РЕКОМЕНДАЦИИ

по проверке и учету воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций жилых зданий

ЦНИИЭП жилища

gost.e-ecolog.ru

Государственный комитет по гражданскому строительству
и архитектуре при Госстрое СССР

Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-
исследовательский и проектный институт типового и
экспериментального проектирования жилища
(ЦНИИЭП жилища)

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО ПРОВЕРКЕ И УЧЕТУ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Утверждены
председателем Научно-
технического совета,
директором института
Б.Р.Рубаненко
(протокол № 18
от 31/Ш-1988 г.)

Москва
1983

Настоящие Рекомендации распространяются на методику экспериментальных исследований элементов наружных ограждающих конструкций жилых зданий в лабораторных и натурных условиях, целью которых является выявление соответствия их фактической воздухопроницаемости нормативным значениям.

Приводимая в Рекомендациях методика расчета воздухопроницаемости и теплотехнических характеристик конструкций с учетом воздухопроницаемости может быть использована при разработке проектных решений наружных ограждающих конструкций и определении тепловой мощности систем отопления.

Рекомендации разработали - канд техн.наук В.С.Беляев (§ 2, § 3 раздела I, § 2 раздела 2; 3,4 разделы, 2,3,4 приложения) и канд. техн.наук Е И.Семенова (§ I раздела I, § I раздела 2, I приложение).

В оформлении работы принимали участие инженеры О.В.Ильинская, Л.М.Широкая, И.С.Чуханова, в составлении приложения 2 - инж. В.И. Дмитрусев, приложения 4 - инж. В.П.Чопенко.

© ЦНИИЭП жилища, 1983

I. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

§ I. Исследование воздухопроницаемости окон*

I.I. При исследовании окон на воздухопроницаемость определяется:

воздухопроницаемость оконного блока;

воздухопроницаемость сопряжения оконной коробки со стеной, т.е. мест заделки оконного блока в стену;

воздухопроницаемость заполнения оконного проема (оконного блока и сопряжения его со стеной);

воздухопроницаемость отдельных элементов окна (притворов, фальцев и т.п.).

I.2. При испытании на воздухопроницаемость по обе стороны конструкции создается разность давления воздуха и измеряется количество воздуха, фильтрующегося через нее.

При испытании образец размещается в специальной отдельно установленной обойме - I способ (рис.I) или в проеме стены (фрагмента стены), к которому крепится обойма, - II способ (рис.2).

I.3. В лабораторных условиях оконный блок может испытываться I и II способами, заделка блока в оконный проем - только II способом; в натурных условиях окна испытываются по II способу.

---

* По данной методике могут быть испытаны на воздухопроницаемость балконные, квартирные и комнатные двери.

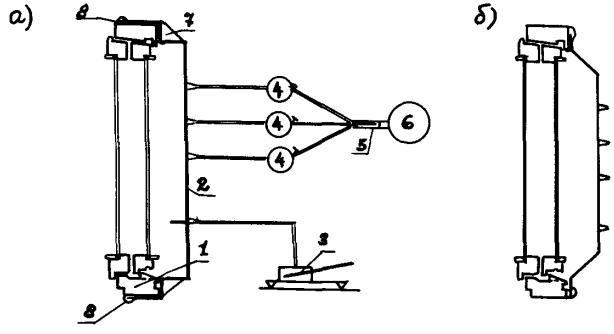


Рис.I. Установка для испытания оконного блока на воздухопроницаемость в обойме (I способ):
а - образец помещается в обойму; б - обойма крепится к образцу; I - оконный блок; 2 - обойма; 3 - микроманометр; 4 - измеритель расхода воздуха; 5 - шибер; 6 - источник разрежения или нагнетания; 7 - уголки жесткости; 8 - герметизирующий материал

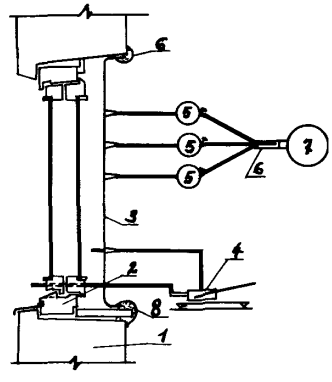


Рис.2. Установка для испытания окна на воздухопроницаемость в проеме стены (II способ):
I - стена; 2 - оконный блок; 3 - обойма; 4 - микроманометр; 5 - измеритель расхода воздуха; 6 - шибер; 7 - источник разрежения или нагнетания; 8 - герметизирующий материал

I.4. Для исследования оконных блоков по I способу, изображенному на рис.I,а, обойма сваривается из стальных листов толщиной около I мм, к ней привариваются уголки жесткости. Места сопряжения обоймы с оконной коробкой заполняются герметизирующим составом, например, шамотной глиной. Для испытания оконных блоков по I способу, изображенному на рис.I,б, обойма может также выполняться из кровельной стали, алюминиевых сплавов, пластмассы или пленки; в последнем случае между пленкой и окном должен располагаться каркас, препятствующий прижатию пленки к поверхности окна и, следовательно, изменению его воздухопроницаемости. При составной оконной коробке сопряжения брусков коробки должны быть тщательно загерметизированы.

I.5. Для исследования оконных блоков по II способу обойма изготавливается из кровельной стали, алюминиевых сплавов или пленки. В обойме из стали устраиваются борта, в которые для жесткости закатывается проволока и которые по углам разрезаются. При обойме из пленки между нею и окном размещается каркас. Места сопряжения обоймы с откосами проема и подоконником должны тщательно герметизироваться.

I.6. При проведении исследований между обоймой и окном создается разрежение с помощью вентилятора или пылесоса (одного или нескольких). Разность давления воздуха по обе стороны окна замеряется микроманометром с точностью до 2 Па [0,2 мм] и регулируется с помощью шибера или газовых кранов, установленных на газовых счетчиках.

Количество воздуха, проходящего через окно, замеряется газовым счетчиком (одним или несколькими одновременно в зависимости от его пропускной способности и воздухопроницаемости окна) или ротаметром (одним или последовательно во времени несколькими в зависимости от его характеристики и воздухопроницаемости окна). Счетчики помещают параллельно друг другу в сеть воздуховодов между обоймой и вентилятором; ротаметр также подключается в сеть воздуховодов.

Отсчет времени ведется по секундомеру, температура воздуха измеряется термометром.

I.7. Перед началом исследований проверяется герметичность установки путем пробного нагнетания воздуха и нанесения мыльного раствора на поверхность обоймы и места сопряжения ее с оконной коробкой или оконными откосами.

I.8. Расход воздуха замеряется при каждом перепаде давлений и определяется как среднее арифметические пяти замеров, общая продолжительность которых составляет 5 мин. Замеры расхода воздуха производятся после того, как устанавливается постоянная разность давлений. Показания микроманометра и счетчика (или ротаметра) записываются каждую минуту (в течение 5 мин.).

I.9. Исследования проводятся при пяти-шести, а иногда и более разностях давлений (Δp = 5; I0; 25; 50, I00; I50; 200 Па [0,5; I; 2,5, 5; I0; I5; 20 мм вод.ст.]).

Во время испытания строится рабочий график зависимости количества воздуха, проходящего через испытываемую конструкцию, от перепада давлений. График должен представлять собой плавную кривую. Нарушение плавности свидетельствует о неполадках в системе; после выявления и устранения неполадок испытание повторяется.

I.I0. При определении воздухопроницаемости отдельных элементов окна (створки, фрамуги, форточки, фальцев остекления) или мест заделки окна по периметру следует тщательно загерметизировать места проникания воздуха через все элементы, кроме исследуемого.

I.II. Для определения воздухопроницаемости окна при инфильтрации и эксфильтрации его испытывают дважды, создавая под обоймой разрежение, а затем подпор или создавая только разрежение, но устанавливая обойму сначала с внутренней, а затем с наружной стороны окна.

I.I2. В лабораторных и натурных условиях следует во избежание получения случайных результатов испытывать не менее трех окон, на заводе-изготовителе - не менее трех оконных блоков из партии в двести штук.

I.I3. Обработка результатов измерений заключается в определении расхода воздуха, проходящего в течение I ч через I $м^2$ площади оконного блока (или через I пог.м заделки оконного блока), выражении его в весовых единицах (с учетом температуры фильтрующегося воздуха) и в построении графика зависимости расхода воздуха G (в кг/$м^2$·ч или в кг/м·ч) от перепада давления Δp Па [мм вод.ст.].

Примечания: I. Площадь оконного блока принимается равной площади оконного проема по наружному обмеру.

2. Температура фильтрующегося воздуха принимается равной температуре воздуха в воздуховоде перед прибором, измеряющим расход.

I.I4. По графику определяется количество воздуха, проходящего через I м^2 окна в течение I ч (G кг/м^2. ч) при расчетной разности давления Δp. Величина G должна быть не более нормируемой $G_и^н$ = I0 кг/м^2 ч (СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника", п.5.3).

По графику может быть также определен коэффициент воздухопроницаемости окна G', т.е. количество воздуха, проходящего через окно при Δp = I0 Па [I мм вод.ст.], и затем сопротивление воздухопроницанию $R_и = \frac{1}{G'}$. Величина $R_и$ должна сопоставляться с расчетной для окон соответствующего типа (СНиП II-3-79, приложение I0) и быть не менее требуемой $R_и^{тр}$, определяемой в соответствии с п.5.5 главы СНиП II-3-79.

§ 2. Исследование воздухопроницаемости стыков

I.I5. В натурных и лабораторных условиях определяется общая, сквозная и продольная воздухопроницаемость стыков. Проверке на воздухопроницаемость в здании подвергаются устья стыков и стыковые швы с внутренней стороны (не менее десяти вертикальных рядовых, пяти горизонтальных, трех пересечений вертикального и горизонтального стыков и двух вертикальных угловых стыков).

I.I6. Для определения сквозной и продольной воздухопроницаемости опытной конструкции с внутренней и наружной ее сторон устанавливаются две обоймы. Для проверки общей воздухопроницаемости герметизации устья стыка или внутреннего стыкового шва достаточна установка одной обоймы. Проверка общей воздухопроницаемости проводится в соответствии с ОСТ 20-2-74.

При определении воздухопроницаемости стыка на его поверхности устанавливаются обоймы длиной I м и шириной 0,2 м, при определении воздухопроницаемости устья пересечений стыков обоймы размером 0,5х0,5 м, которые герметизируются по периметру шамотной глиной (рисунки 3,4). В каждой обойме по два штуцера: для присоединения к источнику разряжения и к микроманометру.

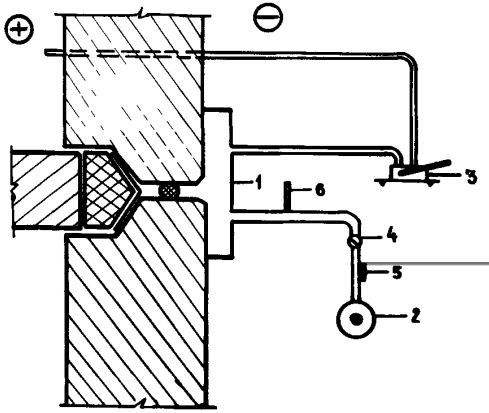


Рис.3. Схема установки для испытания заделки устья стыка на воздухопроницаемость: I - металлическая обойма; 2- источник разрежения; 3 - микроманометр; 4 - измеритель расхода воздуха; 5 - шибер или газовый счетчик; 6 - термометр

Во избежание подсоса воздуха в обойму стык герметизируется на расстояние 50 см в обе стороны от обоймы. Стены с пористым фактурным слоем герметизируются на расстоянии 50 см вокруг обоймы.

I.I7. При исследовании воздухопроницаемости стыков наружных стен применяются обоймы из кровельной стали, с пропаянными швами. В качестве внутренней обоймы может применяться полиэтиленовая пленка, прикрепляемая по периметру алюминиевыми уголками к стене. Источником разрежения может служить бытовой пылесос.

I.I8. Испытания проводят аналогично описанным в п.п.I.6-I.9.

I.I9. Определение сквозной воздухопроницаемости внутренних стиковых швов в натурных и лабораторных условиях проводится в два этапа (см.рис.4).[*]

На первом этапе в наружной обойме вентилятором создается избыточное давление, во внутренней - разрежение. При этом разность давлений воздуха в каждой обойме и снаружи ее должна быть равна (по абсолютному значению). На втором этапе в наружной и внутренней обоймах создается разрежение, а разность давлений воздуха между обоймами должна быть равна нулю.

Допускается испытания на первом этапе проводить с одной обоймой, устанавливаемой с внутренней стороны.

---

[*] Авт.свид. № 913088 "Бюллетень изобретений" № I0, I982 г.

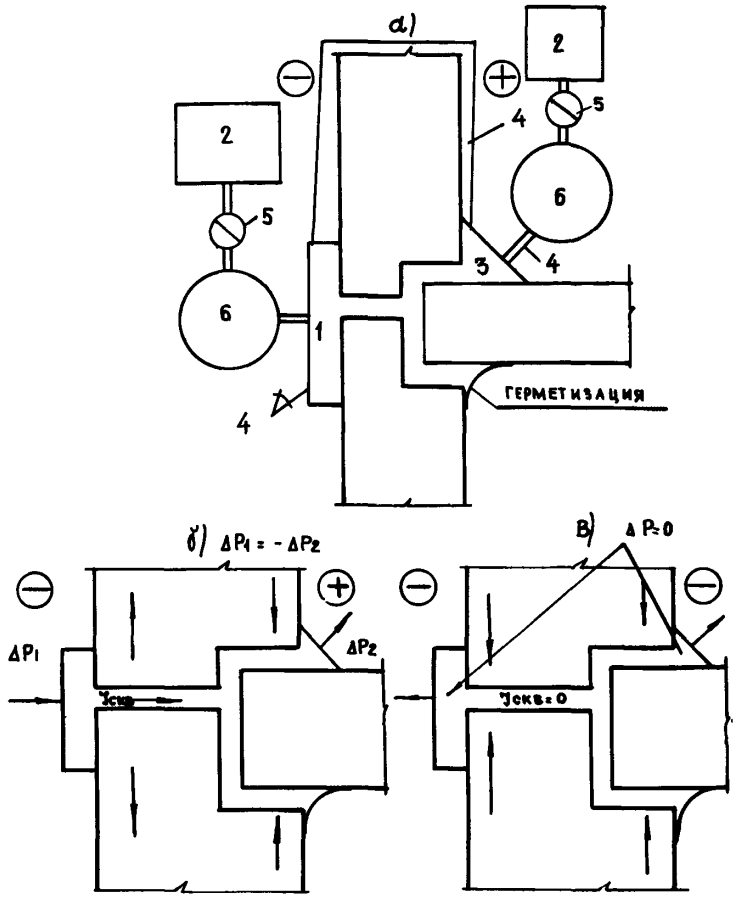


Рис.4. Схема определения воздухопроницаемости стыка: а – определение сквозной, продольной и общей воздухопроницаемости; б – движение воздуха при давлении снаружи и внутри; в – движение воздуха при его отсосе снаружи и внутри; I,3 – рабочие обоймы; 2 – вентилятор; 4 – микроманометр; 5 – регулировочный кран; 6 – газовый счетчик

I.20. По результатам исследований первого этапа строится график зависимости среднего расхода воздуха G_o кг/м·ч· от разности давлений Δp (G_o - по оси ординат, Δp_o - по оси абсцисс) для внутреннего шва . Общая воздухопроницаемость G_o включает сквозную $G_{скв}$ и продольную $G_{пр}$: $G_o = G_{пр} + G_{скв}$.

По результатам второго этапа испытаний также строится график зависимости расхода воздуха от разности давлений (для внутреннего шва). Значения на оси ординат характеризуют продольную воздухопроницаемость $G_{пр}$.

Для определения сквозной воздухопроницаемости $G_{скв}$ из значений общей воздухопроницаемости, взятых по графику, построенному по результатам первого этапа испытаний, вычитаются значения продольной воздухопроницаемости, взятые по графику, построенному по результатам второго этапа испытаний (при одинаковой разности давлений): $G_{скв} = G_o - G_{пр}$.

Сквозная воздухопроницаемость элементов окон определяется аналогично.

I.2I. По графику (рис.5) определяется воздухопроницаемость стыка G (в кг/пог.м) при расчетной разности давлений Δp, его сопротивление воздухопроницанию $R_и = \frac{\Delta p}{G}$ м²·ч·Па/кг. Величина $R_и$ должна быть не менее требуемой $R_и^{тр}$, определяемой в соответствии с главой СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника".

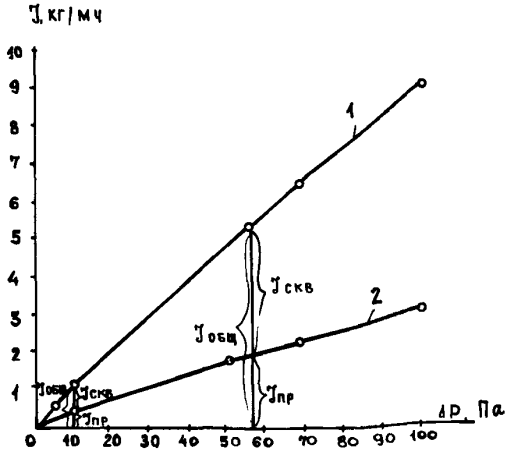


Рис.5. График для определения воздухопроницаемости стыкового соединения

I.22. В лабораторных условиях сквозная воздухопроницаемость стыков определяется на фрагментах высотой более I,5 м по методу, указанному в пп. I.I6-I.2I, на фрагментах высотой I,5 м и менее - в специальных камерах*.

I.23. В камере, представленной на рис.6**, опытную конструкцию устанавливают в открытый торец корпуса и производят герметизацию по периметру сопряжения со стенками корпуса. Исследования проводят при различных разностях давлений по обе стороны опытной конструкции, создаваемых вентилятором. По данным исследований строят график зависимости расхода воздуха от разности давлений.

Затем во второй торец камеры устанавливают аналогичную конструкцию, герметизируют ее по периметру и испытывают две конструкции одновременно. По полученным результатам также строят график зависимости расхода воздуха от перепада давлений. Коэффициент воздухопроницаемости второй конструкции i_2 определяется по формуле:

$$i_2 = \frac{1}{R^{y}_{нэ} - R^{y}_{н}}, \qquad (I)$$

где $R^{y}_{н}$ и $R^{y}_{нэ}$ - условные сопротивления сквозному воздухопроницанию одной конструкции и суммарное сопротивление сквозному воздухопроницанию обеих конструкций.

I.24. В проем климатической камеры, представленной на рис.7, помещается фрагмент опытных конструкций, образующий горизонтальный и вертикальный стык, и крепится специальными распорками. Места сопряжения образцов с кромкой проема тщательно герметизируются. Разряжение, создаваемое вентилятором, регулируется шибером или газовым краном. По данным исследований строится график зависимости расхода воздуха через стык от разности давлений.

После заклейки устья стыковых швов герметизирующим материалом (герленом) испытания повторяют. По данным их строится график зависимости расхода воздуха через неплотности камеры от разности давлений.

---

* Допускается проводить исследования воздухопроницаемости стыков на фрагментах высотой менее I м как описано в п.I.4. Авторское свидетельство № 435483. Бюллетень изобретений № 5. I975 г.

** В данной камере проводятся также испытания окон.

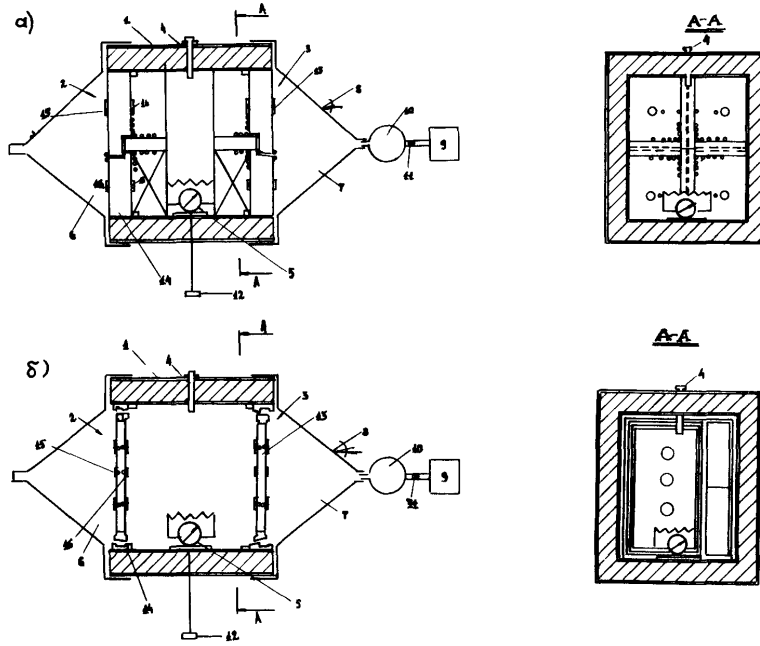


Рис.6. Камера для исследования воздухопроницаемости и ее влияния на теплопередачу конструкций: а – стыков; б – окон; I – корпус со стенками повышенной теплоизоляции; 2,3 – открытые торцы; 4 – терморегулятор; 5 – нагреватель; 6,7 – кожухи (обоймы); 8 – микроманометр; 9 – вентилятор; I0 – газовый счетчик; II – регулировочный кран; I2 – электросчетчик; I3,I4 – опытная конструкция; I5,I6 – термопары и тепломеры

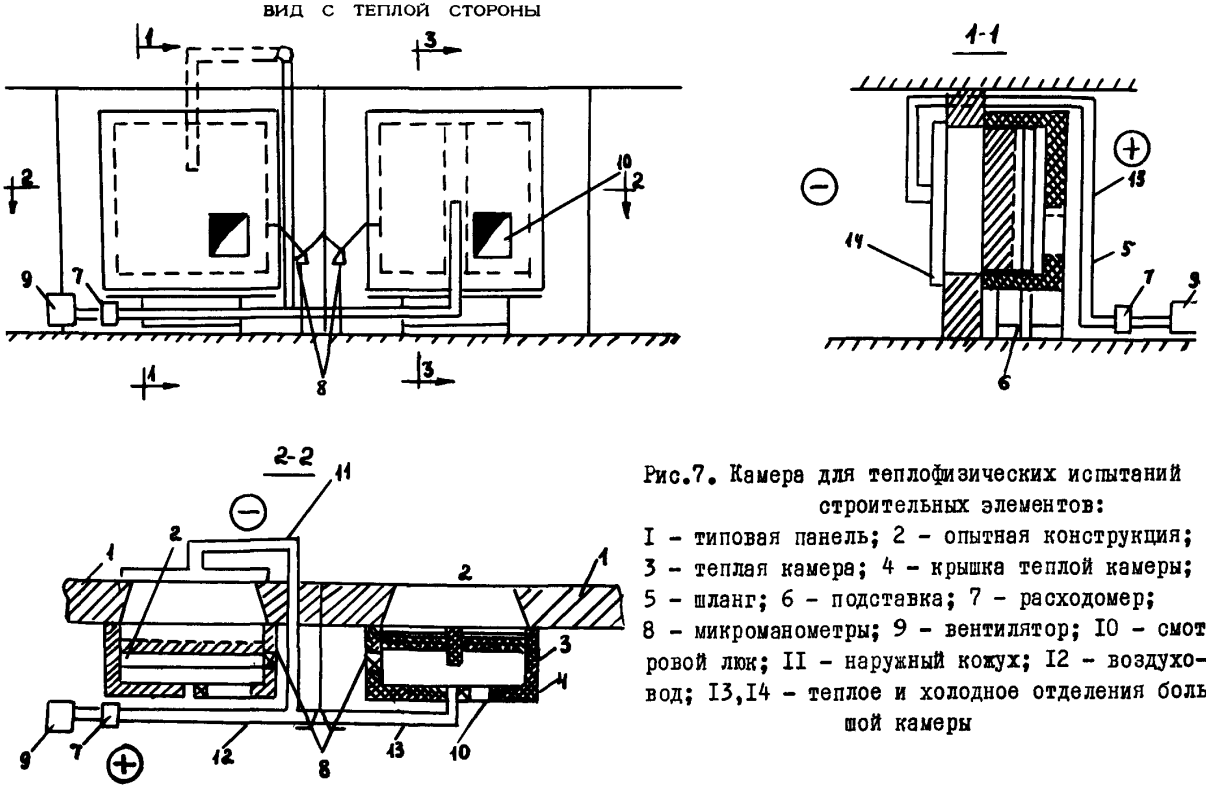


Рис.7. Камера для теплофизических испытаний строительных элементов:
I - типовая панель; 2 - опытная конструкция; 3 - теплая камера; 4 - крышка теплой камеры; 5 - шланг; 6 - подставка; 7 - расходомер; 8 - микроманометры; 9 - вентилятор; I0 - смотровой люк; II - наружный кожух; I2 - воздуховод; I3,I4 - теплое и холодное отделения большой камеры

По разности расхода воздуха на первом и втором этапах эксперимента определяют общую воздухопроницаемость стыковых швов. Для определения воздухопроницаемости каждого шва стыка с внутренней стороны на него надевается обойма и испытания проводятся аналогично описанным выше (см. п.п.I.6-I.9). При этом остальные швы должны быть загерметизированы. В случае установки испытанных в обойме образцов в камеру для определения их теплопередачи необходимо устранить утечки в местах сопряжений образцов со стенами камеры.

§ 3. Исследование сквозной воздухопроницаемости наружных ограждений по глади

I.25. При определении сквозной воздухопроницаемости массива (по глади) однослойных наружных ограждений в лабораторных и натурных условиях при площади фрагментов конструкций не менее I,5 м^2 применяется установка, схема которой показана на рис.8. Проверке на воздухопроницаемость должно подвергаться не менее трёх образцов.

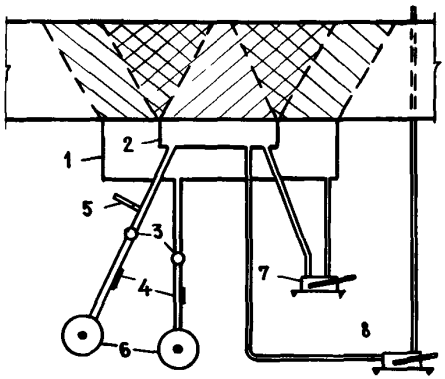


Рис.8. Схема установки для испытания стены на воздухопроницаемость: I - защитная обойма; 2 - рабочая обойма; 3 - измеритель расхода воздуха; 4 - регулятор расхода воздуха; 5 - термометр; 6 - пылесос; 7, 8 - микроманометры

- поток воздуха через рабочую обойму

- поток воздуха через защитную обойму

При испытании рабочая обойма устанавливается на расстоянии не менее двух толщин панели от стыков и проемов, прикрепляется к стене и герметизируется по периметру пластичной шамотной глиной. На рабочей обойме симметрично по отношению к ее осям крепится защитная обойма, которая также герметизируется по периметру. Пылесосы присоединяются раздельно к рабочей и защитной обоймам. С помощью регуляторов устанавливается нулевая разность давлений воздуха под рабочей и защитной обоймами, которая поддерживается в течение всего эксперимента.

Испытания и обработка результатов измерений проводятся в соответствии с п.I.I3. По графику зависимости расхода воздуха от перепада давления находится воздухопроницаемость стены G и сопротивление воздухопроницанию стены при расчетной разности давлений, которое должно быть не менее требуемого $R_и^{тр}$ (в $м^2 \cdot ч \cdot Па/кг$), определяемого согласно главе СНиП II-3-79.

I.26. Для определения сквозной воздухопроницаемости фрагменты стены площадью I,5 $м^2$ и менее в лабораторных условиях испытываются в камерах (см.рисунки 6 и 7) по методике, приведенной в п.п. I.22, I.23.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ (ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ) НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ

§ I. Исследование теплотехнических свойств окон

2.I. При теплотехническом исследовании окон определяют:

- температуру внутренней поверхности различных элементов окон при фактических и расчетных условиях внешней и внутренней среды;
- сопротивление теплопередаче окна по остекленной части;
- приведенное (осредненное по площади) сопротивление теплопередаче оконного блока;
- суммарное сопротивление теплопередаче окна с учетом теплопотерь через оконные откосы;
- влияние воздухопроницаемости окна на его теплозащитные свойства;

- условное сопротивление теплопередаче заполнения оконного проема с учетом расхода тепла на нагрев фильтрующегося в помещение воздуха (для определения общих теплопотерь через окно).

2.2. В лабораторных условиях испытания окон проводятся в климатической камере (рис.9) и в зависимости от поставленных целей могут выполняться двумя способами.

2.3. При испытании по первому способу определяются при различных режимах фильтрации температурное поле внутренней поверхности оконного блока, оконных откосов, стены, обрамляющей окно, локальные сопротивления теплопередаче по остекленной части, вычисляется по температурам поверхности элементов конструкции приведенное сопротивление теплопередаче остекленной части окна, а при отсутствии фильтрации - приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока и суммарное сопротивление теплопередаче окна с учетом потерь тепла по оконным откосам.

При данном испытании оконный блок помещается в проем стены, разделяющей теплое и холодное отделения камеры.

2.4. При испытании по второму способу определяется при различных режимах фильтрации температурное поле внутренней поверхности оконного блока, непосредственно определяется приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока при отсутствии фильтрации и условное сопротивление теплопередаче при наличии фильтрации окна.

При данном испытании к проему стены, разделяющей в климатической камере теплое и холодное отделения, пристаВляется теплый короб, в проем которого помещается испытываемое окно (рис.10); зазоры между стенками короба и оконным блоком заделываются материалом с низким коэффициентом теплопроводности (пенополистиролом).

Стенки короба представляют собой трехслойную конструкцию - две фанерные обшивки толщиной по 10 мм и теплоизоляционный слой из пенополистирола толщиной 100 или 150 мм. Для удобства установки оконного блока и монтажа термометрических датчиков короб делается составным. По окончании монтажа тщательно герметизируются места примыкания крышки короба к боковым его стенкам и стенок короба к стене (стеновой панели). Внутри короба и в теплом отделении камеры поддерживается одинаковая температура, чтобы свести к минимуму теплопотери через стенки короба.

2.5. Температура и влажность воздуха в теплом отделении (в коробе), температура в холодном отделении и перепады давлений по обе стороны испытываемого окна задаются в зависимости от цели испытания: в определенном сочетании между собой или равными расчетным значениям для климатического района, в котором предполагается применять исследуемую конструкцию. Заданные значения указанных факторов поддерживаются автоматически.

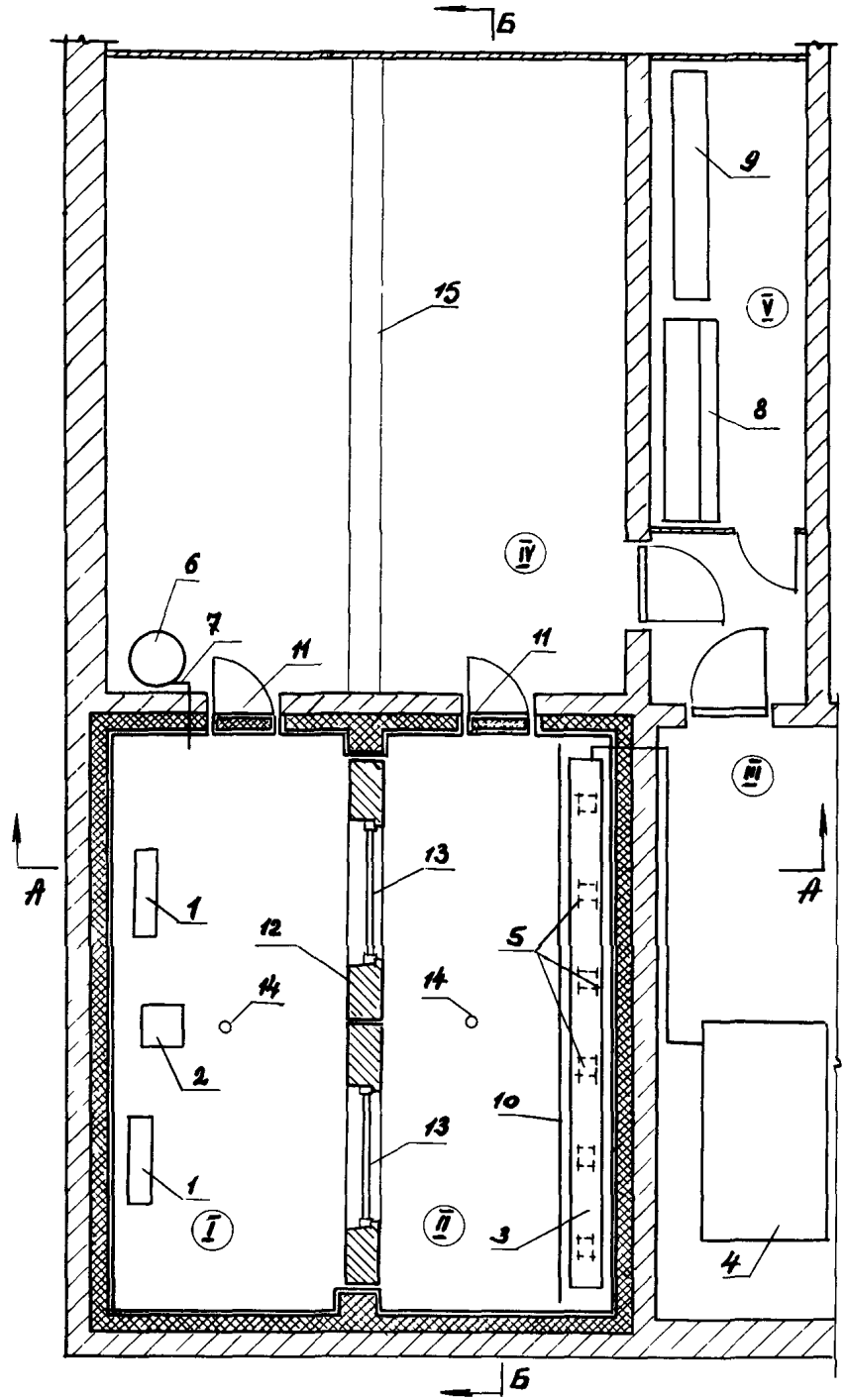
Показания приборов дистанционного действия записываются на пульте, расположенном вне камеры. Для измерения влажности воздуха, перепада давления по обе стороны исследуемого окна и наблюдения за состоянием исследуемой конструкции в теплое отделение камеры следует входить не чаще двух раз в сутки, в холодное - не чаще двух раз в неделю. В остальное время двери в отделения камеры должны быть герметично закрыты.

2.6. Заданные температуры воздуха в теплом отделении, в коробе и в холодном отделении обеспечиваются с помощью соответственно электронагревательных и холодильной установок. Требуемая температура в теплом и холодном отделениях поддерживается посредством автоматических электронных мостов типа ЭМД-2I2 (I20).

Для регулировки и обеспечения заданной температуры в теплом коробе может применяться регулирующий I2-точечный самописец КСП-4. Для более точного обеспечения заданной температуры воздуха целесообразно осуществлять регулирование ее в одном месте короба по двум точкам самописца. Для уменьшения амплитуды колебания температуры в теплых коробах в период измерения следует увеличивать скорость переключения точек самописца, что приблизит его работу к работе контактного термометра. Такой способ регулирования обеспечивает также дистанционное управление температурным режимом.

2.7. Нагревательные элементы и холодильные батареи должны иметь экраны для защиты испытываемой конструкции от радиационного нагрева или радиационного охлаждения.

2.8. Заданная влажность воздуха в теплом отделении камеры обеспечивается и непрерывно контролируется с точностью до 2% автоматическими устройствами (например, автоматическим электронным психрометром типа ПЭ, дополнительно укомплектованным устройством для увлажнения воздуха).


Б
9
15
V
8
IV
6
7
11
11
III
13
А
А
1
12
5
14
14
2
10
13
1
I
II
3
4
Б

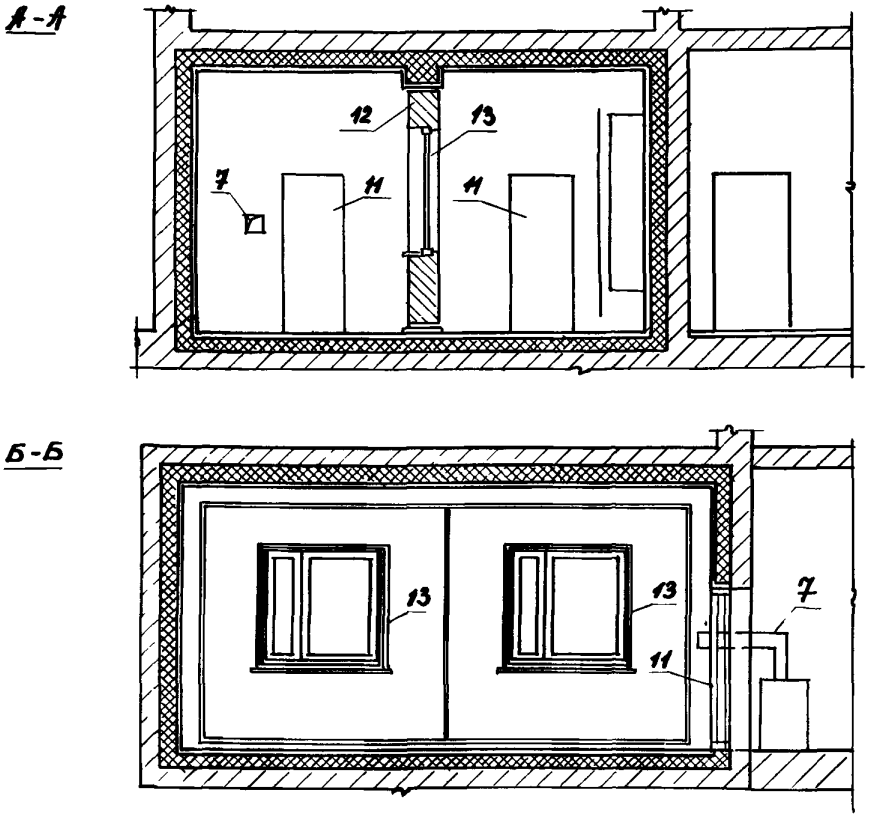


Рис.9. Схема климатической камеры для испытаний окон:
I - теплое отделение камеры; II - холодное отделение камеры; Ш - машинный зал; IУ - помещение для монтажа испытываемой стены на выдвижной кассете; У - аппаратная; I - нагревательная установка; 2 - влажностная установка; 3 - холодильные батареи; 4 - холодильная установка; 5 - циркуляционные вентиляторы; 6 - вентилятор; 7 - воздуховод; 8 - измерительный пульт; 9 - контрольно-измерительные приборы; I0 - экран; II - утепленные герметичные двери; I2 - испытываемая стена; I3 - испытываемые образцы окон; I4 - штанга для приборов и датчиков; I5 - рельсы для выдвижения кассеты, на которой монтируется опытная конструкция

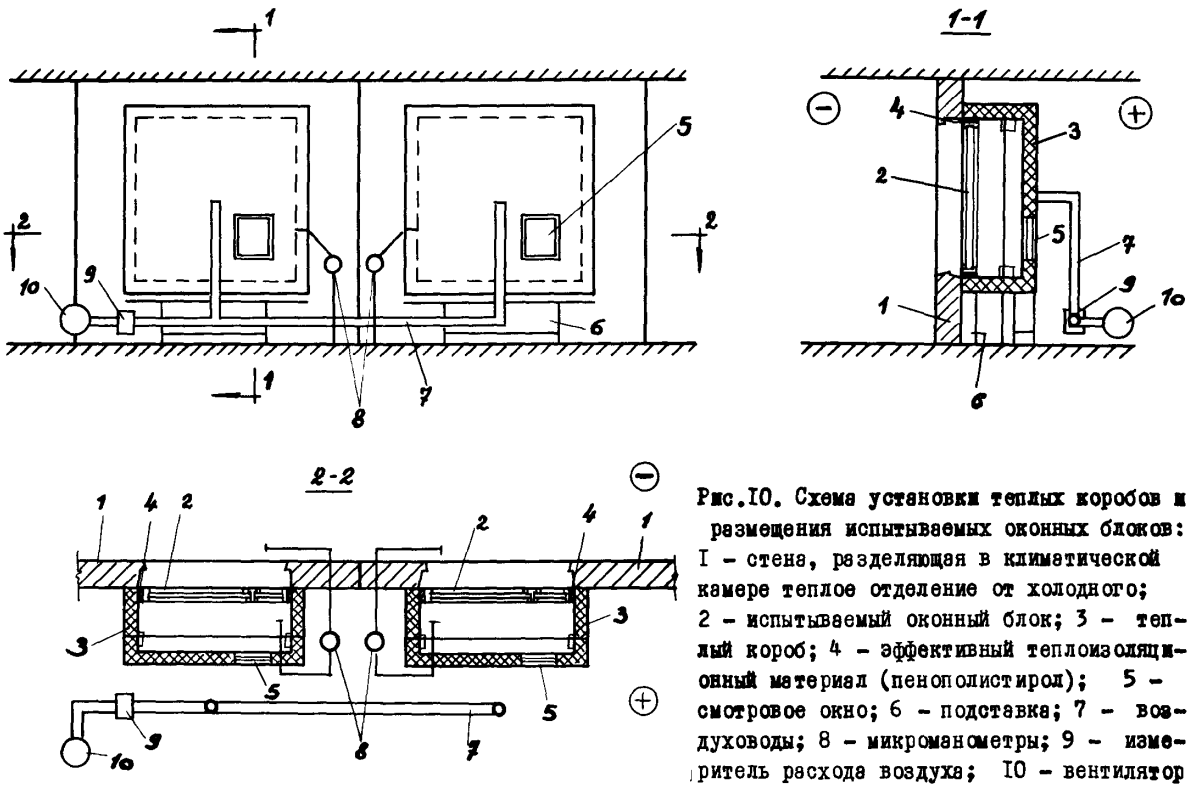


Рис.IO. Схема установки теплых коробов и размещения испытываемых оконных блоков: I – стена, разделяющая в климатической камере теплое отделение от холодного; 2 – испытываемый оконный блок; 3 – теплый короб; 4 – эффективный теплоизоляционный материал (пенополистирол); 5 – смотровое окно; 6 – подставка; 7 – воздуховоды; 8 – микроманометры; 9 – измеритель расхода воздуха; IO – вентилятор

2.9. Температура, тепловые потоки и перепады давлений замеряются десять раз в течение одних или двух суток после стабилизации условий в холодном, теплом отделениях и в теплом коробе. Влажность воздуха в теплом отделении и в теплом коробе измеряется два раза в сутки.

При изменении величины одного или нескольких факторов, оказывающих влияние на температурный режим и состояние окна (температура, влажность воздуха, перепад давлений), испытания повторяются в течение не менее суток после стабилизации режима.

2.10. В натурных условиях испытывается окно в комнате незаселенной квартиры, ориентированное на С и СВ. При проведении исследований в многоэтажных зданиях целесообразно для выявления влияния различных режимов фильтрации на теплотехнические свойства окон одновременно испытывать окна в комнатах первого, среднего и верхнего этажей, расположенных по одной вертикали. Окна испытываются по первому способу (см.п.2.3).

2.11. К началу наблюдений дом должен быть сдан в эксплуатацию или полностью подготовлен к сдаче. При проведении наблюдений дверь комнаты должна быть закрыта. Желательно, чтобы температура воздуха в комнате поддерживалась на постоянном расчетном уровне, для чего следует применять электронагревательные приборы, снабженные терморегулятором.

2.12. Температура и тепловые потоки при отсутствии автоматической записи замеряются через 3 ч (в 1; 4; 7; 10; 13; 16; 19; 22 ч) в течение двух недель. При автоматической записи продолжительность наблюдений может быть сокращена до десяти дней.

Перепады давлений между наружным и внутренним воздухом замеряются круглосуточно через 1 ч. Влажность воздуха в помещении измеряется через 6 ч при проведении основных замеров.

Скорость и направление ветра, влажность наружного воздуха, показатель облачности принимаются по данным ближайшей к объекту метеостанции.

2.13. Натурные испытания проводятся со второй половины декабря по первую декаду марта.

2.14. При теплотехническом исследовании окон измеряется температура внутренней поверхности характерных элементов окна, температура по толщине окна и тепловые потоки, проходящие через остеклен-

ную часть окна и деревянный клапан.

2.I5. Для измерения температуры по толщине конструкции окна термодатчики устанавливают в трех уровнях по остекленной части, в двух уровнях по клапану (разрезанному по высоте), на внутренней и наружной поверхностях каждого слоя стекла или каждой створки клапана, посередине каждой воздушной прослойки (за исключением стеклопакетов) и на расстоянии 8 см от внутренней и наружной поверхности конструкции (рис.II).

Тепломеры устанавливают на внутренней поверхности окна (при подробных исследованиях дополнительно и на наружной поверхности) возле сечений, по которым измеряется температура по толщине конструкции.

2.I6. Для определения температурного поля внутренней поверхности остекленной части окна площадь стекла каждой створки условно разбивают на девять равных прямоугольников и термодатчики устанавливают в центре каждого прямоугольника, а также у фальцев остекления по вертикали и горизонтали, проходящих через центр створки.

2.I7. Для определения температуры внутренней поверхности обвязок створки, импоста, коробки и брусков-наличников, а при испытании в лабораторных условиях по второму способу - материала, которым по периметру заделан зазор между оконным блоком и стенками короба (пенополиуретана), термодатчики на этих элементах устанавливают на тех же уровнях и на тех же вертикалях по ширине окна, что и на стекле.

2.I8. Для уточнения вычислений приведенного сопротивления теплопередаче окна температура воздуха на расстоянии 8 см от внутренней поверхности конструкции измеряется против обвязки или коробки в указанных выше уровнях (см.п.2.I7).

2.I9. Для определения температуры внутренней поверхности откосов, стены, обрамляющей проем, и теплопотерь через них термодатчики устанавливают на этих элементах по средней горизонтали.

2.20. Для измерения температуры по высоте помещения (теплого отделения камеры - при лабораторных испытаниях по первому способу, опытной комнаты - при натурных испытаниях) термодатчики устанавливают в центре помещения по центральной вертикали: на полу, на расстоянии I0; 25; 75; I50 см от пола, на расстоянии 25 см от потолка и на потолке.

При лабораторных испытаниях по второму способу температура воздуха измеряется в теплом коробе (посередине глубины его) и в теплом отделении камеры на уровне сечений, по которым определяют локальное сопротивление теплопередаче окна.

Для определения теплопотерь через стенки короба термодатчики целесообразно устанавливать в центре обеих поверхностей стенок короба и на расстоянии 8 см от них, а возле термопар на внешней поверхности стенок - тепломеры.

2.21. В натурных условиях для определения изменения во времени интенсивности подачи тепла в опытное помещение термодатчики устанавливают на подающей и отводящей трубах приборов отопления. Термопары на приборах и стояках отопления крепятся гипсом; поверхность их предварительно покрывается электроизоляционным слоем.

2.22. К элементам окна термодатчики крепятся пластилином. Толщина слоя пластилина под датчиком должна быть не более 0,5 мм, поверх датчика - не более 1,5 мм.

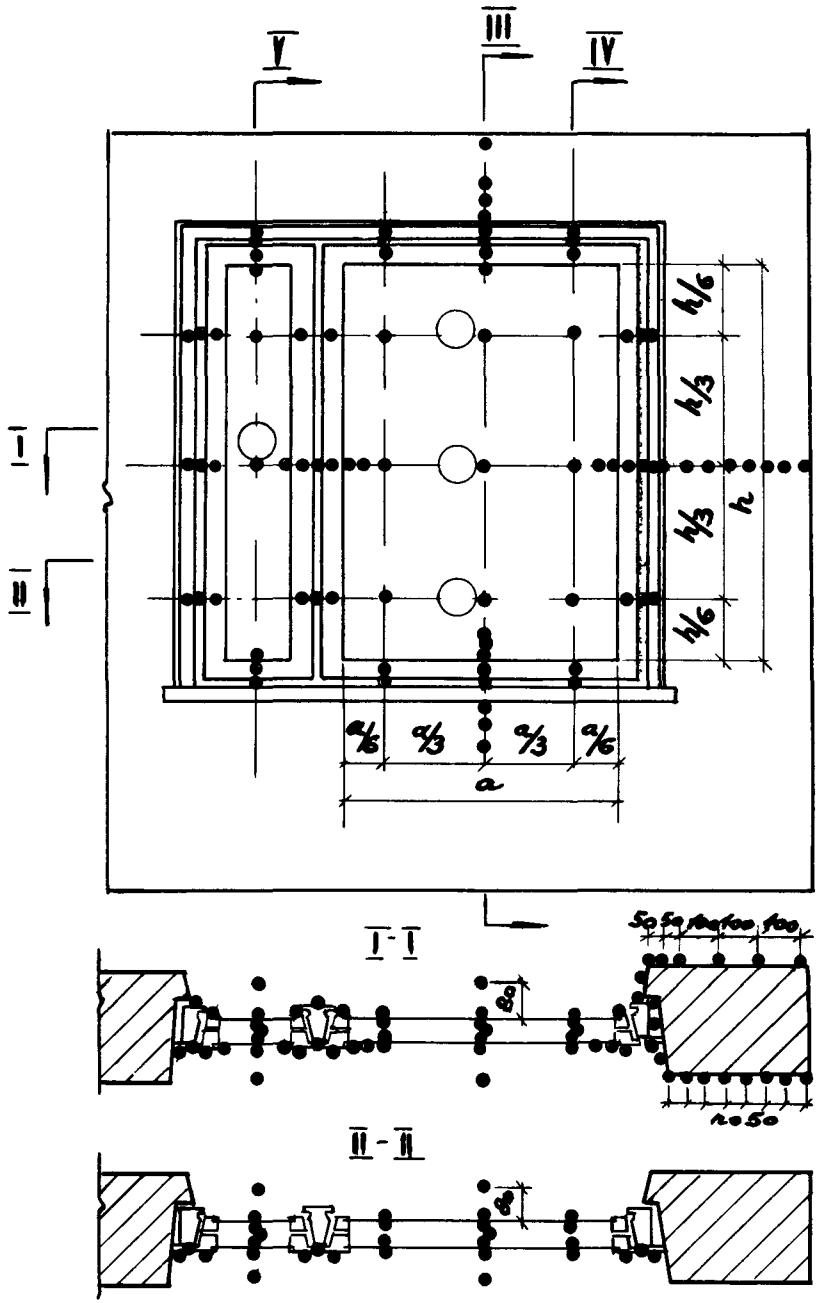
Установка тепломеров выполняется на клее "88" или на гипсе, слой гипса не должен превышать 2-3 мм.

2.23. Влажность воздуха в теплом отделении камеры или в опытной комнате замеряется в центре помещения на высоте 150 см от пола, в теплом коробе - посередине высоты окна.

2.24. При обработке результатов выбираются данные измерений за периоды, характеризующиеся постоянными температурами внутреннего и наружного воздуха и перепадами давлений по обе стороны окна. При лабораторных испытаниях по второму способу, кроме того, температуры воздуха в центре теплого короба и в теплом отделении камеры в том же уровне должны быть равны. При натурных испытаниях в случае отсутствия периодов со сравнительно постоянными внешними условиями за исследуемый период принимается общее время наблюдений.

2.25. За каждый период испытаний вычисляются средние из n замеров значения измеренных температур и тепловых потоков.

При автоматической записи показания самописцев, необходимые для определения средних значений температур и тепловых потоков за каждый период испытаний, обрабатываются с помощью планиметра.


V
III
IV
I
II
h/6
h/3
h/3
h/6
h
a/6
a/3
a/3
a/6
a
I - I
II - II

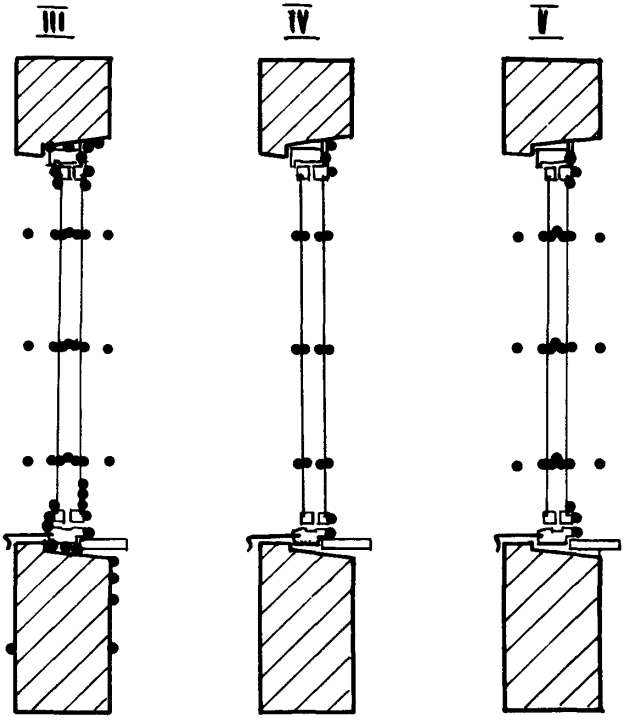


Рис.II. Схема расстановки термодатчиков и тепломеров
•—термодатчики О — тепломеры

2.26. Локальное термическое сопротивление окна R по результатам измерений с помощью тепломера вычисляется по формуле

$$R = \frac{\Delta\tau}{q} \quad м^2\,^{\circ}C/Вт\ [м^2.ч^{\circ}C/ккал], \qquad (2)$$

где $\Delta\tau = \tau_в - \tau_н$ – разность температур внутренней и наружной поверхностей окна, $^{\circ}C$;

q – истинный тепловой поток, $Вт/м^2$ [ккал/$м^2$ч] .

Величина истинного теплового потока при установке тепломера на стекле, за которым расположена воздушная прослойка, определяется по формуле:

$$q = q_{изм}\left(1 + \frac{R_т + R_г}{R_в + R_{1\,сл} + 0{,}5\,R_{в\,пр}}\right), \qquad (3)$$

где $q_{изм}$ – среднее значение измеренного теплового потока, $Вт/м^2$ [ккал/$м^2$ч] ;

$R_т$ – термическое сопротивление тепломера, $м^2\,^{\circ}C/Вт$ [$м^2$ч$^{\circ}$C/ккал] ;

$R_г$ – термическое сопротивление слоя гипса, с помощью которого укреплен тепломер, $м^2.^{\circ}C/Вт$ [$м^2$ч$^{\circ}$C/ккал] ;

$R_{1\,сл}$ – термическое сопротивление слоя стекла, на котором установлен тепломер, $м^2.^{\circ}C/Вт$ [$м^2$ч$^{\circ}$C/ккал] ;

$R_в$ – сопротивление теплопередаче внутренней поверхности стекла, $м^2.^{\circ}C/Вт$ [$м^2$ч$^{\circ}$C/ккал]

$$R_в = \frac{1}{\alpha_в} = \frac{1}{\alpha_к + \alpha_л},$$

где $\alpha_к$ – коэффициент передачи тепла конвекцией, $Вт/м^2.^{\circ}C$ [ккал/$м^2$ ч$^{\circ}$C] , определяется по графику на рис.12;

$\alpha_л$ – коэффициент передачи тепла излучением, $Вт/м^2.^{\circ}C$ [ккал/$м^2$ч$^{\circ}$C] , определяется по графику на рис.13;

$R_{в\,пр}$ – термическое сопротивление воздушной прослойки за стеклом, на котором установлен тепломер, принимается равным приближенно 0,172 $м^2{}^{\circ}C/Вт$ [0,2 $м^2$ ч $^{\circ}$C/ккал] или определяется по приближенной формуле:

$$R_{в\,пр}=\frac{1}{\alpha_{к\,в\,пр}+\alpha_{л\,в\,пр}}=\frac{1}{0{,}77\sqrt[3]{\tau_1-\tau_2}+3{,}9+0{,}042\,\frac{\tau_1+\tau_2}{2}}\ м^2\,{}^\circ C/Вт \tag{4}$$

$$\left[R_{в\,пр}=\frac{1}{\alpha_{к\,в\,пр}+\alpha_{л\,в\,пр}}=\frac{1}{0{,}66\sqrt[3]{\tau_1-\tau_2}+3{,}4+0{,}036\,\frac{\tau_1+\tau_2}{2}}\ м^2\,ч\,{}^\circ C/ккал\right],$$

где $\alpha_{к\,в\,пр}$ и $\alpha_{л\,в\,пр}$ – коэффициент теплопередачи воздушной прослойки соответственно конвекцией и излучением, Вт/м^2 °С [ккал/м^{2}ч°С] ;

τ_1 и τ_2 – температуры соответственно теплой и холодной поверхности воздушной прослойки, °С.

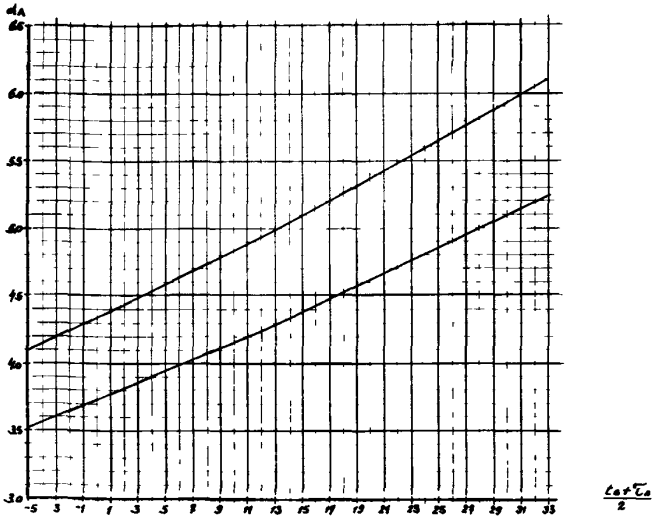


Рис.12. График для определения коэффициента теплоотдачи излучением α_A внутренней поверхности окна

2.27. Сопротивление теплопередаче окна по остекленной части $R_o^{ост}$ принимается равным сумме термического сопротивления $R^{ост}$ (см. п.2.26) и сопротивлений теплоотдаче внутренней $R_в$ = 0,107 м^2°С/Вт [0,125 м^{2}ч°С/ккал] и наружнои поверхности $R_н$ = 0,043 м^2 °С/Вт [0,05 м^{2}ч°С/ккал] .

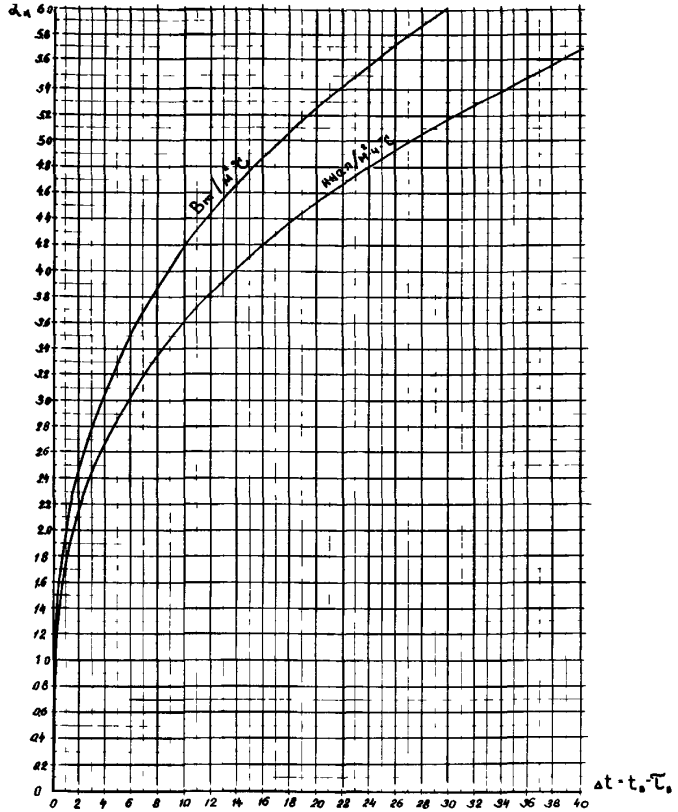


Рис.13. График для определения коэффициента теплоотдачи конвекцией $\alpha_к$ внутренней поверхности окна

2.28. Приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока при отсутствии фильтрации приближенно определяется на основе температур внутренней поверхности окна по формуле:

$$R_{o\,бл}^{прив} = \frac{F_{кор} + F_{имп} + F_{обв} + F_{ост} + F_{кл}}{\frac{F_{кор}}{R_{o\,кор}^{пр}} + \frac{F_{имп}}{R_{o\,имп}^{пр}} + \frac{F_{обв}}{R_{o\,обв}^{пр}} + \frac{F_{ост}}{R_{o\,ост}^{пр}} + \frac{F_{кл}}{R_{o\,кл}^{пр}}}, \qquad (5)$$

где F и $R_o^{пр}$ с индексами кор., имп., обв., ост., кл., – соответственно площади и приведенные значения

сопротивления теплопередаче элементов окна: коробки, импоста, обвязки, остекленной части и клапана.

Приведенное сопротивление теплопередаче каждого элемента окна определяется по аналогичной формуле с учетом разбивки поверхности элемента на участки, каждому из которых соответствуют величины $\tau_{\text{в}}$ и $t_{\text{в}}$.

Сопротивление теплопередаче $R_{\text{о}}$ каждого участка элемента вычисляется по формуле

$$R_{\text{о}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в}} - \tau_{\text{в}}} \alpha_{\text{в}}, \qquad (6)$$

где $\alpha_{\text{в}} = \alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}}$, $\alpha_{\text{к}}$ и $\alpha_{\text{л}}$ – определяются по графикам на рис.I2 и I3.

2.29. Найденное по формуле (5) приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока $R_{\text{о}}^{\text{прив}}{}_{\text{бл}}$ сравнивается с расчетным для соответствующего типа окна (СНиП II-3-79, прил.6), а также сопоставляется с требуемым (СНиП II-3-79, п.2.I.2), что позволяет определить районы возможного применения окон испытываемого типа.

2.30. Суммарный коэффициент теплопередачи заполнения оконного проема $K^{\text{сум}}$ с учетом теплопотерь через оконные откосы и участок стены, обрамляющий окно, при отсутствии фильтрации воздуха равен

$$K^{\text{сум}} = K_{\text{бл}}^{\text{прив}} + \Delta K_{\text{отк}} \qquad \text{Вт/м}^2\,^{\circ}\text{С}\ [\text{ккал/м}^2\text{ч}^{\circ}\text{С}], \quad (7)$$

где $K_{\text{бл}}^{\text{прив}} = \frac{1}{R_{\text{о бл}}^{\text{прив}}}$ – приведенный коэффициент теплопередачи оконного блока, Вт/м^2 $^{\circ}$С [ккал/м^{2}ч$^{\circ}$С];

$\Delta K_{\text{отк}}$ – приращение коэффициента теплопередачи окна за счет теплопотерь через оконные откосы и участок стены, обрамляющий окно, Вт/м^2 $^{\circ}$С [ккал/м^{2}ч$^{\circ}$С]

$$\Delta K = \frac{Q_{\text{отк}} + Q_{\text{ст}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} \frac{\rho_{\text{ок}}}{F_{\text{ок}}}, \qquad (8)$$

где $Q_{\text{отк}}$ – дополнительные теплопотери через оконные откосы, Вт/м [ккал/м ч];

$Q_{ст}$ – дополнительные теплопотери через участок стены, обрамляющий оконный проем, Вт/м [ккал/м ч] ;

$t_в$ и $t_н$ – температура внутреннего и наружного воздуха, ^{o}C;

$P_{ок}$ – периметр оконного проема, м;

$F_{ок}$ – площадь оконного проема, $м^2$.

Значение $Q_{отк}$ на I м длины откоса определяется по формуле:

$$Q_{отк} = \alpha_{отк} (t_в - \tau_{отк}) в , \qquad (9)$$

где $\alpha_{отк}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности оконного откоса, принимаемый равным 6,I5 $Вт/м^2ч^{o}C$ [5,3 $ккал/м^2ч^{o}C$] ;

$t_в$ – температура воздуха в помещении, ^{o}C;

$в$ – ширина оконного откоса, м;

$\tau_{отк}$ – средняя температура поверхности оконного откоса, ^{o}C

$$\tau_{отк} = \frac{\tau' + 4\tau'' + \tau'''}{6} , \qquad (I0)$$

где τ', τ'' и τ''' – температура соответственно в начале, в середине и в конце откоса, ^{o}C.

Значение $Q_{ст}$ на I м периметра проема определяется по формуле:

$$Q_{ст} = -\alpha_в \Delta\tau_в a , \qquad (II)$$

где $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стены, равный 8,7 $Вт/м^2$ ^{o}C [7,5 $ккал/м^2ч^{o}C$] ;

$\Delta\tau_в$ – среднее повышение температуры стены в зоне влияния окна по сравнению с температурой части стены, на которую влияние окна не сказывается, ^{o}C;

a – ширина зоны влияния окна на температуру внутренней поверхности стены, м.

Знак минус в формуле (II) показывает, что при повышении температуры поверхности стены у окна ($\Delta\tau_в$ положительное) теплопотери стены около оконного проема снижаются. Величина $\Delta\tau_в$ находится по формуле трапеции:

$$\Delta\tau_в = \frac{(\tau_1 - \tau_в) + 2[(\tau_2 - \tau_в) + (\tau_3 - \tau_в) + \quad (\tau_{m-1} - \tau_в)] + (\tau_m - \tau_в)}{2(m-1)} , \qquad (I2)$$

где $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_m$ - температуры внутренней поверхности стены в зоне влияния окна, ^{o}C;

$\tau_в$ - температура внутренней поверхности стены вне зоны влияния окна, ^{o}C;

m - число расчетных точек на внутренней поверхности стены в зоне влияния окна.

2.31. При испытании в лабораторных условиях по второму способу при отсутствии фильтрации определяется приведенное сопротивление теплопередаче, при фильтрации - условное сопротивление теплопередаче

$$R_{o\,вл}^{усл} = \frac{t_в - t_н}{Q_{усл}}, \qquad (13)$$

где $t_в$ и $t_н$ - средние по высоте окна температуры воздуха соответственно в теплом коробе по середине глубины его и в холодном отделении камеры, ^{o}C;

$Q^{усл}$ - условный тепловой поток, приведенный к I $м^2$ окна

$$Q^{усл} = \frac{\frac{a_2 - a_1}{n} - \frac{\Delta t\, \lambda_{пп} F_{пп}}{\delta_{пп}}}{F}, Вт/м^2 \left[ккал/м^2 ч\right], \qquad (14)$$

где a_1 и a_2 - показания электросчетчика в начале и в конце этапа испытания, Вт ч [ккал];

n - продолжительность этапа испытания, ч;

$\Delta t = t_в - t_н$ - разность температур внутреннего и наружного воздуха, ^{o}C;

$\lambda_{пп}$ - коэффициент теплопроводности материала (пенополистирола), которым заделаны зазоры между оконным блоком и стенками теплого короба, $Вт/м^2\,^{o}C$ [ккал/м·ч·^{o}C];

$\delta_{пп}$ - толщина пенополистирола, равная толщине оконной коробки, м;

$F_{пп}$ - площадь поверхности пенополистирола со стороны теплого короба, $м^2$.

2.32. По полученным в результате испытаний коэффициентам теплопередачи при отсутствии фильтрации ($K^{ост}=\frac{1}{R_o^{ост}}$, $K^{прив}=\frac{1}{R_o^{прив}}$) и при ее наличии ($K_ф^{ост}=\frac{1}{R_{оф}^{ост}}$, $K^{усл}=\frac{1}{R_o^{усл}}$) определяется приращение коэффициента теплопередачи

по остекленной части

$$\Delta K_ф^{ост}=K_ф^{ост}-K^{ост}, \qquad (I5)$$

условного

$$\Delta K^{усл}=K^{усл}-K^{прив} \qquad (I6)$$

2.33. При каждом перепаде давлений Δp, при котором проводились теплотехнические испытания, определяется доля, которую составляет приращение коэффициента теплопередачи при фильтрации по остекленной части $\Delta K_ф^{ост}$ и условного коэффициента $\Delta K^{усл}$ Вт/м^2 °С [ккал/м^2.ч.°С] от тепловой емкости фильтрующегося воздуха $G \cdot c$ (G, кг/м^{2}ч, находится по графику воздухопроницаемости окна (см. п.I.I4), с = 0,278 Вт ч /кг °С = I кдж/кг °С [0,24 ккал/кг.°С]):

$$\beta=\frac{\Delta K_ф^{ост}}{G \cdot c}, \qquad (I7)$$

$$A=\frac{\Delta K^{усл}}{G \cdot c}. \qquad (I8)$$

§ 2. Исследование теплотехнических свойств наружных стен по глади и стыков

2.34. Исследования теплотехнических свойств элементов наружных ограждений с учетом воздухопроницаемости проводятся в натурных и лабораторных условиях. Исследования в натурных условиях являются развитием исследований, проведенных в лабораторных условиях.

2.35. При натурных и лабораторных исследованиях обычных и вентилируемых конструкций высотой не более 2 м устанавливают два тепломера, высотой 2 м и более – не менее трех (по высоте). Тепломеры устанавливают симметрично с внутренней и наружной сторон. При высоте вентилируемых окон I,5 м и менее устанавливают два тепломера, более I,5 м – три. По глади конструкции и в зоне стыков на внутренней

и наружной поверхности устанавливают термопары таким образом, чтобы были охвачены все важные в теплотехническом отношении места (рис.I4). Термопары должны быть установлены также в толще и на границе слоев ограждения.

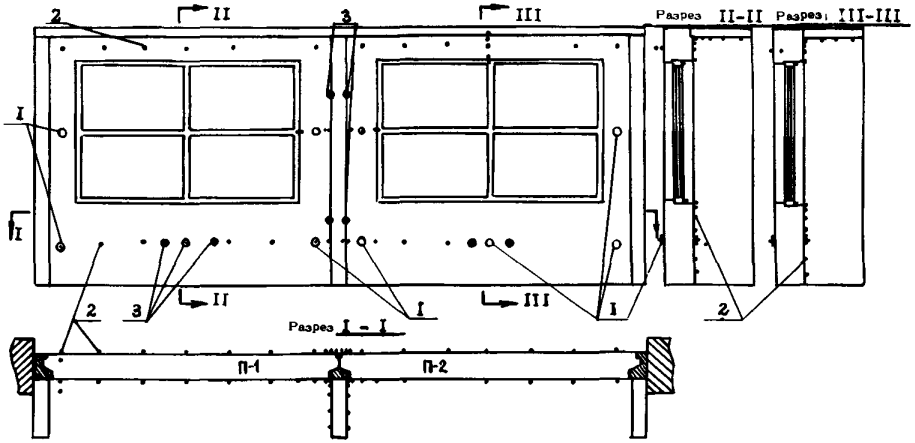


Рис.I4. Расположение тепломеров (2), термопар (2) и мест взятия проб на влажность (3) на поверхности и в толще опытных конструкций при испытаниях их в климатической камере

В прослойках вентилируемых конструкций устанавливают не менее трех термопар по высоте,на входе, выходе из прослойки, в толще, на внешней поверхности и в углах каналов, соединяющих прослойки в ограждении с атмосферой и помещением, а также на внутренней и наружной поверхностях прослойки (рис.I5).

В натурных условиях испытывают не менее трех панелей по высоте здания, обязательно на первом и последнем этажах, с наветренной и заветренной сторон.

2.36. Исследования в лабораторных условиях проводят в больших и малых климатических камерах (см.рис.6,7,9). В больших климатических камерах исследуются фрагменты стен размером более IxI м. Испытываемый образец разделяет камеру на теплое и холодное отделения. В теплом отделении поддерживаются условия помещения, в холодном - наружные климатические условия. Теплое отделение камеры сообщается с вентилятором, который создает в ней разряжение (условие инфильтрации) либо подпор (условие эксфильтрации).

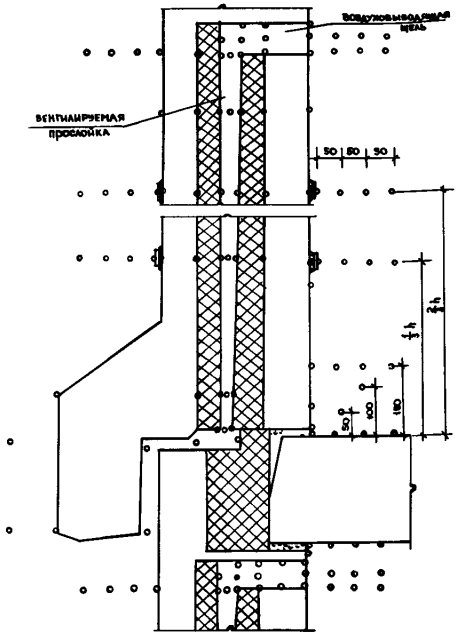


Рис.I5. Горизонтальный стык трехслойной вентилируемой панели. Размещение датчиков.
•– термопары ▭ – тепломеры

2.37. При исследовании измеряются температурные поля опытных конструкций и их сопряжений, тепловые потоки, проходящие через конструкции, влажностное состояние конструкций.

С помощью термопар измеряется температура воздуха в отделениях камеры на расстоянии 5; I0; I5; 20 см от поверхности исследуемой конструкции, температура в толще исследуемой конструкции, температура на внутренней и наружной поверхностях конструкций в местах их сопряжения.

Тепловые потоки измеряются с помощью тепломеров. Рекомендуется использовать тепломеры, имеющие близкие к испытываемым конструкциям коэффициенты теплопроводности и излучения. На внутренней и наружной поверхностях тепломеров устанавливаются термопары.

Исследование воздухопроницаемости элементов ограждающих конструкций и замеры расхода воздуха через вентилируемые участки производят в соответствии с разделом I после определения термических характеристик. Влажность конструкции исследуют на пробах материала, взятых шлямбуром, которые затем высушивают в сушильном шкафу.

2.38. Исследования проводят при наличии и отсутствии перепадов давлений.

2.39. В камере, изображенной на рисунках 6, 7, можно определять как воздухопроницаемость конструкций, так и влияние ее на теплопередачу в режимах инфильтрации и эксфильтрации одновременно

Исследование фрагментов конструкций начинается с определения их воздухопроницаемости (п.п. I.23, I.24). После этого с наружной стороны камеры с помощью холодильных машин и воздухоохладителей имитируются наружные зимние условия, а с внутренней стороны - условия помещения. Режим поддерживают до стабилизации температур по толщине опытных конструкций стен в течение I,5÷5 суток (в зависимости от массивности). После стабилизации температур и тепловых потоков устанавливают теплофизические характеристики строительных конструкций с помощью тепломеров и термопар. Показания тепломеров дублируются электросчетчиком. Затем с помощью вентилятора создают в кожухе разрежение (давление), чем обеспечивается сквозная фильтрация.

При нагнетании воздуха в одну из обойм можно регулировать интенсивность давления, имитирующего ветровой напор (в том числе порывы ветра).

При каждом значении разности давлений делается не менее десяти основных замеров температур, значение которых осредняются. Температуры, как и тепловые потоки, могут замеряться автоматически. Значения тепловых потоков, например, могут записываться электронным потенциометром КСП-4.

Расход электроэнергии на подогрев внутреннего объема корпуса замеряется по электросчетчику.

При фрагментах размером менее IxI м исследования проводятся малых климатических камерах (см. рисунки 6, 7).

2.40. В малой камере может быть создан один режим фильтрации при одном проеме в типовой панели и одновременно два режима при двух проемах.

2.4I. Для выявления зависимости термических характеристик опытных конструкций от расхода воздуха исследования проводят не менее чем при 4~~+~~6 разностях давлений.

До и после каждого этапа испытаний берутся пробы материала для определения его влажности. Фактическая объемная масса (плотность) материала панелей определяется по образцам, выпиленным из панелей после их испытания.

2.42. Для исследования теплотехнических свойств (долговечности) фрагментов ограждающих конструкций можно применять специальную холодильную автоматическую установку (СХАУ), позволяющую создавать перепад температур по обе стороны испытываемых образцов (рис.I6 и I7).

Исследования в СХАУ проводятся как при наличии, так и отсутствии разности давлений по обе стороны опытных образцов. При перепаде давлений в СХАУ между теплым и холодным отделениями с помощью вентилятора создается разность давлений, замеряемая микроманометрами. Расход воздуха через образцы замеряется расходомером и регулируется с помощью шибера.

Воздух в холодное отделение поступает через специальные отверстия. Температура на поверхности и в толще опытных образцов и тепловые потоки измеряются термопарами и тепломерами.

2.43. Перед исследованиями в СХАУ проверяется воздухопроницаемость каждого образца, т.е. определяется зависимость расхода воздуха через образец от разности давлений.

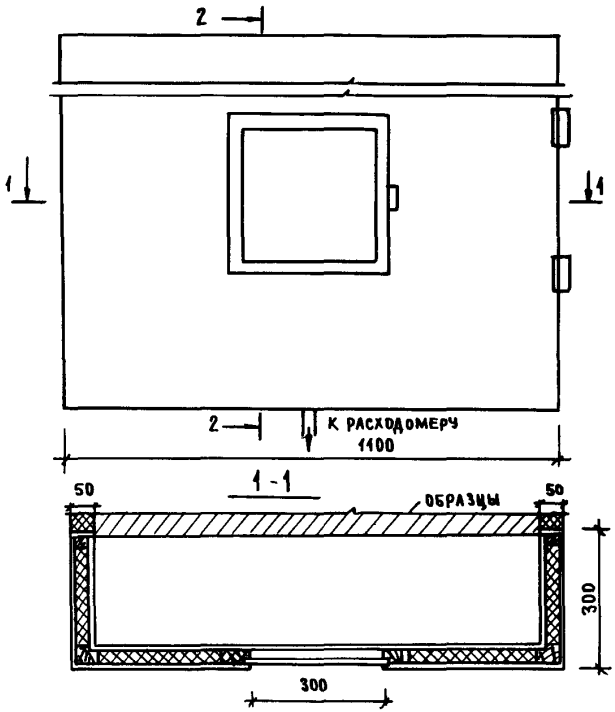
2.44. Температурные деформации наружных стен исследуются как при отсутствии, так и наличии разности давлений. Методы определения воздухопроницаемости и термических характеристик при этом аналогичны описанным в п.п. 1.I5-I.24 и 2.34-2.4I.

2.45. Исследования температурных деформаций наружных стен могут проводиться в статически неизменяемых климатических камерах.

2.46. По результатам измерений определяются термические характеристики исследуемых конструкций.

Термическое сопротивление конструкции $R_к$ определяется по формуле:

$$R_к = \frac{\tau_в - \tau_н}{q_ф}, \qquad (I9)$$



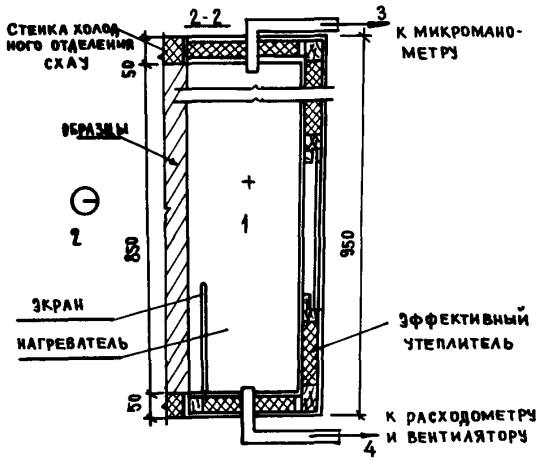


Рис.16. Конструкция теплого отделения специальной холодильной автоматической установки (СХАУ)

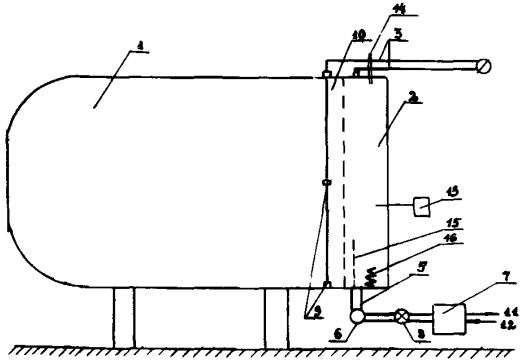


Рис.I7. Схема СХАУ:
I – холодное отделение; 2 – теплое отделение; 3 – шланги к микроманометру; 4 – микроманометр; 5 – воздуховоды к расходомеру, 6 – расходомер; 7 – вентилятор; 8 – шибер; 9 – отверстие для входа воздуха; I0 – образцы; II – выход воздуха (инфильтрация); I2 – вход воздуха (эксфильтрация); I3 – электросчетчик; I4 – терморегулятор; I5 – экран; I6 – нагреватель

где $\tau_в$, $\tau_н$ – средняя за период наблюдения температура соответственно внутренней и наружной поверхности ограждения, °С;

$q_ф$ – фактический тепловой поток, Вт/м^2 [ккал/м^{2}ч]

$$q_ф = \frac{(\tau_в - \tau_н)\ q_{изм}}{\tau_{тв} - \tau_н - (R_т + R_с)\ q_{изм}}, \qquad (20)$$

где $q_{изм}$ – средний за период наблюдении тепловой поток, Вт/м^2 [ккал/м^2· ч] ;

$\tau_{тв}$ – температура внутренней поверхности тепломера, °С;

$R_т$, $R_с$ – термическое сопротивление тепломера и прикрепляющего его слоя, м^2 °С/ Вт[м^{2}ч °С/ккал] .

По величине фактического теплового потока $q_ф$ и средних температур определяются:

коэффициент теплоотдачи у внутренней поверхности ограждения

$$\alpha_в = \frac{q_ф}{t_в - \tau_в} \text{ Вт/м}^2\ °С\ [\text{ккал/м}^2\text{ч}\ °С] \ ; \qquad (21)$$

коэффициент теплоотдачи у наружной поверхности ограждения

$$\alpha_н = \frac{q_ф}{\tau_н - t_н} \quad Вт/м^2 \cdot {}^oC \left[ккал/м^2 \text{ ч } {}^oC\right] ; \quad (22)$$

термическое сопротивление отдельных слоев конструкции

$$R_{сл} = \frac{\Delta\tau}{q_ф} \quad м^2 {}^oC/Вт \left[м^2 \text{ ч } {}^oC/ккал\right]; \quad (23)$$

где $\Delta\tau$ – разность температур на границах слоев, ^oC.

Фактический тепловой поток $q_ф$ через конструкцию, имеющую воздушную (вентилируемую) прослойку, определяется по формуле:

$$q_ф = \frac{\Delta\tau}{\Sigma R} , \quad (24)$$

где

$$\Sigma R = R_{б\,сл} + R_{пр} + R_{н\,сл} , \quad (25)$$

где $R_{б\,сл}$ – термическое сопротивление внутренних слоев до воздушной прослойки

$$R_{б\,сл} = \frac{\tau_в - \tau_{вп}}{(t_в - \tau_в)\ \alpha_в} , \quad (26)$$

где $\tau_{вп}$ – температура внутренней поверхности воздушной прослойки ^oC,

$\alpha_в = 8{,}7$ Вт/м^2 ^oC [7,5 ккал/м^{2}ч ^oC].

Термическое сопротивление вентилируемой прослойки, (включая и вентилируемые окна) определяется по формуле:

$$R_{пр} = \frac{\beta}{\alpha_к + \alpha_л} , \quad (27)$$

где $\alpha_к = 5{,}5 + 5{,}7v$;

v – скорость движения воздуха в прослойке, м/сек ;

$\alpha_л$ – коэффициент лучистого теплообмена;

β – коэффициент, равный 0,86 в систем СИ и I–в технической.

Термическое сопротивление наружных, считая от вентилируемой прослойки, слоев определяется по формуле

$$R_{н\,сл} = \frac{(\tau_{нп} - \tau_н)\ 0{,}5\ R_{пр}}{t_п - \tau_{нп}} , \quad (28)$$

$\tau_{н.п}$ – температура наружной поверхности прослойки;

$t_п$ – температура воздуха в прослойке.

Приведенное сопротивление теплопередаче термически неоднородного ограждения определяется по формуле:

$$R_o^{пр} = \frac{t_в - t_н}{(t_в - \tau_в^{пр}) \cdot \alpha_в}, \qquad (29)$$

или

$$R_o^{пр} = \frac{t_в - t_н}{(\tau_н^{пр} - t_н)\,\alpha_н} \qquad (30)$$

где $\tau_в^{пр}$, $\tau_н^{пр}$ – приведенная температура внутренней и наружной поверхности

$$\tau_в^{пр} = \frac{\Sigma \tau_{вi} \cdot F_i}{\Sigma F_i}; \quad (31) \quad \tau_н^{пр} = \frac{\Sigma \tau_{нi} \cdot F_i}{\Sigma F_i}. \qquad (32)$$

где $\tau_{вi}, \tau_{нi}, F_i$ – температура и площадь отдельных участков ограждения;

$\alpha_н$ = 23 Вт/м^2 °С [20 ккал/м^2 ч °С] .

Примечание к § 2. Полученное в натурных условиях $R^{пр}$ может служить только для вычисления теплопотерь и не является эквивалентом $R_o^{пр}$ без учета воздухопроницаемости.

3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ С УЧЕТОМ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ

3.1. При расчете определяется расчетное общее сопротивление теплопередаче R_o по глади, а в панельных зданиях – приведенное $R_{пр}$, требуемое $R_o^{тр}$ и экономически целесообразное $R_o^{эк}$. При этом должно выполняться условие R_o и $R_o^{эк} \geq R_o^{тр}$.

3.2. Теплозащитные свойства стыков (с учетом воздухопроницаемости) и теплопроводных включений определяются из условия невыпадения конденсата на их внутренней поверхности.

3.3. Нормируемый перепад $\Delta t^н$ между температурой внутреннего воздуха $t_в$ и внутренней поверхности конструкции τ определяется из санитарно-гигиенических условий при расчетной температуре наруж-

ного воздуха.

3.4. Тепловой расчет конструкций следует выполнять в следующей последовательности:

- задаться массивностью конструкции;
- определить расчетную зимнюю температуру наружного воздуха $t_н$, требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{тр}$ и экономически целесообразное $R_o^{эк}$;
- принять общее сопротивление теплопередаче R_o равным экономически целесообразному;
- определить термическое сопротивление $R_{ут}$ и толщину утепляющего (основного) $\delta_{ут}$ слоя конструкции;
- проверить массивность конструкции, определяя ее тепловую инерцию $Д$;
- определить требуемое сопротивление теплопередаче стыков с учетом воздухопроницаемости исходя из требуемой температуры внутренней поверхности стыка, равной температуре точки росы;
- определить минимально допустимую толщину утеплителя в стыке;
- определить минимальную температуру в зоне стыков и сравнить ее с допустимой;
- определить приведенное сопротивление теплопередаче без учета воздухопроницаемости и сравнить его с требуемым при $R_o^{пр} \geqslant R_o^{тр}$;
- определить приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений с учетом воздухопроницаемости;
- определить удельные теплопотери через наружные ограждения с учетом нормируемой инфильтрации и сравнить их с контрольными показателями расхода тепла.

3.5. Значение тепловой инерции $Д$ задается и определяется в соответствии с главой СНиП II-3-79.

3.6. Требуемое $R_o^{тр}$, экономически целесообразное $R_o^{эк}$ и общее R_o сопротивления теплопередаче наружных ограждений определяются в соответствии с главой СНиП II-3-79.

3.7. Толщина утепляющего слоя $\delta_{ут}$ определяется по формуле:

$$\delta_{ут} = \left\{ R_o^{эк} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{1}{\alpha_н} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} \quad \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right\} \lambda_{ут}, \qquad (33)$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_n, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_n, \lambda_{ут}$ – толщины и коэффициенты теплопроводности конструктивных и утепляющих слоев;

$\alpha_в$, $\alpha_н$ - коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности, определяемые по СНиП II-3-79.

3.8. Требуемое сопротивление теплопередаче стыка $R_o^{тр}$ с учетом воздухопроницаемости определяется по формуле:

$$R_o^{тр} = \frac{n}{cW} \ln \frac{A-1}{A-\exp b}, \qquad (34)$$

где $A = \frac{\tau_в^{тр} - t_н}{d(t_в - t_н)}$,

$\tau_в^{тр} = t_в - \Delta t$,

$\Delta t^н$ - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и требуемой температурой внутренней поверхности угла стыка $\tau_в^{тр}$, равной температуре точки росы;

n - коэффициент, равный 4,2 при расчете в системе СИ и I - в технической системе;

$b = - cW/\alpha_в$; для стыков (-0,02);

d - коэффициент, равный 0,97;

W - допустимый (нормируемый) расход воздуха через стык, равный 0,5 кг/м.ч.;

c - удельная теплоемкость, кдж/кг °С [ккал/кг °С].

3.9. Требуемая, исходя из требуемого сопротивления теплопередаче стыка, толщина утеплителя в стыке $\delta_{ут}$ определяется по формуле:

$$\delta_{ут} = \frac{\lambda_{ут}[a\partial - R_o^{пр}(b\partial + c\partial + \delta_в)]}{0,95[R_o^{пр}(b+c) - a]}, \qquad (35)$$

где $a = \delta_з + \delta_р + \delta_n + \ldots$;

$b = \frac{\delta_р}{R_{ор}}$, $c = \frac{\delta_з}{R_{оз}}$,

$\partial = 1/\alpha_в + 1/\alpha_н + R_1 + R_2 + R_n$;

$\delta_з, \delta_р, \delta_n$ - толщина элементов стыка (зазора, ребра и др.) без учета толщины внутренней стены (перекрытия);

$R_{оп}$, $R_{ов}$ $R_{оп}$ – сопротивления теплопередаче элементов в сечениях по ребру, зазору и др. (кроме сечения по внутренней стене – перекрытию) ;

$\delta_в$ – половина толщины внутренней стены (перекрытия);

$\lambda_{ут}$ – коэффициент теплопроводности утеплителя в стыке;

$\alpha_в$, $\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи внутренней и наружной поверхности конструкции;

R_1, R_2 R_n – термические сопротивления слоев в сечении по внутренней стене (перекрытию) за исключением термического сопротивления утеплителя в стыке.

3.10. Приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ ограждающих конструкций как с учетом сквозной воздухопроницаемости (определяется при расчете общих и удельных теплопотерь), так и без учета ее следует определять по формуле:

$$R_o^{пр} = \frac{t_в - t_н}{(t_в - \tau_в^{пр})\alpha_в}, \qquad (36)$$

где $\alpha_в$ – приведенный коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения с учетом зоны стыков.

3.11. Приведенная температура внутренней поверхности наружной стены как с учетом, так и без учета воздухопроницаемости определяется по формуле:

$$\tau_в^{пр} = \frac{\tau_{в\,ст}^{пр} F_{ст} + \tau_{в\,г} \cdot F_г}{F_{ст} + F_г}, \qquad (37)$$

где $F_{ст}$ – условная площадь влияния стыков, равная $l_{ст} \times 1{,}5\ б$, где б – толщина панели, $l_{ст}$ – длина стыка;

$F_г$ – площадь (в $м^2$) части стены (за исключением оконных проемов), равная $F_{об} - F_{ст}$, где $F_{об}$ – общая площадь панели (за исключением оконных проемов).

Приведенная температура внутренней поверхности зоны стыка равна

$$\tau_{в\,ст}^{пр} = \frac{\tau_{в\,г} + \tau_{в\,ст}}{2}, \qquad (38)$$

где $\tau_{в\,ст}$ - температура внутренней поверхности в углу стыка определяется по формулам (40-46).

8.12. Температура внутренней поверхности по глади однослойных легкобетонных, деревянных, кирпичных и блочных стен определяется по формуле

$$\tau_{в\,г} = t_н + (t_в - t_н)\frac{(\exp 0{,}14\,R_x - 1)\,0{,}99}{\exp 0{,}14\,R_o - 1}; \qquad (39)$$

где R_x - сопротивление теплопередаче конструкции от внутренней поверхности до наружной термической границы

$$R_x = R_к + \frac{1}{\alpha_н};$$

где $R_к$ - термическое сопротивление конструкции;

$\alpha_н$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности.

Расчет температуры внутренней поверхности слоистых стен из плотного бетона следует выполнять по формуле (12) СНиП II-3-79.

3.13. Температура внутренней поверхности в углу стыка без учета его воздухопроницаемости определяется по формуле

$$\tau_{в\,ст} = t_в - \frac{(t_в - t_н)}{R_{o\,ст}} R_{в\varepsilon}, \qquad (40)$$

Если к стыку примыкает **перекрытие или внутренняя стена**

$$R_{в\varepsilon} = R_{в\,ст}\frac{2}{K_\varepsilon}, \qquad (41)$$

где $K_\varepsilon = 1 + \frac{1}{\sqrt{B\iota}}$,

$$B\iota = \frac{\alpha_в\,\delta}{\lambda}, \qquad (42)$$

где λ – коэффициент теплопроводности внутренней стены (перекрытия);

δ – половина ее толщины;

$\alpha_в$ = 8,7 Вт/м^2 °С [7,5 ккал/м^2 ч °С] ;

$R_{в\,ст}$ = 0,13 м^2 °С/Вт [0,15 м^{2}ч °С/ккал] .

Если в стык с внутренней стороны не примыкает стена, $R_{вг} = R_{вст}$.

3.14. Температура внутренней поверхности наружной панели в углу стыка с учетом воздухопроницаемости определяется по следующим формулам:

для вентилируемой панели

$$\tau_{в\,ст} = \left(t_в - \frac{(t_в - t_н)\,R_в}{R_{о\,ст}}\right) K_m \,, \qquad (43)$$

где

$$K_m = \frac{1}{b_1\left(\frac{n\,cw\,R_{о\,ст}}{l}\right)^{3/2} + 1} \,; \qquad (44)$$

для обычной

$$\tau_{в\,ст} = t_в - \frac{(t_в - t_н)}{R_{о\,ст}}\,R_в\;K_m \,, \qquad (45)$$

где

$$K_m = \frac{1}{b_2\left(0{,}24\sqrt{n\,\frac{cw\,R_{о\,ст}}{l}} + 1\right)} \,, \qquad (46)$$

$R_в$ = 0,11 м^2 °С/Вт [0,12 м^2 °С/ккал], если к стыку примыкает перекрытие или внутренняя стена, в остальных случаях $R_в$ = 0,13 м^2 °С/Вт [0,15 м^{2}ч°С/ккал];

l – протяженность сквозных зазоров в поперечном сечении, м;

n – коэффициент, равный 0,28 при расчете в системе СИ и I – в технической системе;

W – нормируемая воздухопроницаемость, кг/м.ч, для вентилируемой панели, продольная – по технологическим нормам, для обычной – сквозная – по нормам строительной теплотехники (0,5 кг/м.ч);

b_1 - коэффициент (см.стр.49);

b_2 - коэффициент, равный 0,4.

При определении $\tau_{в ст}$ по формулам (43) и (45) принимается меньшее из значений.

3.15. Сопротивление теплопередаче стыка $R_{ост}$ при отсутствии фильтрации воздуха определяется по температурным полям либо по формуле

$$R_{о ст} = \frac{(\delta_в + \delta_з + \delta_р + \ldots \delta_m) \cdot 0{,}95}{\frac{\delta_в}{R_о} + \frac{\delta_з}{R_{оз}} + \frac{\delta_р}{R_{ор}} \ldots \frac{\delta_m}{R_m}}, \qquad (47)$$

где $\delta_в$ - половина толщины внутренней стены (перекрытия);

$\delta_з$ - толщина зазора между внутренней стеной (перекрытием) и ребром панели, м;

$\delta_р$ - толщина обрамляющего ребра, м;

δ_m - толщина других элементов стыка, м;

$R_о, R_{оз},$ - сопротивления теплопередаче панели в сечениях

$R_{ор}, R_m$ - соответственно по оси внутренней стены (перекрытия), зазору, обрамляющему ребру панели.

При определении $R_{о пер}$ сопротивление теплоотдаче внутренней поверхности внутренней стены принимается равным 0,12 ($м^2$ °С)/Вт.

3.16. Приведенное сопротивление теплопередаче простенков без учета воздухопроницаемости определяется по формуле

$$R_{о.пр} = \frac{R_о}{a \cdot \frac{R_о}{R_{о.ст}} + b}, \qquad (48)$$

где R_o - сопротивление теплопередаче по глади;

$R_{ост}$ - сопротивление теплопередаче стыка определяется по формуле (48);

$$a = \frac{A + 2A'}{\ell} \quad ; \quad в = \frac{2 \; B_\varphi}{\ell} , \qquad (49)$$

где A, A' B_φ и ℓ - по рис.I8.

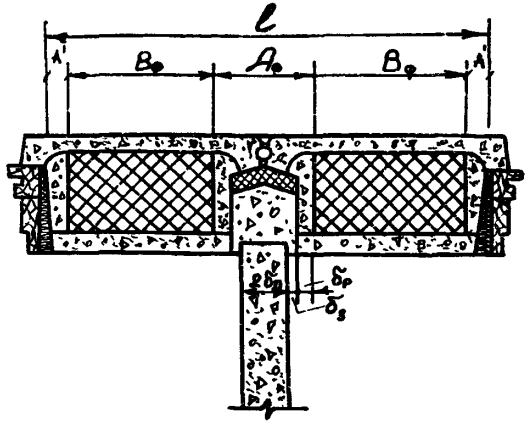


Рис.I8. Расчетные участки в простенке

3.17. Общие теплопотери через наружные ограждения с учетом воздухопроницаемости вычисляют по следующей формуле:

$$Q = \frac{(t_в - t_н) F_{оδ}}{R_o^{пр}} \quad Вт, \qquad (50)$$

где $R_o^{пр}$ - приведенное сопротивление теплопередаче ограждения (обычного и вентилируемого) с учетом воздухопроницаемости, определяемое по формуле (36).

3.I8. Общие теплопотери вентилируемого ограждения допускается определять по формуле:

$$Q = (t_в - t_н) \cdot K_в \cdot F_{оδ} \quad Вт, \qquad (5I)$$

где $t_п$ - приведенная температура в вентилируемом слое (прослойке)

$K_в$ - приведенный коэффициент теплопередачи внутренних слоев до середины вентилируемой прослойки.

Общие потери тепла помещениями жилых зданий следует уменьшать на величину бытовых тепловыделений (21 Вт [18 кал/ч] на 1 м^2 площади пола помещений с нагревательными приборами), на величину поступлений от солнечной радиации, на величину возвращаемого тепла (для конструкций и устройств, утилизирующих уходящее тепло).

Примечание. Приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ может быть определено по формуле

$$R_o^{пр} = \frac{t_в - t_н}{(t_в - t_п)\, K_в}, \qquad (52)$$

где $t_п$ и $K_в$ - см. формулу (54).

Пример теплотехнического расчета дан в приложении 2.

4. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ВЕНТИЛИРУЕМОГО ОГРАЖДЕНИЯ

4.1. Температура входящего в вентилируемый слой воздуха равна:

$$\tau_o = t_н + \frac{t_в - t_н}{m\, \alpha_в\, (\sqrt{Б_w} + 23 Б_o)}, \qquad (53)$$

где $t_в, t_н$ - расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха;

m - коэффициент, равный 0,26 в системе СИ и 0,3 - в технической;

$Б_w$ - безразмерный критерий, характеризующий изменение теплозащитных качеств стыка при фильтрации воздуха и равный $\frac{n\, c_w R_{ост}}{l_п}$,

n – коэффициент, равный 0,28 в системе СИ и I – в технической;

$Б_о$ – критерий, характеризующий теплозащитные качества части стыка от внутренней термической границы конструкции до искомой точки и равный $\frac{h \cdot R_в^у}{l_n}$;

l_n – расстояние от входа в воздухозаборное отверстие до искомой точки, м;

h – приведенная высота воздухозаборной полости, м;

$R_о^{ст}$ – приведенное сопротивление теплопередаче конструкции в сечении по воздухозаборному отверстию либо стыка, если воздухозаборным отверстием служит открытый стык;

$R_в^у$ – приведенное сопротивление теплопередаче в сечении по воздухозаборному отверстию, считая от искомой точки до внутренней термической границы конструкции;

$\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи у внутренней поверхности конструкции в зоне воздухозаборного отверстия.

4.2. Температура в углу вентилируемого стыка определяется по формуле (43), в середине вентилируемого слоя – по формуле (54). Значения коэффициента B_I даны в табл. I. Расход воздуха W в формуле (43) принимается по технологическим нормам.

Характеристики воздухопроницаемости и расчетные формулы для ее определения у различных строительных материалов и типов каналов вентилируемых прослойков даны в таблицах I и 2.

Таблица I

Значения коэффициента

Тип вентилируемой панели и стыка	B_I
I	2
Бетонные трехслойные панели на гибких связях с утепляющим вкладышем при расходе $W \leq 20$ кг/м ч	0,002
То же, при $W > 20$ кг/м.ч	0,0005
То же, без утепляющего вкладыша, устье не утеплено	0,025
Легкие навесные панели	0,015

Таблица 2

Формулы для определения коэффициентов воздухопроницаемости (ι) строительных материалов, предназначенных в качестве рабочего слоя вентилируемых панелей (толщина слоя δ^*, м)

Материал	Объемная масса в воздушно-сухом состоянии, кг/м³	Фракция (в мм) и соотношение фракции сыпучего материала (в %)	Формулы для определения коэффициентов воздухопроницаемости υ (в кг/м·ч·10 Па)
I	2	3	4
Керамзитовый гравий	400	20÷40(20÷30-70%, 30-40-30%)	$\frac{400}{\sqrt{\delta}}$
	400	10÷40(10÷20-16%, 20÷40-84%)	$\frac{260}{\sqrt{\delta}}$

Продолжение табл.2

I	2	3	4
	450	20÷40(20÷30-80%, 30÷ 40-20%)	$\frac{320}{\sqrt{\delta}}$
	550	5÷20	$\frac{240}{\sqrt{\delta}}$
Полистирольный бисер**	30	5÷20	$\frac{240}{\sqrt{\delta}}$
Керамзитовый гравий	600	5÷I0	$\frac{I50}{\sqrt{\delta}}$
	600	5÷40(5÷I0-I2%, I0÷20-68%, 20÷40-20%)	$\frac{200}{\sqrt{\delta}}$
Полистирольный бисер**	20	5÷I0	$\frac{50}{\sqrt{\delta}}$
Стекловолокно, стекловата	30		$\frac{90}{\sqrt{\delta}}$
Керамзитобетон	700	5÷20	$\frac{60}{\sqrt{\delta}}$
	450-500	I5÷40(I5÷20-24%, 20÷40-76%)	$\frac{200}{\sqrt{\delta}}$
	700***	5÷40	$\frac{I27}{\sqrt{\delta}}$
	700****	5÷40	$\frac{I80}{\sqrt{\delta}}$
	750	5÷20	$\frac{48}{\sqrt{\delta}}$
	800	5÷20	$\frac{4,7}{\sqrt{\delta}}$

Продолжение табл.2

I	2	3	4
	800	20÷40	$\frac{7,5}{\sqrt{\delta}}$
	900	5÷20	$\frac{0,3}{\sqrt{\delta}}$
	I000	5÷20	$\frac{0,I6}{\sqrt{\delta}}$
Шлакопемзобетон	I500		$\frac{I4,9}{\sqrt{\delta}}$
Пеностекло[**] (насыпное)	20	5÷I0	$\frac{I50}{\sqrt{\delta}}$
Перлит[**]	250	0,I÷0,5-20%, 0,6-I,2-I6%, 2,5-64%	$\frac{47}{\sqrt{\delta}}$
Стеклопор[**]		5-I2(5÷7-7%, 7÷I0-48% I0÷I2-45%)	$\frac{60}{\sqrt{\delta}}$

[*] В продольном направлении

[**] Засыпки.

[***] С учетом нижнего слоя при формовании лицом вниз.

[****] Без учета нижнего слоя.

Таблица 3

Формулы для определения коэффициентов воздухопроницаемости вентилируемых ограждений

Материал	Ширина (диаметр канала), мм	Глубина канала, мм	Формулы для определения коэффициентов воздухопроницаемости i (в кг/м·ч·10 Па)
Пенопласт с продольным рифлением	4–8	10÷15	$\frac{65}{\sqrt[5]{\delta}}$
	6÷8	15	$\frac{100}{\sqrt[5]{\delta}}$
	10	10	$\frac{86}{\sqrt[5]{\delta}}$
Пенопласт с расширяющимися каналами	10	Внизу 15, вверху 40	$\frac{125}{\sqrt[5]{\delta}}$
Пенопласт с вафельным рифлением	5	5	$\frac{40}{\sqrt[5]{\delta}}$
Пенопласт с каналами круглого сечения	6	–	$\frac{5}{\sqrt[5]{\delta}}$
	8	–	$\frac{10}{\sqrt[5]{\delta}}$
	14	–	$\frac{20}{\sqrt[5]{\delta}}$
	25	–	$\frac{60}{\sqrt[5]{\delta}}$

Примечания: 1. Коэффициент частоты рифления, представляющий отношение площади, занимаемой каналами, к общей площади вентилируемого слоя по горизонтальному сечению, равен 0,5.

2. δ – толщина слоя, см.

3. Формулы распространяются на все виды плотных утеплителей с аналогичным расположением каналов.

4.3. Температура в вентилируемом слое равна:

$$t_n = \frac{K_в t_в + K_н t_н + [(\tau_0 K - K_в t_в) f_i - K_н t_н] \exp(-n \frac{K \ell}{cw})}{K}, \quad (54)$$

где $K_в, K_н, K$ - коэффициенты теплопередачи соответственно внутреннего и наружного слоя и конструкции в целом, обратные сопротивлениям теплопередаче, определяемым по формуле (4) главы СНиП II-3-79;

ℓ - расстояние от входа в вентилируемый слой до рассматриваемого сечения;

f - коэффициент, равный 0,9 при определении t_n в воздуховыводящей полости и I - в остальных случаях;

τ_0 - температура входящего в вентилируемый слой воздуха, определяемая по формуле (53);

n - коэффициент, равный 3,6 в системе СИ и I - в технической.

Температура в вентилируемом слое, выполненном из крупнопористого материала, может быть определена по алгоритму, приведенному в приложении 4.

Общие коэффициенты теплопередачи внутренних $K_в$ и наружных $K_н$ слоев определяют как среднеинтегральное значение коэффициентов теплопередачи по всей высоте вентилируемого слоя:

$$K_н = \frac{K_в^в + 6K_в^с + K_в^н}{8}, \quad (55)$$

$$K_в = \frac{K_н^в + 6K_н^с + K_н^н}{8}, \quad (56)$$

где $K_в^н$ - коэффициент теплопередачи части конструкции-от входа в вентилируемый слой до внутренней термической границы (в сечении по воздухозаборному отверстию);

$K_в^в$ - коэффициент теплопередачи части конструкции - от выхода из вентилируемого канала до внутренней термической границы (в сечении по воздухозаборному отверстию);

$K_в^c$ – коэффициент теплопередачи внутренних, считая от вентилируемого, слоев, равный $\frac{1}{R_{oc}}$, где R_{oc} – сопротивление теплопередаче внутренних слоев, считая от середины вентилируемого слоя;

$K_н^н, K_н^в, K_н^c$ – то же, что $K_в^н, K_в^в, K_в^c$, но для наружных слоев.

Коэффициент теплообмена в вентилируемой прослойке $\alpha_п$ следует определять по формуле

$$\alpha_п = 5,5 + 5,7\upsilon + \alpha_л \quad , \qquad (57)$$

где υ – скорость потока в прослойке, м/сек;

$\alpha_л$ – коэффициент лучистого теплообмена.

4.4. Температура внутренней поверхности конструкции против середины вентилируемого слоя определяется по формуле (I2) главы СНиП II-3-79. При этом за $t_н$ принимается температура воздуха в прослойке, за R_o – сопротивление теплопередаче внутреннего (от помещения) слоя до середины прослойки.

4.5. Температуру выходящего в помещение воздуха $\tau_{вщ}$ и внутреннего угла воздуховыводящей полости (щели) следует определять по формуле:

$$\tau_{вщ} = t_в - \frac{(t_в - t_н)\left(K_m\sqrt{\frac{cw}{n}R^{пр}_{ощ}t_щ} + 1\right)}{R^{пр}_{ощ}\alpha_в}, \qquad (58)$$

где $l_щ$ – глубина воздуховыводящей полости;

$R^{пр}_{ощ}$ – приведенное сопротивление теплопередаче стыка с учетом сопротивления теплопередаче воздуховыводящей полости:

$\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности воздуховыводящей полости;

n – коэффициент, равный 3,6 в системе СИ и I в технической;

K_m = 0,2 и 0,25 соответственно при определении температуры выходящего в помещение воздуха и внутреннего угла.

Температура выходящего в помещение воздуха при наличии пористой вставки в воздуховыводящей щели принимается равной температуре

ее внутренней поверхности (см.формулу (58), где $R_{о\,щ}^{пр}$ - приведенное сопротивление теплопередаче вентилируемого стыка с учетом пористой вставки).

4.6. Приведенное сопротивление теплопередаче вентилируемого ограждения $R_о^{пр}$ определяется по формуле (86).

Приведенная температура внутренней поверхности вентилируемого ограждения, необходимая для вычисления $R_о^{пр}$, определяется по формуле:

$$\tau_в^{пр} = \frac{\tau_{в\,ст} F_{ст} + \tau_{в\,г} F_г + \tau_{в\,щ} F_{в\,щ} + \tau_{в\,з} F_з + \tau_{в\,о} F_о}{\Sigma F}, \quad (59)$$

где $\tau_{в\,ст}, \tau_{в\,г}, \tau_{в\,щ}, \tau_{в\,з}, \tau_{в\,о}, F_{ст}, F_г, F_{в\,щ}, F_з, F_о$ - температура внутренней поверхности стыка, по глади, воздуховыводящей полости, зоны ее влияния, окна и соответственно их площади. Зона влияния воздуховыводящей полости равна ее глубине;

$\tau_{в\,ст}$ - определяется по формуле (43 или 45);

$\tau_{в\,г}$ - определяется по формуле (12) главы СНиП II-3-79 при $t_н = t_п$,

$t_п$ - температура в вентилируемой прослойке, определяемая по формуле (54).

4.7. Теплопотери через вентилируемое ограждение определяются по формуле (50) или (51).

4.8. Пример теплового расчета вентилируемого ограждения дан в приложении 3.

РАСЧЕТ ОКОН НА ТЕПЛОПЕРЕДАЧУ ПРИ ОТСУТСТВИИ И НАЛИЧИИ ФИЛЬТРАЦИИ

Сопротивление теплопередаче окна по остекленной части при отсутствии фильтрации определяется по формуле:

$$R_o^{ост} = R_в + \sum R_{ст} + \sum R_{впр} + R_н, \ \frac{м^2\ ^oC}{Вт} \quad \left[\frac{м^2\ ч\ ^oC}{ккал}\right], \qquad (П.I.I)$$

где $R_в = \frac{1}{\alpha_в}$; $\alpha_в = \alpha_к + \alpha_л$; $\alpha_к$ и $\alpha_л$ определяются по графикам соответственно на рис.I2 и I3 по найденному с помощью метода последовательных приближений значению $\tau_в$ и заданному значению $t_в$. Для окон с двойным остеклением $\alpha_в$ приближенно определяется по заданным $t_в$ и $t_н$ по формуле:

$$\alpha_в = 8{,}28+0{,}025\ (t_в - t_н)\ Вт/м^2\ ^oC$$

$$\left[\alpha_в = 7{,}I4+0{,}02I5\ (t_в - t_н)\ ккал/м^2 \cdot ч \cdot ^oC\right]; \qquad (П.I.2)$$

$\sum R_{ст} = \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}$ – сумма термических сопротивлений стекол, $\frac{м^2\ ^oC}{Вт}$ $\left[\frac{м^2 ч\ ^oC}{ккал}\right]$;

$R_н = \frac{1}{\alpha_н}$; $\alpha_н = 0{,}043\ Вт/м^2\ ^oC$ $[0{,}05\ ккал/м^2\ ч \cdot ^oC]$;

$\sum R_{впр}$ – сумма термических сопротивлений воздушных прослоек, $м^2 \cdot ^oC/Вт$ $\left[м^2\ ч\ ^oC/ккал\right]$.

Термическое сопротивление каждой воздушной прослойки допускается приближенно принимать равным $0{,}I72\ м^2\ ^oC/Вт$ $\left[0{,}2\ м^2\ ч\ ^oC/ккал\right]$. При уточненных расчетах $R_{впр}$ можно определять методом последовательных приближений (задаваясь температурами поверхностей прослоек) по формуле:

$$R_{б\,пр} = \frac{1}{\alpha_{к\,б\,пр} + \alpha_{л\,б\,пр}} = \frac{1}{0{,}77\sqrt[3]{\tau_1 - \tau_2} + 3{,}9 + 0{,}042\,\frac{\tau_1 + \tau_2}{2}}\ м^2\ {}^{\circ}C/Вт \qquad (П.I.3)$$

$$\left[R_{б\,пр} = \frac{1}{\alpha_{к\,б\,пр} + \alpha_{л\,б\,пр}} = \frac{1}{0{,}66\sqrt[3]{\tau_1 - \tau_2} + 3{,}4 + 0{,}036\,\frac{\tau_1 + \tau_2}{2}}\ \frac{м^2\ ч\ {}^{\circ}C}{ккал}\right],$$

где τ_1 и τ_2 - температуры поверхностей прослойки, $^{\circ}C$.

Сопротивление теплопередаче окна по остекленной части при фильтрации определяется по формуле

$$R_{оф}^{ост} = \frac{1}{K_{ф}^{ост}}\ \frac{м^2\ {}^{\circ}C}{Вт}\ \left[м^2\ ч\ {}^{\circ}C/ккал\right], \qquad (П.I.4)$$

где $K_{ф}^{ост} = K^{ост} + \Delta K_{ф}^{ост} = K^{ост} + \beta\, G c$ Вт/м^{2}ч $\left[ккал/м^2\ ч\ {}^{\circ}C\right]$; (П.I.5)

$K^{ост} = \frac{1}{R_{о}^{ост}}$ - коэффициент теплопередачи окна по остекленной части при отсутствии фильтрации, Вт/м^{2}ч $\left[ккал/м^2\ ч\ {}^{\circ}C\right]$;

G - количество фильтрующегося через окно воздуха, определяемое в соответствии с главой СНиП II-3-79 по формуле

$$G = \frac{(\Delta p)^{2/3}}{R_и}\ кг/м^2\ ч, \qquad (П.I.6)$$

Δp - разность давлений внутреннего и наружного воздуха принимается равной расчетной в соответствии с п.5.2 главы СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника", Па [мм вод.ст.];

$R_и$ - сопротивление воздухопроницанию окна, м^{2}ч Па$^{2/3}$/кг $\left[м^2ч\ (мм\ вод.ст.)^{2/3}/кг\right]$;

c - удельная теплоемкость воздуха, равная I кДж/кг $^{\circ}C$ [0,24 ккал/кг $^{\circ}C$];

β - коэффициент, принимаемый по графику на рис.П.I.I.

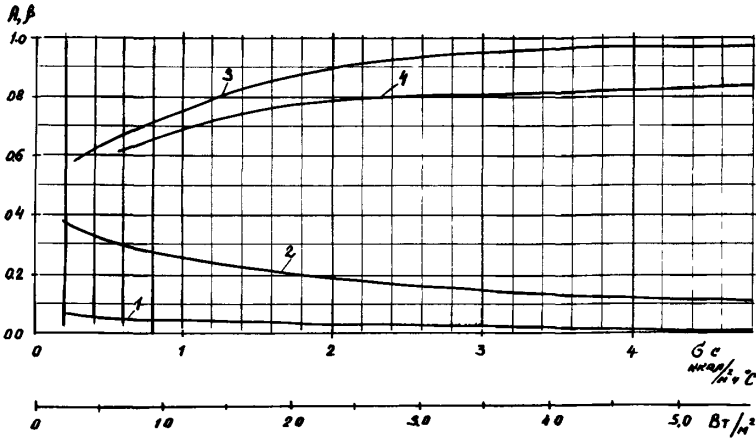


Рис.П.I.I. Зависимость коэффициентов β и A от тепловой емкости фильтрующегося воздуха G с:
I,3 - соответственно значения коэффициентов β и A для окон с тройным остеклением со стеклопакетами в спаренных переплетах; 2,4- то же, для окон с двойным остеклением в раздельных переплетах и в спаренных при неизолированной воздушной прослойке

Температурное поле внутренней и наружной поверхности окна определяется с помощью ЭВМ.

Приведенное сопротивление теплопередаче окна на основе температурного поля внутренней поверхности определяется в соответствии с п.2.28. Зная приведенное сопротивление теплопередаче окна $R_o^{прив}$, сопротивление его воздухопроницанию $R_и$ и перепад давлений по обе стороны окна Δp, можно определить условное сопротивление теплопередаче:

$$R_o^{усл} = \frac{1}{K^{усл}} \quad \frac{м^2\,°С}{Вт} \cdot \left[\frac{м^2\,ч\,°С}{ккал}\right], \text{(П.I.7)}$$

где $$K^{усл} = K^{прив} + \Delta K^{усл} = K^{прив} + A\,G\,C \cdot \frac{Вт}{м^2\,°С} \cdot \left[\frac{ккал}{м^2\,ч\,°С}\right], \text{(П.I.8)}$$

где A - коэффициент, принимаемый по графику на рис.П.I.I.

Температура внутренней поверхности остекленной части окна по середине высоты его определяется по формуле:

$$\tau_{в.ср} = t_в - \frac{R_в}{R_o} \cdot (t_в - t_н)\ ^oC, \qquad (II.I.9)$$

то же, наружной

$$\tau_{н.ср} = t_н + \frac{R_н}{R_o} \cdot (t_в - t_н)\ ^oC. \qquad (II.I.10)$$

Температура внутренней поверхности остекленной части окон (за исключением окон со стеклопакетами) в любом уровне определяется по формуле:

$$\tau_в(y) = \tau_{в.ср} - 0{,}14(\tau_{в.ср} - \tau_{н.ср})\left(1 - 2\frac{y}{H}\right)^oC, \qquad (II.I.11)$$

где $\tau_в(y)$ – температура внутренней поверхности остекленной части в уровне y, °С;

y – уровень по высоте окна, $0 \leq y \leq H$, м;

H – высота окна, м;

$\tau_{в.ср}$ – см.формулу (II.I.9);

$\tau_{н.ср}$ – см.формулу (II.I.10).

Температура внутренней поверхности остекленной части окон со стеклопакетами в любом уровне, за исключением участков у фальцев (где температуры рассчитываются с помощью ЭВМ), определяется по формуле:

$$\tau_в(y) = \tau_{в.ср} - 0{,}05(\tau_{в.ср} - \tau_{н.ср})\left(1 - 2\frac{y}{H}\right)^oC. \qquad (II.I.12)$$

Температуру внутренней поверхности остекленной части окна при фильтрации воздуха определяют по формулам (II.I.9)-(II.I.12), подставляя в них $R_{оф}^{ост}$ вместо $R_o^{ост}$.

ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАРУЖНОГО ОГРАЖДЕНИЯ*

Теплотехнический расчет и расчет теплопотерь дан для трехслойной керамзитобетонной стены жилого здания, предназначенного для строительства в г.Горьком.

Панель толщиной 0,3 м имеет выступающие наружу ребра. Толщина внутреннего и наружного слоя соответственно 0,I и 0,08 м, плотность γ_o = I800 кг/м^3; утеплитель - минераловатные плиты на синтетической связке γ_o = 200 кг/м^3. Общий вид панели приведен на рис. П.2.I, конструкция стыков - на рис.П.2.2.

Относительная влажность внутреннего воздуха в помещении φ_o = 55% (в соответствии с главой СНиП II-Л.I-7I), условия эксплуатации Б (в соответствии с прилож.2 главы СНиП II-3-79). Коэффициент теплопроводности наружного и внутреннего слоев (соответствующий условиям эксплуатации Б) λ = 0,92, утепляющего слоя из минеральной ваты $\lambda_{ут}$ = 0,08 Вт/м.^{o}С.

Задаемся диапазоном тепловой инерции ограждения $4 < D \leq 7$, при котором за расчетную зимнюю температуру наружного воздуха принимается средняя температура наиболее холодных трех суток (согласно главе СНиП II-А.6-72."Строительная климатология и геофизика"). Для г.Горького $t_н$ = -32°С.

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{тр}$ определяется по формуле (I) главы СНиП II-3-79: $R_o^{тр} = \frac{(20+32)\cdot I}{6{,}8\cdot 7} = 0{,}96$ м^2 ^{o}С/Вт.

Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче в соответствии с главой СНиП II-3-79 (расчет не приводится) равно: $R_o^{эк}$ = = I,9 м^2 ^{o}С/Вт.

Приняв фактическое сопротивление теплопередаче R_o равным экономически целесообразному, определяем термическое сопротивление и

---

* Сделан в системе СИ.

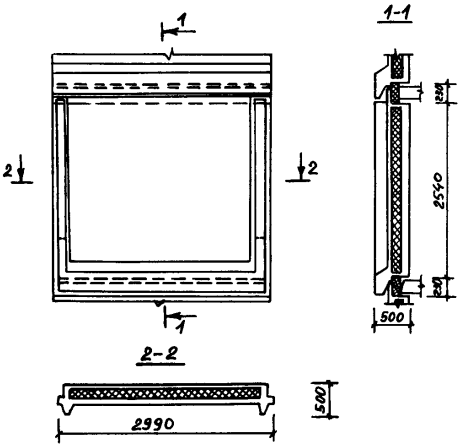


Рис.П.2.I. Трехслойная керамзитобетонная (невентилируемая) панель и ее горизонтальный стык

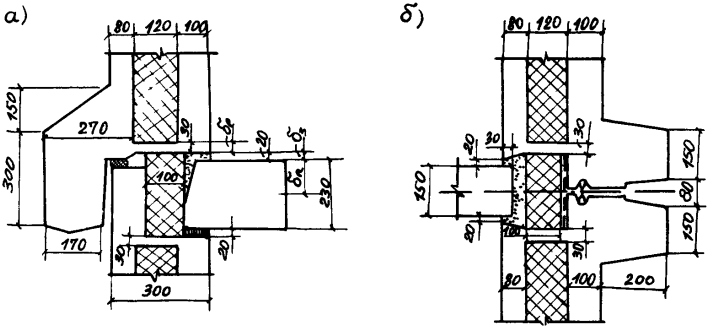


Рис.П.2.2. Стыки трехслойной керамзитобетонной панели:
а - горизонтальный; б - вертикальный

толщину утеплителя из минеральной ваты:

$$R_{ут} = R_o^{эк} - R_{кб} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{1}{\alpha_н} = 1{,}9 - \frac{0{,}18}{0{,}92} = 0{,}157 =$$

$$= 1{,}9 - 0{,}195 - 0{,}157 = 1{,}55 \text{ м}^2\,^{\circ}\text{С/Вт},$$

$$\delta_{ут} = R_{ут} \quad \lambda_{ут} = 1{,}55 \cdot 0{,}08 = 0{,}12 \text{ м};$$

$R_{кб}$ - термическое сопротивление слоев керамзитобетона.

Величину тепловой инерции находим по формуле (2) главы СНиП II-3-79: $Д = R_1 S_1 + R_2 S_2 + R_3 S_3 = 4{,}1$.

Таким образом, диапазон тепловой инерции и расчетная зимняя температура наружного воздуха выбраны верно.

По формуле (34) определяем требуемое сопротивление теплопередаче стыка $R_{о\,ст}^{тр}$, принимая $\lambda_{ут} = 0{,}046$ Вт/м °С:

$$R_{о\,ст}^{тр} = \frac{4}{1 \cdot 0{,}5} \ln \frac{A-1}{A-\exp(-0{,}02)} = 8 \ln \frac{0{,}85-1}{0{,}85-\exp -0{,}02} = 1{,}04,$$

где $$A = \frac{\tau_в^{тр} - t_н}{0{,}97(t_в - t_н^{тр})} = \frac{10{,}7 + 32}{0{,}97(20+32)} = \frac{42{,}7}{50{,}5} = 0{,}85.$$

Зная величину $R_{о\,ст}^{тр}$ по формуле (35) находим минимально допустимую толщину утеплителя в стыке:

$$\delta_{ут} = 0{,}04 \frac{[0{,}16 \cdot 0{,}56 - 1{,}155(0{,}046 \cdot 0{,}56 + 0{,}034 \cdot 0{,}56 + 0{,}11)]}{0{,}95\,[1{,}155(0{,}046+0{,}034) - 0{,}16]} \approx$$

$\approx 0{,}06$ м.

Исходя из конструктивных соображений, принимаем толщину утеплителя в стыке 0,1 м.

Для вычисления приведенного сопротивления теплопередаче без учета воздухопроницаемости определяем приведенную температуру внутренней поверхности.

При расчетной температуре внутреннего воздуха +20°С, наружного -32°С температура на поверхности стены, обращенной в помещение, равна:

$$\tau_в = t_в - \frac{t_в - t_н}{R_o \alpha_в} = 20 - \frac{20 - (-32)}{1{,}9 \cdot 8{,}7} = 16{,}9^{\circ}C.$$

Температурный перепад $\Delta t = t_в - \tau_в = 20 - 16{,}9 = 3{,}1^{\circ}C$, что меньше нормируемого температурного перепада, равного $6^{\circ}C$.

Температура внутренней поверхности в углу стыка без учета воздухопроницаемости определяется по формуле (40): $\tau_в^{ст} = 20 - \frac{52 \cdot 0{,}1}{1{,}46} =$ $= 16{,}5$.

Сопротивление теплопередаче стыков, определенное по формуле (48), равно 1,46 $(м^2{}^{\circ}C)/Вт$.

Приведенная температура внутренней поверхности наружной стеновой панели подсчитывается по формуле (37): $\tau_в^{пр} = \frac{16{,}9 \cdot 1{,}9 + 16{,}5 \cdot 5{,}4}{7{,}3} =$ $= 16{,}2$.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной стеновой панели без учета воздухопроницаемости подсчитывается по формуле (36): $R_o^{пр} = \frac{20 + 32}{(20-16)\ 7{,}8} = 1{,}75$. Эта величина выше требуемого сопротивления теплопередаче, определенного по главе СНиП II-3-79.

Температура внутренней поверхности на углу панели в стыке с учетом допустимой сквозной воздухопроницаемости, равной 0,5 кг/м.ч , подсчитывается по формуле (45):

$$\tau_{в\,ст} = 20 - \frac{(20+32)\ 0{,}11}{1{,}46} \cdot \left[\frac{1}{0{,}4\left(0{,}24\sqrt{\frac{(0{,}28 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}46)}{0{,}3}} + 1\right)}\right] =$$

$$= 11{,}8^{\circ}C.$$

Минимальная температура по ИВУ в углу стыка определяемая по формуле (45), равна $11{,}8^{\circ}C$, т.е. выше точки росы, следовательно, теплозащитные качества стыка достаточны.

Для определения теплопотерь через стеновую панель по формуле (37) подсчитывается приведенная температура внутренней поверхности

панели с учетом воздухопроницаемости:

$$\tau_в^{пр} = \frac{16,9 \cdot 1,9 + 14,3 \cdot 5,4}{7,3} = 15^{\circ}C.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции, подсчитанное по формуле (36), равно: $R_o^{пр} = \frac{20 + 31^{*}}{(20-15)\ 7,8} = 1,31$ м^2 °С/Вт.

Общие теплопотери Q через наружное ограждение, подсчитанные по формуле (50), равны: $Q = \frac{(20+31)\ 7,3}{1,31} = 283$ Вт.

Приложение 3

ПРИМЕР ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ПАНЕЛИ[**]

Расчет выполнен для наружной трехслойной керамзитобетонной панели, проектируемой для жилого 9-этажного здания в г.Горьком (рис. П.3.1). Расчетная зимняя температура -32°С, скорость ветра 5,1 м/сек. Панель вентилируется в простенках через каналы в утеплителе (пенопласте). Общая ширина вентилируемой части простенка 0,4 м. Частота рифления, т.е. отношение площади в горизонтальном сечении, занятой каналами, к площади, не занятой каналами, равна 0,5. Ширина каналов и расстояние между ними составляет 1,5 см, глубина каналов в нижней части 1,5 см, в верхней - 4 см. Высота вентилируемого слоя 2,4 м, воздуховыводящей щели - 8 см.

Невентилируемая часть панели (над и под окном) выполнена с утеплителем - минераловатными плитами. Вентилируемая часть панели выполнена без ребер, невентилируемая-с ребрами.

Требуется определить температуру выходящего в помещение воздуха, минимальную температуру в углу стыка, температуру внутренней поверхности по глади, приведенное сопротивление теплопередаче, теплопотери, тепловую эффективность панели.

---

* Параметры Б

** Сделан в системе СИ.

Расчетная разность давлений определяется по формуле:

$$\Delta P = (H-h)(\gamma_н-\gamma_в)+0{,}05\gamma_н v^2(C_н - C_з)K-(H-h)(\gamma-\gamma_в) = 48 \text{ Па},$$

где $(H-h)(\gamma-\gamma_в)$ – потери давления в вентиляционных системах;

γ – плотность воздуха при температуре 5^0С;

H – высота здания (сооружения) от поверхности земли до верха карниза, шахты и центра фонаря, м;

h – высота от поверхности земли до центра окон, дверей и наружных стен рассматриваемого этажа, ворот, фонарей, м;

$\gamma_н, \gamma_в$ – плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м^3;

$C_н$ $C_з$ – аэродинамические коэффициенты на наветренной и заветренной сторонах;

V – наибольшая скорость ветра из средних скоростей ветра за январь в румбах северного направления (С, СВ, СЗ), м/сек.

K – коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора по высоте.

Эквивалентный ветровой напор на воздухозаборное отверстие равен $V_{экв} = 6{,}4$ м/с.

По скорости движения воздуха у входа в вентилируемый слой, определенной в зависимости от $v_{экв}$, подсчитан расход воздуха, равный $W = 50$ кг/м.ч. Температура воздуха, входящего в вентилируемый слой, определяется по формуле (53): $\tau_в = -29{,}8^0$С (при этом $R_{ост} = 2{,}5$ по формуле (48), а $R_в^у = 1{,}35$). Минимальная температура внутренней поверхности стыка вентилируемого участка панели, подсчитанная по формуле (43), составляет $\tau_в = 12{,}3^0$С. Следовательно, теплоизоляционные качества стыка достаточны.

Скорость движения воздуха в середине вентилируемого слоя при его толщине 0,02 м равна $V = 0{,}5$ м/с.

Коэффициент теплообмена в середине вентилируемого слоя подсчитан по формуле (57): $\alpha_п = 16{,}5$. Сопротивление теплообмену $R_п = 0{,}06$.

Для определения коэффициента теплопередачи внутренних $K_в$ и наружных слоев $K_н$, считая от середины вентилируемого слоя, определяем приведенное сопротивление теплопередаче рифленого пенопласта.

Условный коэффициент теплопроводности канала $\lambda = 0{,}32$, средний коэффициент теплопроводности вентилируемого слоя $\lambda = 0{,}4$, сопротивление теплопередаче вентилируемого слоя $R_в = 0{,}28$.

Приведенный коэффициент теплопередачи внутренних слоев в сечении по воздуховыводящей щели равен: $K_в^в = 0,86$, наружных слоев $K_н^в = 0,75$. Приведенный коэффициент теплопередачи внутренних слоев по воздухозаборному отверстию 0,75, наружных-0,835.

Коэффициент теплопередачи внутренних и наружных слоев по середине панели соответственно равен: $K_в^с = 0,82$, $K_н^с = 0,725$.

Среднеинтегральный коэффициент теплопередачи по высоте конструкции определяется для наружных слоев по формуле (56): $K_н = 0,75$; для внутренних - по формуле (55): $K_в = 0,78$; температура в середине вентилируемого слоя - по формуле (54): $t_п = -25,6^0C$.

Температура внутренней поверхности посередине вентилируемого участка панели в соответствии с п.4.4 равна $15,7^0C$.

Температура выходящего из вентилируемых каналов воздуха, определяемая по формуле (54), равна: $t_п = -15,8^0C$. Температура выходящего из воздуховыводящей щели воздуха, определяемая по формуле (58), равна: $\tau_{выш} = 11,5^0C$.

Предварительно определенное сопротивление теплопередаче стыка с учетом воздуховыводящей щели составляет 2,46, сопротивление теплоотдаче внутренней поверхности воздуховыводящей щели 0,078.

Температура внутренней поверхности угла $9,5^0C$, приведенное сопротивление теплопередаче вентилируемой панели $R_o^{пр} = 1,03$.

Приведенная температура внутренней поверхности невентилируемой панели с ребрами, утепленными минераловатными плитами, по размерам равной рассмотренной вентилируемой панели, составляет $\tau_в^{пр} = 14,4^0C$, сопротивление теплопередаче $R_o^{пр} = 1,15$. При определении $R_o^{пр}$ принималось значение приведенного коэффициента теплоотдаче внутренней поверхности, определенного по аналогии с определением $\tau_в^{пр}$, равного 8,17.

Для определения приведенной температуры невентилируемых участков ограждения находим температуру в углу невентилируемого участка по формуле (45), вентилируемых - по формуле (43).

Теплопотери через вентилируемую панель равны:

$$Q = \frac{(t_в - t_н)F_б}{R_o^{пр}} = \frac{51 \cdot 5,1}{1,03} = 258 \text{ Вт},$$

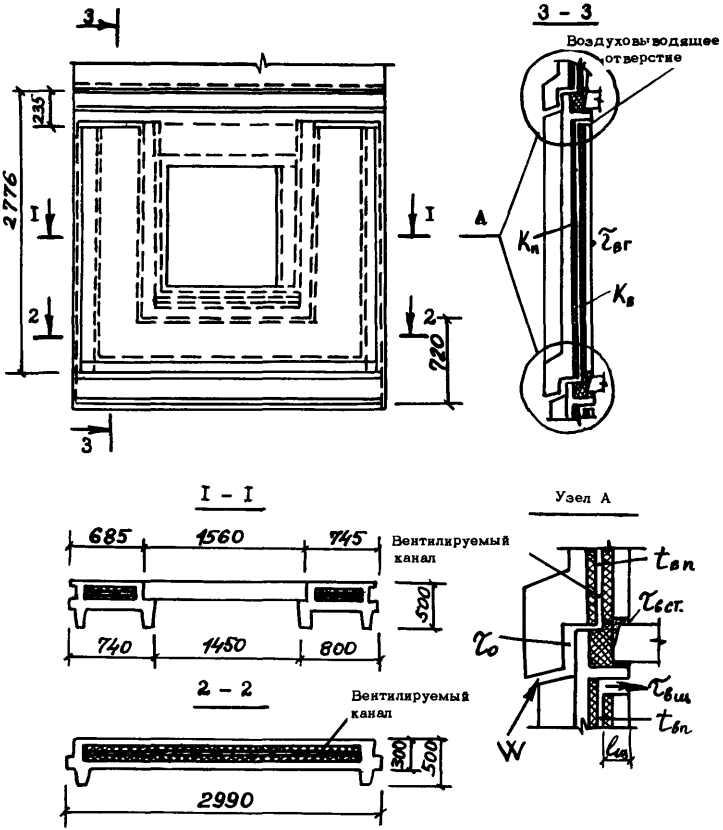


Рис.П.3.I. Трехслойная керамзитобетонная (вентилируемая) панель и ее горизонтальный стык

где $F_{об}$ - площадь панели, кроме площади световых проемов.

Трансмиссионные теплопотери через обычную невентилируемую панель равны:

$$Q = \frac{51 \cdot 5{,}1}{1{,}15} = 227 \text{ Вт.}$$

Теплопотери на инфильтрацию Q для нагрева воздуха в количестве W = 40 кг/ч (эквивалентного количеству воздуха, поступающего в помещение через вентилируемые простенки панели)равны Q = = 413 Вт. Общие теплопотери через обычную невентилируемую панель равны Q = 227 + 413 = 640 Вт.

Экономия тепла за счет применения вентилируемой панели составит 640 - 258 = 382 Вт.

Приложение 4

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОРИСТОМ СЛОЕ

Алгоритм для определения температуры в пористом слое при продольной фильтрации воздуха τ_y (рис.П.4.1):

$$\tau_y = \left[t_н + \frac{(t_в - t_н)\exp(cW R_{кж}) - 1}{\exp(cW R_{ож}) - 1}\right] + \left\{\left[t_в - \frac{(t_в - t_н)(R_в + R_1)}{R_{ож}}\right] - \left[t_н + \frac{(t_в - t_н)(\exp cW R_{кж}) - 1}{\exp(cW R_{ож}) - 1}\right]\right\} \frac{\exp(cW R_{ку}) - 1}{\exp(cW R_{оу}) - 1},$$

где $R_{кж} = R_i + R_н + R_2$;

R_i - термическое сопротивление в пористом слое до рассматриваемого сечения;

$R_{1,2}$ - термическое сопротивление внутренних и наружных (до крупнопористого) слоев;

$R_{ку}, R_{оу}$ - сопротивление теплопередаче крупнопористого слоя в направлении движения воздуха (продольного) без учета и с учетом $R_{бу}$;

R_{by} - сопротивление теплоотдаче пограничного слоя (с внешней стороны рассматриваемого участка), равное 0,09 $м^2 °С/Вт$;

$R_{кх}, R_{ох}$ - термическое сопротивление и сопротивление теплопередаче крупнопористого слоя по толщине (в поперечном направлении) ограждения без учета и с учетом R_{bx};

R_{bx} - сопротивление теплоотдаче внутренней поверхности, равное 0,12 $м^2 °С/Вт$;

$R_{нх}$ - то же, наружной, равное 0,06 $м^2 °С/Вт$.

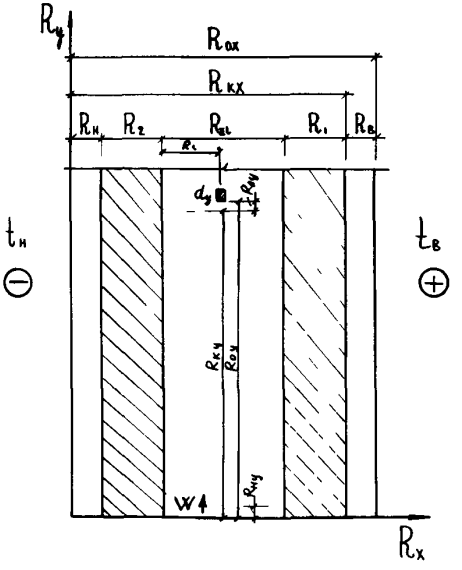


Рис.П.4.1. Схема к алгоритму для определения температуры в пористом слое при продольной фильтрации

Программа к расчету теплопередачи в пористом слое при продольной фильтрации воздуха

```
      READ (1, 3) TH, TB, W , PI
3     FORMAT (4 F 6.1)
      WRITE (3, 3) TH, TB, W , PI
      READ (1, 4) C, RK, ROX, RH, RB, RI, PKY , POY
4     FORMAT (8F8.2)
      B = C*W
      DI = B*RK
```

```
     Д2 = B*RKY
     Д3 = B*ROX
     Д4 = B*ROY
     Z Z Z I = EXP(Д1)-I
     Z Z Z 2 = EXP(Д2)-I
     Z Z Z 3 = EXP(Д3)-I
     Z Z Z 4 = EXP(Д4)-I
      Z I = Z Z Z 1
      Z 2 = Z Z Z 2
      Z 3 = Z Z Z 3
      Z 4 = Z Z Z 4
     A = TB - TH
     T V V = (TH+A* Z I/Z 3)+(A-A*(RB+PI)/P0
     I - A * Z I/ Z 3) * (Z 2/Z 4)
     WRITE (3, IØ) T V Y
IO   FORMAT (2X, F1Ø.4)
      STOP
     END
```

Содержание

I. Исследование воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций 3

§ I. Исследование воздухопроницаемости окон 3
§ 2. Исследование воздухопроницаемости стыков 7
§ 3. Исследование сквозной воздухопроницаемости наружных ограждений по глади I4

2. Исследование теплотехнических свойств (тепловой эффективности) наружных ограждающих конструкций с учетом воздухопроницаемости I5

§ I. Исследование теплотехнических свойств окон I5
§ 2. Исследование теплотехнических свойств наружных стен по глади и стыков 32

3. Теплотехнический расчет элементов наружных ограждений с учетом воздухопроницаемости 40

4. Тепловой расчет вентилируемого ограждения 48

П р и л о ж е н и я:

I. Расчет окон на теплопередачу при отсутствии и наличии фильтрации 57
2. Пример теплотехнического расчета наружного ограждения.. 6I
3. Пример теплового расчета вентилируемой панели 65
4. Алгоритм и программа для определения температуры в пористом слое 69

Редактор Р.М.Любина
Технический редактор Л.Б.Анисимова

Л. 114194 Подписано к печати 27/X-1983 г Формат 70x90/16
Офс. 80 гр. Школьный п/ж Усл печ.л. 5,2 Уч.-изд л 5,2
Изд зак 38 Тип.зак. 507 Тираж 800 экз Цена 35 коп

ОМПР и ВП ЦНИИЭП жилища

gost.e-ecolog.ru