

РАСЧЁТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Венжего Г.С.

ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций»
г. Киев, Украина

АНОТАЦІЯ: У статті наведена методика проведення розрахункової оцінки повітропроникності конструкцій відносно заданої різниці тиску.

АННОТАЦИЯ: В статье приведена методика проведения расчётной оценки воздухопроницаемости конструкций в зависимости от заданного перепада давления.

ABSTRACT: In the article describes the calculation method of air leakage for building envelope depending from pressure differential.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: воздухопроницаемость, ограждающие конструкции, давление.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных характеристик ограждающих конструкций зданий, влияющей на энергопотребление, является воздухопроницаемость конструкций. Для выбора оборудования систем отопления и кондиционирования, при определении теплотерь здания необходимо учитывать расход инфильтрирующегося воздуха, который в свою очередь зависит от воздухопроницаемости конструкций.

Целью данной работы является разработка общей методики расчётной оценки воздухопроницаемости конструкций.

Проведение оценки воздухопроницаемости ограждающей конструкции в целом, состоящей из различных конструктивных составляющих, представляется возможной при наличии значений воздухопроницаемости отдельных составляющих, определённых ранее экспериментальным путём. Основные экспериментальные методы определения воздухопроницаемости конструкций, используемые в Украине, России, Европе, США, приведены в табл. 1.

Как было отмечено выше, для проведения расчётов необходима база данных показателей воздухопроницаемости материалов и конструкций. Эти немногочисленные данные можно найти в ДБН В.2.6-31:2007, а также в опубликованных отчётах и статьях преимущественно американских или европейских авторов [1, 2]. В лаборатории строительной физики и энергосбережения ГП НИИСК также ведётся активная работа по определению воздухопроницаемости теплоизоляционных материалов согласно ДСТУ Б В.2.6-37: 2008.

Экспериментальные методы определения воздухопроницаемости

Обозначение	Название
ДСТУ Б В.2.6-18 (ГОСТ 26602.2) ДСТУ Б В.2.2-19: 2007 ДСТУ Б В.2.6-37: 2008	Блоки віконні та дверні. Методи визначення повітрята водопроникності. Метод визначення повітропроникності огороджувальних конструкцій в натурних умовах Методи визначення показників повітропроникності огороджувальних конструкцій і їх елементів в лабораторних умовах
ГОСТ 31167 - 2003 ГОСТ 26602.2-99	Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях Блоки оконные и дверные. Методы определения воздухо- и водопроницаемости.
EN 13829 (ISO 9972:2006) ASTM(2010) E779-10 EN 12153 EN 1026	Термические характеристики зданий - Определение воздухопроницаемости зданий – Метод нагнетания воздуха вентилятором (Thermal Insulation—Determination of Building Airtightness--Fan Pressurization Method) Навесные ограждающие конструкции – Воздухопроницаемость - Методы испытаний. (Curtain Walling - Air Permeability - Test Method) Windows and doors – Air permeability – Test method

На основе проведенных испытаний получено подтверждение криволинейной зависимости воздухопроницаемости от толщины слоя материала. Так, например, на рис.1(а) приведены результаты лабораторных испытаний, проведенных в ГП НИИСК, минераловатного утеплителя плотностью 80 кг/м^3 , а на рис.1(б) - данные испытаний кирпичной кладки плотностью 1600 кг/м^3 канадских исследований [1]. Соответственно, простое суммирование слоёв материала по формуле (Т.3) ДБН В.2.6-31:2007 не даёт корректного результата, что также отмечено в трудах Савина В.К. [3].

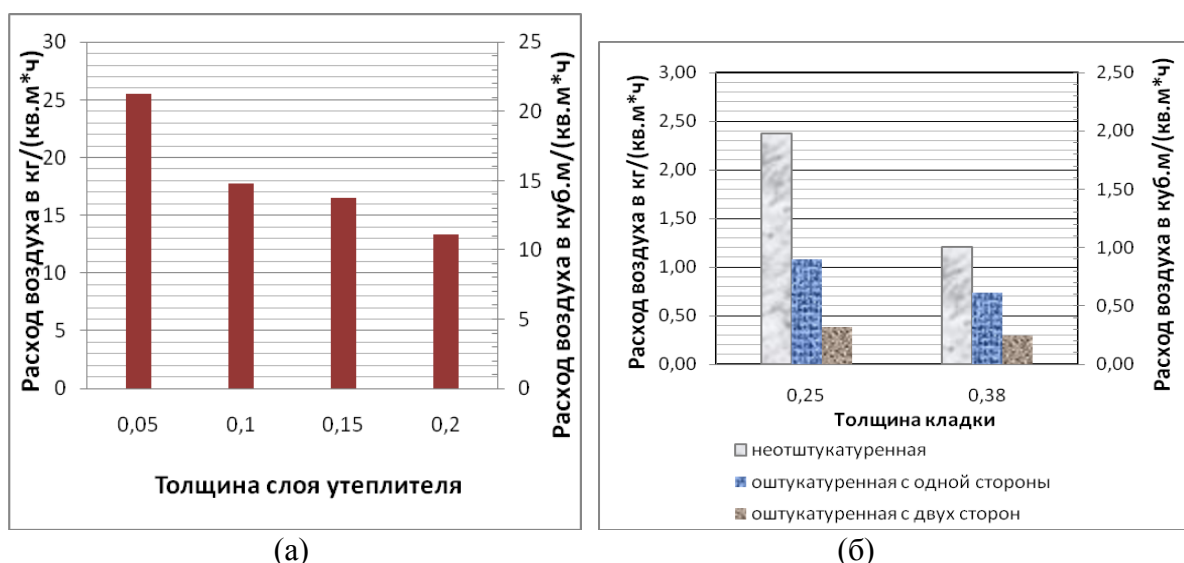


Рис. 1. Зависимость воздухопроницаемости от толщины слоя материала

В зарубежных источниках [4, 5] имеется информация о применении упрощенного метода расчёта инфильтрации через ограждающие конструкции здания. В одном случае метод используется для определения приведенного сопротивления воздухопроницанию конструкций производственных зданий при перепаде давлений равном 10 Па [4], в другом случае для оценки объёмной воздухопроницаемости конструкций зданий с низким потреблением энергии при перепаде давлений равном 50 Па. После проведения анализа существующих методик была разработана упрощенная методика оценки воздухопроницаемости конструкций жилых, общественных и производственных зданий. Данная методика позволяет проводить оценку воздухопроницаемости конструкций для заданных перепадов давлений по имеющимся данным воздухопроницаемости материалов. Для упрощения и чёткости использования расчётных формул все конструкции распределены на 4 конструктивных типа. В соответствии с определённым типом конструкции проводятся расчёты по изложенным ниже формулам.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Определение воздухопроницаемости однослойных однородных конструкций и светопрозрачных конструкций

Массовая воздухопроницаемость однослойной конструкции G_k или отдельного однородного слоя конструкции $G^{\Delta p}$ определяется экспериментальным методом или по формуле:

$$G^k = G^{\Delta p} = G^{\Delta p_0} \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^n, \quad (1)$$

где $G^{\Delta p_0}$ – массовая воздухопроницаемость ограждающей конструкции, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, при Δp_0 , которая определяется по результатам испытаний или по имеющимся данным, например, таблицы Т.2 ДБН В.2.6-31:2007;

Δp – расчётная разница давлений;

$\Delta p_0 = 10$ – разница давлений при которой определялась воздухопроницаемость экспериментальным путём;

(Примечание: формула может применяться не только для перепада давления $\Delta p_0 = 10$ Па, но и для других значений перепада давления с подстановкой соответствующего $G^{\Delta p_0}$);

n – показатель фильтрации, который определяется экспериментальным путём. При отсутствии данных принимается для утеплителей из минеральной ваты и стеклянной ваты равным 1; для кирпичной кладки – 0,8; для окон и дверей – 0,67.

Определение воздухопроницаемости многослойных ограждающих конструкций с последовательным размещением слоёв

Например, многослойная утеплённая стена. Расчёт следует проводить по формуле:

$$G^k = \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{G_i^{\Delta p}} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где $G_i^{\Delta p}$ – массовая воздухопроницаемость ($G^{\Delta p}$) i -го слоя конструкции, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, определённая по формуле (1);

m – количество слоёв конструкции.

Определение воздухопроницаемости многослойных ограждающих конструкций с параллельным размещением слоёв

Например, стена с разными несущими слоями. Расчёт следует проводить по формуле:

$$G^k = \frac{\sum_{j=1}^m G_j^{\Delta p} \cdot F_j}{\sum F_j}, \quad (3)$$

где $G_i^{\Delta p}$ – массовая воздухопроницаемость ($G^{\Delta p}$) i -го слоя конструкции, кг/м²·год, определённая по формуле (1);

m – количество слоёв конструкции

F_j – площадь j -го слоя конструкции, м².

Определение воздухопроницаемости комбинированных многослойных ограждающих конструкций

Например, стена с различными несущими слоями и утеплителем. Расчёт следует проводить в следующей последовательности:

конструкция условно разбивается на подконструкции;

определяется массовая воздухопроницаемость слоёв по формуле (1);

определяется массовая воздухопроницаемость частей конструкции с последовательным размещением слоёв;

определяется массовая воздухопроницаемость частей конструкции с параллельным размещением слоёв.

Приведенная методика положена в основу проекта стандарта для расчётной оценки воздухопроницаемости ограждающих конструкций.

Согласно требований США [6] максимальная приведенная воздухопроницаемость конструкций не должна превышать 0.25 CFM75/sq ft (cubic foot per minute per square foot). Учитывая, что 1CFM/sq ft = 18,29 м³/(м²·ч) = 22,31 кг/(м²·ч), то в единицах массовой воздухопроницаемости норматив составляет 5,57 кг/(м²·ч) для разности давления равном 75 Па. Принимая показатель фильтрации [6] $n=0,6$ можно ориентировочно оценить норматив для разности давления 50 Па и 10 Па, что равняется соответственно $5,57 \cdot (50/75)^{0,6} = 4,37$ кг/(м²·ч) и $5,57 \cdot (10/75)^{0,6} = 1,66$ кг/(м²·ч).

В табл. 2 приведены оценочные расчёты приведенной воздухопроницаемости по формуле (3) трёх вариантов ограждений в зависимости от характеристик непрозрачной и светопрозрачной частей ограждения.

При заданных значениях воздухопроницаемости отдельных частей конструкций, с учётом возможной степени остеклённости, первый вариант, при высокой остеклённости, не удовлетворяет условию по допустимой воздухопроницаемости для ограждающей оболочки здания.

Приведенная упрощённая методика даёт возможность анализа воздухопроницаемости, как отдельных частей конструкций, так и всех конструкций в целом.

Таблица 2

Вариант	ΔP	Воздухопроницаемость, кг/(м ² ч)		Остеклённость	Воздухопроницаемость конструкции, кг/(м ² ч)
		стены	окна		
1	10	0,5	6	0,18	1,49
				0,2	1,6
				0,25	1,875
				0,3	2,15
2	10	0,4	4	0,18	1,048
				0,2	1,12
				0,25	1,3
				0,3	1,48
3	10	0,4	3	0,18	0,868
				0,2	0,92
				0,25	1,05
				0,3	1,18

ЛИТЕРАТУРА

1. Cristina Cosmulescu. Experimental procedure to evaluate air leakage through different building materials / Cristina Cosmulescu, 1997. – 133 p.
www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/tape17/PQDD_0012/MQ39976.pdf.
2. J. R. Sasaki 'Air Leakage Characteristics of Some Brick and Concrete Block Walls / J.R. Sasaki // DBR/NRCC, Technical note 525, September 1968.
3. Савин В.К. Строительная физика: аэродинамика и теплообмен при взаимодействии потоков и струй со зданиями / Савин В.К. – М.: Лазурь, 2008. – 480 с.
4. Пособие 12.19 к СНиП 2.04.05-91. Рекомендации по расчёту инфильтрации наружного воздуха в одноэтажные производственные здания.
5. Tim Weber. A calculation method for air infiltration energy loss based on climatic data. International Journal of Low-Energy and Sustainable Buildings / Tim Weber, Lenz Weber. - Vol.3, 2004.
<http://www.byv.kth.se/avd/byte/leas>.
6. USACE Air Leakage Test Protocol for Building Envelopes – Version 3:2012-05-11
www.wbdg.org/pdfs/usace_airleakagetestprotocol.pdf.

Статья поступила в редакцию 28.03.2013 г.