

УДК 692.4:721.021.2

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.260422.102.857

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗМІРУ ЗВИСУ ПОКРІВЛІ ВІТРАЖНОГО ФАСАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ

СОПІЛЬНЯК А. М.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

ТИТЮК А. А.², канд. техн. наук, доц.,

ЯРОВА Т. П.³, доц.,

СЕРЕДА С. Ю.⁴, ст. викл.,

ВЕРШКОВА Ю. С.⁵, 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 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: tytiuk.andrii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4119-4089

³ 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: yarova.tetyana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

⁴ 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: 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: vjylia2004@gmail.com

Анотація. Постановка проблеми. Наразі актуальним стало питання про зниження енерговитрат, у тому числі за рахунок формування звису покрівлі як у зимовий період, коли сонце знаходиться нижче до горизонту і можна його теплонакопичення використовувати для опалення, так і влітку, коли сонце проходить високо над горизонтом і сонячне випромінювання максимальне. Тому стає актуальним питання величини звису покрівлі для зниження енерговитрати. **Мета роботи** – визначення раціональної величини звису покрівлі будинку для зменшення енергоспоживання та визначення залежності між висотою вітражної системи і розміром звису покрівлі будинку за допомогою програмного забезпечення Revit. **Висновки.** Величина звису покрівлі може відігравати немалу роль в енергоспоживанні будівлі під час опалювального періоду, даючи змогу сонячним променям потрапляти до оселі через великі відкриті площі вітражів. Так, у літню пору звис покрівлі може в найбільш спекотний час доби створювати зону тіні всередині будинку, тим самим даючи можливість знизити енерговитрати на охолодження кондиціонерами. Визначено залежність між висотою віконного вітража і розміром раціонального звису, що забезпечує створення тіні всередині приміщення влітку та не перешкоджає надходженню сонячної енергії всередину приміщення взимку.

Ключові слова: BIM; Autodesk Revit; звис покрівлі

THE VALUE OF A RATIONAL ROOF OVERHANG OVER A STAINED-GLASS FACADE USING BIM TECHNOLOGIES

SOPILNIAK A.M.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

TYTIUK A.A.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

YAROVA T.P.³, Assoc. Prof.,

SEREDA S.YU.⁴, Senior Lect.,

VERSHKOVA J.S.⁵, Stud.

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

² Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: tytiuk.andrii@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4119-4089

³ Department of Descriptive Geometry and Graphics, Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, 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, Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-80, e-mail: sereda.svitlana@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

⁵ Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine, e-mail: vylas2004@gmail.com

Abstract. Problem statement. These days, the issue of reducing energy consumption is relevant, including due to the roof overhang formation in winter, when the sun is below the horizon and can use solar heat for heating, and in summer, when the sun rises high above the horizon and solar radiation is maximum. The issue of roof overhangs value therefore becomes relevant in reducing energy consumption. **The purpose of the article** is to determine the rational roof overhang value to reduce energy consumption and the dependence between stained-glass system height and roof overhang value using Revit software. **Conclusions.** The roof overhang value can make a significant difference to a building's energy consumption during the heating period, allowing solar radiation to enter the house due to the large open areas of the stained-glass windows. In the summer, for example, the roof overhang can provide shade inside the house during the hottest times of the day, thereby reducing the energy consumption for air-conditioning cooling. The dependence between the height of the stained-glass window and the rational roof overhang value, which provides shade inside the room in summer and does not prevent the sun's energy from entering the room in winter, was determined.

Keywords: BIM; Autodesk Revit; roof overhang

Постановка проблеми

У холодну пору року зі зменшенням тривалості світлового дня та інтенсивності сонячного випромінювання у людей виникає бажання збільшити площу світлопрозорих конструкцій (вікон, вітражів, мансардних вікон) для освітлення своїх приміщень. Це бажання також підкріплюється метою зниження енерговитрат на додаткове штучне освітлення житла в денний період за недостатнього освітлення.

Ще одна з причин збільшення площі вікон (вітражів) в ясні дні – це сонячні теплонадходження, які можуть знизити навантаження на опалення. Але величина цих сонячних теплонадходжень залежить від багатьох факторів, у тому числі і від об'єктів, розташованих перед будинком, і від конструкції склопакета та віконних профілів тощо.

При цьому конструкції вікон також впливають та визначають енерговитрати в зимовий період. Але це питання наступних досліджень.

А наразі актуальним постало питання про зниження енерговитрат за рахунок формоутворення звису покрівлі як у зимовий період, коли сонце спускається нижче до горизонту і можна сонячні теплонадходження використовувати для опалення, так і влітку, коли сонце проходить

високо над горизонтом і його випромінювання стає максимальним. Тому виникає питання величини звису покрівлі, щоб влітку утворити тінь для внутрішнього простору будинку і тим самим мінімізувати енерговитрати на кондиціонування будинку, і забезпечити безперешкодне надходження сонячної енергії взимку.

Аналіз публікацій

У наш час людство намагається зробити будівництво більш екологічним, швидким та енергоефективним.

Один із способів вирішення цих проблем – це пасивні сонячні будівлі. Вікна, стіни, підлога та дах пасивного будинку проектується таким чином, щоб забезпечити максимальне поглинання, зберігання та розподіл сонячної енергії в опалювальний період та захистити будівлю від сонячного випромінювання влітку [3; 5].

Для максимально ефективного використання сонячної енергії необхідна правильна орієнтація будівлі за сторонами світу (рис. 1). Фасад будинку, як правило, орієнтується в південному напрямку і не повинен бути затінений деревами чи якимись конструкціями. З півдня повинна розташовуватися максимальна кількість світлопроникних огорожень, які б пропускали в будівлю промені зимового

низького сонця. На північній стороні ж кількість вікон повинна бути мінімальна [1; 2; 6].

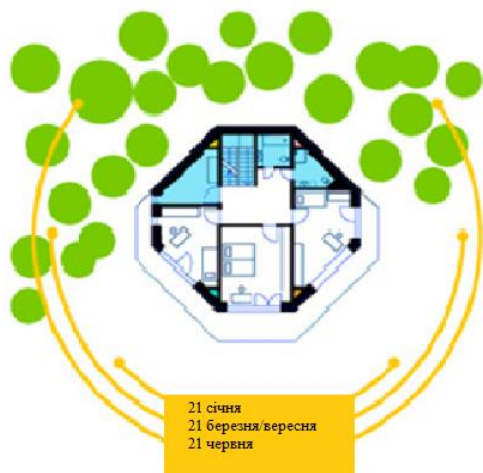


Рис. 1. Орієнтація будівлі за сторонами світу [1]

Звис, або сонячне затінення, – важливий елемент пасивного сонячного дизайну, оскільки він блокує сонячну теплову енергію, коли це не потрібно. Оскільки сонце проходить різні шляхи по небу в зимовий (низький) і літній (високий) час, можна побудувати звис, щоб використовувати і керувати тепловою енергією від сонця. Також глибокі звиси даху захищають відкриті вікна від негоди під час літніх штормових злив.

Звис, або сонячний контроль, використовується для утримання теплової маси будівлі в тіні. Це допоможе зберегти в будинку прохолоду влітку.

Щоб краще проілюструвати цей принцип у дії, зверніть увагу, яка прохолодна затінена плитка або мармур у спекотний літній день. Поки матеріал, який має теплову масу, захищений від джерела тепла (сонця), він буде залишатися прохолодним завдяки своїй щільності.

Цю щільність разом із теплоємністю об'єкта називають його тепловою масою. Коли матеріал має високу щільність, він протистоїть швидким коливанням температури. Він прагне підтримувати стабільну температуру. Затінений матеріал із високою щільністю, матиме тенденцію залишатися прохолодним [2; 4].

Мета роботи – визначення раціональної величини звису покрівлі будинку для зменшення енергоспоживання, а також з'ясування залежності між висотою вітражної системи і розміром звису будинку за допомогою програмного забезпечення Revit.

Основна частина

Оскільки Земля обертається навколо Сонця протягом свого річного циклу, вона нахилена під кутом щодо своєї вертикальної осі. Від цього залежить як сонячні промені освітлюють різні місця на Землі. Найбільший нахил Земля має під час зимового та літнього сонцестояння.

Нам здається, що Сонце сходить на сході, а сідає на заході. Насправді, Земля обертається навколо своєї осі і навколо Сонця. Наведемо ілюстрації, які порівнюють шлях Сонця під час зимового та літнього сонцестояння. Це впливає на те, наскільки низько або високо з'являється сонце відносно до горизонту.

Взимку сонце знаходиться відносно низько на небі з найнижчою дугою через небо під час зимового сонцестояння 21 грудня (рис. 2).

Влітку воно проходить високий шлях по небу і знаходиться під найвищим кутом під час літнього сонцестояння, 21 червня (рис. 3).

Рівнодення припадає на точку між сонцестояннями і вказує на прихід весни або осені (рис. 4).

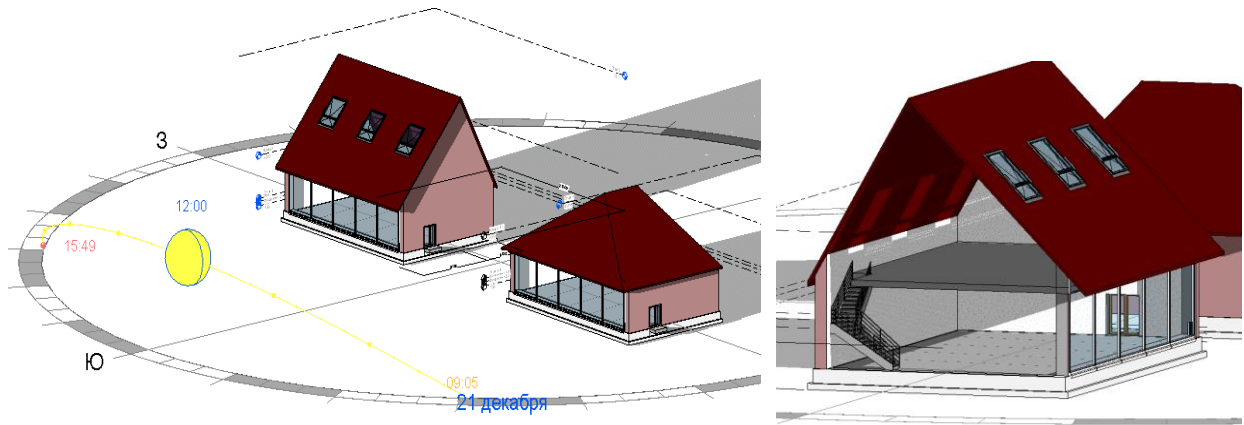


Рис. 2. 3-D вигляд будинку (два варіанти покрівлі під розміщення сонячних панелей на майбутні дослідження) з положенням сонця 21 грудня та переріз

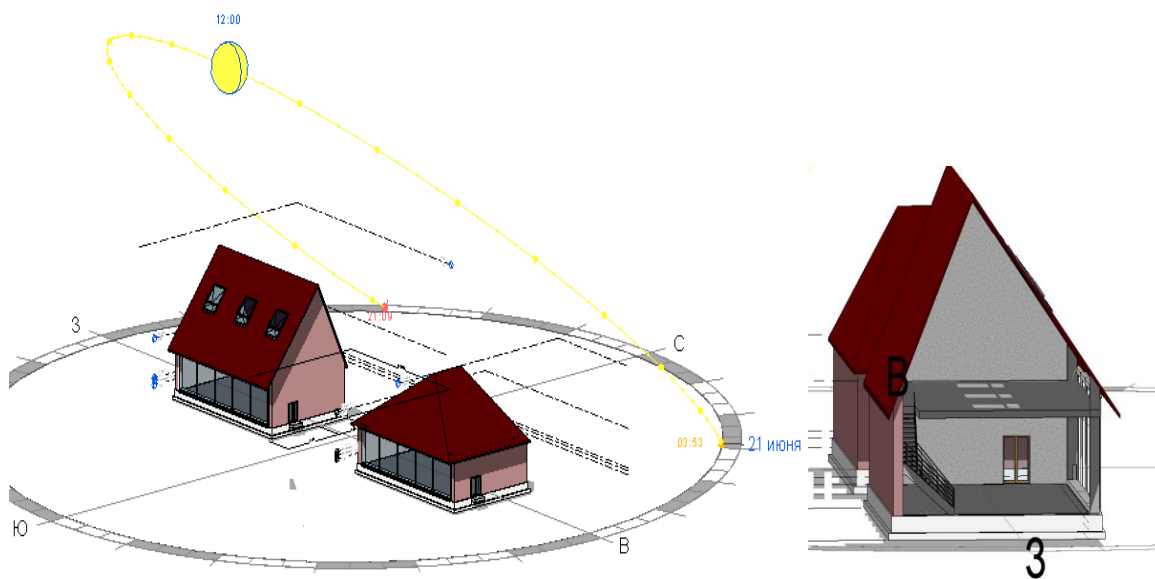


Рис. 3. 3-D вигляд будинку (два варіанти покрівлі) з положенням сонця 21 червня та переріз

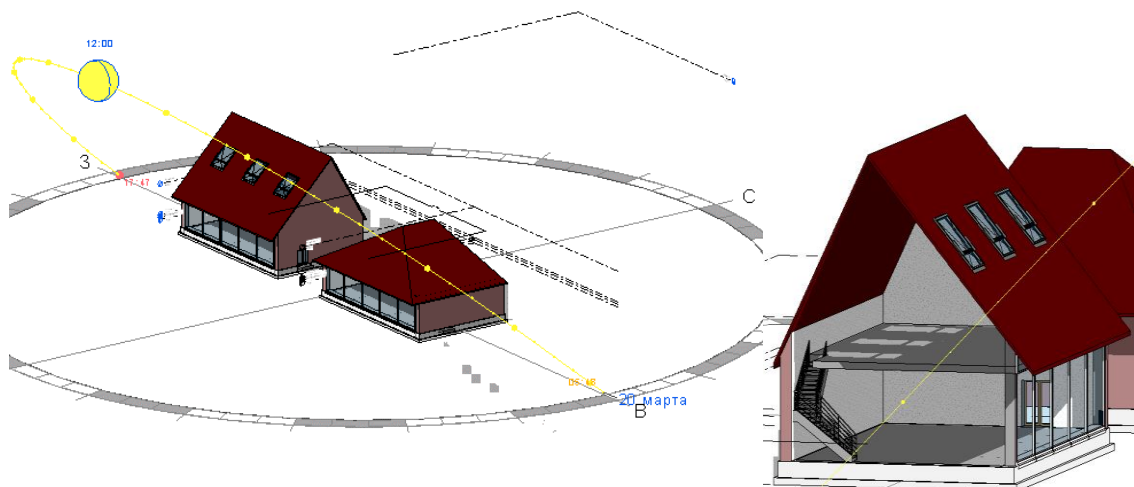


Рис. 4. 3-D вигляд будинку (два варіанти покрівлі) з положенням сонця 20 березня та переріз

Як визначити розмір звису чи інших затінювальних об'єктів?

Проектування звису даху краще починати з визначення кутів положення сонця у місці зведення будинку. Важливі два кути – зимового (сонце знаходиться в нижній точці небосхилу) і літнього (сонце займає найвище положення) сонцестояння. Точне кутове положення сонця на потрібній широті та в потрібний час можна знайти у довідниках. Також можна скористатися правилом, але є багато чинників, що

впливають на кут падіння сонячних променів:

- опівдні 21 грудня кут зимового сонцестояння дорівнює 67 градусів мінус широта;

- 21 червня кут літнього сонцестояння дорівнює 47 градусів плюс кут, визначений на 21 грудня.

Визначившись із цими показниками, можна переходити до проектування карнизів та деталей звисів на виконаному в масштабі перерізу стіни (рис. 5).

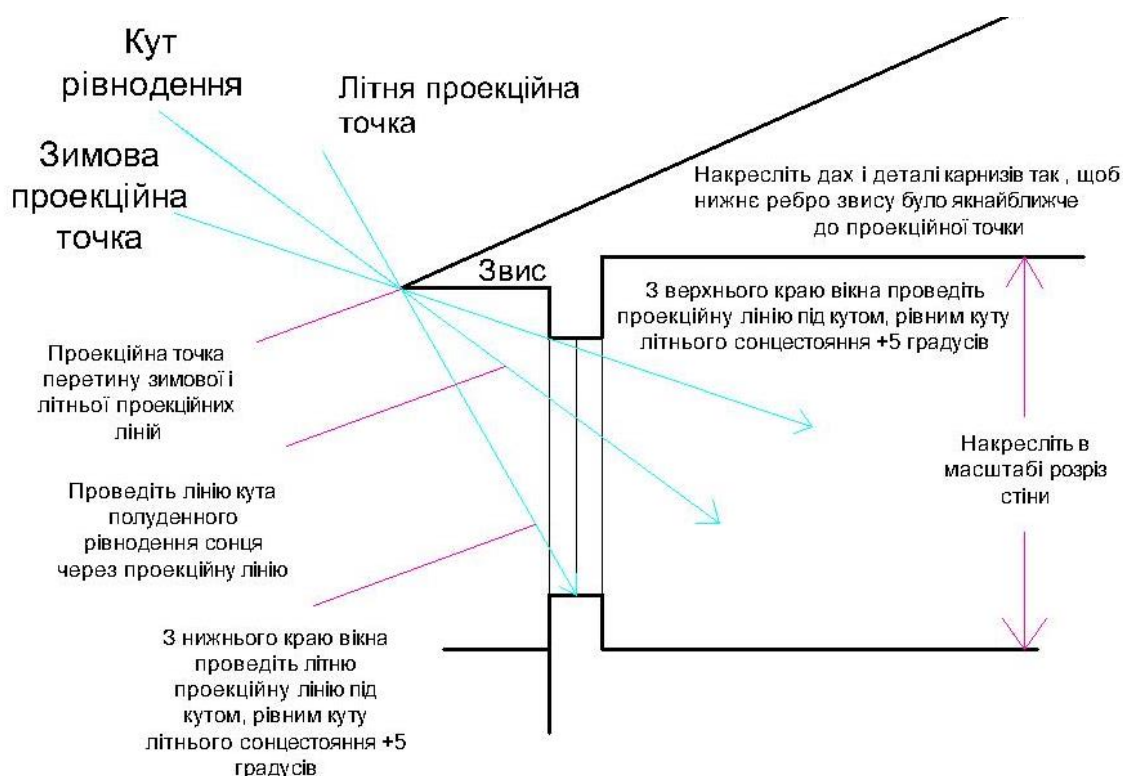


Рис. 5. Схема визначення величини звису на виконаному в масштабі перерізу стіни

Перенісши на схему кути положення сонця 21 грудня, 21 червня та кутів весняного та осіннього рівнодення (вони однакові) на вашій широті визначте проектну точку. Літню проектну лінію рекомендується проводити під кутом до горизонталі, що на 5 градусів менший, ніж значення кута літнього сонцестояння. Її проводять із нижнього краю вікна. Зимову проектну лінію рекомендується проводити під кутом, на 5 градусів більшим, ніж кут

зимового сонцестояння. Ця лінія виходить із верхнього краю вікна. Ідеальна ширина звису вийде, якщо він виступатиме до точки перетину двох проектних ліній [1; 3].

Методом досліджень у середовищі Revit визначено оптимальний розмір звису покрівлі будинку висотою 13,2 м з мансардним поверхом і скатами, з нахилом 45 градусів для розміщення сонячних панелей (для району м. Дніпро) для наступних досліджень (рис. 6).

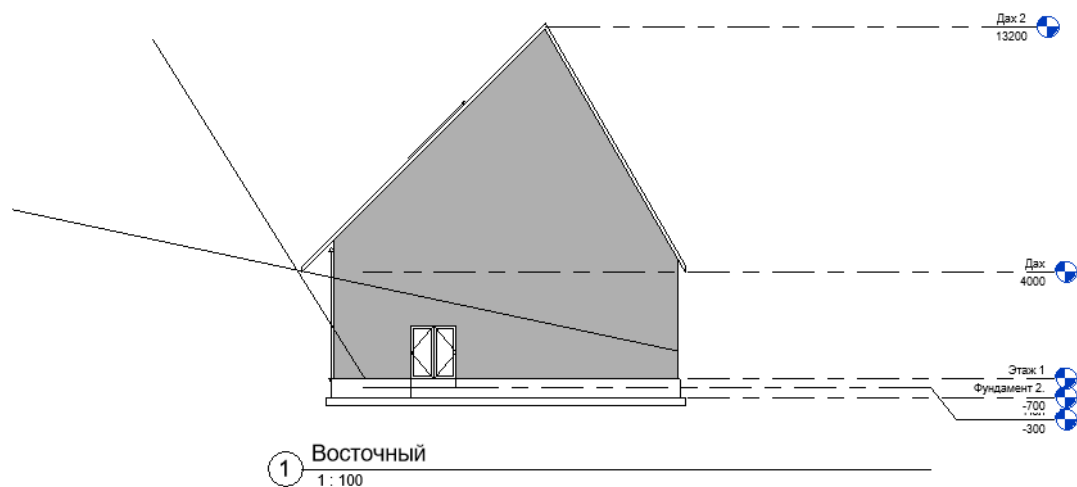


Рис. 6. Схема визначення оптимального розміру звису покрівлі у середовищі Revit

На рисунку 6 показано, як сонячне проміння проникає в дім під час літнього і зимового сонцестояння. Для цього будинку оптимальний звис 1,2 м. Кожен будинок унікальний, тому і кут падіння сонячних променів залежить від місцевості, рельєфу, затіняючих об'єктів перед будинком тощо. Обчислення звису покрівлі повинно враховувати всі деталі. BIM-технології, зокрема Revit, дозволяють швидко

визначити потрібні розміри, урахувавши всі особливості, і наочно продемонструвати результат.

Методом підстановки визначимо залежність між висотою вітражної системи і розміром звису (табл.), потрібного для затінення/пропускання світла. Вітраж міститься на позначці +200 мм відносно рівня підлоги.

Таблиця

Висота вікна, мм	Розмір звису, мм
3 700	1 200
3 500	1 175
3 300	1 150
3 100	1 100
2 900	1 100
2 700	1 125
2 500	1 000
2 200	1 000

Аналізуючи результати таблиці, бачимо, що зі зменшенням висоти вітража зменшується і розмір звису. З висоти вітража 2 500 мм і нижче, розмір звису вже не відіграє великої ролі, тому що верхня частина стіни затіняє кімнату, але це при тому, що позначка висоти (+200) не змінюється.

Слід зазначити, що зі зменшенням висоти вітража зменшується і площа, на яку падає сонячне проміння. Тобто при висоті вітража 3 700 мм і звису 1 200 мм влітку все затінено, а взимку приблизно 98 % підлоги освітлено. При висоті вітража 2 900 мм, і звису 1 100 мм за літнього сонцестояння все затінено, але під

час зимового сонцестояння освітлено приблизно 60 % підлоги. Тобто чим менша висота вітража, тим менший звис. Але якщо висота вітража недостатня, взимку будівля потребуватиме додаткового обігріву.



Рис. 7. Приклад контролю потрапляння сонячних променів через жалюзі в кімнату [1]

На рисунку 7 показано, що жалюзі в сонячній кімнаті діють як сонячний контроль, який допомагає захистити будинок від літньої спеки. Ними можна керувати зсередини будинку. Вони дозволяють власнику відкривати жалюзі взимку, щоб скористатися тепловою енергією сонця, тоді як влітку, всі жалюзі можуть бути закриті, щоб захистити від сонця, зберігаючи в будівлі прохолоду [1].

Також як сонячний контроль можна використовувати кімнатні рослини, які не тільки захистять приміщення від спеки, а й

будуть підтримувати оптимальний рівень вологи.

Можливості пасивного сонячного дизайну безмежні, вони чинитимуть різний вплив на опалення, охолодження і загальний стан приміщення. Також сонячні будівлі досить гарні з точки зору архітектури і різноманітними з точки зору будівництва.

Висновки

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

Величина звису покрівлі може мати немале значення для енергоспоживання будівлі під час опалювального періоду, даючи змогу сонячному випромінюванню потрапляти до оселі через великі відкриті площі вітражів. Так, у літню пору звис покрівлі може в найбільш спекотний час створювати тінь всередині будинку, тим самим знизити енерговитрати на охолодження кондиціонерами.

Визначено залежність між висотою віконного вітража і розміром раціонального звису, що забезпечує створення тіні всередині приміщення влітку та не перешкоджає надходженню сонячної енергії всередину приміщення взимку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Andrade Martin. Solar Energy Home Design. 2011.
2. Passive solar design strategies : Guidelines for home building. Passive Solar Industries Council, National Renewable Energy Laboratory, Charles Eley Associates. Goodland, Kansas. URL: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/17252.pdf>
3. Солнечный дом. Пер. с англ. Н. Б. Гладковой. Москва : Стройиздат, 1981. 113 с.
4. Your Home Technical Manual–4.9. Thermal Mass. Archived from the original on 2011-02-16.
5. Chiras D. The Solar House : Passive Heating and Cooling. Chelsea Green Publishing Company, 2002.
6. Dilshan Remaz Ossen, Mohd. Hamdan Ahmad, Nor Haliza Madros. Optimum overhang geometry for building energy saving in tropical climates. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. Vol. 4, № 2. 2005. Pp. 563–570. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3130/jaabe.4.563>

REFERENCES

1. Andrade Martin. Solar Energy Home Design. 2011.
2. Passive solar design strategies : Guidelines for home building. Passive Solar Industries Council, National Renewable Energy Laboratory, Charles Eley Associates. Goodland, Kansas. URL: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/17252.pdf>
3. *Solnechnyy dom* [Sunny house]. Translated from English N.B. Gladkova. Moscow : Stroyizdat Publ., 1981, 113 p. (in Russian).
4. Your Home Technical Manual–4.9. Thermal Mass. Archived from the original on 2011-02-16.
5. Chiras D. The Solar House : Passive Heating and Cooling. Chelsea Green Publishing Company, 2002.
6. Dilshan Remaz Ossen, Mohd. Hamdan Ahmad and Nor Haliza Madros. Optimum overhang geometry for building energy saving in tropical climates. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. Vol. 4, no. 2, 2005, pp. 563–570. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3130/jaabe.4.563>

Надійшла до редакції: 25.03.2022.