**Задача 1**

Последняя цифра зачетной книжки – 0

Предпоследняя цифра зачетной книжки – 4

Расчет тепловой мощности трехэтажного жилого здания

**Исходные данные**

1. План и разрез жилого здания представлены на рисунке 1.

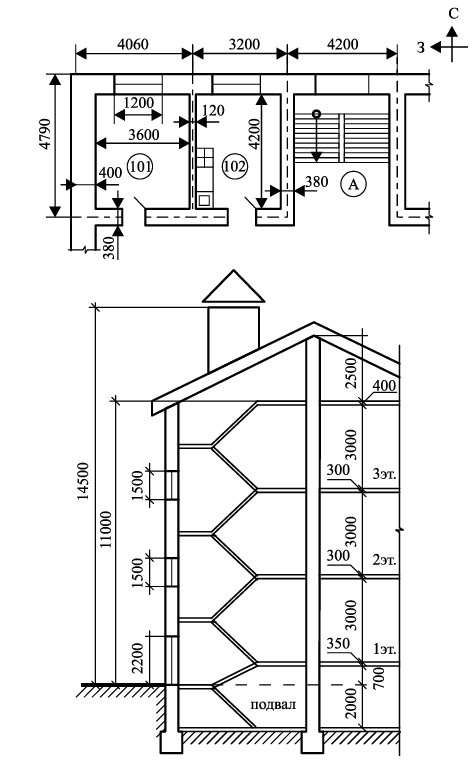


Рисунок 1 – План 1-го этажа и разрез здания

2. Расчетная температура наружного воздуха для г. Уфа – tн= –33 ºС. Скорость ветра 2,9 м/с.

Расчетные температуры внутреннего воздуха: жилая комната – 21 ºС, кухня – 19 ºС, лестничная клетка – 16 ºС [1].

3. Характеристика наружных ограждений здания:

а) толщина наружной стены δнс= 400 мм с коэффициентом теплопередачи kнс= 0,236 Вт/(м2·ºС);

б) толщина перекрытия над неотапливаемым подвалом δпл= 350 мм с коэффициентом теплопередачи kпл= 0,2 Вт/(м2 ·ºС);

в) толщина чердачного перекрытия δпт= 450 мм с коэффициентом теплопередачи kпт= 0,193 Вт/(м2·ºС);

г) окна двойные в деревянных переплетах с коэффициен том теплопередачи kдо= 1,818 Вт/(м2·ºС);

д) наружные двери двойные с тамбуром с коэффициентом теплопередачи kнд= 0,394 Вт/(м2·ºС);

е) коэффициент теплопередачи внутренней стены здания kвс= 1,63 Вт/(м2·ºС).

4. Коэффициент n при наличии чердака и подвального помещения принимается равным: для наружных стен, окон и дверей n =1, для пола первого этажа и потолка третьего этажа n = 0,9.

5. Высота помещения h = 3,0 м.

**Решение.**

1.Определяем расчетную высоту этажей и высоту здания; толщина межэтажного перекрытия принимается равной δптэ= 300 мм:

h1= h + δпл+ δптэ =3,0 + 0,35 + 0,3 = 3,65 м;

h2= h + δптэ= 3,0 + 0,3 = 3,3 м;

h3= h + δпт= 3,0 + 0,45 = 3,45 м;

Hзд= h1+ h2+ h3+ 0,7 = 11,1 м.

2. Определяем расчетный коэффициент теплопередачи для окна:

kок = kдо,то − k нс, (1)

где kдо,то – коэффициент теплопередачи окна, полученный по ре зультату теплотехнического расчета, Вт/м2 ºС.

Подставим значения в формулу (1)

kок = 1,818 − 0,236 = 1,582 Вт/м2 ºС

3. Определяем основные и дополнительные потери теплоты через ограждающие конструкции здания и результаты расчетов заносим в таблицу 1 (графы 1–12).

Расчетные теплопотери помещения, Вт, определяются по формуле

QР = QОГР + QИНФ – QБЫТ, (2)

где QОГР –теплопотери помещения, Вт, рассчитываются отдельно для каждой ограждающей конструкции или ее части по формуле (3);

QИНФ – теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха или вентиляционной нормы воздуха, Вт;

*Q*БЫТ – бытовые теплопоступления в помещение, Вт.

Основные потери теплоты Qогр,Вт, через рассматриваемые ограждающие конструкции зависят от разности температуры наружного и внутреннего воздуха и рассчитываются с точностью до 10 Вт по формуле

QОГР=A(tв-tн)(1+Σ)n∙ k, (3)

где: A – расчётная площадь ограждения, м2;

К–коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/м2 0С;

tв – расчётная температура воздуха внутри помещения, 0С;

– расчетная температура наружного воздуха для холодного периода,ºC;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности

ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху.

- коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери.

Теплопотери через внутренние ограждения между смежными помещениями следует учитывать при разности температуры воздуха tв этих помещений более 3 ºС.

Теплопотери для лестничной клетки определяются для всех этажей сразу, через все ограждающие конструкции, как для одного помещения.

Кроме разности температур по обе стороны ограждения, являющихся основной причиной возникновения теплового потока изнутри помещения наружу, на величину потока оказывают влияние такой фактор, как ориентация здания по сторонам света (рисунок 1).

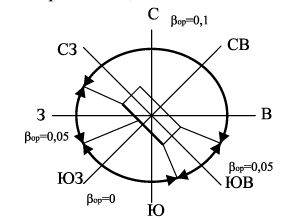


Рисунок 1 – Значение коэффициентов надбавок на ориентацию

Прочие дополнительные теплопотери:

а) при наличии двух и более наружных стен принимается добавка на все вертикальные ограждения, равная 0,05;

б) для угловых помещений и помещений, имеющих два и более наружных вертикальных ограждения, температуру внутреннего воздуха принимают для жилых зданий на 2 ºС выше расчетной, а для зданий другого назначения повышение температуры учитывают 5%-й добавкой к основным теплопотерям вертикальных наружных ограждений;

в) дополнительные потери теплоты на нагревание холодного воздуха, поступающего при кратковременном открывании наружных входов, не оборудованных воздушно-тепловыми за весами, принимаются в зависимости от типа входных дверей и высоты здания Н, м:

− для тройных дверей с двумя тамбурами между ними

Qд.нд= Qогр.нд (0,2 ⋅ Н); (4)

− для двойных дверей с тамбурами между ними

Qд.нд= Qогр.нд (0,27 ⋅ Н); (5)

− для двойных дверей без тамбура

Qд.нд= Qогр.нд (0,34 ⋅ Н); (6)

− для одинарных дверей

Qд.нд= Qогр.нд (0,22 ⋅ Н), (7)

где Qогр.нд – основные теплопотери через наружные двери в помещении лестничной клетки.

4. Производим расчет расхода теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха. Расчет выполняем по выражениям (8) и (13), при этом принимаем за расчетное значение большую из величин. Результаты расчетов заносим в графу 13 таблицы 1.

Для неорганизованной инфильтрации через существующие неплотности и щели в стенах, окнах расход теплоты Qi, Вт, определяется по формуле:

, (8)

где Gн – расход инфильтрующегося воздуха через отдельные ограждающие конструкции, кг/ч;

с=1,005кДж/кг 0С – удельная теплоемкость воздуха;

tв – расчётная температура воздуха внутри помещения, 0С;

*tн* – расчетная температура наружного воздуха, равная температуре наиболее холодной пятидневки, оС;

к - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный: *k*т= 0,8.

Расход инфильтрирующего воздуха через неплотности наружных ограждений определяем по формуле:

 (9)

где *G\*н* - нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, кг/(м2⋅ч), принимаемая по [2];

∑ А – площадь ограждений, м2;

- перепад давления на поверхности соответствующих ограждений в зоне расположения воздухопроницаемого элемента.

Расчетная разность давления  в общем случае определяется величиной гравитационно – ветрового давления по формуле:

 (10)

где H – высота устья вентиляционной шахты над поверхностью земли, м;

h – расстояние от поверхности до верха окон, м;

k – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания. По таблице 1.2 [5] k=0,475;

v – скорость ветра;

q – ускорение свободного падения, м/с;

cн,cп–аэродинамические коэффициенты для наветренной и подветренной поверхностей ограждений здания, соответственно принимаемые по [3];

Р – полное давление здания, Па.

массовая плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха при  и , которую можно определить по формуле:

 (11)

Определим плотность наружного воздуха:



Определим плотность внутреннего воздуха:



Полное давление здания Р, Па определяется по формуле:

 (12)

где расстояние от центра вытяжной решетки до устья вентиляционной шахты, м.

плотность наружного воздуха при 

Определим плотность воздуха при температуре +5оС:



Затраты теплоты Qи,Вт при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемой подогретым приточным воздухом, рассчитываются по формуле:

 (13)

где ρ- плотность внутреннего воздуха, кг/м3;

с - удельная теплоемкость воздуха, равная 1, 005 кДж/ (кг°С);

L - расход удаляемого воздуха, не компенсированный подогретым приточным воздухом, м3/ч, определяемый для жилых зданий по формуле:

L = Fпл∙ Кр (14)

где Кр – кратность воздухообмена, l/ч (для жилых помещений и кухни 3м3/ч),

Fпл – площадь пола, м2.

5. Рассчитываем дополнительные бытовые поступления теплоты в помещения, которые заносим в графу 14 таблицы 1.

При расчете тепловой мощности системы отопления необходимо учитывать регулярные бытовые теплопоступления в помещение от электрических приборов, коммуникаций, тела человека и других источников. При этом значения бытовых тепловыделений, поступающих в комнаты и кухни жилых домов, следует принимать в количестве не менее 10 Вт на 1 м2 площади пола и определять по формуле, Вт,

Qб=10 ⋅ Апол, (15)

где Апол – площадь пола отапливаемого помещения, м2.

6. Составляем тепловой баланс каждого помещения здания согласно выражению(2). Результаты расчетов заносим в графу 15 таблицы 1. Определяем тепловую мощность системы отопления здания суммированием значений графы 15 таблицы 1.

Произведем расчет инфильтрации для жилого помещения 102 – кухни. Жилое помещение оборудовано естественной вытяжной вентиляцией с нормативным воздухообменом 3 м3/ч на 1 м2площади пола.

Высота здания от уровня земли до верха вытяжной шахты естественной вентиляции *Н* = 14,55м. Расчетная высота от уровня земли до верха окна h = 3,45 м, при расстоянии от пола до подоконника 0,9 м (по рисунку 1). Расстояние от центра вытяжной решетки до верха вытяжной шахты hi=10,85 м.

Площадь пола комнаты 102 по рисунку 1 Апола=14,1 м2; размеры окна 1,2×1,5 м.

Коэффициент учёта влияния встречного теплового потока в конструкции окна *k*т= 0,8.

Коэффициент учёта изменения скоростного давления ветра равен *kv*= 0,475.

Аэродинамические коэффициенты *С*н= 0,8; *С*п = -0,6.

Скорость ветра в городе Уфа в холодный период года равна *v*н= 2,9м/с. Нормативная водухопроницаемость оконного проема, принимаемая по [2], G\*н= 5 кг/(м3·ч).

Потеря давления воздуха в вытяжной системе по формуле (5) равна:

Р=10,85∙9,8(1,27-1,209)=6,5 Па

Тогда расчетная разность давлений по формуле (3):

ΔР= 9,8(14,55-3,45)(1,47-1,209)+0,5∙1,47∙2,92∙0,475∙(0,8+0,6)-6,5=26 Па

Находим суммарный расход инфильтрирующегося воздуха по формуле (2):



Расход теплоты на нагревание инфильтрирующегося воздуха через окно по формуле (1) будет равен:

Qи=0,28∙17,1∙1(19-(-33))0,8=199,4Вт

Расход удаляемого воздуха определяем по формуле (7):

L = 3∙14,1=42,3 м3

Тогда затраты теплоты Qи,Вт при естественной вытяжной вентиляции по формуле (6):



За расчетную величину следует принять большее из полученных значений Qи= 742 Вт.

Аналогично проводится расчет остальных помещений.

Расчетная тепловая мощность системы отопления соответствует максимальному дефициту теплоты. Результаты расчета заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Ведомость расчета теплопотерь помещений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № помещения | | | Характеристика ограждения | | | | | Коэффициент теплопередачи,  К Вт/м2 С | Расчетная разность температур (tв - tн)n С | Основные потери через ограждения, Qо.п. Вт | Добавочные теплопотери β | | Коэффициент  n=1.0+β | Общие теплопотери через ограждения Qогр, Вт | Qинф,вент | Теплопоступления бытовые Qi,Вт | Сумма общих  теплопотерь |
| Номер помещения, наименование помещения,tв С | | | Наименование ограждающих  конструкций | Ориентация | Размер a м | Размер b, м | Площадь, м2; | На ориентацию | Прочие |
| 1 | | | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 101 | ЖК | 23 | НС-1 | С | 4,06 | 3,65 | 14,8 | 0,236 | 56 | 196 | 0,1 | 0,05 | 1,15 | 225 |  |  |  |
| НС-2 | З | 4,79 | 3,65 | 17,5 | 0,236 | 56 | 231 | 0,05 | 0,05 | 1,1 | 254 |  |  |  |
| ОК | С | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,582 | 56 | 159 | 0,1 | 0,05 | 1,15 | 183 |  |  |  |
| ВС |  | 4,39 | 3 | 13,2 | 1,63 | 4 | 86 |  |  | 1 | 86 |  |  |  |
| ПЛ |  | 3,66 | 4,39 | 16,1 | 0,2 | 50,4 | 162 |  |  | 1 | 162 | 902 | 161 | 1 651 |
| 102 | Кухня | 19 | НС-1 | С | 3,2 | 3,65 | 11,7 | 0,236 | 52 | 143 | 0,1 |  | 1,1 | 157 |  |  |  |
| ОК | С | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,582 | 52 | 148 | 0,1 |  | 1,1 | 163 |  |  |  |
| ВС |  | 4,39 | 3 | 13,2 | 1,63 | 4 | -86 |  |  | 1 | -86 |  |  |  |
| ПЛ |  | 3,2 | 4,39 | 14,1 | 0,2 | 46,8 | 132 |  |  | 1 | 132 | 742 | 141 | 967 |
| 103 | ЛК А | 16 | НС-1 | С | 4,2 | 11,1 | 46,6 | 0,236 | 49 | 539 | 0,10 |  | 1,10 | 593 |  |  |  |
| НД | С | 1,6 | 2,2 | 3,5 | 0,394 | 49 | 68 | 0,1 | 2,3 | 3,40 | 231 |  |  |  |
| 2ДО | С | 1,2 | 1,5 | 3,6 | 1,582 | 49 | 279 | 0,1 |  | 1,10 | 307 |  |  |  |
| ПЛ |  | 4,2 | 4,39 | 18,4 | 0,2 | 44,1 | 163 |  |  | 1,00 | 163 |  |  |  |
| ПТ |  | 4,2 | 4,39 | 18,4 | 0,193 | 44,1 | 157 |  |  | 1,00 | 157 | 927 |  | 2 378 |
| 201 | ЖК | 23 | НС-1 | С | 4,06 | 3,3 | 13,4 | 0,236 | 56 | 177 | 0,1 | 0,05 | 1,15 | 204 |  |  |  |
| НС-2 | З | 4,79 | 3,3 | 15,8 | 0,236 | 56 | 209 | 0,05 | 0,05 | 1,1 | 230 |  |  |  |
| ОК | С | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,582 | 56 | 159 | 0,1 | 0,05 | 1,15 | 183 |  |  |  |
| ВС |  | 4,39 | 3 | 13,2 | 1,63 | 4 | 86 |  |  | 1 | 86 | 902 | 161 | 1 444 |
| 202 | Кухня | 19 | НС-1 | С | 3,2 | 3,3 | 10,6 | 0,236 | 52 | 130 | 0,1 |  | 1,1 | 143 |  |  |  |
| ОК | С | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,582 | 52 | 148 | 0,1 |  | 1,1 | 163 |  |  |  |
| ВС |  | 4,39 | 3 | 13,2 | 1,63 | 4 | -86 |  |  | 1 | -86 | 742 | 141 | 821 |
| 301 | ЖК | 23 | НС-1 | С | 4,06 | 3,45 | 14,0 | 0,236 | 56 | 185 | 0,1 | 0,05 | 1,15 | 213 |  |  |  |
| НС-2 | З | 4,79 | 3,45 | 16,5 | 0,236 | 56 | 218 | 0,05 | 0,05 | 1,1 | 240 |  |  |  |
| ОК | С | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,582 | 56 | 159 | 0,1 | 0,05 | 1,15 | 183 |  |  |  |
| ВС |  | 4,39 | 3 | 13,2 | 1,63 | 56 | 1202 |  |  | 1 | 1202 |  |  |  |
| ПЛ |  | 3,66 | 4,39 | 16,1 | 0,193 | 50,4 | 156 |  |  | 1 | 156 | 902 | 161 | 2 735 |
| 302 | Кухня | 19 | НС-1 | С | 3,2 | 3,45 | 11,0 | 0,236 | 52 | 135 | 0,1 |  | 1,1 | 149 |  |  |  |
| ОК | С | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,582 | 52 | 148 | 0,1 |  | 1,1 | 163 |  |  |  |
| ВС |  | 4,39 | 3 | 13,2 | 1,63 | 4 | -86 |  |  | 1 | -86 |  |  |  |
| ПЛ |  | 3,2 | 4,39 | 14,1 | 0,193 | 46,8 | 127 |  |  | 1 | 127 | 742 | 141 | 954 |
| Итого теплопотери |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 10 951 |

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 ГОСТ 30494 - 2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении / М.: Стандартинформ, 2019.

2 СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 / НИИСФ РААСН. – М.: ФАУ ФЦС, 2024.

3 "СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*"(утв. Приказом Минстроя России от 03.12.2016N 891/пр) (ред. от 30.12.2020)

4 Малявина Е. Г. Теплопотери здания. Справочное пособие – М. :АВОК-ПРЕСС, 2007.- 144с.

5 Учебное пособие. Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

**Задача 2**

Последняя цифра зачетной книжки – 0

Предпоследняя цифра зачетной книжки – 4

Расчет естественной вытяжной системы вентиляции двухэтажного жилого дома

Исходные данные

1. Рассчитать естественную вытяжную систему вентиляции ванных комнат и санузлов двухэтажного жилого дома (см рисунок).

2. Воздуховодами служат каналы, располагаемые в толще кирпичной стены. Каналы на чердаке объединяются шлакоалебастровыми коробами.

3. По нормам воздухообмен (вытяжка) составляет: из ванной комнаты 25 м3/ч, из санузла – 25 м3/ч. Приток воздуха неорганизованный (за счет неплотностей в ограждениях здания). Вытяжка воздуха производится из верхней зоны помещений на высоте 0,5 м от потолка.

4. Расчетная внутренняя температура tв=21 0С.

5. Расчетные длины участков 1–8 по рисунку:

l1= 0,9 м;

l2=0,2 м;

l3= 0,15 м;

l4= 0,55 м;

l5= 3,5 м;

l6= 4,0 м.



**Решение.**

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.

Определяем плотность воздуха по формуле:

 (1)

для внутреннего воздуха tв=21 0С



для наружного воздуха tв=5 0С



Определяем главную расчетную ветвь, это ветвь, удельное располагаемое давление в которой будет наименьшее. Находим располагаемые и удельные давления в ветви через канал первого и второго этажей по формулам (2) и (3).

Естественное давление *Δре*, Па определяется по формуле:

Δре = 9,81h (ρн - ρв)  (2)

где: *h* - высота воздушного столба от центра тяжести отверстия (середина жалюзийной решетки), до устья вытяжной шахты, м;

*ρн* - плотность наружного воздуха (для наружной температуры tн =50С) кг/м3 .

*ρв* - плотность внутреннего воздуха кг/м3.

Удельные потери давления, Rуд,Па/м:

 (3)

где Ргр - гравитационное давление, действующее в вытяжных каналах соответствующих этажей, Па;

l – длина участка, м.

Естественное давление *Δре* по формуле (1) равно:

1 этаж Δре = 9,81∙6,8(1,27-1,201)=4,6Па

Δ*Pуд1* = 4,6/8,4 = 0,55 Па/м,

где 1эт Σ*l* =*l*6+*l*2+*l*3+*l*4+*l*5=4+0,2+0,2+0,55+3,5= 8,4 м.

2 этаж Δре = 9,81∙3,8(1,27-1,201)= 2,584 Па

Δ*Pуд2* = 2,584/5,3 = 0,488 Па/м,

где 2эт Σ*l* =*l*1+*l*2+*l*3+*l*4+*l*5=0,9+0,2+0,15+0,55+3,5= 5,3м.

Так как *Р*уд2 < *Р*уд1, то расчетной будет ветвь, идущая через канал второго этажа (при наименьшем удельном располагаемом давлении).

Общие потери давления Р, Па, в сети воздуховодов для стандартного воздуха (Т=21С и ρ=1,201кг/м3) определяются по формуле:

Р= (Rl+Z), (4)

где R – потери давление на трение на расчетном участке сети,Па на 1м;

l – длина участков воздуховодов, м;

Z– потери давления на местные сопротивления на расчетном участке сети, Па.

Потери давление на трение R, Па на 1м в круглых воздуховодах определяют по формуле:

 (5)

где λ –коэффициент сопротивления трения;

d– диаметр воздуховодов, м;

ϑ– скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с;

ρ – плотность воздуха, перемещаемого по воздуховоду, кг/м3;

Рд –динамическое давление, Па.

Коэффициент гидравлического сопротивления трению для гидравлически гладкого канала, при турбулентном режиме течения, рассчитывается по закону Блазиуса:

 (6)

где Re – критерий Рейнольдса.

Критерий Рейнольдса:

Re= D∙υфакт / ν (7)

где υ – скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с;

ν – кинематическая вязкость воздуха, м2/с.

Динамическое давление, Па,

 (8)

Потери давления в местных сопротивлениях, Па,

 (9)

где ∑ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на расчетном участке воздуховода, коэффициенты местных сопротивлений на границе двух участков относят к участку с меньшим расходом и определяют по таблицам местных сопротивлений по приложению 14[3];

ρ – плотность воздуха, кг/м3.

Для воздуховодов прямоугольного сечения за расчетную величину d принимается эквивалентный диаметр dэкв, при котором потери давления в круглом воздуховоде при той же скорости воздуха равны потерям в прямоугольном воздуховоде.

Если пользоваться таблицами и номограммами для воздуховодов из других материалов, необходимо вводить поправочный коэффициент п, который зависит от материала воздуховода и скорости движения воздуха и определяется по приложению 13[3] или по формуле

 (10)

где ш λ – коэффициент сопротивления трению с учетом шерохова тости канала (воздуховода), рассчитывается по формуле Альтшуля:

 (11)

где kэ – абсолютная эквивалентная шероховатость поверхности воздуховода (приложение 10[3]).

Значения эквивалентных диаметров dэкв, м, определяются по формуле:

 (12)

где А и В – размеры сторон прямоугольного канала, м.

Сеть воздуховодов рассчитывают в такой последовательности. На расчетную схему наносят номера участков воздуховодов в порядке присоединения их к горизонтальному коллектору.

При предварительном определении площади сечений каналов, систем естественной вентиляции можно задаваться следующими скоростями движения воздуха: ϑ = 0,5 - 0,6 м/с, но не выше 1м/с – для вертикальных и горизонтальных каналов, ϑ = 1 – 1,5 м/с для вытяжных шахт.

Если при расчете воздуховодов есть площадь сечения каналов и известен числовой расход воздуха, то скорость ϑ, м/сопределяется по формуле:

 (13)

где L –расход воздуха в воздуховоде, м3/ч;

F –площадь сечения воздуховода, м2.

Для определения площади сечения канала участка 1задаемся скоростью движения воздуха в нем 1 м/с.При этой скорости и количестве удаляемого воздуха по каналу L= 25 м3/ч площадь сечения канала F, м2, по формуле (5) должна быть:



Выберем ближайшую стандартную площадь сечения кирпичного канала F=0,14х0,14=0,0196м2.

Уточняем фактическую скорость движения воздуха по каналу по формуле (11):



Определяем соответствующую величину эквивалентного диаметра по формуле (10):



Сначала определим число Рейнольдса при кинематической вязкости воздуха υ(+21) °С=1,51⋅10-5 м2/с по формуле (7):



т. е., имеем турбулентный режим течения воздуха в канале.

Коэффициент гидравлического трения по формуле (6) для гидравлически гладкого канала при турбулентном режиме течения



Коэффициент гидравлического трения по формуле (11) с учетом шероховатости канала



где kэ= 4 мм – коэффициент, учитывающий шероховатость кирпичного канала (приложение 10[3]), для шлакоалебастровых плит kэ= 1 мм

Коэффициент шероховатости по формуле (10):





Также удельные потери давления на трение R можно определить по справочным таблицам [2] или номограмме (приложение 11[3]).

Вычисляем значения динамического давления для участка 1:



Определим коэффициенты местных сопротивлений ξ участков по приложению 14[3] и занесем их в таблицу 1.

– жалюзийная решетка ξ = 3,5,

– два колена под углом 90° ξ = 1,2 ∙ 2 = 2,4,

– тройник на проход ξ = 1 (*F*0/*F*п=*F*6/*F*1= 0,02/0,02 = 1, *Q* 0/ *Q* с=

= *Q*6/ *Q* 2= 25/50 = 0,5).

Таким образом, ∑ ξ = 3,5+2,4+1 = 6,9.

Таблица 1- Потери давления в местных сопротивлениях

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № участка | D, мм | Вид местного сопротивления | Кол-во | ξ | ∑ξ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 140х140 | Жалюзийная решетка  Колено 900  Тройник на проходе | 1  2  1 | 3,5  1,2  1 | 6,9 |
| 2 | 150х150 | Тройник на проходе (*F*0/*F*п=*F0*/*F*2= 0,142/0,152 = 0,87, *L*0/*L*с=  = *L0*/*L*3= 25/75 = 0,33) | 1 | 0,55 | 0,55 |
| 3 | 150х150 | Тройник на проход(*F*0/*F*п=*F0*/*F*3=  0,152/0,152 = 1, *L*0/*L*с=  = *L*0/*L*4= 25/100 = 0,25) | 1 | 0,45 | 0,45 |
| 4 | 200х200 | Тройник на проход(*F*0/*F*п=*F0*/*F*4= 0,22/0,22 = 1, *L*0/*L*с=  = *L0*/*L*5= 100/200 = 0,5) | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 220х250 | Вытяжная шахта с зонтом  квадратного сечения | 1 | 1,3 | 1,3 |
| 6 | 140х140 | жалюзийная решетка  колено под углом 90°  тройник на ответвление  (*F*0/*F*п=*F*6/*F*1= (0,14х0,14/0,14х0,14) = 1, *L* 0/ *L* с=  = *L* 6/ *L* 2= 25/50 = 0,5). | 1  1  1 | 3,5  1,2  1,1 | 5,8 |

Тогда потери на местные сопротивления Z будут равны:

Z=∑ξ·Рдин (14)

Z=6,9·0,08=0,525Па

Рассчитаем общие потери давления Р на участке 1 по формуле (2):

Р=0,03+0,525=0,545Па

Для удобства расчетов, все данные сведем в таблицу 2.

Аналогично производится расчет остальных участков.

Таблица 2- Аэродинамический расчет воздуховодов системы естественной вентиляции

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер участка | Расход воздуха L, м3/ч | Длина участка l, м | Скорость воздуха V, м/с | Диаметр, dэкв м | Площадь поперечного сечения,м2 | АхВ,мм | Число Рейнальдса | Коэффициент гидравлического трения,λг | Удельные потери на трение R, Па/м | Коэффициент шероховатости n | Потери на трение Rlβ, Па | Динамическое давление Рд, Па | Сумма КМС Σζ | Потери в местных сопротивлениях Z, Па | Полные потери давления Rlβ+Z, Па |
|
| Главная расчетная ветвь(через канал второго этажа) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 25 | 0,9 | 0,35 | 0,14 | 0,020 | 140х140 | 3285 | 0,0418 | 0,0225 | 1,24 | 0,03 | 0,08 | 6,9 | 0,52 | 0,545 |
| 2 | 50 | 0,2 | 0,617 | 0,15 | 0,023 | 150х150 | 6132 | 0,0358 | 0,0545 | 1,11 | 0,01 | 0,23 | 0,55 | 0,13 | 0,138 |
| 3 | 75 | 0,15 | 0,926 | 0,15 | 0,023 | 150х150 | 9198 | 0,0323 | 0,1109 | 1,15 | 0,02 | 0,51 | 0,45 | 0,23 | 0,251 |
| 4 | 100 | 0,55 | 0,694 | 0,20 | 0,040 | 200х200 | 9198 | 0,0323 | 0,0468 | 1,12 | 0,03 | 0,29 | 1 | 0,29 | 0,318 |
| 5 | 200 | 3,5 | 1,010 | 0,23 | 0,055 | 220х250 | 15656 | 0,0283 | 0,074 | 1,16 | 0,30 | 0,61 | 1,3 | 0,80 | 1,097 |
|  |  |  |  | Ответвление | | | | | | | | |  | ∑ | 2,349 |
| 6 | 25 | 4 | 0,35 | 0,14 | 0,020 | 140х140 | 3285 | 0,0418 | 0,0225 | 1,24 | 0,11 | 0,08 | 5,8 | 0,44 | 0,549 |

Произведем увязку потерь давления по ответвлениям воздуховодов.

Расхождение потерь давления (невязка) в узловых точках соединения параллельных участков определяется по формуле:

 (15)

где ΔТбол и ΔТмен – большие и меньшие потери давления на параллельных участках, Па.

Производим проверку необходимости увязки параллельных участков 1 и 6. Потери давления на участке 1 должны быть равны потерям давления на

участке 6 (допускается расхождение не более 10%). Фактическое расхождение потерь давления по отношению к участку с большими потерями равно:



Для нормальной работы системы естественной вентиляции необходимо, чтобы сохранялось неравенство:

Σ ( R·l· β+Z ) <Δре (16)

Подставим значения для участка 1-2-3-4-5 второго этажа в формулу (16) получим:

Σ 2,349< 2,584

Расхождение составляет 9,1 %, что является допустимым (невязка не должна превышать 10%).

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Справочник проектировщика под редакцией Староверова И.Г. Часть II.Вентиляция и кондиционирование воздуха.-Москва: Стройиздат, 1977.

2. Справочник проектировщика под редакцией Павлова Н.Н. и Шиллера Ю.И. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха.-Москва: Стройиздат, 1992.

3. Учебное пособие. Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.