



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

N1, ТОМ 13 (2007) 33-43

УДК.624.042

(07)-0130-0

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ З УРАХУВАННЯМ ТОПОГРАФІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МІСЦЕВОСТІ

С.В. Турбін

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державина 2, 86123, м. Макіївка, Україна.*

E-mail: sergey@icm.dn.ua

Отримана 8 січня 2007; прийнята 15 січня 2007

Анотація. В статті розглядаються принципи побудови проекту нормативного документу Міністерства палива та енергетики України “Кліматичні навантаження на повітряні лінії електропередавання з урахуванням топографічних особливостей. Методика визначення”. Цей нормативний документ (НД) містить основні положення з визначення впливу на ожеледно-вітрові навантаження особливостей природних умов місцевості, доцільність урахування яких передбачена в главі 2.5 ПУЕ:2006 [1]. В НД врахований досвід Міжнародної робочої групи WG16 “Метеорологія для повітряних ліній електропередавання” комітету В2 “Повітряні лінії” СИГРЕ (Міжнародної комісії з великих електроенергетичних систем), а саме проект НД “Guidelines for evaluating special topographical effects in determining wind speed for design of overhead lines in local terrain”, виконаний аналіз закордонних нормативів, таких як Eurocode [2], нормативні документи США [3], Канади [4], Японії [5], Норвегії [6], Австралії [7], а також принципи, покладені в основу нових українських ДБН “Навантаження та впливи” [8].

Ключові слова: повітряна лінія, кліматичні навантаження, нормування, топографічні особливості місцевості.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ С УЧЕТОМ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕСТНОСТИ

С.В. Турбин

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.*

E-mail: sergey@icm.dn.ua

Получена 8 января 2007; принята 15 января 2007

Аннотация. В статье рассмотрены принципы построения проекта нормативного документа Министерства топлива и энергетики Украины “Климатические нагрузки на воздушные линии электропередачи с учетом топографических особенностей местности. Методика определения”. Данный нормативный документ содержит основные положения по определению влияния на гололедно-ветровые нагрузки топографических особенностей прилегающей местности, необходимость учета которых определена в главе 2.5 ПУЭ:2006. В нормативном документе учтен опыт Международной рабочей группы WG16 “Метеорология для воздушных линий электропередачи” комитета В2 “Воздушные линии” СИГРЕ (Международной комиссии по большим электроэнергетическим системам), а именно проект НД “Guidelines for evaluating special topographical effects in determining wind speed for design of overhead

lines in local terrain”, проведен анализ международных нормативов, таких как Eurocode, нормативные документы США, Канады, Японии, Норвегии, Австралии, а также принципы, которые положены в основу новых украинских ДБН “Нагрузки и воздействия”.

Ключевые слова: воздушная линия, климатические нагрузки, нормирование, топографические особенности местности.

PERFECTING THE METHODS OF DETERMINING CLIMATIC LOADS ON OVERHEAD TRANSMISSION LINES ADJUSTED FOR LOCAL TOPOGRAPHIC PECULIARITIE

S.V. Turbin

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
Derzavin str. 2, 86123, Makeyevka, Ukraine.
E-mail: sergey@icm.dn.ua*

Received 8 January 2007; accepted 15 January 2007

Abstract. The article is devoted to the principles of designing the normative document of the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine “Climatic Loads on Overhead Transmission Power Lines Adjusted for Topographical Peculiarities. Determination Methods”. This normative document comprises the basic principles of determining the influence of topographic peculiarities on icing-wind loads, as described in the document mentioned. The normative document also takes into account the experience of the International working group WG16 “Meteorology for Overhead Power Lines” of the Committee B2 “Overhead Lines” of the SIGRE (an International Council on Large Electric Systems), namely the normative document “Guidelines for Evaluating Special Topographical Effects in Determining Wind Speed for Design of Overhead Lines in Local Terrain”. The international norms and codes, such as Eurocode, the normative documents of the USA, Canada, Japan, Norway, Australia, as well as the principles taken as the principle for new Ukrainian Building codes “Loads and Influences”.

Keywords: overhead power lines, climatic loads, norms and codes, topographical effects.

Вступ

До цього часу нормативні документи колишнього СРСР та України не враховували вплив топографічних умов місцевості на кліматичні навантаження, за винятком енергетичної галузі, де існуючі рекомендації [9] враховували деякі принципи визначення базових залежностей зміни вітрового тиску та ваги ожеледі від макрокліматичних та мезокліматичних умов топографії. Але ж більшість закордонних нормативів враховують ці залежності. Значна кількість відмов повітряних ліній та значні підвищення впливів, розраховані за [2-8] в порівнянні з рівною місцевістю підтверджують необхідність врахування топографічних особливостей при проектуванні.

При розробці глави 2.5 ПУЕ:2006 в результаті проведених досліджень були розроблені

принципи методик з урахування топографії, які базуються на існуючих закордонних та міжнародних нормативних документах, існуючій нормативній базі та результатах власних досліджень. Складовими частинами НД стали наступні розділи:

- типізація форм рельєфу для визначення висотних залежностей та локальних кліматичних умов за даними метеостанцій;
- визначення кліматичних навантажень на ПЛ в гірській місцевості;
- визначення впливу локальних властивостей місцевості на вітрові навантаження.

Положення НД належить використовувати при проектуванні та інжинірингових роботах (в перше чергу при роботах, які пов'язані з обстеженнями та визначенням остаточного ресурсу) на ПЛ напругою 110-750 кВ (ЗКБ-4КБ), які

Таблиця 1. Основні характеристики рельєфу місцевості.

Рельєф	h , м	Δh , м	l , км	α , град
Макрорельєф	0-500	0-500	50-100	< 1
Мезорельєф	0-500	0-500	3-50	1 - 3
Мікрорельєф	0-500	100	0-3	> 3

розташовані у гірській та горбкуватій місцевості, або якщо ділянки ПЛ проходять по локальних височинах з крутими схилами, чи біля існуючих інженерних споруд, які безпосередньо впливають на кліматичні навантаження (греблі і водоскиди, ставки-охолоджувачі, смуги суцільної забудови тощо). Положення Методики є обов'язковими при проектуванні перехідних, транспозиційних та інших опор висотою понад 40 м від рівня землі.

Визначення залежності кліматичних навантажень від висоти місця розташування

Залежність кліматичних навантажень від висоти місцевості над рівнем моря, а також над локальними височинами не викликає деяких сумнівів. Однак практично визначити ці залежності досить складно. Тому для інженерної практики в першу чергу були запропоновані існуючі принципи типізації форм рельєфу та наступна обробка даних метеостанцій за типовими метеостанціями.

Типізація рельєфу є допоміжний інструмент для визначення кліматичних навантажень на ПЛ, траса якої розташована у горбкуватій місцевості, якщо відмітки за профілем траси відрізняються більше ніж на 100 м на ділянках до 3 км.

Основними топографічними показниками, які застосовуються для типізації рельєфу, є:

h – абсолютна висота над рівнем моря, м;

Δh – відносна висота місцевості – перевищення найвищої відмітки досліджуваної території (типу рельєфу) над середнім рівнем найближчої рівнинної ділянки, площа якої не менша ніж площа досліджуваної території, м;

l – відстань від найвищої точки до рівнинного місця, м;

α – кут нахилу до горизонталі.

Типізація макро- та мезорельєфу проводиться згідно зі схемою, яка наведена в табл. 1.

Виділення типів і підтипів макро- і мезорельєфу проводиться на гіпсометричному бланку масштабу 1:500000. За величиною відносних перевищень (Δh) виділяються типи макрорельєфу: рівнина і височина.

Виділення підтипів макрорельєфу (навітряні, підвітряні, рівнобіжні вітру схили) здійснюється за допомогою побудови схеми розподілу схилів за експозиціями з урахуванням переважного напрямку вітру. Виділяються вісім експозицій схилів: північна, північно-західна, західна, південно-західна, південна, південно-східна, східна, північно-східна. Наприклад, при переважному східному напрямку вітру навітряним буде схил східної експозиції, підвітряним - західної.

Аналогічно виділяються підтипи мезорельєфу. На підставі проведеної типізації умов макрорельєфу будується схема типів і підтипів макрорельєфу. Після побудови карт типів і підтипів макрорельєфу необхідно врахувати екранування окремих вершин і схилів іншими височинами, що знаходяться з боку переважного напрямку вітру.

Для оцінки впливу височин, які екранують, використовується критерій екранування, що представляє собою співвідношення між перевищенням схилів і вершин однієї з височин над іншою (Δh) і відстанню між височинами S . Схил чи вершина вважаються екранованими, якщо $\Delta h \geq S/20$.

Для кожного типу (підтипу) рельєфу визначається залежність кліматичних чинників від висоти місця розташування будмайданчика. Аналіз висотних залежностей зміни кліматичних чинників з висотою необхідно робити для ожеледних навантажень та підвищення вітрового тиску. Для інших навантажень підвищенням навантаження з висотою можна знехтувати. Якщо для обраного типу або підтипу мезорельєфу неможливо виконати побудову висот-

них залежностей кліматичних чинників (якщо бракує даних метеостанцій), або коли ці залежності мають великі похибки, можливе їх укрупнення за принципом відкритості для переважного напрямку вітру. Наприклад, підтипи мікрорельєфу: вершини височин, навітряний схил, відкриті долини можна об'єднати в один підтип макрорельєфу – відкриті форми. Підвітряні схили і закриті долини об'єднуються в підтип – екрановані форми. При цьому враховується критерій екранування.

Побудова графіків залежності кліматичних навантажень за висотою проводиться з урахуванням періоду повторюваності кліматичних навантажень, які для ПЛ, що приймаються згідно з вимогами ПУЕ:2006, а для ліній, що реконструюються, – згідно з вимогами “Методичних вказівок з оцінки технічного стану повітряних ліній електропередавання напругою 35–750 кВ”. Отримані експериментальні залежності апроксимуються лінійною або експотенціальною залежністю.

При відсутності метеоданих, що характеризують переважаючі височини, для побудови графіків залежності стінки ожеледі від висоти слід використовувати наступну методику:

- а) вибирається репрезентативна метеостанція на рівнині або на навітряному боці височини. За даними цієї метеостанції розраховується вага ожеледі та товщина стінки ожеледі;
- б) визначається перевищення відміток височини, для якої необхідно розрахувати ожеледне навантаження, над рівнинною метеостанцією Δh ;
- в) обчислюється корегуючий коефіцієнт на умовах макрорельєфу – δ_0 за формулами (1) і (2) для відкритих та екранованих форм рельєфу відповідно:

$$\delta_0 = e^{-0.003\Delta h} \quad (1)$$

$$\delta_0 = 0.5e^{-0.005\Delta h} \quad (2)$$

Якщо для обраного типу або підтипу мезорельєфу висотні залежності кліматичних чинників не відповідають фізичним принципам підвищення значень навантажень з висотою (наприклад в приморських районах), висотними залежностями нехтують.

Визначення впливу топографічних особливостей місцевості на ожеледне навантаження

Розрахункове значення навантаження від ожеледі на лінійні елементи ПЛ G_{mp} , Н/м, (проводи, троси і елементи опор круглої форми з діаметром до 70 мм включно) в зазначених вище місцях обчислюють за формулою:

$$G_{mp} = k_1 \mu_1 g_{mp} \delta_0, \quad (3)$$

де k_1 , μ_1 – коефіцієнти, які враховують зміну ожеледного навантаження в залежності від висоти та діаметру проводу, які приймаються згідно з ПУЕ:2006;

g_{mp} – розрахункове значення ожеледного навантаження, Н/м, яке обчислюється за даними метеорологічних станцій або за даними спеціального кліматичного довідника;

δ_0 – коефіцієнт підвищення ожеледного навантаження в залежності від топографічних умов будмайданчика, який приймається за даними табл. 2.

Розрахункове значення навантаження від ожеледі на площинних елементах конструкцій G_{ms} , Н, (елементи опор з габаритом поперечного перерізу понад 70 мм) в зазначених вище місцях обчислюють за формулою:

$$G_{ms} = b k_2 \mu_2 \rho g A_0, \quad (4)$$

де b – товщина стінки ожеледі, мм, на площинних елементах, яка обчислюється в залежності від G_{mp} за табл. Б.1 додатка Б ПУЕ:2006;

k_2 , μ_2 , r , g , A_0 – приймаються згідно з п. 2.5.37 ПУЕ:2006.

Коефіцієнт підвищення ожеледного навантаження d_0 допускається визначати за даними табл. 2 (за відсутністю даних за формулами 1-2).

Для відрізків ПЛ, які проходять у важкодоступній місцевості, по греблях гідроелектростанцій і поблизу ставків-охолоджувачів, за відсутності даних спостережень розрахункове значення ожеледного навантаження g_{mp} , Н/м обчислюється за формулою:

$$g_{mp} = (g_p + 2) \cdot \gamma_{fG}, \text{ якщо } g_p < 20 \text{ Н/м; } \quad (5)$$

$$g_{mp} = (g_p + 5) \cdot \gamma_{fG}, \text{ якщо } g_p \geq 20 \text{ Н/м;}$$

де γ_{fG} – коефіцієнт надійності за ПУЕ:2006 або розрахований на підставі обробки даних метеостанцій;

Таблиця 2. Коефіцієнти підвищення ожеледного навантаження в залежності від топографічних умов місцевості.

Форма рельєфу	δ_0
Відкрите рівне місце	1,0
Вершини відкритих височин висотою	
більше 50 м	2,4
менше 50 м	2,0
Навітряні схили	
верхня частина	2,0
середня частина	1,2
нижня частина	1,0
Паралельні вітру схили	
верхня частина	1,8
середня частина	1,2
нижня частина	1,0
Підвітряні схили	
верхня частина	1,2
середня частина	1,0
нижня частина	1,0
Дно долин, лощовин, ярів	
що продуваються вітром	1,8
що не продуваються вітром	0,8

g_p – характеристичне значення навантаження від ожеледі, Н/м, на лінійних елементах з середнім періодом повторюваності $T = 50$ - років за п. 2.5.35 ПУЕ:2006.

Визначення ожеледно-вітрових навантажень в гірській місцевості

Сполучення навантажень для розрахунків ПЛ у гірській місцевості

Розрахунки ПЛ, що розташовані у гірській місцевості, виконують для сполучень кліматичних навантажень, зазначених у табл. 3 з урахуванням додатку Б Глави 2.5 ПУЕ:2006.

Визначення ожеледно-вітрових навантажень в гірській місцевості за даними метеостанцій, які розташовані на переважаючих гірських хребтах

Наведена нижче методика була розроблена автором безпосередньо при визначенні кліматичних навантажень на повітряну лінію електропередавання 110 кВ “Алушта – перевальне – Сімферополь”. Як свідчать результати, отримані за цією методикою уточнення кліматичних навантажень дозволяє не тільки підвищити їх

абсолютні значення, але й в деяких випадках зменшити їх.

Декілька метеостанцій України розташовані на переважаючих гірських хребтах, схили яких характеризуються різними умовами формування ожеледно-вітрових впливів. Оцінювання вибірки річних максимумів з усіх метеорологічних даних, характеризує як правило, тільки той схил, умови формування впливів на якому є найбільшими, тобто для схилу який характеризується меншими значеннями навантажень, останні не є характерними, бо істотно підвищені. Для можливості аналізу та визначення навантажень на повітряні лінії, розташовані на схилах з полегшеними умовами ожеледоутворення або вітроутворення, необхідно застосовувати методику для якої є необхідними наступні метеорологічні дані:

Ожеледні та ожеледно-вітрові навантаження:

- великий та малий діаметри ожеледі;
- тип ожеледних відкладень;
- щільність ожеледних відкладень;
- вага ожеледі;
- напрямок вітру в процесі ожеледоутворення;

Таблиця 3. Сполучення навантажень для розрахунків ПЛ у гірській місцевості.

№ п.п	Режими роботи ПЛ	Температура повітря, °С	Вітер	Ожеледь
1	Нормальний	Середньорічна* t_e за Б.7	—	—
		Найвища* t_{\max} за Б.9	—	—
		Найнижча t_{\min} за Б.8	—	—
		Мінус 5°С при висоті до 1000 м над рівнем моря, та мінус 10°С при висоті вище 1000 м	—	Розрахункове значення за 2.5.33 з урахуванням g_{pzip} за п. Б.2 , та розрахункове значення за 2.5.37 з урахуванням b_{zip} за п. Б.3
		Мінус 5°С при висоті до 1000 м над рівнем моря, та мінус 10°С при висоті вище 1000 м	Максимальний тиск за 2.5.39 та 2.5.49 , з урахуванням W_{ozip} за п. Б.4	—
		Мінус 5°С при висоті до 1000 м над рівнем моря, та мінус 10°С при висоті вище 1000 м	Під час ожеледі за 2.5.51 і 2.5.54 , з урахуванням W_{gzip} за п. Б.5	k_{cn}^{**} до розрахункового значення за 2.5.33 з урахуванням g_{pzip} за п. Б.2 , та k_{cn} від розрахункового значення за 2.5.37 з урахуванням b_{zip} за п. Б.3
2	Аварійний	Середньорічна t_e за Б.7	—	—
		Найнижча t_{\min} за Б.8	—	—
		Мінус 5°С при висоті до 1000 м над рівнем моря, та мінус 10°С при висоті вище 1000 м	—	Розрахункове значення за 2.5.33 з урахуванням g_{pzip} за п. Б.2 , та розрахункове значення за 2.5.37 з урахуванням b_{zip} за п. Б.3
3	Монтажний	Мінус 15°С	Тиск вітру на висоті 10 м над поверхнею землі 62,5 Па (швид кість вітру 10 м/с)	—

* Враховується тільки під час розрахунків проводів і тросів.

** Коефіцієнт сполучення до розрахункового значення ожеледного навантаження k_{cn} необхідно уточнювати за матеріалами багаторічних спостережень гідрометеорологічних станцій і постів спостереження гідрометеослужби та власників електромереж. За відсутністю даних k_{cn} приймається рівним 0,9.

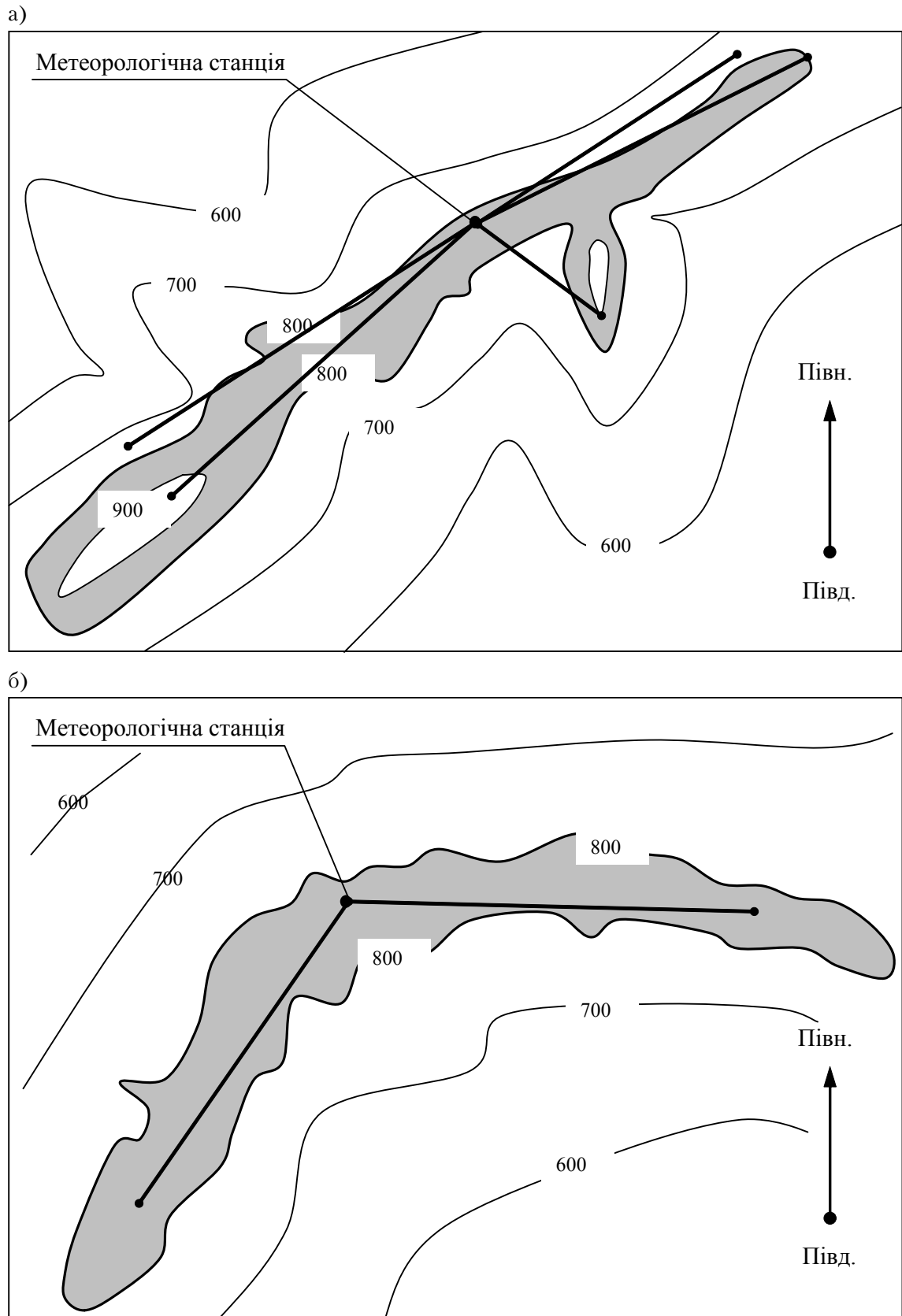


Рис. 1. Приклади розташування метеостанцій на гірському хребті.

Таблиця 4. Річні максимуми за даними метеостанції Ай-Петрі.

Роки	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Вага ожеледі за усіма напрямками, г	856	416	584	1384	784	600	576	936	496	464	440	360	824
Вага ожеледі за румбами 3-12, г	272	360	152	1312	784	224	216	802	304	272	64	152	272

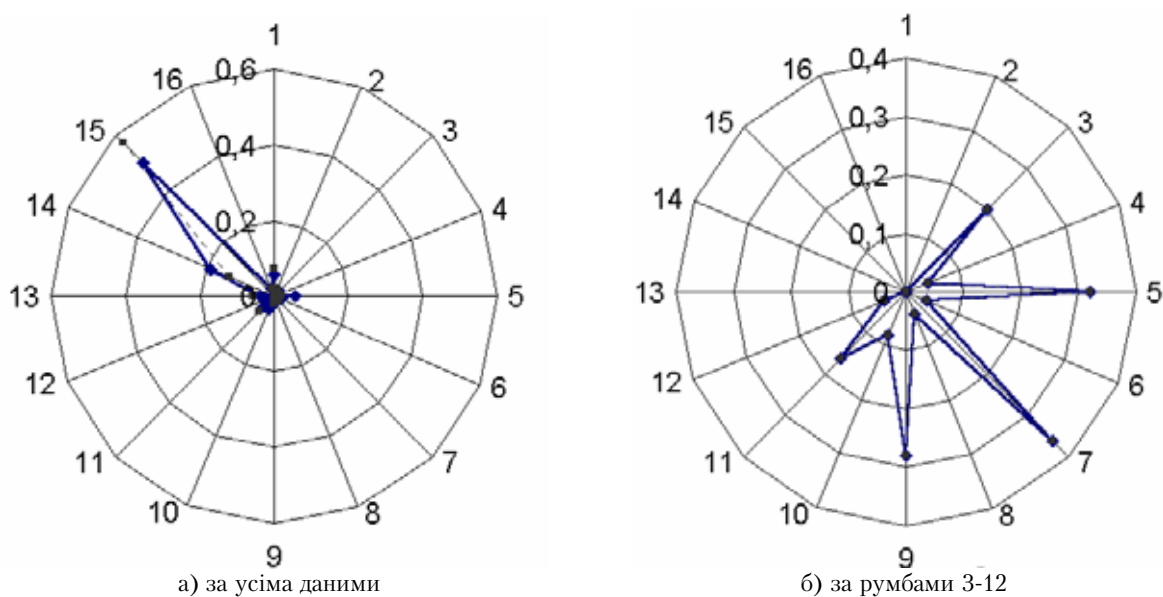


Рис. 2. Повторюваність напрямку вітру в процесі ожеледоутворення.

- швидкість вітру;
- кут закритості метеорологічної станції.

Вітрові навантаження:

- швидкість вітру;
- напрямок вітру.

Аналіз топографічних умов місця розташування метеорологічної станції полягає у наступному. По-перше, потрібно визначити необхідний сектор, за яким буде проведений аналіз. Для прикладу, наведеного на рис. 1 а) якщо виконується аналіз північних напрямків - це буде сектор "Б-А-Д", де "Б-А" та "Д-А" переважаючий напрямок гірського хребта. Для південних напрямків можливо два випадки, це сектори "Б-А-Г" та "Б-А-Д". Перший випадок (сектор "Б-А-Г") необхідно розглядати, якщо відстань "А-Г" перевищує 10 км, та будівельний майданчик розташований безпосередньо у цьому секторі на відстані не більш 20 км від метеорологічної станції та є закритим від вітрів з сектору "Г-А-Е" височиною

"Г", в протилежному випадку необхідно аналізувати сектор "Б-А-Д".

Якщо переважаючий напрямок гірського хребта визначити важко (див. Рис. 1 б), сектори проводять до найбільших височин за умови, що відстані "Б-А" та "В-А" дорівнюють 15-20 км.

Далі необхідно сформувати базовий ряд річних максимумів. Для цього визначаються румби, за якими необхідно виконати аналіз даних.

Так для прикладу, наведеного на рис. 1, а необхідно виконати аналіз за румбами 3-12, якщо будмайданчик розташований на півдні від гірської місцевості. Далі з метеорологічних даних метеостанції відбираються лише ті річні максимуми, які знаходяться між зазначеними румбами.

Наприклад, в табл. 4 наведена вибірка річних максимумів за даними метеостанції Ай-Петрі з 1980 по 1999 роки, а на рис. 2 повторюваності

Таблиця 5. Порівняння кліматичних параметрів для ваги ожеледі.

Кліматичний параметр	За усіма даними	Для румбів 3-12	Процентне відношення
Вага ожеледі, Н/м	122,13	43,8	0,36
Стінка ожеледі, мм	66,74	37,2	0,56

напрямку вітру в процесі ожеледоутворення за усіма даними, та за обраним сектором.

Результати визначення ваги ожеледі та стінки ожеледі для метеостанції Ай-Петрі наведені у табл. 5.

Визначення впливу топографічних умов місцевості на вітрове навантаження

Визначення впливу топографічних умов місцевості на вітрове навантаження є складною процедурою. Їх урахування при проектуванні та реконструкції ПЛ було обґрунтовано в роботі [10] на основі аналізу нормативів [3-7]. Але за останні шість років автор брав участь в розробці нормативів [8, 11], що дозволило обґрунтувати та значно поширити запропоновані в [10] розрахункові моделі насамперед урахуванням тривимірності топографічних особливостей та турбулентного сліду за перешкодами.

Даний розділ НД регламентує порядок визначення розрахункових вітрових навантажень, які істотно уцільнені топографічними особливостями місцевості. Ці топографічні особливості місцевості у першу чергу представлені формами пагорбів і западин, такими як високі пагорби, гори, долини, і балки (яри). Такі топографічні особливості можуть мати довжину в межах від декількох десятків метрів до декількох кілометрів.

Вимоги даного розділу належить виконувати у наступних випадках:

- ПЛ має висоту понад 40 м;
- будівельний об'єкт розташований на підвітряному схилі з ухилом понад 25°;
- будівельний об'єкт розташований на навітряному схилі при:

- 1) куті схилу пагорба (височини) більше ніж 5°;
- 2) висоті пагорба (H) більше ніж 20м незалежно від кута схилу;

Для випадку двох послідовно розташованих пагорбів при:

3) відстані між ними до $100H$, для випадку $H \leq H_0$;

4) відстані між ними до $50H$, для випадку $H > H_0$.

В залежності від характеристик місцевості локальні швидкості вітру можуть бути визначені в таких місцях, де вітрові впливи на ПЛ значно перевищуються на обмеженій ділянці, ніж уздовж усієї лінії. Це, як правило, частина рельєфу, яка обмежена домінуючими гірськими деталями, крутими обривами чи пагорбами до декількох сотень метрів над навколишньою місцевістю.

Локальні повітряні потоки послаблюються чи підсилюються відповідно до топографії. В більшості випадків зниження швидкості вітру не враховується при проведенні розрахунків ПЛ, але їх урахування дозволяє зменшити витрати на будівництво об'єкту. Сутність зазначених явищ полягає в наступному: коли повітряний потік послабляється в деяких місцях, він повинен також підсилюватися в інших місцях.

Збільшення потоків характерні для таких місць:

- гребені пагорбів;
- біля крутих зрізів, де діють сильніші повітряні потоки;
- схили пагорбів і гір («кутові ефекти»);
- у долинах чи ярах, де вітер може бути стиснутий у місцевому масштабі («ефект складення шумів»);
- вихрові (роторні) утворення за горою;
- за крутими схилами гір, де може виникнути особлива турбулентність.

У зв'язку з тим, що ПЛ мають значну протяжність, для них також необхідно розглядати такі випадки, коли швидкості вітру з підвітряного боку гори чи пагорба можуть бути значно вище, ніж з навітряного боку. Це може відбуватися на:

- а) підвітряному боці закругленого гірського хребта перпендикулярного вітровому потоку;
 б) за одиночними пагорбами з крутими схилами з навітряного боку.

Практично всі запропоновані залежності базуються на визначенні коефіцієнту рельєфу в межах відстані $|x| < kL_h$ від вершини пагорба або схилу до елемента ПЛ, що розраховується:

$$C_{rel}(z) = 1 + \Delta S_{max} \cdot \left[\frac{B/L_0}{B/L_0 + 0,4} \right] \times \left[1 - \frac{|x|}{k L_H} \right] \cdot e^{-\left(\frac{a \cdot z}{L_H} \right)}, \quad (6)$$

де ΔS_{max} – фактор збільшення швидкості вітру над локальними неоднорідностями рельєфу, $\Delta S_{max} = bH / L_h$;

x – відстань від вершини пагорба або схилу до елемента ПЛ, що розраховується;

a – понижуючий коефіцієнт для фактора збільшення швидкості вітру над локальними неоднорідностями рельєфу ΔS_{max} в залежності від висоти h ;

b, k – коефіцієнти, які залежать від форми рельєфу. При розташуванні ПЛ з навітряного боку пагорба чи схилу коефіцієнт k приймається за графою $x < 0$, при розташуванні ПЛ з підвітряного боку пагорба чи схилу коефіцієнт k приймається за графою $x > 0$;

B – відстань від вершини пагорба до будівельного майданчика.

Закінчення

Таким чином, до проекту нормативного документу Міністерства палива та енергетики України “Кліматичні навантаження на повітряні лінії електропередавання з урахуванням топографічних особливостей. Методика визначення” включені практично всі новітні положення щодо урахування впливу топографічних особливостей місцевості на кліматичні навантаження на ПЛ. Але деякі положення, які обґрунтовані в роботах [12-14] є досить складними для інженерної практики. Ці методики можуть бути застосовані при проведенні досліджень кліматичних параметрів

Литература

1. Правила устройства электроустановок. Глава 2.5. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ до 750 кВ. – Киев, 2006. – 190 с.
2. CEN, European Committee for Standardisation, “Eurocode 1: Basis of Design and Actions on Structures, Part 2-4: Wind Actions”, ENV1991-2-4, Brussel, 1994.
3. Minimum design loads for buildings and other structures / American Society of Civil Engineers. ANSI/ASCE 7-95, A.S.C.E., – New York (USA). – 1998. – pp. 12-34, 148-169.
4. National Building Code of Canada. NRC-CNRC. Live loads due to Wind/ Canadian Commission on Building and Fire Codes. National Research Council. – Canada. – 1995. – pp. 9-42.
5. AIJ Recommendations for Loads on Buildings // Architectural Institute of Japan, AIJ. Tokyo. – 1996. – pp. 83-112.
6. A new Norwegian wind loading standard. Draft NS 3491-4 // 1st International Codification workshop for wind loads. Bochum (Germany). – 2000. – 7 p.
7. Part 2: Wind Loads // Australian Standard, Minimum Design Loads on Structures (known as the SAA Loading Code). – Standards Australia, Sydney. – 1989. – 96 p.
8. ДБН В.1.2.-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Київ, 2006.
9. Методические указания по расчету климатических нагрузок на ВЛ и построению региональных карт с повторяемостью 1 раз в 50 лет. – Москва: ВНИИЭ, 1990. – Шифр 3-015/89. – 140 с.
10. Турбін С.В. Динамические воздействия на электросетевые конструкции и их учет при проектировании и эксплуатации: Дис... канд. техн. наук. – ДонГАСА. – 2001. – 231 с.
11. Guidelines for evaluating special topographical effects in determining wind speed for design of overhead lines in local terrain. Final Draft for a Cigre Technical Brochure // Paris. – 2007. – 52 p.
12. Горохов Е.В., Турбін С.В. Анализ пространственной корреляции гололедных нагрузок для расстановки метеопостов НЭК “Укрэнерго” на территории Украины // Металеві конструкції. – Том 8, номер 1. – 2005. – С. 67-75.
13. Турбін С.В. Основные положения методики определения климатических нагрузок при реконструкции // Материалы первой Международной конференции “Многогранные гнутые стойки”. Николаевка. – Крым. – 2006. – С. 29 – 39.
14. Турбін С.В. Основные положения методики учета гололедно-ветровых нагрузок на строительные конструкции для ДБН “Нагрузки и воздействия” // Вісник ДонНАБА. – 2006-5 (61). – С. 23-29.

Турбін Сергій Володимирович є доцентом кафедри «Металеві конструкції» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член Української асоціації з металевих конструкцій, Член робочих груп WG 16 «Метеорологія для повітряних ліній електропередачі» и WG 06 «Проектування повітряних ліній» комітету В2 «Повітряні лінії електропередачі» Міжнародного комітету з великих електроенергетичних систем (СИГРЕ). Наукові інтереси: ожеледні та вітрові навантаження та впливи на будівельні конструкції, надійність повітряних ліній електропередачі.

Турбин Сергей Владимирович является доцентом кафедры «Металлические конструкции» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям, Член рабочих групп WG 16 «Метеорология для воздушных линий электропередачи» и WG 06 «Проектирование воздушных линий» комитета В2 «Воздушные линии электропередачи» Международного комитета по большим электроэнергетическим системам (СИГРЕ). Научные интересы: гололедные и ветровые нагрузки на строительные конструкции, надежность воздушных линий электропередачи.

Turbin Sergiy Volodymyrovych is an associated professor of the Department of Metalwork at the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a member of the Ukrainian Metalwork Association a member of the working groups 16 “Meteorology for overhead lines” and 06 “Principles of Overhead Line Design” of the International Conference on Large High Voltage Electric Systems (SIGRE). His research interests include icing and wind loading and effects on building structures, reliability of overhead power lines.