Федеральное агентство по образованию (Рособразование)

Архангельский государственный технический университет

Кафедра промышленной теплоэнергетики

Курсовая работа

По дисциплине: "Энергетические системы обеспечения жизнедеятельности"

На тему: "Отопление и вентиляция гражданского здания г. Воронежа"

Чирков Дмитрий Валентинович

курс III группа ОСП

Архангельск

2008

Содержание

1. Задание

2. Теплотехнический расчет

3. Расчет теплопотерь отапливаемых помещений

4. Расчет нагревательных приборов

5. Расчет котлов и вспомогательного оборудования

6. Расчет помещения встроенной котельной

7. Гидравлический расчет двухтрубной водяной системы отопления

8. Расчет системы вентиляции

9. Используемые источники



2. Теплотехнический расчет

Определение оптимальных ограждающих конструкций и определение общего термического сопротивления ограждающих конструкций.

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче

, (м2·К)/Вт,

где  - расчетная температура воздуха в помещении, находим по таблице 1,4 [1], оС;

 - расчетная температура наружного воздуха, находим по таблице 1,3 [1], оС;

 - коэффициент, учитывающий характер омывания ограждения наружным воздухом [1];

 - коэффициент теплоотдачи от воздуха помещения к внутренней поверхности наружного ограждения [2], Вт/(м2·К)

 - нормируемый перепад температур [3], оС.

Определяются градусо-сутки отопительного периода

,

где  - средняя температура отопительного периода (таблица 1,3 [1]), оС;

 - продолжительность отопительного периода (таблица 1,3 [1]), сут.

Приведенное сопротивление теплопередаче для стен

 (м2·К)/Вт;

для чердачных перекрытий

, (м2·К)/Вт;

для окон

, (м2·К)/Вт;

В качестве расчетного требуемого термического сопротивления  принимается наибольшее из двух значений  и .

Определяется минимально допустимая толщина тепловой изоляции

, м

где  - коэффициент теплопроводности материала изоляции, Вт/(м·К);

 - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждения к наружному воздуху (таблица 1.5 [1]), Вт/(м2·К);

 - толщина материального слоя (таблица 1.14 [1]), м;

 - коэффициент теплопроводности материала слоя (таблица 1.1 [1]), Вт/(м·К)

Фактическое термическое сопротивление

, (м2·К)/Вт.

Исходные данные

Внутренняя температура воздуха для большинства помещений оС.

Расчетная температура наружного воздуха для г. Воронеж  оС.

Средняя температура отопительного периода  оС.

Продолжительность отопительного периода  сут.

Расчет стен

Коэффициент теплоотдачи от воздуха помещения к внутренней поверхности наружного ограждения  Вт/(м2·К).

Нормируемый перепад температур  оС, по условию принять не более 7 оС, следовательно, принимаем  оС

Коэффициент, учитывающий характер омывания ограждения наружным воздухом для наружных стен .

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче

 (м2·К)/Вт;

Градусо-сутки отопительного периода

;

Приведенное сопротивление теплопередаче

 (м2·К)/Вт;

В качестве расчетного термического сопротивления принимаем  (м2·К)/Вт.

Принимаем следующую конструкцию стены



Рисунок 1. Разрез стены

В качестве теплоизоляционного материала принимаем пенополиуретан с коэффициентом теплопроводности  Вт/(м·К) (таблица 1.4.2 [2]).

Для г. Воронеж при нормальном влажностном режиме помещений группа условий эксплуатации ограждений А (таблица 1,2 [1]).

Коэффициент теплопроводности для обыкновенного глиняного кирпича Вт/(м·К) (таблица 1.1 [1]).

Коэффициент теплопроводности для штукатурки из цементно-песчаного раствора  Вт/(м·К) (таблица 1.1 [1]).

Минимально допустимая толщина тепловой изоляции

 м.

Принимаем стандартную толщину теплоизоляционного материла  м.

Фактическое термическое сопротивление

 (м2·К)/Вт.

Расчет перекрытия

Коэффициент теплоотдачи от воздуха помещения к внутренней поверхности наружного ограждения  Вт/(м2·К).

Нормируемый перепад температур  оС, по условию принять не более 6 оС, следовательно, принимаем  оС

Коэффициент, учитывающий характер омывания ограждения наружным воздухом .

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче

 (м2·К)/Вт;

Градусо-сутки отопительного периода

;

Приведенное сопротивление теплопередаче

 (м2·К)/Вт;

В качестве расчетного термического сопротивления принимаем (м2·К)/Вт.

Принимаем следующую конструкцию перекрытия



Рисунок 3. Перекрытие

В качестве теплоизоляционного материала принимаем утеплитель-минералватная плита с коэффициентом теплопроводности  Вт/(м·К) (таблица 1.15 [1]).

Теплопроводности материалов:

Покрытие рубероид: δиз = 6мм;  Вт/(м·К) (таблица 1.1 [1]).

Железобетонная стяжка: δиз = 30мм;  Вт/(м·К).

Пароизоляционный слой из пергамина: δиз = 2мм ; Вт/(м·К)

Железобетонное перекрытие: δиз = 140мм ; Вт/(м·К)

Минимально допустимая толщина тепловой изоляции

 м.

Принимаем, стандартную толщину теплоизоляционного материла 0,06 м.

Фактическое термическое сопротивление

 (м2·К)/Вт.

Расчет окон

Градусо-сутки отопительного периода

;

Приведенное сопротивление теплопередаче

 (м2·К)/Вт;

По таблице 1.4.4 [2] выбираем двойное остекление в спаренных переплётах:  (м2·К)/Вт.

Проверка наружных ограждений на конденсацию влаги

Температура внутренней поверхности ограждения вычисляется по формуле

,

где

 оС.

По I-d диаграмме влажного воздуха определяем температуру точки росы оС, при относительной влажности 50%.

Следовательно,  конденсации влаги происходить не будет.

3. Расчет теплопотерь отапливаемых помещений

Теплопотери рассчитываются с целью оптимального расчета и конструирования системы отопления. Тепловые потери подразделяются на основные и добавочные.

Основные теплопотери

, Вт

где  - коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м2·К);

 - поверхность ограждения определяется по правилам линейного обмера, м2;

Для ворот и наружных дверей вместо  подставляется разность коэффициентов теплопередачи окна и стены (или наружных дверей и стены).

По таблице 1,16 [1] находим: наружные одинарные ворота принимаем: к=4,65 Вт/(м2·К).

Наружные двери: к=4,65 Вт/(м2·К).

Для наружных стен  Вт/(м2·К);

Для перекрытия  Вт/(м2·К);

Для окон  Вт/(м2·К).

Добавочные теплопотери

1. На ориентацию ограждений в отношении сторон света



Рисунок 5. Поправка на ориентацию ограждений в отношении стран света

2. На обдувание ограждения ветром зависит от скорости ветра за 3 наиболее холодных месяца и от того защищено или незащищено ограждение или нет.

По таблице 1.3 [1] находим для г. Воронеж средняя скорость ветра 5,4 м/с.

Для защищенных ограждений размер добавки 10 %.

3. На угловые помещения размер добавки 5 %.

4. В зависимости от конструкции наружного входа:

для одиночных дверей β=0,65H

Определение теплопотерь через полы, расположенные на грунте

Площадь этажа разбивается на зоны. Зона – полоса 2 м, параллельно наружным стенам. Для каждой зоны установлено свое термическое сопротивление.

Для неутепленных полов термическое сопротивление зон:

 (м2·К)/Вт;

 (м2·К)/Вт;

 (м2·К)/Вт;

 (м2·К)/Вт.

Таблица 1. Расчет теплопотерь

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № отапли-ваемо-го поме-щения | Наимено-вание помещения и tв, оС | | Наиме-нова-ние ограж-дения | Ориен-тация ограж-дения | Размеры ограждения,м. | | Пло-щадь ограж-дения, м2 | Расчёт-ная раз-ность темпе-ратур tв-tн,оС | К , Вт/(м2∙ºС) | Qосн , Вт | Добавки, % | | | Qдоб Вт | Qобщ Вт |
| Стра-ны света | Ве-тер | Дру-гие |
| 101 | Архив  +18 | | НС | Ю | 2,2\*4,5 | | 9,9 | 50 | 0,43 | 213 | 0 | 10 | 5 | 32 | 245 |
| ДО | Ю | 1,5 | 1,8 | 2,7 | 50 | 2,63 | 447 | 0 | 10 | 5 | 67 | 514 |
| Пт | - | 2,2 | 1,0 | 2,2 | 50 | 0,28 | 31 | - | - | - | - | 31 |
| Пл | Iзона | 2,2 | 1,0 | 2,2 | 50 | 1/ 2,15 | 51 | - | - | - | - | 51 |
| 102 | Склад | 14 | Пт | - | 3,0 | 2,2 | 6,6 | 52 | 0,28 | 96 | - | - | - | - | 96 |
| Пл | Iзона | 0,9 | 2,2 | 1,98 | 52 | 1/ 2,15 | 48 | - | - | - | - | 48 |
| IIзона | 2 | 2,2 | 4,4 | 52 | 1/ 4,3 | 53 | - | - | - | - | 53 |
| IIIзона | 0,2 | 2,2 | 0,44 | 52 | 1/ 8,6 | 3 | - | - | - | - | 3 |
| 103 | Буфет | 16 | Пл | - | 2,2 | 3,8 | 8,36 | 54 | 0,28 | 126 | - | - | - | - | 126 |
| Пт | IIIзона | 2,2 | 1,7 | 3,74 | 54 | 1/ 8,6 | 23 | - | - | - | - | 23 |
|  | IVзона | 2,2 | 2,1 | 4,62 | 54 | 1/ 14,3 | 17 | - | - | - | - | 17 |
| 104 | Комната отдыха | 18 | Пт | - | 2,2 | 1,4 | 3,08 | 56 | 0,28 | 48 | - | - | - | - | 48 |
| Пл | IVзона | 2,2 | 1,4 | 3,08 | 56 | 1/ 14,3 | 12 | - | - | - | - | 12 |
| 105 | Коридор | 18 | НС | Ю | 1,7 | 4,5 | 7,65 | 56 | 0,43 | 184 | 0 | 10 | 5 | 28 | 212 |
| ВС | З | 1,0 | 4,5 | 4,5 | 6 | 0,71 | 19 | - | - | - | - | 19 |
| ВС | З | 3,1 | 5,1 | 15,81 | 4 | 0,71 | 45 | - | - | - | - | 45 |
| НДД | Ю | 0,9 | 2,2 | 1,98 | 56 | 2,33 | 258 | 0 | 10 | 5 | 39 | 297 |
| Пт | - | (2,8\*1,6)+(11,4\*1,7) | | 23,86 | 56 | 0,28 | 374 | - | - | - | - | 374 |
| Пл | Iзона | 1,7\*2 | | 3,4 | 56 | 1/ 2,15 | 89 | - | - | - | - | 89 |
| IIзона | 1,7\*2 | | 3,4 | 56 | 1/ 4,3 | 44 | - | - | - | - | 44 |
| IIIзона | (2\*1,7)+(5,4\*1,3)+(0,2\*3,1) | | 11,04 | 56 | 1/ 8,6 | 72 | - | - | - | - | 72 |
| IVзона | (0,4\*3,7)+(1,4\*3,1) | | 5,82 | 56 | 1/ 14,3 | 23 | - | - | - | - | 23 |
| 106 | Офис | 16 | НС | Ю | 4,9 | 4,5 | 22,05 | 54 | 0,43 | 512 | 0 | 10 | 5 | 77 | 589 |
| НС | З | 4,6 | 4,8 | 22,08 | 54 | 0,43 | 513 | 10 | 10 | 5 | 128 | 641 |
| ДО | Ю | 1,5 | 1,8 | 2,7 | 54 | 2,63 | 383 | 0 | 10 | 5 | 57 | 440 |
| ДО | З | 1,5 | 1,8 | 2,7 | 54 | 2,63 | 383 | 10 | 10 | 5 | 96 | 479 |
| Пт | - | 4,5\*4,1 | | 18,45 | 54 | 0,28 | 279 | - | - | - | - | 279 |
| Пл | Iзона | 2\*(4,5+4,1) | | 17,2 | 54 | 1/ 2,15 | 432 | - | - | - | - | 432 |
| IIзона | (2\*0,6)+(2\*2,1) | | 9,2 | 54 | 1/ 4,3 | 116 | - | - | - | - | 116 |
| IIIзона | 0,6\*0,1 | | 0,06 | 54 | 1/ 8,6 | 0,4 | - | - | - | - | 0,4 |
| 107 | Офис | 16 | НС | З | 4,2 | 5,8 | 24,36 | 54 | 0,43 | 566 | 10 | 10 | 5 | 142 | 708 |
| ДО | З | 1,5 | 1,8 | 2,7 | 54 | 2,63 | 383 | 10 | 10 | 5 | 96 | 479 |
| Пт | - | 4,2 | 4,5 | 18,9 | 54 | 0,28 | 286 | - | - | - | - | 286 |
| Пл | Iзона | 2\*4,2 | | 8,4 | 54 | 1/ 2,15 | 211 | - | - | - | - | 211 |
| IIзона | 2\*4,2 | | 8,4 | 54 | 1/ 4,3 | 105 | - | - | - | - | 105 |
| IIIзона | 0,6\*4,2 | | 2,52 | 54 | 1/ 8,6 | 16 | - | - | - | - | 16 |
| 108 | Офис | 16 | НС | З | 2,7 | 6,0 | 16,2 | 54 | 0,43 | 376 | 10 | 10 | 5 | 94 | 470 |
| ДО | З | 1,5 | 1,8 | 2,7 | 54 | 2,63 | 383 | 10 | 10 | 5 | 96 | 479 |
| Пт | - | 2,7 | 4,5 | 12,15 | 54 | 0,28 | 184 | - | - | - | - | 184 |
| Пл | Iзона | 2\*2,7 | | 5,4 | 54 | 1/ 2,15 | 136 | - | - | - | - | 136 |
| IIзона | 2\*2,7 | | 5,4 | 54 | 1/ 4,3 | 68 | - | - | - | - | 68 |
| IIIзона | 0,6\*2,7 | | 1,62 | 54 | 1/ 8,6 | 10 | - | - | - | - | 10 |
| 109 | Туалет | 14 | НС | З | 2,2 | 5,5 | 12,1 | 52 | 0,43 | 281 | 10 | 10 | 5 | 70 | 351 |
| ДО | З | 1,5 | 1,8 | 2,7 | 52 | 2,63 | 369 | 10 | 10 | 5 | 92 | 461 |
| Пт | - | 2,2 | 3,0 | 6,6 | 52 | 0,28 | 96 | - | - | - | - | 96 |
| Пл | Iзона | 2,2\*2 | | 4,4 | 52 | 1/ 2,15 | 106 | - | - | - | - | 106 |
| IIзона | 2,2\*1,0 | | 2,2 | 52 | 1/ 4,3 | 27 | - | - | - | - | 27 |
| 110 | Умывальная комната | 16 | НС | З | 0,9 | 5,4 | 4,86 | 54 | 0,43 | 113 | 10 | 10 | 5 | 28 | 141 |
| ВД | - | 0,7 | 2,2 | 1,54 | 7 | 2,91 | 31 | - | - | - | - | 31 |
| Пт | - | 0,9 | 4,5 | 4,05 | 54 | 0,28 | 61 | - | - | - | - | 61 |
| Пл | Iзона | 0,9\*2 | | 1,8 | 54 | 1/ 2,15 | 45 | - | - | - | - | 45 |
| IIзона | 0,9\*1,0 | | 0,9 | 54 | 1/ 4,3 | 11 | - | - | - | - | 11 |
| 111 | Душевая | 25 | НС | С | 2,4 | 4,5 | 10,8 | 63 | 0,43 | 293 | 10 | 10 | 5 | 73 | 366 |
| НС | З | 3,1 | 4,8 | 14,88 | 63 | 0,43 | 403 | 10 | 10 | 5 | 101 | 504 |
| ВС | С | 2,0 | 5,1 | 10,2 | 9 | 0,71 | 65 | - | - | - | - | 65 |
| ДО | С | 1,5 | 1,8 | 2,7 | 63 | 2,63 | 447 | 10 | 10 | 5 | 112 | 559 |
| Пт | - | 2 | 2,8 | 5,6 | 63 | 0,28 | 99 | - | - | - | - | 99 |
| Пл | Iзона | (2+2,8)\*2 | | 9,6 | 63 | 1/ 2,15 | 281 | - | - | - | - | 281 |
| 112 | Раздевалка | 23 | НС | С | 7,2 | 4,5 | 32,4 | 61 | 0,43 | 850 | 10 | 10 | 5 | 213 | 1063 |
| ДО | С | 3\*(1,5\*1,8) | | 8,1 | 61 | 2,63 | 1299 | 10 | 10 | 5 | 325 | 1624 |
| ВС | Ю | 4,7 | 5,7 | 26,79 | 5 | 0,71 | 95 | - | - | - | - | 95 |
| ВС | В | 6,0 | 5,0 | 30 | 7 | 0,71 | 149 | - | - | - | - | 149 |
| ВС | В | 2,3 | 5,5 | 12,65 | 9 | 0,71 | 81 | - | - | - | - | 81 |
| ВС | С | 1,0 | 5,1 | 5,1 | 7 | 0,71 | 25 | - | - | - | - | 25 |
| ВС | В | 0,9 | 5,1 | 4,59 | 7 | 0,71 | 23 | - | - | - | - | 23 |
| ВД | - | 0,9 | 2,2 | 1,98 | 5 | 2,91 | 29 | - | - | - | - | 29 |
| Пт | - | (6,2\*5,8)+(2,2\*1,0) | | 38,16 | 61 | 0,28 | 652 | - | - | - | - | 652 |
| Пл | Iзона | 7,2 | 2 | 14,4 | 61 | 1/ 2,15 | 409 | - | - | - | - | 409 |
| IIзона | (5,1\*2)+3,7+0,6 | | 14,5 | 61 | 1/ 4,3 | 206 | - | - | - | - | 206 |
| IIIзона | 5,1 | 1,7 | 8,67 | 61 | 1/ 8,6 | 61 | - | - | - | - | 61 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 113 | Бокс | 16 | НС | С | 23 | 4,6 | 105,8 | 54 | 0,43 | 2457 | 10 | 10 | 5 | 614 | 3071 |
| НС | Ю | 23 | 4,6 | 105,8 | 54 | 0,43 | 2457 | 0 | 10 | 5 | 369 | 2826 |
| НС | В | 18 | 5,5 | 99 | 54 | 0,43 | 2299 | 10 | 10 | 5 | 575 | 2874 |
| ВС | В | 1,0 | 4,5 | 4,5 | 4 | 0,71 | 13 | - | - | - | - | 13 |
| ВС | З | 0,9 | 2,2 | 1,98 | 4 | 2,91 | 23 | - | - | - | - | 23 |
| ДО | С | 10\*(1,5\*1,8) | | 27 | 54 | 2,63 | 3835 | 10 | 10 | 5 | 959 | 4794 |
| ДО | В | 4\*(1,5\*1,8) | | 10,8 | 54 | 2,63 | 1534 | 10 | 10 | 5 | 384 | 1918 |
| В | Ю | 5\*(3,6\*3) | | 54 | 54 | 4,65 | 13559 | 0 | 10 | 5 | 2034 | 15593 |
| Пт | - | 2\*(24\*9) | | 432 | 54 | 0,28 | 6532 | - | - | - | - | 6532 |
| Пл | Iзона | 2\*(23\*2+17,6) | | 127,2 | 54 | 1/ 2,15 | 3195 | - | - | - | - | 3195 |
|  | IIзона | 2\*(21\*2+9,3) | | 102,6 | 54 | 1/ 4,3 | 544 | - | - | - | - | 544 |
|  | IIIзона | 2\*(19\*2+5,3) | | 86,6 | 54 | 1/ 8,6 | 1288 | - | - | - | - | 1288 |
|  | IVзона | 17,6\*5,3 | | 90,1 | 54 | 1/ 14,3 | 340 | - | - | - | - | 340 |

4. Расчет нагревательных приборов

Расчет нагревательных приборов сводится к определению поверхности нагрева нагревательного прибора по формуле

, м2,

где  - требуемая теплоотдача прибора, Вт;

 - коэффициент теплопередачи прибора определяем по [3], Вт/(м2·оС);

 - средняя температура теплоносителя в приборе, оС;

 - температура теплоносителя на входе в нагревательный прибор, оС;

 - температура теплоносителя на выходе из нагревательного прибора, оС;

 - коэффициент, учитывающий остывание воды в трубах. Определяем по таблице III.20 [1] для двухтрубных систем с нижней разводкой;

 - коэффициент, учитывающий способ установки нагревательного прибора. Определяем по таблице III.21 [1];

 - коэффициент, учитывающий число секций в радиаторе определяем по таблице III.24 [1].

Для секционных радиаторов число секций в нагревательном приборе

,

где  - поверхность одной секции, м2.

Определяется фактическая теплоотдача прибора

, Вт

где  - принятое количество секций в нагревательном приборе, шт.

Расхождение между принятой и фактической теплоотдачей

.

Допустимое расхождение  %

В качестве требуемой теплоотдачи прибора принимаем общие теплопотери помещения.

Для двухтрубной системы принимаем

Температура теплоносителя на входе в нагревательный прибор  оС;

Температура теплоносителя на выходе из нагревательного прибора  оС;

 оС.

По таблице III.7 [1] определяем для чугунных радиаторов М-140 поверхность одной секции  м2.

Таблица 2. Расчет нагревательных приборов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № поме  щений | Наи  мено  вание  поме  щения и внут  ренняя темпе  ратура tв,, оС | Темпе  ратура теплоно  сителя tпр= (tг +tо)/2, оС | Рас  четный перепад темпе  ратур, tпр- tв, оС | Рас  четная тепловая нагрузка на приборы, Вт | Коэф  фициент  тепло  передачи  нагрева  тельного прибора  к пр,  Вт/(м2 . оС) | Поправочный коэффициент на остывание воды в трубах | | Поверх  ность нагрева приборов Fпр, М2 | Коли  чество нагре  вательных приборов и секций в приборах, шт. | Попра  вочный коэф  фициент на число секций β3 | Прини  маемое коли  чество приборов и секций | Фактическая тепловая нагрузка на прибор, Вт | Расхождение между расчетной и фактической тепловой нагрузкой прибора, % |
| Учит охлаж-дение воды в трубах β1 | Учит  способ уста-новки прибо-ра β2 |
| 101 | 12 | 82,5 | 70,5 | 841 | 9,9 | 1,05 | 1 | 1,265 | 4,980315 | 1 | 1\*5 | 886 | 5,1 |
| 102 | 14 | 82,5 | 68,5 | 200 | 9,6 | 1,05 | 1 | 0,319 | 1,255906 | 0,96 | 1\*2 | 224 | 10,7 |
| 103 | 16 | 82,5 | 66,5 | 166 | 9,6 | 1,05 | 1 | 0,273 | 1,074803 | 0,96 | 1\*1 | 162 | -2,4 |
| 104 | 18 | 82,5 | 64,5 | 1171 | 9,6 | 1,05 | 1 | 1,986 | 7,819 | 1,01 | 1\*8 | 1258 | 6,9 |
| 105 | 18 | 82,5 | 64,5 |
| 106 | 16 | 82,5 | 66,5 | 2976 | 9,6 | 1,05 | 1 | 4,895 | 19,27165 | 1,03 | 2\*10 | 3243 | 8,2 |
| 107 | 16 | 82,5 | 66,5 | 1805 | 9,6 | 1,05 | 1 | 2,969 | 11,68898 | 1,02 | 1\*12 | 1946 | 7,2 |
| 108 | 16 | 82,5 | 66,5 | 1347 | 9,6 | 1,05 | 1 | 2,215 | 8,720472 | 1,01 | 1\*9 | 1459 | 7,7 |
| 109 | 14 | 82,5 | 68,5 | 1041 | 9,6 | 1,05 | 1 | 1,662 | 6,543307 | 1 | 1\*7 | 1169 | 11 |
| 110 | 16 | 82,5 | 66,5 | 289 | 9,6 | 1,05 | 1 | 0,475 | 1,870079 | 0,96 | 1\*2 | 324 | 10,9 |
| 111 | 25 | 82,5 | 57,5 | 1809 | 9,2 | 1,05 | 1 | 3,591 | 14,1378 | 1,01 | 1\*14 | 1881 | 3,8 |
| 112 | 23 | 82,5 | 59,5 | 4288 | 9,2 | 1,05 | 1 | 8,225 | 32,38189 | 1,03 | 3\*11 | 4588 | 6,5 |
| 113 | 16 | 82,5 | 66,5 | 42975 | 9,6 | 1,05 | 1 | 70,683 | 278,2795 | 1,03 | 12\*20  2\*19 | 45079 | 4,7 |

5. Расчет котлов и вспомогательного оборудования

Суммарная поверхность нагрева котлов определяется по формуле [1]

, м2

где  - коэффициент запаса на производительные потери тепла при нижней разводке трубопроводов;

 - расчетное количество тепла, ккал/ч;

 - тепловое напряжение поверхности нагрева, ккал/(м2·ч).

В качестве расчетного количества тепла принимаем суммарные теплопотери всего здания .

По таблице V.13 определяем тепловое напряжение поверхности нагрева.

Для котлов типа КЧМ-2 при сжигании сортированного антрацита:

 ккал/(м2·ч).

 м2

По таблице V.2 принимаем 2 чугунных котла КЧМ-2 . Поверхность нагрева каждого котла 4,23 м2, максимальная теплопроизводительность при сжигании сортированного антрацита 45000 ккал/ч.

Расчет дымовой трубы.

Площадь поперечного сечения выходного отверстия дымовой трубы

, см2,

где  - тепловая нагрузка котельной, ккал/ч;

- высота трубы от уровня колосниковой решетки до верха оголовка трубы, м.

 см2.

Принимаем кирпичную дымовую трубу с размерами в кирпичах , площадь сечения выходного отверстия 729 см2.

Площадь сечения борова

, см2

где  - теплопроизводительность котлов, обслуживаемых расчетным участком борова, ккал/ч.

Диаметр борова .

Площадь сечения и диаметр борова на участке котел - общий боров

 см2,

 см.

Подбор расширительного бака

Расширительные баки предназначены для вмещения избыточного объема воды при ее температурном расширении в системе водяного отопления.

Емкость расширительного бака определяется по формуле

, л

где  - объем воды в элементах системы отопления.

Для перепада температур воды в системе 95-70оС

 л.

 л.

Принимаем стандартный расширительный бак марки 1Е010 с полезной емкостью 67 л. Размеры бака D×H = 645×710 мм.

6. Расчет помещения встроенной котельной

Часовой расход топлива

, кг

где  - расход тепла, ккал/ч;

 - средняя низшая теплота сгорания топлива ккал/кг;

 - кпд котельной установки [1].

По таблице V.23 [1] для антрацита находим  ккал/кг.

 кг.

Площадь склада для твердого топлива на месячный запас

, м2,

где  - объемная масса топлива, принимаемая по таблице V.23 [1], кг/м3;

 - высота штабеля в зависимости от рода топлива, м.

Для антрацита  кг/м3,  м.

 м2.

Расход твердого топлива за отопительный период

, т

где  - коэффициент, учитывающий непроизводительные потери тепла;

 - теплопотери здания, ккал/ч;

 - средняя внутренняя температура отапливаемых помещений, оС;

 т.

Объем воздуха для дутья

,м3/ч

где - коэффициент, избытка воздуха в топке;

 - температура воздуха под потолком котельной принимается 20 оС;

 - барометрическое давление принимаем 745 мм рт. ст. ;

- теоретический объем воздуха необходимого для сгорания

 м3/ч

7. Гидравлический расчет двухтрубной водяной системы отопления

Целью гидравлического расчета является:

1. Определение оптимальных диаметров трубопроводов;

2. Определение потерь давления в системе.

Для проведения гидравлического расчета вычерчивается аксонометрическая схема системы отопления с нанесением всех элементов системы.

Первоначально выбирается расчетное циркуляционное кольцо наиболее протяженное и нагруженное. Расчетное кольцо разбивается на расчетные участки – трубопроводы постоянного сечения с постоянным расходом среды. Определяется тепловая нагрузка участка, под которой понимается фактическая теплоотдача приборов, обслуживаемых данным участком.

Определяется расход среды на участке

, кг/ч,

где  - тепловая нагрузка участка, Вт;

 кДж/(кг·К) - теплоемкость воды;

Диаметры трубопровода на участке , скорости движения воды , потери давления от трения на 1 м трубы  определяются по таблице III.60 [1].

Потери давления от трения

, кгс/м2

где  - длина расчетного участка, м.

 - потери давления от трения на 1 м трубы, кгс/м2;

Значения местных сопротивлений на участке определяются по таблице III.65 [1].

Потери давления на местные сопротивления

,

где  - сумма местных сопротивлений участка;

 - скоростное давление определяется по таблице III.61 при , кгс/м2;

Потери давления по участкам:

,

Сравниваем полученные потери с располагаемым давлением. При этом потери должны составлять ≈0,9Ррасп.

Ррасп=Рн+БРе

Ре – естественное давление, возникающее за счет охлаждения воды в нагревательных приборах, Па;

Рн – давление создаваемое насосом.

Б – коэффициент учитывающий работу системы отопления в течение отопительного сезона. Для двухтрубных систем Б=0,5-0,7.

Естественное давление возникающее за счет охлаждения воды в нагревательных приборах

, Па

где h1 – разность высот между центром нагревательного прибора и центром котла, м

 - плотности горячей и обратной воды, кг/м3.

По таблице 11 приложения [4] находим при 95оС  кг/м3; при 70оС  кг/м3;

Для гаража

 Па.

Па.

Расчёт местных сопротивлений сводим в таблицу.

Таблица - Расчёт местных сопротивлений

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № участка | Характер сопротивления | Численное значение | Итого по участку |
| 1 | 0,5 радиатора | 0,6 | 3,6 |
| Тройник на противоток | 3 |
| 2 | Отвод на 90о | 0,3 | 1,3 |
| Тройник напрямой проход | 1 |
| 3 | Отвод на 90о | 0,3 | 1,3 |
| Тройник на прямой проход | 1 |
| 4 | Тройник на прямой проход | 1 | 1 |
| 5 | Тройник на прямой проход | 1 | 1 |
| 6 | Тройник на прямой проход | 1 | 1 |
| 7 | Тройник на прямой проход | 1 | 1 |
| 8 | Задвижка | 0,5 | 3,5 |
| Крестовина на поворот | 3 |
| 9 | Четыре отвода под 90о | 4\*0,3 | 7,5 |
| 10 | Тройник на проход с поворотом | 1,5 | 3,55 |
| Отвод на 90о | 0,3 |
| Задвижка | 0,5 |
| Полкотла | 1,25 |
| 11 | Тройник на противоток | 3 | 5,05 |
| Отвод на 90о | 0,3 |
| Задвижка | 0,5 |
| Полкотла | 1,25 |
| 12 | - | - | - |
| 13 | Задвижка | 0,5 | 3,5 |
| Крестовина на проход с поворотом | 3 |
| 14 | Тройник на проход | 1 | 1 |
| 15 | Тройник на проход | 1 | 1 |
| 16 | Тройник на проход | 1 | 1 |
| 17 | Тройник на проход | 1 | 1 |
| 18 | Отвод на 90о | 0,3 | 1,3 |
| Тройник на проход | 1 |
| 19 | Отвод на 90о | 0,5 | 1,5 |
| Тройник на проход | 1 |
| 20 | 0,5 радиатора | 0,6 | 2,6 |
| Тройник на проход с поворотом | 1,5 |
| Задвижка | 0,5 |
| 21 | Тройник на противоток | 3 | 3,6 |
| Полрадиатора | 0,6 |
| 22 | Тройник на проход с поворотом | 1,5 | 1,5 |
| 23 | Тройник на прямой проход | 1 | 1 |
| 24 | Задвижка | 0,5 | 3,5 |
| Крестовина на проход с поворотом | 3 |
| 25 | Четыре отвода под 90 о | 4\*0,3 | 1,2 |
| 26 | Тройник на проход с поворотом | 1,5 | 3,55 |
| Отвод под 90 | 0,3 |
| Задвижка | 0,5 |
| Полкотла | 1,25 |
| 27 | Тройник на противоток | 3 | 5,05 |
| Отвод под 90 | 0,3 |
| Задвижка | 0,5 |
| Полкотла | 1,25 |
| 28 | - | - | - |
| 29 | Задвижка | 0,5 | 3,5 |
| Крестовина на проход с поворотом | 3 |
| 30 | Тройник на прямой проход | 1 | 1 |
| 31 | Тройник на проход с поворотом | 1,5 | 1,5 |
| 32 | Тройник на проход с поворотом | 1,5 | 2,6 |
| Задвижка | 0,5 |
| Полрадиатора | 0,6 |

Таблица 3. Гидравлический расчет системы отопления

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № участка | Тепловая нагрузка на участок Qуч, Вт | Расход теплоно-сителя на участке G, кг/ч | Длинна участка l, м | Диаметр трубы d, мм | Скорость воды на участке W, м/с | Динами-ческий напор hw, Па | Удельная потеря давления на трение R, Па | Потеря давления на трение Rl, Па | Сумма коэффици-ентов местных сопротивлений Σζ | Потеря давления на местные сопротив-ления z=Σζ·hw,Па | Полные потери давления Rl+Z,, Па |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Большое циркуляционное кольцо | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2432 | 83,66 | 0,6 | 20 | 0,065 | 2,45 | 4,00 | 2,40 | 2,50 | 6,13 | 8,53 |
| 2 | 4865 | 167,36 | 11,3 | 32 | 0,049 | 1,10 | 1,40 | 15,82 | 2,50 | 2,75 | 18,57 |
| 3 | 9729 | 334,68 | 7,9 | 40 | 0,071 | 3,14 | 2,40 | 18,96 | 2,50 | 7,85 | 26,81 |
| 4 | 14593 | 502,00 | 4,8 | 50 | 0,069 | 2,45 | 1,60 | 7,68 | 1,00 | 2,45 | 10,13 |
| 5 | 19457 | 669,33 | 4,8 | 50 | 0,087 | 4,02 | 2,40 | 11,52 | 1,00 | 4,02 | 15,54 |
| 6 | 24321 | 836,65 | 4,8 | 50 | 0,115 | 7,06 | 4,00 | 19,20 | 1,00 | 7,06 | 26,26 |
| 7 | 29185 | 1003,98 | 4,8 | 50 | 0,144 | 11,08 | 6,00 | 28,80 | 1,00 | 11,08 | 39,88 |
| 8 | 34049 | 1171,30 | 2,4 | 50 | 0,152 | 36,29 | 7,00 | 16,80 | 1,50 | 54,44 | 71,24 |
| 9 | 62215 | 2140,22 | 16 | 70 | 0,174 | 15,89 | 7,00 | 112,00 | 7,50 | 119,18 | 231,18 |
| 10 | 31107,5 | 1070,11 | 1,7 | 50 | 0,144 | 11,08 | 6,00 | 10,20 | 2,00 | 22,16 | 32,36 |
| 11 | 31107,5 | 1070,11 | 1,1 | 50 | 0,144 | 11,08 | 6,00 | 6,60 | 3,50 | 38,78 | 45,38 |
| 12 | 62215 | 2140,22 | 11,9 | 70 | 0,174 | 15,89 | 7,00 | 83,30 | 4,00 | 63,56 | 146,86 |
| 13 | 34049 | 1171,30 | 2,4 | 50 | 0,152 | 36,29 | 7,00 | 16,80 | 1,50 | 54,44 | 71,24 |
| 14 | 29185 | 1003,98 | 4,8 | 50 | 0,144 | 11,08 | 6,00 | 28,80 | 1,00 | 11,08 | 39,88 |
| 15 | 24321 | 836,65 | 4,8 | 50 | 0,115 | 7,06 | 4,00 | 19,20 | 1,00 | 7,06 | 26,26 |
| 16 | 19457 | 669,33 | 4,8 | 50 | 0,087 | 4,02 | 2,40 | 11,52 | 1,00 | 4,02 | 15,54 |
| 17 | 14593 | 502,00 | 4,8 | 50 | 0,069 | 2,45 | 1,60 | 7,68 | 1,00 | 2,45 | 10,13 |
| 18 | 9729 | 334,68 | 7,9 | 40 | 0,071 | 3,14 | 2,40 | 18,96 | 2,50 | 7,85 | 26,81 |
| 19 | 4865 | 167,36 | 7,4 | 32 | 0,049 | 1,10 | 1,40 | 10,36 | 3,00 | 3,30 | 13,66 |
| 20 | 2432 | 83,66 | 0,6 | 20 | 0,065 | 2,45 | 4,00 | 2,40 | 1,00 | 2,45 | 4,85 |
| Малое циркуляционное кольцо | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2432 | 83,66 | 0,6 | 20 | 0,065 | 2,45 | 4,00 | 2,40 | 3,6 | 8,8 | 11,2 |
| 2 | 4865 | 167,36 | 0,6 | 32 | 0,049 | 1,10 | 1,40 | 0,8 | 1,5 | 1,7 | 2,5 |
| 3(8) | 34049 | 1171,30 | 2,4 | 50 | 0,152 | 36,29 | 7,00 | 16,80 | 1,50 | 54,44 | 71,24 |
| 4(9) | 62215 | 2140,22 | 16 | 70 | 0,174 | 15,89 | 7,00 | 112,00 | 7,50 | 119,18 | 231,18 |
| 5(10) | 31107,5 | 1070,11 | 1,7 | 50 | 0,152 | 36,29 | 7,00 | 11,90 | 1,50 | 54,44 | 66,34 |
| 6(11) | 31107,5 | 1070,11 | 1,1 | 70 | 0,174 | 15,89 | 7,00 | 7,70 | 7,50 | 119,18 | 126,88 |
| 7(12) | 62215 | 2140,22 | 11,9 | 50 | 0,144 | 11,08 | 6,00 | 71,40 | 2,00 | 22,16 | 93,56 |
| 8(13) | 34049 | 1171,30 | 2,4 | 50 | 0,144 | 11,08 | 6,00 | 14,40 | 3,50 | 38,78 | 53,18 |
| 9 | 4864 | 167,32 | 4,5 | 70 | 0,174 | 15,89 | 7,00 | 31,50 | 4,00 | 63,56 | 95,06 |
| 10 | 2432 | 83,66 | 0,6 | 20 | 0,065 | 2,45 | 4,00 | 2,40 | 1,50 | 3,68 | 6,08 |

Определим невязку в большом и малом циркуляционном кольцах.

%.

Невязка допустима. Для водяного отопления с искусственной циркуляцией в котельной устанавливаются два одинаковых попеременно работающих центробежных насос – рабочий и резервный.

8. Расчет системы вентиляции

В канальных системах естественной вытяжной вентиляции воздух перемещается в каналах и воздуховодах под действием естественного давления, возникающего вследствие разности давлений холодного наружного и теплого внутреннего воздуха.

Естественное давление Δре Па, определяют по формуле



где hi – высота воздушного столба, принимаемая от центра вытяжного отверстия до устья вытяжной шахты, м;

ρн, ρв – плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м3

Расчетное естественное давление для систем вентиляции жилых и общественных зданий, согласно СНиП П-33-75, определяется для температуры наружного воздуха +5° С. Считается, что при более высоких наружных температурах, когда естественное давление становится весьма незначительным, дополнительный воздухообмен можно получать, открывая более часто и на более продолжительное время форточки, фрамуги, а иногда и створки оконных рам.

Анализируя выражение для естественного давления можно сделать следующие практические выводы.

1. Верхние этажи здания по сравнению с нижними находятся в менее благоприятных условиях, так как располагаемое давление здесь меньше.
2. Естественное давление становится большим при низкой температуре наружного воздуха и заметно уменьшается в теплое время года.
3. Охлаждение воздуха в воздуховодах (каналах) влечет за собой снижение действующего давления и может вызвать выпадение конденсата со всеми вытекающими при этом последствиями

Кроме того, из этого следует, что естественное давление не зависит от длины горизонтальных воздуховодов, тогда как для преодоления сопротивлении в коротких ветвях воздуховодов, безусловно, требуется меньше давления, чем в ветвях значительной протяженности. На основании технико-экономических расчетов и опыта эксплуатации вытяжных систем вентиляции радиус действия их от – оси вытяжной шахты до оси наиболее удаленного отверстия допускается не более 8 м.

Для нормальной работы системы естественной вентиляции необходимо, чтобы было сохранено равенство:



где R – удельная потеря давления на трение, Па/м;

1 – длина воздуховодов (каналов), м;

RI – потеря давления на трение расчетной ветви, Па;

Ζ – потеря давления на местные сопротивления, Па;

Δрс – располагаемое давление, Па;

α – коэффициент запаса, равный 1,1—1,15;

β – поправочный коэффициент на шероховатость поверхности.

Расчету воздуховодов (каналов) должна предшествовать следующая расчетно-графическая работа.

1. Определение воздухообменов для каждого помещения по кратностям (согласно СНиП соответствующего здания) или по расчету. При этой работе заполняется бланк.
2. Компоновка систем вентиляции. В одну систему объединяют только одноименные или близкие по назначению помещения. Системы вентиляции квартир, общежитии и гостиниц не совмещают с системами вентиляции детских садов и яслей, торговых и других учреждений, находящихся в том же здании. Санитарные узлы во всех случаях обслуживаются самостоятельными системами и при пяти унитазах и более оборудуются механическими побудителями. В детских садах и яслях рекомендуется устраивать вытяжные системы естественной вентиляции, самостоятельные для каждой группы детей, объединяя помещения с учетом их на значения (СНиП П-Л.3-71). В курительных комнатах, как правило, осуществляется механическая вентиляция Вытяжку из комнат жилого дома с окнами, выходящими на одну сторону, рекомендуется объединять в одну систему.
3. Графическое изображение на планах этажей и чердака элементов системы (каналов и воздуховодов, вытяжных отверстий и жалюзийных решеток, вытяжных шахт). Против вытяжных отверстий помещений указывается количество воздуха, удаляемого по каналу. Транзитные каналы, обслуживающие помещения нижних этажей, рекомендуется обозначать римскими цифрами (I, II, III и т.д.). Все системы вентиляции должны быть пронумерованы.
4. Вычерчивание аксонометрических схем в линиях, или, что лучше, с изображением внешних очертаний всех элементов системы. На схемах в кружке у выносной черты проставляется номер участка, над чертой указывается нагрузка участка, м3/ч, а под чертой – длина участка, м..

Аэродинамический расчет воздуховодов (каналов) выполняют по таблице или номограммам, составленным для стальных воздуховодов круглого сечения при ρв-1,205 кг/м3, tв=20 °С. В них взаимосвязаны величины L, R, w, hw и d.

Чтобы воспользоваться таблицей или номограммой для расчета воздуховода прямоугольного сечения, необходимо предварительно определить соответствующую величину равновеликого (эквивалентного), диаметра, т.е. такого диаметра круглого воздуховода, при котором для той же скорости движения воздуха, как и в прямоугольном воздуховоде, удельные потери давления на трение были бы равны. Диаметр определяется по; формуле:



где a, b – размеры сторон прямоугольного воздуховода, м.

Если воздуховоды имеют шероховатую поверхность, то коэффициент трения для них а, следовательно, и удельная потеря давления на трение будут соответственно больше, чем указано в таблице или номограмме.

Методика расчета воздуховодов (каналов) систем естественной вентиляции может быть представлена в следующем виде.

1. При заданных объемах воздуха, подлежащего перемещению по каждому участку каналов, принимают скорость его движения.
2. По объему воздуха и принятой скорости определяют предварительно площадь сечения каналов. Потери давления на трение и местные сопротивления для таких сечений каналов выявляют по таблицам или номограммам.
3. Сравнивают полученные суммарные сопротивления с располагаемым давлением. Если эти величины совпадают, то предварительно полученные площади сечения каналов могут быть приняты как окончательные. Если же потери давления оказались меньше или больше располагаемого давления, то площадь сечения каналов следует увеличить или, наоборот, уменьшить, т. е. поступать так же, как при расчете трубопровода системы отопления.

При предварительном определении площади сечений каналов систем естественной вентиляции можно задаваться следующими скоростями движения воздуха: в вертикальных каналах верхнего этажа 0,5÷0,6 м/с, из каждого нижерасположенного этажа на 0,1 м/с больше, чем из предыдущего, но не выше 1 м/с; в сборных воздуховодах w≥l м/с и в вытяжной шахте

w =1÷1,5 м/с.

Если при расчете воздуховодов задана площадь сечения каналов и известен часовой расход воздуха, то скорость w, м/с, определяется по формуле



где f – площадь сечения канала или воздуховода, м2;

L — объем вентиляционного воздуха, м3;

Потери давления на местные сопротивления

,

где Σξ – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

hw – динамическое давление, Па

Динамическое давление hw определяется по дополнительной шкале номограммы для расчета воздуховодов.

Запроектируем приставные воздуховоды из гипсошлаковых плит, размещая их снаружи перегородок. Вентилировать будем помещение 104 Курительная.

Расход воздуха по объему помещения при кратности циркуляции равной 10.

м3/ч

Естественное давление в системе вентиляции (при внутренней температуре 14 оС) равно:



 Па

Местные потери расписываем по участкам:

Участок №1: Вход в жалюзийную решётку с поворотом потока ξ=2,19;

Вытяжная шахта с зонтом ξ=1,3

Результаты расчёта заносим в таблицу 6.

Таблица 6. Расчёт вентиляции.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № участка | Расход воздуха L, м3/ч | Длинна участка l, м | Скорость воздуха на участке w, м/с | Площадь поперечного сечения воздуховода f, м2 | Размеры воздуховода, м | | Эквивалентный диаметр dэ, м | Удельная потеря давления на трение R, Па | Потеря давления на трение Rl, Па | Сумма коэффициентов местных сопротивлений Σζ | Динамический напор hw, Па | Потеря давления на местные сопротивления Zуч=Σζ·hw, Па | Полные потери давления на трение ΔP, Па |
| а | b |
| 1 | 49,7 | 1,3 | 0,614 | 0,0225 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,09 | 0,138 | 2,19 | 0,233 | 0,510 | 0,648 |
| 2 | 49,7 | 2,8 | 0,614 | 0,0225 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,09 | 0,297 | 0,4 | 0,233 | 0,093 | 0,391 |
| 3 | 99,4 | 1,0 | 0,690 | 0,04 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,392 | 0,463 | 0,4 | 0,295 | 0,118 | 0,581 |
| 4 | 132,1 | 2,4 | 0,612 | 0,06 | 0,2 | 0,3 | 0,24 | 0,12 | 0,340 | 1,3 | 0,232 | 0,301 | 0,641 |
| Итого по участку 1-4 | | | | | | | | | | | | | 2,260 |
| 5 | 32,7 | 1,3 | 0,404 | 0,0225 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,09 | 0,138 | 2,19 | 0,101 | 0,221 | 0,359 |
| 6 | 32,7 | 2,8 | 0,404 | 0,0225 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,09 | 0,297 | 0,4 | 0,101 | 0,040 | 0,338 |
| 7 | 49,7 | 1,3 | 0,614 | 0,0225 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,09 | 0,138 | 2,19 | 0,233 | 0,510 | 0,648 |

Сравним полученные потери на участке 1-4 с располагаемым давлением: 2,26 Па<2,54 Па, следовательно, условие естественной вентиляции PРАСП.>Rl+Z = ΔP выполняется.

На участке 7-3-4: 1,592 Па<2,54 Па;

На участке 5-6-4: 1,338Па<2,54 Па.

Все условия выполняются

9. Используемые источники

1. Справочник по теплоснабжению и вентиляции (издание 4-е, переработанное и дополненное). Книга 1-я. Р.В. Щекин. Киев, "Будiвельник", 1976, стр. 416.

2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Ч. 1. Теоретические основы создания микроклимата здания: Уч. пос. / Полушкин В.И., Русак О.Н., Бурцев С.И. и др.– СПб: Профессия. 2002. – 176 с., цв.вкл. – (Серия "Специалист").

3. Конспект лекций.

4. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., "Энергия", 1969.

5. Справочник по теплоснабжению и вентиляции (издание 4-е, переработанное и дополненное). Книга 2-я. Р.В. Щекин. Киев, "Будiвельник", 1976.

6. Ржаницына Л. М. Расчет систем вентиляции: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1987. – 20 с.