

1.3. Физика светопрозрачных ограждающих конструкций

Светопрозрачные конструкции подразделяются на оконные и витражные. Оконные конструкции служат для остекления типовых или небольших нестандартных проёмов в стенах и реализуют чисто ограждающую функцию. Витражные системы, кроме ограждения, являются также элементами несущих или самонесущих конструкций и предназначены для застекления вертикальных и наклонных поверхностей большой площади [6].

Остекление зданий является специфическим элементом ограждающих конструкций: с одной стороны, как и стеновые ограждения, светопрозрачный элемент решает задачу защиты внутренних помещений от неблагоприятных факторов внешней среды, реализуя комфортные условия жизнедеятельности человека, а с другой стороны, создаёт связь внутреннего пространства с окружающим миром.

Ограждающие свойства светопрозрачных конструкций, в первую очередь, определяются уровнем их тепло- и звукоизоляции, воздухо- и водопроницаемости, а также сопротивлением ветровым нагрузкам и стойкостью к климатическим воздействиям. Освещённость и инсоляция помещения, а также его аэрация обеспечиваются коммуникативными свойствами остекления.

В соответствии с ГОСТ 23166-99 «Блоки оконные. Общие технические условия», оконные блоки классифицируются по основным эксплуатационным характеристикам (п. 4.7): приведённому сопротивлению теплопередаче, воздухо- и водопроницаемости, звукоизоляции, общему коэффициенту пропускания света, сопротивлению ветровой нагрузке, стойкости к климатическим воздействиям. Необходимые величины этих показателей диктуются соответствующими строительными нормами и правилами, в зависимости от климатического района строительства, типа здания, проектного задания.

Начнём с ознакомления с теплозащитными параметрами светопрозрачных конструкций. Уровень теплозащитных свойств ограждений характеризуется величиной приведённого сопротивления теплопередаче. По этому показателю согласно ГОСТ 23166-99, оконные блоки подразделены на 10 классов, см. табл. 1.27.

Классификация оконных блоков по уровню тепловой защиты Таблица 1.27.

Класс	Приведённое сопротивление теплопередаче $R_{0\text{пр}}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт*
A1	0,8 и более
A2	0,75-0,79
B1	0,70-0,74
B2	0,65-0,69
B1	0,60-0,64
B2	0,55-0,59
Г1	0,50-0,54
Г2	0,45-0,49
Д1	0,40-0,44
Д2	0,35-0,39

*Выдержка из п. 4.7.1 ГОСТ 23166-99

Приведённым сопротивлением теплопередаче ограждений сложных конструкций, к которым относятся и светопрозрачные, называется сопротивление теплопередаче условного ограждения с одномерным температурным полем, потери тепла через которое при одинаковой площади равны теплотерям сложного ограждения с двумерным температурным полем [4]. При одномерном температурном поле сопротивление теплопередаче ограждения определяется формулой:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

где α_{int} , α_{ext} - соответственно, коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждения, Вт/(м²·°С);

δ_i , λ_i - соответственно, толщина, м, и теплопроводность, Вт/(м·°С) отдельных слоёв однородного ограждения. Отношение δ_i/λ_i называется термическим сопротивлением слоя ограждающей конструкции, а их сумма - термическим сопротивлением ограждения R_k .

В соответствие с рекомендациями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности окон $\alpha_{int} = 8,0$ Вт/(м²·°С); для зенитных фонарей $\alpha_{int} = 9,9$ Вт/(м²·°С).

Температура наружного воздуха, хотя и незначительно, но отличается от температуры наружной поверхности стенового или светопрозрачного ограждения. Это отличие невелико и значительно меньше перепада температур по толщине ограждения. Коэффициент теплоотдачи наружного воздуха существенно зависит от скорости ветра, возрастая с её увеличением. Для коэффициента теплоотдачи наружных поверхностей в холодный период года строительные нормы (СНиП II-3-79* и СНиП 23-02-2003) устанавливают $\alpha_{ext} = 23$ Вт/(м²·°С).

Приведённое сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций (окон, балконных дверей, фонарей) принимается на основании сертификационных испытаний. В табл. 1.28 представлены справочные значения теплозащитных свойств оконных конструкций различного исполнения, согласно СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», а в табл. 1.29, взятой из СП 23-101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий», содержатся величины уровней теплозащиты рекомендуемых окон в деревянных и ПВХ переплётах с указанием предельной величины градусо-суток отопительного периода, при котором применимо данное заполнение оконного проёма.

Приведённое сопротивление теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей

Таблица 1.28.

Заполнение светового проёма	Приведённое сопротивление теплопередаче R_o , (м ² ·°С)/Вт	
	В деревянных или ПВХ переплётах	В алюминиевых переплётах
1. Двойное остекление в спаренных переплётах	0,4	-
2. Двойное остекление в отдельных переплётах	0,44	0,34

* В стальных переплётах

3. Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм: 194×194×98 244×244×98	0,31 (без переплёта) 0,33 (без переплёта) 0,31 (без переплёта)	
4. Профильное стекло коробчатого сечения		
5. Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,36	
6. Тройное из органического стекла для зенитных фонарей	0,52	-
7. Тройное остекление в раздельно-спаренных переплётах	0,55	0,46
8. Однокамерный стеклопакет из стекла:		
• обычного	0,38	0,34
• с твёрдым селективным покрытием	0,51	0,43
• с мягким селективным покрытием	0,56	0,47
9. Двухкамерный стеклопакет из стекла:		
• обычного (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,51	0,43
• обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54	0,43
• с твёрдым селективным покрытием	0,58	0,54
• с мягким селективным покрытием	0,68	0,48
• с твёрдым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,65	0,52
10. Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплётах из стекла:		
• обычного	0,56	-
• с твёрдым селективным покрытием	0,65	-
• с мягким селективным покрытием	0,72	-
• с твёрдым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	-
11. Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплётах из стекла:		
• обычного	0,56	-
• с твёрдым селективным покрытием	0,65	-
• с мягким селективным покрытием	0,72	-
• с твёрдым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	-
12. Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплётах	0,70	-
13. Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплётах	0,74	-
14. Четырёхслойное остекление в двух спаренных переплётах	0,80	-

■ **Примечание:**

1. К мягким селективным покрытиям стекла относят покрытия с тепловой эмиссией менее 0,15, к твёрдым – более 0,15.

Значения приведённых сопротивлений теплопередаче заполнений световых проёмов даны для случаев, когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проёма равно 0,75.

2. Значения приведённых сопротивлений теплопередаче, указанных в таблице, допускается применять в качестве расчётных при отсутствии этих значений в стандартах или технических условиях на конструкции или не подтверждённых результатами испытаний.

Уровни теплозащиты рекомендуемых окон
в деревянных и пластмассовых переплётах

Таблица 1.29.

Заполнения светопроёмов	Сопротивление теплопередаче ($R_{w,r}$, (м ² ·°С)/Вт) и область применения (D_d , °С·сут) по типам окон		
	из обычного стекла	с твёрдым селективным по- крытием	с мягким селективным по- крытием
Однокамерный стеклопакет в одинарном переплёте	0,38/3067	0,51/4800	0,56/5467
Двойное остекление в спаренных переплётах	0,4/3333	0,55/5333	-
Двойное остекление в отдельных переплётах	0,44/3867	0,57/5600	-
Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплёте с межсте- кольным расстоянием: 8 мм 12 мм	0,51/4800 0,54/5200	- 0,58/5733	- 0,68/7600
Тройное остекление в отдельно- спаренных переплётах	0,55/5333	0,60/6000	-
Стекло и однокамерный стекло- пакет в отдельных переплётах	0,56/5467	0,65/7000	0,72/8800
Стекло и двухкамерный стеклопа- кет в отдельных переплётах	0,68/7600	0,74/9600	0,81/12400
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплётах	0,7/8000	-	-
Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплётах	0,74/9600	-	-
Четыре стекла в двух спаренных переплётах	0,8/12000	-	-

■ *Примечание* - в числителе (перед чертой) - значения приведённого сопротивления теплопередаче, в знаменателе (за чертой) - предельное значение градусо-суток отопительного периода, при котором применимо заполнение светопроёма.

СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» устанавливал, что температура внутренней поверхности конструктивных элементов прозрачных и непрозрачных окон зданий (кроме производственных) должна быть не ниже 3 °С при расчётной температуре наружного воздуха. Во вновь разработанном СНиП 23-02-2004 «Тепловая защита зданий» (п. 5.10) отмечено, что температура внутренней поверхности остекления должна быть не ниже 3 °С (кроме производственных), а на непрозрачных элементах - не ниже температу-

ры точки росы при расчётной температуре наружного воздуха в холодный период года. Для производственных помещений температура на внутренней поверхности светопрозрачных конструкций не должна быть ниже 0 °С.

В табл. 1.28 и 1.29 нормативные значения приведённого сопротивления теплопередаче окон относятся к конструкциям, у которых отношение площади остекления F_{oc} к площади ($F_{oc} + F_{неp}$) заполнения светового проёма

$$\beta = \frac{F_{oc}}{F_{oc} + F_{неp}} = 0,75$$

Здесь $F_{неp}$ - площадь непрозрачной части конструкции окна. Согласно ГОСТ 26602.1-99, серия изделий, типоразмерный ряд оконных конструкций характеризуется единым конструктивным решением, но имеет различные габаритные размеры, архитектурный рисунок, а также относительную площадь и варианты остекления. В конкретном случае, если $\beta \neq 0,75$, значения приведённого термического сопротивления оконных блоков типоразмерного ряда определяют по формуле:

$$R_o^{пр} = \frac{1}{\beta/R_k^{ст} + (1-\beta)/R_k^p}$$

где $R_k^{ст}$ - приведённое термическое сопротивление светопропускающей части оконного блока, (м²·°С)/Вт;

R_k^p - приведенное термическое сопротивление непрозрачной части оконного блока, т. е. профильной системы, (м²·°С)/Вт.

По способности сопротивляться ветровой нагрузке оконные блоки классифицированы также на 5 категорий, согласно п. 4.7.5 ГОСТ 23166-99, см. табл. 1.30.

Классификация оконных блоков
по сопротивлению ветровой нагрузке

Таблица 1.30.

Класс	Сопротивление ветровой нагрузке, Па
А	1000 и более
Б	800-999
В	600-799
Г	400-599
Д	200-399

Указанные перепады давления применяются при оценке эксплуатационных свойств изделий. Прогибы деталей конструкции оконных блоков определяют при перепадах давления, установленных ГОСТ 26602.5-2001 «Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления ветровой нагрузке».

Несущие элементы оконных блоков (коробки, створки, импосты) должны обеспечивать прочность и жёсткость конструкции под действием нагрузок, согласно СНиП 2.01.07-85* (см. п. 1.1). Относительный прогиб несущих элементов из плоскости остекления не должен превышать 1/200 длины элемента при остеклении блоков листовым стеклом и 1/300 при остеклении стеклопакетами [11].

Створные элементы оконных блоков по надёжности и сопротивлению статической нагрузке, действующей в плоскости и перпендикулярно плоскости створки (полотна), должны удовлетворять требованиям ГОСТ 24033-80 «Окна и балконные двери деревянные. Методы механических испытаний».

У ПВХ профилей несущая способность обеспечивается за счёт усиления их стальными, реже алюминиевыми, армирующими вкладышами. Сечения армирующего вкладыша и толщина его стенок выбираются на основании статических расчётов, содержащихся в руководстве к конкретной профильной системе. Ветровая нагрузка на армирующий вкладыш передаётся через рёбра жёсткости в дренажной камере профиля, а также через саморезы, посредством которых производится крепление армирования к профилю. Этим обеспечивается их совместная работа [6].

Определение несущей способности элементов переплёта состоит в выборе необходимого момента инерции поперечного сечения используемого профиля. Подробно методика этих расчётов рассмотрена в работе [6]. Необходимо также отметить, что все производители системных профилей (ПВХ, AL, и т. д.) в руководствах пользователя дают подробные инструкции, приводят расчётные схемы и табличные данные, облегчающие процедуру расчёта. Прогиб профиля, вызванный ветровой нагрузкой, зависит от момента инерции сечения профиля и модуля упругости его материала. Поскольку коробка окна достаточно прочно крепится в проёме, в основном, расчёты проводятся для импостов.

Ветровое давление, действующее как распределённая нагрузка, делится по биссектрисам угла (рис. 1.21). В случае квадратной поверхности образуются четыре прямоугольника, а на прямоугольной поверхности - два треугольника и две трапеции.

Для импостов, ригелей (поперечин) и стыков блоков необходимо учитывать действующие нагрузки с обеих соседних поверхностей. Установив ширину эпюры нагрузки W , определяют требуемый момент инерции. Момент инерции сечения профиля может быть рассчитан или выбран из таблиц, которые содержит руководство для производителя, предоставляемое поставщиком системного профиля.

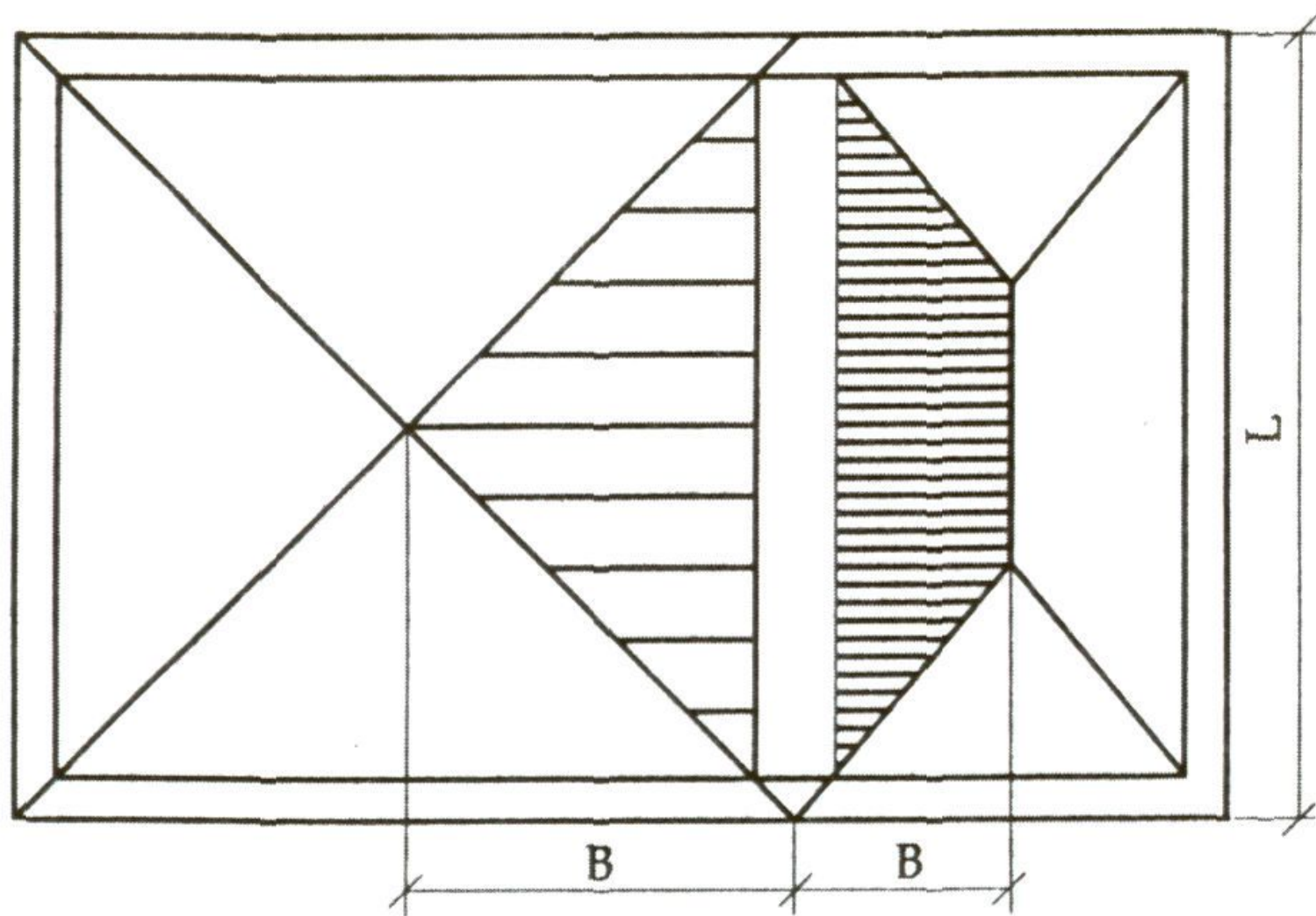


Рис. 1.21.
Схема расчёта несущего элемента.

В качестве расчётной модели обычно рассматривается балка на двух опорах. В этом случае расчётная формула имеет вид:

$$I_{\text{Хтреб}} = \frac{W \cdot L^4 \cdot B}{1920 E_f} \left[25 - 40 \left(\frac{B}{L} \right)^2 + 16 \left(\frac{B}{L} \right)^4 \right], \text{ см}^4$$

Здесь W - ветровое давление, Н/мм²;

L - длина профиля, см;

1920 - константа;

E - модуль упругости, Н/мм²;

f - $L/300$ - максимально допустимый прогиб, см;

B - ширина эюры нагрузки, см.

Моменты инерции определяются по отдельности для каждой из нагрузок, действующих справа и слева, а затем суммируются. По полученному значению требуемого момента инерции подбирается необходимый профиль импоста (деревянные, алюминиевые или стеклопластиковые окна) или армирующий профиль оконных блоков из ПВХ профиля.

При расчёте стёкол на прочность от воздействия ветровых нагрузок совместная работа их в стеклопакетах не учитывается. Расчёт стеклопакетов производится по прочности одного стекла [11].

Необходимая толщина стекла в оконных блоках, в том числе и в стеклопакетах, в зависимости от его площади и соотношения размеров сторон, может быть определена по графикам на рис. 1.22, взятым из работы [11], в зависимости от ветровой нагрузки, см. п. 1.1. В таблице 1.31 приведены величины ветровой нагрузки для городских районов, в зависимости от высоты и ветрового региона [12].

Ветровая нагрузка (P_a) для городских районов,
в зависимости от высоты и ветрового региона

Таблица 1.31.

Ветровые регионы	Высота установки					
	5	10	20	30	40	60
Ia	248	301	368	410	448	513
I	336	407	498	554	606	694
II	438	531	649	723	791	906
III	555	672	822	916	1002	1447
IV	701	849	1039	1157	1266	1449
V	876	1061	1299	1446	1582	1811

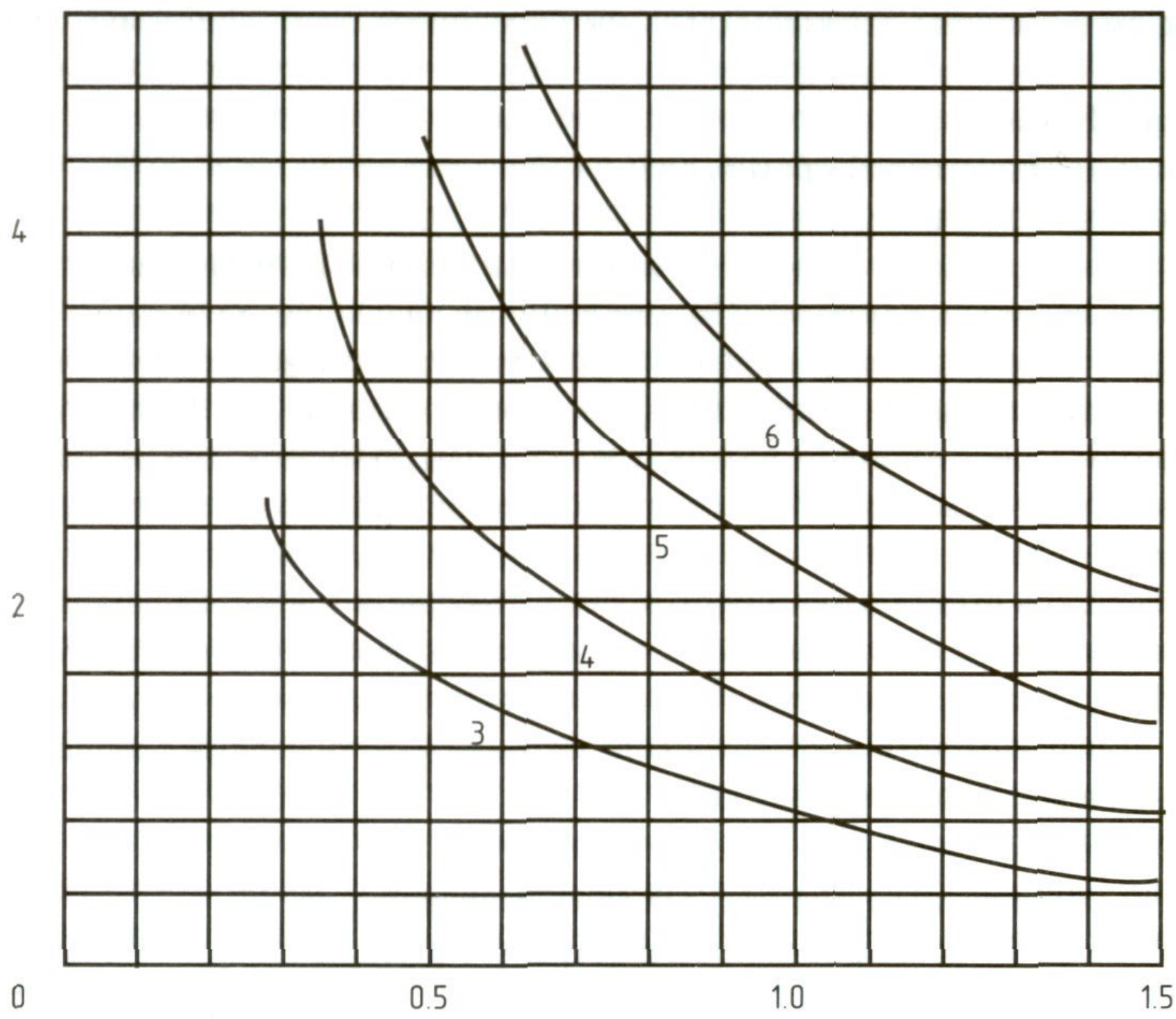
Кстати, сравнение ветровых нагрузок (табл. 1.31) и вышеприведённой классификации окон позволяет выбрать необходимые классы окон для соответствующих зданий.

Для контроля правильности выбора толщины стекла можно воспользоваться рекомендациями приложения Б ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения», в котором приведены минимальные значения толщины стекла в зависимости от класса изделия, по сопротивлению ветровой нагрузке и размерам стеклопакета, см. табл. 1.32.

Классификация оконных изделий по воздухо- и водопроницаемости, введённая ГОСТ 23166-99 (п. 4.7.2), устанавливает пять классов, табл. 1.33.

Определение классов воздухо- и водопроницаемости оконных блоков осуществляется по результатам их сертификационных испытаний по ГОСТ 26602.4-99 «Блоки оконные и дверные. Метод определения воздухо- и водопроницаемости» в порядке, предусмотренном в приложении Б ГОСТ 23166-99.

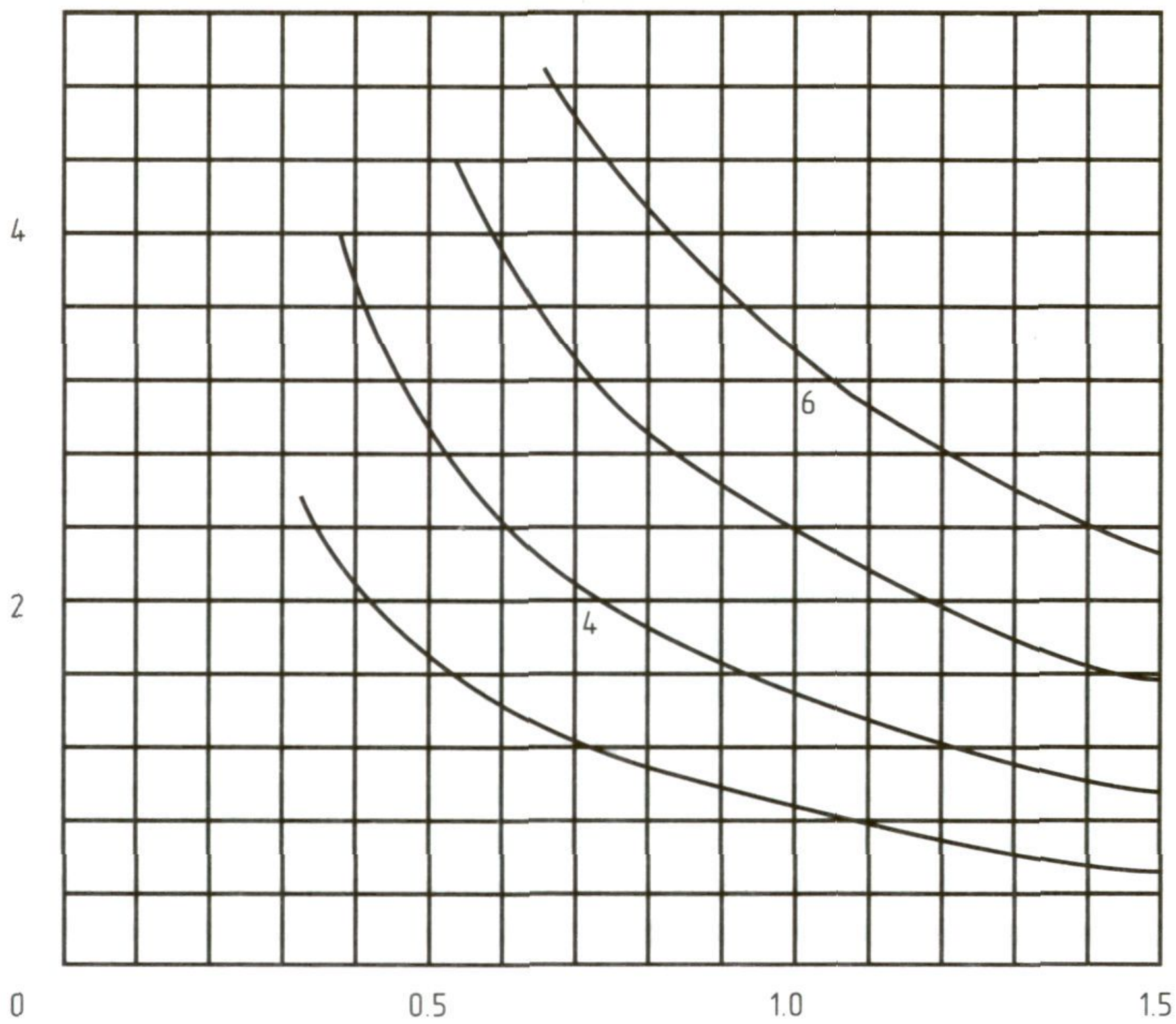
S, m²



$\lambda = \frac{a}{b} < 2$

q_p, кПа

S, m²



$\lambda = \frac{a}{b} \geq 2$

q_p, кПа

Рис. 1.22.

Графики для определения толщины стекла в зависимости от площади стекла (S, м²) и значения ветровой нагрузки (q_p, кПа) при соотношении сторон: А-λ < 2 и Б-λ ≥ 2

Длина стеклопакета, мм	Класс изделий по сопротивлению ветровой нагрузке	Ширина стеклопакета, мм	
		До 700	Св. 700 до 1000
До 1000	А	4	5
	Б	4	4
	В	3	4
	Г	3	3
	Д	3	3
Св. 1000 до 1300	А	5	5
	Б	4	5
	В	4	4
	Г	3	4
	Д	3	3
Св. 1300 до 1600	А	5	6
	Б	5	5
	В	4	4
	Г	4	4
	Д	3	4
Св. 1600 до 1800	А	6	6
	Б	5	6
	В	5	5
	Г	4	4
	Д	4	4

■ *Примечание:* значения толщин стёкол, указанные в таблице, не распространяются на остекление балконов и лоджий, требования к которым устанавливают в технических условиях на конкретные конструкции изделий.

Классификация оконных блоков
по воздухо- и водопроницаемости

Таблица 1.33.

Класс	Объёмная воздухопроницаемость при $\Delta p = 100$ Па, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, для построения нормативных границ классов	Предел водопроницае- мости, Па, не менее
А	3	600
Б	9	500
В	17	400
Г	27	300
Д	50	150

Массовая воздухопроницаемость ограждающей конструкции G_B - величина, численно равная массовому потоку воздуха через единицу площади поверхности ограждающей конструкции в единицу времени при разности давлений воздуха на поверхностях в один Паскаль, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Согласно нормативным требованиям (СНиП II-3-79* и СНиП 23-03-2003), воздухопроницаемость светопрозрачных ограждений не должна превышать величины, установленные в табл. 1.34 (табл. 11 СНиП 23-03-2003).

Нормируемая воздухопроницаемость
ограждающих конструкций

Таблица 1.34.

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость G_n , кг/(м ² ·ч), не более
1. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в деревянных переплётках; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
2. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в пластмассовых или алюминиевых переплётках	5,0
3. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
4. Фонари производственных зданий	10,0

Ограничение воздухопроницаемости ограждающих конструкций обусловлено стремлением снизить энергозатраты на нагрев инфильтрующегося в помещение наружного воздуха. Для перехода от массовой воздухопроницаемости G_g к объёмной Q_B , по которой классифицируются оконные блоки, в ГОСТ 26602.2-99 предложена формула

$$G_B = Q_B \cdot 353 / T$$

Здесь T - средняя температура воздуха, К.

Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий R_{inf}^{des} должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию R_{inf}^{req} , (м²·ч)/кг, определяемого по формуле

$$R_{inf}^{req} = (1/G_n) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3}$$

где G_n - см. табл. 1.34;

$\Delta p_0 = 10$ Па - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию R_{inf}^{des} ;

Δp - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, следует определять по формуле

$$\Delta p = 0,55 H (\gamma_{ext} - \gamma_{int}) + 0,33 \gamma_{ext} v^2$$

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

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

$$\gamma = 3463 / (273 + t)$$

t - температура воздуха; внутреннего (для определения γ_{int}) - принимается согласно опти-

мальным параметрам по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.1002; наружного (для определения γ_{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 учётом коэффициента изменения скорости ветра по высоте.

Согласно ГОСТ 26602.2-99, испытания на воздухопроницаемость производят на образцах окон, термостатированных в течение трёх суток при температуре (21 ± 3) °С и относительной влажности (50 ± 5) %. В ходе испытаний температура в помещениях и испытательной камеры равняется (20 ± 4) °С. Испытуемое окно закрепляется без перекосов и деформаций. В реальных условиях, для которых рассчитывается сопротивление воздухопроницанию по СНиП 23-02-03, при отрицательных наружных температурах фактическая величина массовой воздухопроницаемости может значительно отличаться от сертификационного значения воздухопроницаемости. Наиболее вероятно это будет иметь место в случае окон с АІ и ПВХ переплётами, поскольку они имеют наиболее высокий коэффициент линейного термического расширения. Соответственно, сопротивление воздухопроницанию будет меньше.

Очевидно, для определения сопротивления воздухопроницанию конкретного окна (чтобы сравнивать его с нормируемой величиной) необходимо его как-то рассчитать. В СП 23-101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий» к СНиП II-3-79* приводится формула и даётся пример (в приложении Р) такого расчёта. Согласно им, сопротивление воздухопроницанию выбранного типа светопрозрачной конструкции R_a , кг/(м²·ч), при $\Delta p = 10$ Па:

$$R_a = (1/G_s)(\Delta p/\Delta p_0)^n$$

где G_s - воздухопроницаемость светопрозрачной конструкции кг/(м²·ч), при $\Delta p = 10$ Па, полученная в ходе сертификационных испытаний;

n - показатель режима фильтрации светопрозрачной конструкции, также полученный при сертификационных испытаниях, см. рис. 1.23.

Очевидно, необходимо, чтобы $R_a \geq R_a^{req}$; в противном случае необходимо выбирать другую конструкцию окна.

В п. 8.6. СНиП 23-02-2003 говорится, что выбор окон должен осуществляться согласно воздухопроницаемости притворов, поэтому на практике архитектор здания или его конструктор должен произвести перерасчёт воздухопроницаемости сертификационного окна, испытанного по ГОСТ 26602.2-99, на воздухопроницаемость конкретного окна, планируемого в проект здания. Однако, если архитектурный рисунок оконного блока для проектируемого объекта отличается от сертифицированного, могут возникнуть затруднения, из-за отсутствия его характеристик воздухопроницаемости, а именно, диаграммы зависимости объёмной воздухопроницаемости от перепада давления.

Выход из положения состоит в проведении новых испытаний по ГОСТ 26602.2-99 оконного блока требуемого архитектурного рисунка.

Оконные блоки и балконные двери жилых и общественных зданий 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.

Согласно табл. 1.34, нормативная воздухопроницаемость ПВХ окон должна быть не более 5,0 кг/(м²·ч), фактическая величина воздухопроницаемости не превышает 3-4 кг/(м²·ч). Причина заключается в наличии у окон 2-3 рядов уплотнения притвора с высококачественными морозостойкими прокладками, см. п. 2.3.

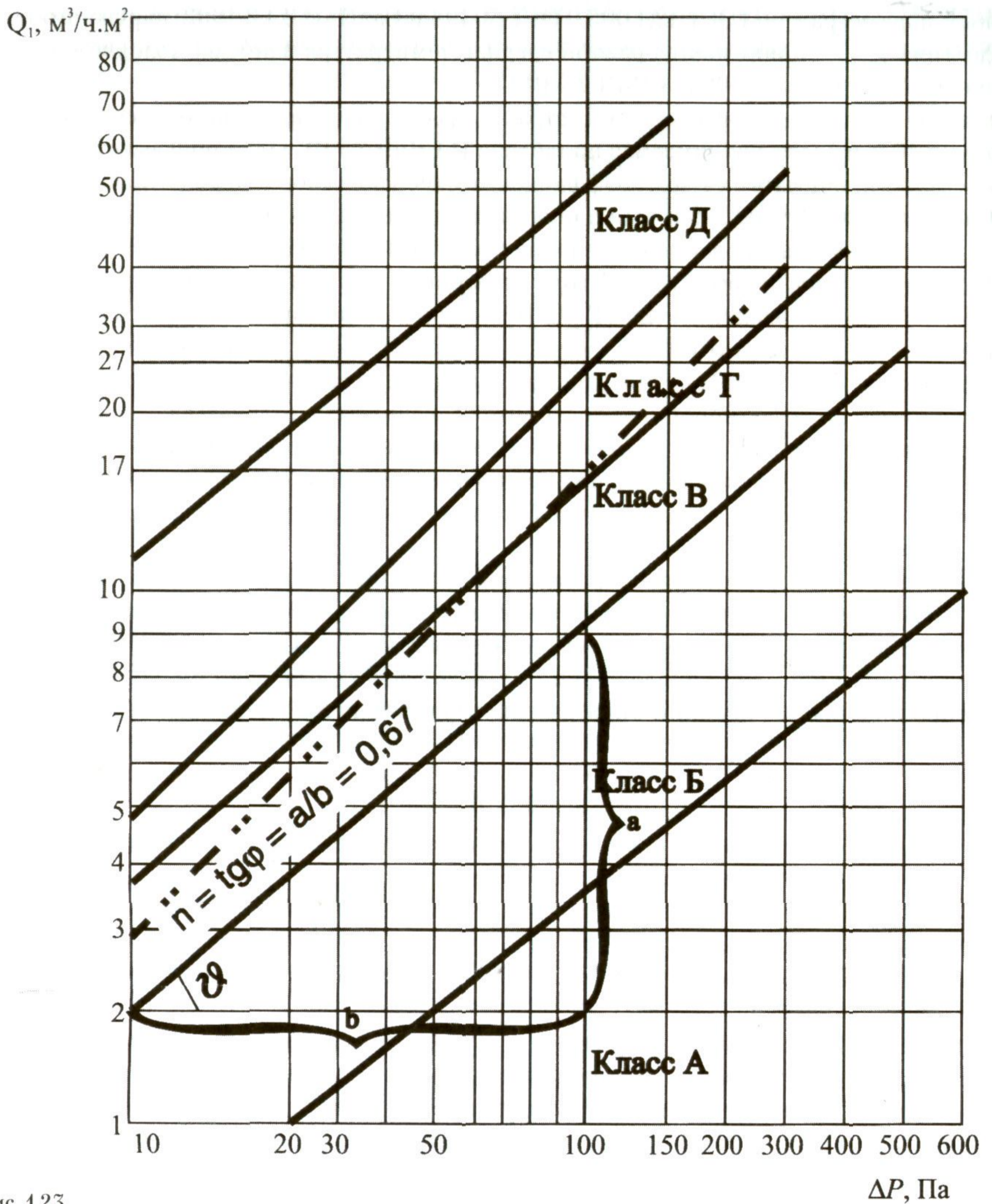


Рис. 1.23.

Пример построения диаграммы зависимости объёмной воздухопроницаемости Q_1 от перепада давления ΔP при сертификационных испытаниях по ГОСТ 16602.2-99.

Однако использование современных оконных систем с повышенным уровнем герметизации обостряет проблему поддержания нормативного воздухообмена в помещении, т. к. система естественной вентиляции становится практически неработоспособной: отсутствие притока свежего воздуха нарушает работу вытяжной вентиляционной системы в кухне, туалете, ванной. Нарушение воздухообмена в жилых и рабочих помещениях ведёт к увеличению относительной влажности, появлению в холодный период года конденсата на поверхности стеклопакетов в окнах, образованию плёнки на внутренних откосах, духоте и ощущению дискомфорта.

Для восстановления воздухообмена и проветривания помещения остаётся возможность открывания форточек и окон. При осуществлении регулярного проветривания с их помощью обеспечивается комфортная воздушная среда, отвечающая требованиям ГОСТ 30494-96 (см. п. 1.2), но обеспечить воздухообмен, отвечающий СНиП 41-01-2001 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» невозможно, т. к. в зимнее время это может привести к переохлаждению помещений. К тому же, открытые форточки, фрамуги, створки не позволяют обеспечить защиту помещений от шума. В настоящее время для регулирования воздухообмена всё большее распространение находят шумозащитные вентиляционные устройства (клапаны), устанавливаемые в оконные конструкции или встраиваемые в наружные стены. В территориальных строительных нормах (ТСН) даются соответствующие указания, например, в ТСН 23-340-2002 Санкт-Петербург «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по энергопотреблению и теплозащите» в п. В.4.4: «С целью организации требуемого воздухообмена, как правило, следует предусматривать специальные приточные отверстия (клапаны) в ограждающих конструкциях, либо щелевые приточные устройства в переплётах окон или рамах при использовании современных (воздухопроницаемость притворов по сертификационным испытаниям 1,5 кг/(м²·ч) и ниже) конструкций окон».

Устройство щелевых приточных отверстий в переплётах или рамах, реализуемое во многих ПВХ оконных системах, не в полной мере решает задачу воздухопритока, т. к. при небольшом перепаде давлений между квартирой и улицей ($\Delta p \sim 10 \text{ Па}$) такие отверстия способны пропускать не более 5-6 м³/час. Кроме щелевых проветривателей, используются накладные устройства. Наиболее известные из них – AERECO (Франция) и SIEGENIA-AUBI (Германия), обеспечивают приток свежего воздуха на уровне 25-70 м³/час. Щелевые и накладные проветриватели обеспечивают, в большинстве своём, необходимый уровень звукоизоляции окна в режиме вентилирования, однако, вносят изменения в теплозащитные показатели окна и его характеристики светопропускания. Поэтому задачу воздухообмена в помещении целесообразно решать другими, проблемно ориентированными средствами, помня, что главная функция окна – инсоляция (освещение) помещения.

По показателю звукоизоляции, согласно п. 4.7.3. ГОСТ 23166-99, оконные блоки делятся на 5 классов, в зависимости от ослабления воздушного шума потока городского транспорта, см. табл. 1.35.

Классификация оконных блоков по звукоизоляции
воздушного шума потока городского транспорта

Таблица 1.35.

Класс	Звукоизоляция воздушного шума потока городского транспорта, дБА
А	Свыше 36
Б	34-36
В	31-33
Г	28-30
Д	25-27

Методические требования к экспериментальной оценке показателей звукоизоляции оконных блоков содержатся в ГОСТ 26602.3-99 «Блоки оконные и дверные. Метод определения звукоизоляции».

Звукоизоляция оконного блока $R_{Атфран}$ дБА - величина, служащая для оценки снижения воздушного шума потока городского транспорта. Окна со специальными вентиляционными устройствами, обеспечивающими повышенную звукоизоляцию при одновременном обеспечении нормативного воздухообмена в помещении, называются шумозащитными. Для такого окна к обозначению класса звукоизоляции добавляют букву «П».

Звукоизоляция $R_{Атфран}$ дБА, является нормируемым параметром звукоизоляции окон, витрин и других видов остекления, согласно п. 9.1 СНиП 23-03-2003. Нормативные значения $R_{Атфран}$ для жилых комнат, номеров гостиниц, общежитий, кабинетов и рабочих комнат административных зданий, палат больниц, кабинетов врачей площадью до 25 м² приведены в табл. 1.36, в зависимости от расчётного уровня транспортного шума у фасада здания. Для промежуточных значений расчётных уровней R требуемая величина $R_{Атфран}$ определяется интерполяцией.

Нормативные требования к звукоизоляции окон

Таблица 1.36.

№ п.п.	Назначение помещений	Требуемые значения $R_{Атфран}$ дБА, при эквивалентных уровнях звука у фасада здания, дБА, при наиболее интенсивном движении транспорта (в дневное время, час «пик»)				
		60	65	70	75	80
1	Палаты больниц, санаториев, кабинеты медицинских учреждений	15	20	25	30	35
2	Жилые комнаты квартир в домах: категории А категории Б и В	15	20	25	30	35
		-	15	20	25	30
3	Жилые комнаты общежитий	-	-	15	20	25
4	Номера гостиниц: категории А категории Б категории В	15	20	25	30	35
		-	15	20	25	30
		-	-	15	20	25
5	Жилые помещения домов отдыха, домов-интернатов для инвалидов	15	20	25	30	35
6	Рабочие комнаты, кабинеты в административных зданиях и офисах: категории А категории Б и В	-	-	15	20	25
		-	-	-	15	20

Если помещение имеет площадь более 25 м², или оно не указано в табл. 1.36 (табл. 7 СНиП), и находится в зданиях, расположенных вблизи магистралей, требуемая звукоизоляция окон, витрин и других видов остекления определяется по формуле (п. 9.8 СНиП)

$$R_{Атфран}^{тр} = L_{А2м} - L_{адоп} + 10 \lg S_0 - 10 \lg V_n - 10 \lg K$$

где $L_{А2м}$ - эквивалентный (максимальный) уровень звука в помещении, дБА, из табл. 1.25, см. п. 1.2;

S_0 - площадь окна (окон), м²;

V_n - акустическая постоянная помещения, м²;

K - коэффициент учёта нарушения диффузности звукового поля в помещении, в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения.

Согласно СНиП (п. 9.8), как, впрочем, и СН и СанПиН, требуемая звукоизоляция определяется из расчёта обеспечения допустимых значений проникающего шума, как по эквивалентному, так и по максимальному уровню, т. е. из двух величин $R_{Атран}^{mp}$ принимают большую.

Величину звукоизоляции окна $R_{Атран}$, дБА, определяют (п. 9.5 СНиП) на основании частотной характеристики изоляции воздушного шума окна с помощью эталонного спектра шума городского транспорта. Уровни эталонного спектра (см. табл. 1.37) скорректированы по кривой частотной коррекции А (табл. 1.13) для шума с уровнем 75 дБА. Для расчёта значения $R_{Атран}$ предложена формула:

$$R_{Атран} = 75 - 10 \lg \sum_{i=1}^{16} 10^{0,1(L_i - R_i)}$$

где L_i - скорректированные по кривой частотной коррекции А уровни звукового давления эталонного спектра в i -той третьоктавной полосе частот, дБ, табл. 1.37 (соответствует табл. 8, строка 3 СНиП 23-03-2003);

R_i - изоляция воздушного шума данной конструкции окна в i -той третьоктавной полосе частот, дБ (берётся из протокола акустических сертификационных испытаний по ГОСТ 26602.3-99).

Звуковое давление эталонного спектра

Таблица 1.37.

Параметры	Среднегеометрическая частота 1/3 октавной полосы, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Уровни звукового давления эталонного спектра (скорректированы по «А») L_i , дБ	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60

Факторов и конструктивных решений, влияющих на величину звукоизоляции окна, довольно много. Среди них:

- толщина стекла (внешнего);
- применение стеклопакета с триплексом, имеющим эластичный средний слой;
- использование плёнок;
- применение в двухкамерных стеклопакетах дистанционных рамок различной ширины и стекла различной толщины.

Заполнение стеклопакета тяжёлым газом - криптоном или газообразным гексафторидом серы SF_6 - повышает звукоизоляцию окна на 2-3 дБ.

В общем случае на шумоизоляционные качества окон влияют три фактора: толщина стекла, величина воздушного промежутка между ними и герметичность притвора. В табл. 1.38 приведены показатели звукоизоляции остекления в глухом переплёте при различной величине воздушной прослойки между стёклами толщиной 4 и 6 мм.

В работе [12] отмечается, что одно- и двухкамерные стеклопакеты (без заполнения специальными газами - криптоном или SF_6) - неудачная конструкция, с точки зрения звукоизоляции, т. к. их резонансные частоты выше, чем у старых окон со спаренными переплётами,

и звукоизоляция у них ниже. При промежутках 12 и 20 мм однокамерные стеклопакеты из стёкол толщиной 4 мм имеют резонансные частоты соответственно 245 и 190 Гц, а двухкамерный стеклопакет с формулой 4М1-12-4М1-12-4М имеет частоту основного резонанса 300 Гц. Для повышения звукоизоляционных показателей резонансные частоты должны быть выведены за пределы нормируемого диапазона частот 100-3150 Гц (см. табл. 1.37)

Влияние величины воздушной прослойки на звукоизоляцию Таблица 1.38.

d, мм	R _A , дБА	
	4+4 мм	6+6 мм
10	30	32
30	31	33
100	35	37
200	39	40
650	43	46

В связи с производимой заменой устаревших физически и морально деревянных окон, необходимо учитывать, что улучшение звукоизоляции при установке современных окон, субъективно отмечаемое человеком, происходит из-за наличия в них эффективной герметизации притворов резиновыми прокладками-уплотнителями, тогда как в деревянных окнах эти уплотнители отсутствовали.

Шумозащитное остекление состоит из стёкол разной толщины, расположенных на разных расстояниях друг от друга, поэтому шумозащитные свойства двухкамерного стеклопакета можно улучшить при смещении среднего стекла от центра к крайнему, расположенному со стороны помещения так, чтобы отношение меньшей и большей толщины воздушных промежутков не превышало 0,25 [14].

Звукоизоляционная эффективность переплёта достигается оптимизацией его конструкции и, в первую очередь, совершенством герметизации притворов, введением трёх контуров уплотнения, а также увеличением конструктивной глубины профиля. Последнее обстоятельство позволяет использовать более широкие стеклопакеты (36-50 мм), получить более глубокий и поэтому более непроницаемый монтажный шов при установке окна в проём.

Качество заделки швов между несущими конструкциями здания и окном существенно влияет на шумозащиту. Наиболее уязвимое место - подоконная часть окна. Простого заполнения шва полиуретановой монтажной пеной недостаточно, т. к. при резких перепадах температур в них могут образоваться щели (неплотности). Необходимо применять специальные уплотнительные ленты, герметизирующие стык.

При проведении замены окон необходимо:

1. Обратит внимание на тип санлируемых окон: они могут оказаться специальными шумозащитными, хотя и старыми деревянными, с вентиляционными клапанами-глушителями; утолщёнными стёклами и уширенными воздушными промежутками между ними.
2. Инструментально, если есть возможность, оценить уровень шумового комфорта в помещениях, где предполагается замена окон.

Согласно п. 9.9. СНиП 23-03-2003, расчёт звукоизоляции светопрозрачных конструкций (окон, балконных дверей, витражей и т. д.) должен проводиться при разработке новых конструктивных решений ограждений, применении новых изделий, т. е. при замене устаревших окон фирма, их изготавливающая и монтирующая, уже на этапе замеров и оформления заказа должна реализовать это требование, если не хочет иметь неприятности

в будущем. Окончательная оценка звукоизоляции вновь установленных окон должна проводиться на основании натуральных испытаний по ГОСТ 27296-87 «Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций зданий. Методы измерения».

Основное назначение окна - нести в помещение свет. По показателю общего коэффициента пропускания света оконные блоки также делятся на классы, согласно п. 4.7.4 ГОСТ 23166-99, см. табл. 1.39.

Классификация оконных блоков
по показателю общего коэффициента пропускания света Таблица 1.39.

Класс	Общий коэффициент пропускания света
А	0,50 и более
Б	0,45-0,49
В	0,40-0,44
Г	0,35-0,39
Д	0,30-0,34

Общий коэффициент пропускания света характеризует долю светового потока, прошедшего через оконный блок, по отношению к световому потоку, падающему на конструкцию. Для классификации оконного блока конкретного исполнения, характеризующегося типом стеклопакета, архитектурным рисунком, геометрическими размерами коробки и переплётов, соотношением площади остекления и непрозрачной части, разработан ГОСТ 26602.4-99 «Блоки оконные и дверные. Метод определения общего коэффициента пропускания света».

Оконные блоки, монтируемые в стеновых ограждениях, должны обеспечивать нормированный уровень естественной освещённости в помещениях, см. п. 1.2. Светопроектирование окон зависит от остекления - вида светопропускающего материала, конструкции переплетов и устройства оконных откосов, причём для лучшего светопроектирования последние необходимо делать под углом более 90° по отношению к плоскости окна [15]. В табл. 1.40 приводятся некоторые значения показателей, характеризующие светопроектирование окон [16].

Общий коэффициент пропускания света τ_0 вычисляют по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2$$

Здесь τ_1 - коэффициент направленного пропускания света прозрачной частью окна. При использовании в конструкции оконного блока стеклопакетов, для определения величины τ_1 можно воспользоваться также данными уже упоминавшегося ГОСТ 24866-99, табл. А1, справочного приложения А - столбец коэффициентов пропускания света в видимой части спектра. Коэффициент τ_2 - учитывает потери света в переплётах светового проёма.

Значение коэффициента τ_1 определяют экспериментально по ГОСТ 26302-93 «Стекло. Методы определения коэффициентов направленного пропускания и отражения света».

Значение коэффициента τ_2 можно определить экспериментально по ГОСТ 26602.4-99, испытывая оконные конструкции с неустановленными стёклами (стеклопакетами). Однако такие испытания до настоящего времени не проводились. Величины τ_2 зависят от следующих показателей:

- отношение площади остекления к площади оконной конструкции в целом;
- ширины брусков одной коробки, т. е. глубины непрозрачной части оконных блоков;
- цвета и степени блеска непрозрачных деталей оконного блока или их отделочного

Вид светопропускающего материала	Значения τ_1	Вид переплёта	Значения τ_2
Стекло оконное листовое		Переплёты для окон и фонарей промышленных зданий:	
одинарное	0,9	а) деревянные:	
двойное	0,8	одинарные	0,75
тройное	0,75	спаренные	0,7
Стекло витринное толщиной 6-8 мм	0,8	двойные раздельные	0,6
Стекло листовое армированное	0,6	б) стальные: одинарные открывающиеся	0,75
Стекло листовое узорчатое	0,65	одинарные глухие	0,9
Стекло листовое со специальными свойствами:		двойные открывающиеся	0,6
солнцезащитное	0,65	двойные глухие	0,8
контрастное	0,75	Переплёты для окон жилых, общественных и вспомогательных зданий:	
Органическое стекло: прозрачное	0,9	а) деревянные: одинарные	0,8
молочное	0,6	спаренные	0,75
Пустотелые стеклянные блоки		Двойные раздельные с тройным остеклением	0,65 0,5
светорассеивающие	0,5	б) металлические:	
светопрозрачные	0,55	одинарные	0,9
стеклопакеты	0,8	спаренные	0,85
		Двойные раздельные	0,8
		С тройным остеклением	0,7

покрытия (которые меняются в современных конструкциях от глянцевого белого до матового тёмно-коричневого).

Указанная таблица коэффициентов τ_1 и τ_2 была разработана более 25 лет назад и приведена в СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение», отменённом в 1995 году. В таблице отсутствуют современные системы оконных блоков, стекло с низкоэмиссионным теплоотражающим покрытием и многое другое.

В настоящее время в российских (как и зарубежных) стандартах не регламентируются размеры сечений конструкций, и чертежи оконных конструкций приводятся как пример, не более того. Поэтому применение этой таблицы для оценки светотехнических характеристик современных оконных блоков завышает результаты расчёта их общего коэффициента пропускания света на 30-80 % [16].

При разработке ГОСТ 23166-99 НИИСФ, по просьбе Госстроя России, произвел специальные лабораторные испытания оконных конструкций наиболее часто применяемых в наше время в центральном регионе России. Были испытаны одноимпостовые оконные блоки из ПВХ по ГОСТ 30674-99 с модульными размерами 15x15, $\beta = 0,61$, белого цвета. Результаты испытаний, в зависимости от варианта остекления, следующие:

- при остеклении однокамерными стеклопакетами с твёрдым покрытием на внутреннем стекле 4М1-20-К4 -общий коэффициент пропускания света τ_0 равнялся 0,40;
 - при остеклении двухкамерными стеклопакетами 4М1-8-4М1-8-4М1 τ_0 равнялся 0,42.
- Эти результаты могут быть отнесены и к деревянным оконным блокам по ГОСТ 24699-99, окрашенным белой краской (за белый цвет будем принимать цвет с характеристиками, указанными в п. 5.3.6. ГОСТ 24699-99) [16]. Применение И-стекла с мягким покрытием снизило бы результаты первого испытания примерно на 5 %. Не на большую величину изменился бы результат второго испытания при использовании стеклопакета 4М1-16-4М1-16-4М1. Поэтому можно сделать вывод, что одинарные оконные конструкции, наиболее применяемые в строительстве в России (до 60 % общего объёма), имеют коэффициент $\tau_L = 0,35-0,45$ [16].

Таким образом, современные окна в ряде случаев, из-за развитых поперечных размеров профилей, могут иметь меньший общий коэффициент светопропускания, чем saniруемые деревянные окна. Это, в первую очередь, относится к ситуации, когда в историческом фонде заменяется остекление догостовского периода, т. е. saniруются окна безимпостной конструкции, со штульповым притвором рам.

При определении размеров окон, после замеров оконных проёмов при новом строительстве, необходимо уточнить у проектировщиков здания общий коэффициент светопропускания, принятый ими в проекте. Оптимальным вариантом представляется совместная работа над остеклением дома архитектора и оконной фирмы, знающей особенности своей профильной системы.

В справочном приложении А к ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения» приведены величины коэффициентов пропускания света в видимой части спектра и общего пропускания солнечной энергии различных стеклопакетов, см. табл. 1.41.

Анализируя данные табл. 1.41, можно сделать вывод, что наилучшим для средней полосы России является однокамерный стеклопакет с мягким низкоэмиссионным покрытием на внутреннем стекле, т. к. он обеспечивает оптимальное сочетание светопропускания, теплоизоляции зимой и солнцезащиты летом.

В зависимости от стойкости к климатическим воздействиям, оконные блоки, согласно п. 4.7.6 ГОСТ 23166-99, имеют два вида исполнения: нормальное и морозостойкое. Нормальное исполнение предназначено для районов со средней месячной температурой воздуха в январе минус 20 °С и выше. В этом случае контрольная нагрузка при испытаниях изделий и их комплектующих материалов и деталей не превышает минус 45 °С. При морозостойком исполнении оконных блоков, они используются в районах со средней месячной температурой января (столбец 1 табл. 3 СНиП 23-01-99 «Строительная климатология») ниже минус 20 °С, а испытания конструкции и комплектующих производят при температуре не выше 55 °С. Подтверждение эксплуатационной возможности материалов и комплектующих в морозостойком исполнении предусматривается следующими нормативными документами: ГОСТ 30973-2002 «Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценки долговечности» и ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения» (п. 4.1.7.).

Таким образом, конструктивное решение окна суммирует учёт разнообразных требований, обусловленных климатической ситуацией, типом здания, его назначением и расположением на местности [6]. Эти требования, за исключением внешнего вида, удовлетворяются при использовании пяти основных материалов: древесины, поливинилхлорида, алюминия, стали, стеклокомпозита (стеклопластика), а также их комбинаций. Каждый материал характеризуется определёнными свойствами, которые обуславливают как достоинства, так и недостатки оконных конструкций. Основные свойства материалов конструкции окна приведены в табл. 1.42.

Вариант остекления	Коэффициенты пропускания света в видимой части спектра	Коэффициент* общего пропускания солнечной энергии	Приведённое сопротивление теплопередаче, (м ² ·°С)/Вт
4М1-16-4М1	0,8	0,78	0,82
4М1-10-4М1-10-4М1	0,72	0,72	0,47
4М1-16-К4	0,75	0,76	0,53
4М1-16-И4	0,73	0,51	0,66
4М1-16-4М1-16-4М1	0,72	0,72	0,52
4М1-16-4М1-16-4К	0,68	0,72	0,65
4М1-16-4М1-4И	0,66	0,5	0,72

*Коэффициент общего пропускания солнечной энергии характеризует солнцезащитные стеклопакеты.

Таблица сравнительных физико-механических и теплофизических свойств

Таблица 1.42.

Физико-механические характеристики	Стеклопластик	Стекло	ПВХ	Сталь	Алюминий	Дерево (сосна)
Плотность, кг/м ³	2000	2200	1400	7800	2700	460-530
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	690-1240	25-50	80	400	275	80
Модуль упругости при изгибе, ГПа	40-55	50-85	2,8	210	70	10
Коэффициент линейного расширения, ·10 ⁻⁶ , °С ⁻¹	5-14	3,2-11	57-75	11-14	22-23	5,4-34
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	0,3-0,35	0,45	0,15-0,35	46	140-130	0,04-0,12

Необходимо подчеркнуть, что главным фактором для окон является их функция, материал же, из которого они изготовлены, является вторичным фактором. Возникновение проблем вызывается, как правило, не самим материалом, а его неправильным применением, неудачной конструкцией окон [15].

В заключение приведем нормативные величины показателей окон, изготовленных из ПВХ профилей, занимающих лидирующие позиции на современном российском оконном рынке, табл. 1.43.

Наименование показателей	Значение показателя
Приведённое сопротивление теплопередаче, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, не менее:	
- с однокамерным стеклопакетом	
4М1-16-4М1	0,35
4М1-16Ar-4М1	0,37
4М1-16-К4	0,54
4М1-16-И4	0,58
4М1-16Ar-К4	0,59
4М1-16Ar-И4	0,63
- с двухкамерным стеклопакетом	
4М1-8-4М1-8-М1	0,49
4М1-10-4М1-10-М1	0,52
4М1-10Ar-4М1-10Ar-М1	0,54
4М1-12-4М1-12-М1	0,53
4М1-12Ar-4М1-12Ar-М1	0,56
- с двухкамерным стеклопакетом и с теплоотражающим покрытием	
4М1-8-4М1-8-К4	0,57
4М1-8-4М1-8-И4	0,61
4М1-8Ar-4М1-8Ar-К4	0,63
4М1-8Ar-4М1-8Ar-И4	0,65
4М1-12-4М1-12-К4	0,61
4М1-12-4М1-12-И4	0,66
4М1-12Ar-4М1-12Ar-К4	0,67
4М1-12Ar-4М1-12Ar-И4	0,72
Изоляция воздушного шума транспортного потока, дБА, не менее.	26
Класс звукоизоляции, не ниже	Д
Общий коэффициент светопропускания	0,35-0,60
Воздухопроницаемость при $\Delta p_o = 10$ Па, $\text{кг}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$, не более	3,5
Класс воздухо- и водопроницаемости, не ниже	В
Безотказность оконных приборов и петель, цикл «открывание-закрывание»	по ГОСТ 23166
Долговечность, условных лет эксплуатации:	
• ПВХ профилей	40
• стеклопакетов	20
• уплотняющих прокладок	10

■ **Примечания:**

Данные характеристики соответствуют показателям табл. 3 ГОСТ 30674-99 «Блоки оконные из поливинилхлоридных профилей. Технические условия» для оконных блоков из трёхкамерных ПВХ профилей толщиной 58-62 мм.

Приведённое сопротивление теплопередаче непрозрачной части заполнения балконных дверных блоков должно быть не менее, чем в 1,3 раза выше сопротивления теплопередаче прозрачной части изделий, но не ниже 0,8 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт. Разность значений приведённого сопротивления теплопередаче комбинации профилей и стеклопакетов для изделий с приведённым сопротивлением теплопередаче более 0,5 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт не должна превышать 15 %. Значения приведённого сопротивления теплопередаче установлены для изделий с отношением площади остекления к площади изделия равным 0,7.