

## МЕХАНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОВІДІВ ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ САПР SICAD

*О. В. Гай, кандидат технічних наук, доцент*

*E-mail: [gaalx@ukr.net](mailto:gaalx@ukr.net)*

*О. В. Мартинюк, студент*

*E-mail: [oleksiy martunyk@gmail.com](mailto:oleksiy martunyk@gmail.com)*

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

**Анотація.** Провідна система електропередавання є ключовим елементом електроенергетичної інфраструктури, яка забезпечує безперебійне постачання електроенергії до споживачів. Враховуючи важливість надійності та ефективності системи, необхідно розробляти методи, що дозволяють економити час і зусилля при проектуванні і забезпечують оптимальні характеристики проводів. Розроблена система автоматичного проектування і розрахунку заснована на комп'ютерних моделях та алгоритмах, які враховують різноманітні фактори, що впливають на механічні властивості проводів повітряних ліній електропередавання. До таких факторів належать максимальне механічне навантаження, якому піддаються проводи внаслідок вітрових сил, ожеледних навантажень, дії мінімальної температури та інших зовнішніх впливів, а також електричні параметри, такі як струм, напруга та втрати енергії. Крім того, система враховує погодні умови, такі як швидкість вітру, температура та вологість повітря, оскільки ці фактори можуть впливати на термічну стійкість і показники експлуатації проводів.

Використання системи автоматичного проектування і розрахунку має численні переваги. По-перше, вона дозволяє значно скоротити час, необхідний для розробки проекту і проведення розрахунків. Замість ручного визначення параметрів і виконання складних обчислень, інженери можуть використовувати систему, яка автоматично генерує рішення. По-друге, система забезпечує високу точність розрахунків, зменшуючи ймовірність помилок, які можуть виникати при ручному аналізі. Це сприяє досягненню високої надійності та ефективності системи електропередавання. У рамках наукового пошуку був запропонований підхід, який покладений в основу розрахунку механічних параметрів проводів повітряної лінії електропередавання за допомогою САПР SICAD середньостатистичної повітряної лінії. Отримані результати представлені в рамках спільного технічної наради провідних фахівців експлуатаційних підприємств і колективу кафедри електропостачання ім. В.М. Синькова НУБіП України.

**Ключові слова:** *розрахунок механічних параметрів проводів, проектування повітряних електричних ліній, системи автоматичного розрахунку*

**Актуальність.** Зростання попиту на електроенергію і розвиток електропередавальних систем приводять до збільшення кількості повітряних ліній електропередавання, що формує перед інженерами та проектувальниками нові задачі щодо проектування і розрахунку проводів, зокрема врахування механічних навантажень, довговічності матеріалів, погодних умов та інших факторів. Забезпечення надійності та безпеки електропередавальних систем є критично важливим завданням. Неправильний розрахунок проводів повітряної лінії може призвести до небезпечних ситуацій, таких як обрив проводу, перегрів або надмірне прогинання. Це може призвести до відключення електропостачання, матеріальних збитків або навіть загрози життю та безпеці громади. Тому, розробка ефективної та автоматизованої системи для розрахунку механічних параметрів проводів повітряної електричної лінії є в край необхідною. Слід зазначити, що застосування системи автоматичного проектування і розрахунку дозволяє зменшити людський фактор та помилки, що можуть виникати при ручному розрахунку параметрів системи дослідження та забезпечує більш точні і швидкі розрахунки, що збільшує надійність та ефективність проектування. Крім того, автоматична система здатна враховувати широкий спектр факторів, які впливають на механічну поведінку проводів, такі як вітер, сніг, температура тощо. Це дозволяє інженерам отримувати прийнятні рішення при проектуванні систем електропостачання, що відповідають вимогам стандартів та забезпечують високий рівень безпеки.

Таким чином, актуальність теми виправдана необхідністю покращення ефективності, надійності та безпеки електропередавальних систем. Розробка і впровадження такої системи сприятиме покращенню процесу проектування та розрахунку проводів, забезпечуючи ефективнішу експлуатацію і підвищуючи загальний рівень якості електропередавання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У статті [1] описано математичні моделі, що використовуються для автоматизованого розташування опор вздовж траси повітряної лінії електропередачі. Розглянуто метод визначення місця розташування опор, який ґрунтується на ітераційній корекції координат цих опор вздовж траси. Запропонований метод був реалізований у вигляді програмного

модуля в середовищі комп'ютерно-автоматизованого проектування повітряної лінії, але слід вказати на такі недоліки цього підходу, а саме використання ітераційного методу, який може мати обмежену точність, особливо при складних умовах місцевості або за наявності перешкод на трасі та піддаватись впливу похибок вихідних даних, таких як неправильно виміряні відстані або висоти, а також те, що запропонований метод зосереджений переважно на визначенні геометричних параметрів розташування опор, не враховуючи інших факторів, таких як ґрунтові умови, міцність конструкцій, кліматичні умови та інші технічні вимоги.

У [2] для забезпечення точного обчислення умов налипання ожеледиці на повітряні лінії електропередачі була запропонована система онлайн-моніторингу та попередження, яка ґрунтується на механічній моделі обчислення, заснована на параметрах нахилу та механічного напруження на підвісних точках ізоляторних ланцюгів веж з урахуванням кута відхилення ізоляторних ланцюгів під дією вітру. У цій моделі механічні параметри провідників перетворюються в нові координати після відхилення ізоляторних ланцюгів під дією вітру. У вертикальному напрямку нових координат після відхилення будується рівняння статичного балансу сил, але модель була розроблена на основі конкретних умов роботи системи онлайн-моніторингу утворення ожеледиці в Гуйчжоуській електромережі. Використання моделі в інших регіонах чи умовах може вимагати додаткової адаптації та калібрування.

Питанням теоретичних основ та практичних аспектів механічних розрахунків повітряних ліній електропередавання присвячено цілий ряд науково-методичних розробок [3-5], в яких розкрито широкий спектр тем, включаючи визначення параметрів нахилу, натягу, міцності та стійкості елементів повітряних ліній, розрахунок підвісних точок, а також особливості конструкцій елементів ліній. Надаються знання та навички, необхідні для вирішення завдань з механічного проектування та експлуатації повітряних ліній електропередавання, а також міститься теоретичні матеріали, ілюстрації та приклади, що допомагають зрозуміти та застосувати концепції механічного розрахунку в практичних ситуаціях, але без врахування доцільності впровадження певних САПР.

У статті [6] розглядаються алгоритми, які використовуються для розрахунку натягу та стріли прогину провідників повітряних ліній електропередачі високої напруги, в основі розробленої математичної моделі лежить метод "пануючого проміжку" та обчислювальний метод, який дозволяє проводити механічний аналіз повітряних ліній з урахуванням параметрів наборів ізоляторів, але базування статті на теоретичних аспектах та модельних розрахунках накладає певне обмеження щодо ефективності запропонованих алгоритмів у реальних умовах.

**Мета дослідження** – обґрунтування шляхів забезпечення цільових значень параметрів процесу проектування і розрахунку проводів повітряної лінії електропередавання в САПР SICAD ділянки ЛЕП 10 кВ у розрізі підвищення ефективності систем електропостачання.

**Матеріали та методи дослідження.** При вирішенні задач розрахунку механічних параметрів проводів повітряної лінії електропередавання виділяють такі етапи [7-13]:

- розрахунок механічного навантаження на лінію, висоти їх розташування, проміжків між опорами та довжини лінії;
- врахування погодних умов, таких як вітер, ожеледь та інші фактори, що може утворювати додаткове механічне навантаження на опори;
- визначення необхідної міцності та жорсткості провідників, опор та інших елементів лінії залежно від механічного навантаження, що діє на них;
- врахування технологічних факторів, таких як заземлення, ізоляція провідників та інші, які можуть впливати на безпеку та надійність роботи лінії;
- перевірка відповідності механічних параметрів лінії вимогам національних та міжнародних стандартів;
- розрахунок допустимих прогинів провідників та відстані між опорами залежно від їх довжини та механічного навантаження;
- визначення необхідної кількості опор та їх розташування для забезпечення необхідної міцності та жорсткості лінії.

Під час проведення механічних розрахунків повітряних ліній враховують постійні, змінні та аварійні навантаження та впливи. Розрахунок проводів повітряної

лінії електропередавання напругою 10 кВ виконаний самонесучим ізольованим проводом СПЗ 1×50, змонтованим на проміжних опорах СВ-105 та СК-105 з використанням штирьових ізоляторів ШФ-20Г1. Прийняли, що траса повітряної лінії проходить через населену місцевість 2 типу, яку віднесено до 3 району за ожеледдю, 2 району за вітровим навантаженням, 2 району за вітровим натиском під час ожеледі.

Відповідно до завдання технічні та експлуатаційні характеристики проводу СПЗ 1×50 такі: розрахунковий переріз  $F = 50.24 \text{ мм}^2$ ; зовнішній діаметр  $d = 8 \text{ мм}$ ; погонна маса  $M_0 = 210 \text{ кг/км}$ ; модуль пружності  $E = 64,1 \text{ ГПа}$ ; коефіцієнт теплового здовження  $\alpha = 23.4 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Допустимі напруження: в режимі максимального навантаження:  $\sigma_{\text{макс}} = 114 \text{ МПа}$ ; в експлуатаційному режимі:  $\sigma_{\text{е}} = 88 \text{ МПа}$ ;

Умови в районі траси лінії характеризуються такими характеристичними значеннями кліматичних навантажень: товщина стінки ожеледі  $b = 19 \text{ мм}$ ; швидкісний натиск вітру  $q = 450 \text{ Па}$ ; натиск вітру під час ожеледі  $q' = 200 \text{ Па}$ .

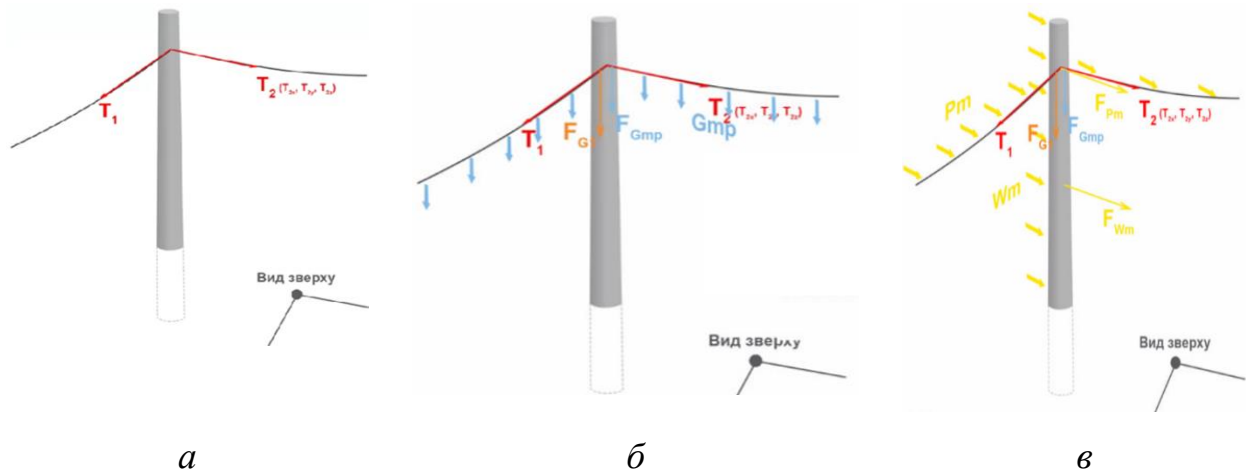
Температурні режими проводу: середньорічна температура:  $t_{\text{е}} = 8\text{С}$ ; температура монтажного режиму:  $t_{\text{мнт}} = -15\text{С}$ .

Механічний розрахунок проводів за ПУЕ [7] виконують з метою визначення напружень і стріл провисання в нормальному і аварійних режимах та під час монтажу.

Навантаження та сили, які виникають в проводах повітряної лінії показані на рис. 1.

Стан механічного напруження в проводі під час атмосферних умов, які змінюються, визначаю з рівняння:

$$\sigma - \frac{\gamma^2 \times l^2}{24 \times \beta \sigma^2} = \sigma_0 - \frac{\gamma_0^2 \times l^2}{24 \times \beta \times \sigma_0^2} - \frac{\alpha}{\beta} \times (t - t_0),$$



**Рис. 1. Епюра навантажень та сил у проводах повітряної лінії:**

*a* – від власної ваги проводу; *б* – від відкладень ожеледі; *в* – від вітру

Нормована габаритна відстань між проводом та землею лінії напругою до 35 кВ для населеної місцевості дорівнює 7 м.

Таким чином, габаритна стріла провисання проводу становить:

$$f_r = 8.225 - 7 = 1.225 \text{ м.}$$

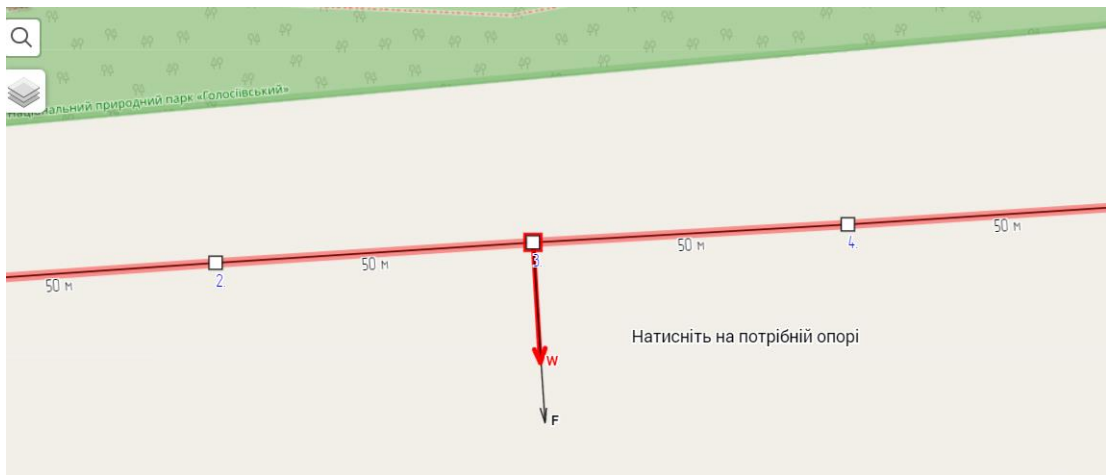
Відповідно до виразу висота розташування зведеного центру мас всіх фазних проводів у прогоні дорівнює:

$$h_c = 8.225 - \frac{2}{3} \times 1.225 = 7.41 \text{ м.}$$

Довжина зведеного прогону складає 50 м.

Скористаємось типовою моделлю лінії електропередачі в програмному забезпеченні SICAD для визначення навантаження на опорі (рис. 2).

Наведемо результати розрахунків в САПР SICAD (рис. 3-рис.7), а саме на рис. 3 представлені результати розрахунку механічних параметрів проводу, на рис. 4 результати математичного моделювання щодо напружень в проміжних опорах, на рис. 5 результати математичного експерименту щодо визначення моментів навантаження на опорі СК-105 та величини розрахункових згинаючих моментів, на рис. 6 результати розрахунку профілю між прогонами.



**Рис. 2. Модель лінії електропередачі в програмному забезпеченні SICAD для визначення навантаження, яке діє на опорі**

### Розрахунок механічних параметрів проводу

Прогін за яким виконується візування  L = 50 м

Таблиця монтажних тяжінь та стріл провисання L1 (39 - 41, L = 51.56 м), СИП-3 1x50-10, Tmax = 4 кН																
t, °C	-34	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	36
f, м	0.2	0.21	0.24	0.27	0.3	0.34	0.39	0.45	0.51	0.57	0.64	0.71	0.77	0.83	0.89	0.9
T, кН	3.62	3.35	3.01	2.69	2.38	2.09	1.83	1.6	1.41	1.25	1.12	1.02	0.93	0.86	0.8	0.79

f - стріла провисання  
T - сила тяжіння

[Експорт в EXCEL](#)

Розрахункові значення монтажного тяжіння та стріли провисання для заданої температури

t =  °C      f =  м      T =  кН

**Рис. 3 Результати розрахунку механічних параметрів проводу**

Розрахункові моменти навантажень на опорі № 36, Лінія: L1  
**Типовий вузол:** 1xСК105-10 + Р10/0,38-1-1 + ПКСКМ К 10-2-2-УХЛП  
**Опис:** Стька СК105-10 Встанселення роз'єднувача на кінцевій опорі

Інформація про опору	
Клас безвідмовності	2
Тип місцевості	III - Сільська місцевість з огорожами (парканами), невеликими спорудами, будинками і деревами
Заглиблення стійки, м	2.5
Тип стійки	СК105-10
Конфігурація стійки	Одностоякова опора
Допустимий згинаючий момент, кН·м	98
Максимальний розрахунковий згинаючий момент, кН·м	22.67

Кліматичне районування згідно ПУЕ		
Тип карти	Значення	Район
Характеристичне значення ожеледі, Н/м	15	3
Характеристичне значення вітрового тиску, Па	550	4
Характеристичне навантаження дії вітру на проводи вкриті ожеледдю, Н/м	6	2
Середньорічна температура повітря, °C	8	3
Мінімальна температура повітря, °C	-34	6
Максимальна температура повітря, °C	36	1

**Рис. 4 Результати математичного моделювання щодо напружень в проміжних опорах об'єкту дослідження**

Перелік ліній на опорі					
Назва лінії	Висота підвішування, м	Кут повороту*	Тип проводу	Тип	Tmax, кН
L1	8,8,8	2	СИП-3 1x50-10	Магістральна лінія	4

Таблиця розрахункових згинаючих моментів				
Режим роботи ПЛ	Температура повітря, °C	Вітер	Ожеледь	Значення згинаючого моменту на стійку, кН·м
Нормальний	Середньорічна $t_e = 8$ за 2.5.58	-	-	1.67
	Найвища $t_{min} = -34$ за 2.5.59	-	-	4.61
	Під час ожеледі $t_0 = -5$ за 2.5.61	-	Розрахункове значення $G_{гр} = 27.34$ Н/м за 2.5.33	6.29
	Мінус 5 °C	Максимальний тиск вітру $P_m = 1,237.67$ Н - за 2.5.49	-	22.67
Аварійний	Під час ожеледі $t_0 = -5$ за 2.5.61	Під час ожеледі $G_m = 12.46$ Н/м - за 2.5.54	0,9 від розрахункового значення $G_{гр} = 24.61$ Н/м за 2.5.33	16.47
	Середньорічна $t_e = 8$ за 2.5.58	-	-	3.41 При пошкодженні L1, СИП-3 1x50-10
	Найвища $t_{min} = -34$ за 2.5.59	-	-	9.42 При пошкодженні L1, СИП-3 1x50-10
Монтажний	Мінус 5 °C	-	Розрахункове значення $G_{гр} = 27.34$ Н/м за 2.5.33	12.84 При пошкодженні L1, СИП-3 1x50-10
	Мінус 15 °C	Тиск вітру на висоті 10 м над поверхню землі 625 Па	-	5.24 При монтажі L1, СИП-3 1x50-10

Результат розрахунку механічних навантажень на опору: Все ОК. Розрахункову перевірку пройдено. Розрахункові значення згинаючих моментів не перевищують значення несучої здатності опори.

Рис. 5 Результати в САПР SICAD щодо визначення моментів навантаження на опору СК-105 та величини розрахункових згинаючих моментів

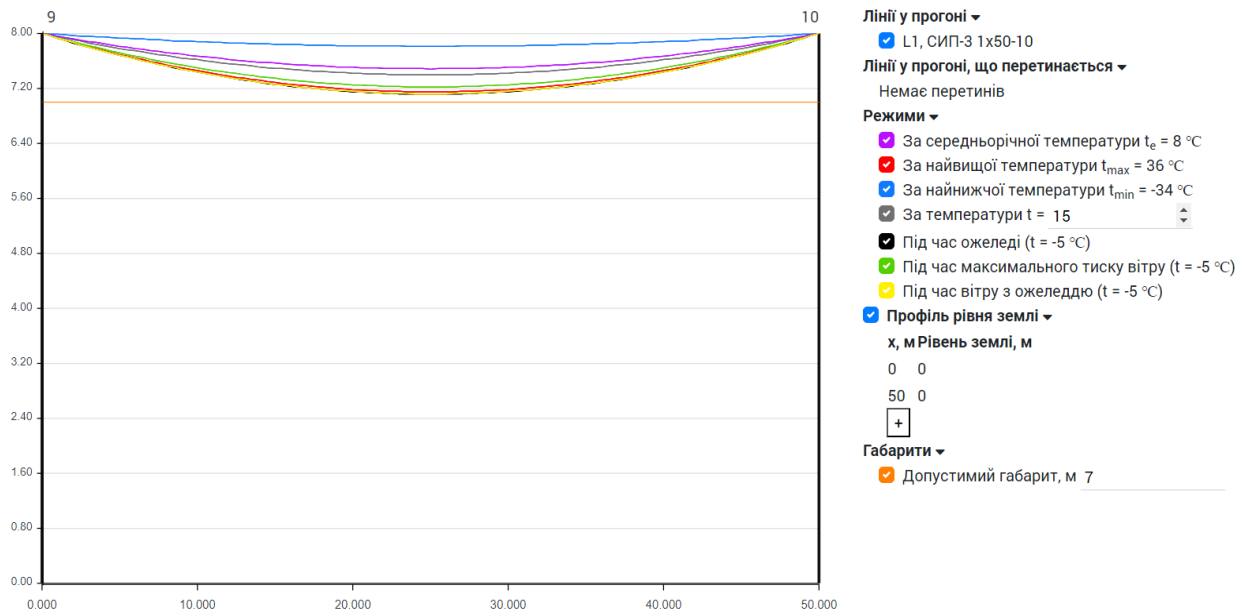


Рис. 6 Результати розрахунку профілю між прогонами 9-10

Результати досліджень та їх обговорення. За допомогою порівняння системи автоматичного проектування та розрахунку традиційними методами, було виявлено, що система демонструє високу точність і швидкість обробки даних (5-7 %). Вона здатна автоматично генерувати оптимальні рішення та враховувати різні обмеження і вимоги, що спрощує процес проектування і розрахунку проводів повітряної лінії електропередавання (таблиця).



**Результати порівняння розрахунків режимів роботи об'єкта дослідження за допомогою програмного забезпечення SICAD та традиційних методів**

Режим роботи ПЛ	Температура повітря, °С	Вітер	Ожеледь	f, м	T, кН	σ, мПа	f, м	T, кН	σ, мПа
				САПР SICAD			Традиційні розрахунки		
Норм. режим	Середньорічна $t_c=8$ за 2.5.58	-	-	0.53	1.3	26.05	0,48	1.0	23
	Найвища $t_{max}=36$ за 2.5.60	-	-	0.86	0.79	15.88	1.25	0.9	18.4
	Найнища $t_{min}=-38$ за 2.5.59	-	-	0.18	3.88	77.56	0.155	4	80.7
	Під час ожеледі $t_o=-5$ за 2.5.61	-	Розрахункове значення $p=9.783\text{кН*м}$ за 2.5.33	0.9	4	80	1.1	4	85
	-5 °С	Максимальний тиск вітру 345.5Н за 2.5.49	-	0.73	3.13	62.56	0.5	3.5	69.9
	Під час ожеледі $t_o=-5$ за 2.5.61	Під час ожеледі $p_5=2.312\text{кН*м}$	0.9 від розрахункового значення $11.106\text{кН*м}$ за 2.5.33	0.89	3.99	79.71	1.16	4.4	86

Застосування системи автоматизованого проектування і розрахунку для механічного розрахунку проводів повітряної лінії електропередавання має значний потенціал для практичного використання. Це дозволить інженерам і проектувальникам ефективно виконувати розрахунки та покращувати конструкцію проводів з максимальною точністю і ефективністю.

**Висновки і перспективи.** Для досягнення поставленої мети, проведено дослідження шляхом моделювання та аналізу ділянки ЛЕП з використанням системи автоматичного проектування і теоретичного розрахунку та вказано на незначну відмінність отриманих результатів, що дає змогу в подальшому аналізувати складні об'єкт за допомогою програмного забезпечення SICAD. Були враховані різні параметри, такі як довжина лінії, тип проводу, діаметр, матеріал проводу та інші фактори, що впливають на його механічні характеристики.

### Список використаних джерел

1. Katsadze, T. L., Nazarova, M. A. (2012). Mathematical model and method of automatic placement of overhead transmission power line towers for CAD system. *Energetika: ekonomika, tekhnologii, ekologiya*, (2), 31.
2. Yang, L., Hao, Y., Li, W., Dai, D., Li, L., Zhu, G., Luo, B. (2010). A mechanical calculation model for on-line icing-monitoring system of overhead transmission lines. *Zhongguo Dianji Gongcheng Xuebao/Proceedings of the Chinese Society of Electrical Engineering*, 30(19), 100-105.
3. Основи механічних розрахунків повітряних ліній електропередавання: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні системи і мережі»; уклад. Т. Л. Кацадзе. Електронні текстові дані. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 53 с.
4. Кацадзе Т. Л. Основи механічних розрахунків повітряних ліній електропередавання. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. 336 с. ISBN 978-966-622- 953-6.
5. Сулейманов В. Н., Кацадзе Т. Л. Електричні мережі та системи. Київ: НТУУ "КПІ", 2008. 456 с. ISBN 978- 966-622-300-8.
6. Duda, D., Kubek, P., & Maźniewski, K. (2022). Analysis of the mechanics of conductors in overhead power lines with the use of computer calculation tools. [Analiza mechaniki przewodów w napowietrznych liniach elektroenergetycznych z wykorzystaniem komputerowych narzędzi obliczeniowych] *Przegląd Elektrotechniczny*, 98(10), 95-98. doi:10.15199/48.2022.10.18.
7. Правила улаштування електроустановок. Видавництво офіційне. Мінерговугілля України. Харків. 2017. 760 с.
8. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Схвалено розпорядженням Кабінетом Міністрів України від 24.07.2013 №1071.
9. ГІД 34.20.501-2008 Розрахунок опор і проводів повітряних ліній електропередавання згідно з вимогами глави 2.4 ПУЕ: 2006 і глави 2.5 ПУЕ: 2006 Посібник.
10. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Мінбуд України. К., 2006. 75 с.
11. СОУ-Н ЕЕ 20.502:2007 Повітряні лінії електропередавання напругою 35 кВ і вище. Інструкція з експлуатації.
12. СОУ-Н ЕЕ 20.579:2009 Кліматичні дані для визначення навантажень на повітряні лінії електропередавання. Методика опрацювання.
13. СОУ-Н ЕЕ 20.667:2007 Кліматичні навантаження на повітряні лінії електропередавання з урахуванням топографічних особливостей. Методика.
14. Кирик В. В. Електричні мережі та системи [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Електронні текстові дані (1 файл: 7,62 Кбайт). – Київ: Політехніка, 2021. 324 с.

### References

1. Katsadze, T. L., Nazarova, M. A. (2012). Mathematical model and method of automatic placement of overhead transmission power line towers for CAD system. *Energetika: ekonomika, tekhnologii, ekologiya*, 2, 31.
2. Yang, L., Hao, Y., Li, W., Dai, D., Li, L., Zhu, G., Luo, B. (2010). A mechanical calculation model for on-line icing-monitoring system of overhead transmission lines. *Zhongguo Dianji Gongcheng Xuebao/Proceedings of the Chinese Society of Electrical Engineering*, 30(19), 100-105.
3. Katsadze, T. L. (2019). *Osnovy mekhanichnykh rozrakhunkiv povitrianykh liniy elektroperedavannia: praktykum [Elektronnyi resurs]: navch. posib. dlia stud. spetsialnosti 141 «Elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika», osvithoi prohramy «Elektrychni systemy i merezhi» [Fundamentals of mechanical calculations of overhead power lines]*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 53.
4. Katsadze, T. L. (2019). *Osnovy mekhanichnykh rozrakhunkiv povitrianykh liniy elektroperedavannia [Fundamentals of mechanical calculations of overhead power lines]*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, Vyd-vo «Politekhnika», 336. ISBN 978-966-622- 953-6.
5. Suleimanov, V. N., Katsadze, T. L. (2008). *Elektrychni merezhi ta systemy [Electrical networks and systems]*. Kyiv: NTUU "KPI", 456.
6. Duda, D., Kubek, P., Maźniewski, K. (2022). Analysis of the mechanics of conductors in overhead power lines with the use of computer calculation tools. [Analiza mechaniki przewodów w napowietrznych liniach elektroenergetycznych z wykorzystaniem komputerowych narzędzi obliczeniowych] *Przegląd Elektrotechniczny*, 98(10), 95-98. doi:10.15199/48.2022.10.18.
7. *Pravyla ulashtuvannia elektroustanovok (2017, February) [Rules for arranging electrical installations]*. Vydavnytstvo ofitsiine. Minerhovahillia Ukrainy. Kharkiv, 760.
8. *Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2030 r. (2013, June) [Energy strategy of Ukraine for the period until 2030]* Skhvaleno rozporiadzhenniam Kab. Min. Ukrainy №1071.
9. *HID 34.20.501-2008 (2008, June) Rozrakhunok opor i provodiv povitrianykh liniy elektroperedavannia zghidno z vymohamy hlavy 2.4 PUE: 2006 i hlavy 2.5 [Calculation of supports and wires of overhead power lines in accordance with the requirements of chapter 2.4 PUE: 2006 and chapter 2.5 PUE: 2006]*. PUE: 2006 Posibnyk.
10. *DBN V.1.2-2:2006 (2008, March). Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia [Loads and influences. Design standards]*. Minbud Ukrainy.
11. *SOU-N EE 20.502:2007 (2007, February). Povitriani linii elektroperedavannia napruhoiu 35 kV i vyshche. Instruktsiia z ekspluatatsii [Overhead power lines with a voltage of 35 kV and above. Operating Instructions]*.
12. *SOU-N EE 20.579:2009 (2009, July) Klimatychni dani dlia vyznachennia navantazhen na povitriani linii elektroperedavannia. Metodyka opratsiuvannia [Climatic data for determining loads on overhead power lines. Processing method]*.
13. *SOU-N EE 20.667:2007 (2008, April) Klimatychni navantazhennia na povitriani linii elektroperedavannia z urakhuvanniam topografichnykh osoblyvostei. Metodyka [Climatic loads on overhead power lines taking into account topographic features. Method]*.

14. Kyryk, V. V. (2021). Elektrychni merezhi ta systemy: pidruchnyk dlia zdobuvachiv stupenia bakalavra spetsialnosti 141 «Elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika» [Electrical networks and systems Electrical networks and systems]. Kyiv : Politekhnik, 324.

## MECHANICAL CALCULATION OF OVERHEAD POWER LINE WIRES USING SICAD

*O. Gai, O. Martyniuk*

**Adstract.** *The power transmission system is a key element of the electric power infrastructure, which ensures the uninterrupted supply of electricity to consumers. Given the importance of system reliability and efficiency, it is necessary to develop methods that save time and effort during design and provide optimal characteristics of wires. The developed automatic design and calculation system is based on computer models and algorithms that take into account various factors affecting the mechanical properties of wires of overhead power lines. Such factors include the maximum mechanical stress to which the wires are subjected due to wind forces, ice loads and other external influences, as well as electrical parameters such as current, voltage and energy losses. In addition, the system takes into account weather conditions, such as wind speed, temperature and air humidity, since these factors can affect the thermal resistance and performance of the wires. Using the automatic design and calculation system has numerous advantages. First, it allows you to significantly reduce the time required for project development and calculations. Instead of manually specifying parameters and performing complex calculations, engineers can use a system that automatically generates solutions. Secondly, the system ensures high accuracy of calculations, reducing the probability of errors that may occur during manual analysis. This contributes to the achievement of high reliability and efficiency of the power transmission system. As part of the scientific research, an approach was proposed, which is based on the mechanical calculation of overhead power line wires using SICAD CAD. The obtained results are presented in the framework of a joint technical meeting of leading specialists of operating enterprises and the team of the department of power supply named after V.M. Sinkova NULES of Ukraine.*

**Key words:** *mechanical calculation of wires, design of overhead lines, automatic calculation systems*