

УДК 692.82:699.86

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261223.118.1014

## ВИКОРИСТАННЯ ВІМ-МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВТРАТ ТА ЗАГАЛЬНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ

ТИТЮК А. А.<sup>1\*</sup>, канд. техн. наук, доц.,

ЯРОВА Т. П.<sup>2</sup>, доц.,

СЕРЕДА С. Ю.<sup>3</sup>, ст. викл.,

ВЕРШКОВА Ю. С.<sup>4</sup>, студ.,

СОПІЛЬНЯК Ф. М.<sup>5</sup>, студ.

МОСЬПАН Є. В.<sup>6</sup>, асп.

<sup>1\*</sup> Кафедра нарисної геометрії та графіки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: [tytiuk.andrii@pdaba.edu.ua](mailto:tytiuk.andrii@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-4119-4089

<sup>2</sup> Кафедра нарисної геометрії та графіки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: [yarova.tetyana@pdaba.edu.ua](mailto:yarova.tetyana@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

<sup>3</sup> Кафедра нарисної геометрії та графіки, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: [sereda.svitlana@pdaba.edu.ua](mailto:sereda.svitlana@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

<sup>4</sup> Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: [vjvlias2004@gmail.com](mailto:vjvlias2004@gmail.com)

<sup>5</sup> Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: [cid@ukr.net](mailto:cid@ukr.net)

<sup>6</sup> Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: [bynhytn0@gmail.com](mailto:bynhytn0@gmail.com), ORCID ID : 0009-0001-5450-7419

**Анотація. Постановка проблеми.** Питання енергоефективності – одна з ключових проблем у будівельній галузі. Зростання уваги до цього аспекту зумовило розроблення нових технологій та інструментів для поліпшення енергоефективності будівель. Одним із потужних програмних комплексів для ВІМ-моделювання є Revit. Програма має вбудовані інструменти для аналізу, серед них – Energy Analysis та додаток My Insight у програмному забезпеченні Revit. Цей інструмент дозволяє проводити розрахунки енергоспоживання будівлі та її енергоефективності. За його допомогою можна виконувати аналіз енергоспоживання будівлі в різні сезони та за різних умов експлуатації. Для досягнення енергоефективності будівлі в Revit можна вибирати матеріали та змінювати їх теплотехнічні характеристики або вибирати матеріали, які мають високу енергоефективність та довговічність, розробляти нові вузли з'єднання матеріалів та розраховувати їх тепловтрати. Використання енергозберігальних технологій, таких як енергоефективні вікна, сонячні панелі та інші, дозволяє враховувати внесок цих технологій у загальне споживання енергії будівлею за допомогою того ж додатка Insight, що наразі актуально. **Мета** – підвищення енергоефективності будинку на етапі проектування з використанням ВІМ-моделі за допомогою хмарного сервісу Insight. **Висновки.** Поліпшення енергоефективності у програмному забезпеченні Revit та його додатку Insight дозволяє зменшити споживання енергії будівлями та знизити витрати на опалення та кондиціонування повітря. Це не тільки допомагає зберегти ресурси планети, а й зменшує витрати для власників будівель. Використання цих інструментів дозволяє створювати енергоефективні та стійкі до змін клімату будівлі, що дуже важливо у сучасному світі.

**Ключові слова:** BIM; Revit; My Insight; енергоефективність

## USING BIM MODELING FOR THE CALCULATION OF HEAT LOSSES AND GENERAL ENERGY EFFICIENCY AT THE DESIGN STAGE

TYTIUK A.A.<sup>1\*</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

YAROVA T.P.<sup>2</sup>, Assoc. Prof.,

SEREDA S.Yu.<sup>3</sup>, Sen. Lect.,

VERSHKOVA J.S.<sup>4</sup>, Stud.,

SOPILNIAK F.M.<sup>5</sup>, *Stud.*

MOSPAN Ye.V.<sup>6</sup>, *Postgrad. Stud.*

<sup>1\*</sup> Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: [tytiuk.andrii@pdaba.edu.ua](mailto:tytiuk.andrii@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-4119-4089

<sup>2</sup> Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: [yarova.tetyana@pdaba.edu.ua](mailto:yarova.tetyana@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

<sup>3</sup> Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: [sereda.svitlana@pdaba.edu.ua](mailto:sereda.svitlana@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

<sup>4</sup> Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: [vjylas2004@gmail.com](mailto:vjylas2004@gmail.com)

<sup>5</sup> Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: [cid@ukr.net](mailto:cid@ukr.net)

<sup>6</sup> Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: [bynthytn0@gmail.com](mailto:bynthytn0@gmail.com), ORCID ID: 0009-0001-5450-7419

**Abstract. Problem statement.** The issue of energy efficiency is one of the key problems in the construction industry. Increasing attention to this aspect has led to the development of new technologies and tools to improve the energy efficiency of buildings. One of the powerful software complexes for BIM modeling is Revit. The program has built-in tools for analysis. One such tool is Energy Analysis and the My Insight application in Revit software. This tool allows you to calculate the energy consumption of the building and its energy efficiency. With its help, you can perform an analysis of the building's energy consumption in different seasons and under different operating conditions. To achieve energy efficiency of the building in Revit, you can choose materials and change their thermal characteristics or choose materials that have high energy efficiency and durability, develop new material connection nodes and calculate their heat loss. The use of energy-saving technologies, such as energy-efficient windows, solar panels and others, allows you to take into account the contribution of these technologies to the overall energy consumption of the building using the same Insight application that is relevant today. **The purpose of this work** is to increase the energy efficiency of the house at the design stage using the BIM model with the help of the Insight cloud service. **Conclusions.** Energy efficiency improvements in Revit software and its Insight application help reduce building energy consumption and reduce heating and air conditioning costs. This not only helps save the planet's resources, but also reduces costs for building owners. Using these tools allows you to create energy-efficient and climate-resistant buildings, which is an important task in today's world.

**Keywords:** *BIM; Revit; My Insight; energy efficiency*

**Постановка проблеми.** Питання енергоефективності – одна з ключових проблем у будівельній галузі. Зростання уваги до цього аспекту зумовило розроблення нових технологій та інструментів для поліпшення енергоефективності будівель.

Використовуючи BIM, можна враховувати енергетичні характеристики будівлі на початкових етапах проектування та знаходити можливості для зниження споживання енергії, виявляти місця найбільших тепловтрат.

Один із потужних програмних комплексів для BIM моделювання – Revit. Програма має вбудовані інструменти для аналізу, серед них – Energy Analysis та додаток My Insight у програмному забезпеченні Revit. Цей інструмент дозволяє

проводити розрахунки енергоспоживання будівлі та її енергоефективності. За його допомогою можна виконувати аналіз енергоспоживання будівлі в різні сезони та за різних умов експлуатації. Він дозволяє виявляти проблемні зони та розробляти стратегії для їх вирішення.

Для досягнення енергоефективності будівлі в Revit можна вибрати матеріали та змінювати їх теплотехнічні характеристики або вибрати матеріали, які мають високу енергоефективність та довговічність, розробляти нові вузли з'єднання матеріалів та розраховувати їх тепловтрати.

Також не менш важливим бачиться моделювання системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря для оптимізації енергоефективності будівлі. My Insight також дозволяє аналізувати вплив різних

інженерних систем на енергоспоживання будівлі та вибирати найефективніший їх набір.

Використання енергозберігальних технологій, таких як LED-освітлення, енергоефективні вікна, сонячні панелі та інші, дозволяє враховувати внесок цих технологій у загальне споживання енергії будівлею за допомогою того ж додатка Insight, що наразі вважається актуальним [2; 3].

**Мета роботи** – підвищення енергоефективності будинку на етапі проектування з використанням BIM-моделі за допомогою хмарного сервісу Insight.

**Основна частина.** Щоб проілюструвати роботу додатка Insight, створено декілька інформаційних моделей будинку:

З цільною стіною на південь, без вікон (рис. 2). З вітражними вікнами (одинарне скління, одна віконна рама) сумарною площею 25,3 м<sup>2</sup>, встановленими в середньому шарі утеплювача (рис. 3). З двома вітражними вікнами (одинарне скління, дві рами) в зовнішній цегляній кладці і в шарі утеплювача (рис. 4). З трьома вікнами в цегляній кладці (одинарне скління, три рами), у всіх трьох шарах зовнішньої стіни (рис. 5).

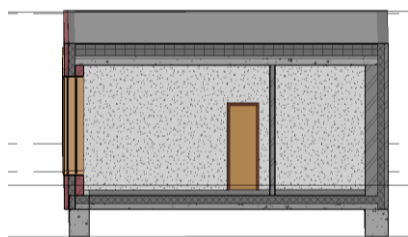


Рис. 1. Розрахункова модель будинку

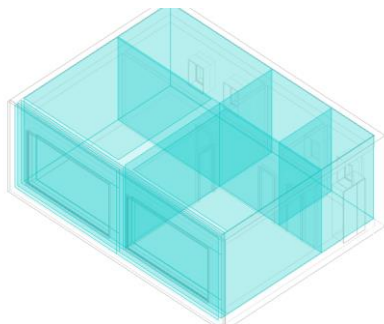


Рис. 2. Аналітичні простори приміщень



Рис. 3. Модель будинку з цільною стіною без вікон, орієнтованою на південь



Рис. 4. Модель будинку з вітражними вікнами (одинарне скління, одна рама)



Рис. 5. Модель будинку з вітражними вікнами (одинарне скління, дві рами)



Рис. 6. Модель будинку з вітражними вікнами (одинарне скління, три рами)

Перед розрахунком слід створити зонування приміщення та визначити в програмному комплексі об'єми кімнат, для більш точного створення аналітичних просторів, за якими буде проводитися розрахунок. Також важливі достовірні фізичні та теплотехнічні характеристики, які

можна задати або змінити у властивостях матеріалів бібліотеки сімейств Revit.

Після детального розроблення аналітичної моделі слід визначити місце розташування проекту, його орієнтацію за сторонами світу та задати допоміжні параметри енергоспоживання. Якщо не були створені системи вентиляції та теплопостачання в проекті, для урахування споживання енергії- є можливість задати тип системи у графі «Відомості про будівлю».

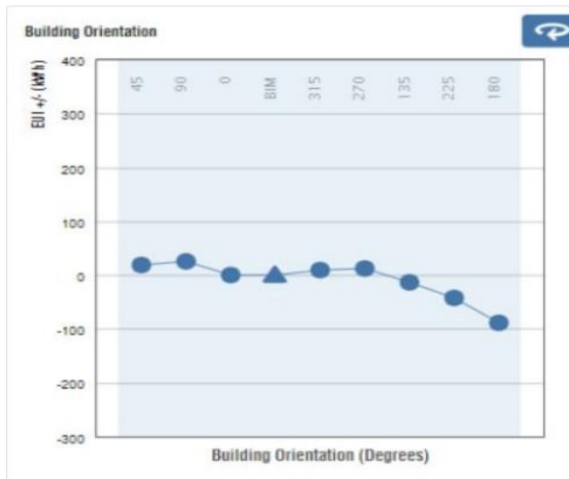
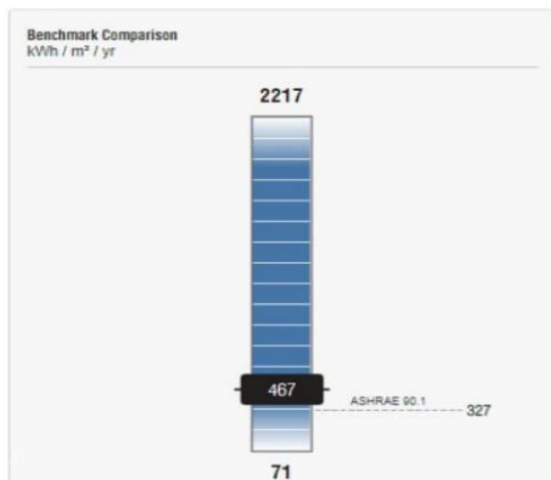


Рис. 7. Ілюстрація існуючого рівня споживання енергії в додатку Insight

Задається робочий графік будівлі. Цей параметр визначає час роботи електроприладів та загальне навантаження на системи впродовж дня та року. Наприклад, роздрібний магазин за рік зазвичай працює більше часу, ніж офісний будинок. Це спричинює більші витрати енергії.

Такий графік може суттєво впливати на результати розрахунку енергоспоживання.

Слід обрати графік, який найточніше відповідає приблизному часу роботи.

Програмний комплекс пропонує декілька варіантів експорту моделі на розрахунок:

1. «Спрощено»: вітражі та вітражні системи експортуються як єдині отвори (без окремих панелей). Рівень «Спрощено» більшою мірою підходить для розрахунку енергоспоживання.

2. «Складно»: вітражі та вітражні системи експортуються як множинні отвори по окремих панелях.

Для розрахунків опалювальних та холодильних навантажень використовується рівень «Спрощено», але слід також враховувати кількість скління та вітражних панелей. При експорті Revit враховує тоновані поверхні, тобто не суміжні з жодним простором, у тому числі поверхні, що закривають сонячне світло [6].

Отримано результати про річне споживання електроенергії з урахуванням матеріалів, створених у проекті. Для цього проекту вибрано центр метеорологічних даних регіону (м. Київ, Україна), тип будівлі – житловий (серед пропонуваних були: житлові, промислові, торговельні центри, офіси), графік роботи 24/7. Оскільки в моделі не було створено системи опалення електро та газопостачання, обрали з переліку запропонуваних такі системи: «центральна, змінний об'єм повітря, електрообігрів, холодильник з ККД 5,96» [7]. Для цих систем враховується середнє навантаження від:

1. Відцентрового водоохолоджувача (ККД 5.96).

2. Відкритої атмосферної градирні з вентилятором з регульованою швидкістю та з висотою зони охолодження 2,8 °С.

3. Вентилятора із загнутими вперед лопатями з регульованим приводом та двигуном із високим ККД.

4. Системи повітроводів зі змінним об'ємом повітря та зі статичним тиском 3,5 дюйма водяного стовпа (871,8 Па).

5. Інтегрованого економайзера на основі диференціальної температури по сухому термометру.

6. Вентиляторних доводчиків.

7. Насоса охолодженої води з регульованим об'ємом.

8. Батареї з холодною водою.

9. Насоса конденсаторної води з регульованим об'ємом.

10. Одиниці гарячої води для побутових потреб (енергетичний фактор 0,575).

Звісно, програма спрощує розрахунки, але все ж дає можливість зрозуміти, яких тепловтрат слід очікувати.

Як бачимо, кількість рам та склінь суттєво впливає на витрати електроенергії. І якщо вмонтувати віконні панелі в кожен шар стінового огороження, споживання електроенергії буде навіть меншим, ніж для суцільної кладки стінового огороження [1].

Додаток надає користувачам можливість детального вивчення графіків та діаграм, що відображають споживання енергії. Така візуалізація допомагає ефективно оцінити ключові точки витрат та визначити області для подальших поліпшень [4].

Одна з основних переваг додатка – це його здатність надавати конкретні рекомендації щодо оптимізації енергоспоживання. Від рекомендацій стосовно зміни архітектурних рішень до підказок щодо оптимальних параметрів

будівельних елементів – «My Insight» стає не лише аналітичним інструментом, а й порадиником, як підвищити ступінь енергоефективності.

Матеріали для стінових огорожувальних конструкцій та покрівлі наведені в таблицях 1, 2.

Таблиця 1

#### Матеріали стінових огорожувальних конструкцій

Назва матеріалу	Товщина
1) Керамічна цегла	380 мм
2) Плити з мінеральної вати на синтетичному в'язучому (вміст в'язучого за масою 4–5 %) $\rho_0 = 80 \text{ кг/м}^3$	200 мм
3) Облицювальна цегла	120 мм

Таблиця 2

#### Матеріали покрівлі

Назва матеріалу	Товщина
1) Залізобетонна плита	175 мм
2) Ухилотвірний шар із бетону	50 мм
3) Плити з мінеральної вати на синтетичному в'язучому (вміст в'язучого за масою 4–5 %) $\rho_0 = 80 \text{ кг/м}^3$	300 мм
4) Руберойд	20 мм

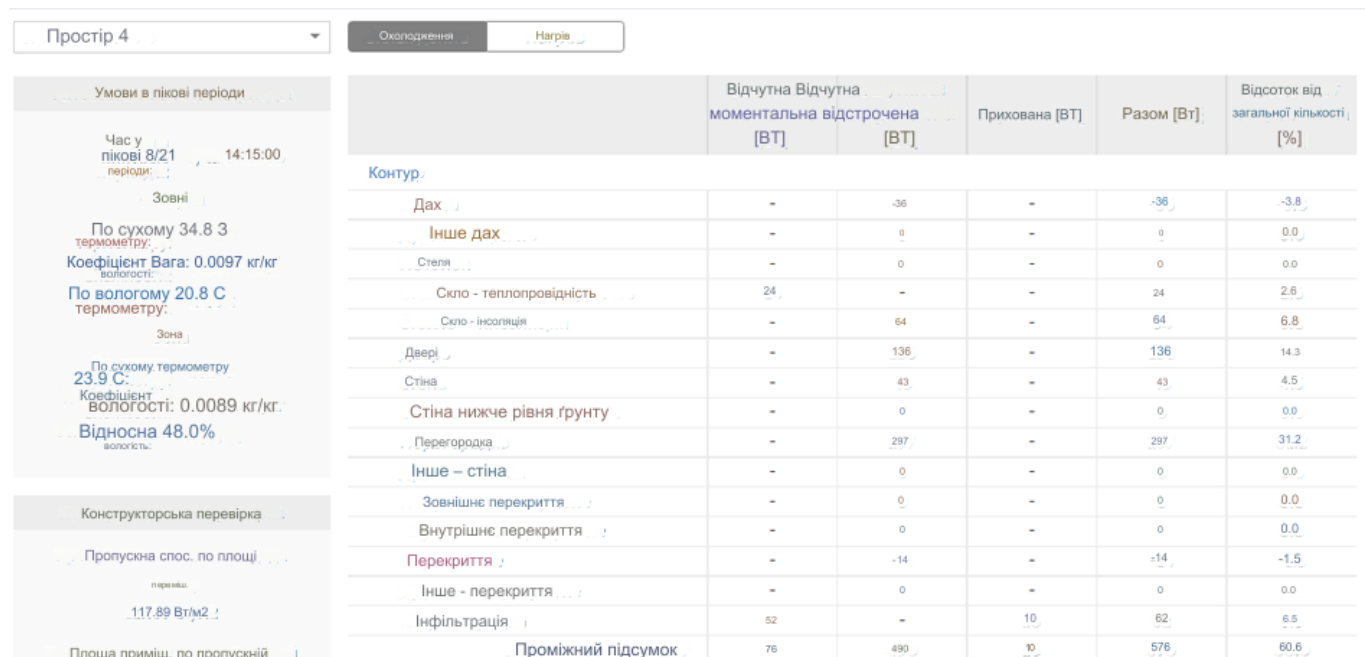


Рис. 7. Звіт про витрати електроенергії на охолодження будівлі в найбільш несприятливий період

Також Revit має вбудовану функцію та створює звіт про енергоспоживання у вигляді діаграм та таблиць, що дає змогу проаналізувати кожну конструкцію окремо та побачити результат у цифрах.

У результаті проведених досліджень можна визначити, що аналіз енергоефективності в Revit дуже корисний

для оцінення та оптимізації енергоспоживання в будівлях.

Аналітичні та візуалізаційні можливості, а також конкретні рекомендації роблять його цінним інструментом для різних користувачів, від власників будинків до фахівців у галузі будівництва [5].

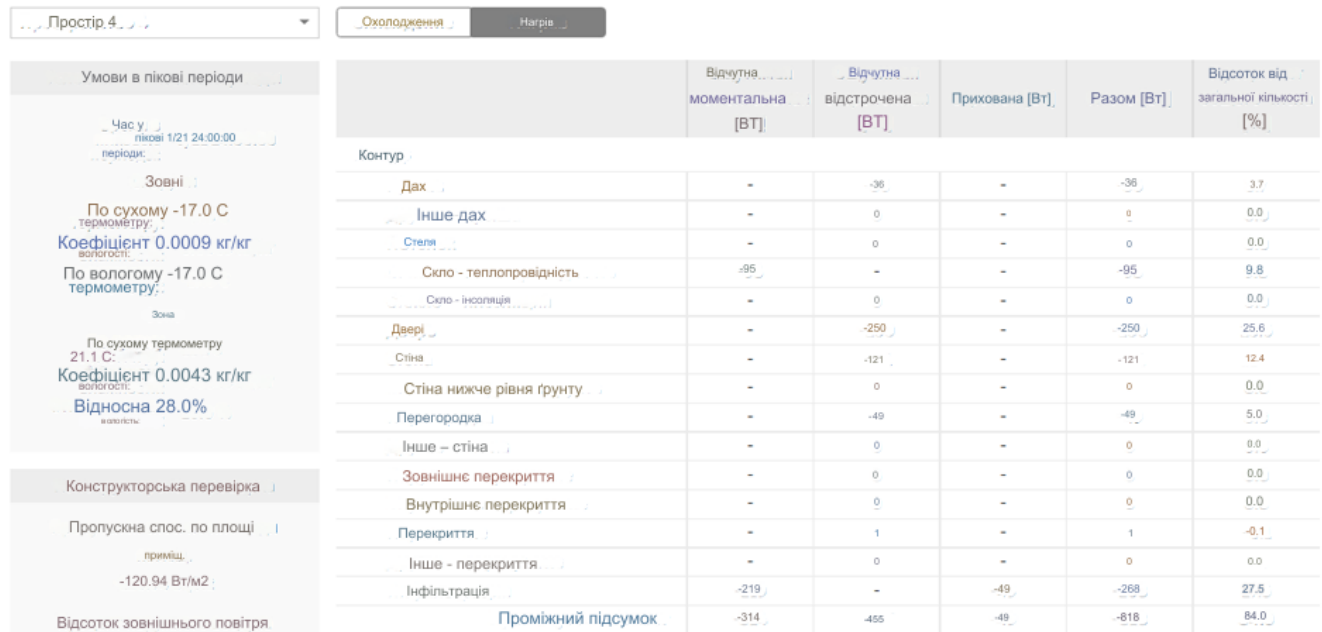


Рис. 8. Звіт про витрати електроенергії на обігрів будівлі в найбільш несприятливий період

## Висновки

Поліпшення енергоефективності у програмному забезпеченні Revit та його додатку Insight дозволяє зменшити споживання енергії будівлями та знизити витрати на опалення та кондиціонування повітря. Це не тільки допомагає зберегти

ресурси планети, а і зменшує витрати для власників будівель. Використання цих інструментів дозволяє створювати енергоефективні та стійкі до змін клімату будівлі, що постає важливим завданням у сучасному світі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2021.
2. Your Home Technical Manual – 4.7 Insulation. 25 March 2012. Archived from the original on 2012-03-25.
3. Zero Energy Homes : A Brief Primer (PDF). Archived from the original (PDF) on 2006-08-13. Retrieved 2010-03-16.
4. Wagner T., Ebenhack B. W., Martinez D. Energy Efficiency : Concepts and Calculations. Elsevier Science & Technology Books. 2019. 326 p.
5. Krarti M. Energy Audit of Building Systems : an Engineering Approach. Taylor & Francis Group, 2000. 512 p.
6. Офіційний сайт Autodesk. Параметри експорту моделі на розрахунок. URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/RUS/?guid=GUID-24528ACB-E82C-410F-BEB7-24BDBA6D0769>
7. Офіційний сайт Autodesk. Пояснення призначення параметрів інженерних мереж. URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/RUS/?guid=GUID-38A9EB5B-8631-43B4-9AD6-6F532BC860D8>

## REFERENCES

1. *DBN V.2.6-31:2021. Teplova izolyatsiya ta enerhoefektyvnist' budivel'* [DBN B.2.6-31:2021. Thermal insulation and energy efficiency of buildings]. Kyiv : Ministry of Regions of Ukraine, 2021. (in Ukrainian).
2. Your Home Technical Manual – 4.7 Insulation. 25 March 2012. Archived from the original on 2012-03-25.
3. Zero Energy Homes : A Brief Primer (PDF). Archived from the original (PDF) on 2006-08-13. Retrieved 2010-03-16.
4. Wagner T., Ebenhack B.W. and Martinez D. Energy Efficiency : Concepts and Calculations. Elsevier Science & Technology Books. 2019, 326 p.
5. Krarti M. Energy Audit of Building Systems : an Engineering Approach. Taylor & Francis Group, 2000. 512 p.
6. *Ofitsynyy sayt Autodesk. Parametry eksportu modeli na rozrakhunok* [Official site of Autodesk. Model export options for calculation]. URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/RUS/?guid=GUID-24528ACB-E82C-410F-BEB7-24BDBA6D0769> (in Ukrainian).
7. *Ofitsynyy sayt Autodesk. Poyasnennya pryznachennya parametriv inzhenernykh merezh* [Official site of Autodesk. Explanation of the purpose of parameters of engineering networks]. URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/RUS/?guid=GUID-38A9EB5B-8631-43B4-9AD6-6F532BC860D8> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 03.11.2023.