



Подтверждение экспериментальной оценки теплозащитных свойств оконных блоков

Одним из наиболее эффективных и сравнительно малозатратных методов снижения энергопотребления зданий на их отопление, как в нашей стране, так и за рубежом, является применение заполнений светопроёмов с повышенным уровнем теплозащиты [1–5]. Поэтому оценка теплозащитных свойств светопрозрачных конструкций приобретает особое значение в настоящее время — в условиях действия Федерального закона от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении...» и особенно Свода Правил (СП) 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»» (далее — СП 50) [6–8].

Это связано в первую очередь с тем, что по требованиям ГОСТ 26602.1-99 «Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче» измерение сопротивления теплопередаче оконного блока $R_{ок}$ [$\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$] производится при расчётной температуре t_n , равной температуре наиболее холодной пятидневки, но не выше -20°C , а расчёт энергопотребления и определение класса энергосбережения здания по СП 50 — при средней температуре за отопительный

период $t_{оп}$, из-за чего появляется заметная погрешность в вычислении тепловых затрат.

В публикации [9] авторами были представлены результаты экспериментальных исследований зависимости величины $R_{ок}$ от относительной безразмерной разности температур $\Delta t/\Delta t_{ст}$, где $\Delta t = t_b - t_n$ — текущая разность температур внутреннего и наружного воздуха по обе стороны конструкции, соответственно; $\Delta t_{ст}$ — стандартный температурный перепад $(t_b - t_n)_{ст}$, принятый для сертификационных испытаний. Полученные данные хорошо обобщаются следующей формулой, впервые приведённой также в [9]:

$$R_{ок} = R_{ок}^{ст} \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_{ст}} \right)^{-0,58}, \quad (1)$$

где $R_{ок}^{ст}$ — значение $R_{ок}$, полученное при $\Delta t = \Delta t_{ст}$.

Легко видеть, что данная зависимость имеет достаточно простой и инженерный вид, является физически обоснованной и качественно подтверждается имеющимися результатами других исследователей, в частности, [5–6]. Однако представляется целесообразным для подтверждения

Рецензия эксперта на статью получена 09.04.2018 [Expert review on the article was received on April 09, 2018].

УДК 697.1:699.86

Подтверждение экспериментальной оценки теплозащитных свойств оконных блоков

О. Д. Самарин, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); **П. В. Винский**, и.о. начальника сектора ОБКИД ОАО «Моспроект-2» имени М.В. Посохина

В работе рассмотрена актуальность уточнения уровня теплозащиты светопрозрачных конструкций, используемого при оценке годового энергопотребления зданий. Приведены результаты обработки результатов экспериментального определения теплозащитных свойств стеклопакетов, достигнутые авторами в ходе осуществления предыдущих исследований. Обоснована необходимость продолжения измерений для других конструкций заполнений светопроёмов с целью подтверждения выявленных зависимостей и исключения влияния на них случайных факторов. Описана методика эксперимента, используемые измерительные приборы, принцип их действия и схема их расположения при выполнении замеров. Представлены основные результаты дополнительного исследования и их статистическая обработка в виде корреляционной зависимости с оценкой степени её достоверности. Дан анализ полученных соотношений и их сопоставление с ранее полученными экспериментальными данными авторов работы.

Ключевые слова: оконный блок, стеклопакет, сопротивление теплопередаче, тепловой поток, корреляционная зависимость.

UDC 697.1:699.86

Verification of experimental estimation of thermal protection properties of window units

O. D. Samarin, PhD, Associated Professor, Moscow State National Research University of Civil Engineering (MGSU); **P. V. Vinskiy**, Acting Chief of the HVAC section of "Mosproject-2 named after M.V. Posokhin", Ltd.

The paper considers the relevance of clarifying the level of thermal protection of translucent structures used in assessing the annual energy consumption of buildings. Results of processing of results of experimental determination of heat-shielding properties of double-glazed windows reached by authors during implementation of the previous researches are presented. The necessity of continuing the measurements for other designs of window units to confirm the identified dependencies and exclude the impact of random factors is validated. The technique of experiment, the used measuring devices, the principle of their action and the scheme of their arrangement at performance of measurements is described. The main results of the additional study and their statistical processing in the form of correlation with the assessment of its reliability are presented. The analysis of the obtained relations and their comparison with the previously obtained experimental data of the authors is given.

Keywords: window unit, glass stack, thermal resistance, heat flow, correlation dependence.

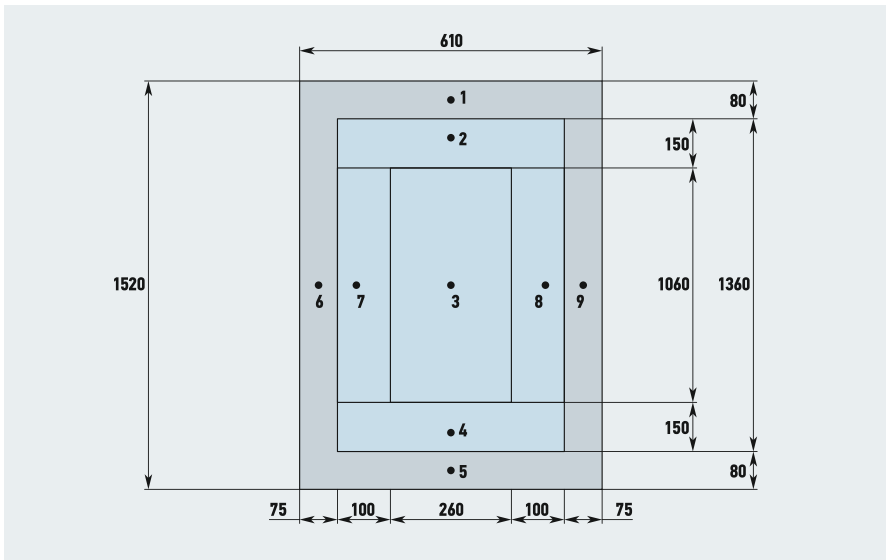


Рис. 1. Схема размещения датчиков на поверхности оконного блока к табл. 1
Результаты замеров плотностей теплового потока при различной $t_{\text{н}}$

табл. 1

Дата	q_1 , Вт/м ²	q_2 , Вт/м ²	q_3 , Вт/м ²	q_4 , Вт/м ²	q_5 , Вт/м ²	$t_{\text{н}}$, °С	$t_{\text{в}}$, °С
05.02.2017, 18:53:31	25,1	32,8	55,7	82,3	31,6	-8,8	27,6
06.02.2017, 06:10:18	30,7	35,0	58,6	93,4	33,5	-13,6	26,1
07.02.2017, 07:10:19	34,1	50,5	78,5	118,5	40,2	-22,5	27,7
10.02.2017, 22:54:33	22,8	24,1	40,9	65,9	24,2	-1,9	29,1

соотношения (1) проведение дальнейших экспериментов с целью исключить влияние случайных факторов и специфики конструкции конкретного заполнения светопроёма, использованного авторами ранее. Для этого в течение февраля 2017 года в помещении жилого дома в городе Щёлково Московской области были проведены дополнительные измерения. Как и в работе [9], в качестве испытуемого оконного блока применялся однокамерный стеклопакет в ПВХ-переплёте, установленный в данном случае в одной из жилых комнат. Плотности тепловых по-

токов q [Вт/м²], проходящих через оконный блок в его различных точках, а также значения $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ считывались в автоматическом режиме с помощью прибора ИТП-МГ4.03/Х (У) «Поток».

Работа датчиков прибора основана на принципе «дополнительной стенки», которая образуется при их закреплении на теплообменной поверхности исследуемого объекта. Тепловой поток, проходящий через датчик, создаёт в нём градиент температур и соответствующий термоэлектрический сигнал. В качестве выносных датчиков температуры в измерителе



применяются платиновые термодатчики сопротивления, заключённые в металлический герметичный дискообразный корпус или в трубчатый зонд. Датчики были плотно прижаты по всей его поверхности к оконному блоку и закреплены в положении, обеспечивающем постоянный контакт датчика теплового потока с поверхностью исследуемых участков в течение всех последующих измерений.

Участки поверхности оконного блока, на которые устанавливались датчики теплового потока, были зачищены до устранения видимых и осязаемых на ощупь шероховатостей. Данные, записанные в архив измерителя, с помощью программы производства компании «СКБ Строй-прибор» передавались на компьютер. Для передачи данных использовался стандартный COM-порт.

Схема расположения датчиков приведена на рис. 1, наиболее характерные результаты замеров — в табл. 1.

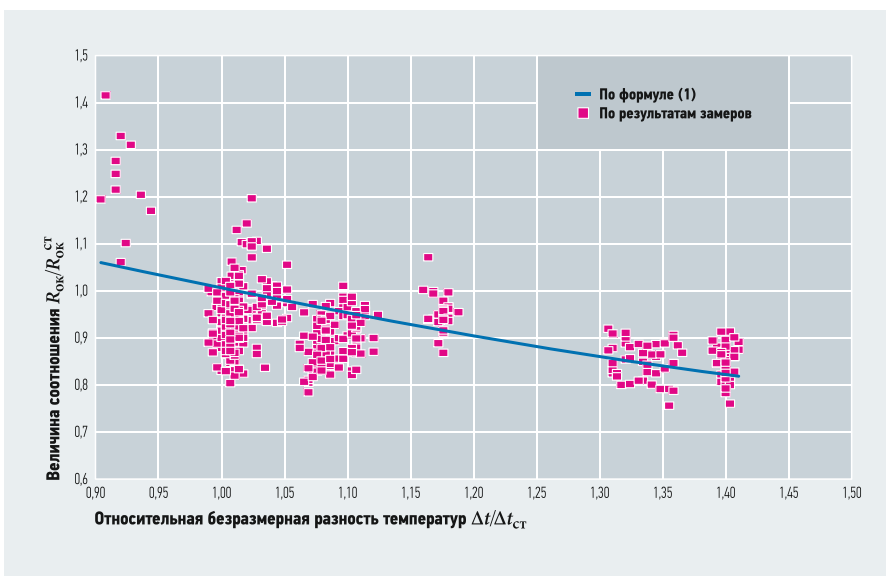


Рис. 2. Корреляционная зависимость величины $\bar{R}$ от отношения $\Delta t/\Delta t_{\text{CT}}$

Тепловой поток, проходящий через датчик, создаёт в нём градиент температур и соответствующий термоэлектрический сигнал. В качестве выносных датчиков температуры в измерителе применяются платиновые термодатчики сопротивления, заключённые в металлический герметичный корпус или в трубчатый зонд. Датчики плотно прижаты по всей его поверхности к оконному блоку и закреплены в положении, обеспечивающем постоянный контакт датчика теплового потока с поверхностью исследуемых участков в течение всех последующих измерений

Далее, аналогично работе [1] значения q осреднялись, и были найдены значения сопротивления теплопередаче оконного блока:

$$R_{\text{ок}} = \frac{\Delta t}{q}. \quad (2)$$

Указанный интервал времени (табл. 1) позволил охватить значительный диапазон температур наружного воздуха, возможных в течение отопительного периода, поскольку по данным замеров она в этот период изменялась от $-22,5$ до $-1,9^\circ\text{C}$ и, таким образом, отношение $\Delta t/\Delta t_{\text{ст}}$ колебалось примерно от 0,9 до 1,4, если за $\Delta t_{\text{ст}}$ принять некоторый средний уровень, равный 35°C .

Заметим, что с точки зрения теории подобия при обработке результатов в безразмерном виде можно использовать любое значение $\Delta t_{\text{ст}}$, не обязательно то, которое получается, если брать температуру наружного воздуха, оговорённую в стандартных методиках проведения сертификационных испытаний.

Важно только, чтобы это значение было одним и тем же для каждого отдельного замера.

На рис. 1 показана полученная в ходе испытаний корреляционная зависимость:

$$\bar{R} = R_{\text{ок}}/R_{\text{ок}}^{\text{ст}} \text{ от } \Delta t/\Delta t_{\text{ст}}.$$

Поле корреляции соответствующих значений $\bar{R}$, вычисленных по изложенной выше методике, приведено на рис. 2. Сплошной линией показан график зависимости, выражаемой формулой (1). Легко видеть, что в пределах разброса точек соотношение (1) подтверждается. Коэффициент корреляции при этом составляет 0,997, то есть найденная статистическая связь между измеряемыми величинами является практически достоверной.

Таким образом, мы получили дополнительное обоснование полученной ранее авторами экспериментальной зависимости теплозащитных свойств современных заполнений световых проёмов от текущих параметров наружного климата. Поэтому её действительно можно использовать в инженерных расчётах для более точной оценки годового энергопотребления зданий и определения их класса энергосбережения в соответствии с методикой СП 50, как это было предложено в работе [9]. ●

1. Christopher Curtland. High-Performance Glazings: Windows of Opportunity. Buildings. 2013. No. 10. Pp. 13–23.
2. Motuziene V., Juodis E.S. Selection of the efficient glazing for low energy office building. Papers of the 8th International Conference “Environmental Engineering”. Vilnius. 2011. Pp. 788–793.
3. Allan Hani, Teet-Andrus Koiv. Energy Consumption Monitoring Analysis for Residential, Educational and Public Buildings. Smart Grid and Renewable Energy. 2012. Vol. 3. No. 3. Pp. 231–238.
4. Верховский А.А., Нанасов И.И., Елизарова Е.В., Гальцев Д.И., Щередин В.В. Новый подход к оценке энергоэффективности светопрозрачных конструкций // Светопрозрачные конструкции, 2012. №1(81). С. 10–15.
5. Кривошеин А.Д. К вопросу о проектировании тепловой защиты светопрозрачных и непрозрачных конструкций [Электр. ресурс]. Режим доступа: odf.ru. Дата обрац.: 25.01.2015.
6. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплозащиты и требованиях расхода энергии на отопление и вентиляцию в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета (ВолГАСУ). Серия: Строительство и архитектура, 2013. №31-2(50). С. 468–474.
7. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство, 2011. №8. С. 2–6.
8. Винский П.В. Использование СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» при проектировании общественных зданий // Журнал С.О.К., 2018. №2. С. 84–87.
9. Самарин О.Д., Винский П.В. Экспериментальная оценка теплозащитных свойств оконных блоков // Жилищное строительство, 2014. №11. С. 41–43.

Verification of experimental estimation of thermal protection properties of window units. Pp. 81–83.

O.D. Samarin, PhD, Associated Professor, Moscow State National Research University of Civil Engineering (MGSU); **P.V. Vinskii**, Acting Chief of the HVAC section of “Mosproject-2 named after M.V. Posokhin”, Ltd.

1. Curtland Christopher. *High-Performance Glazings: Windows of Opportunity*. Buildings. 2013. No. 10. Pp. 13–23.
2. Motuziene V., Juodis E.S. *Selection of the efficient glazing for low energy office building*. Papers of the 8th International Conference “Environmental Engineering”. Vilnius. 2011. Pp. 788–793.
3. Allan Hani, Teet-Andrus Koiv. *Energy Consumption Monitoring Analysis for Residential, Educational and Public Buildings*. Smart Grid and Renewable Energy. Vol. 3. No. 3. 2012. Pp. 231–238.
4. Verkhovsky A.A., Nanasov I.I., Yelizarova E.V., Galtsev D.I., Shcheredin V.V. *Novyi podkhod k otsenke energoeffektivnosti svetoprozrachnykh konstruktсий* [A new approach to the estimation of energy efficiency of transparent constructions]. *Svetoprozrachnye konstruktсии* [“Transparent constructions” Magazine]. 2012. Vol. 81. No. 1. Pp. 10–15.
5. Krivoshein A.D. *K voprosu o proektirovanii teplovoy zashityi svetoprozrachnykh i neprozrachnykh konstruktсий* [On the question of design of thermal protection of translucent and opaque constructions]. Web-source: odf.ru. Access date: January 25, 2015.
6. Gagarin V.G., Kozlov V.V. *O normirovanii teplozashchityi i trebovaniyakh rashkoda energii na otopenie i ventilyatsiyu v proekte aktualizirovannogo redaktsii SNIp “Teplovaya zashchita zdaniy”* [About rationing thermal protection requirements and energy consumption for heating and ventilation in the project version of the updated Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) “Thermal Protection of Buildings”]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel’nogo universiteta. Seriya: Stroitel’stvo i arkhitektura* [Papers of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture]. 2013. Vol. 50. No. 31-2. Pp. 468–474.
7. Gagarin V.G., Kozlov V.V. *Trebovaniya k teplozashchite i energeticheskoy effektivnosti v proekte aktualizirovannogo SNIp “Teplovaya zashchita zdaniy”* [The requirements to the thermal performance and energy efficiency in the project of the actualized Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) “Thermal performance of the buildings”]. *Zhilishchnoye stroitel’stvo* [“Residential construction” Magazine]. 2011. No. 8. P. 2–6.
8. Vinskii P.V. *Ispol’zovaniye Svoda Pravil (SP) 50.13330.2012 “Teplovaya zashchita zdaniy” pri proektirovanii obshchestvennykh zdaniy* [Using Set of Rules (SR) 50.13330.2012 “Thermal performance of the buildings” at the design of public buildings]. *Zhurnal Santekhnika, otopenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2018. No. 2. Pp. 84–87.
9. Samarin O.D., Vinskii P.V. *Eksperimental’naya ocenka teplozashchitnykh svoystv okonnykh blokov* [Experimental estimation of thermal protective properties of window units]. *Zhilishchnoye stroitel’stvo* [“Residential construction” Magazine]. 2014. No. 11. Pp. 41–43.