

**ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДА
МОСКВЫ
МОСКОМАРХИТЕКТУРА
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО (НП) «АВОК»**

**РУКОВОДСТВО
ПО РАСЧЕТУ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК НА СИСТЕМЫ
ОТОПЛЕНИЯ, ОХЛАЖДЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ И
ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВЫХ ЗДАНИЙ. ТРЕБОВАНИЯ ПО
АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВВОДОВ В ЗДАНИЯ
(НОРМЫ И ПРАВИЛА)**

© НП «АВОК»

Президент НП «АВОК»,
член-корреспондент РААСН,
д-р техн. наук

Руководитель Центра энергосбережения и
рационального использования нетрадиционных
источников энергии в строительном комплексе
ГУП «НИИМосстрой» д-р техн. наук

_____ Ю.А. Табунщиков

_____ Г.П.Васильев

СОГЛАСОВАНО:

Исполняющий обязанности по координации
деятельности Комплекса градостроительной
политики и строительства города Москвы

_____ А.Д. Косован

© НП «АВОК»

Предисловие

1 Настоящее руководство является первой редакцией норм и правил по расчету тепловых нагрузок на системы отопления, охлаждения и вентиляции жилых и общественно-деловых зданий, требованиям по автоматизации тепловых вводов в здания

2 Настоящая редакция руководства подготовлена в инициативном порядке и предназначена для нормативно-технического обеспечения выполнения Распоряжения Первого заместителя Мэра Москвы в Правительстве Москвы от 27 августа 2010 г. №61-РЗМ «Об утверждении плана-графика мероприятий по повышению энергоэффективности жилых и общественно-деловых зданий в городе Москве» некоммерческим партнерством «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике» (НП «АВОК») и при участии следующих специалистов: д. т. н., проф. Ю. А. Табунщиков (НП «АВОК») - руководитель; к. т. н. В. И. Ливчак (НП «АВОК»); к. т. н., проф. Е. Г. Малявина (Московский государственный строительный университет (ГОУ ВПО МГСУ)); В. Н. Карпов (ОАО «Моспроект»); к. т. н. Н. В. Шилкин (МАрхИ).

3 Руководство имеет своей целью оказание помощи заказчикам и проектировщикам в расчете теплотерь, подборе оборудования и определении расчетной нагрузки системы отопления при проектировании вновь возводимых, реконструируемых, капитально ремонтируемых и модернизируемых жилых и общественных зданий.

Содержание

Введение.....	5
1 Область применения.....	7
2 Нормативные ссылки.....	7
3 Термины и определения.....	8
4 Расчетные параметры внутренней и наружной среды.....	9
5 Расчетные теплотопотери помещений отапливаемого здания.....	9
6 Расчетные трансмиссионные теплотопотери.....	10
7 Потребность в теплоте на нагревание наружного воздуха.....	14
8 Определение расчетных теплотопотерь помещений для подбора отопительных приборов.....	19
9 Определение расчетной нагрузки на систему отопления.....	20
10 Определение расчетных параметров теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, и их изменения в зависимости от температуры наружного воздуха.....	21
11 Требования по автоматизации тепловых вводов в здание.....	24
12 Примеры расчета.....	26

Введение

Настоящее руководство определяет порядок расчета теплотерь, подбора оборудования и определения расчетной нагрузки системы отопления при проектировании вновь возводимых, реконструируемых, капитально ремонтируемых и модернизируемых жилых и общественных зданий, а также требования к автоматизации тепловых вводов в эти здания. Руководство распространяются на территорию г. Москвы и прилегающие агломерации.

Необходимость разработки этого руководства вызвано тем, что изменения 1997 г. в СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование», перешедшие затем в одноименный СНиП 41-01-2003, привели к неоправданному увеличению расчетной мощности системы отопления особенно жилых зданий, что стало следствием перерасхода тепла в процессе их эксплуатации и недополучения расчетной экономии тепловой энергии от повышения тепловой защиты зданий. А также потому, что в СНиП 41-01-2003, с утверждением, которого прекращается действие СНиП 2.04.05-91*, отсутствуют методики расчета теплотерь через наружные ограждения, на нагрев инфильтрующегося воздуха и расчета производительности системы отопления.

Данное руководство сохраняет преемственность СНиП 2.04.05-91* редакции до 1997 г., но учитывает тенденцию снижения максимальной величины удельных бытовых тепловыделений в квартирах примерно на 40% из-за повышения уровня жилищных условий в сравнении с 70-ми годами прошлого века, что уже нашло отражение в МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях», а затем и в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». В руководстве максимальное значение удельной величины бытовых тепловыделений принимается не 21 Вт/м² площади пола жилых комнат и кухни, как в СНиП 2.04.05-91 (в СНиП 41-01-2003 – не менее 10 Вт/м²), а в зависимости от заселенности: при 20 м² общей площади на человека и менее – 17 Вт/м² площади пола жилых комнат (без кухни), с пропорциональным уменьшением до 10 Вт/м² при заселенности на среднеевропейском уровне 45 м² общей площади на человека.

Дальнейшее снижение расчетной мощности системы отопления до реального значения в руководстве проводится за счет принятия в соответствии с МГСН «Жилые здания» нормативного воздухообмена в квартирах, обеспечиваемого нагревом от системы отопления, в объеме 30 м³/ч наружного воздуха на одного человека с добавлением из Стандарта АВОК-1-2004. «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена», - но не менее 0,35 обмена в час от объема квартиры, позволяющее учитывать большее

выделение вредностей от мебели, ковров, чем от человека в квартирах с меньшей заселенностью.

При определении теплопотерь помещений и подборе отопительных приборов в жилых зданиях следует отойти от принципа покомнатного, коммунального расселения квартир к их посемейному заселению, когда жители одной квартиры свободно перемещаются из комнаты в комнату, в том числе и на кухню. В то же время, с учетом тенденции осуществления в перспективе измерения теплопотребления на отопление каждой квартирой, необходимо представить возможность жителям повысить комфортность их пребывания в жилище по их представлению, обеспечив контролируемый запас при подборе поверхности нагрева отопительных приборов, не вызывающий перерасход тепловой энергии в стандартных условиях.

Это обеспечивается обязательным автоматическим регулированием подачи тепла на отопление на вводе в здание, в связи с чем должны быть определены расчетные параметры теплоносителя, циркулирующего в системе отопления с учетом установленного запаса поверхности нагрева отопительных приборов, и их изменения в зависимости от температуры наружного воздуха и представлены в проекте в виде таблицы для информации к настройке регулятора отопления.

1 Область применения

1.1. Руководство распространяется на жилые здания и общественные здания с помещениями высотой до 4-х метров от пола до потолка.

1.2. Руководство распространяется на системы отопления с местными отопительными приборами, системы панельного и воздушного отопления.

Параметры систем панельного и воздушного отопления должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить равномерное распределение температуры воздуха по высоте обслуживаемых помещения и примерное совпадение температуры воздуха и результирующей температуры в помещении.

1.3 Система отопления с расчетной тепловой нагрузкой должна с заданной обеспеченностью создать и поддерживать в обслуживаемых помещениях температуру воздуха в соответствии с действующими нормативными документами.

1.4 Руководство предназначено для инженеров-проектировщиков систем отопления.

2 Нормативные ссылки

В настоящем руководстве использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.1.055-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

СНиП 23-01-99*. Строительная климатология

СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование

СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий

СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование

СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий

СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов

МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормы тепловодозлектроснабжения

МГСН 3.01-01. Жилые здания

Стандарт АВОК-1-2004. Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена

3 Термины и их определения

В настоящем руководстве применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 теплотери помещения: Сумма тепловых потоков, Вт, направленных из рассматриваемого помещения, включая внутренние теплопоступления, и подлежащих возмещению для поддержания в помещении заданной температуры.

3.2 расчетные теплотери помещения: Теплотери помещения, Вт, при расчетной температуре воздуха в помещении и расчетных для отопления температуре наружного воздуха и скорости ветра за вычетом внутренних (бытовых) теплопоступлений.

3.3 расчетные теплотери здания: Максимальная сумма одновременных теплотерь всех помещений, Вт. Для зданий с постоянным режимом отопления – сумма расчетных теплотерь всех помещений здания.

3.4 трансмиссионные теплотери помещения: Теплотери помещения за счет теплопередачи через ограждающие конструкции, Вт.

3.5 инфильтрационные теплотери помещения: Потребность в теплоте на нагревание наружного воздуха, инфильтрующегося под действием теплового и ветрового напоров через оконные и дверные проемы этого помещения, Вт;

3.6 вентиляционные теплотери помещения: Потребность в теплоте на нагревание вентиляционной нормы наружного воздуха при отсутствии в нем механической приточной вентиляции с подогревом наружного воздуха, Вт;

3.7 внутренние теплопоступления: Сумма теплопоступлений в отапливаемых помещениях от людей, пребывающих в нем, освещения, пользования бытовыми приборами, компьютерами, от рассеянной радиации, дополнительно в квартирах – от приготовления пищи и пользования горячей водой, в том числе теплопоступления от полотенцесушителей и трубопроводов, в помещениях общественного назначения – от технологического оборудования;

3.8 расчетная нагрузка на систему отопления: Максимальный требуемый расход теплоты, подаваемый в отапливаемые помещения здания (или части его) для поддержания в них заданной температуры в расчетных зимних условиях, с учетом потерь теплоты трубопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях.

4 Расчетные параметры внутренней и наружной среды

4.1 За расчетную температуру внутреннего воздуха t_v , °С, при расчете теплопотерь и тепловой нагрузки на систему отопления принимают в жилых, общественных, административно-бытовых зданиях – минимальную из оптимальных температур по табл. 1 и 2 ГОСТ 30494-96.

4.2 За расчетные параметры наружного воздуха для жилых, общественных, административно-бытовых зданий принимается температура t_n , °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, и скорость ветра v_n , м/с, равная максимальной из средних скоростей ветра в январе по румбам с обеспеченностью не менее 16%. Указанные параметры для соответствующих районов строительства определяются из СНиП 23-01-99*. При подключении здания к существующей системе централизованного теплоснабжения – по принятой для большинства зданий исходя из тех параметров, на которые рассчитан центральный график регулирования источника тепла, для Москвы $t_n = -26$ °С.

5 Расчетные теплопотери помещений отапливаемого здания

5.1. Расчетные теплопотери $Q_{расч}$, Вт, в жилых и общественных помещениях рассчитывается по формуле:

$$Q_{расч} = Q_{огр} + Q_{инф/вент} - Q_{вн} \quad (1)$$

где $Q_{огр}$ – трансмиссионные теплопотери за счет теплопередачи через наружные ограждения по п. 4, Вт;

$Q_{инф/вент}$ – большая из величин потребности в теплоте на нагревание инфильтрационного воздуха или вентиляционной нормы наружного воздуха при отсутствии механической приточной вентиляции в данном помещении (по п. 5), Вт;

$Q_{вн}$ – внутренние или бытовые тепловыделения, Вт. В жилых зданиях с расчетной заселенностью квартир 20 м² общей площади на человека и менее – 17 Вт/м² жилой площади, с расчетной заселенностью квартир 45 м² общей площади на человека и более – 10 Вт/м² жилой площади; с расчетной заселенностью более 20 м², но менее 45 м² общей площади на человека – по интерполяции между 17 и 10 Вт/м² жилой площади пропорционально расчетной заселенности. В общественных зданиях $Q_{вн}$, Вт, принимается по минимальной среднечасовой величине регулярных тепловыделений от оборудования в рабочее время, освещения и людей. В лестничных клетках жилых и общественных зданий бытовые тепловыделения не учитываются.

5.2 К жилым помещениям относятся спальни, детские, игровые, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые. К нежилым помещениям относятся кухни, ванные комнаты, душевые, санузлы, гардеробные, постирочные, кладовые, коридоры.

6 Расчетные трансмиссионные теплотери

6.1. Трансмиссионные теплотери помещения определяются суммированием потерь теплоты через каждое теплотеряющее ограждение или его часть. Сумму теплотери по помещению округляют до целых величин, Вт.

6.2. Теплотеряющим считается ограждение, отделяющее помещение от среды с температурой ниже температуры самого помещения более, чем на 3 °С.

6.3. Трансмиссионные теплотери $Q_{огр}$, Вт, через каждое теплотеряющее ограждение или его часть рассчитываются по формуле:

$$Q_{огр} = K \cdot A \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot n \cdot (1 + \Sigma \beta), \quad (2)$$

где K – коэффициент теплопередачи наружного ограждения, Вт/(м²·°С); определяется из теплотехнического расчета по формуле (3):

$$K = \frac{1}{R_o^{np}}, \quad (3)$$

здесь R_o^{np} – приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, определяемое по СНиП 23-02-2003 и СП 23-101-2004.

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по п. 2.1.;

$t_{н}$ – расчетная температура наружного воздуха, °С, принимаемая по п. 2.2.;

n – коэффициент положения ограждения относительно наружного воздуха, уменьшающий разность температуры для ограждений, не соприкасающихся с наружным воздухом, определяемый по СНиП 23-02-2003 или расчетом;

A – расчетная площадь теплотеряющего ограждения, м², принимаемая по п.4.4;

β – коэффициент, учитывающий добавочные трансмиссионные теплотери, определяемые по п. 4.5.

6.4. Площадь наружных и внутренних ограждений при расчете теплотери вычисляют с точностью до 0,01 м², используя размеры ограждений в метрах, снятые с точностью 0,1 м с планов и разрезов здания. Площадь A отдельных ограждений при подсчете потерь теплоты по формуле (2) определяется с соблюдением правил обмера по п.п. 4.4.1-4.4.5.

6.4.1. Площади окон, витражей, балконных дверей (в дальнейшем окон) (О), двойных окон (До), тройных (То), наружных дверей (Нд) и фонарей (Ф) измеряют по наименьшему строительному проему (рис. 1).

6.4.2. Площади наружных стен (Нс) измеряют в соответствии с рис. 1:

- в плане – по наружному периметру между осями внутренних стен и наружным углом стены;

- по высоте – во всех этажах, кроме нижнего: от уровня чистого пола до пола следующего этажа. На последнем этаже верх наружной стены совпадает с верхом покрытия или чердачного перекрытия; в нижнем этаже в зависимости от конструкции пола:

- а) от внутренней поверхности пола по грунту;
- б) от поверхности подготовки под конструкцию пола на лагах;
- в) от нижней грани перекрытия над неотапливаемыми подпольем или подвалом.

6.4.3. При определении теплопотерь через внутренние стены их площади обмеряют по внутреннему периметру, то есть, в плане – от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен, по высоте – от поверхности пола до поверхности потолка.

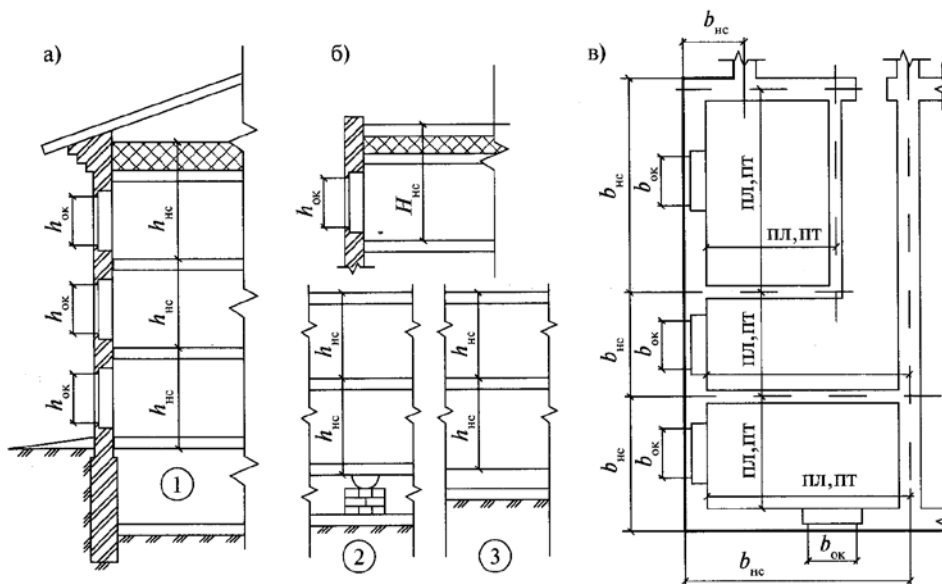


Рисунок 1 – Правила обмера площадей ограждающих конструкций:

- а – разрез здания с чердачным перекрытием; б – разрез здания с совмещенным покрытием; в – план здания; 1 – пол над неотапливаемым подвалом; 2 – пол на лагах; 3 – пол на грунте.

6.4.4. Площади потолка (Пт) и пола (Пл) измеряют между осями внутренних стен и внутренней поверхностью наружной стены (рис.1). Площади стен и полов, расположенных на грунте, в том числе на лагах, определяют с условной их разбивкой по зонам (рис. 2).

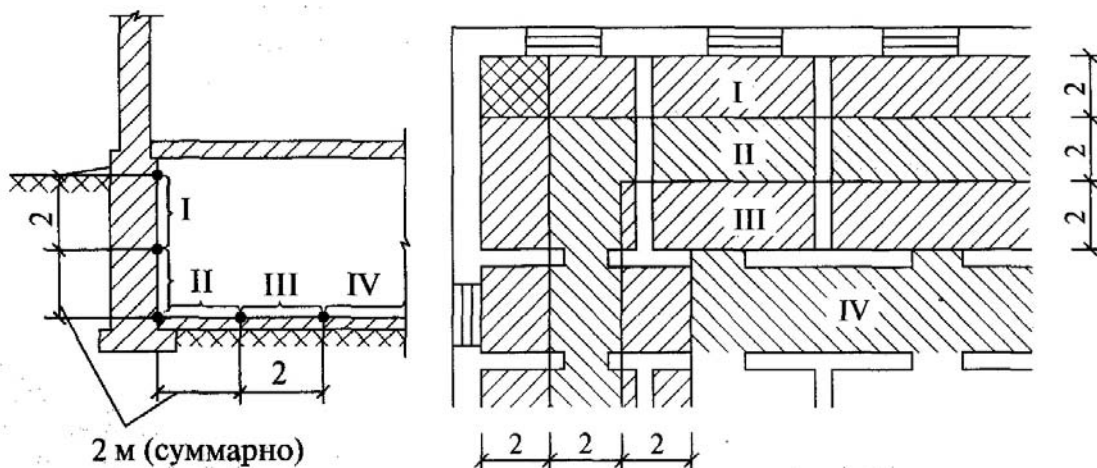


Рисунок 2 – Разбивка поверхности пола (а) и заглубленных частей наружных стен (б) на расчетные зоны I – IV

6.4.5. Теплотери через пол или стены расположенные непосредственно на грунте, рассчитывают по зонам. Поверхность пола и стен по грунту делят на полосы шириной 2 м, параллельные стыку наружной стены и поверхности земли. Пол рассматривается как продолжение стены. Отсчет зон начинается по стене от уровня земли, а если стен по грунту нет, то зоной I является полоса, ближайшая к наружной стене. Следующие две полосы будут иметь номера II и III, а оставшая часть пола составит зону IV. Причем, одна зона может начинаться на стене, а продолжаться на полу (рис. 2).

6.5. Теплотери, рассчитанные без учета добавочных по формуле (2) (при $\Sigma\beta = 0$), называются основными. Дополнительные потери теплоты учитывают добавками к основным теплотерям, задаваемым в долях единицы. Условно добавки делят на несколько видов по определяющим факторам в соответствии с п.п. 4.5.1 – 4.5.3.

6.5.1. Добавку на ориентацию ограждения по сторонам света принимают для всех наружных вертикальных ограждений или проекций на вертикаль наружных наклонных ограждений. Величины добавок равны: для северной, северо-восточной, северо-западной, восточной ориентаций $\beta = 0,1$; для юго-восточной и западной ориентаций $\beta = 0,05$; для южной и юго-западной ориентаций $\beta = 0$ (рис.3).

В типовых проектах – на все стороны света в размере $\beta = 0,08$.

6.5.2. Добавки на угловые помещения (кроме жилых помещений), имеющие две и более наружных стены, принимают равными $\beta = 0,05$ к основным теплопотерям вертикальных наружных ограждений.

В угловых жилых помещениях температура внутреннего воздуха t_v принимается на 2°C выше, а добавка на угол не вводится.

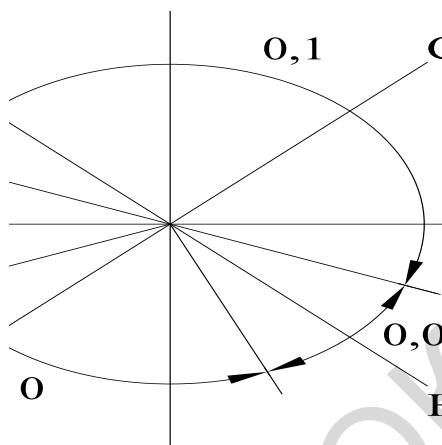


Рисунок 3 – Величины добавок к основным теплопотерям в зависимости от ориентации ограждения по сторонам света.

6.5.3. Добавка на врывание холодного воздуха через наружные двери в здания, не оборудованные воздушно-тепловыми завесами, при их кратковременном открывании принимается к основным теплопотерям дверей. В здании высотой H эта добавка равна: $\beta = 0,2H$ – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними, $\beta = 0,27H$ – для двойных дверей с тамбуром между ними, $\beta = 0,34H$ – для двойных дверей без тамбура, $\beta = 0,22H$ – для одинарных дверей. Вращающиеся двери при определении надбавок на врывание холодного воздуха рассматриваются как двойные без тамбура. Наружные ворота при отсутствии тамбура и воздушно-тепловых завес рассчитывают с добавкой $\beta = 3$, при наличии тамбура у ворот – с добавкой $\beta = 1$. Указанные добавки не относятся к летним и запасным наружным дверям и воротам, а также к дверям и воротам, оборудованным воздушными завесами.

6.6. Трансмиссионные теплопотери через наружные ограждения принято выполнять в табличной форме, которая представлена в примерах 3 и 4.

Для удобства расчета принято площадь наружной стены принимать равной суммарной площади стены и окон, расположенных в ней. При этом в качестве коэффициента теплопередачи окна используется разность коэффициентов теплопередачи окна K_o и наружной стены $K_{нс}$: $K_{\text{окна}} = K_o - K_{нс}$, Вт/($\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}$). То же самое относится к внутренним

стенам с дверями, разделяющими помещения с разной температурой воздуха. Наружная стена и расположенная в ней входная дверь в здание рассчитываются отдельно.

7 Потребность в теплоте на нагревание наружного воздуха

7.1. Воздухопроницаемыми элементами при расчете инфильтрации считаются заполнения световых проемов: окна, витражи, витрины, вертикальные или наклонные зенитные фонари, балконные двери, а также закрытые двери и ворота, которые в обычном эксплуатационном режиме считаются закрытыми. Затраты теплоты на врывание воздуха через открывающиеся двери и ворота в режиме эксплуатации учитываются добавками к основным теплопотерям через входные двери и ворота (п.4.5.3). Так как проникновение воздуха в помещение через стены и покрытия невелики, ими обычно пренебрегают.

7.2. Для выявления максимально возможной в расчетных условиях инфильтрации, принимается, что каждый воздухопроницаемый элемент находится на наветренной стороне здания.

7.3. Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха $Q_{инф}$, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot G_{инф} \cdot c \cdot A \cdot (t_b - t_n) \cdot k, \quad (4)$$

где $G_{инф}$ – расход инфильтрующегося воздуха, кг/(ч·м²), через воздухопроницаемый элемент здания (окно, витраж, дверь) определяется по п. 5.4;

c – теплоемкость воздуха, $c = 1,006$ кДж/(кг·°С);

A – площадь рассматриваемого воздухопроницаемого элемента, м²;

t_b – расчетная для отопления температура внутреннего воздуха, по п. 2.1.

t_n – расчетная для отопления температура наружного воздуха, по п. 2.2.

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в воздухопроницаемых конструкциях, равный 0,7 – для окон и балконных дверей с тройными отдельными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с двойными отдельными переплетами, 0,9 – для окон и балконных дверей со спаренными переплетами, и 1 – для окон и балконных дверей с одинарными переплетами.

7.4. Удельный расход инфильтрующегося воздуха $G_{инф}$, кг/(ч·м²), через воздухопроницаемый элемент здания (окно, витраж, дверь) составляет:

- через окна, витражи, витрины, зенитные фонари, балконные двери

$$G_{инф} = (1/R_{инф.ок}) \cdot (\Delta P / \Delta P_o)^{2/3}, \quad (5)$$

- через входные двери и ворота

$$G_{инф} = (1/R_{инф.дв}) \cdot (\Delta P / \Delta P_o)^{1/2}, \quad (6)$$

где $R_{\text{инф.ок}}$ – приведенное сопротивление воздухопроницанию окна, $\text{м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, при $\Delta P = 10$ Па; принимается по приложению к сертификату соответствия на воздухопроницаемую конструкцию. При отсутствии данных можно принимать величину, соответствующую требуемой по СП 23-101-2004. Для балконных дверей лестничных клеток и лифтовых холлов в переходах через наружную воздушную зону принимают для одинарной двери $R_{\text{инф.ок}} = 0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, для двойной двери с тамбуром $R_{\text{инф.ок}} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ при $\Delta P = 10$ Па.

$R_{\text{инф.дв}}$ – приведенное сопротивление воздухопроницанию входных дверей или ворот, $\text{м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, при $\Delta P = 10$ Па. Принимается для входов в муниципальные жилые здания, продуктовые магазины и в другие объекты с массовым проходом людей $R_{\text{инф.дв}} = 0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, для двойных дверей с тамбуром между ними $R_{\text{инф.ок}} = 0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$; для тройных дверей с двумя тамбурами $R_{\text{инф.ок}} = 0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$; для объектов повышенной комфортности соответственно: $R_{\text{инф.дв}} = 0,16, 0,22, 0,27 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, для вращающихся дверей с тремя перегородками $R_{\text{инф.дв}} = 0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, для вращающихся дверей с четырьмя перегородками $R_{\text{инф.дв}} = 0,16 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$.

ΔP - разность давлений, Па, по обе стороны воздухопроницаемого элемента, п. 5.5;

ΔP_o - разность давлений, принятая для определения требуемого сопротивления воздухопроницанию, $\Delta P_o = 10$ Па.

7.5. Расчетная разность давлений ΔP , Па, по разные стороны воздухопроницаемого элемента здания складывается из гравитационного и ветрового давлений за вычетом внутреннего давления в помещении и определяется по формуле (7) при расчетных температурах наружного t_n и внутреннего t_v воздуха и скорости ветра $v_n, \text{м}/\text{с}$:

$$\Delta P = (H-h) \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot g + (\rho_n \cdot v^2 / 2) \cdot k_{\text{дин}} \cdot (c_n - c_v) - P_v, \quad (7)$$

где H – высота здания от пола нижнего входа в здание до обреза вытяжной шахты или середины воздуховыбросной решетки (при выбросе удаляемого воздуха в плоскости фасада), м;

h – расстояние от пола нижнего входа в здание до центра рассматриваемого воздухопроницаемого элемента в здании (окна, балконной двери, входной двери в здание, ворот, витража, витрины, вертикального или наклонного зенитного фонаря), м;

ρ_n, ρ_v – плотности, $\text{кг}/\text{м}^3$, наружного и внутреннего воздуха, определяемые по формулам (8):

$$\text{- наружного } \rho_n = \frac{353}{273 + t_n}, \text{ кг}/\text{м}^3, \text{ внутреннего } \rho_v = \frac{353}{273 + t_v}, \text{ кг}/\text{м}^3; \quad (8)$$

g – ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$;

$k_{\text{дин}}$ – коэффициент, с помощью которого учитывают изменение динамических свойств ветра в застройке в зависимости от высоты H и типа местности, принимается по табл. 7.1, где значения $k_{\text{дин}}$ приведены в зависимости от типа местности:

А – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

С – городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.

Таблица 7.1 Значения коэффициентов $K_{\text{дин}}$, с помощью которых учитывают изменение ветрового давления по высоте H от уровня нижнего входа в здание.

Высота H , м	Коэффициент k для типов местности		
	А	В	С
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
≥ 480	2,75	2,75	2,75

Примечание: сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30H$ – при высоте сооружения H до 60 м и 2 км – при большей высоте;

c_n , c_z – аэродинамические коэффициенты на наветренном и подветренном фасадах, для большинства зданий на наветренной стороне $c_n = 0,8$, а на заветренной $c_z = -0,6$. Для зданий со сложным фасадом аэродинамические коэффициенты определяются с помощью моделирования или специального расчета;

P_v – внутреннее давление в расчетном помещении, P_a , определяется расчетом системы уравнений баланса воздуха в каждом помещении здания. Упрощенно при расчете теплопотерь принимается по п.7.6.

7.6. Приближенное значение внутреннего давления P_v принимается равным:

- для зданий со сбалансированной механической вентиляцией и равномерно распределенными по фасадам воздухопроницаемыми элементами – половине полного гравитационного давления в здании и половине ветрового давления

$$P_v = 0,5 \cdot H \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot g + 0,25 \cdot (\rho_n \cdot v^2) \cdot k_{\text{дин}} \cdot (c_n - c_3), \quad (9)$$

- для зданий со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и неравномерно распределенными по фасадам воздухопроницаемыми элементами половине полного гравитационного давления здания и усредненной величине ветровых давлений по площадям наветренного, подветренного и боковых фасадов:

$$P_v = 0,5 \cdot H \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot g + 0,5 \cdot \rho_v \cdot v^2 \cdot k_{\text{дин}} \cdot [(c_n - c_3) \cdot A_n + (c_6 - c_3) \cdot A_6] / (A_n + A_6 + A_3), \quad (10)$$

где H , ρ_n , ρ_v , g , v , $k_{\text{дин}}$, c_n , c_3 – то же, что в формуле (7);

c_6 - аэродинамический коэффициент на боковом фасаде, принимаемый $c_6 = -0,4$;

A_n , A_6 , A_3 - площади остекления наветренного, бокового и заветренного фасадов, м^2

- для помещений, оборудованных только вытяжной вентиляцией, – по величине аэродинамического сопротивления, которое преодолевает вытяжной воздух из этого помещения, приближенно можно считать равным располагаемому давлению систем естественной вентиляции:

$$P_e = (H-h) \cdot (\gamma_5 - \gamma_6), \quad (11)$$

где H , h , – то же, что в формуле (7);

γ_5 – удельный вес воздуха при температуре $+5^\circ\text{C}$, $\gamma_5 = 12,5 \text{ Н/м}^3$;

γ_6 – удельный вес внутреннего воздуха, при $t_6 = 20^\circ\text{C}$, $\gamma_6 = 11,8 \text{ Н/м}^3$.

7.7. Для незадымляемых лестничных клеток и поэтажных переходов, помещений, оборудованных только вытяжной вентиляцией или в периоды выключения механической приточной вентиляции, в городских районах допускается расчетную разность давлений ΔP , Па, находить, полагая, что все фасады наветренные, по формуле (7а):

$$\Delta P = 0,55 \cdot (H-h) \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot g + 0,03 \cdot \rho_n \cdot g \cdot v^2, \quad (7a)$$

где H , ρ_n , ρ_v , g , v , $k_{\text{дин}}$, c_n , c_3 – то же, что в формуле (7);

7.8. Расход теплоты на нагревание вентиляционной нормы наружного воздуха $Q_{\text{инф}}$, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{\text{вент}} = 0,28 L_{\text{вент}} \rho c (t_n - t_v), \quad (12)$$

где $L_{\text{вент}}$ – расход наружного воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$, равный вентиляционной норме притока.

В жилых зданиях вентиляционный расход воздуха определяется большей из двух величин: нормы приточного воздуха и нормы вытяжного воздуха. Норма притока в жилом доме определяется исходя из воздухообмена $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ наружного воздуха на человека, но не

менее 0,35 обмена в час от объема квартиры, при заселении 20 м² и более общей площади на человека, или по норме 3 м³/ч на 1 м² жилой площади (комнат) при заселении менее 20 м² общей площади на человека.

Норма вытяжки из квартиры принимается по сумме вытяжек из кухни (60 м³/ч при электрической плите или 90 м³/ч при газовой 4-конфорной плите), из всех ванных комнат и санузлов (по 25 м³/ч), из совмещенных санузлов квартиры (по 50 м³/ч), из постирочной, гардеробной и кладовой с 1-кратным воздухообменом, из помещения теплогенераторной (вне кухни) с 1-кратным воздухообменом.

На такие объемы рассчитывается система вентиляции и предполагается что они необходимы для своевременного удаления образующихся от жизнедеятельности человека вредностей. Эксплуатационная норма вытяжки определяется с учетом неодновременности выделения вредностей в указанных помещениях и, как правило, принимается равной объему притока, допуская при необходимости кратковременное увеличение его путем открывания окон или фрамуг.

В прикладываемом к Руководству примере 6 расчета потребности в теплоте на нагревание наружного воздуха показано, что объем инфильтрующегося воздуха через современные окна (с приведенным сопротивлением воздухопроницанию не менее 0,8 м²·ч/кг при ΔP-10Па) в самых критических условиях (квартира на 1-ом этаже 25-ти этажного дома наветренной ориентации при расчетных метеоусловиях – t_н = -28°С, ветер скоростью 4,9 м/с) меньше нормируемого воздухообмена для вентиляции квартир. Это означает, что в многоквартирных жилых домах сопротивление воздухопроницанию окон которых более 0,8 м²·ч/кг, не следует проводить расчет на возможную инфильтрацию через окна квартир, а принимать её в объеме нормируемого воздухообмена для вентиляции.

7.9. В общественных зданиях вентиляционная норма воздуха определяется специальным расчетом, обеспечивается, как правило, механической приточной вентиляцией или системой кондиционирования воздуха, и в нагрузку системы отопления не включается. В тех помещениях, где механический приток с подогревом отсутствует, приток осуществляется за счет инфильтрации и проветривания в объемах, указанных в СНиП 23-02-2003, а расход теплоты на нагрев наружного воздуха прибавляется к теплотерям системы отопления.

8 Определение расчетных теплопотерь помещений для подбора отопительных приборов

8.1. При расчете теплопотерь отдельных помещений квартиры сначала из расхода теплоты на нагревание наружного воздуха в целом на квартиру вычитается величина бытовых тепловыделений в квартире, и оставшаяся разница распределяется пропорционально площади комнат квартиры, имеющих окна или воздухопусковые клапаны в стенах (кроме жилых комнат это могут быть кухни, ванные комнаты с окном) по формуле (13):

$$Q_{(\text{вент.} - \text{быт}) \text{ ком. } \text{№}1} = Q_{(\text{вент.} - \text{быт}) \text{ кварт.}} \cdot A_{\text{ком. } 1} / \Sigma A_{\text{комнат с окном}} \quad (13)$$

где $Q_{(\text{вент.} - \text{быт}) \text{ ком. } \text{№}1}$ – расход теплоты на нагревание наружного воздуха в комнате № 1 за вычетом бытовых тепловыделений, приходящихся на эту комнату, Вт;

$Q_{(\text{вент.} - \text{быт}) \text{ кварт.}}$ – разность расхода теплоты на нагревание наружного воздуха в объеме максимального значения, для квартиры исходя из нормативного воздухообмена или нормы вытяжки и бытовых тепловыделений в квартире, Вт;

$A_{\text{ком. } 1}$ – площадь пола рассчитываемой комнаты, м²;

$\Sigma A_{\text{комнат с окном}}$ – сумма площадей всех комнат квартиры, имеющих окна или воздухопусковые клапаны наружного воздуха, м².

8.2. Расчетные теплопотери каждого помещения для определения площади нагрева отопительных приборов $Q_{\text{от.пр}}$, Вт находятся суммированием теплопотерь, полученных по формуле (13), и трансмиссионных теплопотерь через наружные ограждения по формуле (2), с учетом дополнительных потерь, связанных с подбором отопительных приборов, по следующей формуле:

$$Q_{\text{от.пр}} = (Q_{(\text{вент.} - \text{быт})} + Q_{\text{огр}}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \quad (14)$$

где $Q_{(\text{вент.} - \text{быт})}$ – то же, что в формуле (13) для n-ой комнаты, Вт;

$Q_{\text{огр}}$ – то же, что в формуле (2) для той же комнаты, Вт;

β_1 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений; принимается по табл. 1;

Таблица 1

Отопительный прибор	Коэффициент β_1 при установке приборов	
	у наружной стены, в том числе под световым проемом	у остекления светового проема
Радиаторы		
- чугунный секционный	1,02	1,07
- стальной панельный	1,04	1,10
Конвекторы		
- с кожухом	1,02	1,05
- без кожуха	1,03	1,07

β_2 – коэффициент запаса в поверхности нагрева отопительных приборов на возможность компенсации теплопотерь через внутренние ограждения смежных помещений, в которых термостаты выставлены на режим сниженного отопления или для возможности интенсивного прогрева помещений перед началом рабочего дня при режиме ночного снижения в общественных зданиях (как правило, $\beta_2 = 1,2$).

9 Определение расчетной нагрузки на систему отопления

Расчетная нагрузка на систему отопления $Q_{от}$, кВт, складывается из расчетных теплопотерь всех отапливаемых помещений и включает потери теплоты трубопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях (техподполье, «теплый» чердак и т.д.) и дополнительные потери, связанные с округлением сверх расчетной величины площади нагрева отопительных приборов, следует определять по формуле:

$$Q_{от} = (\Sigma Q_{расч}) \cdot 10^{-3} \cdot \beta_3 + Q_{тр} \quad (15)$$

где $\Sigma Q_{расч}$ – сумма расчетных теплопотерь всех отапливаемых помещений, Вт;

β_3 – коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины, принимается по табл. 2 при отсутствии термостатов на отопительных приборах; при наличии $\beta_3=1$.

Таблица 2

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, кВт	Коэффициент β_3
0,12	1,02
0,15	1,03
0,18	1,04
0,21	1,06
0,24	1,08
0,3	1,13

Примечание. Для отопительных приборов помещения с номинальным тепловым потоком более 2,3 кВт следует принимать вместо β_3 коэффициент $\beta_3^* = 0,5 \cdot (1 + \beta_3)$.

$Q_{тр}$ – дополнительные потери теплоты при остывании теплоносителя в подающих и обратных магистралях, проходящих в неотапливаемых частях здания от места установки домового узла учета тепловой энергии, кВт, следует определять расчетом.

10 Определение расчетных параметров теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, и их изменения в зависимости от температуры наружного воздуха с учетом запаса в поверхности нагрева отопительных приборов

10.1. При включении коэффициента запаса в поверхности нагрева отопительных приборов β_2 на возможность компенсации дополнительных тепловых потерь при расчете системы отопления (тогда $K_{\text{зап.}} = \beta_2$) или при выявлении этого запаса в процессе энергоаудита (когда $K_{\text{зап.}}$ – есть отношение проектного расчетного расхода тепловой энергии на отопление $Q_{\text{от.пр}}$ к требуемому расходу тепловой энергии на отопление $Q_{\text{от.тр}}$ из энергетического паспорта $K_{\text{зап.}} = Q_{\text{от.пр}} / Q_{\text{от.тр}}$) для исключения перерасхода тепловой энергии на отопление в процессе эксплуатации необходимо пересчитать расчетные параметры температур теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, исходя из этого запаса. Требуемые значения температур воды в подающем $\tau_{\text{о1.тр}}$ и обратном $\tau_{\text{о2.тр}}$ трубопроводах системы отопления находят соответственно по формулам (16) и (17):

$$\tau_{\text{о1.тр}} = t_{\text{в}} + 0,5(\tau_{\text{о1}} - \tau_{\text{о2}}) \frac{\overline{Q}_o}{K_{\text{зап}}} + \left(\frac{\tau_{\text{о1}} + \tau_{\text{о2}}}{2} - t_{\text{в}} \right) \left(\frac{\overline{Q}_o}{K_{\text{зап}}} \right)^{\frac{1}{1+m}} \quad (16)$$

$$\tau_{\text{о2.тр}} = \tau_{\text{о1.тр}} - (\tau_{\text{о1}} - \tau_{\text{о2}}) \left(\frac{\overline{Q}_o}{K_{\text{зап}}} \right), \quad (17)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях;

$\tau_{\text{о1}}$ – расчетная температура теплоносителя в подающем трубопроводе, °С;

$\tau_{\text{о2}}$ – расчетная температура теплоносителя в обратном трубопроводе, °С;

\overline{Q}_o – относительный расход тепловой энергии на отопление, представляющий отношение требуемых расходов тепловой энергии на отопление, определенных при текущей температуре наружного воздуха $t_{\text{н}}$ и расчетной для проектирования отопления t_o ; определяют по формулам (18) или (19) в зависимости от назначения здания;

m – показатель степени в формуле изменения коэффициента теплопередачи отопительного прибора; как правило, принимают $m = 0,25$.

Чтобы установить значение требуемых температур, при расчетной для проектирования отопления температуре наружного воздуха t_o необходимо подставить $\overline{Q}_o = 1$.

Как следует из произведенных расчетов, при завышении поверхности нагрева отопительных приборов на 20 % параметры теплоносителя, циркулирующего в системе отопления, должны составлять в расчетных условиях 84-63 °С вместо 95-70 °С. При

подаче тепловой энергии в систему отопления без учета запаса поверхности нагрева отопительных приборов и регулировании по температуре воды в подающем трубопроводе температура воздуха в квартирах должна была бы повыситься на 4 °С при среднезимних условиях.

10.2. При построении температурных графиков центрального регулирования подачи тепловой энергии на отопление в ИТП или АУУ согласно приложению 18 СП 41-101-95 необходимо знать алгоритм изменения относительного расхода тепловой энергии на отопление в зависимости от температуры наружного воздуха, который может отличаться для зданий разного назначения.

10.3. Для общественных зданий, при расчете теплотерь которых не учитывают бытовые тепловыделения (рисунок 4, линия 1), относительный расход тепловой энергии на отопление $\overline{Q}_{o,общ}$ определяют по формуле

$$\overline{Q}_{o,общ} = \frac{Q_o}{Q_{o,макс}} = \frac{t_b - t_n}{t_b - t_o}, \quad (18)$$

где Q_o - расход тепловой энергии на отопление при текущей температуре наружного воздуха t_n , Вт;

$Q_{o,макс}$ - расчетный расход тепловой энергии на отопление при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления t_o , Вт;

t_b - то же, что в формуле (16);

t_n , t_o - температура наружного воздуха, соответственно, текущая и расчетная.

10.4. Для жилых зданий при расчете изменения расхода тепловой энергии на отопление учитывают бытовые тепловыделения в квартирах, которые, в отличие от теплотерь через ограждающие конструкции, не зависят от величины t_n . С повышением температуры t_n доля бытовых тепловыделений в тепловом балансе жилого здания возрастает, за счет чего можно сократить подачу тепловой энергии на отопление по сравнению с величиной, определенной по формуле (18). Относительный расход тепловой энергии на отопление жилого здания, ориентируясь на квартиры с угловыми помещениями верхнего этажа, где доля бытовых тепловыделений от теплотерь самая низкая, определяют по формуле (19):

$$\overline{Q}_{o,жил} = \frac{(Q_{o,макс} + Q_{int}) \frac{t_b^{OHT} - t_n}{t_b - t_o} - 0,85 Q_{int}}{Q_{o,макс}}, \quad (19)$$

где $Q_{0.макс}$, t_H , t_o – то же, что в формуле (18);

t_B – то же, что в формуле (16);

$Q_{инт}$ – бытовые тепловыделения в целом по зданию;

$t_{B.опт}$ – оптимальная температура воздуха в отапливаемых помещениях, принимаемая в учетом принятого способа регулирования, °С.

10.5. Температурные эксплуатационные графики в подающем и обратном трубопроводах системы отопления, запроектированной с запасом поверхности нагрева отопительных приборов, представляются в табличной форме в зависимости от изменения температуры наружного воздуха с интервалом в 1°С.

Примечание.

1. При регулировании систем отопления поддержанием графика подачи тепловой энергии в зависимости от t_H без коррекции по температуре внутреннего воздуха (рисунок 8.1, линия 2), когда скорость ветра при расчете теплопотерь принимается равной расчетной, что соответствует примерно постоянному объему инфильтрующегося наружного воздуха в течение всего отопительного периода, $t_{B.опт}$ принимают равной 20,5°С при t_H , соответствующей параметрам А (см. СНиП 41-01-2003), постепенно снижаясь до 19 °С;

2. При регулировании системы отопления с автоматической коррекцией графика подачи тепловой энергии при отклонении температуры внутреннего воздуха от заданной (рисунок 8.1, линия 3), когда скорость ветра при расчете теплопотерь принимается равной 0, что соответствует сокращению объемов инфильтрующегося наружного воздуха, но не менее санитарной нормы притока, $t_{B.опт}$ принимают равной 21,5°С. График изменения относительного расхода тепловой энергии на отопление будет представлять собой прямую линию, пересекающую ось в той же точке, что и при регулировании без коррекции по t_B , а при $t_H = t_o$ относительный расход энергии будет равным $0,9Q_{0.макс}$.

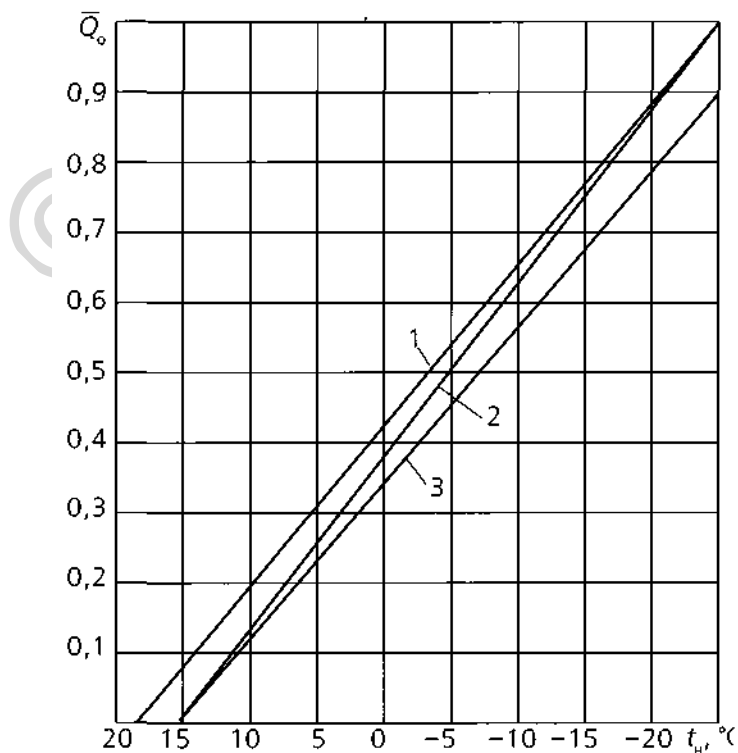


Рисунок 10.1 - Графики изменения относительного расхода тепловой энергии на отопление Q_o в зависимости от температуры наружного воздуха t_H для разного типа потребителей и способов автоматического регулирования:

- 1 - для промышленных и общественных зданий;
- 2 - для жилых зданий при регулировании без коррекции по отклонению температуры внутреннего воздуха от заданной;
- 3 - для жилых зданий при регулировании с коррекцией по температуре внутреннего воздуха.

10.6. Расчетный расход теплоносителя, кг/ч, циркулирующий в системе отопления, определяется из уравнения (20):

$$G_o^p = 3600 \cdot Q_o^p / (\tau_{01}^{mp,p} - \tau_2^{mp,p}) / c_t, \quad (20)$$

где G_o^p – расчетный расход теплоносителя, кг/ч,

Q_o^p – расчетная нагрузка на систему отопления, кВт, то же, что и в формуле (15),

$\tau_{01}^{mp,p}$, $\tau_2^{mp,p}$ – то же, что и в п.7.1,

c_t – удельная теплоемкость воды, равная 4,2 кДж/(кг·°С).

11. Требования по автоматизации тепловых вводов в здания

11.1. Для реализации изложенных в предыдущем разделе положений следует в тепловом пункте подключения системы отопления к тепловым сетям осуществлять автоматическое регулирование подачи теплоты на отопление в соответствии с температурными графиками, рассчитанными по формулам (16 и 17). В соответствии с п.п. 14.3 и 14.4 СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» и протоколом совещания по вопросу «О развитии теплоснабжения от ИТП в г. Москве», утвержденном Первым заместителем Мэра в Правительстве Москвы за № 4-39-4332/5 от 25.02.2005г., подтверждается обязательность сооружения автоматизированного индивидуального теплового пункта (ИТП) в новом строительстве.

В ИТП, помимо узла присоединения системы отопления с авторегулированием подачи теплоты, следует размещать узел приготовления горячей воды на горячее водоснабжение дома с водонагревателями и циркуляционным насосом для обеспечения заданной температуры воды перед водоразборными кранами и узел учета потребляемой тепловой энергии на цели отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

11.2. Для каждого потребителя следует применять автоматическое регулирование подачи теплоносителя: для отопления – путем поддержания заданного графика температур воды в подающем трубопроводе отопления в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, для горячего водоснабжения – путем поддержания заданного постоянного значения температуры горячей воды, а вентиляции – для

поддержания заданного значения температуры приточного воздуха, прикрытия подачи теплоносителя при выключении вентилятора и защиты трубок калорифера от замерзания.

11.3. При теплоснабжении от ИТП система отопления потребителя, как правило, подключается по независимой схеме через водонагреватель. Циркуляционный насос системы отопления устанавливается на обратном трубопроводе перед водонагревателем и подбирается в соответствии с п.4.13 СП 41-101-95 на подачу – по расчетному расходу воды в системе отопления, напору – по сумме потерь давления в водонагревателе и в системе отопления с запасом 2-3 м в.ст. Предусматривается автоматическая подпитка контура отопления из обратного трубопровода тепловых сетей с помощью подкачивающего насоса и пневмобака.

11.4. Регулирование подачи теплоты на отопление выполняется регулирующим клапаном, который установлен на вводе подающего трубопровода тепловых сетей перед водонагревателем и по команде регулятора (контроллера) и изменяет количество воды из тепловой сети, поступающей в водонагреватель отопления. Эта команда формируется сравнивая замеренные термометром сопротивления температуры наружного воздуха и воды в подающем трубопроводе системы отопления с запрограммированной для него графической зависимостью между этими температурами.

11.5. Регулирующий клапан подбирается на расчетный расход теплоносителя из тепловой сети в зависимости от соотношения расчетных температур теплоносителя в подающем трубопроводе тепловых сетей. Расчетные потери давления в клапане определяются разностью фактического располагаемого напора в тепловых сетях на вводе в тепловой пункт и потерь давления в водонагревателе отопления при прохождении через него расчетного расхода теплоносителя. В соответствии с п.8.2 СП 41-101-95 при превышении фактического располагаемого напора над требуемым, включая потери давления в водонагревателе отопления, первой ступени водонагревателя горячего водоснабжения и регулирующем клапане при прохождении через них расчетного расхода теплоносителя, более чем на 200 КПа (20 м.в.ст.), необходимо на вводе тепловых сетей устанавливать регулятор перепада давлений, ограничивающий величину располагаемого напора перед клапаном.

11.6. Как правило, в здании устанавливают один ИТП. При подключении к тепловым сетям многосекционного здания в зависимости от его этажности и конфигурации следует устраивать один ИТП на 3-5 секций. Мощность ИТП по расчетной нагрузке на отопление не должна превышать 0,8 МВт (из расчета подключения 3 секций 17 этажного здания типовой серии к одному ИТП).

11.7 В многосекционных зданиях подключение системы отопления отдельных секций к ИТП осуществляется через стандартные узлы управления, включающие балансировочный клапан для обеспечения правильного распределения теплоносителя по отдельным системам. При элеваторном присоединении элеваторы демонтируют.

11.8. ИТП должны быть встроенными с обслуживаемые ими здания и размещаться с техническом подполье или подвале здания. Устройство отдельных входов и выходов из подвала и технического подполья, в которых размещаются ИТП, не требуется.

Необходимость размещения ИТП в отдельно стоящих здания или пристроенных помещениях вместо встроенного варианта размещения должна быть подтверждена технико-экономическим обоснованием.

11.9. Встроенные ИТП не требуют сооружения специального ограждения в виде стен или глухих перегородок. Помещение ИТП огораживают сеткой или решеткой с дверью для исключения доступа посторонних лиц. По периметру ограждения выполняют гидроизоляцию высотой 20 см от пола. При недостаточной высоте технических подполий помещение теплового пункта углубляют с устройством дренажного приямка.

12 Примеры расчета

Пример 1. Рассчитать сопротивления теплопередаче наружных ограждений жилой квартиры и лестничной клетки в условиях строительства в г. Москве. Конструкции наружных ограждений с указанием найденных по СП 23-101-2004 значений коэффициентов теплопроводности материалов приведены ниже. Расчетная температура воздуха в неотапливаемом техподполье, найденная из теплового баланса подвала, равна 10°C , в «теплом» чердаке – 15°C .

Решение. Наружная стена жилой части дома, показанная на рис. П-1. Требуемое сопротивление теплопередаче стены $R_0^{req} = 3,13 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Состав стены:

- наружная тонкая полимерная штукатурка по сетке: $\rho = 1550 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\delta = 0,01 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,7 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}$;
- плиты из минеральной ваты «Фасад Баттс» ЗАО "Минеральная вата" ROCKWOOL – Россия: $\rho = 145 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\delta = 0,15 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,45 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}$;
- кладка из керамзитобетонных на кварцевом песке блоков $\rho = 100 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\delta = 0,19 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,525 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}$; с учетом цементных швов определяем по формуле:

$$\lambda_B = \frac{0,525(0,30,190,19)0,93(20,30,190,01)}{1,10,5640,62(0,30,190,19)(20,30,190,01)} \quad \square \quad \text{Вт/м}^\circ\text{С}$$

- изнутри цементно-песчаная штукатурка: $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,02 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

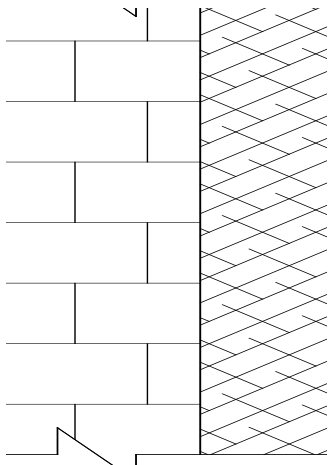


Рис. П-1. Конструкция наружной стены

Теплотехническая однородность конструкции наружных стен жилой части дома и лестничной клетки нарушена местами примыкания дверных и оконных откосов и несквозными соединительными элементами диаметром 3 мм, с шагом 600 мм. Локальные коэффициенты теплотехнической однородности слоев ограждающей конструкции определяется по Приложению Н СП 23-101-2004. Связи проходят сквозь слои: плит из минеральной ваты, $r_{cl} = 0,955$; кладки из керамзитобетона (на глубину 100 мм), $r_{cl} = 0,987$. Приведенное сопротивление теплопередачи с учетом коэффициента оценивающего примыкание оконных проемов будет: $r_2 = 0,9$.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены жилой части дома:

$$R_{nc}^{np} = \frac{10,020,090,10,150,011}{8,70,930,620,620,0450,723} \cdot 0,9870,9550,93,31 \quad \text{м}^2 \cdot \text{°С/Вт},$$

что удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 для жилых зданий - не менее $3,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.

Наружная стена лестничной клетки жилого дома. Требуемое сопротивление теплопередаче наружной стены лестничной клетки при $t_{в,лгу} = 16 \text{ °С}$: $R_0^{req} = 2,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.

.Состав стены:

- наружная тонкая полимерная штукатурка по сетке: $\rho = 1550 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,01 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,7 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;

- плиты из минеральной ваты «Фасад Баттс» ЗАО "Минеральная вата" ROCKWOOL – Россия: $\rho = 145 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,12 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,045 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
- монолитная железобетонная стена $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,2 \text{ м}$; $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
- цементно-песчаная затирка: $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,01 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Теплотехническая однородность конструкции наружных стен жилой части дома и лестничной клетки нарушена местами примыкания дверных и оконных откосов и несквозными соединительными элементами диаметром 3 мм, с шагом 600 мм, с учетом коэффициента оценивающего примыкание оконных и дверных проемов: $r_2 = 0,9$. Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены лестничной клетки жилого дома будет:

$$R_{всл}^{np} = \frac{10,020,120,080,120,011}{8,70,932,042,040,0450,723} \cdot 0,980,9600,92,57 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С/Вт.}$$

что удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 для стен лестничных клеток - не менее $2,43 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С/Вт}$.

Бесчердачное покрытие над лестничной клеткой. Требуемое сопротивление теплопередаче покрытия $R_o^{req} = 3,23 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С/Вт}$.

Состав покрытия:

- гидроизоляционный ковер – 3 слоя «изопласта» $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,005 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,17 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
- цементно-песчаная армированная стяжка $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,04 \text{ м}$; $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
- армированная полиэтиленовая пленка;
- уклонообразующий слой керамзитового гравия $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,1 \div 0,25 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,3 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ (с учетом проливки цементным молоком);
- плиты из минеральной ваты жесткие Руф Баттс Экстра $\rho = 150 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,12 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,045 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
- пароизоляция – 1 слой техноэласта;
- цементно-песчаная стяжка $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,03 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
- монолитная железобетонная плита $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,22 \text{ м}$; $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Условное сопротивление теплопередаче многослойного ограждения со связями определяется по формуле:

$$R_o^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,12}{0,045} + \frac{\left(\frac{0,1+0,25}{2}\right)}{0,3} + \frac{0,04}{2,04} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{23} = 3,6 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С/Вт.}$$

Для учета креплений парапета $r_1 = 0,95$. Так как в покрытии над лестничной клеткой нет шахт $r_2 = 1$. Коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции: $r_0 = 0,95$. Приведенное сопротивление теплопередаче бесчердачного покрытия:

$$R_0^{np} = 3,60,953,42 \quad \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт},$$

что удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 для покрытий лестничных клеток - не менее $3,23 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Перекрытие жилой части над неотапливаемым техподпольем. Требуемое сопротивление теплопередаче перекрытия $4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$

Состав перекрытия:

- цементно-песчаная стяжка: $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,03 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$;
- плиты из минеральной ваты «Лайт Баттс» ЗАО "Минеральная вата" ROCKWOOL – Россия: $\rho = 145 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,03 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,045 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$;
- монолитная железобетонная плита $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$.

Условное сопротивление теплопередаче многослойного ограждения со связями по формуле (16):

$$R_{c,2} = 1/8,7 + 0,20/2,04 + 0,03/0,045 + 0,03/0,93 + 1/12 = 1,08 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Эквивалентное сопротивление теплопередаче перекрытия над неотапливаемым техподпольем с расчетной температурой воздуха 10 °C равно:

$$R_{\text{экв.}} = 1,08 \cdot (18+26)/(18-10) = 5,93 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт},$$

что удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 для жилых зданий - не менее $4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Перекрытие теплого чердака над жилыми помещениями состоит из монолитной железобетонной плиты толщиной 160 мм ($\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$) и цементно-песчаной затирки.

$$R_{c,2} = 1/8,7 + 0,16/2,04 + 0,02/0,93 + 1/12 = 0,30 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Учитывая, что расчетная температура воздуха в помещениях «теплого» чердака $+15 \text{ °C}$, эквивалентное значение приведенного сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия будет:

$$R_{\text{экв.}} = 0,30 \cdot (18+26)/(18-15) = 4,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт},$$

что удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 для жилых зданий - не менее $4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Пример 2. Рассчитать сопротивление теплопередаче наружной стены офисного здания в условиях строительства в г. Москве. Конструкция наружной стены с указанием

найденных по СП 23-101-2004 значений коэффициентов теплопроводности материалов приведена ниже. Требуемое сопротивление теплопередаче равно $R_o^{req} = 2,68 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Решение. Состав стены:

- керамогранитная плитка вентилируемого фасада;
- воздушный зазор $\delta = 0,06 \text{ м}$;
- плиты минераловатные «Венти-Баттс» ЗАО "Минеральная вата" ROCKWOOL – Россия: $\rho = 100 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\delta = 0,13 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,045 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$;
- кирпичная кладка из обыкновенного глиняного кирпича $\rho = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\delta = 0,25 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,81 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$;
- внутренняя штукатурка $\gamma = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\delta = 0,02 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,93 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$.

Условное сопротивление теплопередаче многослойного ограждения со связями определяется по формуле:

$$R_{o.усл.} = (1/8,7 + 0,02/0,93 + 0,25/0,81 + 0,13/0,045 + 1/10,8) = 3,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Коэффициент теплотехнической однородности крепления вентилируемого фасада по СП 23-101-2004: $r_1 = 0,88$; для учета оконных откосов $r_2 = 0,9$. Коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции будет: $r = 0,88 \cdot 0,9 = 0,792$.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены офисного здания:

$$R_{o.пр.} = 3,44 \cdot 0,792 = 2,71 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт},$$

что удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 для офисного здания - не менее $2,68 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Пример 3. Рассчитать в условиях г. Москвы трансмиссионные теплопотери следующих помещений квартиры жилого здания, расположенной на типовом этаже: углового (305), рядового (306) и (307), кухни (308) и лестничной клетки, а затем, прибавив к теплопотерям помещений квартиры теплопотери через пол и потолок, рассчитать трансмиссионные теплопотери помещений первого и последнего этажей. Здание 10-ти этажное с «теплым» чердаком, являющимся сборной камерой вытяжного воздуха, и техподпольем. Лестничная клетка отапливаемая с наружными переходами.

Расчет приведенного сопротивления конструкций наружных ограждений приведен в Примере 1. Оконные блоки и балконные двери квартир, нежилых помещений и лестнично-лифтовых узлов – двухкамерный стеклопакет с тройным остеклением в деревянных переплетах $R_F = 0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, глухая часть балконной двери $R_{o.пр.} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Приведенное сопротивление теплопередаче входных наружных дверей утепленных $R_{ed} = 0,83 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Все это соответствует требованиям СНиП 23-02-2003.

План комнат квартиры типового этажа и лестничной клетки показан на рис. П-2, разрез по лестничной клетке - рис. П-3. Площадь пола первого этажа и потолка последнего этажа квартиры составляют по 85 м^2 . Площади комнат и кухни – на плане.

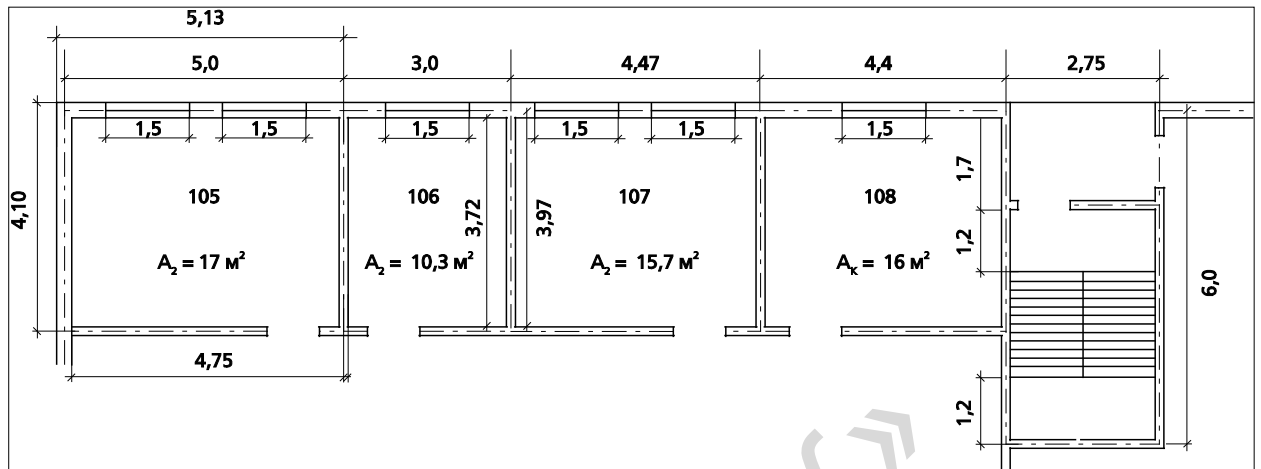


Рис. П-2. Фрагмент плана типового этажа жилого дома

Коэффициент теплопередачи наружных ограждений жилой части следующие: наружная стена $K_w = 1/3,31 = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; окно $K_F = 1/0,56 = 1,78 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; глухая часть балконной двери $K_{F.ed} = 1/0,74 = 1,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; перекрытие над техподпольем $K_f = 1/5,93 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; чердачное перекрытие: $K_c = 1/4,4 = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

Коэффициент теплопередачи наружных ограждений лестничной клетки: наружная стена $K_w = 1/2,57 = 0,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; бесчердачное покрытие $K_c = 1/3,42 = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; наружная дверь входа в здание $K_c = 1/0,83 = 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Решение. Расчет выполнен в таблице П-1. В графу коэффициента теплопередачи окон и дверей внесены разность их коэффициентов теплопередачи и стены, в которой они установлены:

- для окон жилой части: $K_{TO} - K_{HC} = 1,78 - 0,3 = 1,48 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;
- для балконных дверей наружных переходов в лестничной клетке:
 $K_{TO} - K_{HC} = 1,35 - 0,39 = 1,780,391,39 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;
- для двери выхода на кровлю: $K_{TO} - K_{HC} = 1,2 - 0,29 = 1,490,41,09 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Надбавка для входных дверей в здание на врывание наружного воздуха по п 4.5.3 .
 $\beta = 0,2H$ – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними $\beta = 0,2(35,32+0,6) = 7,2$.

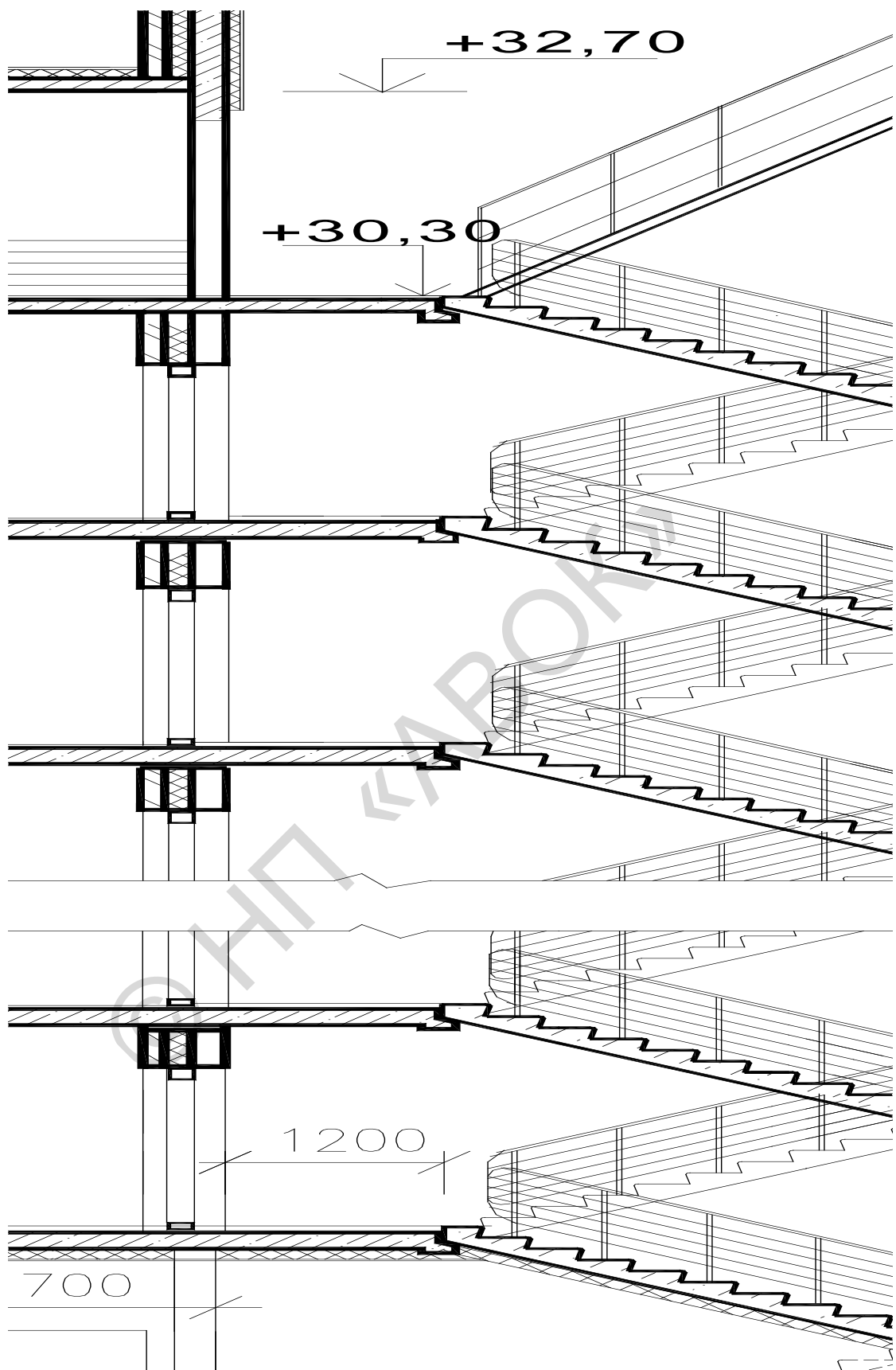


Рис. П-3. Разрез по лестничной клетке жилого дома

Таблица П-1

Помещение		Характеристики ограждения							Разность температуры, °С	Основные теплопотери, Вт	Добавки			Теплопотери, Вт
номер	наименование, тв	наименование	ориентация	Размеры, м		площадь, F, м ²	коэффициенты				на ориентацию	Прочие	1+Σβ	
				а	в		теплопередачи, К Вт/(м ² ·°С)	положения, η						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
305	жилое	Нс	3	4,1	3,0	12,30	0,3	1	48	177,1	0,05		1,05	186,0
	угловое	Нс	С	5,1	3,0	15,30	0,3	1	48	220,3	0,1		1,10	242,3
	22 °С	2*То	С	1,5	2,0	6,00	1,48	1	48	426,3	0,1		1,10	468,9
Итого													897	
306	жилое	Нс	С	3,0	3,0	9,00	0,3	1	46	124,2	0,1		1,10	136,6
	рядовое	То	С	1,5	2,0	3,00	1,48	1	46	204,2	0,1		1,10	224,6
	20 °С			Итого										361
307	жилое	Нс	С	4,5	3,0	13,5	0,3	1	46	186,3	0,1		1,10	204,9
	рядовое	2*То	С	1,5	2,0	6,00	1,48	1	46	408,5	0,1		1,10	449,3

	20 °С			Итого										654
308	кухни	Нс	С	4,4	3,0	13,2	0,3	1	46	182,1	0,1		1,10	200,3
	рядовое	То+Бдв	С	1,5+0,7	2,0	4,40	1,48	1	46	299,5	0,1		1,10	329,5
	20 °С	Бдв.гл	С	0,7	0,8	0,56	1,05	1	46	27,0	0,1		1,10	29,8
Итого														560
Итого по квартире														2472
А	Лестничная клетка, 16 °С	Нс (отм. -0,81÷3,0)	С	(1,55x3,81)-	3,3	0,39	1	42	54,1	0,1	0,05	1,15	62,2	
		Нс (отм. -	С	2,75	27,3	75,1	0,39	1	42	1230,1	0,1	0,05	1,15	1414,6
		Нс (отм.	С	2,9	2,0	5,8	0,39	1	42	95,0	0,1	0,05	1,15	109,3
		Нс (отм.	Ю	2,9	2,8	8,1	0,39	1	42	132,7	0	0,05	1,05	139,3
		Нс (отм.	З	(5,87x2,8)-2,4=14,1	14,1	0,39	1	42	231,0	0,1	0,05	1,15	265,7	
		НД(отм. 32.52)	З	1,0	2,0	2,0	1,1	1	42	92,4	0,1	0,05	1,15	106,3
		10*НД	С	1,2	2,2	26,4	1,39	1	42	1541,2	0,1	0,05	1,15	1772,4
		НД	С	1,2	2,2	2,64	1,2	1	42	110,9	0,1	7,9+0,05	9,05	1003,4
		Пол	-	2,5	3,2	13,0	0,37	-	42	202,0			1,00	202,0
		Пт	-	2,5	5,2	13,0	0,29	1	42	158,3			1,00	158,3
Итого														5234

Трансмиссионные теплопотери через пол 1-го этажа квартиры составят:

$$Q_f = 85 \cdot 0,17 \cdot (20+26) = 665 \text{ Вт.}$$

Соответственно трансмиссионные теплопотери помещений 1-го этажа квартиры будут:

$$Q_{tr.105} = 897 + 665 \cdot 17/59 = 1089 \text{ Вт;}$$

$$Q_{tr.106} = 361 + 665 \cdot 10,3/59 = 477 \text{ Вт}$$

$$Q_{tr.107} = 654 + 665 \cdot 15,7/59 = 831 \text{ Вт;}$$

$$Q_{tr.108} = 560 + 665 \cdot 16/59 = 740 \text{ Вт;}$$

Итого по квартире – 3137 Вт.

Трансмиссионные теплопотери через потолок 10-го этажа квартиры составят:

$$Q_f = 85 \cdot 0,23 \cdot (20+26) = 899 \text{ Вт.}$$

Соответственно трансмиссионные теплопотери помещений 10-го этажа квартиры будут:

$$Q_{tr.1005} = 897 + 899 \cdot 17/59 = 1156 \text{ Вт;}$$

$$Q_{tr.1006} = 361 + 899 \cdot 10,3/59 = 518 \text{ Вт}$$

$$Q_{tr.1007} = 654 + 899 \cdot 15,7/59 = 893 \text{ Вт;}$$

$$Q_{tr.1008} = 560 + 899 \cdot 16/59 = 804 \text{ Вт;}$$

Итого по квартире – 3371 Вт.

Пример 4. Рассчитать в условиях г. Москвы трансмиссионные теплопотери помещений административного здания: углового (108), рядового (107) первого этажа. Подвал неотапливаемый с прокладкой труб отопления и горячего водоснабжения без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли. План комнат первого этажа показан на рис. П-4. Расстояние от низа перекрытия над подвалом до уровня пола 2-го этажа 3,6м.

Сопrotивления теплопередаче теплоотражающих наружных ограждений следующие: перекрытие над неотапливаемым подвалом $R_o^{np} = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $K = 0,33 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$, наружная стена: $R_o^{np} = 2,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $K = 0,36 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$; окно: $R_o^{np} = 0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $K = 1,78 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$.

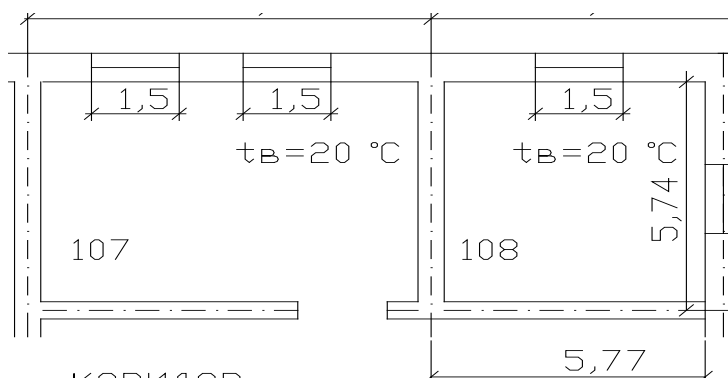


Рис. П-4. Фрагмент плана первого этажа офисного здания.

Решение. Расчет выполнен в табл. П-2. В качестве коэффициента теплопередачи окна используется разность коэффициентов теплопередачи окна и наружной стены:

$$K_{HC} - K_{TO} = 1,78 - 0,34 = 1,44 \quad \text{Вт /м}^2\cdot\text{°С}$$

Таблица П-2

Помещение		Характеристики ограждения							Разность температуры, °С	Основные теплотопотери, Вт	Добавки			Теплотопотери, Вт
номер	наименование, тв	наименование	ориентация	Размеры, м		площадь, F, м ²	коэффициенты				на ориентацию	Прочие	1+Σβ	
				а	в		теплопередачи, К Вт/м ² ·°С	положения, п						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
107	рядовое 18 °С	Нс	С	3,6	9,0	32,40	0,37	1	44	527,5	0,1		1,10	580
		2*То	С	1,5	2,0	6,00	1,41	1	44	372,2	0,1		1,10	409
		Пол	-	9,0	5,7	51,30	0,33	1	44	446,9			1,00	447
Итого													1436	
108	угловое 18 °С	Нс	В	3,6	6,3	22,68	0,37	1	44	369,2	0,05	0,05	1,10	406
		Нс	С	3,6	6,3	22,68	0,37	1	44	369,2	0,1	0,05	1,15	424
		То	В	1,5	2,0	3,00	1,41	1	44	186,1	0,1	0,05	1,15	214
		То	С	1,5	2,0	3,00	1,41	1	44	186,1	0,1	0,05	1,15	214
		Пол	-	5,7	5,8	33,06	0,33	1	44	288,0			1,00	288
Итого													1546	

Пример 5. Рассчитать потребность в теплоте на нагревание инфильтрующегося воздуха через закрытые входные двери в здание, балконные двери наружных переходов в лестничной клетке и через двойные балконные двери наружных переходов в лифтовом холле. Здание находится в г. Москве, окружающая застройка высотой более 25 м.

Расчетная температура внутреннего воздуха в лестничной клетке – 16°С. Расстояние от уровня пола 1-го этажа до верха вытяжной шахты: Н = 35 м. Высота

балконных дверей переходов лестничных клеток и лифтовых узлов 2,2 м. Приведенное сопротивление воздухопроницанию в соответствии с п.5.4 закрытых входных дверей $R_{дв.вх.} = 0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, балконных дверей лестничной клетки $R_{инф.об} = 0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, двойных дверей выхода на балкон перехода из лифтового холла $0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$.

Планы и разрез по лестничной клетке приведены на рис. П-2 и П-3.

Решение. 1). Определяем плотность воздуха по формуле (8): наружного при расчетной температуре $\rho_n = 353/(273-26) = 1,44 \text{ кг}/\text{м}^3$; внутреннего в квартире: $\rho_{в.кв} = 353/(273+20) = 1,21 \text{ кг}/\text{м}^3$; в лестничной клетке: $\rho_{в.лк} = 353/(273+16) = 1,22 \text{ кг}/\text{м}^3$.

2). В лестничной клетке и лифтовом холле расстояние от пола первого этажа до центра двери: $h_{дв.1эт} = 2,2/2 = 1,1 \text{ м}$; со 2 по 10 этаж: $h_2 = 3 + \frac{2,2}{2} = 4,1 \text{ м}$, $h_3 = 7,1 \text{ м}$, $h_4 = 10,1 \text{ м}$, $h_5 = 13,1 \text{ м}$, $h_6 = 16,1 \text{ м}$, $h_7 = 19,1 \text{ м}$, $h_8 = 22,1 \text{ м}$, $h_9 = 25,1 \text{ м}$, $h_{10} = 28,1 \text{ м}$; отметке 32,5 м: $h = 32,5 + 2,2/2 = 33,6 \text{ м}$.

3). Расчетная разность давлений по разные стороны воздухопроницаемого элемента здания по формуле (11) для:

- входных дверей в здание

$$\Delta P_{дв.1эт} = 0,55 \cdot (35-4,1) \cdot (1,44 - 1,22) \cdot 9,81 + 0,03 \cdot 1,44 \cdot 9,81 \cdot 4,9^2 = 48,1 \text{ Па};$$

- для лестничной клетки и лифтового холла на уровне второго этажа:

$$\Delta P_{дв.2эт} = 0,55 \cdot (35-4,1) \cdot (1,44 - 1,22) \cdot 9,81 + 0,03 \cdot 1,44 \cdot 9,81 \cdot 4,9^2 = 44,8 \text{ Па};$$

- с третьего по десятый этаж, соответственно: $\Delta P_{дв.3эт} = 41,4 \text{ Па}$; $\Delta P_{дв.4эт} = 38,0 \text{ Па}$;

$\Delta P_{дв.5эт} = 34,7 \text{ Па}$; $\Delta P_{дв.6эт} = 31,3 \text{ Па}$; $\Delta P_{дв.7эт} = 27,9 \text{ Па}$; $\Delta P_{дв.8эт} = 24,6 \text{ Па}$; $\Delta P_{дв.9эт} = 21,2 \text{ Па}$;

$\Delta P_{дв.10эт} = 17,8 \text{ Па}$;

- выхода на кровлю:

$$\Delta P_{дв.вых} = 0,55 \cdot (35-32,5) \cdot (1,44 - 1,22) \cdot 9,81 + 0,03 \cdot 1,44 \cdot 9,81 \cdot 4,9^2 = 12,9 \text{ Па}.$$

4). Расход инфильтрующегося воздуха $G_{инф}$, $\text{кг}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$, через закрытые входные двери и балконные двери наружных переходов лестничных клеток и лифтовых холлов находится по формуле (5 и 6) из условия, что все помещения находятся под разрежением и на наветренной стороне. Добавка на врывание холодного воздуха, принятая в примере 3, учитывает поступление воздуха в момент открытия двери, сохраняется вместе с инфильтрацией через эту дверь в закрытом состоянии.

- для входной двери в здание с учетом сопротивления воздухопроницаемости $0,14 \text{ ч}\cdot\text{м}^2/\text{кг}$ при 10 Па и площади $A = 2,64 \text{ м}^2$:

$$G_{инф.дв.вх} = (2,64/0,14) \cdot (48,1/10)^{1/2} = 54 \text{ кг}/\text{ч};$$

- для балконных дверей наружных переходов лестничной клетки второго этажа с учетом сопротивления воздухопроницаемости $0,47 \text{ ч} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$ при 10 Па :

$$G_{\text{инф.дв.лк.2эт}} = (2,64/0,47)(44,8/10)^{2/3} = 15,3 \text{ кг/ч};$$

- то же с третьего по десятый этаж: $G_{\text{инф.дв.лк.3эт}} = 14,6 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лк.4эт}} = 13,7 \text{ кг/ч}$;
 $G_{\text{инф.дв.лк.5эт}} = 12,9 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лк.6эт}} = 12,1 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лк.7эт}} = 11,2 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лк.8эт}} = 10,3 \text{ кг/ч}$;
 $G_{\text{инф.дв.лк.9эт}} = 9,3 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лк.10эт}} = 8,3 \text{ кг/ч}$;

- для двери выхода на кровлю с учетом сопротивления воздухопроницаемости $0,14 \text{ ч} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$ при 10 Па и площади $A = 2,0 \text{ м}^2$: $G_{\text{инф.дв.вх}} = (2,0/0,14)(12,9/10)^{1/2} = 6,7 \text{ кг/ч}$;

- для балконных дверей наружных переходов лифтовых холлов второго этажа с учетом сопротивления воздухопроницаемости $0,7 \text{ ч} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$ при 10 Па (с тамбуром):

$$G_{\text{инф.дв.лх.2эт}} = (2,64/0,7)(44,8/10)^{2/3} = 10,3 \text{ кг/ч};$$

- то же с третьего по десятый этаж: $G_{\text{инф.дв.лх.3эт}} = 9,8 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лх.4эт}} = 9,2 \text{ кг/ч}$;
 $G_{\text{инф.дв.лх.5эт}} = 8,7 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лх.6эт}} = 8,1 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лх.7эт}} = 7,5 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лх.8эт}} = 6,9 \text{ кг/ч}$;
 $G_{\text{инф.дв.лх.9эт}} = 6,2 \text{ кг/ч}$; $G_{\text{инф.дв.лх.10эт}} = 5,5 \text{ кг/ч}$;

Итого, расход инфильтрующегося воздуха через проемы лестничной клетки будет:

$$G_{\text{инф.лк}} = 54 + 15,3 + 14,6 + 13,7 + 12,9 + 12,1 + 11,2 + 10,3 + 9,3 + 8,3 + 6,7 = 168,4 \text{ кг/ч}.$$

5). Расход теплоты $Q_{\text{инф.лк}}$ на нагревание инфильтрующегося воздуха через проемы лестничной клетки определяется по формуле (4):

$$Q_{\text{инф.лк}} = 0,28 \cdot 168,4 \cdot 1,006 \cdot (16 + 26) = 1922 \text{ Вт}.$$

Пример 6. Рассчитать потребности в теплоте на нагревание вентиляционной нормы наружного воздуха или объема инфильтрующегося воздуха через окна и балконные двери квартиры (по наибольшей величине), а также бытовые теплопоступления по Примеру 3. Дом заселяется по норме 20 м^2 общей площади на человека. Общая площадь квартиры 80 м^2 , количество жителей $80/20 = 4$ человека, жилая площадь 43 м^2 . Кухня квартиры имеет площадь 16 м^2 и оборудована электрической плитой, в квартире имеется 1 ванная комната совмещенная с санузлом и 1 гостевой санузел. Здание оборудовано естественной вытяжной вентиляцией из кухонь, ванн, комнат и санузлов.

Решение. 1). В соответствии с п. 5.8 необходимо сравнить норму притока с нормой вытяжки квартиры. Норма притока по квартире при заселении 20 м^2 на человека определяется как $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ наружного воздуха на человека, то есть $L_{\text{пр}} = 30 \cdot 4 = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($G = 120 \cdot 1,21 = 145 \text{ кг/ч}$). Норма вытяжки равна $60 + 50 + 25 = 135 \text{ м}^3/\text{ч}$. Следовательно, отопительные приборы квартиры должны возместить теплоту на нагрев вентиляционного воздуха с расходом $135 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2). Определим объем инфильтрующегося воздуха через окна и балконные двери квартиры на примере квартиры, расположенной на 1-ом этаже наветренной ориентации, находящейся под наибольшим располагаемым напором. Размещение окна над полом каждого этажа: 0,85 м. Расстояние от уровня пола 1-го этажа до центра окон квартиры первого этажа: $h_{кв.1эт} = 0,85 + 2,0/2 = 1,85$ м. Приведенное сопротивление воздухопроницанию окон жилой части по приложению к сертификату соответствия $R_{инф.ок} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$; Расчетная разность давлений по разные стороны воздухопроницаемого элемента здания по формуле (11):

$$\Delta P_{ок.1эт.} = 0,55 \cdot (35 - 1,85) \cdot (1,44 - 1,21) \cdot 9,81 + 0,03 \cdot 1,44 \cdot 9,81 \cdot 4,9^2 = 48,8 \text{ Па};$$

Расход инфильтрующегося воздуха $G_{инф}$, кг/(ч·м²) при площади окон $A = 6+3+6+4,4+0,56 = 20 \text{ м}^2$ по формуле (5): $G_{инф.кв.1эт} = (20/0,8) \cdot (48,8/10)^{2/3} = 72 \text{ кг/ч}$;

Как видим, расход инфильтрующегося воздуха через современные окна, даже на первом этаже 10-ти этажного здания, намного ниже нормируемого, исходя из 30 м³/ч на одного человека – 145 кг/ч. А что будет при максимальной высоте здания – 75 м:

$$\Delta P_{ок.1эт, Н=75м} = 0,55 \cdot (75 - 1,85) \cdot (1,44 - 1,21) \cdot 9,81 + 0,03 \cdot 1,44 \cdot 9,81 \cdot 4,9^2 = 95,4 \text{ Па},$$

а $G_{инф.кв.1эт} = (20/0,8) \cdot (95,4/10)^{2/3} = 113 \text{ кг/ч}$, что опять меньше нормируемого воздухообмена для вентиляции (145 кг/ч). Отсюда следует, что в жилых зданиях, сопротивление воздухопроницанию окон которых более 0,8 ч·м²/кг, не следует проводить расчет на возможную инфильтрацию через окна квартир, и в качестве максимального воздухообмена принимается нормируемый объем для вентиляции.

Потребность в теплоте на нагревание вентиляционной нормы наружного воздуха в квартирах определяется по формуле (5) при средней плотности между наружным и внутренним воздухом $\rho = (1,44 + 1,21)/2 = 1,325 \text{ кг/м}^3$. Величины, входящие в формулу (5), квартир расположенных, друг над другом, на разных этажах, будут равны:

$$Q_{инф.лк} = 0,28 \cdot 135 \cdot 1,006 \cdot 1,325 \cdot (20 + 26) = 2318 \text{ Вт}.$$

Величина бытовых тепловыделений определяется по п. 3 в зависимости от заселенности квартиры (при заселенности 20 м²/чел. – 17 Вт/м² площади жилых комнат $A_{ж} = 43 \text{ м}^2$) и составит:

$$Q_{быт} = 17 \cdot 43 = 731 \text{ Вт}.$$

Итого, теплопотери на нагрев вентиляционной нормы наружного воздуха в целом на квартиру с учетом теплопоступлений с бытовыми тепловыделениями составят $2318 - 731 = 1587 \text{ Вт}$. При посемейном заселении они распределяются по помещениям пропорционально площади комнат и кухни согласно формулы (13): для помещения 105

$Q_{\text{инф-быт}} = 1587 \cdot 17 / (43+16) = 457 \text{ Вт}$; 106: $1587 \cdot 10,3 / (43+16) = 278 \text{ Вт}$; 107: $1587 \cdot 15,7 / (43+16) = 422 \text{ Вт}$; и кухни (108): $1587 \cdot 16,0 / (43+16) = 430 \text{ Вт}$.

Пример 7. Определить расчетные теплотери в жилых комнатах, кухне и лестничной клетке по примерам 3, 5 и 6.

Решение. Расчетные теплотери в помещениях жилого дома определяются по формуле (1) и составляют: 1). в квартире на 1-ом этаже:

- Для комнаты 105: $Q_{\text{расч}} = 1089 + 457 = 1546 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 106: $Q_{\text{расч}} = 477 + 278 = 755 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 107: $Q_{\text{расч}} = 831 + 422 = 1253 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 108: $Q_{\text{расч}} = 740 + 430 = 1170 \text{ Вт}$;

Итого по квартире: 4724 Вт.

2). В квартире на типовом, 3-ем этаже:

- Для комнаты 305: $Q_{\text{расч}} = 897 + 457 = 1354 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 306: $Q_{\text{расч}} = 361 + 278 = 639 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 307: $Q_{\text{расч}} = 654 + 422 = 1076 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 308: $Q_{\text{расч}} = 560 + 430 = 990 \text{ Вт}$;

Итого по квартире: 4059 Вт.

3). В квартире на верхнем, 10-ом этаже:

- Для комнаты 1005: $Q_{\text{расч}} = 1156 + 457 = 1613 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 1006: $Q_{\text{расч}} = 518 + 278 = 796 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 1007: $Q_{\text{расч}} = 893 + 422 = 1315 \text{ Вт}$;

- Для комнаты 1008: $Q_{\text{расч}} = 804 + 430 = 1234 \text{ Вт}$;

Итого по квартире: 4958 Вт.

4). Расчетные теплотери в помещениях лестничной клетки:

$Q_{\text{расч.лк}} = 5234 + 1992 = 7226 \text{ Вт}$.

Пример 8. Определить расчетную нагрузку на систему отопления жилого дома по примерам 3, 5, 6 и 7.

Решение. Расчетная нагрузка на систему отопления жилого дома находится по формуле (14). Условно принимаем 4 одинаковых квартиры на этаже, и тогда сумма расчетных теплотерь всех отапливаемых помещений здания будет:

$\Sigma Q_{\text{расч}} = 4724 \cdot 4 + 4059 \cdot 4 \cdot 8 + 4958 \cdot 4 + 7226 = 175842 \text{ Вт}$.

В соответствии с табл. 1 и 2 принимаем коэффициенты $\beta_1 = 1,0$ (система отопления с термостатами), $\beta_2 = 1,02$, как для конвекторов с кожухом, коэффициент запаса $\beta_3 = 1,0$, а потери теплоты трубопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях, в виде

добавочного коэффициента = 1,05, как для односекционного здания (в многосекционных зданиях из опыта принимается равным 1,07). Тогда расчетная нагрузка на систему отопления жилого дома будет: $Q_{от} = 175842 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 \cdot 1,02 \cdot 1,0 \cdot 1,05 = 188,3$ кВт.

© НП «АВОК»