**1. Газопостачання району міста**

**1.1 Визначення кількості жителів району міста**

1. Здійснюється нумерація кварталів на генплані.

2. За масштабом, приведеним на генплані, визначають площу забудови кожного кварталу.

3. Приймається щільність забудови в залежності від поверховості.

4. Визначається щільність населення

n = S/f, люд/га, (1.1)

де S – щільність житлового фонду в залежності від району будівництва і поверховості, м2/га;

f – норма загальної житлової площі на 1 людину, м2 , у залежності від кліматичної зони.

5. Визначається кількість жителів у кожнім кварталі

Nкві= Fкві· n

6. Визначається кількість жителів по кожній поверховості забудови і району міста.

7. Результати розрахунків зводяться в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Визначення кількості жителів району міста

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № кварталу | Поверховість забудови | Площа кварталу, га | Щільність забудови, м2/га | Щільність населення,люд/га | Кількість жителів у кварталі, люд |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 122021373635 | 1 | 5,47,564,934,22,972,866,11 | 1800 | 100 | 540756493420297286611 |
| 3713814323433 | 2 | 7,653,155,943,454,594,952,642,64 | 3300 | 183,33 | 14035781089633842908484484 |
| 59192827232231 | 3 | 3,783,454,764,23,784,484,25,17 | 4100 | 227,78 | 862786108595786210219571178 |
| 6410262930 | 4 | 3,155,044,143,852,972,97 | 4600 | 255,56 | 80612891059984760760 |
| 1211151617182524 | 7 | 8,1410,354,591,743,444,592,663,0 | 5900 | 327,78 | 26693393150557111281505872984 |
| Сума |  | 35817 |

**1.2 Визначення основних характеристик газоподібного палива**

**1.2.1** **Визначення характеристик палива за складом**

Для заданого родовища газу за [1] визначаємо склад природного газу у відсотках за обсягом.

Таблиця 1.2 – Об'ємні частки компонентів вхідних до складу газу Ванейвіского родовища і їхні фізико-хімічні характеристики при 0˚С, 101,3 кПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва | Об'ємна частка, r, % | Вища теплота згорання, Qв, кДж/м3 | Нижча теплота згорання, Qн, кДж/м3 | Щільність, ρ, кг/м3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| CH4 | 89,59 | 39860 | 35840 | 0,7168 |
| C2H6 | 2,42 | 70420 | 63730 | 1,3566 |
| C3H8 | 0,70 | 101740 | 93370 | 2,019 |
| C4Н10 | 0,27 | 133980 | 123770 | 2,703 |
| C5Н12 | 1,16 | 158480 | 146340 | 3,221 |
| CO2 | 1,68 | - | - | 1,9768 |
| Н2S | 0,25 | 25460 | 23490 | 1,5392 |
| N2 + рідкі гази | 3,93 | - | - | 1,2505 |

За складом теплоту згорання (нижчу і вищу) суміші простих газів визначають за формулою

, кДж/ м3,(1.2)

де r – об'ємні частки газів, %, заданого газового родовища, дані приведені в [1].

Qiн(в) – теплота згорання (нижча або вища) окремої компоненти, кДж/м3, приймається по [1].

Щільність природного газу визначається за формулою

ρг=0,01·, кг/м3, (1.3)

де - густина простих газів, що входять до складу газоподібного палива, кг/м3;

Відносна щільність газу за повітрям визначається за формулою:

 (1.4)

де ρв – щільність повітря, ρв=1,293 кг/м3

.

Визначаємо число Воббе.

Згідно з вимогами до природних газів для комунально-побутового призначення число Воббе повинно знаходитися в межах 39400 - 52000 кДж/м3. Число Воббе визначається за формулою

, кДж/м3; (1.5)

 кДж/м3;

 кДж/м3.

**1.2.2** **Визначення характеристик палива по вуглецевому числу**

Вуглецеве число визначається за формулою

 (1.6)

де r = 100 – Б, – пальна складова газу, %; Б – баласт, %.

Нижча теплота згорання природного газу визначається за формулою

,кДж/м3, (1.7)

де r – процентний уміст пальних компонентів.

кДж/м3.

Вища теплота згорання природного газу визначається за формулою

,кДж/м3. (1.8)

(295,4·1,1+102,6) ·94,39=40355 кДж/м3.

Щільність газоподібного палива визначається за формулою

, кг/м3. (1.9)

 кг/м3.

Відносна щільність газу по повітрю визначається за формулою

. (1.10)

.

Число Воббе визначається за формулою

, кДж/м3. (1.11)

 кДж/м3;

 кДж/м3.

Визначається погрішність обчислень за формулою

, % . (1.12)

 %;

 %.

, % . (1.13)

 %;

 %.

, % . (1.14)

 %.

**1.3 Річні витрати газу**

**1.3.1 Річні витрати газу на побутове споживання**

Річні витрати газу на готування їжі і нагрівання води в житлових квартирах (побутове споживання) по поверхам забудови визначається за формулою

, (1.15)

де - нижча теплота згорання газоподібного палива, МДж/м3;

*Ni* - кількість мешканців в i-тій поверховості забудови, люд;

*m* - коефіцієнт охоплення газопостачанням даної поверховості забудови;

*xi* - частка квартир з певним типом газових приладів;

*qi* - річна норма витрати газоподібного палива, МДж/люд.,[2].

Графа 2 заповнюється за даними таблиці 1.1. У графі 3 приводиться частка квартир з даними споживачами газу. Кількість жителів по видах газових приладів (графа 4) визначається як добуток усієї кількості жителів по даній поверховості (графа 2) на частку квартир з даними споживачами газу.

Норма витрати газу (графа 5) вибирається по [2] для природного газу і відповідного виду устаткування. Норма витрати газу, м3/рік (графа 6), визначається розподілом норми витрати в теплових одиницях на нижчу теплоту згорання. Річна витрата газу - добуток чисельності жителів (графа 4) на норму витрати газу (графа 6).

Таблиця 1.3 - Річні витрати газу на побутове споживання

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Споживачі газу по поверховості і складу устаткування | Кількість жителів | Норма витрати газу | Річна витрата газу, м3/рік |
| Усього | У частках од. | Кількість жителів | МДж/(люд рік) | м3/(рік люд) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 поверх | 3403 |  |  |  |  |  |
| ГП | 0,5 | 1702 | 4600 | 126 | 214452 |
| ГП+ВПГ | 0,5 | 1701 | 8000 | 219 | 372519 |
|  |  |  |  |  |  | 586971 |
| 2 поверх | 6421 |  |  |  |  |  |
| ГП | 0,3 | 1927 | 4600 | 126 | 242802 |
| ГП+ВПГ | 0,7 | 4494 | 8000 | 219 | 984186 |
|  |  |  |  |  | 1226988 |
| 3 поверх | 7708 |  |  |  |  |  |
| ГП | 0,3 | 2313 | 4600 | 126 | 291438 |
| ГП+ВПГ | 0,7 | 5395 | 8000 | 219 | 1181505 |
|  |  |  |  |  | 1472943 |
| 4 поверх | 5658 |  |  |  |  |  |
| ГП | 0,2 | 1132 | 4600 | 126 | 142632 |
| ГП+ВПГ | 0,7 | 3960 | 8000 | 219 | 867240 |
| ГП+ЦГВ | 0,1 | 566 | 2800 | 76 | 43016 |
|  |  |  |  |  | 1052888 |
| 7 поверх | 12627 |  |  |  |  |  |
| ГП+ЦГВ | 1 | 12627 | 2800 | 76 | 959652 |
| Сума 5299442 |

**1.3.2 Річні витрати газу на комунально-побутове споживання**

Лікарні - розрахункова одиниця 1 ліжко.

Кількість ліжок визначається за формулою n = 0,012·N, (1.16)

де N – загальне число жителів району. n = 0,012·35817 = 429.

Кількість лікарень визначається за формулою

n лік = n/(350÷400). (1.17)

nлік = 429/400 = 1,0725 = 1 лікарня.

- Їдальні.

Їдальні - розрахункова одиниця 1 приведений обід.

Кількість приведених обідів визначається за формулою

n = 1,5·N·90. (1.18)

n = 1,5·35817·90 = 4835295.

Кількість їдалень визначається за формулою

n їд = 0,3·N/(4000÷4500). (1.19)

n їд = 0,3·35817/4000 = 2,686 = 3 їдальні.

Лазні - розрахункова одиниця 1 помивка.

Кількість помивок визначається за формулою

n = 23·N. (1.20)

n =23·35817 = 823791.

Кількість лазень визначається за формулою

n л = 5·N/200000. (1.21)

n л = 5·35817/200000 = 0,895 = 1 лазня.

Пральні - розрахункова одиниця 1т сухої білизни.

Кількість тонн сухої білизни визначається за формулою

n = 0,54·0,1·N. (1.22)

n = 0,54·0,1·35817=1934.

Кількість пралень визначається за формулою

n прал = n/(3000÷3500). (1.23)

n прал = 1934/3000 = 0,645 = 1 пральня.

Хлібозаводи - розрахункова одиниця 1т хлібобулочних виробів.

Кількість тонн хлібобулочних виробів визначається за формулою

n = 0,29·N. (1.24)

n = 0,29·35817=10386.

Кількість хлібозаводів nхз = 1.

Для хлібозаводу визначається середня норма витрати газу в теплових одиницях за формулою:

, МДж, (1.25)

де *qф*, *qч*, *qкв* - норми витрат теплоти на випічку відповідно формового, череневого хлібу і кондитерських виробів, МДж.

 МДж.

Річна витрата газу на потреби сфери обслуговування (дрібних комунально-побутових споживачів) слід приймати в розмірі до 5% від сумарної річної витрати газу на житлові будинки (на побутове споживання).

Розрахунок річного споживання газу комунально-побутовими підприємствами зводиться в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Річна витрата газу на комунально-побутове споживання

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування споживача | Розрахункова одиниця споживання | Норма витрати газу на розрахункову одиницю | Кількість розрахункових одиниць | Річна витрата газу, м3/рік | Кількість підприємств |
| МДж | м3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Сфера обслуговування | - | - | - | - | 264972 | - |
| Лікарні | 1 ліжко | 12400 | 340 | 429 | 145860 | 1 |
| Їдальні | 1 обід | 4,2 | 0,115 | 4835295 | 556058 | 3 |
| Лазні | 1 помивка | 50 | 1,374 | 823791 | 1131888 | 1 |
| Пральні | 1 т сухої білизни | 18800 | 516 | 1934 | 997944 | 1 |
| Хлібозавод | 1 т хлібобулочних виробів | 4582,5 | 125 | 10386 | 1298250 | 1 |
|  |  |  |  |   | 4394972 |  |

**1.3.3 Річна витрата газу на опалення і вентиляцію**

**1.3.3.1 Річна витрата газу на опалення і вентиляцію житлових і громадських будинків**

На опалення і вентиляцію житлових і громадських будівель, які збудовані після 1994 року, річна витрата газу, що використовується на опалювальних котельних або в опалювальних агрегатах, визначається за формулою

, м3/рік, (1.26)

де *А* - загальна площа житлових будинків, м2: Ai = Ni∙f,

де Nі - кількість жителів, що проживають в і-ої поверховості, люд;

f - норма житлової площі на одну людину, м2, f = 18 м2;

*Qо* - укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків, ГДж/(м2 рік); приймається за додатком Г [2] залежно від градусо-діб опалювального періоду (ГДОП). Для м. Омськ ГДОП=6490 гр/діб;

*Qн* - нижча теплота згорання газоподібного палива, кДж/м3;

1. - коефіцієнт корисної дії опалювальних установок;

*k1* - коефіцієнт, що враховує витрату тепла на опалення громадських будівель, приймається рівним 0,25;

*k2* - коефіцієнт, що враховує витрату теплоти на вентиляцію громадських будівель, приймається рівним 0,6.

Річна витрата газу на опалення і вентиляцію житлових і громадських будинків, побудованих|спорудити| після|потім| 1994 р|. визначається за формулою

, м3/рік. (1.27)

1 поверхові: A = 3403∙18=61254 м2;

2 поверхові: A = 6421∙18=115578 м2;

3 поверхові: A = 7708∙18=138744 м2;

4 поверхові: A = 5658∙18=101844 м2;

7 поверхові: A = 12627∙18=227286 м2;

Для громадськихих будинків:

, м3/рік. (1.28)

**1.3.3.2 Річна витрата газу на опалення і вентиляцію зосереджених споживачів**

Річна витрата газу на опалення і вентиляцію зосереджених споживачів (лікарень, пральних, лазень і хлібозаводів) визначається за формулою

, м3/рік, (1.29)

де *α* - поправочний коефіцієнт, що залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря для системи опалення (при *tро*=-37 0С *α* =0,93). Проміжні значення *α* визначаються інтерполюванням);

*Vз* - будівельний об’єм будівель по зовнішньому обміру, м3;

*qо(в)*- питома опалювальна (вентиляційна) характеристика будинку, Вт/(м3 К), приймається за додатком Д [2];

*tвн* - розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщенні, 0С, приймається за додатком Д [2];

*zр* - число годин роботи системи в добу (для системи опалення приймається рівним 24 години, а системи вентиляції -16 годин).

Будівельні об’єми будинків для зосереджених комунально-побутових споживачів можуть бути визначені за наступними формулами:

- пральня:

, м3, (1.30)

де *n* - кількість білизни в пральні, т/рік;

- лазня:

, м3, (1.31)

де *N* - число мешканців в районі міста або в селищі, люд.

- лікарні: *Vз = 225· n*, м3, (1.32) де *n* - число ліжок в лікарнях.

*Vз = 225· 429=96525 м3;*

- хлібозавод:

*Vз* =, м3, (1.33)

де *n* - кількість хлібобулочних виробів ,що випікаються, т/рік.

*Vз* =;

**1.3.3.3 Річна витрата газу на гаряче водопостачання**

Річна витрата газу на централізоване гаряче водопостачання в житлових і громадських будинках визначається за формулою

, м3/рік, (1.34)

де - середня за годину витрата газу на гаряче водопостачання в зимовий період, м3/год, що визначається за формулою

=, (1.35)

де *q1* і *q2* - укрупнений тепловий потік на гаряче водопостачання (ГВП) на одну людину, Вт, відповідно: яка проживає в будинку з централізованим ГВП з урахуванням споживання в громадських будинках і в будинках без централізованого ГВП, але з урахуванням споживання в громадських будинках (якщо в квартирах встановлені ванни довжиною 1.5 м, то приймається *q1*=376 Вт і *q2*=73 Вт);

*N1* і *N2* - кількість мешканців, які проживають в квартирах відповідно: з централізованим ГВП і без централізованого ГВП, люд;

*tхз* і *tхл* - температури водопровідної води відповідно: в зимовий і літній періоди, 0С (ці температури приймаються 5 і 15 0С);

*β* - коефіцієнт, що враховує зниження витрати гарячої води в річний період (для курортних міст і промислових підприємств *β* =1,5; для інших споживачів *β* =0,8).

=

**1.3.4 Річні витрати газу на промислових підприємствах**

Річні витрати газу на технологічні і опалювально-вентиляційні потреби промпідприємств залежать від обсягу продукції, що випускається, кліматичних умов, виду виробництва та ін.

Річна витрата газу на промпідприємстві складається з витрат газу на технологічні потреби і на потреби опалення і вентиляції.

Витрата газу по промислових підприємствах визначається по двох методиках:

а) на підставі теплотехнічних характеристик встановленого устаткування;

б) по заданих сумарних річних витратах газу на підприємствах.

За завданням річні витрати газу промпідприємств складає:

* Промислові будівельні матеріали 60 млн. м3/рік

на технологію:

- у печах 60 %;

- у котлах 30 %.

Q=60·106·(0,6+0,3)=54·106 м3/рік

на отопление 10 % :

Q=60·106·0,1= 6·106 м3/рік

* Радіотехнічна 48 млн. м3/ рік

на технологію:

- у печах 15 %;

- у котлах 45 %.

Q=48·106·(0,15+0,45)=28,8·106 м3/рік

на отопление 40 % :

Q=48·106·0,4= 19,2·106 м3/рік

Річні витрати газу всіма категоріями споживачів зводяться в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 - Річна витрата газу районом міста або селищем

|  |  |
| --- | --- |
| Категорія споживачів | Річна витрата газу, м3/рік |
| 1 Побутове споживання | 5299442 |
| 2 Комунально-побутове споживання | 4394972 |
| 3 Технологічні потреби промпідприємств1 підприємство2 підприємство | 54·10628,8·106 |
| В ЗАГАЛЬНОМУ ОБЛІКУ | 92494414 |
| 4 Опалення, вентиляція, гаряче водопостачання:а) житлові і громадські будинкиб) лікарнів) пральняг) лазняд) хлібозавод | 156030001326094188712246323623760 |
| е) 1 підприємство | 6·106 |
| і) 2 підприємство | 19,2·106 |
| Гаряче водопостачання | 5595859 |
| В ЗАГАЛЬНОМУ ОБЛІКУ | 43187889 |
| ВСЬОГО ПО РАЙОНУ МІСТА | 135682303 |

**1.4 Визначення розрахункових витрат газу**

**1.4.1 Визначення розрахункових витрат газу на побутове споживання**

Розрахункова витрата газу (максимальна годинна витрата) на господарсько-побутові потреби при 0 0С і тиску газу 0,1 МПа слід визначати за формулою

, м3/год , (1.36)

де - річна витрата газу на побутове споживання, м3/рік;

*km* - коефіцієнт годинного максимуму (коефіцієнт переходу від річної витрати до максимальної годинної витрати газу). *km=1/2458*.

Коефіцієнт годинного максимуму витрати газу приймається по [2] диференційовано по кожному району газопостачання, мережі якого являють собою самостійну систему, гідравлічно не зв'язану з системами інших районів.

Розрахункова витрата газу для одноповерхової забудови:

Q1р=586971/2458=238 м3/год.

Розрахункова витрата газу для двоповерхової забудови:

Q2р=1226988/2458=499 м3/год.

Розрахункова витрата газу для триповерхової забудови:

Q3р=1472943/2458=599 м3/год.

Розрахункова витрата газу для чотириповерхової забудови:

Q4р=1052888/2458=428 м3/год.

Розрахункова витрата газу для сімиповерхової забудови:

Q7р=959652/2458=390 м3/год.

**1.4.2 Визначення розрахункових витрат газу на комунально-побутове споживання**

Розрахункова витрата газу на комунально-побутове споживання визначається за формулою

, м3/год, (1.37)

де - річна витрата газу, м3/рік;

*km* - коефіцієнт годинного максимуму, приймається згідно з [2].

Розрахункова витрата газу на лазню:

 ,м3/год. (1.38)

 м3/год.

Розрахункова витрата газу на пральню:

 ,м3/год. (1.39)

 м3/год.

Розрахункова витрата газу на їдальні:

, м3/год, (1.40)

 м3/год.

Розрахункова витрата газу на хлібозавод:

 м3/год.

Розрахункова витрата газу на лікарні:

 м3/год.

Розрахункова витрата газу на сферу обслуговування (дрібні комунально-побутові споживачі):

 м3/год.

**1.4.3 Визначення розрахункових витрат газу на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання**

Розрахункова витрата на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання визначається за формулою

, м3/год , (1.41)

де *Qрік* - річна витрата газу на опалення, вентиляцію або гаряче водопостачання, м3/рік;

m - число годин використання максимуму навантаження на протязі року, год.

Розрахункову витрату будівель на опалювання, вентиляцію і гаряче водопостачання, побудованих після 1994 р. визначають за формулою

м3/год,(1.42)

де *qo* – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалювання житлових будівель, побудованих після 1994 р., Вт/м2. Приймається за додатком Г [2].

Для одноповерхової забудови:

=1063 м3/год.

Для двоповерхової забудови:

=1619 м3/год.

Для триповерхової забудови:

=1378 м3/год.

Для чотириповерхової забудови:

=945 м3/год.

Для сімиповерхової забудови:

=1962 м3/год.

**1.4.4 Розрахункові витрати газу на опалення і вентиляцію зосереджених споживачів**

Для комунально-побутових споживачів число годин максимуму визначається за формулою

, год, (1.43)

де tро – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування системи опалення. tро= -37˚С.

Розрахункова витрата газу на лікарню:

 год; м3/год.

Розрахункова витрата газу на пральню:

 год; м3/год.

Розрахункова витрата газу на лазню:

 год; м3/год.

Розрахункова витрата газу на хлібозавод:

 год; м3/год.

Число годин максимуму для промислових підприємств m:

 год.

Розрахункова витрата газу на промисловість будівельних матеріалів:

 м3/год.

Розрахункова витрата газу на радіотехнічне підприємство:

 м3/год.

**1.4.5 Визначення розрахункових витрат газу на гаряче водопостачання**

Визначення розрахункових витрат газу на гаряче водопостачання розраховується за формулою

, м3/год, (1.44)

де m – число годин максимуму.

Число годин використання максимуму навантаження на потреби гарячого водопостачання (за розрахункову витрату приймається середня витрата за опалювальний період) визначається за формулою

, год, (1.45)

де – температура водопровідної води в літній період. =15 ˚С;

 – температура водопровідної води в зимовий період. =5 ˚С.

=7276 год;

=769 м3/год.

**1.4.6 Визначення розрахункових витрат газу на технологію промислових підприємств**

Розрахункова витрата газу на технологічні потреби промпідприємств визначається за формулою

, м3/год, (1.46)

де *km* - коефіцієнт годинного максимуму для технологічних потреб;

- річна витрата газу на технологічні потреби на промисловому підприємстві, м3/рік.

Коефіцієнт годинного максимуму *km* приймається згідно [2] в залежності від галузі промисловості. Якщо не відомі річні витрати газу по печах і котлах, то він приймається в цілому по галузі.

За [2] для промисловісті будівельних матеріалів *km* дорівнює:

- по печах - *km=1/6200;*

- по котлах - *km=1/5500.*

для радіотехнічного підприємства *km* дорівнює:

- по печах - *km=1/5500;*

- по котлах - *km=1/3300.*

Розрахункова витрата газу на промисловість будівельних матеріалів:

 м3/год;

 м3/год;

 , м3/год. (1.47)

 м3/год.

Розрахункова витрата газу на радіотехнічнє підприємство:

 м3/год;

 м3/год.

 ,м3/год. (1.48)

 м3/год.

**1.4.7 Визначення кількості котелень і витрати газу на них**

1. Визначається сумарна розрахункова витрата газу на котельнях:

, м3/год, (1.49)

де - розрахункова витрата газу на централізоване гаряче водопостачання, м3/год;

Σ- сумарна розрахункова витрата газу на опалення і вентиляцію житлових і громадських будинків з централізованою системою опалення, м3/год.

 м3/год.

2. Необхідна теплопродуктивність котлоагрегатів всіх котельних визначається за формулою:

, МВт , (1.50)

де *Qн* - нижча теплота згорання газового палива, кДж/м3;

*η* - ККД котлоагрегатів.

 МВт.

1. Підбираємо тип котлоагрегатів: приймаємо 5 котлоагрегатів типа КВГМ-7,56 і 2 котлоагрегату типа КВГМ-11,63.

4. Визначається установну потужність котлоагрегатів:

МВт, (1.51)

де ni – кількість котлів;

Qi – теплопродуктивність, МВт.

5·7,56+2·11,63=61,06 МВт.

5. Визначаємо нев'язку:

Нев'язка=

6. Визначається витрата газу на вироблення 1 МВт тепла:

 м3/год·МВт. (1.52)

 м3/год·МВт.

7. Витрата газу по котельнях:

Qк=ni·Qi·q, (1.53)

деni – кількість котлів у котельні;

Qкi – потужність одного котла, МВт.

Витрата газу в першій котельні: Qк1=5·7,56·109=4120 м3/год.

Витрата газу в другій котельні:Qк2=2·11,63·109=2535 м3/год.

Розрахункові витрати газу зводяться в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 - Розрахункові витрати газу всіма групами споживачів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменування споживачів | Розрахункові витрати газу, м3/год | Загальна розрахункова витрата газу, м3/год |
| Житлові будинки (побутове споживання) | Комунально-побутове споживання | Опалення, вентиляція і гаряче водопостачання | Технологічні потреби підприємств |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Житлові будинки  |  |  |  |  |  |
| 1 | 238 |  | 1063 |  | 1301 |
| 2 | 499 |  |  |  | 499 |
| 3 | 599 |  |  |  | 599 |
| 4 | 428 |  |  |  | 428 |
| 7 | 390 |  |  |  | 390 |
| Лікарні |  | 58 | 485 |  | 543 |
| Їдальні  |  | 278 |  |  | 278 |
| Хлібозавод  |  | 216 | 236 |  | 452 |
| Пральня  |  | 334 | 75 |  | 409 |
| Лазня  |  | 427 | 83 |  | 510 |
| Сфера обслуговування |  | 107 |  |  | 107 |
| Котельня № 1 |  |  | 4120 |  | 4120 |
| Котельня № 2 |  |  | 2535 |  | 2535 |
| Підприємство 1  |  |  | 2272 | 9078 | 11350 |
| Підприємство 2  |  |  | 7272 | 7854 | 15126 |
| В загальномуобліку | 2154 | 1420 | 18141 | 16932 | 38647 |

**1.5 Визначення розрахункових витрат газу по кварталах району**

Розрахункова витрата газу в кварталі визначається за формулою

, м3/год, (1.54)

де *qi* - питома витрата газу в i-ій поверховості, що визначається за формулою

, м3/(год·люд),(1.55)

, м3/(год·люд),(1.56)

де *Qрi* - розрахункова витрата газу в i-ій поверховості, м3/год;

*Ni* - кількість жителів в i-ій поверховості, люд;

- розрахункова витрата газу дрібними комунально-побутовими споживачами (сферою обслуговування), м3/год;

*Nзаг*- загальна кількість мешканців в населеному пункті, люд.

Для одноповерхових будинків:

 м3/(год·люд).

Для двоповерхових будинків:

 м3/(год·люд).

Для триповерхових будинків:

 м3/(год·люд).

Для чотириповерхових будинків:

 м3/(год·люд).

Для сімиповерхових будинків:

 м3/(год·люд).

Витрати газу по кварталах зводяться в таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 - Розрахункові витрати газу по кварталах району міста

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номеркварталу | Кількість мешканців в кварталі | Питома витрата газу, м3/(год люд) | Розрахункова витрата газу в кварталі, м3/год |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 540 | 0,3853 | 208,06 |
| 2 | 756 | 291,29 |
| 20 | 493 |  | 189,95 |
| 21 | 420 | 161,83 |
| 37 | 297 | 114,43 |
| 36 | 286 | 110,19 |
| 35 | 611 | 235,42 |
|  3403 Сума: 1311,17 |
| 3 | 1403 | 0,0807 | 113,22 |
| 7 | 578 | 46,64 |
| 13 | 1089 | 87,88 |
| 8 | 633 | 51,08 |
| 14 | 842 | 67,95 |
| 32 | 908 | 73,28 |
| 34 | 484 | 39,06 |
| 33 | 484 | 39,06 |
|  6421 Сума: 518,17  |
| 5 | 862 | 0,0806 | 69,48 |
| 9 | 786 | 63,35 |
| 19 | 1085 | 87,45 |
| 28 | 957 | 77,13 |
| 27 | 862 | 69,48 |
| 23 | 1021 | 82,29 |
| 22 | 957 | 77,13 |
| 31 | 1178 | 94,95 |
|  7708 Сума: 621,26  |
| 6 | 806 | 0,0785 | 63,27 |
| 4 | 1289 | 101,19 |
| 10 | 1059 | 83,13 |
| 26 | 984 | 77,24 |
| 29 | 760 | 59,66 |
| 30 | 760 | 59,66 |
|  5658 Сума: 444,15  |
| 12 | 2669 | 0,0338 | 90,21 |
| 11 | 3393 | 114,68 |
| 15 | 1505 | 50,87 |
| 16 | 571 | 19,30 |
| 17 | 1128 | 38,13 |
| 18 | 1505 | 50,87 |
| 25 | 872 | 29,47 |
| 24 | 984 | 33,26 |
|  12627 Сума: 426,79 |
| Усього 3321,54  |

нев'язка=

**1.6 Визначення кількості газорегуляторних пунктів**

Кількість газорегуляторних пунктів (ГРП) визначається за формулою

, шт, (1.57)

де *F* - площа району міста або селища, що газифікується, м2;

- оптимальний радіус дії ГРП, м, що визначається за формулою

, (1.58)

де *P* - вартість одного ГРП, грн;

*b* - коефіцієнт вартості, грн/(м·см);

*Δp* - перепад тиску в мережі низького тиску, Па;

*ϕ1* - коефіцієнт щільності мережі низького тиску, 1/м, що визначається за формулою

, (1.59)

де *lнт* - довжина мережі низького тиску, м;

q - питома шляхова витрата газу в мережі низького тиску, м3/(год·м), що визначається за формулою

, (1.60)

де - сумарна розрахункова витрата газу на ГРП району міста, м3/год, що визначається за формулою:

, (1.61)

де Σ - сумарна розрахункова витрата газу на побутове споживання, м3/год;

- розрахункова витрата газу на опалення і вентиляцію забудови з місцевою системою опалення (одноповерховою), м3/год;

- розрахункова витрата газу на дрібні комунально-побутові споживачі (сферу обслуговування), м3/год;

- розрахункова витрата газу на комунально-побутове споживання в їдальнях, м3/год.

1. Визначається загальна площа газифіцируємої території: F=2803000 м2.

2. Загальна довжина мережі низького тиску: ∑lнд=26100 м.

3. Кількість ГРП:

 м3/год;

 м3/(год·м);

 м-1.

Оптимальний радіус дії ГРП при b=4,5 и P=90000 грн.

 м;

 шт ≈ 2 ГРП.

У результаті розрахунку приймаємо 2 ГРП з оптимальним радіусом дії ГРП Rопт=929,4 м орієнтована вартість ГРП 90000 грн. Зона дії кожного ГРП повинна бути компактною. ГРП на плані району міста розміщаємо в центрі навантажень. Це забезпечує економію приведених витрат на розподільні мережі низького тиску.

Далі необхідно визначити зону дії кожного ГРП і обчислити витрату газу на них, набираючи його з витрат газу житлових кварталів і споживачів, що обслуговуються даним ГРП. Результати визначення об’ємів газу і розподіл кварталів по ГРП наводяться в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Витрати газу газорегуляторними пунктами

|  |  |
| --- | --- |
| ГРП-1 | ГРП-2 |
| Номери кварталів, найменування споживачів | Витрата газу, м3/год | Номери кварталів, найменування споживачів | Витрата газу, м3/год |
| 1 | 208,06 | 4 | 101,19 |
| 2 | 291,29 | 5 | 69,48 |
| 13 | 87,88 | 6 | 63,27 |
| 12 | 90,21 | 7 | 46,64 |
| 14 | 67,95 | 8 | 51,08 |
| 15 | 50,87 | 9 | 63,35 |
| 16 | 19,30 | 10 | 83,13 |
| 28 | 77,13 | 18 | 50,87 |
| 27 | 69,48 | 19 | 87,45 |
| 26 | 77,24 | 20 | 189,95 |
| 31 | 94,95 | 21 | 161,83 |
| 30 | 59,66 | 22 | 77,13 |
| 29 | 59,66 | 23 | 82,29 |
| 37 | 114,43 | 24 | 33,26 |
| 36 | 110,19 | 33 | 39,06 |
| 35 | 235,42 | 34 | 39,06 |
| Їдальня | 92,7 | 32 | 73,28 |
|  |  | 25 | 29,47 |
|  |  | 3 | 113,22 |
|  |  | 11 | 114,68 |
|  |  | 17 | 38,13 |
|  |  | Їдальня | 185,3 |
| Сума: 1713,72+92,7=1806,42 | Сума: 1607,82+185,3=1793,12 |

Нев'язка між сумарним навантаженням на ГРП і споживанням газу житловими будинками, їдальнями повинна бути не більш 10 %:

Нев’язка між сумарним навантаженням ГРП і споживанням газу споживачами низького тиску повинна бути не більш 0,5%:

**1.7 Гідравлічний розрахунок мережі середнього тиску**

Початковий тиск: Рп = 400 кПа;

Кінцевий тиск: Рк = 170 кПа.

На план міста наносяться споживачі (промпідприємства, хлібозавод, опалювальні котельні, ГРП, лазні і пральні, що можна об'єднувати в лазньо-пральний комбінат, лікарняні містечка), які приєднуються до мережі середнього або високого тиску. Здійснюється трасування мережі по вулицях і проїздах району міста.

Для гідравлічного розрахунку мереж середнього і високого тиску складається розрахункова схема газопроводів, на якій здійснюється нумерація ділянок, проставляється їхня довжина і розрахункові витрати газу споживачами.

Якщо передбачається резервування пропускної спроможності газопроводів, то гідравлічний розрахунок виконується для двох аварійних і для одного нормального режимів, на підставі якого визначаються діаметри газопроводів і тиск у споживачів.

Розрахунок першого аварійного режиму виконується в наступній послідовності:

1) Викреслюється схема газової мережі в першому аварійному режимі (відключена права ділянка від точки підключення ГРС. При цьому газ рухається від джерела до останнього споживача за годинниковою стрілкою).

2) Визначаються витрати газу по ділянках, починаючи з останнього по ходу руху газу споживача. При цьому враховують, що ділянка (яка називається перемичкою), котра лежить проти точки підключення ГРС, ділить газову мережу на половину кільця, що функціонує нормально, і аварійну половину. Подача газу споживачам аварійної половини кільця приймається у розмірі 50% від розрахункової витрати газу.

3) Визначаються розрахункові довжини ділянок за формулою

*Lpi*=1,1· *Lдi*, м, (1.62)

де *Lpi*- розрахункова довжина i-ої ділянки, м;

*Lдi* - дійсна довжина i-ої ділянки за планом, м.

1. Визначається середня комплексна величина *Аср* за формулою

, кПа2/км, (1.63)

де *Pп*- абсолютний тиск газу на виході з джерела (ГРС), кПа;

*Pк* - те ж, в кінці напрямку (в точці зустрічі потоків), кПа;

*Lpi* - розрахункова довжина ділянки, м.

5) По номограмі, орієнтуючись на *Аср* і витрату газу на ділянці, визначаються діаметри ділянок і дійсні комплексні величини *Ад*.

6) Визначають абсолютний тиск газу у вузлових точках за формулою

, кПа, (1.64)

В результаті підбору діаметрів тиск в останнього споживача повинен бути не менше заданого. Якщо дана умова не виконується (тиск у кінцевого споживача значно більше або менш заданого), зменшують (або збільшують) діаметр деяких ділянок з числа тих, що мають понижене (підвищене) значення комплексної величини. У відповідності до вимог [2] слід прагнути до максимального використання допустимої втрати тиску. Ця умова перевіряється дотриманням наступної нерівності:

(1.65)

Розрахунок другого аварійного режиму виконується в такій же послідовності, але відключається ділянка, яка прилягає до точки підключення ГРС ліворуч, і при цьому газ рухається проти годинникової стрілки.

При розрахунку нормального режиму приймаються діаметри газопроводів найбільші з двох аварійних. Розрахункові витрати газу по ділянках визначають при повному навантаженні (100 %) споживачів, відключаючи ділянку проти точки підключення ГРС. При розрахунку нормального режиму тиск у вузлах визначають за двома півкільцями (відключена ділянка проти точки підключення ГРС, тобто перемичка).

Нев’язка тиску в останніх вузлах півкілець не повинна перевищувати 10%. В противному випадку необхідно виконувати потокорозподіл в мережі таким чином, щоб виконувалась необхідна нев’язка. Приклад розрахунку потокорозподілу в мережі середнього тиску наведений в [1].

Після гідравлічного розрахунку газопроводів при нормальному режимі має місце великий запас тиску у вузлах у порівнянні з кінцевим тиском. Щоб "погасити" цей запас при підборі діаметрів відгалужень, приймають максимально можливу величину *Ад* (або мінімально можливий діаметр, але не менше 32 мм). Отриманий кінцевий тиск у споживача повинен бути не менше необхідного (або заданого).

Розрахунок ведеться у відповідності зі схемою руху газового палива, приведен-ной на рисунку 1.2.

Гідравлічний розрахунок мережі високого або середнього тиску зводиться в таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 – Гідравлічний розрахунок мереж середнього тиску

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номерділянки | Довжина, км | Розрахункова витрата газуна ділянці, м3/год | Умовний діаметр,dн х s, мм | Ад,кПа2/км | Розрахункова витрата газуна ділянці, м3/год | Тиск, кПа |
| За планом, l | розрахункова,l=1,1· ·l  | Р | Р |
| Перший аварійний режим кПа2/км |
| ГРС-1 | 0,49 | 0,54 | 30030,3 | 426х9 | 13000 | 7020 | 400 | 391,13 |
| 1-2 | 0,55 | 0,61 | 30030,3 | 426х9 | 13000 | 7930 | 391,13 | 380,85 |
| 2-3 | 0,13 | 0,14 | 26024,3 | 325х8 | 34000 | 4760 | 380,85 | 374,55 |
| 3-4 | 0,6 | 0,66 | 24947,3 | 325х8 | 29000 | 19140 | 374,55 | 348,07 |
| 4-5 | 1,11 | 1,22 | 9821,3 | 273х7 | 14000 | 17080 | 348,07 | 322,59 |
| 5-6 | 0,36 | 0,40 | 7972,3 | 219х6 | 25000 | 10000 | 322,59 | 306,71 |
| 6-7 | 1,28 | 1,41 | 7075,7 | 219х6 | 24000 | 33840 | 306,71 | 245,42 |
| 7-8 | 1,41 | 1,55 | 1400,7 | 133х4 | 14000 | 21700 | 245,42 | 196,29 |
| 8-9 | 0,05 | 0,06 | 1129,2 | 108х4 | 25000 | 1500 | 196,29 | 192,43 |
| 9-10 | 0,2 | 0,22 | 903,2 | 108х4 | 17000 | 3740 | 192,43 | 182,46 |
| 10-ГРП1 | 0,1 | 0,11 | 903,2 | 108х4 | 17000 | 1870 | 182,46 | 177,26 |
| Сума |  | 6,92 |  |  |  | 128580 |  |  |
| нев'язка |
| Другий аварійний режим кПа2/км |
| ГРС-1 | 0,49 | 0,54 | 27898,04 | 377х9 | 18000 | 9720 | 400 | 387,66 |
| 1-10 | 0,11 | 0,12 | 27898,04 | 377х9 | 18000 | 2160 | 387,66 | 384,86 |
| 10-9 | 0,2 | 0,22 | 26091,6 | 325х8 | 35000 | 7700 | 384,86 | 374,73 |
| 9-8 | 0,05 | 0,06 | 25639,6 | 325х8 | 34000 | 2040 | 374,73 | 371,99 |
| 8-7 | 1,41 | 1,55 | 25096,6 | 325х8 | 33000 | 51150 | 371,99 | 295,35 |
| 7-6 | 1,28 | 1,41 | 13746,6 | 325х8 | 10000 | 14100 | 295,35 | 270,43 |
| 6-5 | 0,36 | 0,40 | 11953,5 | 273х7 | 20200 | 8080 | 270,43 | 255,05 |
| 5-4 | 1,11 | 1,22 | 10104,5 | 273х7 | 16000 | 19520 | 255,05 | 213,38 |
| 4-3 | 0,6 | 0,66 | 2541,5 | 159х4,5 | 17000 | 11220 | 213,38 | 185,23 |
| 3-2 | 0,13 | 0,14 | 2003 | 159х4,5 | 10000 | 1400 | 185,23 | 181,41 |
| 2-КУ | 0,1 | 0,11 | 2003 | 159х4,5 | 10000 | 1100 | 181,41 | 178,35 |
| Сума |  | 6,43 |  |  |  | 128190 |  |  |
| нев'язка |
| Нормальний режим |
| ГРС-1 | 0,49 | 0,54 | 39851,54 | 426х9 | 20000 | 10800 | 400 | 386,26 |
| 1-2 | 0,55 | 0,61 | 23907 | 426х9 | 5000 | 3050 | 386,26 | 382,29 |
| 2-3 | 0,13 | 0,14 | 19901 | 325х8 | 20000 | 2800 | 382,29 | 378,62 |
| 3-4 | 0,6 | 0,66 | 18824 | 325х8 | 19000 | 12540 | 378,62 | 361,68 |
| 4-5 | 1,11 | 1,22 | 3698 | 273х7 | 2200 | 2684 | 361,68 | 357,95 |
| 5-КУ | 0,1 | 0,11 | 3698 | 159х4,5 | 35000 | 3850 | 357,95 | 352,53 |
| Сума |  | 3,28 |  |  |  | 35724 |  |  |
|  |
| ГРС-1 | 0,49 | 0,54 | 39851,54 | 426х9 | 20000 | 10800 | 400 | 386,26 |
| 1-10 | 0,11 | 0,12 | 15944,54 | 377х9 | 6000 | 720 | 386,26 | 385,33 |
| 10-9 | 0,2 | 0,22 | 14138,12 | 325х8 | 10500 | 2310 | 385,33 | 382,32 |
| 9-8 | 0,05 | 0,06 | 13686,12 | 325х8 | 11000 | 660 | 382,32 | 381,46 |
| 8-7 | 1,41 | 1,55 | 13143,12 | 325х8 | 10000 | 15500 | 381,46 | 360,57 |
| 7-6 | 1,28 | 1,41 | 1793,12 | 325х8 | 190 | 267,9 | 360,57 | 360,19 |
| 6-ГРП2 | 0,1 | 0,11 | 1793,12 | 108х4 | 60000 | 6600 | 360,19 | 350,92 |
| Сума |  | 4,01 |  |  |  | 36857,9 |  |  |
| нев'язка |
| Розрахунок відгалужень |
| 5-КУ | 0,1 | 0,11 | 3698 | 133х4 | 90000 | 9900 | 357,95 | 343,84 |
| 4-ПП2 | 0,1 | 0,11 | 15126 | 159х4,5 | 513518 | 56486 | 361,68 | 272,63 |
| 3-ЛПК | 0,1 | 0,11 | 1077 | 89х3 | 70000 | 7700 | 378,62 | 368,31 |
| 2-КУ | 0,1 | 0,11 | 4006 | 133х4 | 95281 | 10480 | 382,29 | 368,33 |
| 10-ГРП1 | 0,1 | 0,11 | 1806,42 | 108х4 | 70000 | 7700 | 385,33 | 375,21 |
| 9-ХЗ | 0,1 | 0,11 | 452 | 57х3 | 95000 | 10450 | 382,32 | 368,4 |
| 8-ЛМ | 0,1 | 0,11 | 543 | 76х3 | 38000 | 4180 | 381,46 | 375,94 |
| 7-ПП1 | 0,1 | 0,11 | 11350 | 133х4 | 752453 | 82769 | 360,57 | 217,35 |
| 6-ГРП2 | 0,1 | 0,11 | 1793,12 | 108х4 | 60000 | 6600 | 360,19 | 350,91 |

**1.8 Гідравлічний розрахунок мережі низького тиску**

Для розрахунку викреслюється схема кільцевої мережі, на якій вказуються довжини ділянок і вибираються напрямки руху потоків газу по ділянках.

При виборі напряму руху потоків газу прагнуть, щоб газ рухався до споживача по найкоротшому шляху, а також до рівномірного розподілу транзитних потоків по мережі. На розрахунковій схемі показують "відсічки " - точки, через які транзитні витрати газу не проходять.

Далі визначаються шляхові і еквівалентні витрати газу за наступною методикою:

1) Визначається сумарна довжина газопроводів кожного замкнутого контуру - кільця за формулою

, м, (1.66)

де *Li* - довжина окремої ділянки контуру, м.

2) Визначаються питомі витрати газу по окремих контурах (кільцях) за формулою:

, м3/(год·м), (1.67)

де *Qi* - розрахункова витрата газу рівномірно розподілених споживачів, що обслуговуються даним контуром (витрата газу на кварталах, що входять в даний контур), м3/год.

Таблиця 1.10 - Питома витрата газу по окремих контурах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № кварталу | Довжина газопроводу,м | Питома витрата газу на ділянці, м3/(год·м) | № ділянок |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 1080 | 0,193 | 1-2, 2-5, 4-5,1-4  |
| 2 | 1280 | 0,228 | 2-3, 3-6, 5-6, 2-5 |
| 13 | 1120 | 0,078 | 4-5, 5-8, 7-8, 4-7 |
| 12 | 1320 | 0,068 | 5-6, 6-10, 9-10, 8-9, 5-8 |
| 14 | 1000 | 0,068 | 7-8, 8-А, 12-А, 11-12, 7-В, 11-В |
| 15 | 980 | 0,052 | 8-9, 9-С, 13-С, 12-13, 12-А, 8-А |
| 16 | 810 | 0,024 | 9-10, 10-Д, 14-Д, 13-14, 12-С, 9-С |
| 26 | 1040 | 0,074 | 13-14, 14-18, 17-18, 13-17 |
| 27 | 900 | 0,077 | 12-13, 13-17, 16-17, 12-16 |
| 28 | 920 | 0,084 | 11-12, 12-16, 15-16, 11-15 |
| 29 | 880 | 0,068 | 15-16, 16-20,19-20, 15-19 |
| 30 | 860 | 0,069 | 16-17, 17-21,20-21, 16-20 |
| 31 | 1270 | 0,075 | 17-18, 18-22,21-22, 17-21 |
| 35 | 1530 | 0,154 | 21-22, 22-26,25-26, 21-25 |
| 36 | 880 | 0,125 | 20-21, 21-25,24-25, 20-24 |
| 37 | 900 | 0,127 | 19-20, 20-24,23-24, 19-23 |

3) Визначаються питомі витрати газу на ділянках за формулою

, м3/(год·м), (1.68)

де *qi* - питомі витрати газу контурів (кілець), що обслуговуються даною ділянкою газопроводу, м3/(год·м).

1. Визначаються шляхові і еквівалентні витрати газу на ділянках за формулами

, м3/год, (1.69)

, м3/год, (1.70)

де *Qшлях* - шляхова витрата газу на ділянці, м3/год;

*Qек* - еквівалентна витрата газу на ділянці, м3/год;

*Li* - довжина ділянці, м.

При цьому сума шляхових витрат газу повинна дорівнювати витраті газу на ГРП без врахування витрати газу зосереджених споживачів (відхилення допускається не більш 0,5 %).

Далі за розрахунковою схемою обчислюються транзитні витрати газу по ділянках, тобто кількість газу, що іде на живлення наступних ділянок. Транзитна витрата визначається як сума шляхових, зосереджених і транзитних витрат всіх ділянок, які приєднуються до кінця ділянки, що розраховується. Якщо на ділянці поставлена "відсічка ", то транзитна витрата на неї дорівнює нулю. Визначення транзитних витрат газу починають з найбільш віддалених ділянок, наближаючись поступово до ГРП.

Розрахункова витрата газу *Qp* на ділянці визначається за формулою:

, м3/год, (1.71)

де *Qтр* - транзитна витрата газу на ділянці, м3/год.

Розрахунок шляхових, еквівалентних, транзитних витрат газу зводиться в таблицю 1.11.

Таблиця 1.11 – Визначення розрахункових витрат газу по ділянках мережі

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номерділянки | Довжинаділянки, м | Питома витрата газу на ділянці, м3/(год·м) | Витрати газу на ділянці, м3/год |
| Qшлях | Qек | Qтр | Qр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2-1 | 300 | 0,193 | 57,9 | 28,95 | 0 | 28,95 |
| 2-3 | 400 | 0,228 | 91,2 | 45,6 | 0 | 45,6 |
| 6-3 | 240 | 0,228 | 54,72 | 27,36 | 0 | 27,36 |
| 5-4 | 300 | 0,271 | 81,3 | 40,65 | 0 | 40,65 |
| 5-6 | 400 | 0,296 | 118,4 | 59,2 | 0 | 59,2 |
| 4-1 | 240 | 0,193 | 46,32 | 23,16 | 0 | 23,16 |
| 5-2 | 240 | 0,421 | 101,04 | 50,52 | 149,1 | 199,62 |
| 7-4 | 260 | 0,078 | 20,28 | 10,14 | 46,32 | 56,46 |
| 8-7 | 300 | 0,146 | 43,8 | 21,9 | 73,4 | 95,3 |
| 8-9 | 290 | 0,12 | 34,8 | 17,4 | 92,52 | 109,92 |
| 9-10 | 110 | 0,092 | 10,12 | 5,06 | 74,8 | 79,86 |
| 8-5 | 260 | 0,146 | 37,96 | 18,98 | 542,54 | 561,52 |
| 10-6 | 260 | 0,068 | 17,68 | 8,84 | 54,72 | 63,56 |
| 7-В | 100 | 0,068 | 6,8 | 3,4 | 0 | 3,4 |
| А-8 | 100 | 0,12 | 12 | 6 | 825,02 | 831,02 |
| 9-С | 100 | 0,076 | 7,6 | 3,8 | 0 | 3,8 |
| 10-Д | 100 | 0,024 | 2,4 | 1,2 | 0 | 1,2 |
| 11-В | 100 | 0,068 | 6,8 | 3,4 | 0 | 3,4 |
| А-12 | 100 | 0,12 | 12 | 6 | 957,63 | 963,63 |
| 13-С | 100 | 0,076 | 7,6 | 3,8 | 0 | 3,8 |
| 14-Д | 150 | 0,024 | 3,6 | 1,8 | 0 | 1,8 |
| 12-11 | 300 | 0,152 | 45,6 | 22,8 | 48,81 | 71,61 |
| 12-13 | 290 | 0,129 | 37,41 | 18,71 | 122,68 | 141,39 |
| 13-14 | 250 | 0,098 | 24,5 | 12,25 | 66,42 | 78,67 |
| 11-15 | 160 | 0,084 | 13,44 | 6,72 | 28,57 | 35,29 |
| 12-16 | 160 | 0,161 | 25,76 | 12,88 | 677,37 | 690,25 |
| 13-17 | 160 | 0,151 | 24,16 | 12,08 | 0 | 12,08 |
| 14-18 | 230 | 0,074 | 17,02 | 8,51 | 45,8 | 54,31 |
| 16-15 | 300 | 0,152 | 45,6 | 22,8 | 0 | 22,8 |
| 16-17 | 290 | 0,146 | 42,34 | 21,17 | 80,02 | 101,19 |
| 17-18 | 400 | 0,149 | 59,6 | 29,8 | 0 | 29,8 |
| 18-22 | 200 | 0,075 | 15 | 7,5 | 30,8 | 38,3 |
| 17-21 | 140 | 0,144 | 20,16 | 10,08 | 0 | 10,08 |
| 16-20 | 140 | 0,137 | 19,8 | 9,59 | 490,23 | 499,82 |
| 15-19 | 140 | 0,068 | 9,52 | 4,76 | 19,05 | 23,81 |
| 20-19 | 300 | 0,195 | 58,5 | 29,25 | 0 | 29,25 |
| 20-21 | 290 | 0,194 | 56,26 | 28,13 | 163,22 | 191,35 |
| 21-22 | 530 | 0,229 | 121,37 | 60,69 | 0 | 60,69 |
| 22-26 | 200 | 0,154 | 30,8 | 15,4 | 0 | 15,4 |
| 21-25 | 150 | 0,279 | 41,85 | 20,93 | 0 | 20,93 |
| 20-24 | 150 | 0,252 | 37,8 | 18,9 | 174,45 | 193,35 |
| 19-23 | 150 | 0,127 | 19,05 | 9,53 | 0 | 9,53 |
| 24-23 | 300 | 0,127 | 38,1 | 19,05 | 0 | 19,05 |
| 24-25 | 290 | 0,125 | 36,25 | 18,13 | 100,1 | 118,23 |
| 25-26 | 650 | 0,154 | 100,1 | 50,05 | 0 | 50,05 |
| ГРП-А |  |  |  |  | 1806,65 | 1806,65 |
| СУМА |  |  | 1713,69 |  |  |  |

нев'язка;

нев'язка.

Порядок гідравлічного розрахунку мережі низького тиску:

1. Використовуючи складену схему мережі, визначають розрахункові витрати газу по ділянках;
2. Вибирається головний напрямок (найбільш довгий і навантажений напрямок від ГРП до нульової точки);

Для ділянок головного напрямку визначаються розрахункові довжини за формулою

, м, (1.72)

де *Li* - довжина ділянки напрямку, м.

1. Визначається середня питома втрата тиску по напрямку, що розраховується за формулою

, Па/м, (1.73)

де *Δ P* - перепад тиску по напрямку, Па, що може бути визначений за формулою

, Па, (1.74)

де *Pп*- початковий тиск газу, Па;

*Pк*- кінцевий тиск газу, Па;

*Σ Lр*- сума розрахункових довжин ділянок по напрямку, м.

По номограмах або таблицях, орієнтуючись на витрату газу на ділянці і *hср*, вибирають діаметр газопроводу і визначають дійсну питому втрату тиску - *hд*.

1. Обчислюють падіння тиску на ділянці за формулою

, Па. (1.75)

1. Визначається тиск газу у вузлах напрямку як різниця між тиском газу на початку ділянки і втратами тиску на ділянці. На першій ділянці за початковий тиск приймається тиск на виході з ГРП.
2. Сумарні втрати тиску по напрямку порівнюються з допустимими. Якщо отримані втрати тиску перевищують допустимі, то змінюють діаметри по ділянках і розрахунок повторюють.

ΔРнапр = ΣΔРділ, Па. (1.76)

Повинна виконуватися умова:

ΔРнапр ≤ ΔРдоп; (1.77)

ΔРдоп = Рн – Рк.(1.78)

Гідравлічний розрахунок кільцевих мереж газопроводів слід виконувати з ув'язуванням тиску газу у вузлових точках розрахункових кілець при максимальному використанні допустимої втрати тиску газу. Нев’язка втрат тиску в кільці допускається до 10%. Якщо нев’язка перевищує 10%, необхідно змінити діаметри газопроводів таким чином, щоб означена умова виконувалася.

Після розрахунку напрямків розраховуються ділянки - перемички. Ув'язування перемичок виконується по тиску у вузлах. Допустима нев’язка - 10%.

Гідравлічний розрахунок мереж низького тиску зводиться в таблицю 1.12.

Таблиця 1.12 - Гідравлічний розрахунок мережі низького тиску

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер ділянки | Довжина ділянці, м | Середнє питоме падіння тиску hср, Па/м | Розрахункова витрата газу,Qp, м3/год | dнхS, мм | Падіння тиску | Тискгазу увузлі,Па |
| За планом, l, м | Розрхункова, lр=1,1∙l, м | на 1 м, hд,Па/м | на ділянці, hдxlp, Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Напрямок 1 (ГРП-А-12-16-20-24-25-26) |
| 1 | 50 | 55 | 0,708 | 1806,39 | 426х9 | 0,25 | 13,75 | 2986,25 |
| 2 | 100 | 110 | 963,37 | 325х8 | 0,35 | 38,5 | 2947,75 |
| 3 | 160 | 176 | 627,98 | 273х7 | 0,45 | 79,2 | 2868,55 |
| 4 | 140 | 154 | 457,97 | 273х7 | 0,25 | 38,5 | 2830,05 |
| 5 | 150 | 165 | 193,35 | 159х4 | 0,6 | 99 | 2731,05 |
| 6 | 290 | 319 | 118,23 | 108х4 | 1,8 | 574,2 | 2156,85 |
| 7 | 650 | 715 | 50,05 | 108х4 | 0,45 | 321,75 | 1835,1 |
|  |  | 1694 |  |  |  | 1164,9 |  |
|  Па/м |
| нев'язка = |
| Напрямок 2 (12-13-14-18-22-26) |
| 8 | 290 | 319 | 0,932 | 203,4 | 219х6 | 0,3 | 95,7 | 2852,05 |
| 9 | 250 | 275 | 78,67 | 108х4 | 0,8 | 220 | 2632,05 |
| 10 | 230 | 253 | 54,31 | 108х4 | 0,6 | 151,8 | 2480,25 |
| 11 | 200 | 220 | 38,3 | 76х3 | 1,5 | 330 | 2150,25 |
| 12 | 200 | 220 | 15,4 | 57х3 | 1,4 | 308 | 1842,25 |
|  |  | 1287 |  |  |  | 1105,5 |  |
|  Па/м |
| нев'язка = |

Гідравлічний розрахунок мережі низького тиску з визначенням розрахункових витрат газу визначається на ЕОМ.

Щоб зробити розрахунки на ЕОМ необхідні наступні вихідні дані:

Номер ГРП1

Початковий тиск газу на ГРП, Па3000

Кінцевий тиск газу, Па1800

Щільність газу, кг/м30,82

Параметр обмеження діаметрів13 мм

Вид прокладкипідземна

Кількість ділянок 46

Для розрахунку складемо допоміжні таблиці.

Таблиця 1.13 – Характеристика ділянок у мережі

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ділянки | Довжина ділянки, м | Розрахункова витрата, м3/год | № ділянки | Довжина ділянки, м | Розрахункова витрата, м3/год |
| 1 | 50 | 1806,65 | 24 | 300 | 19,05 |
| 2 | 100 | 963,63 | 25 | 300 | 29,25 |
| 3 | 160 | 690,25 | 26 | 300 | 22,8 |
| 4 | 140 | 499,82 | 27 | 100 | 831,02 |
| 5 | 150 | 193,35 | 28 | 260 | 561,52 |
| 6 | 290 | 118,23 | 29 | 240 | 199,62 |
| 7 | 650 | 50,05 | 30 | 400 | 45,6 |
| 8 | 290 | 141,39 | 31 | 290 | 109,92 |
| 9 | 250 | 78,67 | 32 | 110 | 79,86 |
| 10 | 230 | 54,31 | 33 | 260 | 63,56 |
| 11 | 200 | 38,3 | 34 | 240 | 27,36 |
| 12 | 200 | 15,4 | 35 | 400 | 59,2 |
| 13 | 290 | 191,35 | 36 | 300 | 95,3 |
| 14 | 530 | 60,69 | 37 | 260 | 56,46 |
| 15 | 290 | 101,19 | 38 | 240 | 23,16 |
| 16 | 400 | 29,8 | 39 | 300 | 28,95 |
| 17 | 160 | 12,08 | 40 | 300 | 40,65 |
| 18 | 140 | 10,08 | 41 | 100 | 3,4 |
| 19 | 150 | 20,93 | 42 | 100 | 3,4 |
| 20 | 300 | 71,61 | 43 | 100 | 3,8 |
| 21 | 160 | 35,29 | 44 | 100 | 3,8 |
| 22 | 140 | 23,81 | 45 | 100 | 1,2 |
| 23 | 150 | 9,53 | 46 | 150 | 1,8 |

Таблиця 1.14 – Характеристика напрямків

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер на-правління | Номер ділянки початку напрямку | Номер ділянки кінця напрямку | Номер ділянки до якого пребідує початок напрямку | Номер ділянки до якого пребідує кінець напрямку |
| 1 | 1 | 7 | 1 | -7 |
| 2 | 8 | 12 | 2 | -12 |
| 3 | 13 | 14 | 4 | 11 |
| 4 | 15 | 16 | 3 | 10 |
| 5 | 17 | 17 | 8 | 15 |
| 6 | 18 | 18 | 15 | 13 |
| 7 | 19 | 19 | 13 | 6 |
| 8 | 20 | 23 | 2 | -23 |
| 9 | 24 | 24 | 5 | -24 |
| 10 | 25 | 25 | 4 | 22 |
| 11 | 26 | 26 | 3 | 21 |
| 12 | 27 | 30 | 1 | -30 |
| 13 | 31 | 34 | 27 | -34 |
| 14 | 35 | 35 | 28 | 33 |
| 15 | 36 | 38 | 27 | -38 |
| 16 | 39 | 39 | 29 | -39 |
| 17 | 40 | 40 | 28 | 37 |
| 18 | 41 | 41 | 36 | -41 |
| 19 | 42 | 42 | 20 | -42 |
| 20 | 43 | 43 | 31 | -43 |
| 21 | 44 | 44 | 8 | -44 |
| 22 | 45 | 45 | 32 | -45 |
| 23 | 46 | 46 | 9 | -46 |

Розрахунок на ЕОМ приведений у додатку А.

Таблиця 1.15 - Таблиця відповідності

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер ділянки для розрахунку на ЕОМ | Номер ділянки на схемі | Внутрішній діаметр газопроводу при розрахунку на ЕОМ, мм | dн x S, мм |
| 1 | ГРП-А | 408 | 426х9 |
| 2 | А-12 | 309 | 325х8 |
| 3 | 12-16 | 259 | 273х7 |
| 4 | 16-20 | 259 | 273х7 |
| 5 | 20-24 | 149 | 159х4 |
| 6 | 24-25 | 100 | 108х4 |
| 7 | 25-26 | 100 | 108х4 |
| 8 | 12-13 | 207 | 219х6 |
| 9 | 13-14 | 100 | 108х4 |
| 10 | 14-18 | 100 | 108х4 |
| 11 | 18-22 | 67 | 76х3 |
| 12 | 22-26 | 50 | 57х3 |
| 13 | 20-21 | 149 | 159х4 |
| 14 | 21-22 | 100 | 108х4 |
| 15 | 16-17 | 149 | 159х4 |
| 16 | 17-18 | 80 | 89х4,5 |
| 17 | 13-17 | 67 | 76х3 |
| 18 | 17-21 | 50 | 57х3 |
| 19 | 21-25 | 50 | 57х3 |
| 20 | 12-11 | 124 | 133х4 |
| 21 | 11-15 | 67 | 76х3 |
| 22 | 15-19 | 50 | 57х3 |
| 23 | 19-23 | 39 | 42х3 |
| 24 | 24-23 | 50 | 57х3 |
| 25 | 20-19 | 67 | 76х3 |
| 26 | 16-15 | 67 | 76х3 |
| 27 | А-8 | 207 | 219х6 |
| 28 | 8-5 | 207 | 219х6 |
| 29 | 5-2 | 149 | 159х4 |
| 30 | 2-3 | 80 | 89х4,5 |
| 31 | 8-9 | 124 | 133х4 |
| 32 | 9-10 | 80 | 89х4,5 |
| 33 | 10-6 | 100 | 108х4 |
| 34 | 6-3 | 67 | 76х3 |
| 35 | 5-6 | 100 | 108х4 |
| 36 | 8-7 | 124 | 133х4 |
| 37 | 7-4 | 80 | 89х4,5 |
| 38 | 4-1 | 67 | 76х3 |
| 39 | 2-1 | 67 | 76х3 |
| 40 | 5-4 | 80 | 89х4,5 |
| 41 | 7-В | 32 | 38х3 |
| 42 | 11-В | 32 | 38х3 |
| 43 | 9-С | 32 | 38х3 |
| 44 | 13-С | 32 | 38х3 |
| 45 | 10-Д | 32 | 38х3 |
| 46 | 14-Д | 32 | 38х3 |

Рисунок 1.1 – Схема розподілу потоку газу по мережі низького тиску

Рисунок 1.2 – Схема розподілу потоку газу по мережі середнього тиску

**1.9 Підбір обладнання газорегуляторного пункту**

**1.9.1 Підбір газового фільтра**

Фільтр служить для очищення газів від механічних домішок і установлюється на вхідному патрубку перед ЗЗК і регулятором тиску.

У ГРП установлюємо волосяний фільтр. Для забезпечення достатнього ступеня очищення обмежують швидкість газового потоку через фільтр, що ха-рактеризуется максимально припустимим перепадом тисків у касеті. Цей перепад не повинний перевищувати в процесі експлуатації 10 кПа, а після очищення чи промивання 4-5 кПа.

Для виміру перепаду тиску на працюючому фільтрі, застосовують дифманометри, що приєднуємо до штуцерів, що мається в корпусі фільтра.

Визначається пропускна здатність фільтра за формулою

, (1.78)

де QТ – таблична пропускна здатність фільтра, м3/ч. Для фільтра ФГ – 100 QТ = 11000 м3/год;

ΔP – перепад тиску у фільтрі, кПа, приймається ΔР = 2,5 кПа;

ΔРт – табличний перепад у фільтрі, кПа, приймається ΔРт = 5 кПа;

Р – абсолютний тиск газу перед фільтром, кПа, приймаємо з гідравлічного розрахунку Р=375,21 кПа;

Рт – табличне значення абсолютного тиску у фільтрі, приймається

Рт = 300+100 = 400 кПа;

ρг – щільність газу, кг/м3, ρг=0,82 кг/м3;

Qгрп=1806,42 м3/год.

.

Пропускна здатність фільтра повинна бути дорівнює чи більше витрати газу на ГРП.

Qф ≥ Qгрп , 7112,9 м3/год > 1806,42 м3/год

Умова виконана, приймається до установки фільтр ФГ-100.

**1.9.2 Підбір регулятора тиску**

Регулятор тиску автоматично знижує тиск газу, що протікає через нього, і підтримує його після себе постійним на заданому рівні не залежно від витрати чи коливань тиску на вході.

Здійснюється перевірка регулятора тиску РДУК2 – 100/70.

Пропускна здатність регулятора тиску визначається за формулою

м3/год, (1.79)

де: QТ – таблична пропускна здатність регулятора тиску, м3/год, QТ = 5650 м3/год;

Р1 – абсолютний тиск газу перед регулятором тиску, кПа, приймається з гідравлічного розрахунку газопроводу з урахуванням втрат у фільтрі.

Р1= Р – ΔРф = 375,21-10 = 365,21 кПа.

Р2 – абсолютний тиск газу після регулятора тиску, кПа;

Р2 = 100 + 3 = 103 кПа;

Р1Т – табличний абсолютний тиск газу перед регулятором тиску, кПа.

Р1Т = 300 + 100 = 400 кПа;

Р2/Р1 = 103/365,21=0,28 < 0,5

― отже режим витікання є сверхкритичним.

м3/год.

Для нормальної роботи регулятора тиску його максимальна пропускна здатність (навантаження) повинна бути не більш 80-85%, а мінімальна - не менш 10% від розрахункової пропускної здатності при заданому вхідному Р1 і вихідному Р2 тисках повинні виконуватися умови:

Qmin ≤ QГРП ≤ Qmах (1.80)

Qmах =0,85·Qрд=0,85·4870,6=4140,01 м3/год; (1.81)

Qmin=0,1·Qрд=0,1·4870,6=487,06 м3/год; (1.82)

487,06 м3/год < 1806,42 м3/год < 4140,01 м3/год.

Умова виконується, отже, регулятор тиску типу РДУК2 – 100/70 підходить для даного ГРП.

**1.9.3 Підбір запобіжних клапанів**

Відповідно до правил безпеки Госгортехнадзора в ГРП необхідно встановлювати 2 запобіжні клапани - один запірний, інший скидний.

**1.9.3.1 Запобіжний запірний клапан (ЗЗК)**

Запірний клапан установлюється до регулятора по ходу газу і настроюється на попередньо припустиме підвищення і припустиме зниження тиску газу за регулятором. Запірний клапан призначений для автоматичного відключення газу перед регулятором у випадку різкого підвищення чи зниження тиску газу за регулятором вище встановлених меж.

Відповідно до Правил безпеки при кільцевих мережах ЗЗК настроюється на спрацьовування при тиску перевищуючому на 15% максимально припустимий робочий тиск газу в газопроводі за регулятором.

Рззкмах =1,15· Р2, кПа, (1.83)

де Р2 – надлишковий тиск газу після регулятора тиску, кПа.

Рззкмах =1,15· 3=3,45 кПа.

Рззкмin =0,7 кПа ― для низького тиску.

Для ПКН(В)-100 межі настроювання при зростанні тиску 2-60 кПа, а при зменшенні тиску 0,3-3 кПа.

Приймаємо ПКН(В)-100.

**1.9.3.2 Запобіжний скидний клапан (ЗСК)**

Скидний клапан призначений для запобігання спрацьовування запірного клапана при незначному підвищенні тиску газу за регулятором. Настроювання скидного клапана здійснюють таким чином, щоб він починав спрацьовувати, тобто скидати газ в атмосферу при тиску в газопроводі більше, ніж нормальне підтримуване регулятором і менше, ніж тиск, на який настроєний ЗЗК.

Відповідно до Правил безпеки при кільцевих мережах ЗСК повинне забезпечувати відкриття при перевищенні встановленого максимального робочого тиску не більше ніж на 25 %.

. (1.84)

 кПа.

Кількість газу, яке треба скинути через ЗСК, визначається за формулою

м3/год, (1.85)

де QРД – пропускна здатність регулятора при розрахункових вхідному і вихідному тиску газу, м3/год.

 м3/год.

Фактична пропускна здатність пружинного клапана визначається за формулою

 м3/год, (1.86)

де α – коефіцієнт витрати. α = 0,6;

F – площа сідла рівна найменшої площі перетину в проточній частині, мм2. F=1960 мм2; β – коефіцієнт, що залежить від відношення Рвих/Рвх. β=0,98;

Pвих – абсолютний тиск на виході з клапана, кПа;

Рвх – абсолютний тиск на вході в клапан, кПа, приймається рівним тиску при максимальній межі Рвх = 103,75 кПа;

ΔP – утрати тиску в клапані, кПа. ΔР = 0,01 кПа.

 м3/год.

При правильному підібраному скидному клапані повинна виконуватися умова:Qф ≥ QЗСК, 20,22 м3/год > 2,44 м3/год, що задовольняє умові.

Приймається до установки ПСК-50Н.

**1.9.4 Підбір обвідного трубопроводу**

Обвідний трубопровід установлюється для постачання через нього газом споживачів на час ревізії і ремонту устаткування, змонтованого на основній (робочій) лінії. Діаметр байпаса приймається 76х3,0 мм. Щоб забезпечити регулювання тиску газу при роботі ГРП без регулятора на байпасі послідовно встановлюються дві засувки dу=80 мм 30с41нж. Між пристроями, що відключають, розміщається продувна свіча 25х2,5 мм із краном, що відключає dу=20 мм 11ч3бк. Також установлюється манометр.

**1.9.5 Контрольно-вимірювальні прилади**

Відповідно до [2] установлюються лічильники показуючий і реєструючий, манометри для виміру вхідного тиску, температури, витрати. Також установлюються манометри самопищущі і показуюючі (технічні) для реєстрації і контролю вихідного тиску природного газу.

**1.10 Матеріали й обладнання**

При будівництві газопроводів застосовують, як правило, сталеві труби. В останні роки для газопроводів підземних починають використовувати поліетиленові труби, особливо для транспортування газів зі змістом H2S більш 3%, а також при дуже високої корозійній активності ґрунтів і при наявності блукаючих струмів.

Відповідно до рекомендацій [2] для будівництва систем газопостачання варто застосовувати труби, виготовлені з вуглецевої сталі звичайної якості за ГОСТ 380 чи якісній сталі за ГОСТ 1050, що добре зварюється і містить не більш 0,25 % вуглецю.

Для газопостачання можуть бути використані беззастережно труби групи В, неприпустиме застосування труб групи Д.

По методу виготовлення труби бувають безшовні і шовні. Безшовні труби дорогі. Труби прямошовні, електрозварені (ГОСТ 10705 і 10706) застосовуються для підземних газопроводів з тиском до 1,2 МПа.

Труби водо- газопровідні по ГОСТ 3262 застосовуються для спорудження газопроводів низького тиску діаметром до 80 мм. Вибір сталевих труб для систем газопостачання здійснюється у відповідності до [2].

Засувки - запірний пристрій, у якому перекриття проходу здійснюється поступальним переміщенням затвора в напрямку, перпендикулярному до руху потоку середовища. Засувки бувають паралельні і клинові. Паралельні засувки простіше у виготовленні, але клинові надійніше в роботі. Клинові засувки застосовуються при будь-якому тиску, паралельні - при низькому і середньому. Діаметр засувок 50 мм і вище.

Крани - це запірні пристрої, у яких рухлива деталь затвора (пробка) має форму тіла обертання з отвором для пропуску потоку і при перекритті потоку обертається навколо своєї осі.

У залежності від форми затвора крани розділяються на конічні, циліндричні і кульові, чи зі сферичним затвором.

У залежності від способу приєднання розрізняють муфтові, фланцеві, цапкові.

У залежності від способу герметизації крани розділяються на натяжні і чепцеві.

Бронзові і латунні крани встановлюються в процесі експлуатації.

При виборі арматури необхідно враховувати наступні властивості матеріалів і сплавів:

- природний газ не впливає на чорні метали;

- чавунна арматура має більш низькі механічні характеристики;

- фланці чавунної арматури не можуть працювати на вигин;

- на мідні сплави сильно впливає вуглеводень.

При розташуванні колодязів у водонасичених ґрунтах застосовують гідроізоляцію: зовнішні стіни колодязя штукатурять водонепроникним цементом. При установці в колодязі сталевої засувки допускається влаштовувати косу фланцеву вставку в якості монтажного пристрою, що компенсує.

**2. Розрахунок техніко-економічних показників**

**2.1 Капіталовкладення в мережі середнього тиску**

Капіталовкладення в мережі середнього тиску визначаються за формулою

 (2.1)

де Кі - вартість прокладки 1 м і-го діаметра з урахуванням вартості труб, грн; lі - довжина і-го діаметра, м.

Розрахунок зводиться в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Капітальні вкладення в мережі середнього тиску

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| dв, мм | dн x S, мм | l, м | К, грн/м | К· l, грн |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 408 | 426х9,0 | 1040 | 181,11 | 188350 |
| 309 | 325х8,0 | 3670 | 122,09 | 448070 |
| 359 | 377х9,0 | 110 | 142,73 | 15700 |
| 259 | 273х7,0 | 1110 | 105,94 | 117590 |
| 150 | 159х4,5 | 200 | 52,05 | 10410 |
| 100 | 108х4,0 | 300 | 35,38 | 10610 |
| 125 | 133х4,0 | 300 | 42,34 | 12700 |
| 83 | 89х3,0 | 100 | 27,62 | 2760 |
| 51 | 57х3,0 | 100 | 21,35 | 2140 |
| 70 | 76х3,0 | 100 | 23,56 | 2360 |
|  |  | 7030 |  | 810690 |

**2.2 Капіталовкладення в мережі низького тиску**

Капітальні вкладення в мережі низького тиску визначаються за формулою

 (2.2)

де К1 - вартість прокладки 1 погонного метра з урахуванням вартості труб, грн/м;

Приймається по середньозваженому діаметрі, що визначається за формулою

, (2.3)

де Σlнд – загальна довжина мереж низького тиску, м.

Результати зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Капітальні вкладення в мережі низького тиску

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| dв, мм | dн x S, мм | l, м | dн ·li,мм·м | d2н·li,мм2·м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 408 | 426х9,0 | 50 | 21300 | 9073800 |
| 309 | 325х8,0 | 100 | 32500 | 10562500 |
| 259 | 273х7,0 | 300 | 81900 | 22358700 |
| 149 | 159х4,0 | 970 | 154230 | 24522570 |
| 100 | 108х4,0 | 2610 | 281880 | 30443040 |
| 207 | 219х6,0 | 650 | 142350 | 31174650 |
| 67 | 76х3,0 | 1900 | 144400 | 10974400 |
| 50 | 57х3,0 | 930 | 53010 | 3021570 |
| 80 | 89х4,5 | 1470 | 130830 | 11643870 |
| 124 | 133х4,0 | 890 | 118370 | 15743210 |
| 39 | 42х3,0 | 150 | 6300 | 264600 |
| 32 | 38х3,0 | 650 | 24700 | 938600 |
|  |  |  | 1191770 | 170721510 |

Середньозважений діаметр:

dср = 170721510/1191770=143 мм;

dу = 159х4 мм, К1 = 52,05 грн/м.

Капітальні вкладення: Кнд = 52,05·26100 = 1358505 грн.

**2.3 Основні показники проекту**

Таблиця 2.3 - Розрахунок техніко-економічних показників

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування показників | Обґрунтування | Од. вим. | Величина чи її розрахунок |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Загальна річна витрата газу | Таблиця 1.4 | м3/ рік | 135682303 |
| 2. Загальний розрахункова витрата газу | Таблиця 1.5 | м3/год | 38647 |
| 3. Довжина газових мереж: | за генпланом |  |  |
| а)середнього тиску | lсд | м | 7030 |
| б) низького тиску | lнд | м | 26100 |
| 4. Капітальні вкладення у газо-ві мережі: |  |  |  |
| а)середнього тиску | Таблиця 2.1 | грн | 810690 |
| б) низького тиску | Кнд=к1 ·lнд | грн | 1358505 |
| в) у ГРП | Кгрп=n·Р | грн | Кгрп=2·90000==180000 |
| г) у систему газопостачання | Кзаг=Ксд+Кнд+Кгрп | грн | Кзаг=810690++1358505+180·103==2349195 |
| 5. Собівартість експлуатації: |  |  |  |
| а) мереж середнього тиску | Ссд=0,033·Ксд+0,654·1сд | грн/рік | Ссд=0,033·810690++0,654·7030=31350,39 |
| б) мереж низького тиску | Снд=0,033·Кнд+0,2368·lнд | грн/рік | Снд=0,033·1358505++0,2368·26100=51011,145 |
| в) ГРП | Сгрп=0,26·Кгрп | грн/рік | Сгрп=0,26·180·103=46800 |
| г) Загальні витрати на експлуатацію | Сзаг=Ссд+Снд+Сгрп | грн/рік | Сзаг=31350,39+51011,145++46800=129161,535 |
| 6. Приведені витрати | П = 0,12·Кзаг + Сзаг | грн/рік | П = 0,12·2349195++ 129161,535=411064,935 |
| 7. Собівартість транспортування 1000 м3 природного газу | Стр=Сзаг/ (Qрік·10-3) |  | Стр=129161,535/135682,303==0,95 |

**3. Газопостачання житлового будинку**

Розрахунок газопроводу здійснюємо для чотириповерхового житлового будинку, що постачається природним газом.

Об’єм кухонь 20,3 і 11,21, висота кухонь – 2,7 м. Отже, у кухнях можна встановлювати двох- і чотирьохпальникові газові плити і газові проточні водонагрівачі.

**3.1 Визначення розрахункових витрат газу**

Номінальну витрату газу газовими приладами , (м3/год), визначаємо за формулою

 (3.1)

де Qтi – теплова потужність газового приладу, кВт; складається з потужностей складових частин газового приладу:

- водонагрівач типу ВПГ-18 (згідно з довідковими даними)

- 2– пальникова газова плита (ГП2)

 (3.2)

- 4– пальникова газова плита (ГП2)

 (3.3)

де Qтгн – теплова потужність пальника нормальної потужності:

- знижена 0,7 кВт;

- нормальна 1,9 кВт;

- підвищена 2,8 кВт;

qд.ш – теплова потужність духової шафи, кВт, обумовлена як добуток теплової потужності основного пальника духової шафи на його корисний обсяг V, (дм3), рівний 0,09 дм3. Теплова потужність духової шафи:

- для ГП2 – 40 кВт/дм3;

-для ГП4 – 53,5 кВт/дм3.

Водонагрівач газовий типу ВПГ-18:

 м3/год.

2- пальникова газова плита (ГП2) (обидва пальники нормальної потужності):

4- пальникова газова плита (ГП4) (2 пальника нормальної потужності, 1 – знижена, 1 – підвищена):

Розрахунок розрахункових витрат газу зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахункові витрати газу

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № ділянки | Асортиментустаткування | Кількістьприборів чи груп | Коефіцієнт одночасності, Кsim | Витрата газу, м3/год |
| Номінальний | Розрахунковий групою Qр=qном·Кsim | Розрахунковий на ділянці |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ВПГ-1 | ВПГ | 1 | 1 | 1,78 | 1,78 | 1,78 |
| 1-3 | ВПГ+ ГП2 | 1 | 0,75 | 2,512 | 1,884 | 1,884 |
| 3-4 | ВПГ+ ГП2 | 2 | 0,64 | 5,024 | 3,215 | 3,215 |
| 4-5 | ВПГ+ ГП2 | 3 | 0,52 | 7,536 | 3,919 | 3,919 |
| 5-6 | ВПГ+ ГП2 | 4 | 0,39 | 10,048 | 3,919 | 3,919 |
| 6-7 | ВПГ+ ГП2 | 8 | 0,335 | 20,096 | 6,732 | 6,732 |
| 7-8 | ВПГ+ ГП2 | 12 | 0,299 | 30,144 | 9,013 | 9,013 |
| 8-9 | ВПГ+ ГП2 | 16 | 0,272 | 40,192 | 10,932 | 10,932 |
| 9-10 | ВПГ+ ГП2 | 20 | 0,260 | 50,24 | 13,062 | 13,062 |
| 10-11 | ВПГ+ ГП2 | 24 | 0,250 | 60,288 | 15,072 | 15,072 |
| 11-12 | ВПГ+ ГП2ВПГ+ ГП4 | 2412 | 0,2170,238 | 60,28835,736 | 13,088,505 | 21,585 |
| 12-13 | ВПГ+ ГП2ВПГ+ ГП4 | 2412 | 0,2170,238 | 60,28835,736 | 13,088,505 | 21,585 |

**3.2 Гідравлічний розрахунок внутрішньобудинкових газопроводів**

Розрахунок виконуємо в наступній послідовності:

1. Складаємо схему газопроводів і нумеруємо ділянки.
2. Визначаємо довжини ділянок l, (м).
3. Приймаємо процентні надбавки а, (%),по ділянках за [2].
4. Визначаємо розрахункові довжини lр, (м), ділянок за формулою

 (3.4)

1. Визначаємо сумарну розрахункову довжину ∑lр, (м).
2. Визначаємо середню питому втрату тиску hср, (Па/м), за формулою

*hср=(Pприп-ΔРприл-ΔРлічил)/∑lр,*(3.5)

де *Pприп* – припустимий перепад тиску в двірських і внутрішніх газопроводах [2], Па;

*ΔРприл*- утрати тиску в газовому приладі, Па;

*ΔРлічил* - утрати тиску в газовому лічильнику, Па.

1. По номограмі для розрахунку газопроводів низького тиску [1] підбираємо діаметр d, (мм), і визначаємо дійсні втрати тиску hд, (Па/м).
2. Визначаємо опір ділянок (Па) за формулою

*ΔР=hд·lр.*(3.6)

1. Визначаємо гідростатичний тиск Нд, (Па) за формулою

*Hд=±9,81·Z·(ρп-ρг*), (3.7)

де *Z* – величина вертикальної ділянки, м;

*ρп,ρ**г* – густина повітря і газу, кг/м3.

Розрахунок зводимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Гідравлічний розрахунок внутрішньобудинкових газопроводів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ділянки | Qр,м3/год | Довжина ділянки l, м | а, % | lр, м | hср, Па/м | dнxS, мм | hд, Па/м | hд·lр, Па | Hг, Па | Падіння тиску на ділянці ΔРзаг, Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| ВПГ-1 | 1,78 | 1,4 | 450 | 7,7 | 3,18 | 21,3х2,8 | 5,5 | 42,35 | 6,49 | 48,84 |
| 1-2 | 1,884 | 1,7 | 450 | 9,35 | 21,3х2,8 | 7,4 | 69,19 | - | 69,19 |
| 2-3 | 1,884 | 3,0 | 20 | 3,6 | 21,3х2,8 | 7,4 | 26,64 | -13,92 | 12,72 |
| 3-4 | 3,215 | 3,0 | 20 | 3,6 | 26,8х2,8 | 4,5 | 16,2 | -13,92 | 2,28 |
| 4-5 | 3,919 | 3,0 | 20 | 3,6 | 33,5х3,2 | 2,3 | 8,28 | -13,92 | -5,64 |
| 5-6 | 3,919 | 1,3 | 25 | 1,63 | 33,5х3,2 | 2,3 | 3,75 | - | 3,75 |
| 6-7 | 6,732 | 14,8 | 25 | 18,5 | 38х3 | 2,5 | 46,25 | - | 46,25 |
| 7-8 | 9,013 | 0,8 | 25 | 1,0 | 38х3 | 4,1 | 4,1 | - | 4,1 |
| 8-9 | 10,932 | 14,8 | 25 | 18,5 | 42,3х3,2 | 3,4 | 62,9 | - | 62,9 |
| 9-10 | 13,062 | 0,8 | 25 | 1,0 | 48х3,5 | 2,7 | 2,7 | - | 2,7 |
| 10-11 | 15,072 | 14,8 | 25 | 18,5 | 48х3,5 | 3,5 | 64,75 | - | 64,75 |
| 11-12 | 21,585 | 1,9 | 25 | 2,38 | 57х3 | 2,1 | 4,99 | -8,82 | -3,83 |
| 12-13 | 21,585 | 4,5 | 10 | 4,95 | 57х3 | 2,1 | 10,4 | -20,88 | -10,48 |
|  |  |  |  | 94,31 |  |  |  |  | 297,53 |

Перевіряємо виконання умови: 297,53<; 297,53<300 – умова виконана.

**3.3 Розрахунок відводу продуктів згоряння**

Продукти згоряння від кожного газового приладу відводять по окремому димоході в атмосферу.

При розрахунку димоходу визначаємо розмір поперечних перерізів димоходів і приєднувальної труби, а також вибираємо матеріал і товщину стінок димоходів, при яких розрідження перед газовим приладом буде не менше припустимого, а температура газів, що ідуть, буде вище точки роси.

Розміри димоходів (площі перетину, висоти димарів ) приймаємо з урахуванням вимог, а діаметр приєднувальної труби приймаємо рівним діаметру димовідводячого патрубка приладу. Приєднувальна труба повинна мати довжину не більш 3 м, а кількість поворотів - не більш трьох.

Вихідні дані:

- спалюється природний газ, для якого Qн=36395 кДж/м3;

- тип і потужність газового приладу - ВПГ-18, Qт=18 кВт;

- коефіцієнт витрати повітря – α=2,5;

- температура газів, що ідуть, у газових приладах – 190 0С;

- необхідне розрідження перед тягоперервачем приладу – 3 Па;

- температура точки роси в продуктах згоряння – 46 0С;

- барометричний тиск – 101000 Па.

Розрахунок комунікацій по видаленню продуктів згоряння газоподібного палива проводимо в наступній послідовності:

1. Визначаємо обсяги продуктів згоряння природного газу, що утворяться при спалюванні 1м3 газу:

- теоретично необхідна кількість повітря Vо, (м3/м3), розраховується за формулою

. (3.8)

- об’єм двоокисю вуглецю (вуглекислого газу) , (м3/м3), розраховується за формулою

. (3.9)

- об’єм азоту , (м3/м3), розраховується за формулою

 (3.10)

- об’єм водяної пари , (м3/м3), розраховується за формулою

 (3.11)

де *d* - вологовміст природного газу, г/кг. Якщо він невідомий приймають

*d* =10,1 г/кг.

- об’єм надлишкового кисню , (м3/м3), розраховується за формулою

 (3.12)

- сумарний об’єм продуктів згорання , (м3/м3), розраховується за формулою

 (3.13)

1. Визначається густина продуктів згорання природного газу при температурі 0 0С і тиску 101325 Па, , (кг/м3) за формулою

 (3.14)

3) Витрата продуктів згоряння природного газу через димохід , (м3/год), визначається за формулою

 (3.15)

4) Розраховуємо охолодження продуктів згоряння , (оС), за формулою

 (3.16)

де tнi – температура газів, що ідуть, на початку ділянки, ºС;

tов – температура повітря, що оточує димохід, ºС;

Qпс – витрата продуктів згоряння через димохід, м3/год;

k – коефіцієнт теплопередачі стінок димоходу, Вт/(м2∙К);

F – поверхня теплообміну, м2

*F= π·d·l* . (3.17)

На першій ділянці температуру tнi приймаємо рівній температурі газів, що ідуть. Значення k приймаємо за [1]. Температуру tов приймаємо рівній середній температурі приміщення, у якому встановлений газовий прилад (для кухні 20 ºС).

Розрахунок ведеться у відповідності зі схемою, приведеної на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Схема відводу продуктів згоряння

Температуру газів, що ідуть, наприкінці ділянки , (oC),визначаємо за формулою

. (3.18)

Ділянка ВПГ-1

F= 3,14 · 0,14 · 0,5 = 0,22 м2;

Ділянка 1-2

F= 3,14 · 0,14 0,45 = 0,198 м2;

Ділянка 2-3

F= 0,14·0,14·0,61= 0,012 м2;

Ділянка 3-4

F= 0,14·0,14·1,235 = 0,024 м2;

Ділянка 4-5

F= 0,14·0,14·2= 0,039 м2;

Температура газів, що ідуть, більше точкики роси (171,74 ºС > 46 ºС), значить випадання конденсату на поверхні каналу не буде.

1. Тяга, створювана вертикальними ділянками ВПГ-1 і 2-5, Рiт, (Па), визначається за формулою

 (3.19)

де Н – висота вертикальної ділянки, м;

 – температура навколишнього повітря, ºС;

 – середня температура продуктів згоряння на ділянці, ºС, розраховується за формулою

 (3.20)

де tн і tк – температури газів, що ідуть, на початку і наприкінці ділянки, 0С.

 – барометричний тиск, Па.

Сумарна тяга Рт, (Па), дорівнює

 (3.21)

6) Визначаємо втрати на тертя по довжині ΔΡтр, (Па), за формулою

 (3.22)

де ΔΡi – утрати на тертя по довжині на і-той ділянці, Па, які визначаються за формулою

 (3.23)

де λ – коефіцієнт тертя, прийнятий для цегельних каналів і металевих окислених труб – 0,04;

l – довжина ділянки, м;

d – діаметр ділянки, м. Якщо перетин прямокутний, то приймаємо еквівалентний діаметр dекв.

 - швидкість руху продуктів згоряння, м/с; визначаємо за формулою

 (3.24)

де *f* – площа перетину труби, м2;

 – густина газів, що ідуть, кг/м3.

а) у приєднувальній трубі

б) у димоході

7) Визначаємо втрати на місцеві опори ΔΡм.с, (Па), за формулою

 (3.25)

де ΔΡім.с. – утрати на місцеві опори на і-той ділянці, Па, які визначаються за формулою

 (3.26)

де Σζ - сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці.

а) у приєднувальній трубі:

Коефіцієнти місцевих опорів: при вході в тягопереривач ξ1 = 0,5; 2 поворота ξ2 = 0,9·2 = 1,8; на вході в цегельний димохід ξ3 = 1,2, Σξ = 3,5.

б) у димоході:

Коефіцієнт опору при виході ξ = 1,5.

8) Визначаємо розрідження перед газовим приладом Δ Рроз, (Па)

Δ Рраз = Δ Рт - (Δ Ртр + Δ Рм.с.). (3.27)

Δ Рроз = 18,03– (0,66+3,22) = 14,15 Па.

Розрідження перевищує мінімально необхідне (2 Па), отже, димохід забезпечить нормальну роботу водонагрівача.

**4. Розрахунок інжекційного пальника** **середнього тиску**

Вихідні дані для розрахунку:

- продуктивність пальника V = 5,5-8 м3/год;

- тиск перед пальником Р=25,7 кПа;

Розрахунок складається з визначення наступних конструктивних елементів пальника: сопла, горловини змішувача, конфузора і розмірів вогневих отворів.

Визначається теоретично необхідна кількість повітря для горіння газу *Vт*, м3/м3:

*Vт = 0,0476· [0,5·Н2 + 0,5·СО + Σ(m +n/4)·CmHn – О2]*. (4.1)

Дійсна кількість повітря при α=1,02, *Vд,* м3/м3, визначається за формулою

*Vд = α·Vт*.(4.2)

Vд = 1,02·9,624=9,82 м3/м3.

Задаємося швидкістю витікання газоповітряної суміші з пальника Wкр=10 м/с, температура суміші на виході з кратера tкр= 130 ºС (кратер охолоджується повітрям) і знаходимо площу кратера fкр, м2і діаметр кратера dкр, м, за формулами

 (4.3)

 (4.4)

Обчислюється перетин fд, м2, і діаметр вихідного кінця диффузора dд, м:

fд = (1,5÷2)·fкр; (4.5)

 (4.6)

fд = 1,5·0,0024=0,0037 м2;

Діаметр горловини dг, м:

dг = 0,55·dд. (4.7)

dг = 0,55·0,068=0,038 м.

Робиться перевірка балансу енергії, кДж/м3, для того, щоб розташовувана енергія струменя газу, що випливає із сопла пальника, була більше усіх втрат енергії в пальнику і на виході з неї:

 (4.8)

де Е – прихід енергії, кДж/м3;

Еп – витрати енергії на створення швидкості інжекційного повітря, кДж/м3;

Ег – витрати енергії на зміну швидкості струменя газу, кДж/м3;

Ед – витрати енергії в дифузорі, кДж/м3;

Ен – витрати енергії у насадці-кратері пальника, кДж/м3;

Екр – витрати енергії с вихідною швидкістю газоповітряної суміші з кратера пальника, кДж/м3.

Визначається швидкість газоповітряної суміші в горловині , м/с за формулою

 (4.9)

де tсум –температура газоповітряної суміші на виході з отворів, приймається рівній температурі повітря в приміщенні 20 ºС;

Швидкість виходу газу із сопла , м/с визначається за формулою

 (4.10)

Визначається енергія струменя газу, що випливає із сопла , м/с за формулою

 (4.11)

Визначаються витрати енергії на створення інжекційного повітря, , кДж/м3:

 (4.12)

Визначаються витрати енергії на зміну швидкості струменя газу в горловині пальника , кДж/м3:

 (4.13)

Швидкість руху газоповітряної суміші на виході з диффузора , м/с, визначається за формулою

 (4.14)

де t – температура газоповітряної суміші в горловині пальника приймається рівної 20 0С.

Витрати енергії в дифузорі , кДж/м3 визначаються за формулою

 (4.15)

де - коефіцієнт корисної дії дифузора; При приймається 0,8.

Визначається щільність газоповітряної суміші у вихідному перетині диффузора , кг/м3:

 (4.16)

Визначаються витрати енергії в насадці , кДж/м3:

 (4.17)

Визначаються витрати енергії в кратері пальника , кДж/м3, але для цього визначається густина газоповітряної суміші на виході з кратера , кг/м3:

 (4.18)

 (4.19)

Перевірка балансу енергії в пальнику:

Визначається необхідний тиск газу при мінімальному навантаженні , Па:

 (4.20)

де - коефіцієнт витрати, приймається за табл. 1.1 [3].

Межа регулювання навантаження пальника , складе:

 (4.21)

Визначається максимальна продуктивність пальника , м3/год, за формулою

 (4.22)

 м3/год, що більше 8 м3/год.

Визначаються діаметри сопла , мм і конфузора , мм:

 (4.23)

 (4.24)

де Wв - швидкість повітря в конфузорі, приймається рівною 1-2 м/с.

Визначаються довжини горловини, дифузора, конфузора, кратера і сопла:

 (4.25)

, приймаємо 250 мм;

 (4.26)

 (4.27)

 (4.28)

де α – кут розкриття дифузора, приймається щоб уникнути відриву струменя від стінок дифузора рівним 8 º;

β – кут розкриття конфузора, приймається 40 º;

β1 – кут розкриття кратера, приймається 30 º.

Довжина , мм і діаметр , мм тунелю:

 (4.29)

 (4.30)

**Список використаних джерел**

1. Ионин А.А*.* Газоснабжение - М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.

2. ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабжение. К.: Госстрой Украины, 2001.-252 с.

3. Методические указания к расчету газовых горелок в курсовом проекте " Газоснабжение района города"/ Макеевка, ДонГАСА, 1987, 20 с.

4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Газопостачання району міста або селища" (для студентів спеціальності 6.092100 "Теплогазопостачання і вентиляція")/ Укл.: В.І. Захаров, З.В. Удовиченко, О.В. Захаров – Макіївка: ДонНАБА, 2009. - 33 с.

5. СНиП 2.01.01.-82 Стоительная климатология и геофизика. /Госстой СССР-М., Стройиздат, 1983 г., 136с.