

Глава 6 Воздухопроницание в здание

Малявина, Теплотери здания. **Справочное пособие**

В соответствии со [СНиП 23-02-2003](#) [1] требуемое сопротивление воздухопроницанию светопрозрачных конструкций окон, балконных дверей, витражей и световых фонарей в жилых, общественных и производственных зданиях должно быть не менее нормируемого значения сопротивления воздухопроницанию при разности давлений $\Delta p_0 = 10$ Па
 $R_{\text{инф,req}}$, м²·ч/кг:

$$R_{\text{инф,req}} = \frac{1}{G^{\frac{2}{3}}} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (6.9)$$

где G - нормируемая воздухопроницаемость ограждающей конструкции, кг/(м²·ч);

Δp_0 - разность давлений воздуха с наружной и внутренней сторон светопрозрачных ограждений, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию, по [СНиП 23-02-2003](#) [1] $\Delta p_0 = 10$ Па.

Нормируемая воздухопроницаемость G - это максимальная разрешенная воздухопроницаемость конструкции при любых погодных условиях, принимаемая в соответствии со [СНиП 23-02-2003](#) [1], значения которой приведены в табл. [23](#).

Стоит обратить внимание - Указано в графе значение: **Воздухопроницаемость G , с размерностью кг/(м²·ч), но не указано при каком Δp указана эта «Нормируемая воздухопроницаемость»**

Таблица 23

Нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Ограждение	Воздухопроницаемость G , кг/(м ² ·ч)
1. Наружная стена, перекрытие и покрытие жилого, общественного, административного и бытового здания или помещения	0,5
2. Наружная стена, перекрытие и покрытие производственного здания или помещения	1,0
3. Стык между панелями наружных стен здания:	
жилого	0,5*
производственного	1,0*
4. Входная дверь в квартиру	1,5
5. Входная дверь в жилое, общественное, бытовое здание	7,0

6. Окно и балконная дверь жилого, общественного, бытового здания или помещения в деревянном переплете; окно, фонарь производственного здания с кондиционированием воздуха	6,0
7. Окно и балконная дверь жилого, общественного, бытового здания или помещения в пластмассовом или алюминиевом переплете	5,0
8. Окно, дверь, ворота производственного здания	8,0
9. Фонарь производственного здания	10,0

* В кг/(м·ч).

ГОСТ 31167: Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях.

Межгосударственный стандарт **ГОСТ 31167** - 2003

"Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях"

(введен в действие постановлением Госстроя РФ от 2 июля 2003 г. N 49)

СНиП 23-02-2003

8 ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ

8.1 Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений R_{infdes} должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию R_{infreq} , $m^2 \times ч \times Па/кг$, определяемого по формуле

$$R_{infreq} = D_p / G_n, \quad (12)$$

где D_p - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, определяемая в соответствии с [8.2](#);

G_n - нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций, $кг/(m^2 \times ч)$, принимаемая в соответствии с [8.3](#).

8.2 Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций D_p , Па, следует определять по формуле

$$D_p = 0,55 H(y_{ext} - y_{int}) + 0,03 y_{ext} \times v^2, \quad (13)$$

где H - высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м;

y_{ext} , y_{int} - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяемый по формуле

$$y = 3463 / (273 + t), \quad (14)$$

t - температура воздуха: внутреннего (для определения y_{int}) - принимается согласно оптимальным параметрам по [ГОСТ 12.1.005](#), [ГОСТ 30494](#) и [СанПиН 2.1.2.1002](#);

наружного (для определения u_{ext}) - принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [СНиП 23-01](#);

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая по таблице 1* [СНиП 23-01](#); для зданий высотой свыше 60 м v следует принимать с учетом коэффициента изменения скорости ветра по высоте (по своду правил).

8.4 Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий R_{infdes} должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию R_{infreq} , м²·ч/кг, определяемого по формуле

$$R_{infreq} = (1/G_n) \times (D_p/D_{p0})^{2/3}, \quad (15)$$

где G_n - то же, что и в формуле [\(12\)](#);

D_p - то же, что и в формуле [\(13\)](#);

$D_{p0} = 10$ Па - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию R_{infdes} .

8.5 Сопротивление воздухопроницанию R_{infdes} многослойных ограждающих конструкций следует принимать по своду правил.

8.6 Оконные блоки и балконные двери в жилых и общественных зданиях следует выбирать согласно классификации воздухопроницаемости притворов по [ГОСТ 26602.2](#): 3-этажных и выше - не ниже класса Б; 2-этажных и ниже - в пределах классов В-Д.

8.7 Средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) должна обеспечивать в период испытаний воздухообмен кратностью n_{50} , ч⁻¹, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции:

с естественным побуждением $n_{50} \geq 4$ ч⁻¹

с механическим побуждением $n_{50} \geq 2$ ч⁻¹.

Кратность воздухообмена зданий и помещений при разности давлений 50 Па и их среднюю воздухопроницаемость определяют по [ГОСТ 31167](#).

Стоит обратить внимание - Указано в графе значение: **Воздухопроницаемость G_n , с размерностью кг/(м²·ч), но не указано при каком D_p указана эта «Нормируемая воздухопроницаемость»**

Сопротивление воздухопроницанию R указано «м²·ч·па/кг»

Сопротивление воздухопроницанию материалов и конструкций

М а т е р и а л ы и К о н с т р у к ц и и	Толщина Слоя Мм	Сопротив- ление воз- духопрони- цанию R M2*ч*па/кг
Бетон (сплошной без швов)	100	19620
Газосиликат (без швов)	140	21
Известняк-ракушечник	500	6
Картон строительный (без швов)	1,3	64
Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в один кирпич и более	250 и более	18
Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в полкирпича	120	2
Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-шлаковом растворе толщиной в один кирпич и более	250 и более	9
Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-шлаковом растворе толщиной в полкирпича	120	1
Кладка из кирпича керамического пустотного на цементно-песчаном растворе толщиной в полкирпича	-	2
Кладка из легкогобетонных камней на цементно-песчаном растворе	400	13
Кладка из легкогобетонных камней на цементно-шлаковом растворе	400	1
Листы асбестоцементные с заделкой швов	6	196
Обои бумажные обычные	-	20
Обшивка из обрезных досок, соединенных впритык или вчетверть	20-25	0,1
Обшивка из обрезных досок, соединенных вшпунт	20-25	1,5
Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками строительной бумаги	50	98
Обшивка из фибролита или из древесново-локнистых бесцементных мягких плит с		

заделкой швов	15-70	2,5
Обшивка из фибролита или из древесноволокнистых бесцементных мягких плит без заделки швов	15-70	0,5
Обшивка из жестких древесноволокнистых листов (с заделкой швов)	10	3,3
Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заделкой швов	10	20
Пенобетон автоклавный (без швов)	100	1960
Пенобетон неавтоклавный	100	196
Пенополистирол	50-100	79
Пеностекло сплошное (без швов)	120	Воздухоне- проницаем
Плиты минераловатные жесткие	50	2
Рубероид	1,5	Воздухоне- проницаем
Толь	1,5	490
Фанера клееная (без швов)	3-4	2940
Шлакобетон сплошной (без швов)	100	14
Штукатурка цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке	15	373
Штукатурка известковая по каменной или кирпичной кладке	15	142
Штукатурка известково-гипсовая по дереву (по драни)	20	17

Примечания:

1. Для кладок из кирпича и камней с расшивкой швов на наружной поверхности приведенное в настоящем приложении сопротивление воздухопроницанию следует увеличивать на 20 м²·ч·па/кг.
2. Сопротивление воздухопроницанию воздушных прослоек и слоев ограждающих конструкций из сыпучих (шлак, керамзит, пемза и т.п.), рыхлых и волокнистых (минеральная вата, солома, стружка и т.п.) материалов следует принимать равным нулю независимо от толщины слоя.
3. Для материалов и конструкций, не указанных в настоящем приложении, сопротивление воздухопроницанию следует определять экспериментально.

Первое слагаемое – для световых проёмов – нужно R_u – сопротивление воздухопроницанию в м²·ч·Па/кг по
 СНиП II-3-79** , изд.1998 года, Приложение 9*. R_u здесь делитель.

Второе – других (стены, двери т.п. – непрозрачные) – нужно G_n – нормативная воздухопроницаемость

наружных ограждающих конструкций в $\text{кг}/(\text{м}^2/\text{ч})$ по СНиП II-3-79** п.5.3, которую ты подставлял в формулу (29)

и которой пользоваться нельзя – (29) даёт требуемую величину, а что уже стоит (стена, дверь) – должно быть меньше её – больше ни о чём (29 и 33) не говорят.

Это касается конструкторов-архитекторов. Они «назначают» ограждения и должны подбирать «изделия» с значением менее или равно нормативному. Нам важно, что G_n – множитель в нашей формуле!

СТЕНА НАРУЖНАЯ БЕТОННАЯ (6,6х0,6)

ВОРОТА НАРУЖНЫЕ БЕЗ ТЕПЛОВОЙ ЗАВЕСЫ

Приложение N3

Сопротивление воздуху прониканию световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей)

Эти значения следует использовать без изменений, т.к. приведение к $dP=1$ Па учтено коэффициентом 0.216 в формулах Приложения 10 СНиП 2.04.05-91*

Заполнение светового проема	Число уплотненных притворов заполнения	Сопротивление воздухопроницанию R_i $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ (при $dP = 10 \text{ Па}$), заполнений световых проемов с деревянными переплетами с уплотнением прокладками из		
		пенополиуретана	губчатой резины	полужесткого шнура
1.Одинарное остекление или двойное остекление в спаренных переплетах	1	1,19	0,73	0,55
2.Двойное остекление в раздельных переплетах	1	1,33	0,82	0,6
	2	1,74	1,19	0,82
3.Тройное остекление в тройных переплетах	1	1,37	0,82	0,64
	2	2,02	1,19	0,9
	3	2,56	3,2	1,24

Приведенное сопротивление теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей см. "Приложение 6" с изменением №3 СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника" от 11.08.95 г.

Примечания:

1. Сопротивление воздуху прониканию заполнений световых проемов с металлическими переплетами следует принимать с коэффициентом 0,8.
2. Сопротивление воздухопроницанию окон без открывающихся створок (без притворов, с уплотненными фальцами) следует принимать равным $1 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ (независимо от числа и материала переплетов и видов остекления), зенитных фонарей (с уплотненными

сопряжениями элементов) – 0,5 м² * ч* Па / кг.

3. Для кладок из кирпича и камней с расшивкой швов на наружной поверхности приведённое в настоящей таблице сопротивление воздухопроницанию следует увеличивать па 20 (м²чТ1а)/кг.
4. Сопротивление воздухопроницанию воздушных прослоек и слоев ограждающих конструкций из сыпучих (шлака, керамзита, пемзы и т. п.), рыхлых и волокнистых (минеральной ваты, соломы, стружки и т. п.) материалов следует принимать равным нулю независимо от толщины слоя.
5. Для материалов и конструкций, не указанных в астоящей таблице, сопротивление воздухопроницанию следует определять экспериментально.

Воздухопроницаемость крупнопанельных стен, имеющих бетонные фактурные слои, будет ещё меньше, особенно многослойных панелей (с двумя фактурными слоями общей толщиной 120 мм и более), у которых воздухопроницаемость падает до нуля. В наружных стенах из таких панелей воздухопроницаемыми являются только стыки панелей, определить воздухопроницаемость которых расчётом не представляется возможным.

Инфильтрация холодного наружного воздуха вызывает увеличение теплотерь через ограждающую конструкцию и смещение температурного поля (рис. 1.6), т. к. часть тепла, проходящего через ограждающую конструкцию, расходуется на нагревание фильтрующегося холодного воздуха. Поскольку поток фильтрующегося воздуха направлен навстречу потоку тепла, то температура на границе слоев конструкции (г,.) и на её внутренней поверхности снижается:

$$t_x = t_n + (t_b + t_n) \cdot ((e^{c \cdot G \cdot R_x} - 1) / (e^{c \cdot G \cdot R_0} - 1)) \quad (1.10)$$

где R_x – термическое сопротивление части конструкции от наружной поверхности до рассматриваемой плоскости (х), (м²·°С)/Вт;

C – удельная теплоёмкость воздуха при постоянном давлении, $c = 1005$ Дж/(кг · град);

G – количество воздуха, фильтрующегося через слой, кг/(м²ч):

$$G = \Delta p / \sum R_{inf i} \quad (1.11.)$$

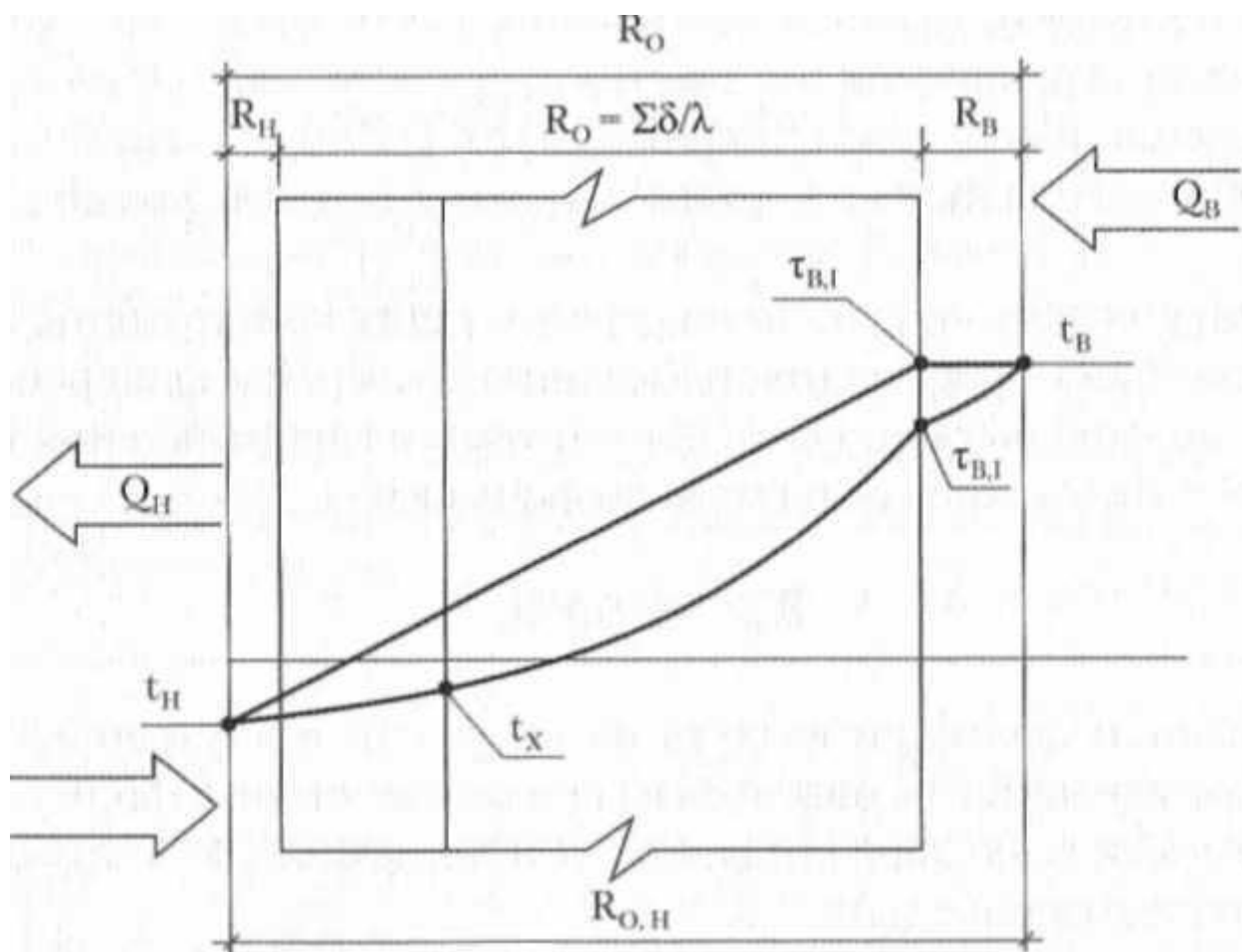


Рис. 1.6.

Изменение температурного поля в сечении конструкции из-за инфильтрации наружного холодного воздуха.

Метод расчёта одномерного температурного поля в ограждающей конструкции при поперечной фильтрации воздуха был разработан Ф.В. Ушковым. В двумерном приближении влияние фильтрации воздуха исследуется проф. В.Г. Гагариным (НИИ строительной физики РААСН).

Сопrotивление воздухопроницанию световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) . Значения следует использовать без изменений, т.к. приведение к $D_p=1$ ПА учтено коэффициентом 0.216 в формулах Приложения 10 СНиП 2.04.05-91*

$$\begin{aligned}
 G &= 0,216 * A1 * D_{pi}^{0,67} / R_u & \{ \text{окна, фонари, балкон дв} \} \\
 G &= A2 * G_n * (D_{pi} / D_p)^{0,67} & \{ \text{остальные наружные огрж} \} \\
 G &= 3456 * A3 * D_p^{0,5} & \{ \text{щели, неплотности, проем} \} \\
 G &= 0.5 * l * D_{pi} / D_p & \{ \text{стыки панелей жилых дом} \}
 \end{aligned}$$

Стоит обратить внимание - Указано в графе значение: **Воздухопроницаемость G_n** , с размеренностью $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, но не указано при каком D_p указана эта «Нормируемая воздухопроницаемость»

Сопrotивление воздухопроницанию R указано « $\text{М}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{па} / \text{кг}$ »

Сопротивление воздухопроницанию световых проемов
(окон, балконных дверей, фонарей)

Заполнение светового проема	Число уплотненных притворов заполнения	Сопротивление воздухопроницанию $R_{и}$ м ² * ч * Па / кг (при DP =10 Па), заполнений световых проемов с деревянными параплетами с уплотнением прокладками из		
		пенополиуретана	губчатой резины	полушерстяного шнура
1.Одинарное остекление или двойное остекление в спаренных переплетах	1	1,19	0,73	0,55
2.Двойное остекление в раздельных переплетах	1	1,33	0,82	0,6
	2	1,74	1,19	0,82
3.Тройное остекление в тройных переплетах	1	1,37	0,82	0,64
	2	2,02	1,19	0,9
	3	2,56	3,2	1,24

Примечания:

1. Сопротивление воздухопроницанию заполнений световых проемов с металлическими переплетами следует принимать с коэффициентом 0,8.

2. Сопротивление воздухопроницанию окон без открывающихся створок (без притворов, с уплотненными фальцами) следует принимать равным 1 м² * ч * Па / кг (независимо от числа и материала переплетов и видов остекления), зенитных фонарей (с уплотненными сопряжениями элементов) – 0,5 м² * ч * Па / кг.