

УДК 662.997

Кріпак Іван Сергійович*Магістрант КНУБА, факультету інженерних систем і екології.**Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ.***Приймак Олександр Вікторович***Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки, ORCID: 0000-0002-3081-6057**Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ***АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ВІКНІ**

***Анотація.** Метою даної роботи є аналіз існуючих і розробка конструкцій та фізичної моделі теплових процесів енергетичного вікна на основі аналізу літературних джерел та патентних досліджень. Енергетичне вікно крім освітлення простору приміщення має забезпечувати його теплою у холодний період року і холодом в теплий за допомогою теплового насосу з мікрокомпресором. Поєднання енергоефективного вікна з роботою теплового насосу може перетворити світлопрозору конструкцію з найбільш уразливого щодо теплових втрат елемента конструкції огороження - навпаки в енергогенеруючий елемент. Таке вікно може працювати повністю автономно, як звичайний опалювальний прилад.*

***Ключові слова:** *теплота; тепловий потік; розрахунковий період; енергозбереження; енергоефективність; відновлювальна енергія**

Постановка проблеми

Сучасний розвиток суспільства зазнає зростаючого негативного впливу від глобальних енергетичної та екологічної проблем використання існуючих і перспективних теплових технологій, зокрема, у будівельній галузі. Розв'язання зазначених проблем можливе при системному комплексному підході до архітектурно-планувальних та інженерно-конструкторських рішень, зокрема, огорожень, інженерних систем життєзабезпечення, у тому числі, на основі hi-tech і smart- технологій.

Значні втрати виробленої теплової енергії та викиди парникових газів (CO₂) пов'язані з тепловим захистом зовнішніх огорожень будівель та споруд. Віконні прорізи в загальній площі таких огорожень складають значно меншу, у 2-3 рази, величину у порівнянні із стінами і виконують дві основні функції – природне освітлення середовища приміщення та його тепловий захист. У проаналізованих літературних джерелах та охоронних документах удосконалюються конструкції вікон на основі використання новітніх матеріалів, інертних газів, вакуумування, елементів smart-систем і т.д.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Теплоізоляційні властивості вікон постійно покращуються одночасно із посиленням жорсткості норм з енергоефективності та енергозбереження будівель. Наприклад, коефіцієнт термічного опору теплопередачі (R) вікна для будівель енергоефективності класу А1 сьогодні складає більше 0,8 м²·К/Вт [1]. Згідно з будівельними нормами,

енергоефективними є вікна, приведений опір теплопередачі яких більший ніж 0,75 м²·К/Вт для І температурної зони (вікна класу А1 та А2) та більше ніж 0,6 м²·К/Вт для ІІ температурної зони (вікна класу А1, А2, Б1, Б2, В1). [3]

Проте цей коефіцієнт має тенденцію до збільшення [4-8]. Таким чином, вікно стало енергозберігаючим елементом огороження будівель і за теплофізичними характеристиками наближається до рівня теплоізолюваної стіни. Це відкриває нові перспективи з покращення енергозбереження, енергоефективності, архітектурно-планувальних і архітектурно-об'ємних рішень інтер'єрів та екстер'єрів, мікроклімату в приміщеннях [10].

Формулювання мети статті

Метою даної статті є розроблення конструкції та фізичної моделі енергетичного вікна на основі аналізу літературних джерел та патентних досліджень.

Енергетичне вікно крім освітлення простору приміщення може забезпечувати його, як теплою у холодний період року, так і холодом в теплий. Такі функції, тепло-холодопостачання, можуть здійснюватись за допомогою теплового насосу. Поєднання енергоефективного вікна з роботою теплового насосу (ТН) може перетворити світлопрозору конструкцію з найбільш уразливого щодо теплових втрат елемента конструкції огороження навпаки в енергогенеруючий елемент, який може працювати автономно. Досягається додатковий економічний ефект через відсутність опалювального приладу, а також соціальний - покращення естетичного вигляду інтер'єру

та зменшення викидів парникових газів (CO₂) через відсутність спалювання органічних палив.

Основна частина

Влітку температура повітря навколишнього середовища часто може бути вищою від температури внутрішнього повітря. Відповідно, густина теплового потоку q , векторна величина, Вт/м², буде направлена із зовні у середину приміщення. При цьому у звичайних світлопрозорих конструкціях спостерігаються такі тепломасообмінні процеси: тепловіддача конвекцією від зовнішнього повітря до скла, переніс теплоти теплопровідністю через товщину скла, тепловіддача конвекцією від внутрішньої поверхні зовнішнього скла до повітря (газу) всередині склопакету. Далі тепловіддачею конвекцією від повітря (газу) в склопакеті до внутрішньої поверхні другого шару скла, теплопровідністю через товщину другого шару внутрішнього скла, і, далі, конвекцією від внутрішньої поверхні другого шару скла до повітря в середині приміщення. При наявності трьох і більше шарів скла, і відповідно, двох і більше повітряних (газових) камер процес тепло масообміну доповнюється відповідним чином. Також у літній період (Рис.1) спостерігається часткове відбивання склом інфрачервоної та ультрафіолетової складових сонячної енергії (СЕ). Незважаючи на це, видима складова СЕ потрапляє до приміщення.



Рис.1. Схема впливу СЕ, зовнішнього повітря на внутрішній мікроклімат через вікно улiтку.

В холодний період року температура повітря навколишнього середовища значно менша від температури внутрішнього повітря, відповідно, густина теплового потоку q направлена з приміщення назовні: спочатку тепловіддачею конвекцією передається від внутрішнього повітря до скла вікна; потім теплопровідністю через товщу внутрішнього скла; далі – тепловіддачею конвекцією від цього скла до повітря (газу) у склопакеті, і, відповідно, від повітря (газу) до внутрішньої поверхні зовнішнього скла, потім теплопровідністю через товщу зовнішнього скла, і, останньою, конвекцією від зовнішньої поверхні зовнішнього скла до зовнішнього повітря. У холодний період року через світлопрозорі огорожуючі конструкції спостерігаються значні втрати теплової енергії. (Рис.2)



Рис.2. Схема впливу СЕ, зовнішнього повітря на внутрішній мікроклімат через вікно взимку.

Запропоновано конструкцію, енергетичного вікна, яка вирізняється поєднанням кращих конструктивних досягнень енергозберігаючого вікна та термотрансформатора. (Рис 3.)

Схема і принцип дії енергетичного вікна

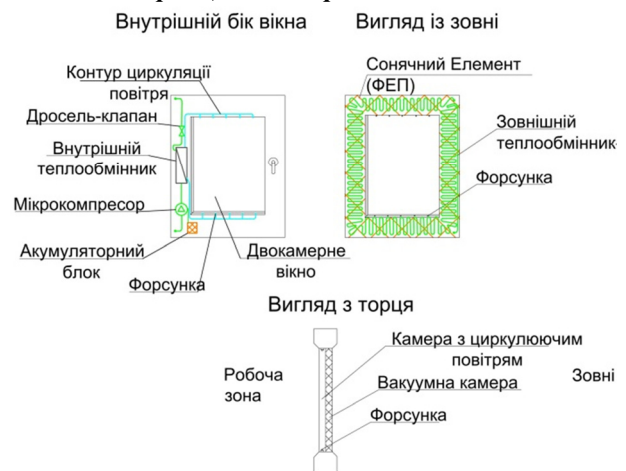


Рис.3. Схема конструкції енергетичного вікна.

Принцип роботи запропонованої конструкції полягає в тому, що в холодний період року тепловий насос, який влаштований в раму енергетичного вікна – має використовувати низькопотенційну теплоту повітря зовнішнього середовища, яка підвищується з допомогою мікрокомпресора ТН за рахунок підвищення тиску, а потім в конденсаторі видає теплоту вищого потенціалу в опалювальний контур енергетичного вікна. Контактною стінкою між приміщенням і теплоносієм має слугувати внутрішній шар скла склопакету.

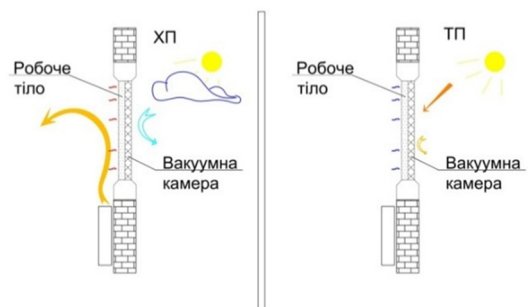


Рис.3. Схема руху теплових потоків від енергетичного вікна.

В теплий період енергетичне вікно має працювати у зворотньому порядку. Тобто в режимі холодильної машини, охолоджуючи обслуговуване приміщення.

Робоче тіло опалювального контуру повітря (газ) в енергетичному вікні повинно рухатись за рахунок сил гравітації, а циркуляція робочого тіла теплонасосно-холодильної машини здійснюється мікрокомпресором. Тобто, в холодний період року, робоче тіло опалювального контуру, забравши теплоту від теплоносія з контуру теплового насосу через теплообмінник (конденсатор), що розташований в бічній частині рами вікна – має стрімко підійматися догори, а потім, втративши теплоту між шарами скла склопакету опускається вниз в бік теплообмінника (конденсатора). Влітку рух теплоносія в контурі теплового насосу і в опалювальному контурі енергетичного вікна відбувається у зворотньому напрямку, тобто, теплоносій, забравши певну кількість теплоти у повітря внутрішнього середовища приміщення через скло – піднімається у склопакеті, а потім рухається до теплообмінника (випарник). Одночасно з цим, в контурі теплового насосу відбувається забір тепла у опалювальному контурі і віддача його в зовнішнє середовище через теплообмінник (випарник).

Проблема тепловтрат назовні вирішується розташуванням другої, зовнішньої, камери між двома шарами скла з вакуумом між ними (Рис 4.).

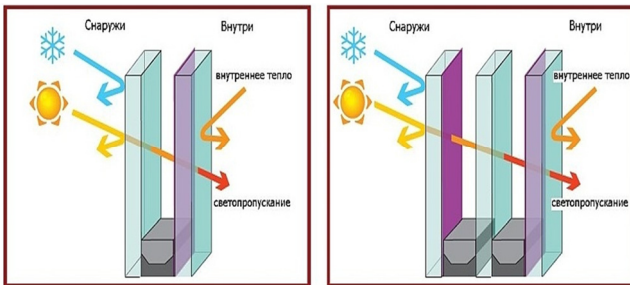


Рис.4. Схема проходження теплових потоків крізь двокамерне і трикамерне вікна.

Зменшення тепловтрат можливе шляхом нанесення надтонкого шару надтонкого срібла на поверхню скла, як це виконано в мультизберігаючому склопакеті [9]. Мультизберігаючий склопакет дає

досить велике значення коефіцієнту термічного опору теплопередачі – 0,94 м²*К/Вт. У порівнянні для двокамерного енергозберігаючого склопакету це число складає 0,72 м²*К/Вт, а для звичайного однокамерного – всього 0,32 м²*К/Вт. Срібло напилюється на ту сторону скла, що знаходиться всередині склопакета, завдяки чому воно стає буквально вічним. Незважаючи на нанесення надтонкого шару срібла на скло – вікно не втрачає своїх світлопрозорих здібностей. Напилення зовсім не видиме для неозброєного ока і не втрачає своїх оптичних властивостей.

Живлення мікрокомпресора електроенергією передбачається здійснювати завдяки фотоелектричним елементом на зовнішній рамі вікна, один м² площі якого здатен забезпечити близько 180-250 Вт*год електроенергії. Мікрокомпресор має споживати до 15 Вт*год. Звичайне одинарне вікно з розмірами зовнішньої поверхні рами 1,3х0,6 м з шириною рами 0,1 м утворює площу 0,38 м² для влаштування фотоелектричного елемента і забезпечить виробництво 70-95 Вт електроенергії. Для забезпечення роботи мікрокомпресора в темну пору доби - необхідно передбачити акумулятор електричної енергії.

Теплову енергію, яку може віддати енергетичне вікно опалювальному приміщенню доцільно розраховувати за наступною формулою

$$Q_{em,in} = Q_{em,out} - k * W_{em,aux} - Q_{em,is}$$

де: $Q_{em,out}$ – теплота на виході з тепловіддавальної складової системи, Дж., рівна корисній тепловій енергії будівлі Q_H (EN ISO 13790);

k – частина додаткової енергії, яку відновлюють;

$Q_{em,is}$ – регулярні тепловтрати, Дж;

$W_{em,aux}$ – додаткова енергія, Дж [2].

Висновки

Запронована конструкція енергетичного вікна технічно можлива для реалізації, проте на даному етапі розвитку матеріалів, робочих тіл, мікрокомпресорів та теплообмінників економічна доцільність її виготовлення є нерентабельною. Проте можливе підвищення ККД даної системи, збільшення коефіцієнту термічного опору конструкції та підвищення тепловіддачі від контактної поверхні скла до внутрішнього повітря.

Література

1. ДСТУ Б В.2.6-23:2009 «Блоки віконні і дверні»
2. ДСТУ Б EN 15316-2-1:2011 «МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОПОТРЕБИ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ» Частина 2-1. «Тепловіддача системою опалення» (EN 15316-2-1:2007, IDT)
3. ДБН В 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»
4. Пат. 20041008373 Україна, МПК E06B 5/00. Вікно-теплообмінник / Пономарчук І. А.; заявник і патентовласник – Пономарчук І.А.; заявл. 15.10.2004 ; опубл. 16.05.2005, Бюл. №5

5. Пат. u201008733 Україна, МПК F24J 2/00. Вікно «СОНЯЧНЕ» / Корнаракі О. В.; заявник і патентовласник – Корнаракі О.В.; заявл. 13.07.2010 ; опубл. 10.03.2011, Бюл. №5
6. Пат. u201010933 Україна, МПК E06B 3/66. Вікно зі змінним коефіцієнтом теплопередачі / Строй А.Ф., Піотровські Є.З., Гірман Л.В.; заявник і патентовласник – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.; заявл. 13.09.2010 ; опубл. 25.03.2011, Бюл. №6
7. Пат. A200505792 Україна, МПК E06B 3/66. Теплоізоляційне вікно / Вінфілд А. Ф.; заявник і патентовласник – Візінволл корпорейшн.; заявл. 13.11.2002 ; опубл. 15.01.2007, Бюл. №1
8. Пат. A200710628 Україна, МПК H01J 33/00. Герметичне вікно для випуску потоку прискорених частинок з вакуумного об'єму в зовнішнє робоче середовище. / Гурін В.А, Колосенко В.В., Ковпик О.Ф., Корлінов Є.О., Сторов О.М., Саєнко С.Ю., Бірюков О.В.; заявник і патентовласник – Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»; заявл. 25.09.2007 ; опубл. 10.11.2009, Бюл. №21
9. Виробник світлопрозорих та алюмінієвих конструкцій «Артагруп» - Режим доступу до сайту: <http://artagroup.org/ua/energoberegayuschie-okna>
10. Виробник енергоефективних вікон «Корса» - Режим доступу до сайту: <https://www.korsa.ua/ua/energoefektyvni-vikna-yak-pravylnno-obraty>

Стаття надійшла в редколегію 18.04.17

Крипак Иван Сергеевич

Магистрант КНУСА, факультета инженерных систем и экологии.

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.

Приймак Александр Викторович

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры теплотехники

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОКНА»

Аннотация. Целью данной работы является разработка конструкции и физической модели тепловых процессов энергетического окна на основе анализа литературных источников и патентных исследований. Энергетическое окно кроме освещения пространства помещения должно обеспечивать его, как теплотой в холодный период года, так и холодом в теплый с помощью теплового насоса. Сочетание энергоэффективного окна с работой теплового насоса может превратить светопрозрачные конструкции из наиболее уязвимого со стороны тепловых потерь элемента конструкции ограждения - наоборот в энергогенерирующий элемент. Такое окно может работать полностью автономно, заменив при этом обычные отопительные приборы.

Ключевые слова: выделение теплоты; расчетный период; энергосбережение; энергоэффективность; потребление энергии; восстанавливаемая энергия

ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS «OF ENERGY WINDOW»

Kripak Ivan Sergiyovych

Undergraduate KNUCA, department of engineering systems and ecology.

Kyive national university of construction and architecture, Kyive.

Priymak Olexander

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the department of Thermal Physics

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Abstract. The aim of this work is to develop design and physical model of thermal processes of energy window that based on an analysis of the literature and patent research. Energy window except light room space should provide it as warmth in the cold season and cold in the warm using the heat pump. The combination of energy-efficient windows with a heat pump can turn translucent fence design element that have the most heat loss - contrary to the energy generating element. This window can operate completely independently, thus replacing conventional heaters.

Keywords: heat release; the billing period; energy demand; energy conservation; energy efficiency; energy; renewable energy