

УДК 504.064.2: 004.925.8

## Оцінка ефективності середовища будівель щодо впливу на людину за кількома параметрами на основі точкового числення

В. О. Єгорченков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>к.т.н., доц., Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, egval@ukr.net, ORCID:000-0003-2910-0331

*Анотація. Згідно з законом оптимуму в екології, кожний фактор має відповідний діапазон (зона оптимуму), у якому людина відчувається комфортно. Якщо значення фактору виходять поза межі цього діапазону, то організм пригнічується. При формуванні середовища в будівлях важливо, щоб значення факторів максимально наближались до зони оптимуму. Тому метою даної роботи є розробка комплексної оцінки різноманітних факторів, які впливають на людину. Критерієм оцінки в даній роботі прийнято продуктивність праці. Криві зміни продуктивності праці від того чи іншого фактору описувалися точковими рівняннями. Для практичної реалізації приймалися три фактори: температура, відносна вологість повітря в приміщенні, а також кутлова висота світлового вектору. Криві зміни продуктивності праці від цих факторів наносилися на один графік. Вздовж осі абсцис відкладалися значення факторів у частках від комфортних значень. Це дало змогу визначити коефіцієнти впливу факторів один відносно одного. Для комплексної оцінки формувалася точкова множина поверхонь розрахункових або вимірних значень. З використанням формули коефіцієнта варіації визначалося середнє відхилення від комфортного значення за кожним фактором. На завершення, визначалося середньозважене значення відхилення за всіма оцінюваними факторами з урахуванням коефіцієнтів впливу. Найкращим рішенням середовища в будівлі буде те, у якому середньозважений критерій оцінки набуває мінімального значення.*

*Ключові слова: закон оптимуму, комплексна оцінка, продуктивність праці, точкове числення, коефіцієнти впливу, комфортні значення.*

### Постановка проблеми і її актуальність.

Людина постійно знаходиться під впливом різноманітних факторів: температура, світло, радіація, звук та ін. Дія цих факторів є різноплановою та неоднаковою. Для забезпечення максимальної працездатності людини та якості її відпочинку необхідно визначити комбінації зазначених параметрів для досягнення комфортного стану людини. Тому актуальним є завдання створення методів визначення оптимальної комбінації параметрів середовища приміщень задля забезпечення комфортного стану людини з урахуванням її фізіологічних потреб.

**Останні дослідження та публікації.** Згідно з законом оптимуму в екології [1], кожен фактор має відповідний діапазон, у якому організм відчуває себе комфортно (рис.1). Цей діапазон називається зоною оптимуму. Зміна величини фактору як в один, так і в інший бік призводить до пригнічення організму. І чим більше відхилення від зони оптимуму, тим більше організм пригнічується. Максимальні та мінімальні значення фактору, які переносяться організмом – це критичні точки, за межами яких існування вже неможливе.

Межі витривалості між критичними точками називають екологічною валентністю живих істот

стосовно конкретного фактору середовища. Реакція людського організму є аналогічною розглянутій. Якщо значення того чи іншого параметру знаходяться в зоні оптимуму, то по перше, у людини гарне самопочуття, по друге, продуктивність праці знаходиться на високому рівні. Це підтверджується низкою досліджень [2-6]. І навпаки, при виході із цього діапазону погіршується самопочуття, знижується продуктивність праці, швидше з'являється втома тощо.

Однак, на людину можуть діяти відразу декілька різнорідних за своєю фізичною суттю факторів, які в тому або іншому ступені мають вплив на продуктивність праці: температура, освітленість, звукове поле, відносна вологість повітря та ін. Ці фактори впливають не однаково. Більш того, зміна одного фактору може впливати на сприйняття іншого, і навпаки. Тому постає питання при проектуванні середовища, як правильно зробити комплексну оцінку впливових факторів. Це вирішувалося в основному за допомогою інтуїції фахівців. У роботі [5] була спроба оцінити низку факторів, але це вирішено з невеликою точністю і лише для світлових факторів, які впливають на продуктивність зорової праці.

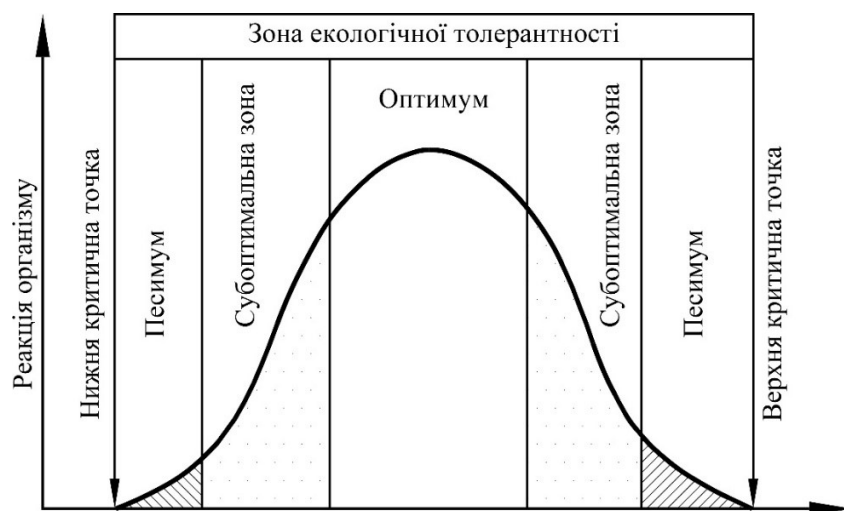


Рис. 1. Схема дії факторів середовища на живі організми

**Формулювання цілей статті.** Метою даної роботи є розробка методу комплексної оцінки різноманітних за своєю фізичною суттю екологічних факторів, що впливають на людину, для покращення її здоров'я і збереження продуктивності праці на високому рівні при формуванні комфортного середовища в приміщеннях з використанням точкового числення.

**Основна частина.** Якщо прийняти продуктивність праці основним критерієм оцінки впливу на стан людини того чи іншого фактору, то наукові дослідження надали достатній обсяг результатів вивчення впливу різноманітних факторів на цей критерій.

Так К. Даніелс [2] досліджував вплив температури на продуктивність розумової праці (рис. 2 а). В [3] представлені дані про вплив відносної вологості повітря приміщення (рис. 2 б), а в [5] досліджувався вплив характеристик освітлення (рис. 2 в).

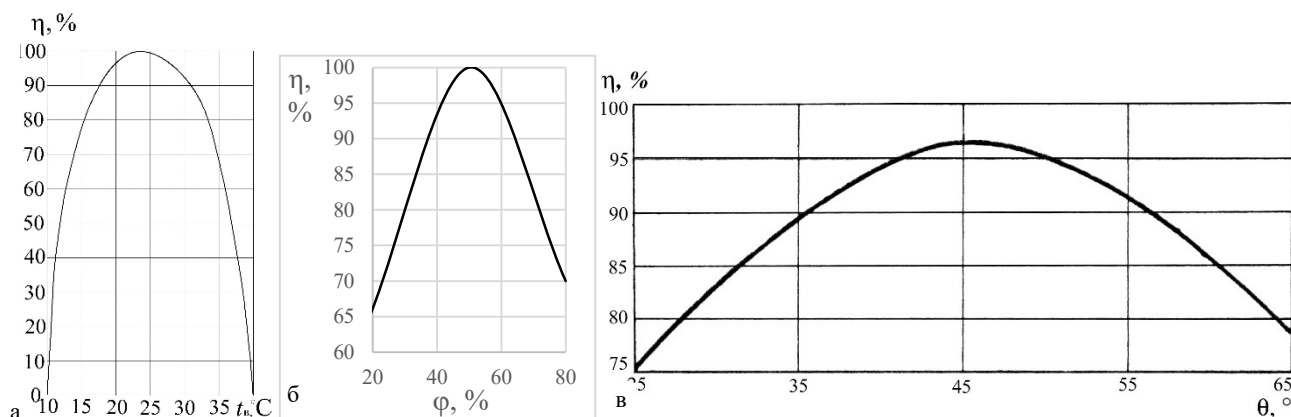
Для оцінки використаємо температуру, відносну вологість і, наприклад, кутову висоту світлового вектору

(крива 3, рис. 2в), яка має найбільший вплив серед світлотехнічних факторів. Ці фактори, як видно з графіків, мають різну фізичну основу, різні одиниці вимірювання і різний вплив на людину.

Щоб здійснити комплексну оцінку, треба знайти спільні риси. По перше, всі ці фактори підкоряються закону оптимуму. По друге, всі вони мають максимуми в точці найбільш приємного (комфортного) сприйняття людиною даного фактору. Ці риси і будемо враховувати при розробці методу оцінки.

Якщо сумістити всі криві на одну позначку осі абсцис, яка відповідає комфортному стану людини, а масштаб цієї осі вибрати не в абсолютних одиницях, а відносно до комфортного значення (верхній індекс «к»), то отримаємо картину, за допомогою якої можна порівнювати ці показники (рис.3). Як бачимо, перша й третя криві (рис. 2 а, в) мають форму еліпса, а друга крива (рис. 2 б) має форму параболи.

У точковому численні [7] ці криві мають наступні рівняння:

Рис.2. Графіки впливу різних факторів на продуктивність праці  $\eta$ , %:

а – температури  $t_b$ , °C; б – відносної вологості  $\varphi$ , %; в – кутова висота світлового вектору  $\theta$ , °

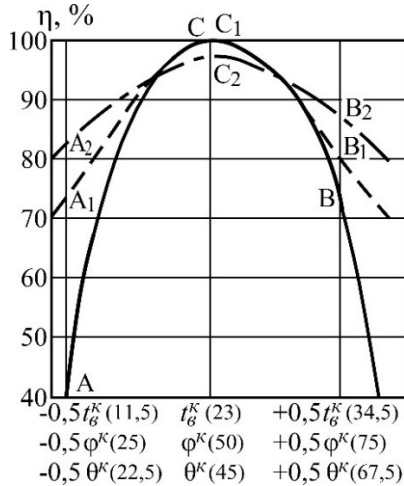


Рис. 3. Графіки впливу різних факторів на продуктивність праці у відносних одиницях:  
суцільна лінія – температури;  
пунктир – відносною вологості;  
штрих-пунктир – кутової висоти світлового вектору

$$M_t = A \frac{(1-u)(1-2u)}{(1-2u)^2 + 2u(1-u)} + B \frac{u(2u-1)}{(1-2u)^2 + 2u(1-u)} + C \frac{2u(1-u)}{(1-2u)^2 + 2u(1-u)}; \quad (1)$$

$$M_\varphi = A_1 (1-u)(1-2u) + 4 C_1 u(1-u) + B_1 u(2u-1); \quad (2)$$

$$M_\theta = A_2 \frac{(1-u)(1-2u)}{(1-2u)^2 + 2u(1-u)} + B_2 \frac{u(2u-1)}{(1-2u)^2 + 2u(1-u)} + C_2 \frac{2u(1-u)}{(1-2u)^2 + 2u(1-u)}; \quad (3)$$

де  $M_t$ ,  $M_\varphi$ ,  $M_\theta$  – поточні точки на відповідних кривих;  $u$  – параметр рівнянь, який визначає три криві та змінюється від нуля до одиниці:

$$u = k/l; \quad (4)$$

$k$  – порядковий номер точки сканування,  $k = 0, 1, 2, \dots, l$ ;  $l$  – кількість прийнятих точок сканування, залежить від прийнятої точності.

Рівняння (1-3) вказують на залежність продуктивності праці від температури  $t$ , °C, відносною вологості  $\varphi$ , %, і кутової висоти світлового

вектору  $\theta$ . Перше рівняння в симплексі  $ABC$  (характерні точки, які задаються із експериментальних або розрахункових даних), наступне рівняння (2) в симплексі  $A_1B_1C_1$ , і останнє рівняння (3) в симплексі  $A_2B_2C_2$ .

Із рис. 3 видно не однозначність впливу факторів та різну їхню значущість. Найбільший вплив із трьох наведених факторів має температура, найменший – кутова висота світлового вектору. Коефіцієнти впливу відносно температури повітря в приміщенні:

$$\kappa_{\varphi t} = M_\varphi / M_t = \frac{q(A\kappa_{\varphi a}(1-u)(1-2u) + 4C\kappa_{\varphi c}u(1-u) + B\kappa_{\varphi b}u(2u-1))}{A(1-u)(1-2u) + Bu(2u-1) + 2Cu(1-u)},$$

$$\kappa_{\theta t} = M_\theta / M_t = \frac{A\kappa_{\theta a}(1-u)(1-2u) + B\kappa_{\theta b}u(2u-1) + 2C\kappa_{\theta c}u(1-u)}{A(1-u)(1-2u) + Bu(2u-1) + 2Cu(1-u)},$$

$$q = (1-2u)^2 + 2u(1-u); \quad (5)$$

де  $\kappa_{\varphi t}$  – коефіцієнт впливу відносною вологості повітря стосовно його температури;  $\kappa_{\theta t}$  – те ж саме, кутової висоти світлового вектору;  $\kappa_{\varphi a}$ ,  $\kappa_{\varphi b}$ ,  $\kappa_{\varphi c}$ ,  $\kappa_{\theta a}$ ,  $\kappa_{\theta b}$  та  $\kappa_{\theta c}$  – коефіцієнти впливу в характерних точках відповідних кривих:

$$\kappa_{\varphi a} = A_1 / A, \dots, \kappa_{\theta c} = C_1 / C. \quad (6)$$

Результати реалізації отриманих рівнянь (1-6) у середовище MathCAD наведена на рис. 4.

У більшості точок приміщення значення того чи іншого параметра буде відрізнятися від комфортного. Задача спеціалістів полягає в тому, щоб при проектуванні будівлі в кожній точці приміщення ці відхилення були мінімальними.

Таке завдання може вирішуватися двома шляхами. Перший – в абсолютному плані. Підраховується сума відхилень від комфортного значення у всіх точках. Другий шлях – відносний. Спочатку знаходиться найкращий варіант або першим шляхом, або експериментальним шляхом (еталонний варіант), а потім здійснюється порівняння всіх варіантів відносно еталонного.

Для визначення оцінного показника за кожним параметром можна використати формулу коефіцієнта варіації, яка використовується в математичній статистиці.

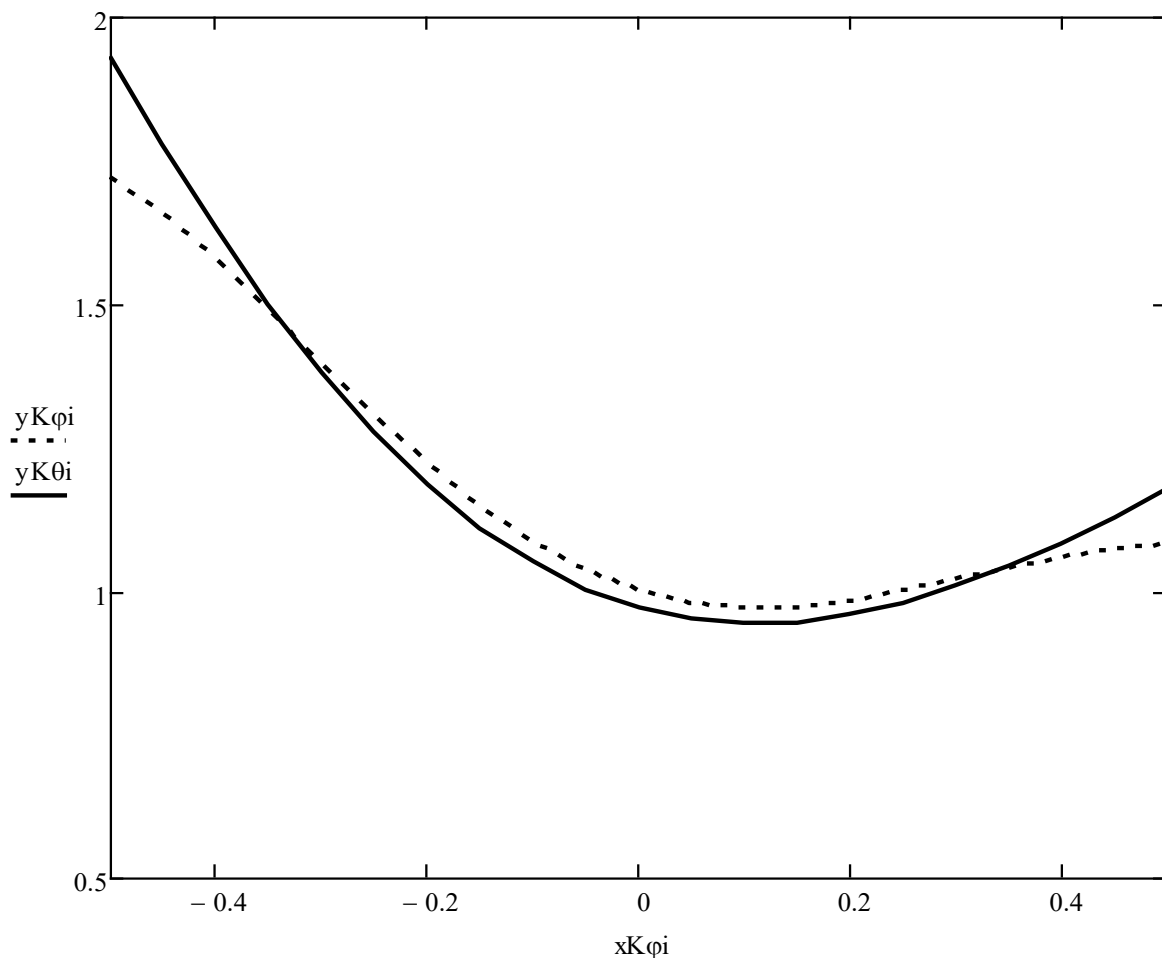


Рис.4. Криві коефіцієнтів впливу на продуктивність праці

Перший шлях. Формується множина розрахункових точок методом точкового числення [8]

$$C_{1p} = \frac{\sqrt{\sum_{i,j=1}^{m,n} [(D_{1ij} - D_k) / D_k]^2}}{\sqrt{m \cdot n}};$$

$$C_{2p} = \frac{\sqrt{\sum_{i,j=1}^{m,n} [(D_{2ij} - D_k) / D_k]^2}}{\sqrt{m \cdot n}};$$

$$\dots$$

$$C_{Np} = \frac{\sqrt{\sum_{i,j=1}^{m,n} [(D_{Nij} - D_k) / D_k]^2}}{\sqrt{m \cdot n}}, \quad (7)$$

де  $D_{Nij}$  – точкова множина поверхні розрахункових/вимірних значень оцінюваного параметра даного фактору (рис.5);  $D_k$  – комфортне (нормоване) значення оцінюваного параметра даного фактору;  $i, j, m, n$  – порядковий номер та кількість розрахункових точок в обох напрямках;

$N$  – кількість оцінюваних факторів. У цьому випадку комфортним буде одне значення, своє для кожного параметра в межах даного приміщення у вигляді горизонтально розташованої площини з точками сканування, які мають однакову координату  $z$ .

Другий шлях. Припустимо, що є приміщення, варіанти середовища якого треба оцінити відносно іншого еталонного приміщення, у якого інший характер змін оцінюваних факторів (рис.6). Підраховується критерій оцінки за кожним фактором  $C_{Np}$  за наступними формулами:

$$C_{1p} = \sqrt{\sum_{i,j=1}^{m,n} ((D_{1ij} - D_{oij}) / D_{oij})^2} / \sqrt{m \cdot n};$$

$$C_{2p} = \sqrt{\sum_{i,j=1}^{m,n} [(D_{2ij} - D_{oij}) / D_{oij}]^2} / \sqrt{m \cdot n};$$

$$\dots$$

$$C_{Np} = \sqrt{\sum_{i,j=1}^{m,n} [(D_{Nij} - D_{oij}) / D_{oij}]^2} / \sqrt{m \cdot n}, \quad (8)$$

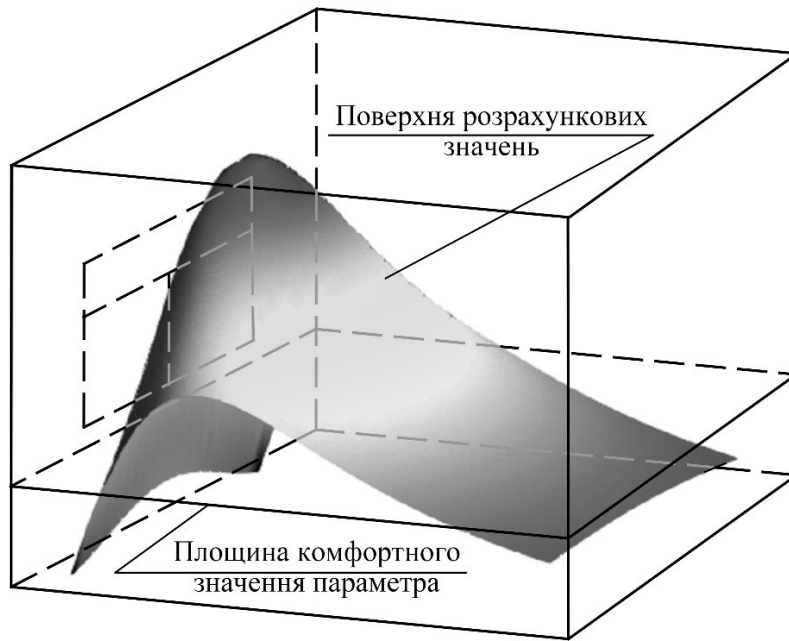


Рис.5. Приклад поверхні розрахункових значень

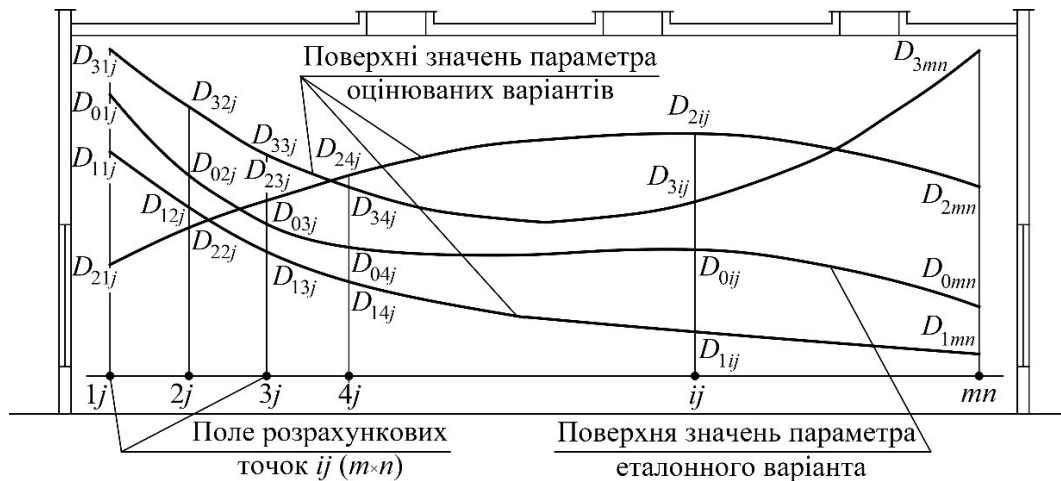


Рис.6. Поверхні точкових множин значень параметрів (в розрізі будівлі), які оцінюються (розрахункових  $D_{Nij}$ ) зі значеннями еталонного варіанту  $D_{0ij}$ .

де  $D_{0ij}$  – точкова множина поверхні розрахункових/вимірюваних значень параметра даного фактору еталонного варіанту.

Якщо оцінка здійснюється за декількома варіантами рішень будівлі, серед яких є і еталонний, тобто найбільш досконалий за раніше проведеними дослідженнями або розрахунками, то координати точок сканування (розрахункових точок) всіх варіантів повинні збігатися.

Розглянемо квадрат різниці, наприклад,  $(D_{Nij} - D_{0ij})^2$ . У точковому численні з використанням метричного оператора [9] ця різниця буде визначатися наступним чином:

$$\sum_{D_1, D_0}^{D_0} = \sum (D_1 - D_0)^2 = |D_1 D_0|^2;$$

$$\begin{aligned} \sum_{D_2, D_0}^{D_0} &= \sum (D_2 - D_0)^2 = |D_2 D_0|^2; \\ &\dots \\ \sum_{D_N, D_0}^{D_0} &= \sum (D_N - D_0)^2 = |D_N D_0|^2, \end{aligned} \quad (9)$$

або в координатному вигляді:

$$|DD_0|^2 = (x_D - x_{D_0})^2 + (y_D - y_{D_0})^2 + (z_D - z_{D_0})^2. \quad (10)$$

Тут  $D_N, D_0$  – поточні точки сканування розрахункових і еталонних поверхонь, які описуються наступними рівняннями в симплексі

$ABCFQ$  в чотиривимірному просторі (наприклад, три координати простору і одна координата часу):

$$D_{ij} = Ap(u, v, w, t) + Bq(u, v, w, t) + Cr(u, v, w, t) + Fs(u, v, w, t) + Qf(u, v, w, t) \quad (11)$$

За отриманими залежностями можна порівняти обидва варіанти (табл. 1). Підставляємо отримані координати до рівняння (10) і результат до рівняння (8). Отримуємо значення оцінного показника за кожним впливовим фактором середовища.

Наприкінці визначається середньозважений критерій оцінки, який підраховується для всіх варіантів рішень будівель, що розглядаються при проектуванні:

$$C1_o = \frac{\sum_{p=1}^{\xi} k_p \cdot C1_p}{\sum_{p=1}^{\xi} k_p}; \quad C2_o = \frac{\sum_{p=1}^{\xi} k_p \cdot C2_p}{\sum_{p=1}^{\xi} k_p};$$

$$\dots$$

$$CN_o = \frac{\sum_{p=1}^{\xi} k_p \cdot CN_p}{\sum_{p=1}^{\xi} k_p}, \quad (12)$$

де  $N_o$  – номер варіанта рішення будівлі;  $CN_p$  – значення оцінного показника за кожним параметром середовища;  $k_p$  – коефіцієнти, які враховують ступінь впливу кожного параметра;  $\xi$  – кількість параметрів, за якими здійснюється оцінка.

У результаті приймається той варіант будівлі, у якого середньозважений критерій оцінки  $CN_o$  набуває мінімального значення, оскільки середнє відхилення від комфортного (нормативного) або еталонного значення мінімальне.

**Висновки.** Розроблений метод комплексної оцінки внутрішнього середовища в будівлях щодо дії різноманітних екологічних факторів дозволяє формувати ефективне середовище при мінімальних витратах енергії і коштів, що підвищить рівень енергоефективності будівель. Результати досліджень цієї роботи доведено до розробки алгоритму.

**Перспективи подальших досліджень.** У подальших дослідженнях будуть розроблятися програми формування ефективних середовищ. У результаті їхнього використання буде знижено рівень енергоспоживання будівель.

Таблиця 1

Рівняння для порівняння варіантів

| Варіант, який оцінюється                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Еталонний варіант                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{D1ij} = x_{A1}p_1 + x_{B1}q_1 + x_{C1}r_1 + x_{F1}s_1 + x_{Q1}f_1;$<br>$y_{D1ij} = y_{A1}p_1 + y_{B1}q_1 + y_{C1}r_1 + y_{F1}s_1 + y_{Q1}f_1;$<br>$z_{D1ij} = z_{A1}p_1 + z_{B1}q_1 + z_{C1}r_1 + z_{F1}s_1 + z_{Q1}f_1;$<br><br>$x_{D2ij} = x_{A2}p_2 + x_{B2}q_2 + x_{C2}r_2 + x_{F2}s_2 + x_{Q2}f_2;$<br>$y_{D2ij} = y_{A2}p_2 + y_{B2}q_2 + y_{C2}r_2 + y_{F2}s_2 + y_{Q2}f_2;$<br>$z_{D2ij} = z_{A2}p_2 + z_{B2}q_2 + z_{C2}r_2 + z_{F2}s_2 + z_{Q2}f_2;$<br><br>$\dots$<br><br>$x_{DNij} = x_{AN}p_N + x_{BN}q_N + x_{CN}r_N + x_{FN}s_N + x_{QN}f_N;$<br>$y_{DNij} = y_{AN}p_N + y_{BN}q_N + y_{CN}r_N + y_{FN}s_N + y_{QN}f_N;$<br>$z_{DNij} = z_{AN}p_N + z_{BN}q_N + z_{CN}r_N + z_{FN}s_N + z_{QN}f_N;$ | $x_{Doij} = x_{Ao}p_o + x_{Bo}q_o + x_{Co}r_o + x_{Fo}s_o + x_{Qo}f_o;$<br>$y_{Doij} = y_{Ao}p_o + y_{Bo}q_o + y_{Co}r_o + y_{Fo}s_o + y_{Qo}f_o;$<br>$z_{Doij} = z_{Ao}p_o + z_{Bo}q_o + z_{Co}r_o + z_{Fo}s_o + z_{Qo}f_o.$ |

**Примітка.**  $x_{A1}, x_{B1}, x_{C1}, x_{F1}, \dots, x_{Ao}, x_{Bo}, x_{Co}, \dots$  – координати опорних вершин симплексів відповідних поверхонь, які задаються, виходячи з розрахунків або вимірювань;  $p_1, q_1, r_1, s_1, f_1, p_o, q_o, r_o, s_o, f_o$  – функції параметрів при відповідних координатах, які залежать від типу поверхонь.

### Література

1. Чернова Н. М. Общая экология / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – М.: Издательство Дрофа 2004. – 416 с.
2. Daniels K. Klimatisieren oder nur heizen / K. Daniels // Technische Rdsch. – 1971. – №13.
3. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений: Расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Л. Банхиди. – Москва: Стройиздат, 1981. – 248 с.
4. Хамидов К. А. Совершенствование естественного освещения в производственных зданиях с использованием пространственных характеристик светового поля (на примере предприятий швейной промышленности): автореф. дис. ... канд.техн.наук: 05.23.10 / К. Х. Хамидов; Московский инженерно-строительный институт им. В. В. Куйбышева. – Москва, 1988. – 16 с.
5. Егорченков В. А. Эффективность систем комбинированного естественного освещения производственных зданий и ее оценка с использованием пространственных характеристик светового поля: дис ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Егорченков Владимир Алексеевич; Московский инженерно-строительный институт им. В. В. Куйбышева. – Москва, 1982. – 205 с.
6. Завьялов Е. М. Совершенствование систем естественного освещения производственных зданий метизной промышленности (на основе пространственных характеристик светового поля): автореф. дис. ... канд.техн.наук: 05.23.10 / Е. М. Завьялов; Московский инженерно-строительный институт им. В. В. Куйбышева. – Москва, 1989. – 22 с.
7. Балюба И. Г. Замена симплекса в уравнении плоской кривой и его приложения / И. Г. Балюба, Е.В. Конопацкий // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького. – 2016. – Вип. 6. – с. 12-18.
8. Егорченков В. А. Средняя яркость четырехугольного окна в условиях полукруглого неба / В. А. Егорченков // Прикладна геометрія та інженерна графіка: зб. наук. праць / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2011. – Вип. 87. – с. 128-132.
9. Балюба И. Г. Точечное исчисление: Учебное пособие / И.Г. Балюба, В.М. Найдыш. – Мелитополь: Изд-во МГПУ им. Б. Хмельницкого, 2015 – 234 с.

### References

1. Chernova N. M., Bylova A. M. *Obshchaia ekologiia*. Yzdatelstvo Drofa, 2004.
2. Daniels K. "Klimatisieren oder nur heizen." *Technische Rdsch*, no. 13, 1971.
3. Bankhidi L. *Teplovoi mikroklymat pomeshchenii: Raschet komfortnykh parametrov po teplooshchushcheniiam cheloveka*. Stroiizdat, 1981.
4. Khamidov K. A. *Sovershenstvovanie estestvennogo osveshcheniia v proizvodstvennykh zdaniiax s ispolzovaniem prostranstvennykh kharakterystyk svetovoho polia (na primere predpriatii shveinoi promyshlennosti)* Dys. abstract. Moscow Engineering Building Institute, 1988.
5. Yehorchenkov V. A. *Effektivnost sistem kombinirovannogo estestvennogo osveshcheniia proizvodstvennykh zdanii i ee otsenka s ispolzovaniem prostranstvennykh kharakteristik svetovogo polia*. Dys. abstract. Moscow Engineering Building Institute, 1982.
6. Zavialov E. M. *Sovershenstvovanie sistem estestvennogo osveshcheniia proizvodstvennykh zdanii metiznoi promyshlennosti (na osnove prostranstvennykh kharakteristik svetovogo polia)*. Dys. abstract. Moscow Engineering Building Institute, 1989.
7. Baliuba I. H., Konopatskyi E. V. "Zamena simpleksa v uravnenii ploskoi krivoi i ego prilozheniya." *Suchasni problemy modeliuvannia: zb. nauk. prats*, Iss. 6, Melitopolskii derzhavnyi pedahohichnyi universytet im. B. Khmelnytskoho, 2016, pp. 12-18.
8. Yegorchenkov V. A. "Sredniaia yarkost chetyrekhugolnogo okna v usloviiakh poluiasnoho neba." *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 87, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2011, pp. 128-132.
9. Baliuba I. H., Naidysh V. M. *Tochechnoe ischyslenie*, Yzd-vo MGPU im. B. Khmelnitskogo, 2015.

УДК 504.064.2:004.925.8

## Оценка эффективности среды зданий по влиянию на человека нескольких параметров на основе точечного исчисления

В. А. Егорченков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>к.т.н., доц., Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, egval@ukr.net, ORCID:000-0003-2910-0331

*Аннотация. Согласно закону оптимума в экологии, каждый фактор имеет определённый диапазон (зона оптимума), в котором человек чувствует себя комфортно. Если значения фактора выходят из этого диапазона, организм угнетается. При формировании среды в зданиях важно, чтобы значения факторов в максимальной степени приближались к зоне оптимума. Поэтому целью данной работы является разработка комплексной оценки действующих на человека разнородных факторов. В качестве критерия оценки в данной работе принята производительность труда. Кривые изменения производительности труда от того или иного фактора описывались точечными уравнениями. Для практической реализации принималось три фактора: температура и влажность воздуха в помещении, а также угловая высота светового вектора. Кривые изменения производительности труда от этих факторов совмещались на один график. По оси абсцисс откладывались значения факторов в долях единиц от комфортных значений. Это дало возможность определить коэффициенты влияния факторов друг относительно друга. Для комплексной оценки формировалось точечное множество поверхностей расчётных или измеренных значений. Используя формулу коэффициента вариации, определялось среднее отклонение от комфортного значения по каждому фактору. В завершении определялось средневзвешенное значение отклонения по всем оцениваемым факторам с учётом коэффициентов влияния. Наилучшее решение среды в здании будет то, в котором средневзвешенный критерий принимает минимальное значение.*

*Ключевые слова: закон оптимума, комплексная оценка, производительность труда, точечное исчисление, коэффициенты влияния, комфортные значения*

UDC 504.064.2:004.925.8

## Estimation of the Efficiency of Building Environment Using Influence of Several Parameters on People, Based on the Point Calculus

V. O. Yehorchenkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ph. D., Assistants professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, egval@ukr.net, ORCID:000-0003-2910-0331

*Abstract. According to the law of optimum in ecology, each factor has a certain range (the optimum zone), in which a person feels comfort. If the factor values come out of this range, the body is depressed. When designing environment in buildings, it is important that the values of the factors should be as closer as possible to the optimum zone. Therefore, the goal of this paper is developing a comprehensive estimation of the various factors acting on humans. Labour productivity is accepted in this paper as the estimation criterion. The curves of changes in labour productivity from one or another factor were described by point equations. For practical implementation, three factors were taken: temperature and relative humidity of the air in the room, as well as angular height of the light vector. The curves of changes in labour productivity from these factors were combined into one graph. The values of factors in fractions of units from comfort values were plotted along the abscissa axis. This made it possible to determine coefficient of influence of factors relative to each other. For complex estimation, a point set of surfaces of calculated or measured values was formed. Using the formula for coefficient of variation, the average deviation from the comfortable value for each factor was determined. Finally, the average weighted deviation was determined for all the factors being evaluated, taking into account the coefficients of influence. The best solution of the environment in the building corresponds to the minimum of the weighted average criterion.*

*Keywords: law of optimum, comprehensive estimation, labour productivity, point calculation, coefficient of influence, comfortable value*

Надійшла до редакції / Received 06.02.2018.