

УДК 692.82:699.86
DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.107.773

ВІМ-ЕНЕРГОАНАЛІЗ БУДИНКУ З ПОДВІЙНИМИ ВІКНАМИ

СОПІЛЬНЯК А. М.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
КОЛОХОВ В. В.², канд. техн. наук, доц.,
ЯРОВА Т. П.³, канд. техн. наук, доц.,
СЕРЕДА С. Ю.⁴, ас.,
СІРЕНОК К. О.⁵, студ.,
ДУНДА В. В.⁶, студ.

^{1*} Кафедра нарисної геометрії та графіки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056)-756-33-80, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

² Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-76, e-mail: kolokhov.viktor@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 000-0001-8223-1483

³ Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: yarova.tetyana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

⁴ Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: sereda.svitlana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

⁵ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: sirenokk@gmail.com

⁶ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: karridared@gmail.com

Анотація. *Постановка проблеми.* Застосування інформаційної моделі будинку має низку переваг перед класичними методами архітектурно-будівельного проектування. Насамперед, ВІМ дозволяє у віртуальному режимі підібрати, розробити, розрахувати, пов'язати разом і узгодити створені різними фахівцями та організаціями компоненти і системи майбутньої споруди, заздалегідь перевірити їх життєздатність, функціональність і експлуатаційні якості. *Мета роботи* – поліпшення теплотехнічних показників будинку для зменшення енергоспоживання та аналіз енерговитрат будинку до та після його утеплення за допомогою хмарного програмного забезпечення Insight. *Висновки.* Розвиток інформаційного моделювання будівель дозволив переосмислити деякі установлені принципи проектування будівель та споруд і продемонстрував нове потужне джерело ефективності вибору раціональних архітектурно-конструктивно-технологічних рішень. Числовим та дослідницьким шляхами доведено ефективність застосування дворамних вікон, у результаті чого енергоспоживання будинку зменшилося на 9.1 %. Застосування додаткових вікон дозволяє отримати майже термічно однорідну зовнішню утеплювальну оболонку будинку.

Ключові слова: BIM; Autodesk Revit; Insight; проектування; енергоаналіз

BIM ENERGY ANALYSIS OF A HOUSE WITH DOUBLE WINDOWS

SOPILNIAK A.M.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
KOLOKHOV V.V.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
YAROVA T.P.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,
SEREDA S.Y.⁴, Assist.,
SIRENOK K.O.⁵, Stud.,
DUNDA V.V.⁶, Stud.

^{1*} Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562)-756-33-80, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

² Department of Technologies of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-76, e-mail: kolokhov.viktor@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 000-0001-8223-1483

³ Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: yarova.tetyana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

⁴ Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: sereda.svitlana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

⁵ Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, e-mail: sirenokk@gmail.com

⁶ Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, e-mail: karridared@gmail.com

Abstract. Problem statement. The use of a building information model has a number of advantages over classical methods of architectural and construction design. First of all, BIM allows in a virtual mode to select, develop, calculate, link together and coordinate the components and systems of the future structure created by various specialists and organizations, check their viability, functionality and performance in advance. **The aim** is to improve the thermal performance of the building and reduce energy consumption. The main task of this work is to carry out insulation of the house on the basis of the provided materials, to carry out an analysis using the cloud-based Insight software, followed by a comparison of the results of energy consumption. **Conclusions.** The development of information modeling of buildings made it possible to rethink some of the established principles of designing buildings and structures, demonstrated new powerful sources of efficiency in the choice of rational architectural, constructive and technological solutions. The effectiveness of the use of two-frame windows has been proven numerically and empirically, as a result of which the energy consumption of the house has decreased by 9.1%. The use of additional windows makes it possible to obtain an almost thermally homogeneous external insulating shell of the house.

Keywords: BIM; Autodesk Revit; Insight; design; energy analysis

Постановка проблеми. Сьогодні підвищення енергоефективності будівель та споруд залишається одним із головних завдань архітекторів та інженерів.

Теплоізоляційна оболонка має основний вплив на формування класу енергоефективності й енергетичного паспорта будинку (витрати енергії на 1 м² – відповідає певному класу енергоефективності енергетичного паспорта будинку).

Правильний вибір конструкцій та матеріалів дає можливість зменшити витрати на опалення будинку та збільшити клас енергоефективності.

Аналіз будинку допомагає точно розрахувати, скільки коштів потрібно витратити на утеплення, які конструкції доцільніше використовувати та на скільки зменшиться споживання електроенергії і опалення після цього.

Європейський та американський досвід доводить, що в результаті енергозберігальних заходів (утеплення, встановлення лічильників тощо) споживання енергії зменшується на 30...40 %.

Аналіз публікацій. На державному рівні в ряді країн установлено умови щодо

обов'язкового застосування BIM-технологій під час проектування і будівництва об'єктів за рахунок коштів державного бюджету. В рамках стратегії реалізується програма переходу на технології інформаційного моделювання. Умовами цієї програми був підготовлений перехід на обов'язкове застосування даних технологій з квітня 2016 року для всіх нових проектів будинків, що фінансуються з бюджету, в тому числі реконструкції, капітального ремонту [1].

На пострадянському просторі лише у Білорусі була прийнята програма з розроблення та впровадження інформаційних технологій комплексної автоматизації проектування та підтримки життєвого циклу будівель та споруд на 2012–2015 рр. [2].

В Україні Меморандум про впровадження BIM-технологій у будівництво підписано наприкінці 2019 року. Також презентована «Дорожня карта впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM) у створення об'єктів будівництва, об'єктів архітектури», яка передбачає імплементацію європейських підходів і принципів у державні стандарти України і внесення відповідних змін до інших нормативних документів.

Учасниками підписання меморандуму про впровадження BIM під час створення об'єктів будівництва, об'єктів архітектури стали представники Мінрегіону, Офісу ефективного регулювання, Конфедерації будівельників України, Українського центру сталого будівництва та Міждержавної гільдії інженерів-консультантів [3].

BIM (Building Information Modelling) – інформаційне моделювання будинку або інформаційна модель будинку. Інформаційне моделювання будинку – це підхід до зведення, оснащення, забезпечення експлуатації та ремонту будинку (до керування життєвим циклом об'єкта), який передбачає збирання і комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до неї відношення, розглядаються як єдиний об'єкт [4].

Тож віртуальний об'єкт інформаційно взаємодіє з великим обсягом доступного довідкового матеріалу, який заноситься в систему, а потім використовується у будь-який час на кожному робочому місці і по кожній спеціальності з автоматичним виготовленням креслень. Прикладом довідкових даних можуть бути різноманітні відомості про матеріали, вироби, планувальні рішення, типові проекти будинків, фрагменти будівель, дані про прилади автоматики, електрики, сантехніки тощо, а також про їх ціни.

Застосування інформаційної моделі будинку має низку переваг перед класичними методами архітектурно-будівельного проектування. Насамперед, BIM дозволяє у віртуальному режимі підібрати, розробити, розрахувати, пов'язати разом і узгодити створювані різними фахівцями та організаціями компоненти і системи майбутньої будівлі, задалегіть перевірити їх життєздатність, функціональність і експлуатаційні якості, а також уникнути внутрішніх розбіжностей.

Вся інформація BIM щодо об'єкта об'єднується в базу даних, що дозволяє в

будь-який момент часу не тільки отримувати актуальну проектну документацію та візуалізацію, а й аналізувати її.

Сучасне програмне забезпечення дозволяє створювати інформаційну модель, в якій можуть паралельно працювати архітектори, конструктори, інженери та інші фахівці, залучені до проекту. Це означає, що всі учасники проекту від початку і до кінця працюють як одна команда.

Для виконання додаткових аналітичних завдань програмні комплекси (наприклад Revit) взаємодіють з іншими програмами, які присутні безпосередньо в середовищі BIM або представлені у вигляді окремих підпрограм, а саме Autodesk Insight хмарне програмне забезпечення для аналізу енергоефективності будівель.

Після виконання розрахунку в Insight можна ознайомитись із результатами і вивчити можливості підвищення енергоефективності проекту. Insight відображає числові результати, а також інтерактивний вид моделі, який дозволяє візуалізувати опалювальні навантаження, холодильні навантаження і потенціал фотоелектричних поверхонь у моделі.

Мета роботи – поліпшення теплотехнічних показників будинку для зменшення енергоспоживання та аналіз енерговитрат будинку за допомогою хмарного програмного забезпечення Insight із подальшим порівнянням результатів енерговитрат.

Основна частина. *Розробка інформаційної моделі проекту житлового будинку.* Для енергоаналізу взято житлову будівлю, розташовану у м. Дніпро. Розміри будинку в осях 11.0 × 10.9 м, висота будинку до найвищої точки – 8 м.

Конструктивна система будинку – несні цегляні стіни. Покриття – зі сталевих балок та огорожувальні конструкції з енергоефективним утеплювачем.

Нижче наведено: 3-D вигляд будинку, план типового поверху і переріз будинку.

Матеріали огорожувальних конструкцій наведені на рисунках 4 та 5.

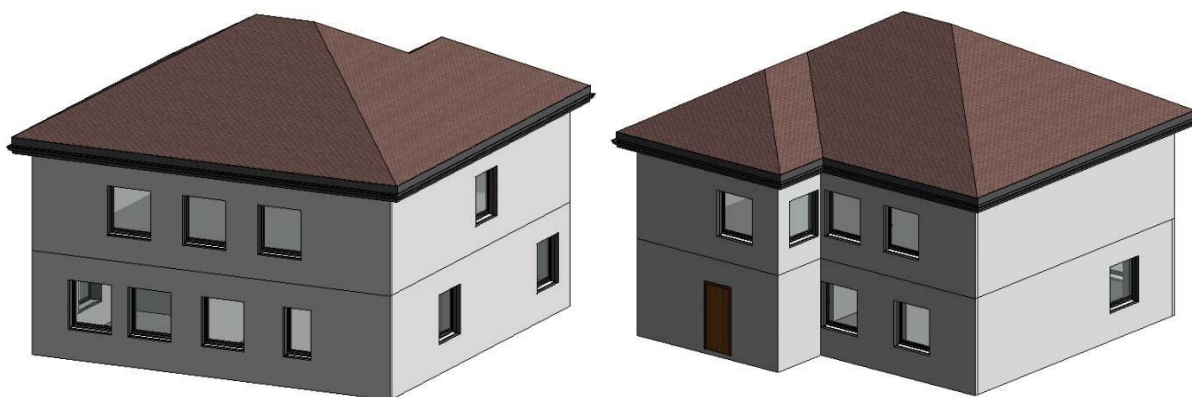


Рис. 1. 3D вигляд будинку (з різних сторін)

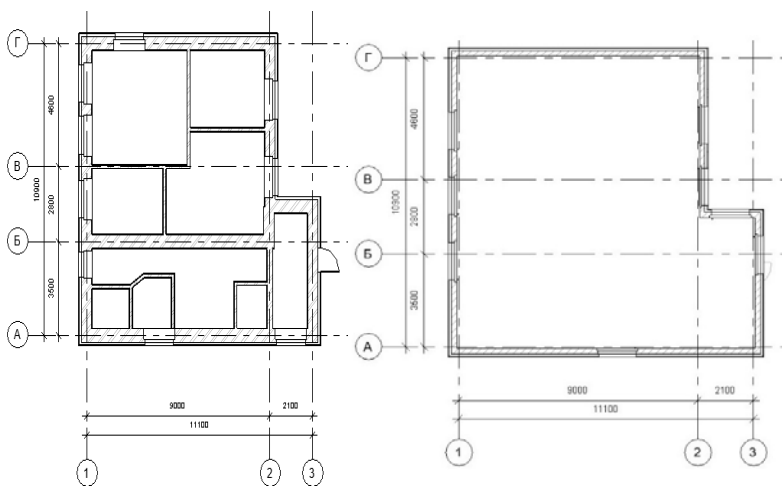


Рис. 2. План 1 та 2-го поверху будинку

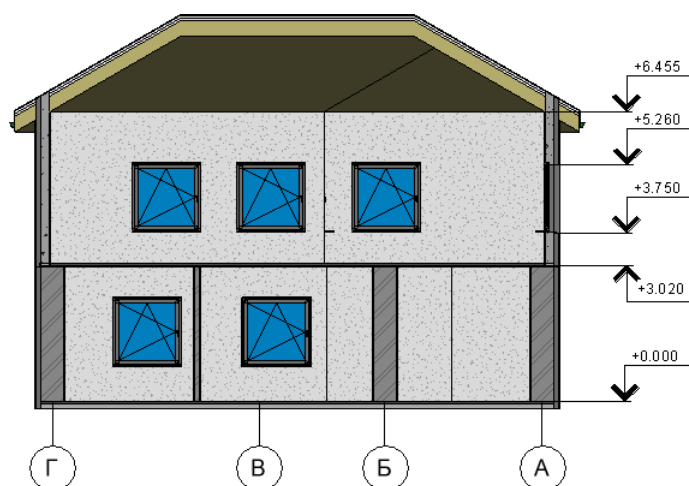


Рис. 3. Переріз будинку

<Специфікація стін>		
A	B	C
Тип	Площа	Коефіцієнт теп
Внутренние - Кирпичная перегородка толщиной 120мм оштукатуренная 25+25 мм	79 м ²	2.2681 Вт/(м ² ·К)
Внутренние - Кирпичная перегородка толщиной 250мм оштукатуренная 25+25 мм	9 м ²	1.2310 Вт/(м ² ·К)
ДСК_ГРАС_Межквартирная_Газобетон D500 B3.5_200мм	136 м ²	0.7500 Вт/(м ² ·К)
Наружный - Стена из кирпича толщиной 510 мм оштукатуренная снаружи и изнутри 25+25 мм	30 м ²	0.6430 Вт/(м ² ·К)
Наружный - Стена из кирпича толщиной 510 мм оштукатуренная снаружи и изнутри 25+25 мм 2	111 м ²	0.6639 Вт/(м ² ·К)
утеплитель 100	264 м ²	0.3441 Вт/(м ² ·К)

Рис. 4. Специфікація стін

Специфікація покрівлі		
A	B	C
Тип	Площадь	Коефициент теп
ТН_ШИНГЛАС Мансарда PIR	170 м ²	0.0733 Вт/(м ² ·К)

Рис. 5. Специфікація покрівлі

Вікна одинарні мають коефіцієнт теплопередачі 0,5 679 Вт/(м²·К), двері – 0,6 Вт/(м²·К).

Перед виконанням енергоаналізу створено аналітичну модель (рис. 6) опалювальних об'ємів даного будинку.

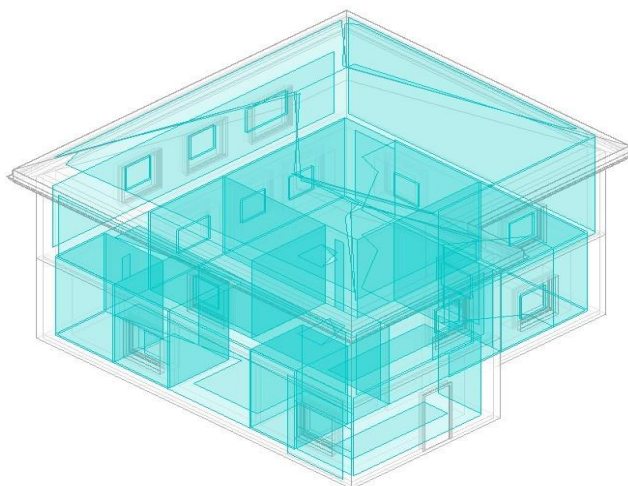


Рис. 6. Аналітична модель будинку

Модель існуючого будинку завантажено в Autodesk Insight та отримано (рис. 7.)

показники енергоспоживання будинку: 104,3 кВт·год/м².

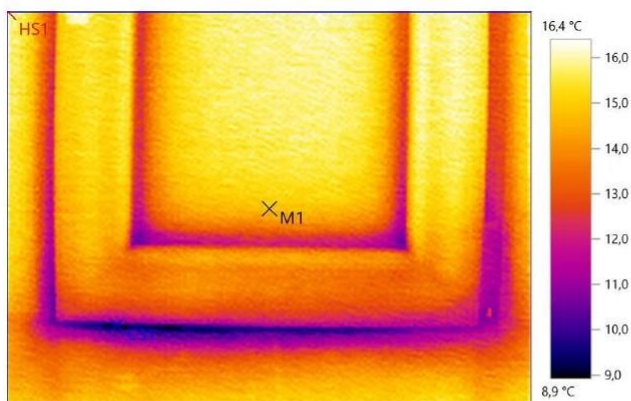


Рис. 7. Результати аналізу в Autodesk Insight (до встановлення додаткових вікон)

Слід звернути увагу на недостатні теплоізолювальні властивості вікон на відміну від огорожувальних стін. Підтвердження цього – результати тепловізійної зйомки вікон цього будинку (рис. 8.).

Раніше подібні питання поліпшення теплоізоляційних властивостей світло-огорожувальних конструкцій розглядались у працях [6–10] на основі розрахунків та підтверджувальних даних тепловізійної

зйомки вікон приватної квартири. У публікаціях [7; 8] зазначено також, що на вікні з додатково встановленою віконною рамою повністю відсутній конденсат, на відміну від однорамного вікна, на якому конденсат формується на всій площі склопакета (внизу більші краплі, зверху дрібніші). Відповідно стають вологими відкоси і з'являються грибкові сліди у вигляді чорних плям.



Параметры изображения:

Кoeffициент излучения: 0,95
Отраж. темп. [°C]: 18,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	14,7	0,95	18,0	CenterSpot
Самая холодная точка 1	8,9	0,95	18,0	-
Самая теплая точка 1	16,4	0,95	18,0	-

Рис. 8. Результати тепловізійної зйомки вікна будинку

Для поліпшення енергоефективності будинку вирішено встановити додаткові вікна поряд з існуючими в тому ж віконному прорізі.

Після аналізу в Autodesk Insight будинку з додатковими вікнами отримано (рис. 9.) показники енергоспоживання будинку: 94,8 кВт·год/м².

За результатами числової перевірки за ДБН В.2.6-31:2016 [5] енергоспоживання

будинку складає 72 кВт·год/м². Цю різницю можна пояснити підрахунком різними методами та точністю даних.

Також після встановлення додаткових вікон проведено повторну тепловізійну зйомку вікон цього будинку (рис. 10 та 11). Температура зовні та всередині будинку до встановлення додаткових вікон та після була майже однаковою.

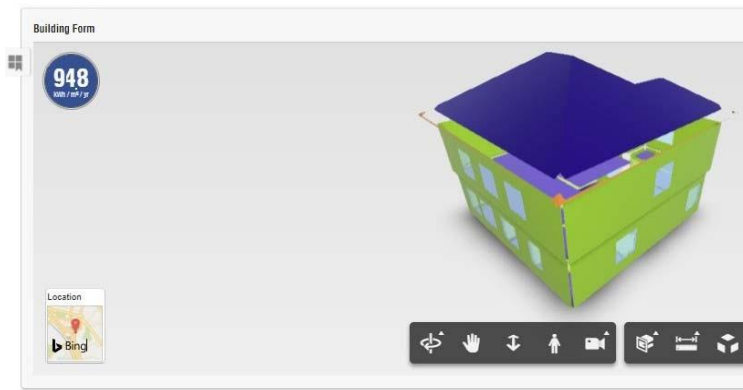
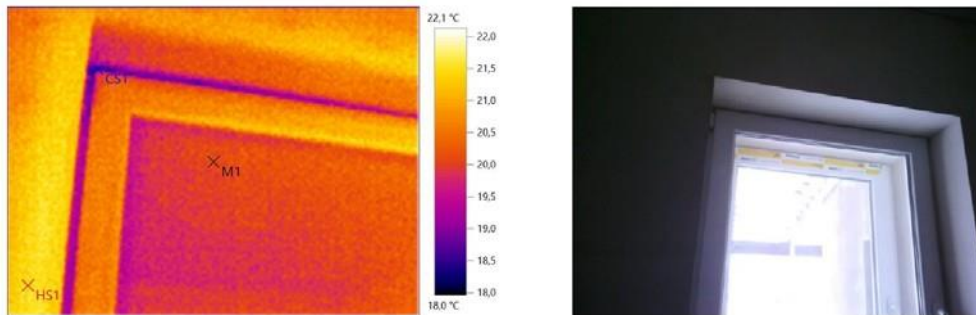


Рис. 9. Результати аналізу в Autodesk Insight (після встановлення додаткових вікон)



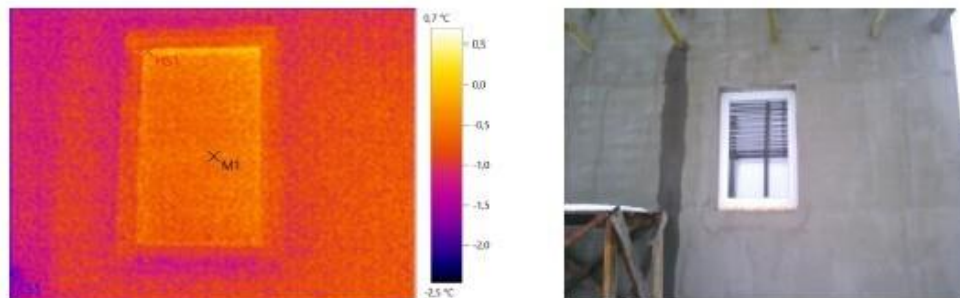
Параметры изображения:

Кoeffициент излучения: 0,95
Отраж. темп. [°C]: 18,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	20,0	0,95	18,0	CenterSpot
Самая холодная точка 1	18,0	0,95	18,0	-
Самая теплая точка 1	22,1	0,95	18,0	-

Рис. 10. Результати тепловізійної зйомки вікна будинку з внутрішньої сторони будинку після встановлення додаткових вікон



Параметры изображения:

Кoeffициент излучения: 0,95
Отраж. темп. [°C]: 3,0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	-0,5	0,95	3,0	CenterSpot
Самая холодная точка 1	-2,5	0,95	3,0	-
Самая теплая точка 1	0,7	0,95	3,0	-

Рис. 11. Результати тепловізійної зйомки вікна будинку із зовнішньої сторони будинку після встановлення додаткових вікон

Висновки

Розвиток інформаційного моделювання будівель дозволив переосмислити деякі установлені принципи проектування будівель та споруд. Програмні комплекси BIM дають нове потужне джерело вибору енергоефективних та раціональних архітектурно-конструктивних рішень.

Крім застосування енергоефективного утеплювача для огорожувальних стін, числовим та досліdnим шляхами підтверджено ефективність утеплення світлопрозорих конструкцій за допомогою додаткових віконних рам.

Отримані результати аналізу енергоефективності будинку свідчать, що після встановлення додаткових вікон енергоспоживання зменшилося на 9,1 %.

Отримана термограма частини огорожувальної стіни з додатковою віконною рамою підтверджує майже термічно однорідну зовнішню утеплювальну оболонку будинку.

Це рішення світлопрозорої конструкції дає поштовх для наступних досліджень та удосконалення конструкції віконних рам для зменшення тепловтрат будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ziganshin A., Ziganshin M. Smart BIM in HVAC. Information modeling in Heating and Ventilation Systems. Kazan`, 2018. 53 p.
2. Об утверждении отраслевой программы по разработке и внедрению информационных технологий комплексной автоматизации проектирования и поддержки жизненного цикла здания, сооружения на 2012–2015 гг. : постановление Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31.01.12 № 4. URL : <http://pravo.newsby.org/belarus/postanov2/pst685.htm>
3. Меморандум про впровадження BIM-технологій у будівництві – підписано [Електронний ресурс]. URL: <http://kbu.org.ua/index.php?id=1389>
4. BIM – Википедия. Википедия : свободная энциклопедия. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM>
5. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України, 2017. 35 с.
6. Сопильняк А. М. Повышение теплозащиты ограждающей светопрозрачной конструкции. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 98. 2017. С. 161–165. URL : <http://smm.pgasa.dp.ua/article/viewFile/106794/101852>
7. Nikiforova Tetiana, Sopilniak Artem, Radkevych Anatolii, Shevchenko Tetiana. Simple methods of increasing the energy efficiency of windows in the reconstruction of old buildings. *Sustainable housing and human settlement*. Dnipro – Bratislava : SHEE “Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture” – Slovak University of Technology in Bratislava, 2018. Pp. 94–101. URL: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/10580/1/Nikiforova.pdf>
8. Сопильняк А. М., Колохов В. В., Шляхов К. В., Сенчишак Д. В., Кобзар І. І. Дослідження доцільності застосування дворамних металопластикових вікон. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 4. С. 71–78. URL : <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/165769>
9. Сегляник Б. В., Сопильняк А. М. Визначення ефективності застосування дворамних металопластикових вікон. *Проблеми будівництва, водокористування та екології : матер. Всеукр. 79-ї наук.-практ. конф. студ. та мол. вчен.* За ред. доц. Тарасової Л. Д. Дніпро : Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2019. С. 70–71. URL : <http://ndch.diit.edu.ua/upload/Конференції/ТезиПЦБ.pdf>
10. Сопильняк А. М., Колохов В. В., Шляхов К. В., Смирнов А. С. Підвищення енергоефективності світлопрозорих конструкцій. *Експлуатація та реконструкція будівель і споруд : тези доп. III міжнар. конф.* Одеса : ОДАБА, 2019. С. 141. URL : https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirmie_tez_maket.pdf

REFERENCES

1. Ziganshin A. and Ziganshin M. Smart BIM in HVAC. Information modeling in Heating and Ventilation Systems. Kazan`, 2018, 53 p.
2. *Ob utverzhdenii otraslevoj programmy po razrabotke i vnedreniyu informacionnyh tehnologij kompleksnoj avtomatizacii proektirovaniya i podderzhki zhiznennogo cikla zdaniya, sooruzheniya na 2012–2015 gg. : Postanovleniye Ministerstva arkhitektury i stroitel'stva Respubliki Belarus' ot 31.01.12 № 4* [On the approval of the industry program for the development and implementation of information technologies for integrated design automation and support for the life cycle of a building, structure on 2012–2015 : Resolution of the Ministry of Architecture and

Construction of the Republic of Belarus of 01/31/12 no. 4]. URL: <http://pravo.newsby.org/belarus/postanov2/pst685.htm> (in Russian).

3. *Memorandum pro vprovadzheniya vim-tekhnolohiy u budivnytstvi – pidpysano!* [Memorandum on the introduction of BIM technologies in construction – signed!]. [Electronic resource]. URL : <http://kbu.org.ua/index.php?id=1389> (in Ukrainian).

4. *BIM – Vikipediya. Vikipediya : svobodnaya `enciklopediya* [BIM – Wikipedia. Wikipedia : the free encyclopedia]. 2018. [Electronic resource]. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM> (in Russian).

5. *DBN V.2.6-31:2016. Teplova izolyatsiya budivel'* [DBN V.2.6-31:2016. Thermal insulation of buildings]. Kyiv : Ministerstvo regional'nogo rozvitku, budivnictva ta ZhKG Ukraïni, 2017, 35 p. (in Ukrainian).

6. Sopilniak A.M. *Povysheniye teplozashchity ograzhdayushchey svetoprozrachnoy konstruktzii* [Increasing the thermal protection of the enclosing translucent structure]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Vol. 98, 2017, pp. 161–165. URL : <http://smm.pgasa.dp.ua/article/viewFile/106794/101852> (in Ukrainian).

7. Nikiforova Tetiana, Sopilniak Artem, Radkevych Anatolii and Shevchenko Tetiana. Simple methods of increasing the energy efficiency of windows in the reconstruction of old buildings. Sustainable housing and human settlement. Dnipro – Bratislava : SHEE “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture” – Slovak University of Technology in Bratislava, 2018. pp. 94–101. URL : <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/10580/1/Nikiforova.pdf>

8. Sopilnyak A.M., Kolokhov V.V., Shlyakhov K.V., Senchyshak D.V. and Kobzar I.I. *Doslidzhennya dotsil'nosti zastosuvannya dvoramnykh metaloplastykovykh vikon* [Research of expediency of application of two-frame metalplastic windows]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2018, no. 4, pp. 71–78. URL : <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/165769> (in Ukrainian).

9. Seglyanyk B.V. and Sopilnyak A.M. *Vyznachennya efektyvnosti zastosuvannya dvoramnykh metaloplastykovykh vikon* [Determination of efficiency of application of double-frame metalplastic windows]. *Problemy budivnytstva, vodokorystuvannya ta ekolohiyi : materialy Vseukrayins'koyi 79-yi naukovy-praktychnoyi konferentsiyi studentiv ta molodykh vchenykh* [Problems of construction, water use and ecology : materials of All-Ukrainian 79th scientific-practical conference of students and young scientists]. Ed. by Tarasova L.D. Dnipro : Dniprovskyy nat. un-t railway transp. named akad. V. Lazaryan, 2019, pp. 70–71. URL : <http://ndch.diit.edu.ua/upload/Конференции/ТезиПЦБ.pdf> (in Ukrainian).

10. Sopilnyak A.M., Kolokhov V.V., Shlyakhov K.V. and Smirnov A.S. *Pidvyshchennya enerhoefektyvnosti svitloprozorykh konstruktсий* [Improving the energy efficiency of translucent structures]. *Ekspluatatsiya ta rekonstruktsiya budivel' i sporud : tezy dop. III mizhnar. konf.* [Operation and reconstruction of buildings and structures: abstracts of reports III International. conf.]. Odesa : ODABA Publ., 2019, p. 141. URL : https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnie_tez_maket.pdf (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 11.06.2021.