

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Брестский политехнический институт

Кафедра водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для курсового проектирования по дисциплине

“Инженерные сети и оборудование“ на тему “Отопление
и вентиляция жилого здания” для студентов специальности Т.19.06.00

Брест 2000

Настоящие методические указания для курсовой работы по отоплению и вентиляции жилого дома составлены в соответствии с программой курса "Инженерные сети и оборудование" для студентов специальности Т.19.06.00. "Водоснабжение, водоотведение, очистка природных и сточных вод", утвержденной Главным учебно-методическим управлением высшего образования.

В работе использованы действующие нормативные документы, изложены объем работы и последовательность выполнения курсовой работы, основные методики расчетов, примеры расчетов.

Составили: М.Г.Горбачева, ст.преподаватель
В.С.Северянин, профессор, д.т.н.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. Задание к курсовой работе	4
2. Состав курсовой работы	4
3. Методические указания к выполнению курсовой работы.....	5
3.1. Общая часть работы	5
3.2. Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций	6
3.3. Проверка внутренней поверхности наружной стены на конденсацию влаги.....	11
3.4. Проверка ограждающих конструкций на воздухопроницаемость	12
3.5. Расчет тепловых потерь отдельными помещениями и зданием в целом.....	13
3.6. Конструирование системы водяного отопления.....	19
3.6.1. Выбор типа нагревательных приборов и определение их поверхности нагрева.....	19
3.6.2. Определение циркуляционного давления в однетрубной системе водяного отопления.....	22
3.6.3. Расчет и подбор водоструйного элеватора	26
3.7. Конструирование канальной естественной вытяжной системы вентиляции	27
3.7.1. Общие положения об устройстве вытяжной канальной системы вентиляции и принципы ее работы.....	27
3.7.2. Аэродинамический расчет канальной вытяжной естественной системы вентиляции.....	28
Литература.....	32

1. ЗАДАНИЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ.

Тема курсовой работы - отопление и вентиляция жилого здания.

Курсовая работа разрабатывается для 4-5-ти этажного жилого здания.

Система центрального отопления - водяная однотрубная с искусственной циркуляцией с верхней или нижней разводкой; параметры воды перед нагревательным прибором $t_p = 95 \pm 105^\circ\text{C}$; после него $t_o = 70^\circ\text{C}$.

Источник теплоснабжения - наружные тепловые сети от ТЭЦ, теплоноситель - вода с параметрами (T_r и T_o), $^\circ\text{C}$.

Присоединение проектируемой системы отопления к тепловым сетям предусматривать в тепловом пункте проектируемого здания через водоструйный элеватор.

Система вентиляции - естественная канальная вытяжная.

Студенты выполняют курсовую работу по индивидуальному заданию, которое включает исходные данные для проектирования, перечень вопросов, подлежащих рассмотрению, объем графического материала с указанием чертежей и масштабов, сроки выдачи и сдачи курсовой работы. В исходных данных указываются район строительства, планы этажей и разрез здания, ориентация его главного фасада по сторонам света, характеристика наружных ограждающих конструкций здания (конструкции внутренних несущих стен и межкомнатных, межквартирных перегородок принимается по усмотрению исполнителя в соответствии с действующими нормативами), температура воды в тепловых сетях (T_r и T_o), $^\circ\text{C}$ и давление, передаваемое элеватором в систему отопления для обеспечения циркуляции воды в ней ($P_3 = 10 + 12$ кПа).

2. СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.

Курсовая работа по отоплению и вентиляции жилого здания состоит из расчетно-пояснительной записки (из 20 ... 25 страниц рукописного текста) и графической части.

Расчетно-пояснительная записка включает следующие разделы:

1. Общая часть.
2. Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций здания.
3. Проверка внутренней поверхности наружной стены на конденсацию влаги.
4. Проверка ограждающих конструкций на воздухопроницаемость.
5. Расчет потерь теплоты отдельными помещениями и зданием в целом.
6. Выбор типа нагревательных приборов и определение их поверхности нагрева.
7. Определение располагаемого циркуляционного давления системы водяного отопления.
8. Расчет и подбор водоструйного элеватора.
9. Расчет естественной вытяжной системы вентиляции.
10. Список использованной литературы.

Графическая часть - объем один лист, формат А4 содержит:

1. Планы этажей, чердака или подвала, поперечный разрез здания по лестничной клетке (М 1:100) с нанесением элементов отопления и вентиляции.
2. Схема трубопроводов системы водяного отопления здания с указанием тепловых нагрузок, нагревательных приборов (M_n 1:50, $M_{гор}$ - произвольный).
3. План и разрез теплового пункта, М 1:50.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Общая часть.

В этом разделе расчетно-пояснительной записки указываются:

- а) область строительства и его расчетные климатические характеристики (средние температуры наружного воздуха - наиболее холодной пятидневки ($t_{5}^{\circ}\text{C}$), холодных суток ($t_{х.с.}^{\circ}\text{C}$ (1, табл. 4.3)), продолжительность отопительного периода и среднесуточная температура за отопительный период ($t_{\text{от.}}^{\circ}\text{C}$) - (1, табл.4.4), условия эксплуатации ограждений (1, табл. 4.2), наибольшая скорость ветра за январь - (1, табл. 4.5).
- б) краткое описание здания, ориентация главного фасада, характеристика материалов ограждающих конструкций, температура внутреннего воздуха ($t_{в}^{\circ}\text{C}$) - (1, табл.4.1), стоимость тепловой энергии $C_{э}$, руб/ГДж;
- в) теплотехнические характеристики материалов ограждающих конструкций (λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м °С); S - коэффициент теплоусвоения, Вт/(м² °С), выбираемые в соответствии с (1, табл. 4.2) по прил. А.

Климатические данные в области строительства, параметры воздушной среды в помещениях здания, теплотехнические характеристики (λ , S) материалов ограждений являются основой для выполнения теплотехнического расчета ограждающих конструкций.

3.2. Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций.

Теплотехнический расчет ограждений выполняют в соответствии с требованиями СНБ 2.04.01.-97. Цель расчета - определение оптимальной в теплотехническом отношении и экономически целесообразной толщины утеплителя $b_{ут}$, (м) в наружной ограждающей конструкции и определение общего сопротивления теплопередаче R_{0} (м² °С/Вт) для этой же конструкции с учетом толщины утеплителя ($b_{ут}$, м).

Сопротивление теплопередаче наружных ограждений R_{0} (м² К /Вт) за исключением заполнений проемов и ограждений помещений с избытками явной теплоты следует принимать равным экономически целесообразному $R_{эк}$, определяемому по формуле (2), но не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_{0}^{ТР}$, определяемого по формуле (1), и не менее нормативного сопротивления теплопередаче $R_{норм}$, приведенного в (1, табл.5.1),

ПОРЯДОК РАСЧЕТА.

3.2.1. Определяют требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции по выражению:

$$R_{0}^{ТР} = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\alpha_{\text{в}} \cdot \alpha_{\text{г}}}, \text{ (м}^2\text{C)/Вт, (1)}$$

где n - коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху, принимаемый по (1, табл. 5.3);

α_n - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/м² °С, (1, табл. 5.4);

$t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха, °С (1, табл. 4.1);

$t_{н}$ - расчетная температура наружного воздуха, принимаемая в зависимости от тепловой инерции D ограждающей конструкции, согласно (1, табл. 4.3, 5.2).

Обычно при подсчете $R_{сп}$ значение тепловой инерции D заранее неизвестно, поэтому для определения $t_{н}$ следует ориентировочно принять величину D с последующей проверкой в конце расчета по (1, таб. 5.2)

Если $D \leq 1,5$, то $t_{н} = t_{хс}$ обеспеченностью 0,98;

$1,5 < D \leq 4$, то $t_{н} = t_{хс}$ обеспеченностью 0,92;

$4 < D \leq 7$, то $t_{н} = \frac{t_{в} + t_{хс}}{2}$ обеспеченностью 0,92,

округляя до целого градуса;

$D > 7$, то $t_{н} = t_{в}$ обеспеченностью 0,92;

Δt^n , °С - расчетный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, (1, табл. 5.5).

Сопротивление теплопередаче R_0 дверей (кроме балконных), ворот принимают не менее $0,6 R_0^{сп}$ стены, определяемого по формуле (1) при $t_{н} = t_{в}$ обеспеченностью 0,92.

3.2.2. Определяют экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_{экс}$ (м² °С/Вт) на основе выбора толщины утеплителя по формуле :

$$R_{экс} = 0,5R_0^{сп} + \frac{5,4 \cdot 10^{-4} C_3 \cdot Z_{от} (t_{в} - t_{н,от})}{C_{yt} \cdot \lambda_{yt} \cdot R_0^{сп}}, \quad (2);$$

где $t_{н}$ - то же, что и в формуле (1);

C_3 - стоимость тепловой энергии, руб/Гдж принимаемая по действующим ценам (в курсовой работе принять $C_3 = 3,35$ руб/Гдж по ценам 1991 года);

$Z_{от}$ - продолжительность отопительного периода, сут., принимаемая по (1, табл. 4.4);

$t_{н,от}$ - средняя за отопительный период температура наружного воздуха °С, принимаемая по табл. 4.4 ;

C_{yt} - стоимость материала однослойной или теплоизоляционного материала многослойной ограждающей конструкции, руб/м³, принимаемая по действующим ценам (в курсовой работе взять стоимость на период цен 1991 года);

λ_{yt} - коэффициент теплопроводности материала однослойной или теплоизоляционного слоя многослойного ограждения в условиях эксплуатации А или Б согласно (1, табл. 4.2), (м² °С/Вт), принимаемый по (1, прил. А).

При наличии в теплоизоляционном слое ограждения сквозных включений из материалов с другим, чем у материала этого слоя коэффициентом теплопроводности для определения экономически целесообразного сопротивления теплопередаче принимают приведенный коэффициент $\lambda_{пр}$:

$$\lambda_{\text{пр}} = \frac{\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2}{F_1 + F_2}, \quad (3),$$

где λ_1 и F_1 - коэффициент теплопроводности и площадь участка, занимаемая теплоизоляционным материалом;

λ_2 и F_2 - коэффициент теплопроводности и площадь участка, занимаемая материалом включения.

3.2.3. Определение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.

Сопротивление теплопередаче $R_{\text{ог}}$, ($\text{м}^2 \text{°C/Вт}$) ограждающей конструкции определяют в соответствии с (1, п. 5.9) по формуле:

$$R_{\text{к}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (4);$$

где $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи соответственно внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, $\text{Вт/м}^2 \text{°C}$, (1, табл. 5.4 и 5.7);

$R_{\text{к}}$ - термическое сопротивление ограждающей конструкции ($\text{м}^2 \text{°C/Вт}$), определяемое однослойной однородной конструкцией по формуле:

$$R = \delta / \lambda, \quad (5),$$

где δ и λ - толщина и коэффициент теплопроводности слоя, соответственно.

Для многослойной конструкции ограждения с последовательно расположенными однородными слоями, включая слой теплоизоляционного материала и замкнутые воздушные, если они имеются, прослойки, термическое сопротивление определяют по выражению:

$$R_{\text{к}} = \sum_{i=1}^n R_i + R_{\text{вт}} + \sum_{k=1}^m R_{\text{оз.к}}, \quad (6);$$

где $\sum_{i=1}^n R_i$ - сумма термических сопротивлений однородных слоев, определяемых по формуле 5

$$\sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i};$$

$\sum_{k=1}^m R_{\text{оз.к}}$ - сумма термических сопротивлений имеющихся замкнутых воздушных прослоек в ограждении, ($\text{м}^2 \text{°C/Вт}$), (1, прил. В);

$R_{\text{вт}} = \delta_{\text{вт}} / \lambda_{\text{вт}}$ - термическое сопротивление теплоизоляционного слоя.

Термическое сопротивление многослойной неоднородной ограждающей конструкции (пустотелые блоки, каменная многослойная стена облегченной кладки с теплоизоляционным слоем) определяют в соответствии с (1, п. 5.11) следующим образом:

а) плоскостями, параллельными направлению теплового потока, условно разрезают ограждающую конструкцию на участки, из которых одни могут быть однослойными - из одного материала, а другие - из слоев с разными материалами, в пределах каждого участка термическое сопротивление одинаково.

Термическое сопротивление конструкции $R_{\alpha}^{\text{п}}$ определяют по выражению:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^k F_i}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}, \quad (7);$$

где F_i - площади отдельных участков по поверхности ограждения; м^2 ;

R_i - термическое сопротивление в пределах каждого из этих участков вычисляемое для однослойных участков по формуле (5), для многослойных - по формуле (6), $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$;

б) плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, конструкция условно разрезается на слои, из которых одни могут быть однородными - из одного материала, а другие - неоднородными, из однослойных участков разных материалов. Термическое сопротивление однородных слоев определяют по формуле (5), неоднородных - по формуле (7).

Термическое сопротивление ограждения в направлении, перпендикулярном тепловому потоку $R_{\text{с}}$, получают как сумму термических сопротивлений отдельных однородных и неоднородных по направлению потока тепла (формула 6). После получения величин R_a и $R_{\text{с}}$ находят термическое сопротивление неоднородного ограждения по формуле:

$$R = \frac{R_a + 2R_{\text{с}}}{3} \quad (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}, \quad (8).$$

3.2.4. Определяют толщину материала однослойной или теплоизоляционного слоя многослойной конструкции, используя (1, п. 5.1), согласно которому $R_{\text{с}} \geq R_{\text{зк}}$ и $R_{\text{с}} \geq R_{\text{нпр.т}}$. К расчету принимают большее.

Искомая толщина, м

$$\delta_{\text{гт}} = (R_{\text{зк}} - \left(\frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \sum_{k=1}^m R_{\text{зкк}} + \frac{1}{\alpha_H} \right)) \cdot \lambda_{\text{гт}}, \quad (9).$$

Найденную толщину слоя ограждения округляют до ближайшей толщины, кратной размеру стандартного элемента (кирпича, шлакоблока и т.д.), и уточняют его термическое сопротивление по формуле 5.

3.2.5. Проверяют значение принятой тепловой инерции ограждающей конструкции по формуле:

$$D = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 + \dots + R_n \cdot S_n, \quad (10);$$

где R_1, R_2, R_n - термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; формула 5;

S_1, S_2, S_n - коэффициенты теплоусвоения материалов отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$, принимаемые по (1, прил. А).

Если полученная величина D отличается от предварительно принятой, следует по фактической D найти t_n и снова определить $R_{\text{с}}^{\text{п}}$ по формуле (1) и затем произвести перерасчет $R_{\text{зк}}$ и толщины $\delta_{\text{гт}}$ по формуле (9)

3.2.6. Корректируют сопротивление теплопередаче R_0 (формула 4) и принимают к расчету большее из: величину R_0 действ $\geq R_{0к}$ и R_0 действ $\geq R_{0норм}$.

Сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей) определяют по (1, прил. г) Сопротивление теплопередаче для подземной части стены, полов, расположенных на грунте или лагах, определяют по условным зонам (2, прил. 9, п.3). Поверхность пола делят на условные зоны - полосы шириной 2 м, параллельные наружным стенам по всему периметру здания, см. рис.1. Зоны нумеруются, начиная от внутренней поверхности наружной стены. Всего 4 зоны. Полы, расположенные непосредственно на грунте, считаются неутепленными независимо от толщины и числа составляющих их слоев, если коэффициент каждого слоя $\lambda \geq 1,2$ Вт/м²С. Сопротивления теплопередаче неутепленных полов равны:

$$R_{ин}^I = 2,1 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}; \quad R_{ин}^{II} = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)};$$

$$R_{ин}^{III} = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}; \quad R_{ин}^{IV} = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}.$$

Полы, расположенные непосредственно на грунте, считаются неутепленными, конструкция которых включает хотя бы один слой с $\lambda < 1,2$ Вт/м²С.

Сопротивление теплопередаче утепленных полов определяют для каждой зоны по формуле:

$$R_{зт} = R_{ин} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{зтi}}{\lambda_{зтi}} \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}, \quad (11)$$

Для полов на лагах по кирпичным столбикам:

$$R_{зт} = 1,18; \quad R_{зт} = 1,18 \left(R_{ин} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{зтi}}{\lambda_{зтi}} \right), \quad (12)$$

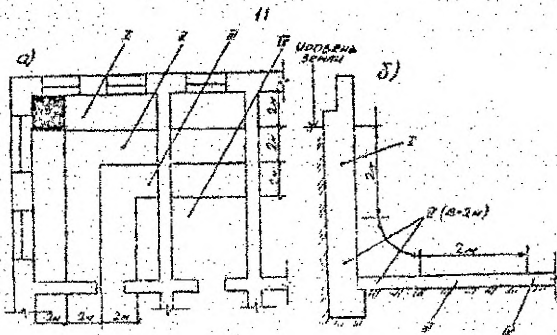


Рис. 1. Разбивка поверхности пола (а) и заглубленных частей наружных стен (б) на условные зоны

ПРИМЕР 1. Произвести теплотехнический расчет наружной стены жилого дома, расположенного в г. Витебске.

Исходные данные : расчетная температура воздуха внутри помещения $t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$, относительная влажность $\phi = 50 + 60 \%$, расчетная температура наружного воздуха, средняя температура наиболее холодной пятидневки и наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92 соответственно равны ($t_{с} = -26^{\circ}\text{C}$ и $t_{хс} = -31^{\circ}\text{C}$).

Продолжительность отопительного периода $Z_{от} = 207$ сут., (1, табл.4.4), среднесуточная температура наружного воздуха за отопительный период $t_{от} = -2^{\circ}\text{C}$, (1, табл. 4.4).

Наибольшая средняя скорость ветра за январь $V = 5,4$ м/с. (1, табл. 4.5).

Стоимость пенополиуретана при $\rho_3 = 80$ кг/м³ равна 120 руб./м³.

Плотность воздуха при $t_{в} = -26^{\circ}\text{C}$; $\rho_{в} = 1,425$ кг/м³.

Конструкция стены:

1. Известково-песчаная штукатурка $\rho_1 = 1600$ кг/м³; $\delta_1 = 0,02$ м;
2. Кирпичная кладка из глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе $\rho_2 = 1800$ кг/м³; $\delta_2 = 0,38$ м;
3. Пенополиуретан $\rho_3 = 80$ кг/м³; $\delta_3 = ?$ м;
4. Известково-песчаная штукатурка $\rho_4 = 1600$ кг/м³; $\delta_4 = 0,01$ м;

РЕШЕНИЕ: Определяем условия эксплуатации наружных ограждений по (1, табл.4.2) - "Б";

Теплотехнические характеристики материалов конструкции стены находим по (1, прил. А);

$$\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)};$$

$$\lambda_2 = 0,7 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)};$$

$$\lambda_3 = 0,05 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)};$$

$$\lambda_4 = 0,81 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)};$$

$$S_1 = 9,76 \text{ Вт/(м}^2\text{)}^{\circ}\text{C)};$$

$$S_2 = 10,12 \text{ Вт/(м}^2\text{)}^{\circ}\text{C)};$$

$$S_3 = 0,7 \text{ Вт/(м}^2\text{)}^{\circ}\text{C)};$$

$$S_4 = 9,76 \text{ Вт/(м}^2\text{)}^{\circ}\text{C)};$$

1. Определяем требуемое сопротивление теплопередаче по формуле (1): (1)

$$R_{\text{тп}} = \frac{(18 + 28) \cdot 1}{8,7 \cdot 6} = 0,88 \text{ (м}^2\text{)}^{\circ}\text{C)/Вт};$$

где $t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$, $n=1$, $\Delta t^{\text{н}} = 6^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{)}^{\circ}\text{C)}$.

Принимаем $4 \leq D < 7$, тогда

$$t_{\text{н}} = \frac{(t_{с} + t_{хс})}{2} = -\frac{(26 + 31)}{2} = -28,5^{\circ}\text{C} \approx -28^{\circ}\text{C};$$

2. Определяем экономически целесообразное сопротивление для наружной стены по формуле (2):

$$R_{\text{эк}} = 0,5 \cdot 0,88 + \frac{5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 3,35 \cdot 207 \cdot (18 - (-2))}{120 \cdot 0,05 \cdot 0,88} = 1,856 \text{ (м}^2\text{)}^{\circ}\text{C)/Вт}; \quad (2)$$

3. Определяем по (1, табл.5.1) для наружной стены величину нормативного сопротивления теплопередаче

$$R_{\text{норм}} = 2 \text{ (м}^2\text{)}^{\circ}\text{C)/Вт};$$

4. Определяем сопротивление для четырехслойной наружной стены по формуле 4:

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{\delta_3}{0,05} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{1}{23}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}; \quad (4)$$

Толщину слоя пенополиуретана определяем $R_o \geq R_{о,норм}$

$$\delta_3 \geq (1,856 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,01}{0,21} + \frac{1}{23} \right)) \cdot 0,05 = 0,058 \text{ м.}$$

Принимаем $\delta_3 = 0,1 \text{ м}$, тогда $R_3 = 0,1/0,05 = 2$.

5. Проверяем величину тепловой инерции наружной стены D по формуле 10:

$$D = 0,025 \cdot 9,76 + 0,469 \cdot 10,12 + 2 \cdot 0,7 + 0,012 \cdot 9,76 = 6,507; \quad (5)$$

Условие $4 < D \leq 7$ выполняется.

6. Корректируем R_o (ф.4) для наружной стены при $\delta_3 = 0,1 \text{ м}$: (4)

$$R_o = 0,115 + 0,025 + 0,469 + 0,012 + 0,043 = 2,664 \text{ м}^2 \text{°C}/\text{Вт.}$$

3.3. Проверка внутренней поверхности наружных ограждений на конденсацию влаги.

1. Определение температуры на внутренней поверхности наружной стены.

Используем выражение:

$$t_w = t_n - \frac{t_n - t_{н}}{R_o \cdot \alpha_n}, \text{°C} \quad (13),$$

где t_n - то же, что и в формуле 1 (1, табл.4.1),

$t_{н}$ - то же, что и в формуле 1 (1, табл.5.2 и 4.3),

R_o - сопротивление теплопередаче стены, принятое в результате сравнения его с

$R_{ок}$ и $R_{норм}$.

α_n - то же, что и в формуле 1 (1, табл.5.4).

2. Определение парциального давления водяного пара при температуре t_w и нахождение точки росы.

Максимальное парциальное давление водяного пара при температуре t_w определяют по (1, прил. Ж) - $P_{нас}$, Па.

3. Далее находят парциальное давление пара при нормативной относительной влажности ϕ , % (1, табл. 4.1) помещения $P_n = \phi \cdot P_{нас}$. (14).

Пользуясь (1, прил. Ж) по P_n определяют температуру, называемую точкой росы. Затем сравнивают: $t_w \geq t_{р}$ не менее, чем на 2°С.

ПРИМЕР 2. Определить температуру на поверхности наружной стены жилого дома для г. Витебска (условия примера 1).

РЕШЕНИЕ:

1. Определяем по формуле (13):

$$\tau_b = 18 - \frac{18 - (-28)}{2,664 \cdot 8,7} = 16,02 \text{ } ^\circ\text{C};$$

где $t_n = 18$, $t_n = \frac{(-26) + (-31)}{2} = -28$, при $4 < D < 7$,

$$\alpha_b = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}; \quad R_0 = 2,664 \text{ (м}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C/Вт)}.$$

2. Находим $R_{\text{нат}}$ по (1, прил. Ж)

при $t_n = 18$, $R_{\text{нат}} = 2064 \text{ Па}$.

3. Определяем R_n , парциальное давление пара в помещении при $\phi = 55\%$:

$$P_n = 0,55 \cdot 2064 = 1135 \text{ Па}.$$

По величине $P_n = 1135 \text{ Па}$ найдем точку росы в (1, прил. Ж), $t_p = 9^\circ\text{C}$, т.е. условия $\tau_b > t_p$ соблюдаются.

3.4. ПРОВЕРКА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ.

Расчет сопротивления воздухопроницанию следует производить для наружных стен, перекрытий (покрытий), окон, балконных дверей. Сопротивление воздухопроницанию выше указанных элементов зданий $R_{\text{нп}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$, согласно (1, п.п. 8.1 и 8.7) должно

быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_n^{\text{тп}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$. В курсовой работе в силу незначительности воздухопроницаемости наружных стен, перекрытий (покрытий), полов, следует определить сопротивление воздухопроницанию для окон и балконных дверей.

Величину $R_n^{\text{тп}}$ для окон и балконных дверей, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$ определяют по формуле

$$R_n^{\text{тп}} = \frac{0,216 \cdot (\Delta P)^{0,5}}{G_{\text{норм}}}, \quad (16)$$

где $G_{\text{норм}}$ - нормативная воздухопроницаемость окон и балконных дверей, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, выбираемая по формуле (1, табл. 8.1). Для окон и балконных дверей жилых и общественных зданий $G_{\text{норм}} = 10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

ΔP - разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях окон и балконных дверей, Па, определяется по формуле

$$\Delta P = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_n - \gamma_b) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot v^2, \text{ Па} \quad (17),$$

где H - высота здания (от поверхности земли до верха карниза), м; $\rho = 10,5$
 γ_n, γ_b - удельный вес, $\text{Н}/\text{м}^3$, соответственно наружного и внутреннего воздуха, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}, \quad (18),$$

t - температура воздуха ($t = t_s$, обеспеч. 0,92 или $t = t_b$);

V - максимальная из средних скоростей по румбам за январь, м/с (1, табл. 4.5).

Сопротивление воздухопроницанию окон, балконных дверей следует принимать по (1, прил. Д).

В случае несоблюдения условия $R_{\text{в}} \geq R_{\text{в}}^{\text{т}}$ следует взять отдельные слои ограждающих конструкций и вид заполнения светового проема с более высоким сопротивлением воздухопроницаванию.

3.5. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ОТДЕЛЬНЫМИ ПОМЕЩЕНИЯМИ И ЗДАНИЕМ В ЦЕЛОМ.

Тепловую мощность системы отопления определяют по балансу часовых расходов тепла для расчетных зимних условий.

Тепловые потери через ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых или от наружного воздуха, определяются если разность расчетных температур $(t_{\text{в}} - t_{\text{с}}) = 5$. Расчет теплопотерь производят через все ограждающие конструкции для каждого помещения в отдельности. Перед началом расчета тепловых потерь определяют величины сопротивления теплопередаче (коэффициенты теплопередачи) всех ограждающих конструкций, вычерчивают планы этажей и разрез здания, уясняют назначение каждого помещения. Все помещения здания поэтажно пронумеровывают (1-й этаж - помещения № 101, 102 и т.д.; 2-й этаж - № 201, 202 и т.д.), начиная с верхнего углового левого помещения по ходу часовой стрелки. Лестничные клетки обозначают буквами А, Б, В и т.д. и независимо от этажности здания рассматривают как одно помещение по всей высоте. Подсобные помещения (кладовые, коридоры, санузлы, ванные комнаты и т.п.), не имеющие вертикальных наружных ограждений, можно не нумеровать. Теплопотери этих помещений через полы (нижнего этажа) или потолки (верхнего этажа) обычно относят к смежным с ними помещениями и учитывают при определении поверхности нагревательных приборов.

Для правильного составления теплового баланса помещений при определении тепловых потерь следует учитывать основные и добавочные потери тепла помещениями:

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{тл}} + Q^{(\text{инф})}(\text{вент}) - Q_{\text{б}}, \text{ Вт}, (19),$$

где $Q_{\text{тл}}$ - основные (трансмиссионные) потери теплоты через наружные ограждающие конструкции, Вт;

$Q^{(\text{инф})}(\text{вент})$ - добавочные потери тепла на нагревание воздуха, инфильтрующегося в помещения;

1) $Q^{(\text{инф})}$ - вследствие действия теплового и ветрового давления, а также работы системы вентиляции (2, прил. 10);

2) $Q^{(\text{вент})}$ - в результате естественной вытяжки, не компенсируемой приточным подогретым воздухом в размере нормативного воздухообмена, определяемые по (2, прил. 10);

$Q_{\text{б}}$ - бытовые тепловыделения, поступающие в отапливаемые помещения, Вт.

3.5.1. Основные потери теплоты определяют в соответствии с (2, прил. 9, п. 1) с округлением до 10 Вт путем суммирования потерь тепла через отдельные ограждения для каждого отапливаемого помещения по формуле:

$$Q_{\text{тл}} = \frac{F}{R} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot (1 + \Psi) \text{ п, Вт}, (20),$$

где F - расчетная площадь ограждения, м^2 ;

R - сопротивление теплопередаче ограждения, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

$t_{\text{в}}$ - то же, что и в формуле 1;

$t_{\text{н}}$ - расчетная температура наружного воздуха (температура наиболее холодной пятидневки), при расчете потерь тепла через наружные ограждения или температура воздуха более холодного помещения при расчете потерь тепла через внутренние ограждения;

Ψ - то же, что и в формуле 1;

Ψ - добавочные потери теплоты через ограждения, принимаемые в долях от основных потерь:

а) для наружных вертикальных и наклонных стен, дверей и окон, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад $\Psi = 0,1$; на юго-восток и запад - в размере $\Psi = 0,05$;

б) для наружных дверей, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте здания H , м, в размере:

$\Psi = 0,2H$ - для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

$\Psi = 0,27H$, $\Psi = 0,34H$ - для двойных дверей с тамбуром между ними или без тамбура, соответственно;

$\Psi = 0,22H$ - для одинарных дверей.

3.5.2. Определение расходов теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха в помещении жилых и общественных зданий.

а) $Q^{вдф}$, Вт - вследствие действия теплового и ветрового давления, а также работы системы вентиляции, определяемый согласно (2, прил.10) по формуле:

$$Q^{вдф} = 0,28 \cdot \Sigma G \cdot C(t_n - t_w) \cdot A, \text{ Вт}, \quad (21);$$

где C - удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ Кдж}/(\text{кг} \cdot \text{C})$

t_n, t_w - расчетные температуры внутреннего в помещении и наружного воздуха по параметрам "Б";

A - коэффициент учета влияния встречного теплового потока (для окон и балконных дверей с отдельными перелетами):

$A = 0,8$ - со спаренными перелетами и одинарных окон;

$A = 1$ - для стыков панелей и окон с тройными перелетами - $A = 0,7$;

ΣG - суммарный расход инфильтрующегося воздуха в помещение через неплотности наружных ограждений (окон, балконных дверей, внутренних и наружных дверей, ворот, стыков стеновых панелей), кг/ч, определяемый согласно (2, прил.10, п.3) по формуле

$$\Sigma G = 0,216 \cdot \Sigma F_o \cdot (\Delta P_o)^{2/3} / R_{во} + \Sigma F_d \cdot (\Delta P_d)^{2/3} / R_{вд} + 0,5 \Sigma l \cdot \Delta P_e, \quad (22);$$

где F_o, F_d - соответственно площадь окон, балконных дверей, наружных и внутренних дверей, ворот;

$R_{во}, R_{вд}$ - соответственно сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей, $(\text{м}^2 \cdot \text{Па})/\text{кг}$, определяемое (2, прил.10), и наружных и внутренних дверей, ворот;

$R_{во} = 0,3$ - для внутренних дверей;

$R_{вд} = 0,14$ - для наружных дверей при входе в здание через тамбур;

l - длина стыков стеновых панелей, м;

$\Delta P_o, \Delta P_d, \Delta P_e$ - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях соответственно окон, балконных дверей, наружных дверей, ворот, стыков стеновых панелей, Па, определяется по формуле:

$$\Delta P_o = (H-h) \cdot (\gamma_n - \gamma_w) + 0,05 \gamma_w \cdot V^2 \cdot (C_n - C_w) \cdot K, \quad (23);$$

где H - высота здания, м, от уровня земли до верха карниза, центра вытяжной шахты;

h - расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, балконных дверей, ворот или середины вертикальных стыков стеновых панелей;

γ_w, γ_n - удельный вес наружного воздуха и воздуха помещения, $\text{Н}/\text{м}^3$, определяемый по формуле (18);

V - скорость ветра, м/с, принимаемая по (1, табл. 4.5);

$C_{н1}, C_{н2}$ - аэродинамические коэффициенты, соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждения здания, принимаемые по СНиП 2.01.07-85 ($C_{н1} = 0,8$ и $C_{н2} = 0,6$); $C = 1,4$

K - коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания, принимаемой по СНиП 2.01.07-85.

В курсовой работе при высотах здания (10; 20; 30) м принимают $K = 0,5 ; 0,9 ; 1,2$, соответственно.

$P_{ун}$ - условно-постоянное давление воздуха в помещении, Па; для жилых зданий с естественной вентиляцией принимают $P_{ун} = 0$.

В курсовой работе с целью сокращения объема работы инфильтрацию воздуха в помещение через стыки стеновых панелей учитывать не следует.

б) Расход теплоты на нагрев поступающего воздуха в жилые помещения в результате вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, определяется согласно (2, прил.10).

$$Q^{вент} = 0,28 \cdot L \cdot \rho \cdot c (t_n - t_{в}), \text{ Вт, (24);}$$

где L - расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, м³/ч, принимается 3 м³/ч на 1 м² площади жилых помещений и кухни;

ρ - плотность наружного воздуха; $1,293$

c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 КДж/кг·°С;

$t_n, t_{в}$ - то же, что и в формуле (21);

За расчетный расход теплоты на нагревание воздуха, поступающего в жилые помещения, принимается большая из двух величин:

а) $Q^{натф}$ и б) $Q^{вент}$, которая входит в качестве слагаемого в суммарный расход теплоты (формула 19).

3.5.3. Определение бытовых тепловыделений.

Общие потери теплоты отапливаемыми помещениями жилых зданий (формула 19) следует уменьшать на величину бытовых тепловыделений, определяемых из расчета 21 Вт на 1 м² площади пола отапливаемого помещения ($F_{п}$):

$$Q_{в} = 21 \cdot F_{п}, \text{ Вт, (25).}$$

При подсчете потерь теплоты в лестничной клетке здания вместо величины $Q^{натф}$, учитывают добавочные потери теплоты ψ на подогрев холодного воздуха, поступающего при открывании наружных дверей, принимаемые согласно (2, прил.9).

3.5.4. Расчетный бланк для определения потерь теплоты.

Расчет потерь теплоты сводят в специальную таблицу (2), определяя суммарные потери теплоты для каждого помещения и в целом по зданию. В графу 3 таблицы вносят условные обозначения наружных ограждений (Н.с. - наружная стена; ДО - двойное окно; ПЛ - пол; ПП - потолок и т.д.). В графе 4 указывается ориентация ограждающей конструкции по сторонам света (Ю - юг; СВ - северо-восток; ЮЗ - юго-запад; С - север и т.д.). В графе 5 записываются размеры поверхности охлаждения по строительным чертежам здания с точностью до 0,1 м.

Линейные размеры ограждения определяют следующим образом:

а) площадь окон, дверей и фонарей - по наименьшим размерам строительных проемов в свету;

б) площадь полов и потолков - по размерам между осями внутренних стен или от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен;

в) высота стен первого этажа:

- при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте,

от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;

- при наличии пола, расположенного над подвалом, от нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;

г) высота стен промежуточного этажа - между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей;

д) высота стен верхнего этажа - от уровня чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия;

е) длина наружных стен неугловых помещений - между осями внутренних стен; а угловых помещений - от угла до оси внутренних стен;

ж) длина внутренних стен - от внутренней поверхности наружных стен до оси внутренней стены или между осями внутренних стен.

В графу 7 записывают значение коэффициента теплопередачи рассматриваемого ограждения. Величину $1/R_0$ для окон, балконных дверей следует уменьшить на $1/R_0$ наружной стены, т.к. площадь наружной стены определяют обычно без вычета площади окон или балконных дверей. (Это возможно в случае одинаковых добавочных потерь теплоты Q). В графе 13 подсчитывают основные потери теплоты. В графу 16 заносятся общие потери теплоты, определяемые суммированием основных потерь теплоты (графа 13) с расчетными потерями теплоты $Q^{наф}$ или $Q^{вент}$ (графа 14) за вычетом Q_6 бытовых тепловыделений (графа 15).

Потери теплоты по всему зданию, Вт, определяют как сумму потерь теплоты по всем помещениям этажей и лестничным клеткам.

3.5.5. Определение тепловых потерь здания по укрупненным измерителям.

Ориентировочное значение тепловых потерь через ограждающие конструкции здания определяются по формуле:

$$Q_{зд} = B \cdot q_{зд} \cdot V_{зд} \cdot (t_{в} - t_{н}), \text{ Вт}, \quad (26);$$

где B - коэффициент учета района строительства здания;

$$B = 0,54 + 22/(t_{в} - t_{н}), \quad (27);$$

$V_{зд}$ - объем отапливаемого здания по внешнему обмеру, м³;

$q_{зд}$ - удельная тепловая характеристика здания, Вт/м³·°C.

Удельную тепловую характеристику здания $q_{зд}$, Вт/м³·°C, определяют по формуле [3, 8.22]:

$$q_{зд} = 1,08 \left\{ \frac{P}{S} [K_{ок} + d(K_{ок} - K_{ст})] + \frac{1}{H} (0,9K_{нт} - 0,6K_{пл}) \right\}, \quad (28);$$

где P , S , H - периметр, площадь, высота здания;

$K_{ок}$, $K_{ок}$, $K_{нт}$, $K_{пл}$ (Вт/м²·°C) коэффициент теплопередаче наружных стен, окон, покрытия, пола I-го этажа,

d - коэффициент остекления, т.е. отношение площади остекления к площади вертикальных наружных ограждений.

ПРИМЕР 3. Определить потери теплоты для 2-х помещений квартиры, расположенной на 1-ом этаже 5-этажного жилого дома (рис.2 а,б), расположенного в г.

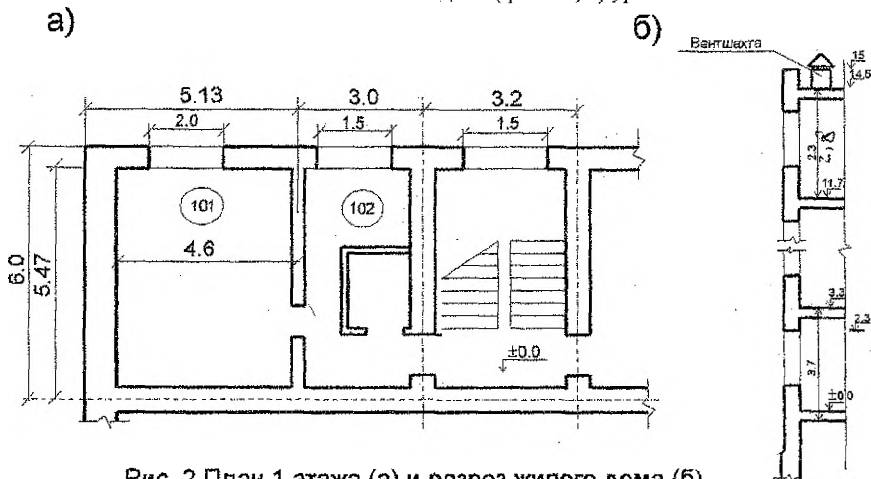


Рис. 2 План 1 этажа (а) и разрез жилого дома (б)

Витебске.

Исходные данные: расчетная температура наружного воздуха $t_5 = -26^\circ\text{C}$, расчетная температура внутреннего воздуха в жилых помещениях $t_n = 18^\circ\text{C}$ (в угловых $t_n = 20^\circ\text{C}$); в кухне $t_n = 15^\circ\text{C}$; сопротивление теплопередаче наружных стен $R_0 = 2,664 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Сопротивление теплопередаче окон с тройными раздельными переплетами $R_0 = 0,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, (1, прил. Г).

Сопротивление воздухопроницанию окна $R_{до} = 0,26 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$, (1, прил. Д);

средняя скорость ветра за январь по румбам $V = 5,4 \text{ м/с}$. (1, таб. 4.5); пол первого этажа расположен под подвалом, сопротивление теплопередаче пола I-го этажа $R_0 = 2,5 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$;

высота этажа $3,8 \text{ м}$.

РЕШЕНИЕ:

1. Определяем количество инфильтрующегося воздуха через окна помещения при $t_n = 18^\circ\text{C}$ по формуле (22), предварительно вычислив разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях окна по формуле (23)

Согласно рис.2 имеем: $H = 15 - (-1) = 16 \text{ м}$;

$$h = 2,3 - (-1) = 3,3 \text{ м}.$$

Удельный вес воздуха при $t_n = 18^\circ\text{C}$ и $t_n = -26^\circ\text{C}$ (формула 18);

$$\gamma_n = \frac{3463}{273 + 18} = 11,9 \text{ Н/м}^3;$$

$$\gamma_{н.} = \frac{3463}{273 - 26} = 14,02 \text{ Н/м}^3;$$

и разность давлений по формуле 23:

$$\Delta P_0 = (16-3,3) \cdot (14,02-11,9) + 0,05 \cdot 14,02 \cdot 5,4^2 \cdot (0,8+0,6) \cdot 0,85 = 51,24 \text{ Па.}$$

Количество воздуха (формула 22), инфильтрующегося:

а) через окно жилой комнаты:

$$G_{ж.к.} = \frac{0,21 \cdot 3 \cdot (51,24)^{\frac{2}{3}}}{0,26} = 33,86 \text{ кг/ч;}$$

б) через окно кухни:

$$G_{к.} = \frac{0,21 \cdot 1,95 \cdot (51,24)^{\frac{2}{3}}}{0,26} = 22 \text{ кг/ч;}$$

где (3 и 1,95) - площади окон жилой комнаты и кухни, соответственно.

Расчет потерь теплоты сведен в таблицу 1.

Расчет потерь теплоты

Таблица 1.

№№ помещений	Назначение помещения, $t_n, ^\circ\text{C}$ $F_n, \text{ м}^2$	Поверхность охлаждения				Коэффициент теплопередачи $1/R_0, \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$	Разность температур $(t_n - t_w), ^\circ\text{C}$	Поправочный коэффициент μ	Добавочные теплопотери ψ			$Q_{ит} = 1/R_0 \cdot F_n \cdot (t_n - t_w) \cdot (1 + \psi), \text{ Вт}$	Потери теплоты на инфильтрацию, вентиляцию $Q_{инф} \text{ (ветр.)}, \text{ Вт}$	Бытовые теплоделения $Q_6 = 21 \cdot F_n$	Общие потери теплоты помещений $Q_{от} = Q_{ит} + Q_{инф} \text{ (ветр.)} + Q_6, \text{ Вт}$
		Обозначение	Ориентация по сторонам	Расчетные размеры, м (а x б) и их количество	Площадь $F, \text{ м}^2$				На ориентацию	другие	Суммарный коэффициент добавок (1 + ψ)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101 жилая комната	$t_n = 20^\circ\text{C}$	НС	СЗ	5,13x3,7	18,98	0,38	46	1	0,10	-	1,1	365			
		ТО	СЗ	2x1,5	3	1,82	46	1	0,10	-	1,1	219			
							-0,38=1,44								
$F_n = 24,29 \text{ м}^2$		НС	ЮЗ	6x3,7	22,2	0,38	46	1	-	-	1,0	388			
		Пл	-	5,47x4,6	25,16	0,4	46	0,75	-	-	1,0	347	1337	510	2146
												<u>1319</u>			
$Q_{ит} = 0,28 \times 33,86 \times 46 \times 0,75 = 1349 \text{ Вт}$															
$Q_{ветр.} = 0,28 \times 3 \times 24,29 \times 1,425 \times 1 \times 46 = 1337 \text{ Вт}$															
$Q_6 = 21 \times 24,29 = 510 \text{ Вт}$															
$Q_{от} = 1319 + 1337 + 510 = 2146 \text{ Вт}$															
102 кухня	$t_n = 15^\circ\text{C}$	НС	СЗ	3x3,7	11,1	0,38	41	1	0,10	-	1,1	190			
		ТО	СЗ	1,3x1,5	1,95	1,44	41	1	0,10	-	1,1	127			
$F_n = 6,5 \text{ м}^2$		Пл	-	2,5x3	7,5	0,4	41	0,75	-	-	1,0	92	319	138	590
												<u>409</u>			
$Q_{ит} = 0,28 \times 22 \times 1 \times 0,75 = 95 \text{ Вт}$															

$$Q_{\text{вент}}=0,28 \times 3 \times 6,5 \times 1,425 \times 1 \times 41=319$$

$$Q_{\text{в}}=21 \times 6,5=138 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{от}}=409+319-138=590 \text{ Вт}$$

Примечания:

1. Подсчет площадей наружных стен производит без вычета площади окон, а в графе 7 – из коэффициента теплопередачи окна вычитают коэффициент теплопередачи стены.
2. Основные тепловые потери через ограждения – граф. 13 – подсчитываются перемножением данных, занесенных в графы 6, 7, 8, 9, 12.
3. Теплопотери через наружную дверь определяют отдельно:
 - а) при подсчете тепловых потерь через наружную стену из площади стены (граф. 6) вычитают площадь двери;
 - б) коэффициент теплопередачи наружных стен не вычитается из коэффициента теплопередачи двери.

3.6. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.

Выбор системы отопления, отопительных приборов, теплоносителя и его температуру производит (2, прил. 11). Для зданий этажностью более 3-х этажей предпочтительно применение вертикальных одноконтурных систем водяного отопления с искусственной циркуляцией.

В курсовой работе студент самостоятельно принимает решение о типе одноконтурной системы водяного отопления (с верхней или нижней разводкой обеих магистралей, с осевыми или смещенными замыкающими участками и проходными кранами; проточно-регулируемую с трехходовыми кранами).

Задачей конструирования системы отопления является размещение приборов, стояков, магистралей системы, назначение уклонов труб, схемы удаления воздуха, выбор запорно-регулирующей арматуры.

3.6.1. Выбор типа нагревательных приборов и определение их поверхности нагрева.

После выбора системы водяного отопления выбирают тип нагревательных приборов (2, прил. 11), при этом учитывают выполнение теплотехнических, экономических, санитарно-гигиенических и производственно-монтажных требований, предъявляемых к отопительным приборам. Затем решают вопрос размещения отопительных приборов в помещениях, выбирают способ присоединения их к трубопроводам системы отопления и схему подвода теплоносителя к нагревательному прибору. Обычно предусматривается одностороннее присоединение приборов к трубам, но может быть допущено и разностороннее присоединение, если в радиаторе устанавливается более 15 секций (для насосных систем) или соединяются два прибора на "сцепке". Соединение приборов "на сцепке" допускается в пределах одного помещения или когда последующий прибор устанавливается во вспомогательных помещениях (коридорах, уборных, кладовых и т.д.).

Далее определяют поверхность нагрева приборов. Исходными данными для расчета поверхности нагрева является тепловая нагрузка прибора, принимаемая равной потерям теплоты помещения, в котором устанавливается данный отопительный прибор, расчетные температуры воды t_1 , t_2 , °С и температура отапливаемого помещения, t_0 , °С.

Поверхность нагрева приборов рассчитывают в настоящее время только в квадратных метрах (м^2).

Расчетная площадь $F_{\text{гр}}$, м^2 , отопительного прибора независимо от теплоносителя определяется по выражению:

$$F_{\text{гр}} = \frac{Q_{\text{гр}}}{q_{\text{гр}}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (29);$$

где $Q_{\text{гр}}$ - тепловая нагрузка отопительного прибора, Вт.

$$Q_{\text{гр}} = Q_{\text{от}} - 0,9 Q_{\text{тр}}, \quad (30);$$

где $Q_{\text{от}}$ - тепловые потери отапливаемого помещения, Вт;

$Q_{\text{тр}}$ - суммарная теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения теплопроводов, Вт.

$$Q_{\text{тр}} = \sum K_{\text{тр}} \cdot \Pi \cdot d_{\text{н}} \cdot l \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{в}}), \quad (31);$$

где $K_{\text{тр}}$, $d_{\text{н}}$, l - соответственно коэффициент теплопередачи, наружный диаметр, м, длина теплопроводов, м;

$t_{\text{г}}$, $t_{\text{в}}$ - температура теплоносителя и воздуха в помещении.

В курсовой работе следует считать, что $Q_{\text{тр}} < 5\% Q_{\text{гр}}$, а поэтому значением $Q_{\text{гр}}$ можно пренебречь.

$q_{\text{гр}}$ - расчетная плотность отопительного прибора, Вт/ м^2 .

Для стандартных условий работы отопительного прибора (при $\Delta t_{\text{сп}}^{\text{ст}} = t_{\text{гр}}^{\text{ст}} - t_{\text{в}} = 0,5(t_{\text{нх}} + t_{\text{вых}}) - t_{\text{в}} = 0,5 \cdot (105 + 70) - 18 = 70^\circ\text{C}$, расходе воды в приборе $G_{\text{гр}}^{\text{ст}} = 0,1$ и $P = 1013,3$ ГПа значение $q_{\text{гр}}$ находят по (5, табл.8.1) и называют эту величину номинальной плотностью теплового потока $q_{\text{ном}}$ отопительного прибора.

Для условий работы отопительного прибора, отличных от стандартных $q_{\text{гр}}$ (Вт/ м^2) определяют:

а) для теплоносителя - воды:

$$q_{\text{гр}} = q_{\text{ном}} \left(\frac{\Delta t_{\text{сп}}^{\text{гр}}}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{G_{\text{гр}}}{0,1} \right)^p C_{\text{гр}}, \quad (32);$$

где $q_{\text{ном}}$ - номинальная плотность теплового потока отопительного прибора, (5, табл.8.1);

$\Delta t_{\text{сп}}^{\text{гр}}$ - действительный температурный напор, $^\circ\text{C}$.

$$\Delta t_{\text{сп}}^{\text{гр}} = [0,5(t_{\text{нх}} + t_{\text{вых}}) - t_{\text{в}}], \quad (33);$$

$G_{\text{гр}}$ - действительный расход воды в отопительном приборе, кг/с.

$$C_{\text{гр}} = \frac{L_{\text{г}}}{G_{\text{гр}}} = \frac{L_{\text{в}}}{G_{\text{гр}}} (C_{\text{гр}} \cdot (t_{\text{нх}} + t_{\text{вых}})), \quad (34);$$

n , p , $C_{\text{гр}}$ - экспериментальные коэффициенты, (5, табл.8.1).

б) для теплоносителя - пара:

$$q_{\text{гр}} = q_{\text{ном}} \left(\frac{\Delta t_{\text{п}}}{70} \right)^{1+n}, \quad (35);$$

$q_{\text{ном}}$ - то же, что и формуле (32);

$\Delta t_{\text{п}} = t_{\text{г}} - t_{\text{в}}$, $^\circ\text{C}$ - температурный напор, равный разности температуры насыщенного пара и температуры воздуха помещения.

В формуле (29) β_1 - коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины принимается в пределах (от 1,03 до 1,06) по (5, табл. 8.2);

β_2 - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты приборами и наружных ограждений (5, табл. 8.3).

Расчетное число секций чугунных радиаторов определяют по формуле:

$$n_p = \frac{F_{np} \cdot \beta_4}{f_1 \cdot \beta_3}, \text{ шт.}, \quad (36);$$

где f - площадь поверхности нагрева одной секции, m^2 , (5, табл. 8.1);

β_4 - коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении,

(5, рис. 8.13), при открытой установке = 1,0;

β_3 - коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе, определяемый по формуле (5, форм. 8.12) или в пределах 0,96 ÷ 1,0 для радиаторов МС.

При округлении расчетного числа секций допускается уменьшение теплового потока Q_{np} не более чем на 5% (но не более чем на 60 Вт).

В отличие от двухтрубных систем отопления в однотрубных водяных системах температура горячей воды, проходящей последовательно приборы различных этажей, понижается. Поэтому для определения поверхности нагрева отопительных приборов для однотрубных систем отопления необходимо всякий раз предварительно определять температуру воды, поступающей в приборы соответствующего этажа, а также перепады температуры в приборах, Δt .

Температура воды, поступающей в нагревательный прибор, определяется по формуле:

$$t_{вх} = t_r - \frac{\sum Q_{np_i}}{Q_{ст}} \cdot \Delta t_{ст}, \quad (37);$$

где $\sum Q_{np_i}$ - суммарная тепловая нагрузка всех отопительных приборов стояка, расположенного выше рассматриваемого прибора при подаче воды по схеме "сверху-вниз", а по схеме "снизу-вверх" - ниже рассматриваемого прибора, считая по направлению движения воды, Вт;

$Q_{ст}$ - тепловая нагрузка стояка, Вт;

$\Delta t_{ст} = t_r - t_0$ - температурный перепад воды в стояке.

Перепад температуры в отопительном приборе определяют по формуле:

$$\Delta t = \frac{0,86 \cdot Q_{np}}{G_{np}} = \frac{0,86 \cdot Q_{np}}{\alpha \cdot G_{ст}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (38);$$

где α - коэффициент затекания воды в прибор (3, табл.9.3);

$\alpha = 1$ и $\alpha = 0,5$ для проточно-регулируемой системы с 3-ходовыми кранами КРТ при одностороннем присоединении прибора к стояку и 2-стороннем, соответственно;

$\alpha = 0,5$ и $\alpha = 0,20$ для систем с проходным краном КРП со смещенным замыкающим участком для тех же вариантов присоединения прибора к стояку; для систем водяного отопления с осевым замыкающим участком при одностороннем присоединении к стояку $\alpha = 0,33$, 2-стороннем - $\alpha = 0,17$ и кранами КРП.

Средняя температура воды в приборе определяется по формуле:

$$t_{cp}^{np} = \frac{t_{вх} + t_{вх}}{2} = t_{вх} - \frac{\Delta t}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (39)$$

Температура воды, выходящей из прибора:

$$t_{\text{вых}} = t_{\text{вх}} - \Delta t, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (40).$$

3.6.2. Циркуляционное давление в одноконтурной системе водяного отопления.

1. В системах с естественной циркуляцией:

$$\Delta P_{\text{г}} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{гпр}}, \text{ Па}, \quad (41);$$

где $\Delta P_{\text{гпр}}$ - давление, возникающее от остывания воды в отопительных приборах, Па;

$\Delta P_{\text{тр}}$ - давление, возникающее за счет остывания воды в трубах, Па, (4, прил.), (5, прил.14).

Давление $\Delta P_{\text{гпр}}$ определяют по (3, ф.10,12а):

$$\Delta P_{\text{гпр}} = \frac{\beta \cdot g}{Q_{\text{от}}} \cdot (t_r - t_o) \cdot \sum_{i=1}^n (Q_{\text{пр}i} \cdot h_i), \text{ Па}, \quad (42);$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

β - среднее приращение плотности при понижении температуры воды на 1°C , (3, табл.10.4);

для $t_r - t_o = (95-70)^\circ\text{C}$ $\beta = 0,64$;

для $t_r - t_o = (105-70)^\circ\text{C}$ $\beta = 0,66$;

$Q_{\text{от}}$ - тепловая нагрузка стояка, Вт;

$$Q_{\text{от}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{пр}i};$$

$Q_{\text{пр}i}$ - тепловая нагрузка i -го прибора

$t_r - t_o$ - расчетная разность температур в системе;

h_i - вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения в стояке для i -го прибора и генератора теплоты (середина высоты котла, точка смешения в тепловом пункте и т.д.).

Для проточных и проточно-регулируемых систем отопления за центр охлаждения стояка принимают середину i -го отопительного прибора, а для систем водяного отопления с осевыми и со смещенными замыкающими участками - низ i -го прибора, (3, рис.10.7, а-в).

2. Циркуляционное давление для вертикальных одноконтурных систем водяного отопления с искусственной циркуляцией определяют по выражению:

$$\Delta P_{\text{р}} = \Delta P_{\text{нас(эл)}} + \Delta P_{\text{г}}, \text{ Па}, \quad (43);$$

где $\Delta P_{\text{нас(эл)}}$ - циркуляционное давление, создаваемое насосом или элеватором, Па.

Принимаем $P_{\text{эл}} = 10 : 12 \text{ кПа}$;

$\Delta P_{\text{г}}$ - то же, что и в формуле (41).

Естественным давлением можно пренебречь, если оно меньше 10 % от $P_{\text{нас(эл)}}$.

ПРИМЕР 4.

Определить для стояка I одноконтурной системы водяного отопления с верхней разводкой и искусственной циркуляцией 5-этажного жилого дома (рис.3) ($t_r = 105^\circ\text{C}$; $t_o = 70^\circ\text{C}$):

а) расчетное циркуляционное давление (присоединение системы предусмотрено к тепловым сетям через элеватор $P_{\text{эл}} = 10 \text{ 000 Па}$);

- б) температуру входящей в нагревательные приборы воды для каждого прибора;
 в) поверхность нагрева F , m^2 отопительных приборов стояка I (для МС-140-108);
 температура воздуха в помещениях $t_a = 18^\circ C$;

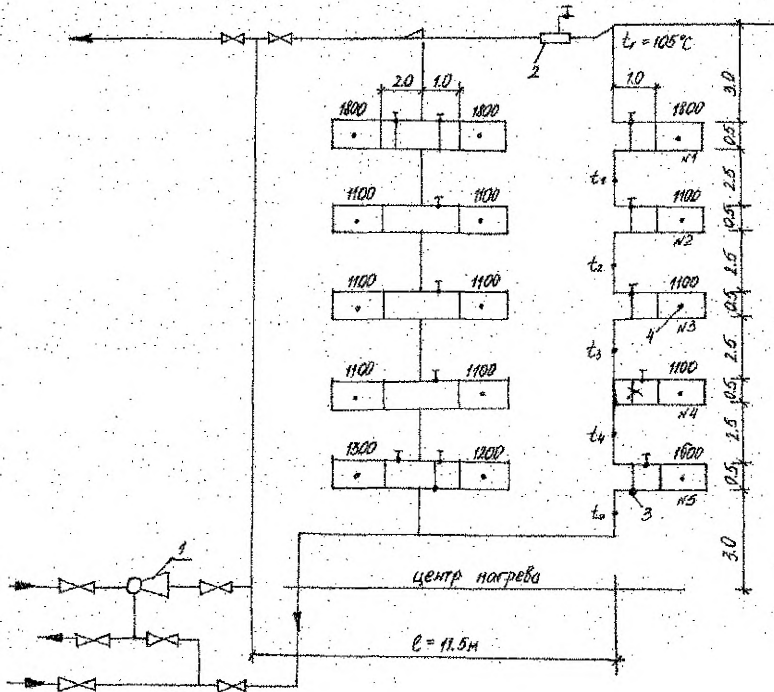


Рис. 3. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой и тупиковым движением воды в магистралях (к ПРИМЕРУ 4).

1 - элеватор; 2 - воздухохорник; 3,4 - центры охлаждения воды в стояке

РЕШЕНИЕ:

1. Определяем тепловую нагрузку и расход воды по стояку I:

$$Q_{ст} = \sum_{i=1}^5 Q_{нр_i} = 1600 + 1100 + 1100 + 1100 + 1800 = 6700 \text{ (Вт)}.$$

$$G_{ст} = \frac{0,86 \cdot Q_{ст}}{t_r - t_o} = \frac{0,86 \cdot 6700}{105 - 70} = 164,6 \text{ кг/ч}$$

2. Определяем естественное давление в стояке, возникающее за счет охлаждения воды в отопительных приборах по формуле 42:

$$\Delta P_{\text{гр}} = \frac{0,66 \cdot 9,81}{6700} (105-70) \cdot (1600 \cdot 3 + 1150 \cdot 6 + 1100 \cdot 9,25 + 1100 \cdot 12,250 + 1800 \cdot 15,25) = 2113 \text{ Па.}$$

Находим по (5, прил. 4) $\Delta P_{\text{тр}}$. Па при горизонтальном расстоянии от главного стояка до стояка I $l = 11,5 \text{ м}$; $\Delta P_{\text{тр}} = 60 \text{ Па}$.

3. Определяем расчетное циркуляционное давление в стояке I по формуле 41:

$$P_p = 10\,000 + 2113 + 60 = 12173 \text{ Па, где } P_{\text{эл}} = 10\,000 \text{ Па.}$$

4. Определяем температуру воды, поступающей в отопительный прибор стояка I на каждом этаже по формуле 37:

$$t_1 = 105 - \frac{1800}{6700} \cdot 35 = 95,64 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_2 = 105 - \frac{1800 + 1100}{6700} \cdot 35 = 89,92 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_3 = 105 - \frac{(1800 + 1100 + 1100)}{6700} \cdot 35 = 84,2 \text{ }^\circ\text{C, и т.д.}$$

5. Определяем температурный перепад воды в отопительном приборе на каждом этаже по формуле 38, где величину коэффициента затекания воды α принимаем:

для 1-го этажа $\alpha = 0,5$ (сместен замыкающий участок и кран КРП);

для 2-го этажа $\alpha = 0,33$ (осевой замыкающий участок с краном КРП);

для 3,4 и 5-го этажей $\alpha = 1$ (проточно-регулирующий стояк для одностороннего присоединения прибора к нему).

$$\Delta t_1 = \frac{0,86 \cdot 1800}{1 \cdot 164,6} = 9,4 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{для прибора №1}).$$

$$\Delta t_2 = \frac{0,86 \cdot 1100}{1 \cdot 164,6} = 5,748 = 5,75 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_3 = \frac{0,86 \cdot 1100}{1 \cdot 164,6} = 5,748 = 5,75 \text{ }^\circ\text{C, и т.д.}$$

6. Находим среднюю температуру каждого прибора стояка I по формуле 39:

$$t_{\text{ср}}^{\text{№1}} = 105 - \frac{9,4}{2} = 101,3 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{ср}}^{\text{№2}} = 95,64 - \frac{5,75}{2} = 92,77 \text{ }^\circ\text{C, и т.д.}$$

7. Определяем температурный напор, формула 33:

$\Delta t_{cp}^{np} = t_{cp}^{np} - t_n$ для каждого прибора стойка I.

$$\Delta t_{cp}^{№1} = 101,3 - 18 = 83,3^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{cp}^{№2} = 92,77 - 18 = 74,77^\circ\text{C};$$

и т.д.

Далее по (5, табл. 8.1) для прибора МС-140-108 выбираем $q_{норм} = 758 \text{ Вт/м}^2$, $G_{np} = 0,01 \text{ кг/с}$; $n = 0,3$; $P = 0,02$; $C_{np} = 1,039$; $f = 0,244 \text{ м}^2$ и определяем поверхности нагрева радиаторов МС-140-108 для стойка I по формуле 29.

Предварительно находим по формуле 32 расчетную плотность теплового потока для каждого радиатора (q_{np} , Вт/м^2):

$$q_{np}^{№1} = 758 \cdot \left(\frac{83,3}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{0,01}{0,1}\right)^{0,02} \cdot 1,039 = 942,8 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_{np}^{№2} = 758 \cdot \left(\frac{74,77}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{0,01}{0,1}\right)^{0,02} \cdot 1,039 = 819,28 \text{ Вт/м}^2; \text{ и т.д.}$$

8. Площадь приборов F_{np} , м^2 (формула 29) на стойке I:

$$F_{np}^{№1} = \frac{1800 \cdot 1,03 \cdot 1,02}{942,8} = 2,006 \text{ м}^2;$$

$$F_{np}^{№2} = \frac{1800 \cdot 1,03 \cdot 1,02}{819,2} = 1,411 \text{ м}^2; \text{ и т.д.}$$

где $\beta_1 = 1,03$; $\beta_2 = 1,02$.

9. Количество секций радиатора (формула 36):

$$n^{№1} = \frac{F_{np} \cdot \beta_4}{f_1 \cdot \beta_3} = \frac{2,006 \cdot 1}{0,244 \cdot 1} = 8,22 \text{ шт.};$$

$$n^{№2} = \frac{1,411 \cdot 1}{0,244 \cdot 1} = 5,78 \text{ шт. и т.д.}$$

где $\beta_3 = 1$; $\beta_4 = 1$.

Расчет поверхности нагрева приборов сведен в табл. 2.

Ведомость расчета поверхности нагревательных приборов

Таблица 2.

Наим. помещения		Температура воздуха в помещении, $t_{в}$ (°C)	Тепловая нагрузка на прибор $Q_{тп}$ (Вт)	Суммарная тепловая нагрузка приборов, расположенных выше или ниже рассматриваемого $\sum Q_{тп}$ (Вт)	Температура входящей воды в прибор, $t_{вх}$ (°C)	Коэффициент зитекания воды, α	Температурный перепад в приборе, $\Delta t = 0,86 \cdot Q_{тп} / (\alpha \cdot G_{ср} \cdot C_{ср})$ (°C)	Средняя температура в приборе, $t_{ср}^{пр} = t_{вх} + \Delta t / 2$ (°C)	Температурный напор, $\Delta t_{ср}^{пр} = t_{ср}^{пр} - t_{в}$ (°C)	Расчетная плотность теплового потока, $q_{тп}$ (Вт/м ²) – ф.32	Расход воды в приборе, G (кг/с)	Поправочные коэффициенты		Расчетная площадь прибора, $F = Q_{тп} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 / q_{тп}$ (м ²)	Поправочные коэффициенты		Расчетные числа секций	Установочное число секций
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	18	1800	0	105	1	9,4	101,3	83,3	942,8	0,1	1,03	1,02	2,006	1	1	8,228	9	
2	18	1100	1800	96,64	1	5,75	92,77	74,77	819,28	0,1	1,03	1,02	1,411	1	1	5,786	6	
3	18	1100	2900	89,92	1	5,75	87,05	69,05	738,95	0,1	1,03	1,02	1,504	1	1	6,417	7	
4	18	1100	4000	84,2	0,5	17,42	75,49	57,49	582,5	0,1	1,03	1,02	1,984	1	1	8,138	8	
5	18	1600	5100	78,5	0,33	16,72	70,12	52,12	512,5	0,1	1,03	1,02	3,279	1	1	13,44	14	

3.6.3. Расчет и подбор водоструйного элеватора.

Элеватор применяется при непосредственном присоединении местной водяной системы отопления к тепловой сети с перегретой водой для понижения температуры поступающей воды из тепловой сети до заданной температуры воды в системе отопления и обеспечения циркуляции в ней. Элеватор устанавливается в помещении теплового пункта в подвале здания.

Элеватор имеет низкий к.п.д. (не выше 10%), поэтому для нормальной работы элеватора необходимо, чтобы разность давлений в подающей к обратной трубах тепловой сети

составляла не менее 80-120 кПа. Давление, создаваемое элеватором в местной системе, составляет обычно 10-12 кПа. Основной расчетной характеристикой элеватора является коэффициент подмешивания "U".

$$U = 1,15 \cdot \frac{G_n}{G_r} = 1,15 \cdot \frac{T - t_r}{t_r - t_o}, \quad (44);$$

где G_n - количество подмешиваемой обратной воды, т/ч;
 G_r - количество горячей сетевой воды, т/ч;
 T - температура воды в подающей трубе тепловой сети, °С;
 t_r - температура воды в местной системе отопления, °С;
 t_o - температура обратной воды в местной системе, °С.

Для подбора соответствующего номера сопла и номера элеватора необходимо определить аналитически диаметры сопла и горловины элеватора. Элеватор удобно подбирать, пользуясь номограммой, (6, лист VI.5, рис.1), предварительно определив коэффициент подмешивания "U" и приведенный расход, т/ч смешанной воды.

$$G_{пр} = \frac{100 \cdot G_{мс}}{\sqrt{P_c}}, \quad (45);$$

где P_c - гидравлическое сопротивление системы отопления (давление после элеватора), Па;

$G_{мс}$ - количество воды, циркулирующей в системе отопления, т/ч.

$$G_{мс} = \frac{0,86 \sum Q_{зд}}{t_r - t_o} \cdot 10^{-3}, \quad (46);$$

где $\sum Q_{зд}$ - расход теплоты на отопление здания, Вт.

3.7. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЫТЯЖНОЙ КАНАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ.

3.7.1. Общие положения об устройстве канальной системы вентиляции и принцип ее работы.

В массовом жилищном строительстве принята следующая система вентиляции квартир: отработанный воздух удаляется непосредственно из зоны его наибольшего загрязнения, т.е. из кухни и санитарных помещений, посредством естественной вытяжной вентиляции. Его замещение происходит за счет наружного воздуха, поступающего через неплотности наружных ограждений (главным образом оконного заполнения) всех помещений квартиры и нагреваемого системой отопления.

Система канальной вытяжной вентиляции состоит из вертикальных каналов с отверстиями, закрываемые жалюзийными решетками, сборных горизонтальных воздуховодов, вытяжной шахты с дефлектором.

Движение воздуха в каналах, воздуховодах, шахте происходит благодаря естественному давлению, возникающему за счет разности плотностей холодного наружного и теплого внутреннего воздуха помещения:

$$\Delta P_o = h \cdot (\gamma_s - \gamma_o), \quad (47);$$

где h - высота воздушного столба, принимаемая от середины вытяжного отверстия до устья вытяжной шахты, м;

γ_s - удельный вес наружного воздуха (в расчетах принимается $t_n = +5^\circ\text{C}$), Н/м³;

γ_o - удельный вес внутреннего воздуха вентилируемого помещения, Н/м³.

Величины γ_s и $\gamma_{вн}$ определяются по формуле (18).

Вентиляционные каналы прокладывают во внутренних кирпичных или каменных стенах. Минимальный размер таких каналов (140x140) мм. В крупнопанельных зданиях вентиляционные каналы рекомендуется устраивать в стенах или перегородках в виде специальных блоков, состоящих из нескольких вертикальных каналов.

Вентиляционные блоки для зданий с числом этажей до 5-ти выполняют с индивидуальными каналами для каждого этажа, а для зданий выше 5-ти этажей с целью сокращения площади, занимаемой каналами, выполняют по схеме с перепуском через один или несколько этажей. Такие блоки имеют сборный канал большого сечения, к которому подключаются вентканалы из других этажей.

В квартирах со сквозным проветриванием, а также в одна, двух и трехкомнатных квартирах осуществляется вытяжная вентиляция из кухонь, ванных, санузлов.

Суммарное количество воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$, уходящего из кухни L_k , ванной L_b , санузла L_{cy} , должно быть не менее необходимого воздухообмена жилых комнат квартиры

$$L_k + L_b + L_{cy} \geq L_{жк}$$

где $L_{жк}$ - нормируемый воздухообмен для вентиляции жилых комнат, $\text{м}^3/\text{ч}$

$$L_{жк} = 3 \cdot F_{жк}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ - норма воздухообмена на 1 м^2 жилой площади.

СНиП (2) рекомендует принимать воздухообмен для квартир с жилой площадью менее 47 м^2 (при газовых плитах) исходя из нормы санузлов и кухонь для квартир с жилой площадью (менее 47 м^2); кухня квартиры с четырехкомфорочной плитой - $90 \text{ м}^3/\text{ч}$; с трехкомфорочной - $75 \text{ м}^3/\text{ч}$; двухкомфорочной - $60 \text{ м}^3/\text{ч}$; ванная индивидуальная - $25 \text{ м}^3/\text{ч}$; ванная общая - $50 \text{ м}^3/\text{ч}$; санузел общий - $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ на унитаз; санузел индивидуальный - $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ на унитаз.

При проектировании естественной канальной вентиляции необходимо иметь в виду следующее:

- а) каждое вентилируемое помещение обслуживается самостоятельным вытяжным каналом;
- б) объединение вентиляционных каналов сборными горизонтальными воздуховодами в одну систему допускается только для одноименных помещений;
- в) радиус действия естественной системы вентиляции принимают не более 8 м;
- г) вытяжные шахты устраивают с обособленными и объединенными каналами, рис.

4, 5;

- д) допускается в пределах одной квартиры объединение вентиляционного канала из ванной и душевой (без унитаза) с вентканалом из кухни, или канала санузла и ванной комнаты.

3.7.2. Аэродинамический расчет естественной вытяжной системы вентиляции.

Для обеспечения нормальной работы естественной вытяжной системы вентиляции необходимо увязать потери давления на трение и в местных сопротивлениях при движении воздуха с располагаемым естественным давлением, т.е. произвести аэродинамический расчет системы.

Расчет системы вентиляции выполняют по аксонометрической схеме, которая вычерчивается после проделанной работы:

- а) определены воздухообмены L , $\text{м}^3/\text{ч}$ для вентилируемых помещений;
- б) определены предварительно сечения каналов и их количество (табл. 4)

$$F = \frac{L}{W \cdot 3600}, \text{ м}^2 \quad (48);$$

где W - скорость воздуха в канале, м/с.

$W = (0,5 - 0,6)$ м/с - для вертикальных каналов верхнего этажа;

Для каждого нижерасположенного этажа W на 0,1 м/с больше, чем у предыдущего, но не более чем 1 м/с; в сборных воздуховодах W - до 1,0 м/с и в вытяжных шахтах $W = 1,0$ м/с до 1,5 м/с.

в) компонуют вентиляционную систему.

Последовательность расчета.

1) Выбирают расчетную ветвь системы вентиляции вентиляционный канал верхнего этажа, наиболее неблагоприятно расположенный по отношению к вытяжной шахте. В курсовой работе таким каналом является канал, обслуживающий 5-й этаж.

2) Определяют располагаемое гравитационное давление для расчетной ветви по формуле (47).

3) Уточняют скорость движения воздуха в канале по принятому сечению канала

$$W = \frac{L}{3600 \cdot F}, \text{ м/с} \quad (49).$$

4) Находят эквивалентный по трению диаметр канала для прямоугольного сечения

$$d_{\text{экв}} = \frac{2 \cdot (ab)}{a + b}, \text{ мм} \quad (50);$$

где a, b - размеры сторон прямоугольного канала, мм.

5) Зная эквивалентный диаметр канала и скорость движения воздуха, определяют потери давления на трение $R_{\text{уд}}$ Па на 1 погонный метр и динамическое давление $h_{\text{д}}$ Па, используя номограмму для расчета круглых стальных воздуховодов (6, ч. II, рис. VII.12), (5, рис. 14.9).

6) Определяют потери давления на трение и в местных сопротивлениях на участке

$$R_{\text{уд}} \cdot l_{\text{уч}} \cdot \beta + \sum \zeta h_{\text{д}}, \text{ Па} \quad (51),$$

где $l_{\text{уч}}$ - длина участка, м;

β - коэффициент шероховатости, определяемый (5, табл. 14.3);

$\sum \zeta$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке.

Значение коэффициентов местных сопротивлений определяется по (5, прил. 9) или (6, ч. II, табл. VII.13).

7) Определяют суммарные потери давления в рассчитываемой ветви и сравнивают с располагаемым гравитационным давлением.

$$\sum_{i=1}^n (R_{\text{уд}} \cdot l_{\text{уч}} \cdot \beta + \sum \zeta h_{\text{д}}) \leq \Delta P_{\text{г}}, \text{ Па} \quad (52)$$

(запас 10 - 15 %).

Расчет других каналов следует производить с увязкой потерь давления в параллельных участках с учетом разности значений располагаемых давлений для ветканалов, обслуживающих помещения других этажей.

Расчет сводят в бланк, табл. 3 и 4.

Если в индивидуальном задании к курсовой работе предусмотрена вентиляционная панель с известными сечениями и количеством вентиляционных каналов, то расчет системы вентиляции сводится к проверке достаточности площади сечения вытяжных каналов для вентилируемых помещений.

Так как стандартные вентиляционные панели или блоки обычно выводятся на крышу здания раздельными каналами, то расчет системы вентиляции ведут для одиночного вентиляционного канала (рис. 5).

ПРИМЕР 5. Произвести аэродинамический расчет естественной вытяжной канальной системы вентиляции кухни, изображенной на рис. 5. Воздухообмен кухни принят $L = 90 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Вентиляционные каналы расположены в кирпичной стене и выводятся на крышу раздельными каналами. Расстояние по вертикали между центром вытяжного отверстия и устьем вытяжной шахты составляет: для вентканала на первом этаже-5,5 м; для вентканала на 2 этаже-2,7м. Температура воздуха в кухне $t_p = 15^\circ\text{C}$.

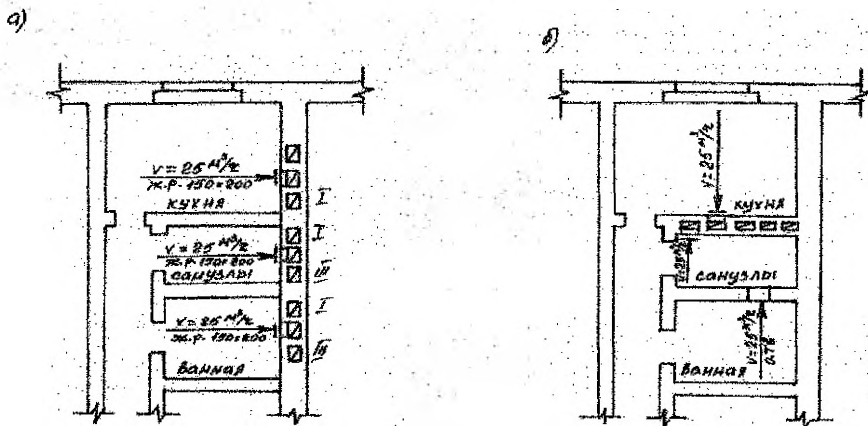


Рис 4. Устройство вентиляционных каналов:
 а) во внутренних кирпичных стенах
 б) с использованием вентиляционных панелей.

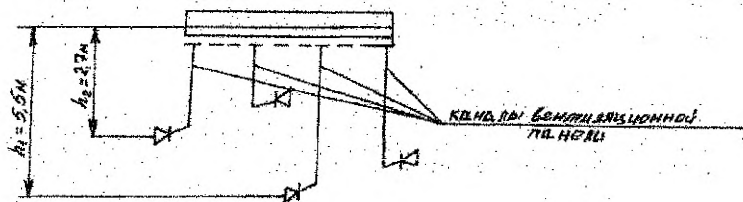


Рис 5. Схема вытяжной системы вентиляции с обособленными каналами.

РЕШЕНИЕ:

1. Определяем предварительные сечения вертикальных каналов и жалюзийных решеток по формуле (48) с уточнением скоростей движения воздуха по каналам, (см. табл.3).
2. Определяем располагаемое давление для каналов каждого этажа по формуле (47).
 Для II этажа $\Delta P_{II} = 2,7 \cdot (12,46 - 12,02) = 1,19 \text{ Па}$.

1	№ участка
2	Расход воздуха, $L, \text{ м}^3/\text{ч}$
3	Длина участка, $l, \text{ м}$
4	Скорость движения воздуха, $W, \text{ м/с}$
5	Линейные размеры воздуховода, $(a \times b), \text{ мм}$
6	Площадь поперечного сечения канала, $F, \text{ м}^2$
7	Эквивалентный диаметр по трению, $d, \text{ мм}$
8	Удельная потеря давления на трение, $R_{уд}, \text{ Па/м}$
9	Коэффициент шероховатости, β
10	Потери давления на участке на трение, $R_{тр} = R_{уд} \cdot l \cdot \beta, \text{ Па}$
11	Динамическое давление, $h_d, \text{ Па}$
12	Сумма коэффициентов местного сопротивления, $\sum \zeta$
13	Потеря давления в местных сопротивлениях, $Z = \sum \zeta \cdot h_d, \text{ Па}$
14	Суммарные потери давления на участке, $R_{тр} + Z, \text{ Па}$
15	Примечание

Расчет ветви системы через канал кухни 11 этажа, $d, R = 1,19 \text{ Па}$

1 90 2,7 0,66 140 x 270 0,038 180 0,048 1,36 0,176 0,25 3,92 0,96 1,156

вход в ж.р.
с поворота

том $\zeta_1=2;$

клинено

$\zeta_2=1,2 \times 1,07$

$=1,28,$ де-

флектор

$\zeta_3=0,64$

$$\text{Невязка: } \frac{119 - 1,156}{1,19} \times 100 = 3\%$$

Потери давления в вентиляционном канале, обслуживающем кухню 1 этажа, определены аналогично произведенному выше аэродинамическому расчету.

Для Ютжака $\Delta P = 5,5 \cdot (12,46 - 12,02) = 2,42$ Па.

Где $\gamma_{\text{вз}} = 12,46 \text{ н/м}^3$; $\gamma_{\text{н.с}} = 12,02 \text{ н/м}^3$ — формула (18).

3. Выбравем расчетную сеть системы через канал П этажа, как наиболее неблагоприятно расположенную ($P_{\text{в}} \ll P_{\text{д}}$). Дальнейший расчет ведем согласно п.3.6.2. настоящих методических указаний. Расчет сведен в таблицу 4.

Таблица 3
Програмный расчет вентиляционных каналов
и жалюзийных решеток

Наименование помещений	Воздухо-обмен $L_v, \text{ м}^3/\text{ч}$	Скорость $W, \text{ м/с}$	Площадь канала $F, \text{ м}^2$	Размеры канала (ав) мм	Принятая площадь канала $F, \text{ м}^2$	Действительная скорость в канале $W, \text{ м/с}$	Размер жалюзийной решетки
Кухня	90	0,67	П этаж 0,0175	140x270	0,038	0,66	200x300
Кухня	90	0,67	1 этаж 0,0375	140x270	0,038	0,66	200x300

Расчет воздуховодов вытяжной системы вентиляции

Таблица 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 2.04.01-97. Строительная теплотехника. - Минск, 1998.
2. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М., 1992.
3. Староверов И.Т., Шилер Ю.И. Справочник проектировщика. Часть I. Отопление. - М., Стройиздат, 1990.
4. Андреевский А.К. Отопление. - Минск, 1974.
5. Тихомиров К.В., Сергеев Э.С. Теплотехника, теплогасоснабжение и вентиляция. М., 1991.
6. Щекин Р.Н. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Ч.1 и 2. - Киев, Будивельник, 1976.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Горбачева Мария Григорьевна
Северянин Виталий Степанович

Методические указания для курсового проектирования
по дисциплине "Инженерные сети и оборудование"
на тему "Отопление и вентиляция жилого здания"
для студентов специальности Т.19.06.00.

Ответственный за выпуск
Редактор

Горбачева М.Г.
Строкая Т.В.

Подписано к печати 14.03.00 г. Формат 60 x 84 1/16.

Усл. п.л. 2,1. Уч. изд. л. 2,25. Тираж 200 экз. Заказ 210.

Отпечатано на ризографе Брестского политехнического института. 224017. Брест,
ул. Московская, 267.