

Определение приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций на этапе проектирования

На этапе проектирования оконного или балконного дверного блока одним из наиболее важных показателей является определение его приведенного сопротивления теплопередаче.

В ДБН В.2.6-31:2006 «Тепловая изоляция зданий» в обязательном приложении М приводится формула расчета приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачной конструкции:

$$R_{np} = \frac{F_{cn} + \sum_{i=1}^n F_i}{\frac{F_{cn}}{R_{\Sigma cn}} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j} \quad (1)$$

где:

- $R_{\Sigma cn}$ — приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачной части конструкции, $m^2 \cdot K / Wt$;
- F_{cn} — площадь светопрозрачной части конструкции, m^2 ;
- $R_{\Sigma i}, F_i$ — приведенное сопротивление теплопередаче и площадь i -го непрозрачного элемента;
- k_j — линейный коэффициент теплопередачи краевой зоны j -го конструктивного непрозрачного элемента светопрозрачной конструкции, $Wt / (m \cdot K)$;
- L_j — линейный размер j -го конструктивного непрозрачного элемента, m .

В международной практике существуют два подхода в определении линейного коэффициента теплопередачи краевых зон, которыми в нашем случае являются зоны на участках сопряжения переплетов оконных и дверных балконных блоков с остеклением.

- ♦ **Первый подход** заключается в применении компьютерной программы расчета, моделирующей тепловой режим конструкции с учетом влияния линейных краевых зон. Этот подход реализован в ДБН В.2.6-31 и при его использовании проектировщик должен, во-первых, иметь эту программу и, во-вторых, уметь ею пользоваться.
- ♦ **Второй подход** заключается в использовании табличных значений линейного коэффициента теплопередачи краевых зон, определенных заранее расчетным методом. При реализации этого подхода проектировщику достаточно воспользоваться табличными значениями этого коэффициента, рассчитанного для различных вариантов конструктивных решений краевых зон.

Остановимся подробнее на втором подходе.

Сущность метода описана в EN ISO 10071-1: 2000 «Расчет линейного коэффициента теплопередачи. Приближенный метод» и заключается в определении приведенного сопротивления теплопередаче оконных и дверных балконных блоков как интегральной величины, которая характеризуется суммарными потерями тепла через переплеты, остекление и непрозрачные участки заполнения балконных дверей с учетом особенностей передачи тепла в краевых зонах.

Под краевой зоной понимается линейный участок (зона) сопряжения заполнения светопрозрачной части оконного блока или непрозрачной части балконной двери с переплетами (рис. 1).

Общие потери тепла через оконный блок или дверной балконный блок Q_o^{bl} складываются из:

- ♦ потерь тепла через переплеты Q_{nep} ;
- ♦ потерь тепла через светопрозрачную часть Q_{ocm} ;
- ♦ потерь тепла через непрозрачную часть заполнения балконных дверей $Q_{непр}$;
- ♦ дополнительных потерь тепла в краевых зонах на участках сопряжения переплетов с заполнением светопрозрачной части $\Delta Q_{кр}^{ocm}$;
- ♦ дополнительных потерь тепла в краевых зонах на участках сопряжения переплетов с непрозрачным заполнением балконных дверей $\Delta Q_{кр}^{непр}$.

$$Q_o^{bl} = Q_{nep} + Q_{ocm} + Q_{непр} + \Delta Q_{кр}^{ocm} + \Delta Q_{кр}^{непр} \quad (2)$$

Под дополнительными потерями тепла в краевых зонах подразумеваются повышенные потери тепла на участках сопряжения переплетов оконных и дверных балкон-

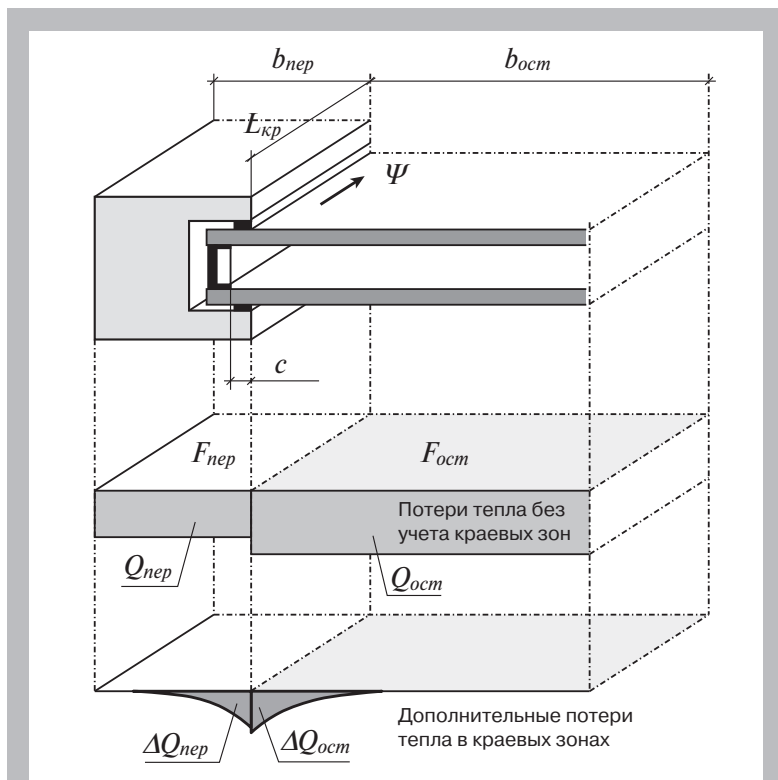


Рис. 1. Схема распределения тепловых потоков через остекление и переплеты оконных блоков с учетом краевых зон

ных блоков с остеклением или непрозрачным заполнением. Дополнительные потери тепла в краевых зонах обусловлены наличием уплотнительных и герметизирующих материалов, дистанционных рамок различного конструктивного решения, оказывающих влияние на тепловой режим остекления по сравнению с центральной термически однородной зоной, и переплетов — по сравнению с потерями тепла через переплеты при заполнении светопрозрачной части теплоизоляционной плитой.

В общем случае величина приведенного сопротивления теплопередаче оконного или дверного балконного блока R_o^{bl} может быть рассчитана по формуле:

$$R_o^{bl} = \frac{F_o^{bl}}{\frac{F_{пер}}{R_o^{пер}} + \frac{F_{ост}}{R_o^{ост}} + \frac{F_{непр}}{R_o^{непр}} + \Psi_{ост} \cdot L_{ост} + \Psi_{непр} \cdot L_{непр}}, \quad (3)$$

где:

F_o^{bl} — общая площадь оконного блока, м²;

$F_{пер}$, $F_{ост}$, $F_{непр}$ — площади переплетов, остекления и непрозрачного заполнения балконных дверей, м²;

$R_o^{пер}$, $R_o^{ост}$, $R_o^{непр}$ — приведенное сопротивление теплопередаче переплетов, остекления и непрозрачного заполнения балконных дверей, м²·°С/Вт;

$\Psi_{ост}$, $\Psi_{непр}$ — линейные коэффициенты теплопередачи в краевых зонах остекления и непрозрачного заполнения балконных дверей, Вт/(м·°С);

$L_{ост}$, $L_{непр}$ — длина краевых зон, м.

При проведении расчетов R_o^{bl} величины $\Psi_{ост}$, $\Psi_{непр}$ принимаются по справочному приложению 1 в зависимости от конструктивного решения стеклопакетов, типа и материала дистанционных рамок, заглубления дистанционных рамок в переплете, конструктивного решения переплетов. Справочное приложение 1, как и приводимая ниже методика определения R_o^{bl} , взяты из российского стандарта СТО 44416204-001-2008 «Расчетный метод определения приведенного сопротивления теплопередаче оконных и дверных балконных блоков». При необходимости величина Ψ может быть уточнена на основании моделирования теплового режима конструкции с привлечением компьютерной программы расчета трехмерных температурных полей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ И СОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ОКОННЫХ БЛОКОВ РАЗЛИЧНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче оконного или дверного балконного блока проводится по расчетной схеме, составленной с учетом следующих допущений и ограничений:

- ◆ криволинейные очертания отдельных элементов, а также конструкции сложной формы заменяются прямыми линиями и прямоугольными фигурами;
- ◆ оконные переплеты представляются в виде единого элемента, размерами и конфигурацией аналогичного рассчитываемой конструкции;
- ◆ толщина стеклопакетов или листового стекла, глубина их посадки в профиле, а также величина заглубления дистанционных рамок стеклопакетов относительно грани штапиков принимаются равными геометрическим размерам рассчитываемой конструкции;
- ◆ коэффициенты теплоотдачи внутренней α_{int} и наружной α_{ext} поверхностей принимаются равными по всей площади соответствующей поверхности.

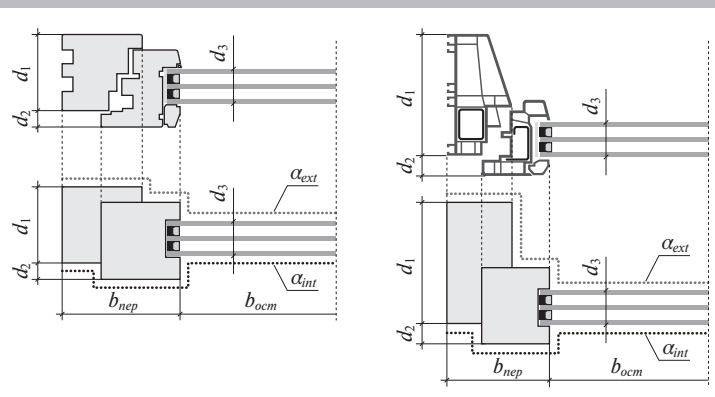


Рис. 2. Примеры расчетных схем оконных блоков различного конструктивного решения

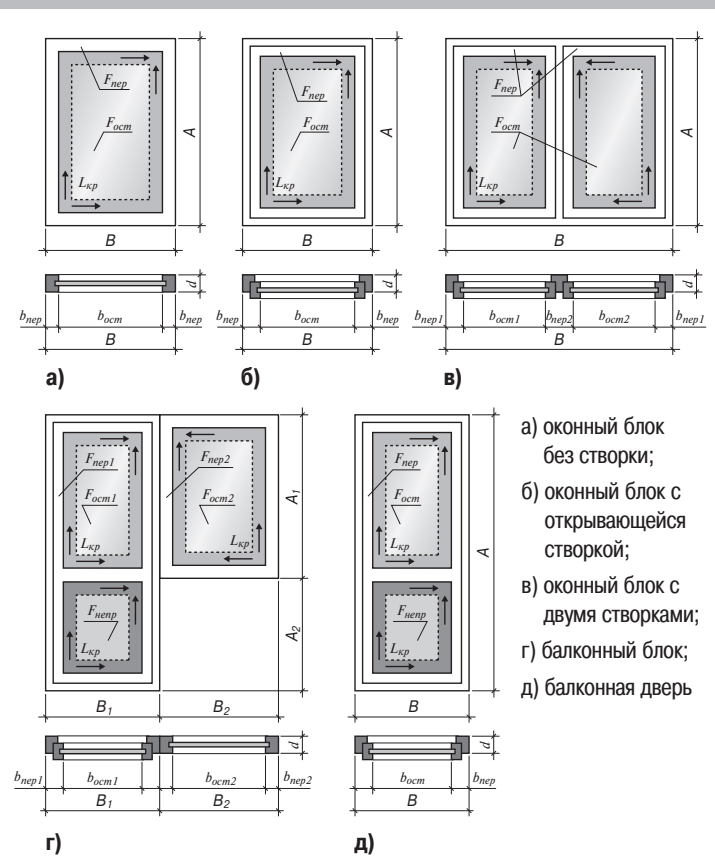


Рис. 3. Расчетные схемы для определения площадей остекления, переплетов и размеров краевых зон оконных и дверных балконных блоков различного конструктивного решения

Геометрические размеры и площади оконных блоков определяются с учетом следующих правил:

- ◆ общая площадь оконного блока F_o^{bl} определяется по габаритным размерам;
- ◆ площадь остекления $F_{ост}$ определяется по наименьшим размерам «в свету»;
- ◆ площадь непрозрачного заполнения балконных дверей $F_{непр}$ определяется аналогично остеклению по наименьшим размерам «в свету»;
- ◆ площадь переплетов $F_{пер}$ рассчитывается как разность между общей площадью оконного блока F_o^{bl} , площадью остекления $F_{ост}$ и площадью непрозрачной части заполнения балконных дверей $F_{непр}$;

- ♦ длина краевой зоны остекления $L_{ост}$ принимается равной суммарной длине участков сопряжения остекления с переплетами;
- ♦ длина краевой зоны заполнения балконных дверей $L_{непр}$ принимается равной суммарной длине участков сопряжения переплетов с непрозрачным заполнением.

Расчетные схемы для определения площадей остекления, переплетов, размеров краевых зон оконных и дверных балконных блоков приведены на рис. 3.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ

Приведенное сопротивление теплопередаче оконных и дверных балконных блоков рассчитывается по формуле (3) с учетом следующих особенностей:

- ♦ величина приведенного сопротивления теплопередаче переплетов $R_o^{непр}$ принимается по результатам испытаний в соответствии с ДСТУ Б В.2.6-17 или по результатам расчетов температурных полей;
- ♦ при использовании в переплетах профилей с различными теплозащитными качествами (например, импостов, шульповых притворов и т.п.) их площадь может рассчитываться раздельно и вводиться в расчет с учетом фактического сопротивления теплопередаче;
- ♦ сопротивление теплопередаче остекления (светопрозрачной части) $R_o^{ост}$ принимается для центральной термически однородной зоны по результатам испытаний в соответствии с ДСТУ Б В.2.6-17 или по ДБН В.2.6-31, приложение М;
- ♦ величины линейных коэффициентов теплопередачи в краевых зонах $\Psi_{ост}$, $\Psi_{непр}$ принимаются согласно приложению 1;
- ♦ величина приведенного сопротивления теплопередаче непрозрачного заполнения балконных дверей $R_o^{непр}$ рассчитывается с учетом толщины d_i и коэффициен-

тов теплопроводности λ_i материала отдельных слоев по формуле:

$$R_o^{непр} = 1/\alpha_{ext} + \sum d_i/\lambda_i + 1/\alpha_{int}, \quad (4)$$

где: $\alpha_{ext} = 8,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$, $\alpha_{int} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей согласно ДБН В.2.6-31, приложение Е.

Последовательность расчета приведенного сопротивления теплопередаче

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче оконных или дверных балконных блоков проводится в следующей последовательности:

- ♦ определяются (задаются) размеры и конфигурация оконного или дверного балконного блока;
- ♦ уточняются конструктивное решение переплетов, остекления, заполнения непрозрачной части балконных дверей, тип дистанционных рамок стеклопакетов и их заглубление относительно грани штапика;
- ♦ задаются коэффициенты теплоотдачи наружной и внутренней поверхностей непрозрачного заполнения балконных дверей;
- ♦ составляется расчетная схема оконного блока;
- ♦ по справочным данным или протоколам испытаний определяются приведенное сопротивление теплопередаче профильной системы (переплетов) $R_o^{непр}$ и центральной части остекления $R_o^{ост}$, при необходимости величина $R_o^{непр}$ рассчитывается по компьютерной программе расчета температурных полей;
- ♦ по приложению 1 определяются величины линейных коэффициентов теплопередачи в краевых зонах $\Psi_{ост}$, $\Psi_{непр}$;
- ♦ в соответствии с исходными данными рассчитываются общая площадь оконного или дверного балконного блока $F_o^{бл}$, площади остекления $F_{ост}$, переплетов $F_{непр}$, непрозрачного заполнения $F_{непр}$;
- ♦ по формуле (3) рассчитывается величина $R_o^{бл}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Ширина дистанционных рамок	Значения линейного коэффициента теплопередачи $\Psi_{ост}$ при различной степени заглубления дистанционной рамки относительно грани штапика, с								
	Дистанционные рамки из алюминиевых сплавов			Дистанционные рамки из нержавеющей стали			Дистанционные рамки из ПВХ, Termix, TPS и т.п.		
	c = 0	c = 5	c = 10	c = 0	c = 5	c = 10	c = 0	c = 5	c = 10
Однокамерные стеклопакеты									
6	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
10	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
14	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03
18	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
22	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Двухкамерные стеклопакеты									
6	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
10	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
14	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
18	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03
22	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04

ПРИМЕР №1

Определить приведенное сопротивление теплопередаче двухстворчатого оконного блока 1,5 × 1,5 м с одной глухой и одной поворотнo-откидной створками из ПВХ-профилей фирмы **profine** торговой марки **Kömmering** серии **EuroFutur standard** с двухкамерными стеклопакетами СПД 4М1-10-4М1-10-4М1 (рис. П1).

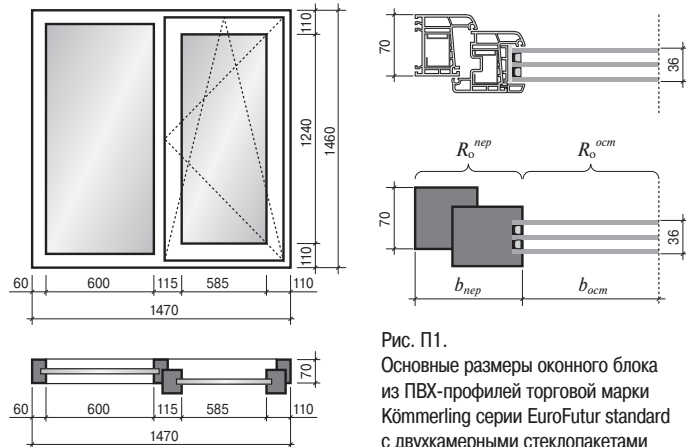


Рис. П1. Основные размеры оконного блока из ПВХ-профилей торговой марки Kömmering серии EuroFutur standard с двухкамерными стеклопакетами

- ◆ Дистанционные рамки стеклопакетов — из алюминия.
- ◆ Приведенное сопротивление теплопередаче профильной системы принимается по результатам сертификационных испытаний и составляет $R_o^{nep} = 0,85 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.
- ◆ Приведенное сопротивление теплопередаче центральной зоны стеклопакетов принимается по данным табл. М1, ДБН В 2.6-31 в зависимости от конструкции стеклопакета и в нашем случае составляет $R_o^{ocm} = 0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.
- ◆ В соответствии с исходными данными (см. рис. П.1) определяем: $F_o^{bl} = 2,146 \text{ м}^2$; $F_o^{ocm} = 1,529 \text{ м}^2$; $F_{nep} = 0,617 \text{ м}^2$; $L_j = 7,5 \text{ м}$.
- ◆ По данным приложения 1 для двухкамерного стеклопакета с дистанционными рамками из алюминия при глубине посадки стеклопакета в переплетах $c = 5 \text{ мм}$ определяем $\Psi_{ocm} = 0,06 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$.
- ◆ Рассчитываем величину приведенного сопротивления теплопередаче оконного блока в целом:

$$R_o^{bl} = \frac{2,146}{0,617 / 0,85 + 1,529 / 0,47 + 0,06 \cdot 7,5} = 0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

ПРИМЕР №2

Определить приведенное сопротивление теплопередаче двухстворчатого оконного блока 1,5 × 1,5 м с двумя поворотнo-откидными створками из ПВХ-профилей фирмы **profine** торговой марки **Kömmering** серии **EuroFutur standard** с двухкамерными стеклопакетами СПД 4М1-10-4М1-10-4М1.

- ◆ Дистанционные рамки стеклопакетов — из алюминия.
- ◆ Приведенное сопротивление теплопередаче профильной системы принимается по результатам сертификационных испытаний и составляет $R_o^{nep} = 0,85 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.
- ◆ Приведенное сопротивление теплопередаче центральной зоны стеклопакетов принимается по данным табл. М1 ДБН В 2.6-31 в зависимости от конструкции стеклопакета и в нашем случае составляет $R_o^{ocm} = 0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.

- ◆ В соответствии с исходными данными определяем: $F_o^{bl} = 2,146 \text{ м}^2$; $F_o^{ocm} = 1,283 \text{ м}^2$; $F_{nep} = 0,863 \text{ м}^2$; $L_j = 7,0 \text{ м}$.
- ◆ По данным приложения 1 для двухкамерного стеклопакета с дистанционными рамками из алюминия при глубине посадки стеклопакета в переплетах $c = 5 \text{ мм}$ определяем $\Psi_{ocm} = 0,06 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$.
- ◆ Рассчитываем величину приведенного сопротивления теплопередаче оконного блока в целом:

$$R_o^{bl} = \frac{2,146}{0,863 / 0,85 + 1,283 / 0,47 + 0,06 \cdot 7,0} = 0,52 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

ПРИМЕР №3

Определить приведенное сопротивление теплопередаче балконного блока из ПВХ-профилей фирмы **profine** торговой марки **КВЕ** серии **Elita Optima** с двухкамерными стеклопакетами СПД 4М1-12-4М1-12-4М1 (рис. П2).

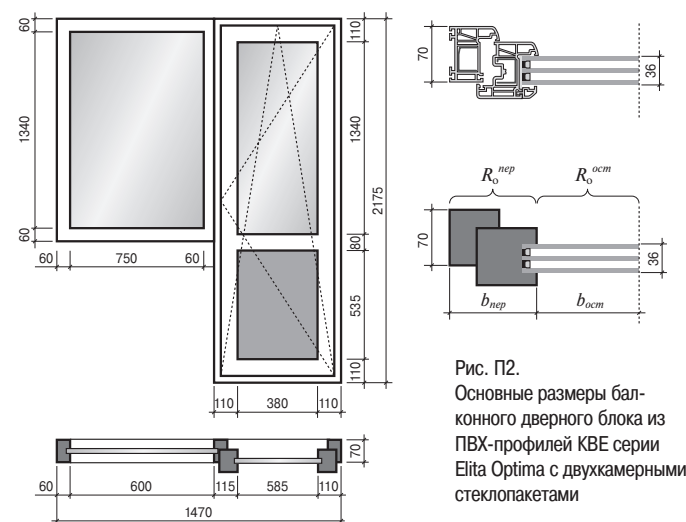


Рис. П2. Основные размеры балконного дверного блока из ПВХ-профилей КВЕ серии Elita Optima с двухкамерными стеклопакетами

- ◆ Дистанционные рамки стеклопакетов — из алюминия. Нижняя часть балконной двери заполнена теплоизоляционной плитой Stadur толщиной 36 мм.
- ◆ Приведенное сопротивление теплопередаче профильной системы по результатам испытаний составляет $R_o^{nep} = 0,91 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.
- ◆ Приведенное сопротивление теплопередаче центральной зоны стеклопакетов: $R_o^{ocm} = 0,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.
- ◆ Приведенное сопротивление теплопередаче теплоизоляционной плиты: $R_o^{пл} = 1/\alpha_{ext} + \sum d_i/\lambda_i + 1/\alpha_{int} = 1,20 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.
- ◆ В соответствии с исходными данными (см. рис. П2) определяем: $F_o^{bl} = 2,71 \text{ м}^2$; $F_o^{ocm} = 1,51 \text{ м}^2$; $F_{nep} = 1,00 \text{ м}^2$; $F_{пл} = 0,20 \text{ м}^2$; $L_j = 7,6 \text{ м}$.
- ◆ По данным приложения 1 для двухкамерного стеклопакета с дистанционными рамками из алюминия при глубине посадки стеклопакета в переплетах $c = 5 \text{ мм}$ определяем $\Psi_{ocm} = 0,06 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$.
- ◆ Рассчитываем величину приведенного сопротивления теплопередаче дверного балконного блока в целом:

$$R_o^{bl} = \frac{2,71}{1,00 / 0,91 + 1,51 / 0,49 + 0,20 / 1,2 + 0,06 \cdot 7,6} = 0,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Диаграмма 1. ОБ из ПВХ-профилей торговой марки KÖMMERLING серии EuroFutur standard

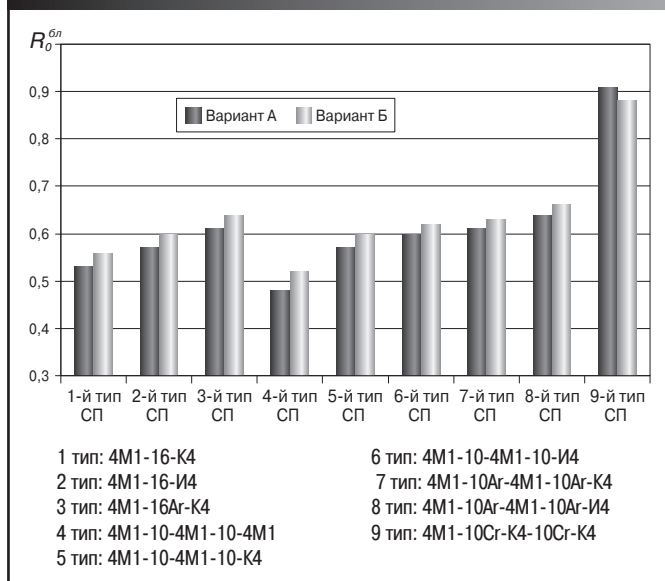
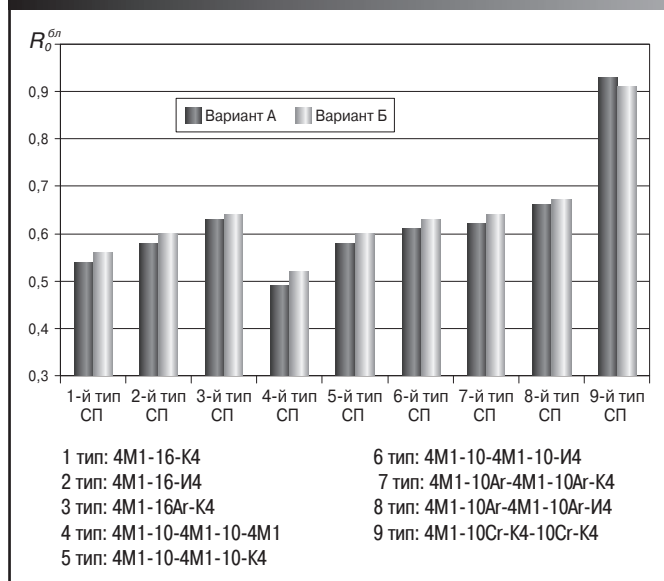


Диаграмма 2. ОБ из ПВХ-профилей торговой марки КВЕ серии Elita Optima



На диаграммах 1 и 2 приведены значения величин сопротивления теплопередаче оконного блока размером 1,5 × 1,5 м с одной открывающейся (Вариант А) и двумя открывающимися (Вариант Б) створками с девятью вариантами типов стеклопакетов.

В заключение хотелось бы сообщить о том, что в данной статье описана методика определения R_0^{6n} , которая была использована при разработке ДСТУ-Н Б В.2.6-

146:2010 «Настанова щодо проектування і улаштування вікон та дверей». Этот стандарт был утвержден на НТС Минрегионстроя приказом № 444 от 15 ноября 2010 года и вступает в силу с 01 июля 2011 года.

Файбушевич С. И., руководитель отдела сертификации, стандартизации и качества ООО «профайн Украина»