелках связана с необходимостью создания такой выходной скорости, которая может обеспечить устойчивую работу горелки без проскоков пламени при заданных минимальных нагрузках.

Для диффузионных горелок и горелок с частичным предварительным смешением, если смесь лежит вне концентрационных пределов воспламенения, выходная скорость может быть значительно ниже. В-этом случае она определяется требованиями процесса турбулентной диффузии в топке или условиями стабилизации факела

Рисунок 9 – Схема газовой горелки

**Расчёт горелки низкого давления**

Для расчёта газовой горелки принимаем мощность огнеупорного туннеля равную 80 кВт, Qн = 35522 кДж/м3, плотность газа 0,723 кг/м3, tг=10 °С, Vo=9,07 м3/м3. Коэффициент избытка первичного воздуха α=0,6. Давление газа 2 кПа.

1. Определяем расход газа:



1. Определяем скорость выхода газа из сопла, приняв коэффициент расхода сопла μ=0,9



1. Рассчитываем площадь и диаметр сопла





1. Определяем коэффициенты эжекции



1. Учитывая достаточно высокое давление газа перед горелкой, принимаем эжекционный смеситель укороченного типа, с коэффициентом потерь К=3,0
2. Принимаем коэффициент расхода огневых отверстий головки μ0=0,8 и находим коэффициент сопротивления огневых отверстий



1. Рассчитываем коэффициент К1, учитывающий потери в головке горелки, принимая температуру подогрева гозовоздушной смеси на выходе из головки горелки Тсм=373К



1. Рассчитываем оптимальное значение суммарной площади выходных отверстий горелки

**

1. Рассчитываем скорость выхода газовоздушной смеси из огневых отверстий



1. Для Wо и α=0,6 значение диаметра огневых отверстий равно d=6 мм; Wотр=2,95 м/с
2. Находим количество огневых отверстий



1. Шаг отверстий принимаем S=20 мм, находим длину головки горелки



1. Определяем оптимальный диаметр горловины смесителя



Диаметр горловины будет равен



1. Рассчитываем остальные размеры смесителя:

– диаметр входного конфузора 

– длина входного конфузора 

– диаметр на выходе из диффузора dд=1,4 dг=135,8

– длина диффузора lд = 3,8 dг = 570 мм

– длина смесителя lсм = 1,6 dг =155,2 мм

– длина эжекционной смесителя lэж = 5,6 dг = 543,2 мм

– Радиус сопряжения конфузора с горловиной R=2,4 dг = 232,8 мм

– общая длина газовой горелки L= lэж+ lсм=543,2+155,2=698,4

**Список использованных источников**

1. Ионин А.А. Газоснабжение – М.: Стройиздат, 1989 г. – 439с
2. СНиП 42.01–2002 Газораспределительные системы. М.: Стройиздат, 1987 г.
3. Прохоров С.Г. Примеры расчёта газовых горелок. – Пенза: ПГАСА, 2000 г.
4. СНиП 23–01–99 Строительная климатология.
5. СНиП 2.04.07–86\* Тепловые сети.
6. СП 42–101–2003 Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полимерных труб.
7. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н. Справочник по газоснабжению и использованию газа – Л.: Недра, 1990 г.
8. Учитель И.Л., Ярошенко В.Н., Гладких И.И., Капочкин Б.Б. Основы неогеодинамики. Сети газопроводов как элемент деформационного мониторинга // Одесса, Астропринт, 2001. – 144 с.
9. Капочкин Б.Б., Нагребецкий В.С., Кучеренко Н.В. Эндогенные причины обрушения строений в г. Одессе. – Материалы 3-ей конференции ОРАН. – Одесса. – 1999 г. – Астропринт.- с. 93–94.
10. СП 42–103–2003: Особенности проектирования наружных газопроводов из полиэтиленовых труб.