Energy. 2024. Vol. 368. Art. 123406. DOI: 10.1016/j.apenergy.2024.123406.

3. Kusuma P., Pattison P. M., Bugbee B. From physics to fixtures to food: current and potential LED efficacy. Horticulture Research. 2020. Vol. 7. Art. 56. DOI: 10.1038/s41438-020-0283-7.

4. Schipper R., van der Meer M., de Visser P. H. B. et al. Consequences of intra-canopy and top LED lighting for uniformity of light distribution in a tomato crop. Frontiers in Plant Science. 2023. Vol. 14. Art. 1012529. DOI: 10.3389/fpls.2023.1012529.

5. Ziaei N., Talebi M., Sayed Tabatabaei B. E. et al. Intra-canopy LED lighting outperformed top LED lighting in improving tomato yield and expression of the genes responsible for lycopene, phytoene and vitamin C synthesis. Scientific Reports. 2024. Vol. 14. Art. 19022. DOI: 10.1038/s41598-024-69210-z.

6. Kim D., Son J. E. Adding far-red to red and blue supplemental light-emitting diode interlighting improved sweet pepper yield but attenuated carotenoid content. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. Art. 938199. DOI: 10.3389/fpls.2022.938199.

7. Ковальов М. М. Технологічні особливості смарт-модулів періодичного затоплення в овочівництві закритого ґрунту. Овочівництво і баштанництво. 2026. Вип. 79. С. 73–81. DOI: 10.32717/0131-0062-2026-79-73-81.

УДК 621.311.243:628.9

ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА НАПІВПРОЗОРОГО СОНЯЧНОГО СКЛІННЯ НАВЧАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ АГРАРНИХ УНІВЕРСИТЕТІВ

Мартиненко В. О.
Миколаївський національний аграрний університет

Фотоелектричне скління поєднує функції огородження будівлі та виробництва електроенергії. Для навчальних будівель аграрних університетів його доцільність залежить також від збереження природного освітлення. Зростання генерації внаслідок збільшення площі сонячного скла може супроводжуватися додатковим споживанням електроенергії світильниками. Тому оцінювання лише встановленої потужності недостатнє для вибору конструкції.

W. Wang та C. Xiang [1] експериментально дослідили вплив напівпрозорих фотоелектричних вікон на візуальний комфорт. Їхні результати для Гонконгу не можна безпосередньо переносити на українські аудиторії. Технічний посібник Onyx Solar [2] містить електричні й оптичні характеристики кремнієвого фотоелектричного скла, однак паспорт ламінату не визначає властивостей повного теплоізоляційного склопакета. Для попереднього вибору потрібно узгодити кліматичну оцінку генерації, світлопропускання та вимоги до навчального приміщення.

Оцінити річну генерацію й зміну природного освітлення за часткової заміни звичайного скління фотоелектричним та визначити обмеження такого рішення для навчальної будівлі аграрного університету.

Розглянуто розрахунковий сценарій аудиторії в Миколаєві з трьома вікнами загальною площею A = 7,0308 м² [7]. Прийнято заводський склопакет із зовнішнім ламінованим фотоелектричним склом на кристалічному кремнії. Паспортний орієнтир [2] має потужність 81 Вт, розміри 1475 × 480 мм, світлопропускання ламінату 43% і заявлену питому потужність p = 114,1 Вт/м². У моделі світлопропускання повного нового склопакета задано 0,40, існуючого - 0,70. Це припущення для підбору виробу, а не підтверджені характеристики готового вікна.

Питомий виробіток Y = 825,56 кВт·год/кВт на рік прийнято з розрахунку [7] за PVGIS 5.3 [3] для вертикального південного фасаду в Миколаєві: SARAH3, 2005-2023 роки, монтаж на будівлі, системні втрати 14%. Додаткове місцеве затінення s задано 0,10. За частки заміни f потужність P, кВт, і річну генерацію E_{pv}, кВт·год, визначали як

$$P = \frac{Afp}{1000}; \quad E_{\mathrm{PV}} = PY(1 - \mathrm{s}) \quad (1)$$

Величина Y вже враховує задані системні втрати 14%; повторно їх не віднімали. Використано узагальнену модель кристалічного кремнію, а не точну температурну модель конкретного склопакета.

Зміну коефіцієнта природної освітленості (КПО) оцінювали за спрощеним співвідношенням

$$e_1 \approx e_0[1 - \mathrm{w}(1 - \frac{\tau_{\mathrm{PV}}}{\tau_0})] \quad (2)$$

де e_0 та e_1 - КПО до і після заміни, %; τ_0 та τ_{pv} - світлопропускання склопакетів; w - частка внеску замінених ділянок у денне світло контрольної точки. У базовому сценарії w = f та e_0 = 1,50%. За таблицею Д.1, рядком 37 ДБН В.2.5-28:2018 [4] для аудиторій ЗВО при боковому природному освітленні прийнято поріг КПО 1,2%; загальне штучне освітлення робочих столів - 400 лк. Пропорційна оцінка (2) не замінює нормативного світлотехнічного розрахунку.

За заміни 30% скління площа фотоелектричних частин становить 2,109 м², розрахункова генерація - близько 179 кВт·год/рік, КПО - 1,31%. Варіант 40% наближається до прийнятого порога; варіанти 60% і 100% його не досягають. За однакової світлової ваги ділянок гранична частка заміни становить 46,7% без запасу. Це умовна межа моделі, а не універсальна допустима частка. Для 30% заміни початковий КПО має бути не нижчим за 1,377%; фактичне розташування фотоелектричних ділянок може змінити результат.

Для оцінювання електричного ефекту частку використання генерації в будівлі задано 90%, додаткове споживання світлодіодного освітлення - 35,4 кВт·год/рік за погодинним сценарієм [7] із лінійним регулюванням яскравості до цілі 500 лк. Тоді зменшення придбаної електроенергії становить близько 126 кВт·год/рік. Частка 90% є припущенням: синхронізований погодинний баланс генерації й навантаження не побудовано. За власного споживання електроніки 5 Вт цілодобово результат знижується приблизно до 82 кВт·год/рік. Теплові

ефекти, деградацію й резервне живлення тут не оцінювали.

Таблиця 1 Розрахункові варіанти заміни скління

Заміна, %	Потужність, кВт	Генерація, кВт·год/рік	КПО, %
0	0,000	0	1,50
30	0,241	179	1,31
40	0,321	238	1,24
60	0,481	358	1,11
100	0,802	596	0,86

Практичне впровадження потребує перевірки природного освітлення, теплових і механічних властивостей повного склопакета та безпеки електричних виводів. IEC 63092-1 і IEC 63092-2 [5, 6] розглядають окремо вимоги до фотоелектричного будівельного виробу та інтегрованої системи.

Додаткове штучне освітлення не підтверджує відповідності обраному режиму природного освітлення. Для навчальної будівлі доцільний вимірювальний пілот із контрольним звичайним склінням.

Висновки

Часткове фотоелектричне скління може забезпечувати локальну генерацію за збереження прийнятого показника природного освітлення. Для розглянутого сценарію 30% заміни дає близько 179 кВт·год/рік генерації та 126 кВт·год/рік зменшення придбаної електроенергії без теплових ефектів і власного споживання електроніки. Повна заміна знижує КПО до 0,86%. Варіант 30% придатний для подальшої перевірки, але не визначений як оптимальний. Остаточне рішення потребує натурних вимірювань, підтверджених характеристик виробу та порівняння зі звичайними вікнами й окремою даховою фотоелектричною установкою.

Список використаних джерел

1. Wang W., Xiang C. Exploring the impacts of semi-transparent photovoltaic glazing on human visual and non-visual comfort: An experimental case study in Hong Kong. Journal of Building Engineering. 2025. Vol. 103. Article 112184. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112184.

2. Onyx Solar. Technical Guide EN/ES. 30.06.2026. P. 6. URL: https://onyxsolar.com/images/3.resources/Technical_guide_EN-ES_300626.pdf.

3. European Commission, Joint Research Centre. PVGIS API non-interactive service. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/using-pvgis-5/api-non-interactive-service_en.

4. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Табл. Д.1, рядок 37. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3879665444646291006?doc_type=2.

5. IEC 63092-1:2020. Photovoltaics in buildings - Part 1: Requirements for

building-integrated photovoltaic modules. URL: https://webstore.iec.ch/en/publication/32158.

6. IEC 63092-2:2020. Photovoltaics in buildings - Part 2: Requirements for building-integrated photovoltaic systems. URL: https://webstore.iec.ch/en/publication/32329.

7. Vakhonina, L., Sadovoy, O., Martynenko, V., & Rudenko, A. (2026). Integration of control and measurement devices into CAD models of industrial power systems: Metrological aspects of accuracy and impact on energy efficiency. ITEGAM-JETIA, 12(58), 1487-1497. https://doi.org/10.5935/jetia.v12i58.3469

УДК 631.22:628.8:620.9

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ НА ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМАХ

Ачкевич О., Романченко В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Створення та підтримання оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях (корівниках, свинарниках) складає 40–90% від загального обсягу споживання енергії на фермах. Головними напрямами зменшення енерговитрат є підтримання теплоізоляції огороджувальних конструкцій та скорочення втрат тепла через вентиляційне повітря.

Найбільш ефективним рішенням є використання децентралізованих систем вентиляції з відділенням тепла з витяжного повітря та осушенням внутрішнього повітря. Це дозволяє зменшити нормативний повітрообмін у холодний період року без погіршення зоогігієнічних показників.

Розроблено та випробувано нову технологічну схему децентралізованої багатофункціональної системи виробника «Agrovent».

Основна деталь системи – теплообмінник з проміжним теплоносієм, який складається з охолоджувального та нагрівального блоків, з'єднаних трубопроводом із циркуляційним насосом і байпасним клапаном.

Витяжне повітря, проходячи через охолоджувальний блок теплообмінника, охолоджується нижче точки роси. Внаслідок цього випадає конденсат, а осушене та частково охолоджене повітря спрямовується на рециркуляцію або викидається назовні.

Самоочищення та захист від замерзання: утворений конденсат забезпечує ефект самоочищення теплообмінних поверхонь від пилу та бруду. Захист від замерзання здійснюється автоматично шляхом відкриття байпасного клапана при зниженні температури теплоносія до 2 °С.

Один модуль системи розрахований на обслуговування зони приміщення для 30–35 корів (глибина зони 10–12 м, ширина 20–25 м). Для типового корівника