

УДК 628.9+692:004.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.100.897

## АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ СТАНУ БОКОВОГО ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

СОКОЛАН Ю. С.<sup>1\*</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
ШЕВЕЛЯ В. В.<sup>2</sup>, докт. техн. наук, проф.,  
ПЕГДОНЬ І.<sup>3</sup>, канд. техн. наук

<sup>1\*</sup> Кафедра будівництва та цивільної безпеки, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29000, Хмельницький, Україна, тел. +38 (0382) 670-276, e-mail: [sokolan.julia@gmail.com](mailto:sokolan.julia@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-0273-5719

<sup>2</sup> Кафедра будівництва та цивільної безпеки, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29000, Хмельницький, Україна, тел. +38 (0382) 670-276, e-mail: [valeriy.shevelya@gmail.com](mailto:valeriy.shevelya@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-5462-3524

<sup>3</sup> Кафедра водопостачання та водовідведення, Жешувська політехніка, вул. Повстанців Варшави, 12, 35-959, Жешув, Польща, тел. +48-794-564-799, e-mail: [piegi@prz.edu.pl](mailto:piegi@prz.edu.pl), ORCID ID: 0000-0003-1094-4569

**Анотація. Постановка проблеми.** У XXI століття розвивається загальносвітова тенденція до створення спеціалізованого програмного забезпечення для розв'язання певних конкретних задач окремих предметних областей. Аналіз спеціалізованого програмного забезпечення у сфері охорони праці показав його відсутність для оцінювання стану штучного освітлення приміщень. **Мета статті** – автоматизація процесу розрахунку регламентованої площі світлових прорізів та оцінювання наявного природного освітлення у приміщеннях житлових, громадських та виробничих будівель у відповідності до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення». **Висновок.** Розроблений програмний продукт «Бокове природне освітлення» надає на 21 % більшу точність у розрахунку площі світлових прорізів, у 12 разів зменшує кількість часу, витраченого на проведення розрахунків, та дозволяє проводити розрахунки без знання методики. Реалізація захисту від уведення помилкових даних забезпечує зменшення кількості помилок, які можуть виникати у разі проведення розрахунків вручну, а також мінімізує вплив людського фактору на точність розрахунків. Розроблений програмний продукт може використовуватись як у сфері охорони праці для оцінювання стану існуючого природного освітлення виробничих приміщень, так і в архітектурно-будівельній галузі на стадії ескізного проектування площі світлових прорізів приміщень виробничих, громадських та житлових будівель.

**Ключові слова:** бокове природне освітлення; виробниче освітлення приміщень; площа світлових прорізів; програмне забезпечення; автоматизація розрахунків

## AUTOMATED APPROACH TO ASSESSMENT OF THE LATERAL NATURAL ILLUMINATION IN PREMISES

SOKOLAN Yu.S.<sup>1\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,  
SHEVELYA V.V.<sup>2</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
PIEGDOŃ I.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.)*.

<sup>1\*</sup> Department of Construction and Occupational Safety, Khmelnytskyi National University, 11, Intyutyska Str., Khmelnytskyi, 29000, Ukraine, tel. +38 (0382) 670-276, e-mail: [sokolan.julia@gmail.com](mailto:sokolan.julia@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-0273-5719

<sup>2</sup> Department of Construction and Occupational Safety, Khmelnytskyi National University, 11, Intyutyska Str., Khmelnytskyi, 29000, Ukraine, tel. +38 (0382) 670-276, e-mail: [valeriy.shevelya@gmail.com](mailto:valeriy.shevelya@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-5462-3524

<sup>3</sup> Department of Water Supply and Sewage Systems, Rzeszow University of Technology, 12, Powstancow Warszawy Str., Rzeszow, 35-959, Poland, tel. +48-794-564-799, e-mail: [piegi@prz.edu.pl](mailto:piegi@prz.edu.pl), ORCID ID: 0000-0003-1094-4569

**Abstract. Problem statement.** In the XXI century a worldwide tendency to create specialized software to solve specific problems of individual subject areas is developing. Analysis of specialized software in the field of occupational safety and health showed a lack of specialized software for assessing the condition of artificial lighting in premises. **The purpose of the article** – the automation of the calculation process for the regulated area of light openings and assessment of the available natural lighting in the premises for residential, public and industrial buildings in accordance with the State Building Code of Ukraine B.2.5-28:2018 Natural and artificial lighting by developing specialized software. **Conclusions.** The developed software product «Lateral natural light» gives 21 % greater accuracy in calculating the area of light openings, 12 times less time spent on the calculations and allows you to make calculations

without knowledge of the methodology. Implementation of protection against erroneous data entry provides a reduction in the number of errors that can occur during manual calculations, as well as minimizes the influence of human factor on the accuracy of calculations. Designed software can be used in the field of occupational safety and health to assess the state of the existing natural lighting of industrial premises, and in the architectural and construction industry at the stage of conceptual design of the area of light openings of the premises of industrial, public and residential buildings.

**Keywords:** *lateral natural illumination; industrial illumination of premises; area of light openings; software; automation of calculations*

**Постановка проблеми.** Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Велика кількість нещасних випадків на виробництві відбувається через недостатній рівень освітлення. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищує його від збудників багатьох хвороб. Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи у приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

У XXI столітті розвивається загальноосвітня тенденція до створення спеціалізованого програмного забезпечення для розв'язання певних конкретних задач окремих предметних областей. Використання такого програмного забезпечення спрощує процеси проведення розрахунків, сприяє мінімізації кількості помилок, які можуть виникнути під час ручного розрахунку, збільшує точність проведення розрахунків та значно зменшує час їх виконання.

Тому набуває актуальності питання створення спеціалізованого програмного забезпечення для оцінення стану природного освітлення приміщень громадських, житлових та промислових будівель.

**Аналіз публікацій.** Аналіз наявності спеціалізованого програмного забезпечення у сферах охорони праці та цивільної безпеки проведено у працях [6; 8; 9].

У статті [9] встановлено, що на ринку програмного забезпечення наявні чотири програми з функціоналом для навчання та перевірки знань з питань охорони праці, три з яких не повністю адаптовані під українське законодавство, оскільки були розроблені поза межами України, і лише Автоекзаменатор «Охорона праці» має весь необхідний функціонал та повністю

відповідає вимогам українських нормативно-правових актів з охорони праці.

У праці [8] розглядалось питання наявності програмного забезпечення для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму на виробництвах. Установлено, що відповідний функціонал наявний лише у трьох програмних засобах, які не пристосовані до використання на українських підприємствах, оскільки розроблені в Російській Федерації. Тобто на ринку програмних продуктів українського виробництва взагалі відсутнє спеціалізоване програмне забезпечення для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму.

Аналізуючи програмне забезпечення для оцінення природного освітлення приміщень [3–5], науковці розглядали декілька програмних засобів симуляції природного освітлення та можливостей його застосування для архітектурного проектування будівель. Таке програмне забезпечення не дає можливості повністю оцінити відповідність освітлення українським нормам, оскільки у статті [10] наведено низку відмінностей нормативних вимог освітлення в Україні від міжнародних стандартів.

Крім того, слід урахувувати зміни у нормуванні та методиці розрахунку природного освітлення в Україні. До 01.03.2019 р. основним документом, що регламентував методику розрахунку природного освітлення, були норми ДБН В.2.5-28-2006 *Природне і штучне освітлення*, а з вищезазначеної дати їм на заміну прийшов оновлений документ ДБН В.2.5-28:2018 *Природне і штучне освітлення шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення*.

Основні відмінності у процесі нормування природного освітлення розглядаються у праці [7].

**Мета статті** – висвітлення автоматизації процесу розрахунку регламентованої площі світлових прорізів та оцінення наявного природного освітлення у приміщеннях житлових, громадських та виробничих будівель у відповідності з ДБН В.2.5-28:2018 *Природне і штучне освітлення шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення.*

**Результати досліджень.** У відповідності з ДБН В.2.5-28:2018 *Природне і штучне освітлення* на стадії ескізного проектування значення необхідної площі світлопрорізів при боковому освітленні приміщень розрахунок проводиться за формулою:

$$S_B = \frac{D_H}{100m} \cdot \frac{K_3 \eta_B K_{\text{буд}}}{\tau_0 r_1}, \quad (1)$$

де  $S_B$  – площа світлових прорізів, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{п}}$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;  $D_H$  – нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО);  $m$  – коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу;  $K_3$  – коефіцієнт запасу;  $\eta_B$  – коефіцієнт, який враховує світлову активність вікон;  $K_{\text{буд}}$  – коефіцієнт, який враховує затінювання вікон протилежними будинками;  $r_1$  – коефіцієнт, який враховує підвищення КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення;  $\tau_0$  – загальний коефіцієнт світлопропускання матеріалу.

Розроблений програмний продукт «Природне бокове освітлення» призначений для автоматизованого розрахунку природного бокового освітлення у відповідності з діючим ДБН В.2.5-28:2018 *Природне і штучне освітлення.* На рисунку 1 зображено інтерфейс головного вікна програми.

Кнопка «Розрахувати ДН» відповідає модулю програми, ключового для вибору нормованого коефіцієнта природного освітлення. При натисканні зазначеної клавіші відкривається додаткове діалогове вікно КРОД<sub>н</sub>, призначене для вибору необхідного значення коефіцієнта природного освітлення (рис. 2).

Умовно елементи діалогового вікна КРОД<sub>н</sub> поділено на 4 зони. Перша зона

відповідає за вибір типу будівель, тобто громадських, цивільних чи промислових. Це групування забезпечує більш сприятливий та зручний для користувача інтерфейс, спрощує роботу з програмою, робить її більш зрозумілою та структурує значення КПО, наведені в ДБН В.2.5-28:2018.

Другий умовний блок відповідає за конкретизацію призначення будівлі. Наприклад, для вибору нормованого КПО для закладів загальної середньої, професійної та вищої освіти необхідно спочатку обрати Цивільні будівлі.

Таким чином, нормоване КПО для закладів загальної середньої, професійної та вищої освіти зберігається тільки у даній частині програми і користувач ніяким чином не нашттовхнеться на ці дані у, наприклад, нормованих значеннях КПО для житлових будівель.

Тобто у програмі реалізовано покроковий логічно-структурований вибір нормованого коефіцієнта природного освітлення.

Розрахунок загального коефіцієнта світлопропускання реалізований в окремому модулі, який відкривається натисканням клавіші «Розрахувати  $\tau_0$ ». Інтерфейс модуля показаний на рисунку 3.

У відповідності із ДБН В.2.5-28:2018 загальний коефіцієнт світлопропускання розраховується за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (2)$$

де  $\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу;  $\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в рамах світлопрорізу;  $\tau_3$  – коефіцієнт, який враховує втрати світла у несних конструкціях (при боковому освітленні  $\tau_3 = 1$ );  $\tau_4$  – коефіцієнт, який враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях;  $\tau_5$  – коефіцієнт, який враховує втрати світла у сонцезахисній сітці.

Оскільки загальний коефіцієнт розраховується за формулою 2, який враховує всі характеристики встановлених світлових прорізів, у модулі реалізовано визначення 5 складових, а саме [1; 2]:

– вид світлопропусканного матеріалу ( $\tau_1$ );

- втрати світла в рамках світлопрорізу залежно від виду матеріалу рами ( $\tau_2$ );
- втрати світла у несних конструкціях ( $\tau_3$ );

- втрати світла у сонцезахисних пристроях ( $\tau_4$ );
- втрати світла у захисній сітці ( $\tau_5$ ).

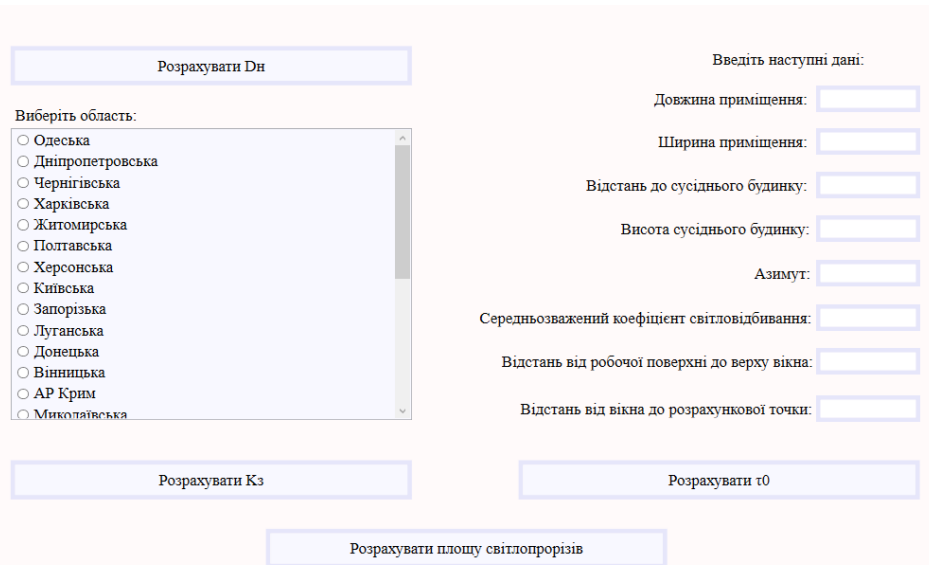


Рис. 1. Інтерфейс головного вікна програми «Природне бокове освітлення»

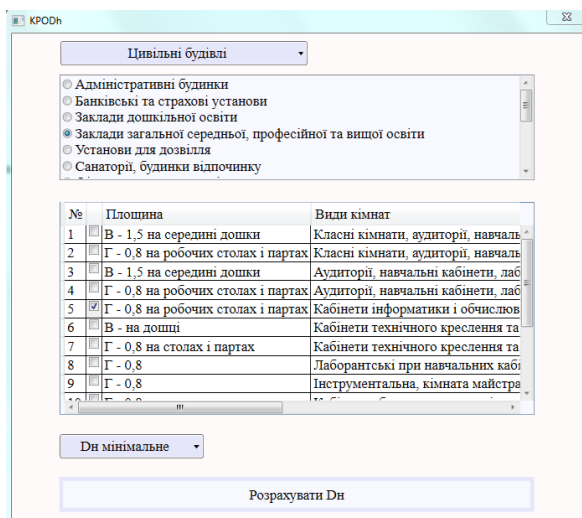


Рис. 2. Інтерфейс модуля вибору нормованого значення КПО

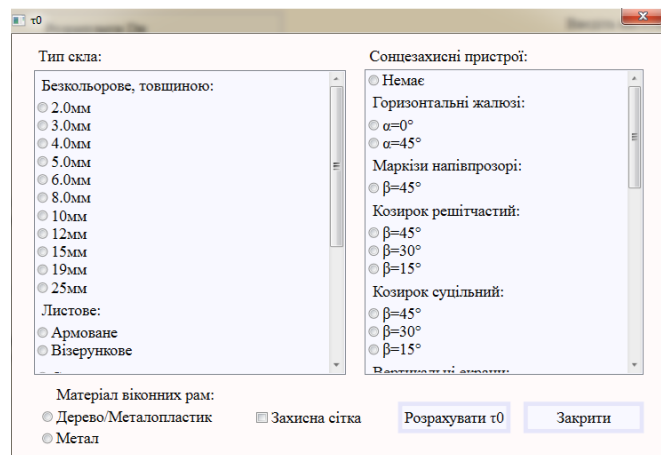


Рис. 3. Інтерфейс модуля розрахунку загального коефіцієнта світлопропускання

Коефіцієнт  $\tau_1$  враховує тип світлопрозорого матеріалу, який встановлений у приміщенні. Вибір коефіцієнта реалізовано у лівій частині вікна модуля.

Після вибору світлопропускання матеріалу, програмний комплекс автоматично заносить у буферну пам'ять значення коефіцієнту  $\tau_1$ . У лівій нижній частині вікна модуля реалізовано вибір

коефіцієнта  $\tau_2$  (рис. 3), який враховує втрати світла у рамках світлопрорізу. Як видно, за замовчуванням у програмі реалізовані три основні види рам, які використовуються, а саме:

1. Метал –  $\tau_2 = 0,85$ ;
2. Дерево –  $\tau_2 = 0,75$ ;
3. Металопластик –  $\tau_2 = 0,75$  [1].

Вибір коефіцієнта  $\tau_5$  реалізований знизу посередині вікна модуля, та відповідає за

наявність або відсутність захисної сітки. За наявності захисної сітки і встановленого прапорця коефіцієнт  $\tau_5$  приймається 0,9, за відсутності сітки і прапорця –  $\tau_5 = 1,0$ .

Оскільки коефіцієнт  $\tau_3$  враховує втрати світла в несних конструкціях і змінюється лише у випадку верхнього освітлення, для бокового освітлення його вибір не реалізований і  $\tau_3$  завжди рівний 1,0.

Вибір коефіцієнта запасу світлопропускнуго матеріалу реалізовано шляхом натискання кнопки «Розрахувати Кз» (рис. 1). Після її натискання відкривається діалогове вікно із вмістом модуля (рис. 4).

Умовно модуль вибору коефіцієнта запасу поділений на два окремі блоки:

- блок вибору типу приміщення;
- блок вибору кута нахилу світлопроникного матеріалу до горизонту.

Окрім вищезазначених модулів та коефіцієнтів, необхідних для розрахунку площі світлопрорізів у приміщенні, існує ще ряд необхідних даних. Такі дані або вибираються, або вводяться з клавіатури на головному інтерфейсі програмного продукту.

Оскільки у ДБН В.2.5-28:2018 коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу залежить від районування території України

по світловому клімату, у програмі реалізовано автоматичний вибір необхідного світлового клімату та відповідного коефіцієнта та включені коефіцієнти для всіх 24 областей та Автономної Республіки Крим.

У вікні «Виберіть область» необхідно обрати область, у якій розташоване приміщення для розрахунку природного бокового освітлення. В результаті у програмі автоматично обирається значення коефіцієнта світлового клімату світлопрорізу  $m$ , який використовується у подальших розрахунках.

Для коректної роботи програмного комплексу і його використання для розрахунку бокового природного освітлення необхідно ввести в програму такі дані:

1. Довжина приміщення.
2. Ширина приміщення.
3. Відстань до сусіднього будинку.
4. Висота сусіднього будинку.
5. Азимут.
6. Середньозважений коефіцієнт світло-відбивання.
7. Відстань від робочої поверхні до верху вікна.
8. Відстань від вікна до розрахункової точки.

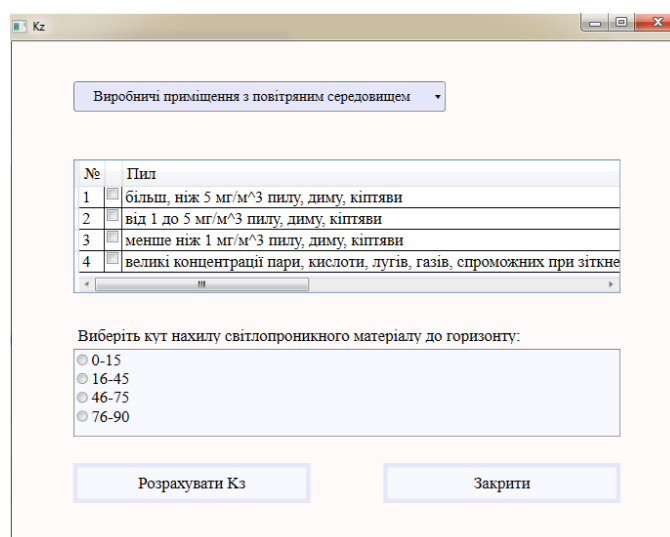


Рис. 4. Інтерфейс модуля вибору коефіцієнта запасу

Для розрахунку бокового природного освітлення за формулою (1) необхідно ввести всі дані у відповідні поля. Після введення даних і натискання кнопки

«Розрахувати площу світлопрорізів» програма покроково виконає наступні дії.

1. На основі вибраного типу приміщення прирівняє відповідне значення

коефіцієнта природного освітлення змінній  $D_H$ .

2. Вибір коефіцієнта світлового клімату  $m$ .

Для вибору коефіцієнта світлового клімату програма зчитує двоє даних – азимут та область. Азимут вводиться користувачем з клавіатури, а область, тобто місце розташування приміщення, для якого виконується розрахунок бокового природного освітлення, обирається у лівій частині головного вікна програми (рис. 1).

Після перевірки, чи всі дані правильно введені у програму, вона переходить до вибору коефіцієнта світлового клімату. Територія України умовно поділена на 4 світлокліматичні райони, в кожному з яких інші значення коефіцієнта світлового клімату залежно від азимуту.

3. Вибір коефіцієнта запасу  $K_3$ .

4. Вибір коефіцієнта  $\eta_v$ .

5. Призначення коефіцієнта  $K_{бод}$ .

Коефіцієнт  $K_{бод}$ , який враховує затінення світлових прорізів будинками, що стоять навпроти, визначається на основі відношення відстані до будинку  $P$ , що утворює тінь, до висоти цього будинку  $H_{бод}$ .

6. Розрахунок загального коефіцієнта світлопропускання  $\tau_0$ .

7. Вибір коефіцієнта  $r_l$ .

Коефіцієнт  $r_l$  залежить від таких факторів:

– відношення глибини приміщення  $B$  до його висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна  $h_1$ ;

– відношення відстані  $l$  розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення  $B$ ;

– середньозваженого коефіцієнта світловідбивання стелі, стін та підлоги  $\rho$ ;

– відношення довжини приміщення  $l_n$  до його глибини  $B$ .

Параметри відношення глибини приміщення  $B$  до його висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна  $h_1$  та відношення довжини приміщення  $l_n$  до його глибини  $B$  уже використовувались в програмі для визначення коефіцієнта  $\eta_v$  і приймаються з тими ж значеннями. Середньозважений коефіцієнт світло-

відбивання стелі, стін та підлоги вводиться користувачем у відповідне поле у правій частині головного вікна програми.

У той же час, розрахунок відношення відстані  $l$  розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення  $B$  відбувається таким же чином, що і перші два відношення у даному списку необхідних параметрів на основі даних, які введені користувачем з клавіатури. Отже, на головному вікні програми передбачені всі поля для вибору або введення даних, які необхідні для розрахунку бокового природного освітлення приміщення.

Крім того, для зменшення можливості виникнення помилки при вводі або виборі даних користувачем у програмному комплексі передбачена спеціальна перевірка більшості параметрів, які використовуються для розрахунку. Перевірка параметрів відсутня лише для тих даних, які вибираються із занесеного в базу даних програми списку, а саме:

1. Нормованого значення коефіцієнта природного освітлення  $D_H$ .

2. Коефіцієнта запасу  $K_3$ .

3. Області, в якій розташоване приміщення.

Хоча перевірка на ввід даних для зазначених параметрів відсутня, програма все одно не перейде до розрахунків, поки користувач не вибере необхідне значення. Наприклад, якщо користувач забув обрати нормоване КПО, програмний комплекс відкриє діалогове вікно, в якому буде зазначено, якого параметра не вистачає для розрахунку. Зверніть увагу, що у тексті помилки певний параметр наведений так само, як і в інших елементах програми. Це зменшує вірогідність заплутати користувача.

Аналогічна перевірка на введення всіх необхідних для розрахунку даних реалізована для всіх коефіцієнтів та проміжних даних для розрахунку, окрім коефіцієнта  $\tau_5$ . За замовчуванням, якщо користувач натисне кнопку «Розрахувати  $\tau_0$ » і не поставить прапорець навпроти відповідного поля «Захисна сітка», програма автоматично приймає, що захисна сітка

відсутня, і присвоює коефіцієнту  $\tau_5$  значення 1,0.

Слід ураховувати, що деякі значення повинні лежати в певних межах. До прикладу, азимут може становити від 0 до 360°. Тому, якщо користувач спробує ввести будь-яке інше значення азимуту у відповідне поле, програма виведе відповідне повідомлення (рис. 5).

Таким чином, у програмному комплексі реалізовано не тільки автоматизацію розрахунку бокового природного освітлення в приміщенні, а й захист від помилок, яких випадково або навмисно може припуститися користувач. Тобто максимально виключені помилки, викликані людським фактором.

Якщо ж усі дані були введені правильно, програма відкриє нове діалогове вікно «Результати», на якому будуть наведені всі покрокові розрахунки та загальний результат (рис. 6).

Оскільки найчастіше важко встановити саме ідеальну площу світлових прорізів, отриманих за розрахунком та виведених у 8-му рядку, ДБН В.2.5:28-2018 Природне і штучне освітлення дозволяє зменшувати площу світлових прорізів на 5 % від розрахункової або збільшувати на 10 % від розрахункової. Будь-яка площа вікон, які потрапили в дані межі, задовольняє стан бокового природного освітлення.

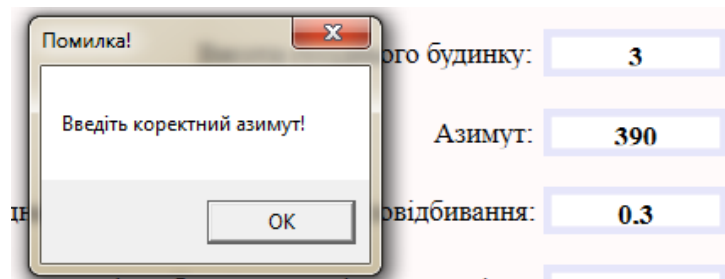


Рис. 5. Приклад виводу повідомлення про помилку

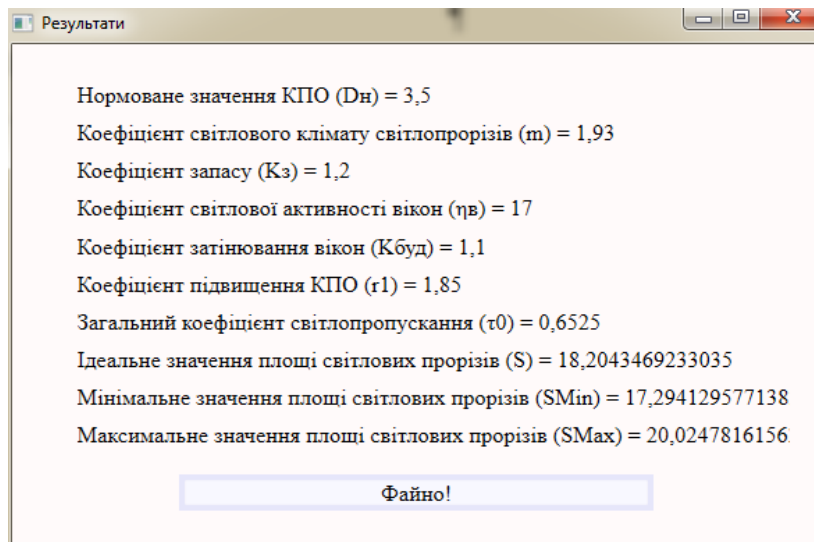


Рис. 6. Результати розрахунку бокового природного освітлення

Проведено порівняння ефективності використання розробленого програмного забезпечення «Бокове природне освітлення» із ручним розрахунком у відповідності з регламентованою методикою [1]. Порівнянням кількості часу, витраченого для розрахунку світлопрорізів одного й того

ж самого приміщення ручним методом та за допомогою програми, визначено, що на ручний метод було витрачено приблизно 55–60 хвилин. В той же час, розрахунок автоматизованим методом займає 5 хвилин і не потребує самого знання методу розрахунку і формул.

Крім того, проведено порівняння точності автоматизованого та ручного методу розрахунку бокового природного освітлення приміщень на прикладі навчальної аудиторії у Хмельницькому національному університеті. Розрахункова (ідеальна) площа світлових прорізів ручним методом становить  $S = 14,38 \text{ м}^2$ , а автоматизованим методом –  $S = 18,20 \text{ м}^2$ . Така велика різниця пояснюється тим, що програмний продукт «Бокове освітлення» не заокруглює та не приймає наближених значень у процесі розрахунку, тобто є більш точним методом. Похибка розрахунку тоді становить:

$$e = \frac{S_p}{S_a} = \frac{14,38}{18,20} \cdot 100 \% = 79 \%, \quad (3)$$

де  $S_p$  – результат розрахунку площі світлових прорізів ручним методом,  $\text{м}^2$ ;  $S_a$  – результат розрахунку площі світлових прорізів автоматизованим методом,  $\text{м}^2$ .

Тобто розрахунок бокового природного освітлення дає лише 79 % точності розрахунку, а автоматизований метод на 21 % точніший.

Можна зробити висновок, що для проведення одного розрахунку бокового природного освітлення автоматизований метод у 12 разів швидший та на 21 % точніший.

Крім того, слід враховувати, що кожен наступний розрахунок ручним методом буде займати приблизно стільки ж часу, як і перший ( $\approx 1$  год.), так само як і автоматизованим методом ( $\approx 5$  хв). Автори порівняли перспективу постійного використання автоматизованого розрахунку природного освітлення. Графік залежності від часу для проведення 10 розрахунків зображений на рисунку 7.

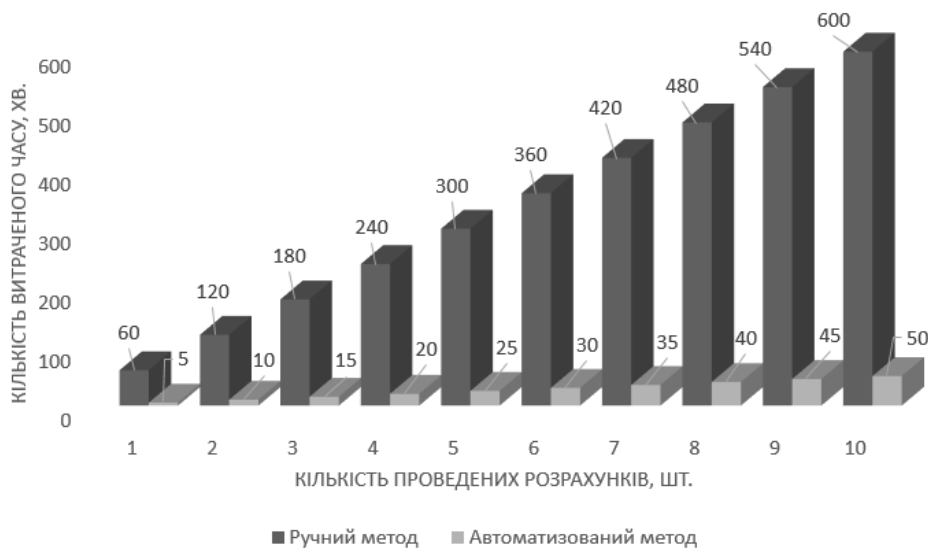


Рис. 7. Порівняння витраченого часу для 10 послідовних розрахунків ручним та автоматизованим методом

### Висновки.

Актуальність використання автоматизованого методу розрахунку бокового природного освітлення полягає в такому:

- повністю виключена можливість помилки у розрахунку формул;
- виключений людський фактор, який може викликати виникнення помилок у розрахунках та введенні даних;

- розрахунок максимально точний, оскільки відсутнє округлення будь-яких результатів;

- реалізовано захист від уведення помилкових даних;

- зручний та зрозумілий інтерфейс для користувача;

- можливість проведення розрахунку бокового природного освітлення без знання методики;

- метод у 12 разів швидший, ніж ручний;



– точність на 21 % більша, ніж за розрахунку вручну.

Отже, програмний продукт «Бокове освітлення» набуває свого практичного значення та застосування в будь-якій сфері виробничих та невиробничих галузей підприємств України для перевірки стану

природного бокового освітлення та задоволення регламентованим нормам охорони праці з цього питання, а також у будівельній галузі для перевірки стану бокового природного освітлення житлових приміщень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5:28-2018. Природне і штучне освітлення. [Чинні від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с. (Державні будівельні норми України).
2. ДБН В.2.5:28-2006. Природне і штучне освітлення. [Чинні до 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2006. 142 с. (Державні будівельні норми України).
3. Paule B., Boutillier J., Pantet S., Sutter Y. A lighting simulation tool for the new European daylighting standard. ResearchGate : веб-сайт. URL: <https://www.researchgate.net/publication/329091178> A lighting simulation tool for the new European daylighting standard (дата звернення : 11.05.2022).
4. Christakou E., Silva N. A comparison of software for architectural simulation of natural light. ResearchGate : веб-сайт. URL: <https://www.researchgate.net/publication/221231753> A Comparison of Software for Architectural Simulation of Natural Light (дата звернення : 11.05.2022).
5. Davoodi A., Johansson P., Laike T., Aries M. Current Use of Lighting Simulation Tools in Sweden. ResearchGate : веб-сайт. URL: <https://www.researchgate.net/publication/338804137> Current Use of Lighting Simulation Tools in Sweden (дата звернення : 11.05.2022).
6. Соколан Ю. С. Проблематика забезпеченості спеціалізованим програмним забезпеченням в сфері охорони праці. *Проблеми та перспективи розвитку охорони праці : Всеукр. наук.-практ. конф.* Львів, 2021. С. 16–17.
7. Соколан Ю. С., Паршенко К. А. Аналіз змін у нормуванні природного освітлення приміщень у відповідності із державними будівельними нормами. *Вісник Хмельницького Національного Університету.* № 6. 2020. С. 67–72.
8. Соколан Ю. С., Романишина О. В. Аналіз спеціалізованого програмного забезпечення з охорони праці для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму. *Вісник Хмельницького Національного Університету.* № 1. 2021. С. 58–66.
9. Соколан Ю. С., Романишина О. В. Аналіз програмного забезпечення для навчання та перевірки знань з питань охорони праці. *Вісник Хмельницького Національного Університету.* № 4. 2020. С. 76–84.
10. Чернець В. Аналіз відповідності нормативних вимог освітлення в Україні міжнародним стандартам СІЕ. *Методологія та прилади.* № 5. 2016. С. 33–41.

## REFERENCES

1. *DBN B.2.5:28-2018. Pryrodne ta shtuchne osvittlennya* [SCN B.2.5:28-2018. Natural and artificial illumination]. Valid from 2019-03-01. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2019, 137 p. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).
2. *DBN B.2.5:28-2006. Pryrodne ta shtuchne osvittlennya* [SCN B.2.5:28-2006. Natural and artificial illumination]. Valid till 2019-03-01. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2006, 142 p. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).
3. Paule B., Boutillier J., Pantet S. and Sutter Y. A lighting simulation tool for the new European daylighting standard. ResearchGate : web-site. URL: <https://www.researchgate.net/publication/329091178> A lighting simulation tool for the new European daylighting standard (accessed :11.05.2022).
4. Christakou E. and Silva N. A comparison of software for architectural simulation of natural light. ResearchGate : web-site. URL: <https://www.researchgate.net/publication/221231753> A Comparison of Software for Architectural Simulation of Natural Light (accessed : 11.05.2022).
5. Davoodi A., Johansson P., Laike T. and Aries M. Current Use of Lighting Simulation Tools in Sweden. ResearchGate : web-site. URL: <https://www.researchgate.net/publication/338804137> Current Use of Lighting Simulation Tools in Sweden (accessed : 11.05.2022).
6. Sokolan Yu.S. *Problematyka zabezpechenosti spetsializovanim programnym zabezpechennyam v sferi ohorony pratci* [Problems of provision of specialized software in the field of labor protection]. *Problemy ta perspektyvy rovytku ohorony pratci : Vseukraiynska naukovo-praktychna konferentsiya* [Problems and Prospects of Development of Labor Protection : All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Lviv, 2021, pp. 16–17. (in Ukrainian).

7. Sokolan Yu.S. and Parshenko K.A. *Analiz zmin u normuvanni prurodnogo osvittleniya prymishchen u vidpovidnosti iz Derzhavnymy budivelnymy normamy* [Analysis of changes in regulation of natural illumination in accordance with State Construction Regulations]. *Visnyk Khmel'nyts'koho Natsional'noho Universytetu* [Herald of Khmelnitskiy National University]. No. 6, 2020, pp. 67–72. (in Ukrainian).

8. Sokolan Yu.S. and Romanishina O.V. *Analiz spetsializovanogo programnogo zabezpechennya z ohorony pratsi dlya reestratsii neshchasnyh vypadkiv ta analizu travmatyzmu* [Analysis of specialized occupational safety software for registration of industrial accidents and accident rate analysis]. *Visnyk Khmel'nyts'koho Natsional'noho Universytetu* [Herald of Khmelnitskiy National University]. No. 1, 2021, pp. 58–66. (in Ukrainian).

9. Sokolan Yu.S., Romanishina O.V. *Analiz programnogo zabezpechennya dlya navchannya ta perevirky znan z pytan ohorony pratsi* [Analysis of the software for training and knowledge assessment regarding professional safety]. *Visnyk Khmel'nyts'koho Natsional'noho Universytetu* [Herald of Khmelnitskiy National University]. No. 4, 2020, pp. 76–84. (in Ukrainian).

10. Chernetc V. *Analiz vidpovidnozti normatyvnyh vymog osvittleniya d Ukraini mizhnarodnym standartam CIE* [Analysis of Compliance of Regulatory Requirements for Lighting in Ukraine with International CIE Standards]. *Metodolohiya ta prylady* [Methodology and Instrumentation]. No. 5, 2016, pp. 33–41. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 07.08.2022.