

## СПЕЦИФІКА НОРМУВАННЯ БАЗОВОЇ ШВИДКОСТІ ВІТРУ НА ОПОРИ ЗВ'ЯЗКУ У ПРОВІДНИХ СТАНДАРТАХ СВІТУ

У статті описуються особливості нормування базової швидкості вітру в провідних стандартах світу. Виконано системне зіставлення різних підходів та проаналізована їх узгодженість із національними будівельними нормами ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи".

**Ключові слова:** норми проектування, базова швидкість вітру, період повторюваності, період осереднення, середня швидкість вітру.

В статті описуються особенности нормирования базовой скорости ветра в ведущих стандартах мира. Выполнено системное сопоставление разных подходов и проанализирована их согласованность с национальными строительными нормами ДБН В.1.2-2:2006 "Нагрузки и воздействия".

**Ключевые слова:** нормы проектирования, базовая скорость ветра, период повторяемости, период осреднения, средняя скорость ветра.

In this article codification features of basic wind velocity in main codes of the World are described. Comparison of different approaches is executed and coordination of these approaches with national building codes ДБН В.1.2-2:2006 "Loads and influences" is analyzed.

**Key words:** design code, base wind velocity, return period, average interval, mean wind velocity.

**Постановка проблеми.** Основою для нормування вітрового навантаження на опори зв'язку є швидкість вітру  $U_b$ , виміряна на стандартній висоті встановлення анемометра на відкритій рівнинній місцевості при заданому інтервалі осереднення  $\Delta t$ . Згідно з вимогами Світової організації метеорології (СОМ) в якості стандартної прийнята висота, що дорівнює десяти метрам. Рекомендацій щодо вибору стандартного періоду осереднення швидкості вітру СОМ не надає, а тому в нормативних документах різних країн світу  $\Delta t$  штучно набуває трьох найпоширеніших значень:  $\Delta t = 3\text{ с}$ ,  $\Delta t = 10\text{ хв} = 600\text{ с}$ ,  $\Delta t = 1\text{ год} = 3600\text{ с}$ . Крім цього, слід пам'ятати, що швидкість вітру первинно є випадковою функцією часу  $U(t)$ , а тому детерміновану величину  $U_b$  необхідно визначати як величину, яка перевищується функцією  $U(t)$  в середньому в  $T_{b,R}$  років. Інтервал часу  $T_{b,R}$  прийнято називати базовим середнім періодом повторюваності швидкості вітру  $U_b$ , а саму швидкість  $U_b$  – базовою швидкістю вітру (в нормах країн світу для швидкості  $U_b$  можна зустріти також назви "нормативна", "характеристична", "фундаментальна" і т.п., однак ми будемо використовувати термін "базова", який, на наш погляд, чітко й однозначно розкриває зміст величини  $U_b$ ). Таким чином, базова швидкість вітру  $U_b$  – це величина, отримана на основі експериментальних метеодосліджень при штучно вибраному періоді осереднення  $\Delta t$  та періоді повторюваності  $T_{b,R}$ .

**Аналіз останніх досліджень і виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Питання узгодженості світових норм проектування в галузі вітрових впливів на опори зв'язку досліджуються

доволі рідко, а тому до піонерних і водночас останніх робіт цього напрямку можна віднести наші розробки [3 – 5].

**Формулювання цілей статті.** У даній роботі пропонується розглянути як величини  $U_b$ ,  $\Delta t$  та  $T_{b,R}$ , представлені й пов'язані у нормативних документах різних країн світу, а також проаналізувати, які значення цих величин можна вважати оптимальними. При цьому специфіку нормування базової швидкості вітру розкриємо на прикладі семи стандартів світу: російського СНиП [1], українського ДБН [6], європейського Eurocode [7], північноамериканського ASCE [8], британського BS [9], міжнародного ISO [10] та японського AIJ RLB [11].

**1. Норми Російської Федерації СНиП 2.01.07-85 [1].** У російському СНиП в якості базової прийнята швидкість вітру  $U_b$ , отримана за максимальними швидкостями вітру, можливими один раз у п'ять років при десятихвилинному періоді осереднення, тобто  $\Delta t = 600\text{с}$ ,  $T_{b,R} = 5$  років.

**2. Загальноєвропейські норми EN 1991-1-4:2004 [7].** У нормах об'єднаної Європи базова швидкість вітру  $U_b$  визначається при десятихвилинному періоді осереднення та базовому періоді повторюваності  $T_{b,R} = 50$  років. За належного обґрунтування величина  $U_b$  може бути уточнена за допомогою коефіцієнтів напрямку  $C_{dir}$  та сезонності  $C_{season}$  (хоча у нинішній редакції Eurocode [7] ці коефіцієнти покладені рівними одиниці). За необхідності врахування іншого періоду повторюваності  $T_R$  базову швидкість вітру слід помножити на коефіцієнт імовірності  $C_{prob}$ , що визначається за формулою

$$C_{prob} = \left( \frac{1 - K \cdot \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]}{1 - K \cdot \ln[-\ln(1 - 1/T_{b,R})]} \right)^n, \quad (1)$$

де параметри  $n$  та  $K$  приймають постійні значення 0.2 та 0.5.

В основі формули (1) лежить послідовність максимальних значень, зокрема перший екстремальний розподіл Гумбеля [3]. При цьому, внаслідок нелінійного співвідношення Бернуллі, необхідно розглядати максимуми не швидкості вітру, а швидкісного напору. Згідно з теорією екстремумів, якщо є вибірка річних максимумів за швидкісним напором вітру з математичним сподіванням  $M$  і стандартом  $S$ , то завжди можна оцінити параметри розподілу Гумбеля  $\alpha = M - 0.45 \cdot S$  та  $\beta = 0.78 \cdot S$ , а через них – значення швидкісного напору заданого періоду повторюваності

$$w_b(T_R) = \alpha - \beta \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 + \frac{\tau}{T_R} \cdot \ln P \right) \right], \quad (2)$$

де  $\tau$  – періодичність вибірки максимумів (приймається на основі наявних експериментальних даних, але у більшості випадків  $\tau = 1$  рік);

$P$  – забезпеченість швидкісного напору вітру, тобто ймовірність того, що швидкісний напір інтенсивністю  $w_b(T_R)$  із періодом повторюваності  $T_R$  жодного разу не реалізується за період  $T_{ef}$ ,

$$P = (1 - 1/T_R)^{T_{ef}}. \quad (3)$$

При нормуванні ймовірності  $P$ , тобто при оцінюванні її базового значення  $P_b$ , приймається  $T_{ef} = T_R$  при  $T_R \rightarrow \infty$ . Тоді для  $P_b$  будемо мати

$$P_b = \lim_{T_R \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^{T_R} = \frac{1}{\exp(1)} \approx 0.368. \quad (4)$$

З урахуванням зазначених зауважень формула (2) виглядатиме так:

$$w_b(T_R) = \alpha \cdot \{1 - K \cdot \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]\}, \quad (5)$$

де безрозмірний параметр  $K$  набуває наступного змісту:

$$K = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{0.78 \cdot V_{\max}}{1 - 0.45 \cdot V_{\max}}. \quad (6)$$

Якщо вираз (5) записати для іншого періоду повторюваності, наприклад для  $T_{b,R}$ , а потім за допомогою формули Бернуллі перейти до співвідношення швидкостей вітру різного періоду повторюваності, то отримаємо формулу (1). Відмітимо, що параметр  $K$  у цьому виразі не константа, як це видно з формули (6), а є функцією коефіцієнта варіації  $V_{\max}$  вибірки максимумів швидкісного напору вітру за інтервал часу  $\tau$  (в нашому випадку 1 рік). Рекомендоване нормами [7] значення  $K = 0.2$  відповідає приблизно  $V_{\max} = 0.23$ , яке (мабуть) із запасом покриває дані за всіма метеостанціями країн, що входять до системи стандартизації Eurocode. Заради цікавості відмітимо, що для території України, за даними роботи [3], коефіцієнт варіації річних максимумів знаходиться в межах  $V_{\max} = 0.5 \div 0.75$ , що відповідає значенням  $K = 0.5 \div 0.9$ . Зіставлення коефіцієнтів імовірностей  $C_{prob}$  при різних значеннях коефіцієнта  $K$  і при  $T_{b,R} = 50$  років виконано на рис. 1, на який також нанесені вказівки вітчизняних норм [6] у вигляді  $\gamma_{fm}^{1/2}$ , що відповідає коефіцієнту  $C_{prob}$ .

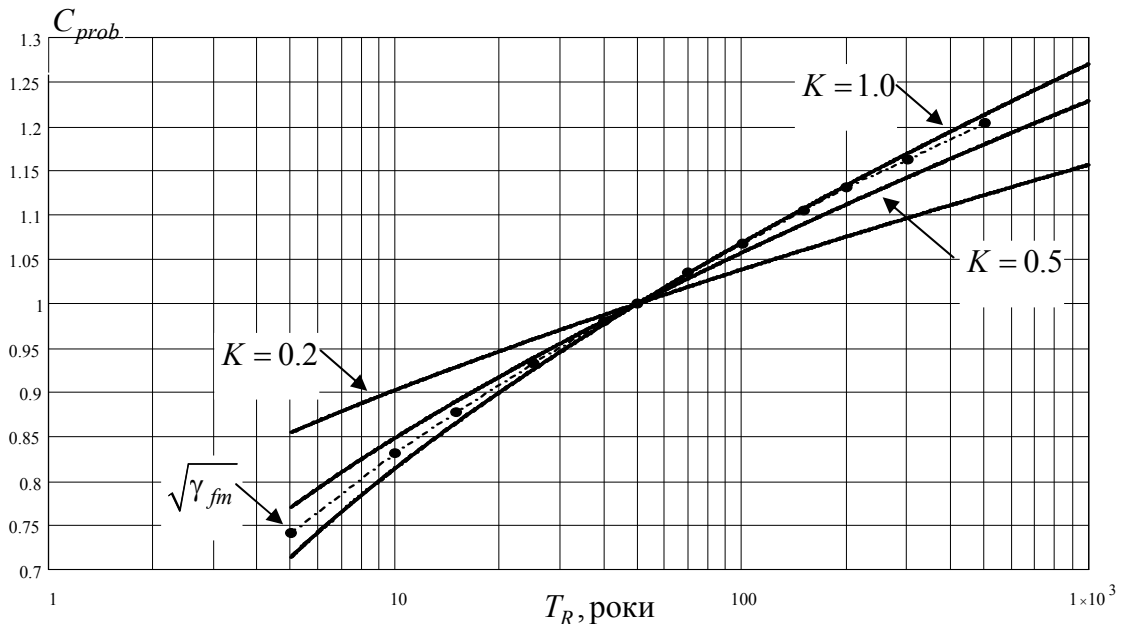


Рисунок 1 – Залежності коефіцієнта ймовірності від середнього періоду повторюваності швидкості вітру при  $T_{b,R} = 50$  років

Із рисунка видно, що криві  $C_{prob}(T_R)$  при  $K=0.2$  відіграють роль верхньої оцінки коефіцієнта ймовірності, якщо  $T_R < T_{b,R}$ , і роль нижньої, якщо  $T_R > T_{b,R}$ . Для кривих  $C_{prob}(T_R)$  при  $K=1.0$  ситуація діаметрально

протилежна: нижня оцінка коефіцієнта ймовірності при  $T_R < T_{b,R}$  та верхня при  $T_R > T_{b,R}$ . Тобто якщо для деяких регіонів об'єднаної Європи коефіцієнт варіації річних максимумів перевищує 0.23, то рекомендації EN 1991-1-4:2004 можуть бути джерелом недооцінки (переоцінки) базової швидкості вітру. На нашу думку, набагато доцільніше було або навести у тексті Eurocode вираз (6) із районуванням території Європи по коефіцієнту  $V_{max}$ , або в запас надійності запропонувати для  $C_{prob}$  білінійну залежність: при  $T_R < T_{b,R}$  крива  $C_{prob}(T_R)$  із  $K = 0.2$ , при  $T_R > T_{b,R}$  – крива  $C_{prob}(T_R)$  із  $K = 1.0$ . Що стосується вказівок вітчизняного ДБН В.1.2-2:2006, то вони приблизно відповідають значенню  $K \approx 0.75$ , хоча для випадків  $T_R > T_{b,R}$  майже збігаються з кривою  $C_{prob}(T_R)$  при  $K = 1.0$ .

**3. Норми США ASCE 7-05 [8].** Базова швидкість вітру в північно-американських нормах визначається при трисекундному періоді осереднення для базового середнього періоду повторюваності  $T_{b,R} = 50$  років. На відміну він загальноєвропейських норм, стандарт ASCE 7-05 явно не передбачає формульної або табличної форми перерахунку швидкості  $U_b$  для іншого періоду повторюваності, але дає змогу корегувати значення  $U_b$  шляхом множення останньої на коефіцієнти напрямку  $C_{dir}$  та відповідальності  $C_{Im}$ . Відмітимо також, що в ASCE 7-05 для коефіцієнтів напрямку й відповідальності використовуються відповідно позначення  $K_d$  та  $I$ , які вводяться до швидкісного напору вітру. Однак для збереження однакових позначень у роботі ми будемо користуватися позначеннями  $C_{dir}$  і  $C_{Im}$ , при цьому очевидно, що  $C_{dir} = K_d^{1/2}$ ,  $C_{Im} = I^{1/2}$ .

Коефіцієнт напрямку  $C_{dir}$  враховує два ефекти: знижену ймовірність появи максимальних вітрів різного напрямку та знижену ймовірність реалізації максимального значення аеродинамічного коефіцієнта на поверхні споруди. Слід відмітити, що у попередніх редакціях норм ASCE 7 поняття "коефіцієнт напрямку" було відсутнє, а його вплив на формування базової швидкості вітру враховувався при нормуванні коефіцієнта надійності за навантаженням. Однак у редакції норм США 2005 року Оперативний комітет США з вітрових впливів (ОКСВВ) прийняв рішення щодо окремого нормування коефіцієнта напрямку. Це було зроблено суто з методологічних міркувань. Для ґратчастих башт і щогл квадратної, прямокутної та трикутної форми в плані коефіцієнти дорівнюють:  $C_{dir} = 0.922$  ( $K_d = 0.85$ ), для опор іншої форми в плані –  $C_{dir} = 0.975$  ( $K_d = 0.95$ ). До речі, для всіх інших типів будівельних об'єктів коефіцієнт напрямку дорівнює  $C_{dir} = 0.922$  ( $K_d = 0.85$ ), за винятком димових труб і резервуарів.

Коефіцієнт відповідальності  $C_{Im}$  призначений для регулювання надійності будівельних об'єктів залежно від категорії їх соціальної значимості. У нормах ASCE 7-05 передбачено чотири таких класи, наведених у табл. 1 із числовими значеннями коефіцієнтів  $K_d$  та  $I$ .

**Таблиця 1 – Нормування коефіцієнтів  $K_d$  та  $I$  у нормах США ASCE 7-05**

Опис категорій будівельних об'єктів	Категорія	Регіони з малою ймовірністю появи торнадо, штат Аляска і регіони зі швидкістю торнадо 38 – 44.7 м/с	Регіони зі швидкістю торнадо, більшою ніж 44.7 м/с

		$C_{Im}$	$K_d$	$C_{Im}$	$K_d$
Будівлі й споруди, можлива ава-рія яких не являє загрози для життя і здоров'я людей	I	0.933	0.87	0.877	0.77
Будівлі й споруди, що не належать до класів I, III та IV	II	1.0			
Будівлі й споруди, руйнування яких пов'язане із загрозою для життя і здоров'я людей	III	1.073	1.15	1.073	1.15
Будівлі й споруди важливого соціально-економічного значення	IV				

Слід відмітити, що коефіцієнт відповідальності  $C_{Im}$  у нормах США по суті асоціюється із середнім періодом повторюваності  $T_R$  базової швидкості вітру. Так, значення  $C_{Im} = 0.933$  та  $C_{Im} = 0.877$  відповідають періоду повторюваності  $T_R = 25$  років, значення  $C_{Im} = 1.073$  – періоду повторюваності  $T_R = 100$  років, відповідно  $C_{Im} = 1.0$  пов'язується з базовим періодом повторюваності  $T_{b,R} = 50$  років. На перший погляд між коефіцієнтами  $C_{prob}$  та  $C_{Im}$  можна поставити знак тотожності, тому що вони обидва приводять базову швидкість вітру до заданого періоду повторюваності. Однак це не так. Перший із коефіцієнтів  $C_{prob}$  нормується тільки на основі максимумів швидкості вітру і відображає відомий постулат, що чим більший час спостереження за швидкістю вітру, тим більшим буде її базове значення. Другий коефіцієнт, крім зазначених положень, додатково робить предметом розгляду соціальну прерогативу будівельного об'єкта, а тому при нормуванні використовує не тільки статистику екстремальних значень, але й теорію надійності та оптимізаційну теорію актуарних ризиків. Цей підхід, звичайно, є правильним і прогресивним, але відносно простих, переважно стрижневих систем, до яких, наприклад, належать опори зв'язку. У більшості випадків, коли справа стосується складних споруд, практично надзвичайно важко (якщо взагалі можливо) оцінити на основі теорії надійності й теорії ризиків правомірність базових швидкостей вітру і коефіцієнтів, подібних  $C_{Im}$ . На нашу думку, хоча б із методологічної точки зору слід чітко розмежовувати питання нормування навантажень та рівні соціальної значимості споруд, на які вони діють. Відносно стандарту ASCE це можна зрозуміти так: коефіцієнт  $C_{Im}$  слід було б виразити через добуток двох коефіцієнтів, один з яких нормувався б із позицій статистики екстремальних значень, а інший – на основі методів теорії надійності й актуарних ризиків.

**4. Міжнародний стандарт ISO 4354:2009 [9].** Даний стандарт передбачає нормування двох базових швидкостей вітру, що відповідають періодам осереднення  $\Delta t = 3$  с та  $\Delta t = 600$  с. При цьому не робиться застережень щодо базового періоду повторюваності  $T_{b,R}$  таких швидкостей вітру, але наводиться взаємозв'язок періоду повторюваності базової швидкості вітру з рівнем надійності, якому повинна відповідати споруда при її розрахунку на вітрові впливи (див. табл. 2). Очевидно, що цей підхід має асоціативний характер із коефіцієнтом  $C_{Im}$  в американському стандарті ASCE 7-05, а тому має як переваги, так і недоліки, роз'яснення котрих наведено вище.

**5. Норми Великобританії BS 8100 [10].** Норми Великобританії для базової швидкості вітру регламентують годинний період осереднення та п'ятдесятилітній період повторюваності. Як і норми Eurocode, вони передбачають можливість використання коефіцієнтів напрямку  $C_{dir}$  та сезонності  $C_{season}$ , але коефіцієнту ймовірності  $C_{prob}$  протиставляють коефіцієнт безпеки  $\gamma_v$ , який, на нашу думку, методологічно більш

виправданий, ніж коефіцієнт  $C_{Im}$  в нормах ASCE. Коефіцієнт  $\gamma_v$  враховує, по-перше, потенційний ризик від відмови опори зв'язку для заданої місцевості (називатимемо таку характеристику соціальною категорією опори), по-друге, економічні наслідки відмови опори для певної територіальної громади (для цього використовуватимемо термін "економічна категорія опори"). Соціальна категорія вибирається залежно від місця зведення опори: безлюдна рівнинна місцевість, населений пункт, майдан-чик довкола автомобільної чи залізничної дороги, велике місто і т.п. Економічна категорія призначається, виходячи із ступеня ризику для життя й здоров'я людей та функціонального призначення опори (наприклад, одна опора необхідна для розміщення двох, трьох антен стандарту GSM у сільській місцевості, друга використовується у якості базової станції декількох операторів мобільного зв'язку в приміській зоні, а третя взагалі є опорою ОРТЩ у місті). Економічні наслідки відмови оцінюються в нормах BS 8100 [10] величиною  $g$  як відношення збитків від відмови опори до її початкової вартості. Цікаво відмітити, що у вітчизняній літературі величину  $g$  прийнято називати параметром економічних збитків [2]. Визначені таким чином соціальна та економічна категорії дають змогу оцінити коефіцієнт безпеки  $\gamma_v$ . При цьому точність, з якою буде виконана оцінка коефіцієнта  $\gamma_v$ , безпосередньо залежить від точності визначення величини  $g$ . Якщо для  $g$  вдається отримати лише інтервальну оцінку, то коефіцієнт безпеки також змінюватиметься у деякому інтервалі, ширина якого визначатиметься "мірою незнання" параметра економічних збитків. У цьому випадку остаточне прийняття рішення щодо кількісного оцінювання коефіцієнта  $\gamma_v$  покладається на досвід та сумління інженера.

**Таблиця 2 – Рівні відповідальності будівельних об'єктів згідно зі стандартом ISO 4354**

Рівень відповідальності	Будівлі та споруди даного типу	Мінімальна ймовірність відмови	$T_{b,R}$ , роки
1	Будівлі й споруди, відмова яких пов'язана з низьким ризиком для життя і здоров'я людей	$2.3 \times 10^{-2}$	200
2	Будівлі й споруди, що не належать до рівнів 1, 3, 4	$3.1 \times 10^{-3}$	500
3	Будівлі й споруди, відмова яких пов'язана із загрозою загибелі великої кількості людей	$3.7 \times 10^{-4}$	1000
4	Споруди, що мають велике соціально-побутове значення або пов'язані з небезпечним виробництвом	$4.2 \times 10^{-5}$	2000

**6. Японські норми AIJ RLB:2004 [11].** Настанови Японського інституту архітектури пов'язують базову швидкість вітру  $U_b$  із десятихвилинним періодом осереднення та періодом повторюваності  $T_{b,R} = 100$  років. При цьому, як і норми Eurocode, вони надають можливість скорегувати значення  $U_b$  коефіцієнтами напрямку  $C_{dir}$  (позначення AIJ  $k_D$ ) і середнього періоду повторюваності  $k_{rW}$ . Останній визначається на основі статистики екстремальних значень, зокрема першого розподілу Гумбеля,

$$k_{rW} = 0.63 \cdot (\lambda_U - 1) \cdot \ln T_R - 2.9 \cdot \lambda_U + 3.9, \quad (7)$$

де  $\lambda_U = U_b(T_R = 500) / U_b(T_{b,R} = 100)$  – відношення базової швидкості вітру, визначеної для періоду повторюваності  $T_R = 500$  років, до базової швидкості вітру, тобто швидкості вітру при базовому періоді повторюваності  $T_{b,R} = 100$  років (для обох швидкостей норми AIJ RLB:2004 мають спеціально розроблені карти районування).

На рис. 2 наведена графічна інтерпретація виразу (7) при практично важливих значеннях  $\lambda_U = 1.0 \div 1.2$ . Крім цього, на графік були нанесені рекомендації загальноєвропейських [7] та державних [6] норм із врахування середнього періоду повторюваності. Із рисунка видно, що коефіцієнти  $k_{rW}$  та  $C_{prob}$ ,  $\gamma_{fm}^{1/2}$  мають не тільки різну кількісну оцінку, але й різний характер кривих, хоча при нормуванні всіх коефіцієнтів використовується один і той же перший екстремальний розподіл Гумбеля. Щоб оцінити величину відмінності між  $k_{rW}$  та  $C_{prob}$ ,  $\gamma_{fm}^{1/2}$ , знайдемо відношення  $\lambda_U$  для норм [6, 7]: у ДБН  $\lambda_U \approx 1.127$ , у Eurocode  $\lambda_U \approx 1.08$ . Аналіз даних рис. 2 показує, що, незважаючи на різницю підходів до нормування коефіцієнтів  $k_{rW}$  та  $C_{prob}$ ,  $\gamma_{fm}^{1/2}$ , в межах  $T_R = 10 \div 200$  років відмінність між ними рідко перевищуватиме 5%. Отже, і на величину розрахункової швидкості вітру ця обставина буде мало впливати.

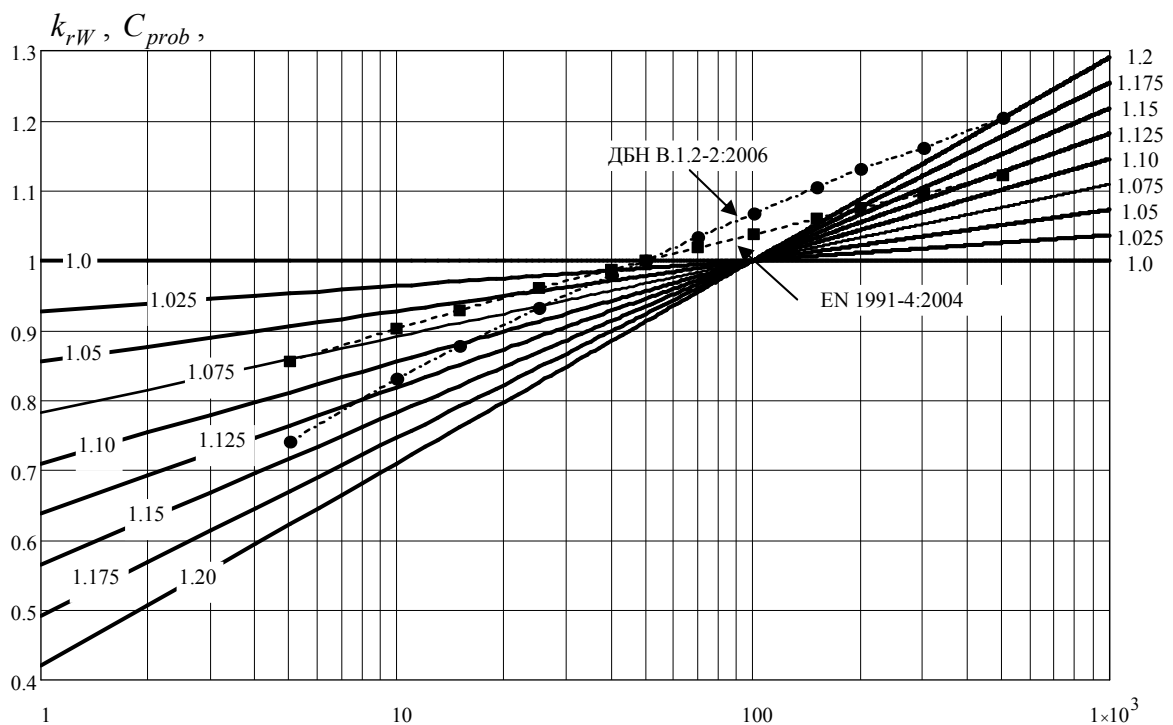


Рисунок 2 – Графічна інтерпретація коефіцієнта  $k_{rW}$  та його порівняння з коефіцієнтами  $C_{prob}$  і  $\gamma_{fm}^{1/2}$  (цифрами вказані значення  $\lambda_U$ )

**Висновки.** На сьогоднішній день практика нормування базової швидкості вітру на опори зв'язку отримала вагомий багатогранний розвиток. Однак кожний стандарт має свої методологічні особливості призначення розрахункових значень величин  $U_b$ ,  $\Delta t$  та  $T_{b,R}$ , які обов'язково слід урахувувати при гармонізації вітчизняних і закордонних стандартів.

#### Література

1. Нагрузки и воздействия : СНиП 2.01.07-85. – [Действующий от 1987-01-01]. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 36 с.
2. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Изд-во УкрНИИПроектстальконструкция, 2000. – 216 с.
3. Пичугин С.Ф. Ветровая нагрузка на строительные конструкции / С.Ф. Пичугин, А.В. Махинько. – Полтава : АСМІ, 2005. – 342 с.

4. Пичугин С.Ф. О принципах нормирования ветровых нагрузок в Eurocode 1 «Action on structures» и СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» / С.Ф. Пичугин, А.В. Махінько // *Современные строительные конструкции из металла и древесины* : сб. науч. тр. – Одесса : ОГАСА, 2007. – Ч.1. – С.152 – 164.
5. Пичугин С.Ф. Сравнительная характеристика основных параметров ветровой нагрузки на опоры связи в отечественной и зарубежной практике / С.Ф. Пичугин, А.В. Махінько // *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. – ОДАБА, 2009. – Вип.33. – С. 126 – 134.
6. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Сталь, 2006. – 120 с.
7. *Actions on Structures. Part 1-4. General actions – Wind Actions : Eurocode 1.* – Brussels, Belgium : CEN, 2004. – 155 p.
8. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures : ASCE 7-05.* – [2006-01-01]. – Virginia, USA : American Society of Civil Engineers. – 419 p.
9. *Wind Actions on Structures : ISO 4354:2009.* – [2009-06-04]. – Geneva, Switzerland : International Organization for Standardization, 2009. – 68 p.
10. *Lattice Towers and Masts. Part 4. Code of practice for loading of guyed masts : BS 8100-4:1995.* – [2003-04-08]. – London, England : British Standards Institution. – 88 p.
11. *AIJ Recommendations for Loads on Buildings.* – [2004-09-01]. – : Tokyo, Japan : Architectural Institute of Japan. – 192 p.

Надійшла до редакції 20.04. 2010

© А.В. Махінько