

УДК 69:53+551.581.1

**ВИЗНАЧЕННЯ ТИПІВ НЕБОЗВОДІВ ДЛЯ ТЕРИТОРІЇ  
ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО  
ДСТУ ISO 15469:2008 «РОЗПОДІЛ ЯСКРАВOSTІ ДЕННОГО  
СВІТЛА»**

Радомцев Д.О., аспірант\*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Тел. 063-591-73-63

**Анотація** – на базі ДСТУ-Н Б.В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» та супутникових даних проведено аналіз світло-кліматичних характеристик неба території західної частини України для подальшого визначення притаманних даних місцевості стандартизованих типів небозводів за ДСТУ ISO 15469:2008 «Розподіл яскравості денного світла».

**Ключові слова** – будівельна кліматологія, світлокліматичне районування території, сонячне світлове випромінювання, стандартизований МКО тип небозводу.

*Постановка проблеми.* Одним з основних питань у будівельній світлофізиці є вивчення станів небозводів за світловими характеристиками. Результатами праць стають математичні моделі небозводів, що надають можливість розраховувати як яскравість довільних ділянок неба, так і освітленість в точках на довільно розташованих у просторі площинах. Наразі широкого застосування набуває модель стандартизована Міжнародною комісією з освітленості (МКО) [1], прийнята на території України у вигляді ДСТУ ISO 15469:2008 [2]. З огляду на те, що вказаний норматив надає лише математичне описання моделі, актуальним є визначення градації стандартизованих типів небозводів для території України на основі існуючих кліматологічних даних за ДСТУ-Н Б.В.1.1-27:2010 [3].

*Аналіз останніх досліджень.* З моменту введення стандарту ISO 15469 у Європі (2004 р.) вже проведені дослідження градації типів небозводів для Гонконгу [4], Чилі [5] та Сінгапуру [6]. Детальний опис алгоритму підбору типів та визначення групи стандартизованих типів неба для м. Києва, Україна зроблені в [7].

*Формулювання цілей статті.* Визначення відповідності світлофізичних станів небозводів території західної частини України

---

\* Науковий керівник – д.т.н., професор Сергейчук О.В.

(16 обласних центрів) до стандартизованих типів неба за МКО [1].

*Основна частина.* Стандарт [1] впроваджує 15 типів небозводів, що розділяються за хмарністю на 3 групи по 5 типів – хмарне небо, з мінливою хмарністю, безхмарне. Кожному з типів небозводів відповідають характерні коефіцієнти [табл.1, 2], що підставляються в формулу розрахунку відносної яскравості елементу небосхилу:

$$\frac{L_Y}{L_Z} = \frac{f(\chi) \cdot \varphi(Z)}{f(Z_S) \cdot \varphi(0)} = \frac{(1+c \cdot [\exp(d\chi) - \exp(d\pi/2)] + e \cdot \cos^2 \chi) \times (1+a \cdot \exp(b/\cos Z))}{(1+c \cdot [\exp(dZ_S) - \exp(d\pi/2)] + e \cdot \cos^2 Z_S) \times (1+a \cdot \exp b)}, \quad (1)$$

де  $a, b, c, d, e$  – коефіцієнти, що визначають групу градацій та індикатрис стандартизованого типу небосхилу, [8, с.20-21,].

Визначення типів небозводів ґрунтується на детальному описі математичної моделі за [8] та запропонованою методикою у [7]. Відповідно до методики проведення світлокліматичного районування території СРСР [9, с.28] для розрахунків обрані середньорічні дані. Основною вихідною інформацією є кліматичні дані за табл. №№ 2, 8, 24 [3] та супутникові дані щодо яскравості в зеніті в містах [10], що на момент написання статті наявні тільки для західної частини України в період 1996 ÷ 2000 рр. (табл.1).

Відповідно до [8] головним параметром, що характеризує тип небозводу для конкретної місцевості є  $L_z/D_v$  – співвідношення яскравості у зеніті до горизонтальної дифузної освітленості під відкритим небозводом. З огляду на те, що наявні супутникові дані є моментальними світловими величинами, а значення дифузної освітленості є сумарними за місяць енергетичними величинами, для коректного співвідношення даних треба провести ряд перетворень:

1. *Знайти середньорічне значення енергетичної дифузної сонячної радіації.* На основі даних за табл. 8 [3] для 12 місяців виводиться середнє арифметичне значення.

2. *Розрахувати моментальне значення розсіяного випромінювання.* Визначення відбувається за допомогою програмного комплексу “Atmospheric radiation” базуючись на розрахунку довжини світлового дня для цивільних приримерків, що наведений у [11].

3. *Визначити світловий еквівалент на основі спектрального складу сонячного випромінювання та розрахувати середньорічне моментальне значення горизонтальної дифузної освітленості.* Світловий потік джерела з суцільним спектром розраховується:

$$\Phi = 683 \int_{380}^{780} \Phi_{e\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

де  $\Phi$  – світловий потік, Лм;

$\Phi_{e\lambda}(\lambda)$  – спектральна щільність потоку випромінювання;

$V(\lambda)$  – відносна спектральна світлова ефективність.

Спектральна щільність потоку розрахована за допомогою програмного комплексу «SMARTS», розробленого Національною лабораторією відновлювальної енергетики, США [12]. Результатом розрахунку спектральної щільності є дані щодо потужності потоку світла для елементарної довжини хвилі (рис.1, 2).

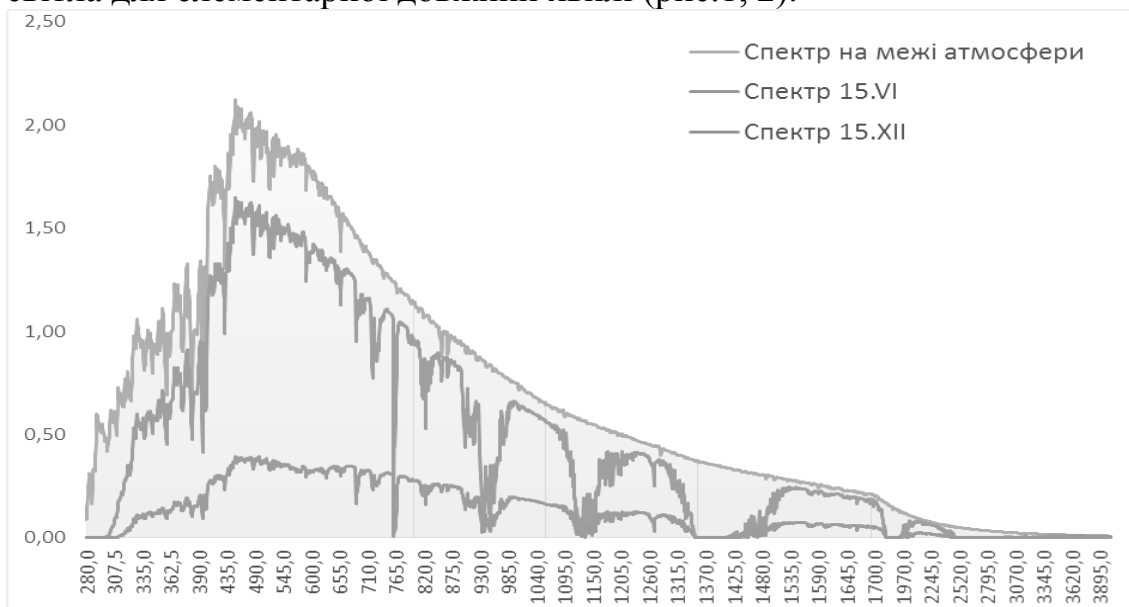


Рис 1. Графіки спектрального складу сонячного випромінювання для м. Києва 12<sup>00</sup> години 15.VI та 15.XII на межі атмосфери та на горизонтальній поверхні Землі.

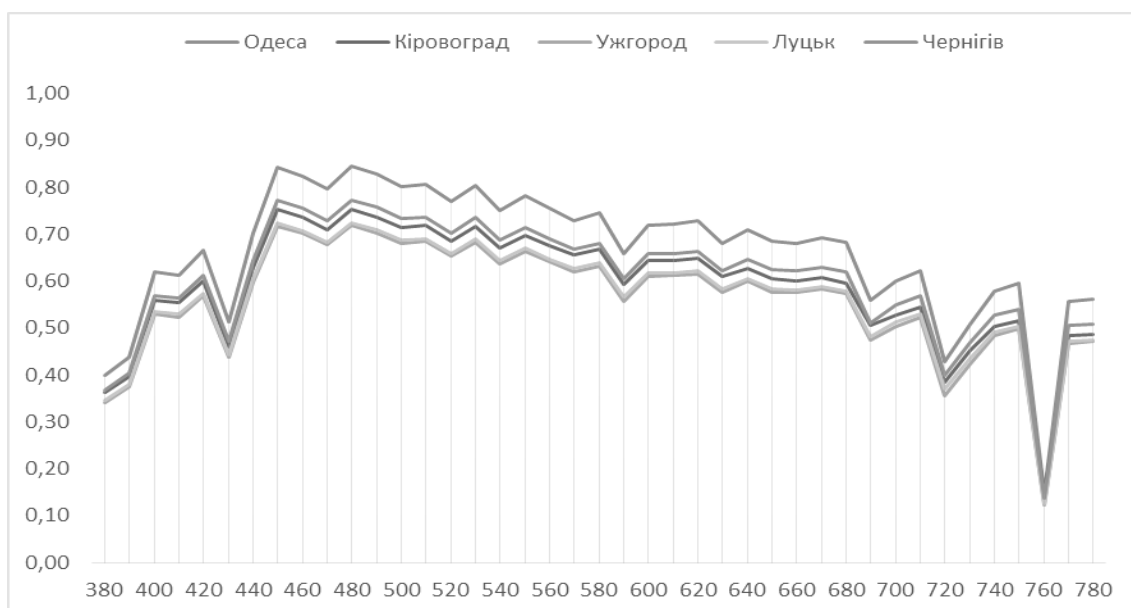


Рис 2. Графіки середньорічного спектрального складу сонячного випромінювання у видимому діапазоні на горизонтальній поверхні Землі міст України.

На основі отриманих даних та графіків розподілу спектру отримані коефіцієнти відносної спектральної щільності випромінювання з кроком через 10 нм (табл.1), та значення світлового еквівалента для сонячного випромінювання.

Таблиця 1.

Зведена таблиця вихідних даних, проміжних розрахунків та визначення стандартизованого типу небосхилу.									
№ п/п	Назва міста	$D_v$ річ сер', МДж/м <sup>2</sup>	$D_v$ річ сер', Вт/м <sup>2</sup>	$D_v$ річ сер', Лк	$L_z$ річ сер', Кд/м <sup>2</sup>	$L_{zсер}/$ $D_{vсер}$	$D_v$ розр Лк	$D_v$ річ сер/ $D_v$ розр ,%	Тип неба
1	Вінниця	164,66	114,33	18221	4450	0,24	18251	0,16	Ш. 4
2	Житомир	164,25	115,44	18252	4483	0,24	18386	0,72	
3	Івано-Франківськ	161,83	112,42	18223	4460	0,24	18615	1,55	
4	Київ	167,41	117,67	18166	4315	0,23	18242	2,10	
5	Кіровоград	169,91	118,03	18695	4434	0,23	18576	0,41	
6	Луцьк	162,33	114,09	18035	4097	0,23	17635	0,64	
7	Львів	161,33	112,02	18206	4472	0,24	18842	2,26	
8	Одеса	166,25	120,03	19026	4517	0,23	18734	3,37	
9	Рівне	162,41	114,15	18035	4175	0,23	17657	2,14	
10	Суми	161,08	113,21	18025	4090	0,23	17297	4,20	
11	Тернопіль	161,16	111,90	18254	4461	0,24	18780	2,80	
12	Ужгород	163,16	115,43	18226	4416	0,24	18504	1,50	
13	Хмельницький	161,00	111,78	18217	4445	0,24	18704	2,60	
14	Черкаси	166,75	117,17	18246	4432	0,24	18652	2,17	
15	Чернівці	163,58	113,63	18771	4514	0,24	18901	0,68	
16	Чернігів	168,75	117,16	17734	4085	0,23	17347	2,23	

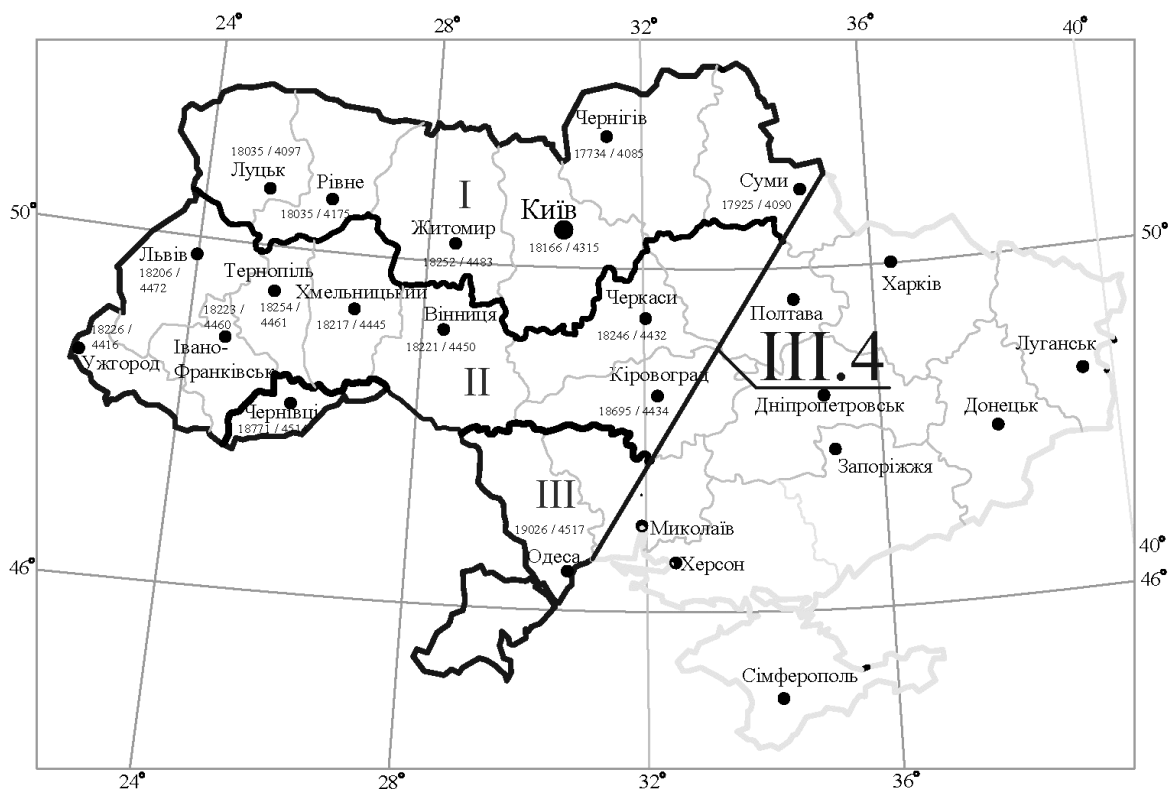


Рис 3. Світлокліматичне районування території західної частини України за горизонтальною дифузною освітленістю / яскравістю у зеніті та типом небозводу.

З огляду на те, що для розрахунків обирались усереднені показники фізико-хімічного стану атмосфери, приймаємо, що світлокліматичні характеристики області відповідають характеристикам обласних центрів. На основі отриманих даних проводимо світлокліматичне зонування розглянутої частини території України.

*Висновки.* В результаті дослідження визначено наступне:

1. Для 16 обласних міст України розраховано середньорічне значення яскравості в зеніті, що знаходиться в межах  $4085 \div 4517$  Кд/м<sup>2</sup>.

2. Отримано графіки та табличні дані середньорічного спектрального складу сонячного випромінювання. На основі наведеної інформації розраховані світлові еквіваленти для дифузної освітленості, що дорівнюють  $0.006054 \div 0.006607$ .

3. Оскільки співвідношення горизонтальної дифузної освітленості до яскравості, змінюючись у кожному місті, залишається в одній числовій межі (0,227-0,243), для території західної частини України обрано тип небозводу № III.4 відповідно до [2].

4. Результати переведення горизонтальної дифузної освітленості з енергетичної величини до світлової  $D_v$  річ сер співставленні із розрахунковими значеннями горизонтальної

освітленості за математичною моделлю [2] з визначеним типом небозводу. Відносна похибка складає  $0,16 \div 4,20$  %, що свідчить про вірогідність обрання типу небозводу для розглянутої території.

5. На основі даних запропонована суміщена карта світло-кліматичного районування західної частини території України за показником «горизонтальна дифузна освітленість / яскравість в зеніті».

6. Подальші дослідження будуть спрямовані на екстраполяцію отриманих результатів на всю територію України та уточнення нормативного світлокліматичного районування території України і методики розрахунку природного освітлення приміщень.

#### Література

1. CIE S 011/E:2003 (ISO 15469:2004(E)). «Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky».
2. ДСТУ ISO 15469:2008. «Розподіл яскравості денного світла просторовий. Стандартне хмарне та безхмарне небо згідно з CIE (ISO 15469:2004, IDT)».
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія».
4. Ng E. Defining standard skies for Hong Kong. / E. Ng, V. Cheng, A. Gadi, J. Mu, M. Lee, A. Gadi // Building and Environment. – 2007. Vol. 42. – pp. 866-876.
5. Piderit M. Definition of the CIE standard skies and application of the HDRI technique to characterize the spatial distribution of daylight in Chile. / M.B. Piderit, C. Cauwerts, M. Diaz // Journal of Construction. – 2014. Vol.13. – pp. 22-30.
6. Wittkopf S. Analysing sky luminance scans and predicting frequent sky patterns in Singapore. / S. Wittkopf, L. Soon. // Lighting research and technology. – 2007. Vol. 39. – pp. 31-51.
7. Радомцев Д.О. Визначення типів небосхилів для м. Києва на основі ДСТУ ISO 15469:2008. / Д.О. Радомцев // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – 2015. Вип. 7. – С. 248-261.
8. Kittler R. A set of standard skies characterizing daylight conditions for computer and energy conscious design. Final report of the U.S.-Slovak Grant project US-SK 92 052. / R. Kittler, R. Perez, S. Darula – Bratislava.: Polygrafia, 1998. – 54pp.
9. Гусев Н.М. Основы строительной физики. / Н.М. Гусев. – М.: Стройиздат, 1975. – 440с.
10. Satellight. The European database of daylight and solar radiation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.satel-light.com/core.htm>.

11. *Сергейчук О.В.* Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: дис. ...доктора технічних наук: 05.01.01 / Сергейчук Олег Васильович. – Київ, 2008. – 425с.
12. Reference solar spectra irradiance. National renewable energy laboratory spectral solar radiation database [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am1.5.htm>.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ НЕБОСВОДОВ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ  
ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ УКРАИНЫ СОГЛАСНО ДСТУ ISO  
15469:2008 «РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРКОСТИ ДНЕВНОГО СВЕТА»**

Д.А. Радомцев

*Аннотация* – на базе ДСТУ-Н Б.В.1.1-27:2010 «Строительная климатология» и спутниковых данных проведён анализ свето-климатических характеристик территории западной части Украины для дальнейшего определения присущих данной местности стандартизированных типов небосводов по ДСТУ ISO 15469:2008 «Распределение яркости дневного света».

**DEFINING OF SKY TYPES FOR THE WESTERN PART OF  
UKRAINE BASING ON DSTU ISO 15469:2008 (CIE S 011/E:2003)  
«SPATIAL DISTRIBUTION OF DAYLIGHT – CIE STANDARD  
GENERAL SKY»**

D. Radomtsev

*Summary*

Basing on DSTU-N B V.1.1-27:2010 «Building climatology» and satellite data was done an analysis light-climatology conditions of the western part territory of Ukraine for the subsequent defining of inherent standard sky types by DSTU ISO 15469:2008 (CIE S 011/E:2003).