УДК 699.865:692.23:620

Ю. В. Скубко, студент
М. В. Ситніченко, к.т.н., доцент

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Краматорськ, Україна
yuriiskubko@gmail.com

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТУ ПО ВИЗНАЧЕННЮ НОРМАТИВНОГО ЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ КОМПЛЕКТНИХ СИСТЕМ МАЛОЇ МАСИВНОСТІ, РОЗРОБЛЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦЕМЕНТНОЇ ПЛИТИ AQUAPANEL® OUTDOOR

У статті розглядається експеримент, який було проведено для визначення нормативного значення теплопередачі комплектних систем малої масивності, розроблених з використанням цементної плити AQUAPANEL® OUTDOOR. На базі цього експерименту виконано порівняння двох телевізійних приладів Flir C2 та Flir E8 WiFi.

Ключові слова: комплектна система малої масивності, АКВАПАНЕЛЬ® OUTDOOR, теплотехнічні показники, супротив теплопередачі, тепловізійні прилади.

Ю. В. Скубко, студент
Н. В. Ситниченко, к.т.н., доцент

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Краматорск, Украина
yuriiskubko@gmail.com

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРЕМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НОРМАТИВНОГО ЗНАЧЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ КОМПЛЕКТНЫХ СИСТЕМ МАЛОЙ МАСИВНОСТИ, РОЗРАБОТАНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕМЕНТНОЙ ПЛИТЫ AQUAPANEL® OUTDOOR

В статье рассматривается эксперимент, который был проведен для определения нормативного значения теплопередачи комплектных систем малой массивности, разработанных с использованием цементной плиты AQUAPANEL® OUTDOOR. На базе этого эксперимента выполнено сравнение двух тепловизионных устройств Flir C2 и Flir E8 WiFi.

Ключевые слова: комплектная система малой массивности, AQUAPANEL® OUTDOOR, теплотехничнеские показатели, сопротивление теплопередаче, тепловизионные устройства.

Y.Skubko, student
N. Sytnychenko, Candidate of Engineering Sciences

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Ukraine
yuriiskubko@gmail.com

CONDUCTING THE EXPERIMENT FOR DETERMINING THE STANDARD VALUE OF HEAT TRANSFER OF SMALL-MASS COMPLEX SYSTEMS DEVELOPED WITH THE USE OF AQUAPANEL® OUTDOOR CEMENT BOARD

The article deals with the experiment that was carried out to determine the standard value of heat transfer of complex low-mass systems developed with the use of AQUAPANEL® OUTDOOR cement board. On the basis of this experiment, the comparison between two thermal imaging devices - Flir C2 and Flir E8 WiFi – has been made.

Key words: complete small-mass system, AQUAPANEL® OUTDOOR, thermal characteristics, heat transfer resistance, thermal imaging devices.

В Україні, за останній час, в будівельних нормах відбулося значне збільшення нормативного значення супротиву теплопередачі огороджувальних конструкцій. В результаті на зміну стандартним будівельним матеріалам почали поступово приходити альтернативні конструкції. Однією з таких конструкцій є комплектна система малої масивності, розроблена компанією Knauf з використанням цементної плити AQUAPANEL® OUTDOOR.

Данні комплектні системи характеризується теплотехнічною неоднорідністю, яка визначається її конструктивними особливостями.

Для багатошарової огороджувальної конструкції з плоскопараллельними шарами без неоднорідностей, опір теплопередачі можна обчислити за методиками, наведеними в державних будівельних нормах. Застосування ж даних методик для складних неоднорідних конструкцій викликає певні складнощі, а часто і зовсім не можливе, так як їх поверхні не є ізотермічними через наявність різних теплопровідних включень, тому для даних конструкцій розраховується приведений опір теплопередачі. Для визначення приведеного опору теплопередачі необхідно в стаціонарному режимі вимірювати сумарний тепловий потік, що проходить через панель.

Для визначення цього теплового потоку необхідно виконати моделювання цього процесу з використанням методу кінцевих елементів. Для відтворення цього процесу при моделюванні необхідно мати реальні данні по розподіленню температур на зовнішній та внутрішній поверхні цих конструкцій у вигляді температурних полів та поверхонь відгуку на вхідні данні.

Щоб отримати ці данні були побудовані дві конструкції. Одно та двох рядна зі сталевим каркасом (рис 1).

На рис 1: 1- цементна плита AQUAPANEL® OUTDOOR; 2 - паро- гідро бар'єр AQUAPANEL®; 3 - шпаклівка для швів AQUAPANEL® - сіра стрічка для швів AQUAPANEL®; 4 - несучий профіль; 5 - ізоляційний матеріал (Knauf Insulation); 6 - пароізоляційний шар; 7 - гіпсокартонна плита Knauf.

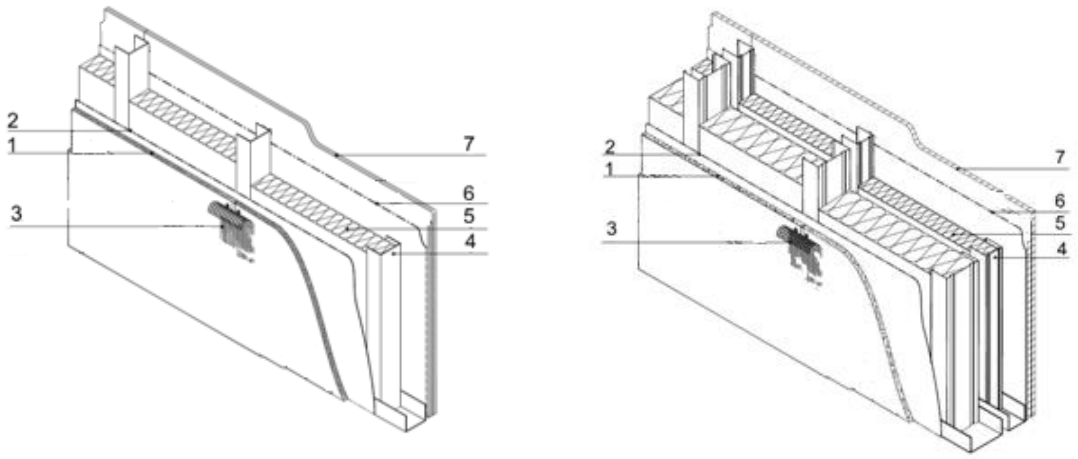


Рис. 1. Конструкції комплектних систем малої масивності зі сталевим каркасом, які було побудовано для проведення експерименту а) Однорядна конструкція, б) дворядна конструкція

Конструкції розташовані на місці колишніх віконних отворів. Послідовність монтажу елементів зображена на рис.2

а) Послідовність монтажу однорядної конструкції:

б) Послідовність монтажу дворядної конструкції:

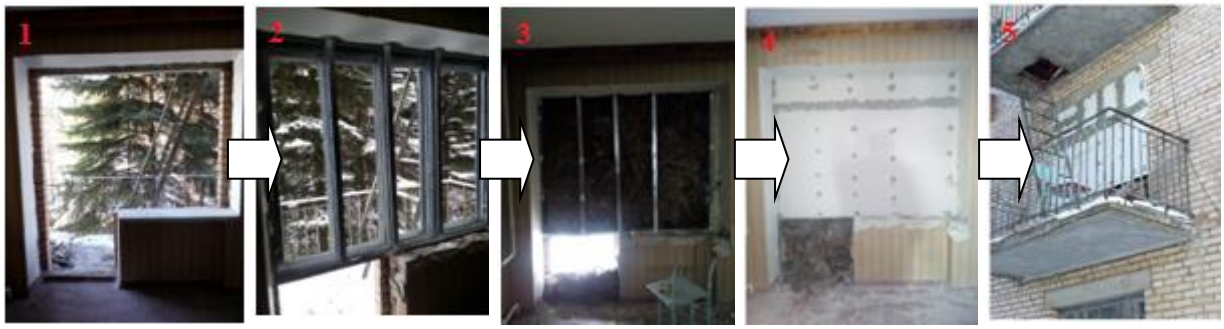


Рис. 2. Послідовність монтажу досліджуваних конструкцій, 1 – підготовка основи для монтажу каркасу, 2 – монтаж сталевого каркасу, 3 – монтаж паро-гідро ізоляції та теплоізоляції, 4 – монтаж гіпсових панелей,
5 – монтаж AQUAPANEL® OUTDOOR

Габаритні розміри побудованих конструкцій складають 1800×1500 мм. Стійки однорядної конструкції розташовані з кроком 600 мм, стійки дворядної конструкції розташовані з кроком 400 мм та 600 мм. Товщина повітряного прошарку в дворядній конструкції складає 50 мм. Для вивчення теплотехнічних характеристик конструкцій використано телевізійне обладнання Flir E8 та Flir C2 (рис 3), яке дозволяє визначити розподілення температур по поверхні у відповідності до нормативних вимог.

а)

б)

Рис. 3. Тепловізійне обладнання, яке використовувалось для вимірювань:
а) Flir E8 б) Flir C2

Виміри були зроблені кожні 2 години на протязі 24 годин при зовнішній температурі від +2 ° С до -2 ° С, при цьому внутрішня температура повітря складала +12°С а також на протязі 12 годин при температурі зовнішнього повітря від -5 ° С до -7 ° С при цьому внутрішня температура повітря – +10° С. Фіксування температур зовнішнього та внутрішнього повітря виконувалось стаціонарними термометрами. Робоча точка вимірювань внутрішньої температури знаходилась на відстані 1 м від зовнішніх огороджувальних конструкцій та 1 м від міжповерхового перекриття. Температура зовнішнього повітря фіксувалась безпосередньо біля досліджуваних конструкцій. Схема конструкції наведена на рис.4.

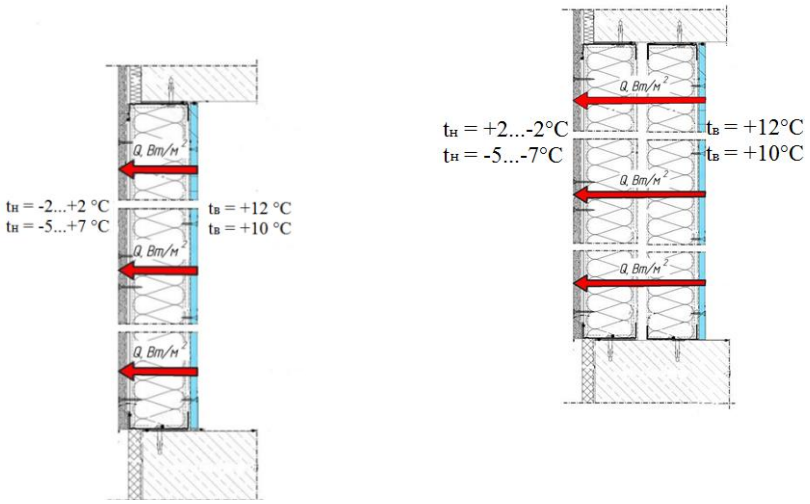


Рис 4. Схема експериментальних конструкцій

Результатом проведення експерименту є цілий ряд даних по розподіленню температури на внутрішній та зовнішній поверхнях конструкцій у вигляді знімків на яких відображені двовимірні температурні поля та побудовані, за допомогою програми Flir Tools, тривимірні поверхні відгуку на внутрішній поверхні конструкцій, які допомагають чітко візуально визначити найхолодніші місця в конструкції та порівняти результати вимірювань, отримані двома телевізійними приладами.

На рис. 5 наведені знімки внутрішньої поверхні двох конструкцій виконані приладами Flir E8 та Flir C2 в 10.00 годин 19.01.2018 при зовнішній температурі - 6°С та внутрішній +10°С.

Нижче приведені показники максимальної, мінімальної та середньої температури внутрішньої поверхні, отримані цими тепловізорами, для кожної конструкції в даний період.

Внутрішня поверхня однорядної конструкції виконана приладом Flir E8: t_{max} = +9,9°С, t_{min} = +1,4°С, $t_{ср}$ = +8,6°С.

Внутрішня поверхня однорядної конструкції виконана приладом Flir C2: t_{max} = +6,8°С, t_{min} = -2,2°С, $t_{ср}$ = +5,4°С.

Внутрішня поверхня дворядної конструкції виконана приладом Flir E8: t_{max} = +9,4°С, t_{min} = +5,3°С, $t_{ср}$ = +8,1°С.

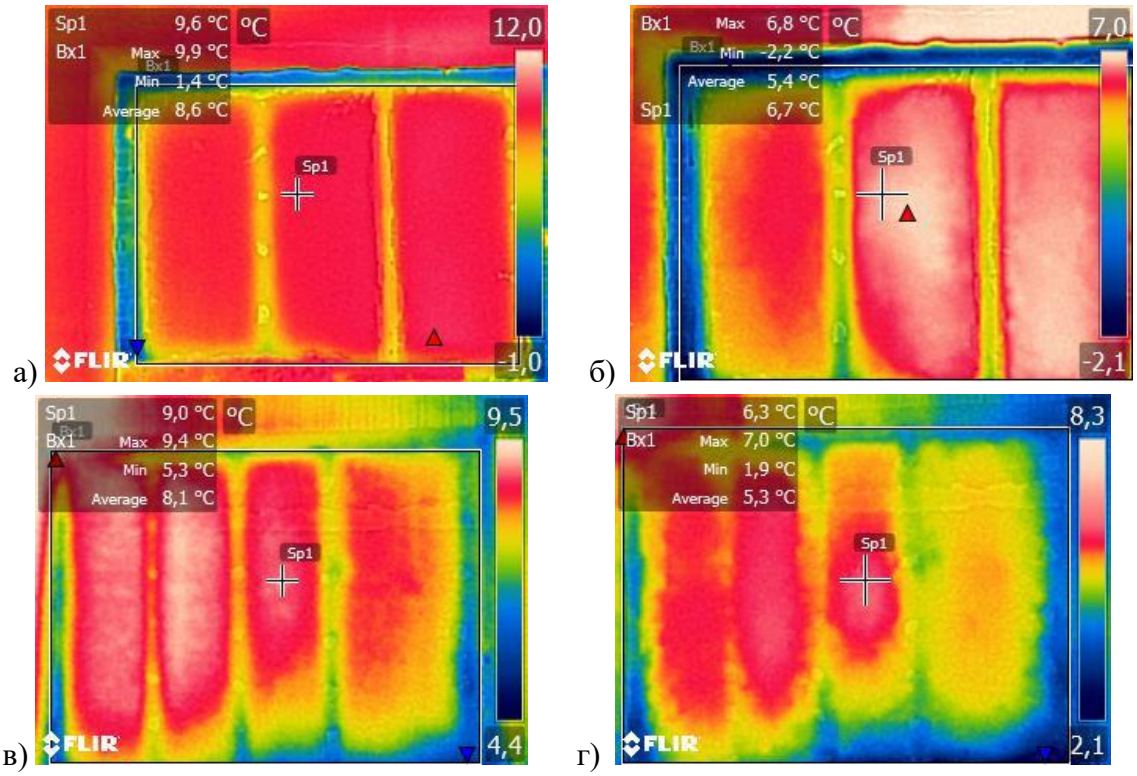


Рис. 5 Знімки внутрішньої поверхні двох конструкцій виконані приладами Flir E8 та Flir C2 в 10.00 годин 19.01.2018:

а) внутрішня поверхня однорядної конструкції виконана приладом Flir E8;
б) внутрішня поверхня однорядної конструкції виконана приладом Flir C2;
в) внутрішня поверхня дворядної конструкції виконана приладом Flir E8;
г) внутрішня поверхня дворядної конструкції виконана приладом Flir C2.

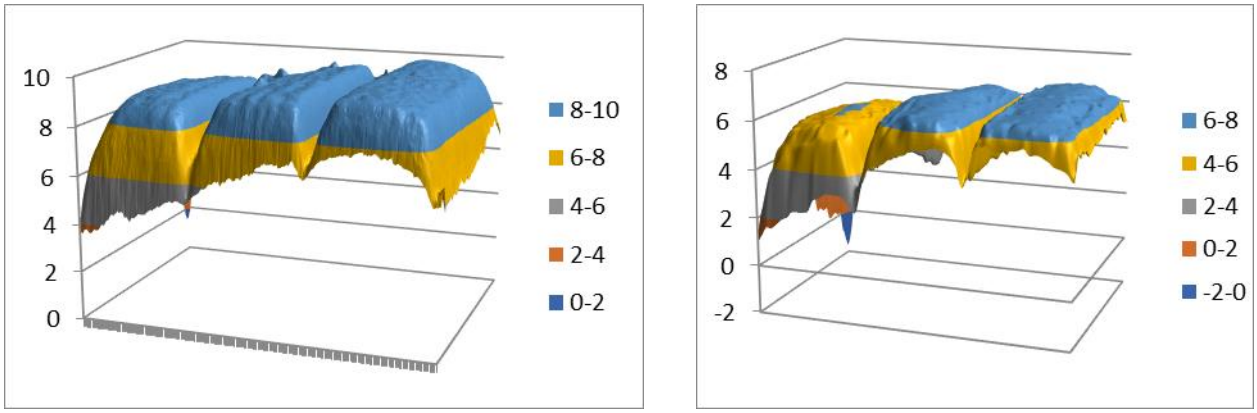
Внутрішня поверхня двоорядної конструкції виконана приладом Flir C2: t_{max} = +7,0°C, t_{min} = +1,9°C, t_{cp} = +5,3°C.

При проведенні експерименту, всі налаштування на тепловізорах були виставлені однакові. По цим результатам можна зробити висновок, що данні різняться в середньому на 3,1°C.

Оскільки тепловізійний прилад Flir E8 перевірений експертизами, та відповідає усім вимогам нормативного законодавства України, саме він буде еталонним. Данні, які отримані за його допомогою можуть бути використані та звірені з результатами подальшого моделювання процесу теплопередачі та визначення теплового потоку, який проходить через конструкції.

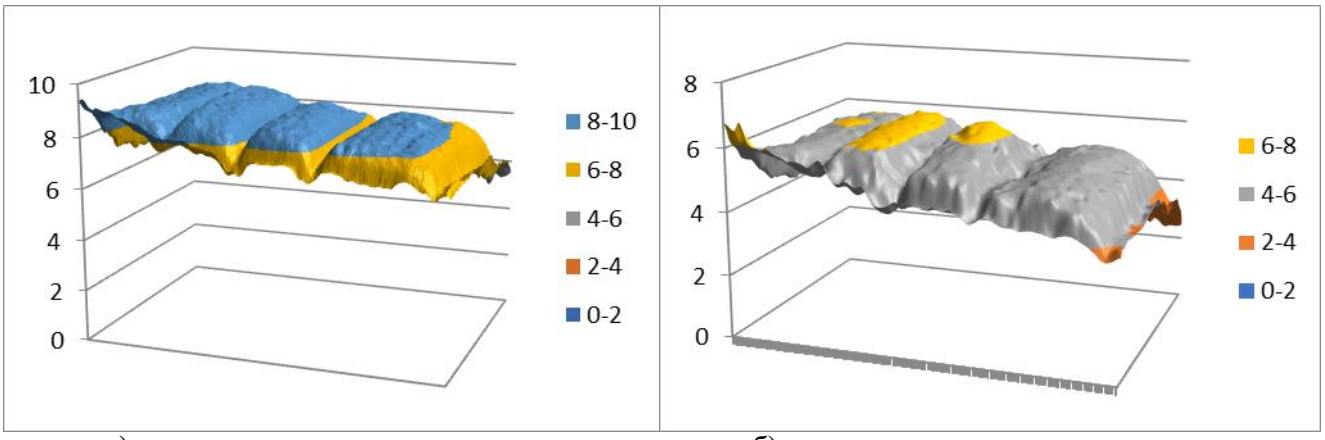
Тепловізійний прилад Flir C2 має значне відхилення від даних, отриманих за допомогою приладу Flir E8. Тому значення Flir C2 можна використовувати лише як дослідні або допоміжні. Його вимірювання можна використовувати лише для опису загальної або приблизної картини, коли точність даних не має значення і вони не будуть використовуватись для подальших розрахунків.

Для більшої наглядності, побудовані тривимірні поверхні відгуку (вхідні данні параметри зовнішнього та внутрішнього повітря в 10.00 годин 19.01.2018) по матрицям даних температур внутрішньої поверхні досліджуваних конструкцій, які були отримані за допомогою цього тепловізійного обладнання (рис. 6 та рис. 7).



а) б)

Рис 6. Тривимірні поверхні відгуку внутрішньої поверхні однорядної конструкції: а) за даними , отриманими Flir E8 б) за даними , отриманими Flir C2



а) б)

Рис. 7. Тривимірні поверхні відгуку внутрішньої поверхні дворядної конструкції: а) за даними , отриманими Flir E8 б) за даними , отриманими Flir C2

Форма цих поверхонь підтверджує неоднорідність комплектних систем. Поздовжні западини на поверхні представляють собою частини конструкції, які мають нижчу температуру по зрівнянню з іншими частинами конструкції. Це явище зумовлено тим, що в цих частинах розташовані елементі сталевого каркасу, який має значно віщій коефіцієнт теплопередачі, по зрівнянню з іншими елементами систем. Бугристість поверхні зумовлена тим, що в середині систем розташований шар утеплювача, в якості якого використані мінеральна вата, яка не є ізотропним матеріалом.

Всі ці теплопровідні включення впливають на опір теплопередачі конструкції.

Всі данні отримані в результаті описаного експерименту у майбутньому будуть використані для моделювання процесу теплопередачі з використанням методу кінцевих елементів. Це моделювання буде виконано для визначення теплового потоку, який проходить через данні конструкції. Після визначення теплового потоку можна розрахувати приведений опір теплопередачі, який порівнюється з нормативним, що дасть чітке розуміння про енергоефективність даних конструкцій та їх відповідність будівельним нормативам, які діють на даний час на території України.

Література

1. Теплова ізоляція будівель. ДБН В 2.6-31:2016. [Чинні від 2017-05-01]. – К.:Мінрегіонбуд України, 2017. – 33.с. – (Національний стандарт України)

2. Настанови з будівництва та проектування. ДСТУ-Н Б В.2.6 – [Чинні від 2016-06-01]. К.: «УкрНДНЦ» 2017, – 42 с. – (Національний стандарт України)

3. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях, Частина 2. Лінійні теплопровідні включення. ДСТУ ISO 10211-2:2005. – [Чинний від 2008-03-01]. – К.: Держбуд України, 2008. – 12 с. – (Національний стандарт України).

4. Європейське технічне свідоцтво ETA 13/0312. Інститут будівельних технологій Каталонії (ITeC), Європейська організація технічного огляду (EOTA), видавництво 30.05.2013 – 84 с. в т.ч 9 додат.

5. Каркасно-обшивные наружные стены из термопрофилей СТАЛДОМ® и различных листовых материалов КНАУФ для многоэтажных зданий с несущим каркасом [Електронний ресурс]: Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов. КС 11.04/2009ПИ / ООО «СТАЛДОМ», 2009. – 59 с.
URL: http://www.taldom profil.ru/netcat_files/userfiles/td/6Nordikon.StaldomKnauf.pdf (дата звернення: 23.03.2018).