

УДК 692.82:699.86

## ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСТУ СВІТЛОПРОЗОРОЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЙ

СОПІЛЬНЯК А. М.<sup>1\*</sup>, доц.

<sup>1\*</sup> Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: artem\_sopilnyak@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

**Анотація. Постановка проблеми.** Враховуючи, що сьогодні енергоресурси коштують досить дорого і ціни на них постійно зростають, огорожувальні конструкції будинку повинні бути зроблені таким чином, щоб максимально знизити втрати тепла зсередини будівлі і відповідати вимогам чинних норм по теплопровідності. З приходом нових технологій з'явилися герметичні пластикові вікна з однокамерним, а з часом і двокамерним склопакетом. Сучасні умови комфорту та періодичні підвищення вартості енергоресурсів і вимог енергоефективності огорожувальних конструкцій змушують повертатися до колишніх дворамних вікон. **Мета.** Підвищення опору теплопередачі для світлопрозорих конструкцій заповнення віконних прорізів з метою запобігання конденсації вологи на їх поверхні. **Методика.** Для світлопрозорих огорожувальних конструкцій масового застосування при будівництві будівель різного призначення були виконані розрахунки на теплопровідність за допомогою програмного комплексу «Elcut 5». **Результати.** Результати отримані за допомогою тепловизора мають деякі відмінності в показаннях температурних величин від розрахункових отриманих у ПК «Elcut». Це можна пояснити недосконалістю програмного комплексу, а також похибкою точності визначення температури поверхні тепловизором. **Практична значимість.** Для світлопрозорих огорожувальних конструкцій масового застосування установка додаткової віконної рами підвищує опір теплопередачі, тим самим знижує теплові втрати, запобігає утворенню конденсату на вікні і утворення грибка на поверхні укосів. Розрахунки в програмному комплексі «Elcut» вимагають досконалості шляхом введення додаткового коефіцієнта, що буде враховувати вплив явища конвекції.

*Ключові слова:* світлопрозора огорожувальна конструкція; розрахунок; опір теплопередачі; ПК «Elcut 5»

## ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ОГРАЖДАЮЩЕЙ СВЕТОПРОЗРАЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

СОПИЛЬНЯК А. М.<sup>1\*</sup>, доц.

<sup>1\*</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: artem\_sopilnyak@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

**Аннотация. Постановка проблемы.** Учитывая, что сегодня энергоресурсы стоят достаточно дорого и цены на них постоянно растут, ограждающие конструкции дома должны быть сделаны таким образом, чтобы максимально снизить потери тепла изнутри здания и соответствовать требованиям нынешних норм по теплопроводности. С приходом новых технологий появились герметичные пластиковые окна с однокамерным, а со временем и двухкамерным стеклопакетом. Современные условия комфорта и периодические повышения стоимости энергоресурсов и требований энергоэффективности ограждающих конструкций заставляют возвращаться к двухрамным окнам. **Цель.** Повышение сопротивления теплопередачи для светопрозрачных конструкций заполнения оконных проемов с предотвращением конденсации влаги на их поверхности. **Методика.** Для ограждающих светопрозрачных конструкций массового применения при строительстве зданий различного назначения были выполнены расчёты на теплопроводность с помощью программного комплекса «Elcut 5». **Результаты.** Результаты полученные с помощью тепловизора имеют некоторые отличия в показаниях температурных величин от расчетных полученных в ПК «Elcut». Это можно объяснить несовершенством программного комплекса, а также погрешностью точности определения температуры поверхности тепловизором. **Практическая значимость.** Для ограждающих светопрозрачных конструкций массового применения установка дополнительной оконной рамы повышает сопротивление теплопередачи, тем самым снижает тепловые потери, предотвращает образование конденсата на окне и образование грибка на поверхности откосов. Расчеты в программном комплексе «Elcut» требуют совершенства путем введения дополнительного коэффициента учитывающего влияние явления конвекции.

*Ключевые слова:* ограждающая светопрозрачная конструкция; расчет; сопротивление теплопередачи; ПК «Elcut 5»

## IMPROVING THERMAL PROTECTION OF TRANSLUCENT ENCLOSING STRUCTURE

SOPILNYAK A. M. <sup>1\*</sup>, *assoc.*

<sup>1\*</sup> Department of Reinforce-Concrete and Stone Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: artem\_sopilnyak@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

**Summary. Raising of problem.** Today energy is expensive and prices are constantly rising, cladding home design must minimize the heat flow from the inside of the building. With new technologies came a sealed one plastic windows with single-chamber and triple-pane windows. Modern comforts and a periodic increase in the cost of energy and energy efficiency requirements walling forced to return two sash windows. **Purpose.** The increase of thermal resistance of translucent structures for filling window openings to prevent moisture condensation on their surface. **Methods.** For translucent enclosing structures for mass application in the construction of various buildings was calculated the thermal conductivity using the software package "Elcut 5". **Results.** The results received by using the thermographic camera are some differences in the indications of temperature from the calculated values obtained in the PC "Elcut". This can be explained by imperfection of the software package and also the accuracy of the accuracy of determining the surface temperature of the thermographic camera. **Practical significanc.** For translucent enclosing structures for mass application of extra window frame increases the resistance to heat transfer, thus reduces heat loss, prevents condensation on the window and the formation of mildew on the surface of the slopes. The calculations in the software package "Elcut" demand perfection by introducing an additional factor taking into account the influence of the phenomenon of convection.

*Key words:* translucent enclosing structures; calculation; resistance to heat transfer; the software package "Elcut 5"

**Введение.** Учитывая, что сегодня энергоресурсы стоят достаточно дорого и цены на них постоянно растут, ограждающие конструкции дома должны быть сделаны таким образом, чтобы максимально снизить потери тепла внутри здания и соответствовать требованиям нынешних норм по теплопроводности.

С приходом новых технологий появились герметичные, практически всегда белого цвета пластиковые окна с однокамерным, а со временем и двухкамерным стеклопакетом. Основные достоинства металлопластиковых конструкций определяются стеклом, фурнитурой и профилем, который используется для изготовления створок и рамы.

При неправильном выборе окон необходимо учитывать, что на поверхности стеклопакетов может образовываться конденсат, а на откосах оконных проемов может скапливаться влага, приводящая к разрушению отделки и появлению грибка.

Теплоизоляция металлопластиковых окон зависит не только от применяемого стеклопакета, но и от самого профиля оконного блока.

Современные условия комфорта и периодические повышения стоимости энергоресурсов и требований энергоэффективности ограждающих конструкций заставляют возвращаться к былым двухрамным окнам.

**Цель.** Повышение сопротивления теплопередачи для светопрозрачных конструкций заполнения оконных проемов с предотвращением конденсации влаги на их поверхности.

**Изложение материала.** Для ограждающих светопрозрачных конструкций массового применения при строительстве зданий различного назначения были выполнены расчёты на

теплопроводность с помощью программного комплекса «Elcut 5».

При определении приведенного сопротивления теплопередачи для всех вариантов конструкций были приняты следующие материалы:

- материал несущей стены – кирпич силикатный полуторный с коэффициентом теплопроводности  $\lambda=0,76$  Вт/(м·К) и  $\lambda=0,87$  Вт/(м·К), соответственно для условий эксплуатации А и Б [4];

- утеплитель из плитного пенополистирола толщиной 100 мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda=0,04$  Вт/(м·К) [4];

- оконный 3-х камерный ПВХ профиль - 0,63 Вт/(м·К) [1];

- воздушная прослойка — 0,024 Вт/(м·К) (при температуре 0 °С [3];

- стандартное оконное стекло имеет коэффициент теплопроводности  $\lambda = 1,0$  Вт/(м·К) [2], но в теплотехнических расчётах световых проёмов при толщине стекла 0,004 м это практически не имеет никакого значения при расчёте величины теплосопротивления. Величина теплосопротивления для стекла толщиной 4 мм  $R = 0,004/1 = 0,004$  (м<sup>2</sup>·К)/Вт. При требуемой величине  $R = 0,75$  (м<sup>2</sup>·К)/Вт стекло практически не оказывает никакого влияния.

В качестве исходного конструктивного решения ограждающей конструкции было принято, что: несущая стена выполнена из силикатного кирпича толщиной 510 см, а светопрозрачная конструкция - окно - с однокамерным стеклопакетом (4-16-4 мм) и трехкамерным оконным профилем.

Далее рассматривалось несколько вариантов по утеплению несущая стена и уменьшению теплопотерь через светопрозрачную конструкцию (окно). Это варианты:

- без утепления несущей стены из силикатного кирпича толщиной 510 см;

- с утеплением несущей стены пенополистирольными плитами толщиной 100мм и плотностью  $\rho=25\text{кг/м}^3$ ;

- с утеплением несущей стены пенополистиролом и установкой второго оконного блока в пределах грани несущей стены, воздушная прослойка между внутренними гранями стеклопакетов толщиной 100 мм;

- с утеплением несущей стены пенополистиролом и установкой второго оконного блока выступающего за грань несущей стены, воздушная прослойка между внутренними гранями стеклопакетов толщиной 130 мм;

- с утеплением несущей стены пенополистиролом и установкой второго оконного блока за пределами толщи несущей стены в слое утеплителя, воздушная прослойка между внутренними гранями стеклопакетов толщиной 180 мм;

- с утеплением несущей стены пенополистиролом и установкой второго оконного блока в слое утеплителя вровень с наружной гранью утеплителя, воздушная прослойка между внутренними гранями стеклопакетов толщиной 200 мм;

- аналогично, но с дополнительным слоем утеплителя из плитного пенополистирола толщиной 50 мм (полосой 100 мм) по периметру оконного профиля; воздушная прослойка между внутренними гранями стеклопакетов толщиной 200 мм;

- с утеплением несущей стены пенополистиролом и установкой второго оконного блока из одного слоя поликарбоната в слое утеплителя вровень с наружной гранью утеплителя; воздушная прослойка между внутренними гранями стеклопакетов толщиной 235 мм;

В таблице 1 приведены схемы конструктивных решений заполнения оконного проема в однорамном исполнении массового применения и для варианта с установкой дополнительной оконной рамы, а также распределения в них температурных полей и результаты расчётов приведенного сопротивления теплопередачи полученные в программном комплексе «Elcut 5».

Для подтверждения данных, полученных в ПК «Elcut 5», для второго и последнего варианта (согласно таблицы 1) ограждающей конструкции с установкой дополнительной оконной рамы с поликарбонатом (4 мм) была выполнена тепловизионная съемка в зимний период времени при температуре воздуха окружающей среды  $-10\text{ }^\circ\text{C}$  (рис.1).

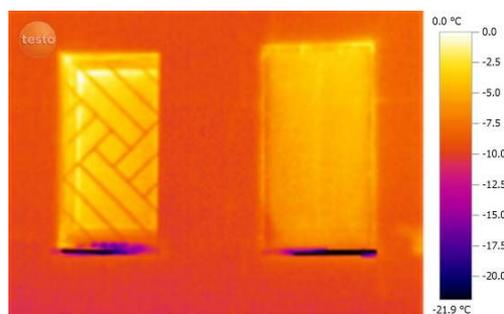
При выполнении тепловизионной съемки температура на поверхности утеплителя (плиты пенополистирола  $\rho=25\text{кг/м}^3$ , толщиной 100 мм) несущей стены была  $-9\text{ }^\circ\text{C}$ . На однорамном окне, в средней части, температура на поверхности стекла была  $-3\text{ }^\circ\text{C}$ , а на окне (в средней части),



*Рис. 1. Фрагмент ограждающей конструкции с однорамным оконным блоком и с установкой дополнительной оконной рамы из поликарбоната (4 мм)/*

*A fragment of walling with a single window unit and with the installation of extra window frame made of polycarbonate (4 mm)*

с дополнительно установленной оконной рамой из поликарбоната (4 мм), температура на поверхности поликарбоната была  $-6,5\text{ }^\circ\text{C}$  (рис.2).



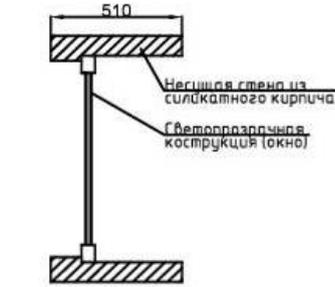
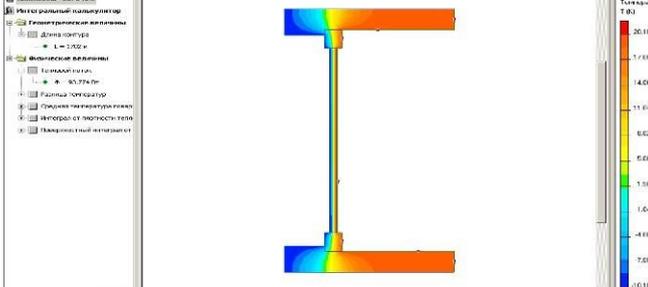
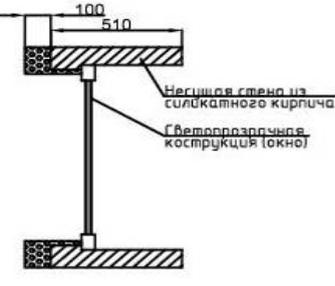
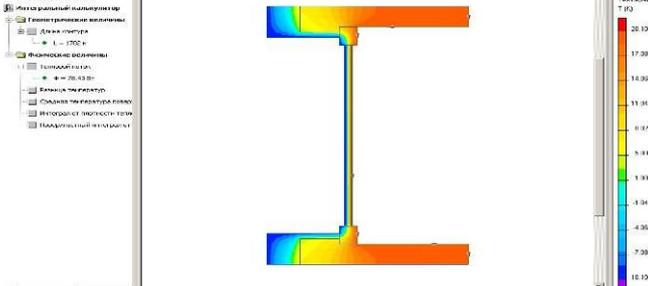
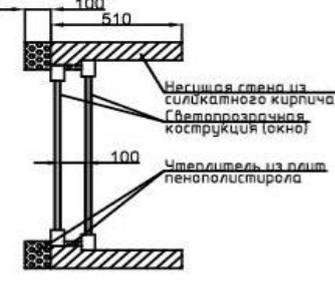
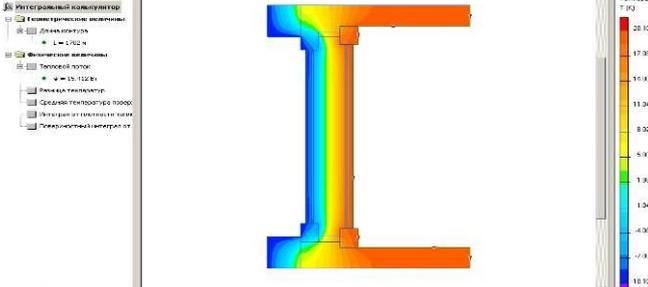
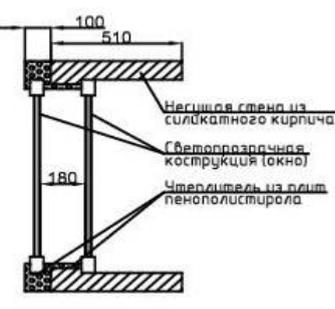
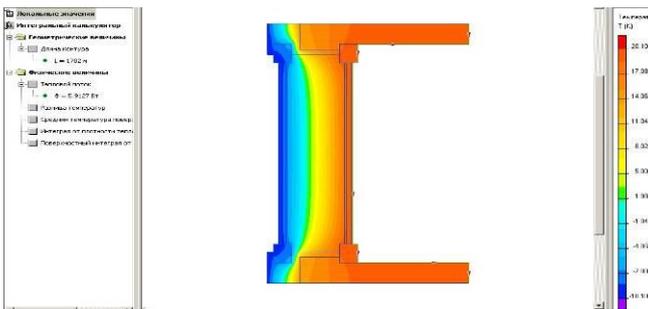
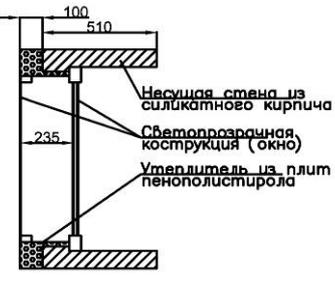
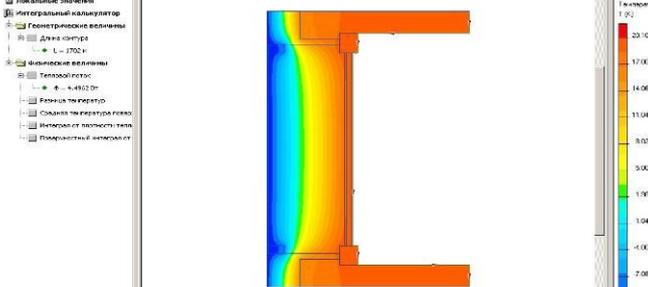
*Рис. 2. Термограмма фрагмента ограждающей конструкции с однорамным оконным блоком и с установкой дополнительной оконной рамы из поликарбоната (4 мм)/*

*Thermogram of a fragment of walling with a single window unit and with the installation of extra window frame made of polycarbonate (4 mm)*

При выполнении тепловизионной съемки изнутри помещения (с внутренней стороны того же фрагмента ограждающей конструкции) для второго и последнего варианта (согласно таблицы 1) ограждающей конструкции с установкой дополнительной оконной рамы с поликарбонатом температура воздуха в помещении была  $+20\text{ }^\circ\text{C}$ , а на поверхности несущей стены  $+18,5\text{ }^\circ\text{C}$ . На однорамном окне, в средней части, температура на поверхности стекла была  $+10\text{ }^\circ\text{C}$  (рис.3), а на окне с дополнительно установленной оконной рамой (в средней части) из поликарбоната  $+16\text{ }^\circ\text{C}$  (рис.4). Также стоит отметить, что на окне с дополнительно установленной оконной рамой из поликарбоната полностью отсутствует конденсат в отличие от однорамного окна, на котором конденсат образуется по всей площади стеклопакета (внизу большие капли, вверху мелкие). Соответственно становятся влажными откосы и появляются грибковые образования в виде черных пятен.

Таблица 1

Сравнение приведенного сопротивления теплопередачи конструктивных решений светопрозрачной конструкции массового применения/  
Comparison of thermal resistance of constructive solutions translucent structures for mass application

№ п.п	Эскиз участка стены со светопрозрачной конструкцией	Конструкция	Температурные изополя участка ограждающей стены со светопрозрачной конструкцией полученные в ПК «Elcut»	Привед.сопрот. теплопередачи, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$
1.		Кирпичная стена 510 мм, одностороннее окно		0,54
2.		Кирпичная стена 510 мм, одностороннее окно, пенополистир ол 100 мм $\rho=25 \text{ кг/м}^3$		0,65
3.		Кирпичная стена 510 мм, двухрамное окно, пенополистир ол 100 мм $\rho=25 \text{ кг/м}^3$ , воздушная прослойка 100 мм		3,31
4.		Кирпичная стена 510 мм, двухрамное окно, пенополистир ол 100 мм $\rho=25 \text{ кг/м}^3$ , воздушная прослойка 180 мм		8,64
5.		Кирпичная стена 510 мм, двухрамное окно, пенополистир ол 100 мм $\rho=25 \text{ кг/м}^3$ , воздушная прослойка 235 мм		10,33

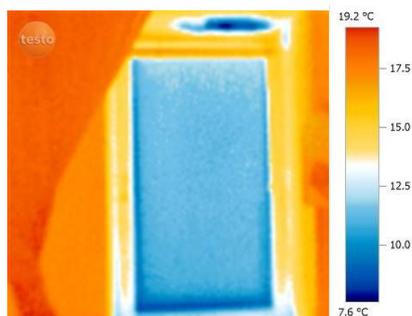


Рис. 3. Термограмма однорамного окна с внутренней стороны/

*Thermogram of single window unit on the inside*

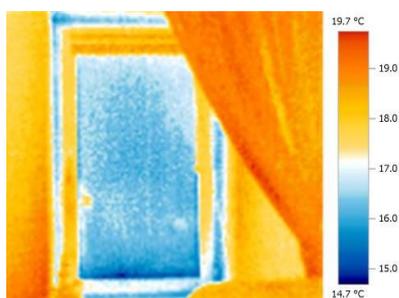


Рис. 4. Термограмма окна с внутренней стороны с дополнительной оконной рамы из поликарбоната (4 мм)/

*Thermogram of window with the installation of extra window frame made of polycarbonate (4 mm)*

Проанализировав полученные результаты распределения температурных изополей полученных в ПК «Elcut» и расчётов приведенного сопротивления

теплопередачи (таблицы 1) можно сделать некоторые выводы. При увеличении воздушной прослойки между рамами окон температурные изополя выравниваются подобно изополям несущей стены. Это получилось благодаря воздушной прослойке имеющей наименьший коэффициент теплопроводности и без учета такого не мало важного явления как конвекция. А из-за конвенции через окна происходит около 30 % от всех тепловых потерь (перенос тепла потоками воздуха внутри воздушной прослойки). Но этим явлением можно пренебречь путем установки в воздушную прослойку рулонных шторок или жалюзей.

Результаты тепловизора имеют некоторые отличия в показаниях температурных величин от расчетных полученных в ПК «Elcut». Это можно объяснить несовершенством программного комплекса, а также погрешностью точности определения температуры поверхности тепловизором.

**Выводы.** Для ограждающих светопрозрачных конструкций массового применения установка дополнительной оконной рамы повышает сопротивление теплопередачи, тем самым снижает тепловые потери, предотвращает образование конденсата на окне и образование грибка на поверхности откосов.

Расчеты в программном комплексе «Elcut» требуют совершенства путем введения дополнительного коэффициента учитывающего влияние явления конвекции.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будівельні матеріали. Профілі полівінілхлоридні для огороджувальних будівельних конструкцій. Загальні технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-130:2007 / Мінрегіонбуд України. – Київ. 2007. – 48 с.
2. Будівельні матеріали. Скло листове. Технічні умови (EN 572:2004, NEQ) ДСТУ Б В.2.7-122-2009 / Мінрегіонбуд України. – Київ. 2010. – 48 с.
3. Коефіцієнт теплопровідності повітря. – Режим доступу: <http://svitohlyad.com.ua/osvita/koefitsijent-teploprovodnosti-povitrya>. Названіе с екрана. – Проверено: 29.03.2017.
4. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2006. Зі Зміною №1 від 1 липня 2013 / Мінбуд України. – Київ. 2006. – 34 с.
5. Новые требования по теплопроводности окон. – Режим доступу: <http://servisbud2000.com.ua/n100392-novye-trebovaniya-teploprovodnosti.html>. Названіе с екрана. – Проверено: 29.03.2017.

## REFERENCES

1. Minregionbud Ukrainy *Budivelni materialy. Profily polivinilchloridni dlya ogorodzhuvalnih budivelnih konstruktsiy. Zagalni tehnicni umovi. DSTU B V.2.7-130:2007* [State standart og Ukrainian B V.2.7-130:2007 Building materials. Sealants for enclosing structures. General technical conditions] Kiev, 2007, 48 p.
2. Minregionbud Ukrainy *Budivelni materialy. Sklo listove. Tehnicni umovi DSTU B V. 2.7-122-2009*. [EN 572:2004, NEQ Building materials. Glass sheet. Specifications]. Kiev, 2010, 48 p.
3. *Koefitsient teploprovodnosti povitrya* [Coefficient of thermal conductivity of air] <http://svitohlyad.com.ua/osvita/koefitsijent-teploprovodnosti-povitrya>.
4. Minbud Ukrainy *Konstruktsiyi budinkiv i sporud. Teplova Izolyatsiya budlvel DBN V.2.6-31:2006* [State building codes V.2.6-31:2006 Construction of buildings and structures. Thermal insulation of buildings]. Kiev, 2006, 34 p.
5. *Novyye trebovaniya po teploprovodnosti okon* [New requirements for the thermal conductivity of Windows] Available at: <http://servisbud2000.com.ua/n100392-novye-trebovaniya-teploprovodnosti.html>  
Стаття надійшла в редколегію 20.03.2017