

*Ю. І. Рудик, О. Б. Назаровець, І. С. Головатчук, Н. І. Безнос*  
*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## ВАЛІДАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ РИЗИКУ ПРИ ОЦІНЮВАННІ БЕЗПЕКИ КОТЕЛЬНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ В УМОВАХ ГРОЗИ

**Вступ.** Сьогодення потребує впровадження на сучасних підприємствах автоматизації технологічного процесу за допомогою різного електронного та електричного обладнання. Вихід з ладу одного датчика призводить до зупинки технічного процесу і багатотисячних втрат. Це обладнання є чутливим до імпульсних перенапруг, які виникають з різних причин, зокрема при ударі блискавки. Існує помилкова думка, що небезпека від блискавки виникає лише при прямому ударі, забуваючи про так звані вторинні появи, а саме електромагнітні та електростатичні імпульси. Імпульсна перенапряга – це короткочасне збільшення напруги понад допустимі значення. З метою захисту об'єктів від небезпечних проявів блискавки розраховуються та проектується системи блискавкозахисту.

**Мета.** Враховуючи автоматизацію процесу та насиченість котельень електронним та електричним електрообладнанням існує високий ступінь ризику влучання блискавки та занесення високих потенціалів, що може призвести до масштабних аварій. Мета цієї статті – проведення валідації показників ризиків для котельного середовища, які виникають в під час грози.

**Методи.** Застосування різних методів розрахунку, оцінювання та порядкування ризиків під час проектування і компонування системи дає змогу реалізувати системний блискавкозахист будівель, обладнання та людей. Загальні принципи оцінки ризику для котельного середовища необхідно врахувати ризик і визначити потребу в захисті; внесок різних компонентів ризику в загальний ризик; ефект різних заходів захисту для зменшення ризику; вибір заходів захисту з урахуванням їх економічної ефективності.

**Результати.** Нехтування високим ризиком небезпечної події призводить до надмірної шкоди і більших непоправних втрат, через які особа чи громада не зможе досягати сталого розвитку. Тому саме комплексний, системний підхід у досягненні безпеки, починаючи із стадії оцінювання, має враховувати як характеристики небезпеки, у т. ч. пожежної у відповідних об'єктах, так і особистий, індивідуальний ризик загибелі чи ушкодження. Блискавка є непередбачуваною природною подією, ніхто в світі повністю не розуміє механізм блискавки і неможливо будь-якою стандартизацією забезпечити 100% захист за будь-яких обставин. З цією метою наведені розрахунки: втрати людського життя, із каліцтвом включно; втрати можливості надання громадських послуг; втрати культурного надбання та економічну цінність будівлі (споруди) та економічні втрати потрібні на монтаж та експлуатацію системи. На основі отриманих даних видно, як досягається зниження показників кожного ризику залежно від запропонованого рішення та економічний ефект загалом.

**Висновок.** Статистичні дані про загибель і травматизм від небезпечних факторів блискавки, втрати від пошкодження майна, будівель та споруд підтверджують, що при оцінці ризику, яка стандартизована в ДСТУ EN 62305-2, необхідно запровадити методологію, яка б відповідала умовам України. Улаштування системи блискавкозахисту залежить від оцінки ризику, реакції власника, впливу контрольних органів. Тому актуальним є прийняття рішення про вживання заходів протипожежного захисту в процедурах оцінювання ризиків блискавкозахисту, але воно також може бути прийнято незалежно від результатів оцінки ризику там, де є бажання уникнути неприйняттого ризику. Обладнання, яке часто пов'язане з двома різними службами, напр. лінії електропередач і лінії передачі даних, зазнають багато збитків, пов'язаних з перенапрягою. Цей випадок не охоплюється компонентом ризику  $R_x$ . Однак, можуть бути обрані та встановлені відповідні заходи захисту (див. ІЕС 62305-4).

**Ключові слова:** блискавкозахист, показник ризику, котельне електрообладнання, оцінювання безпеки, пожежна безпека.

*Yu. I. Rudyk, O. B. Nazarovets, I. S. Golovatchuk, N. I. Beznos*  
*Lviv State University of Life Safety*

## VALIDATION OF RISK INDICATORS IN ASSESSING THE SAFETY OF ELECTRICAL EQUIPMENT BOILER HOUSE IN THUNDERSTORM

**Introduction.** Today requires the introduction and arrangement of modern enterprises automation of the technological process using various electronic and electrical equipment. The breakdown of one sensor leads to a stoppage of the technical

process and thousands of losses. This equipment is sensitive to impulse overvoltages that occur for various reasons, as well as when hit by lightning. There is a misconception that the danger of lightning arises only when struck directly, forgetting about the so-called secondary phenomena, namely electromagnetic and electrostatic pulses. Pulse overvoltage is a short-term increase in voltage above the allowable value. Lightning protection systems are designed and designed to protect objects from dangerous lightning.

**Purpose.** Given the automation of the process and the saturation of boilers with electronic and electrical equipment, there is a high risk of lightning and high potentials, which can lead to large-scale accidents. The purpose of this article is to validate the risk indicators for the boiler environment that occur during a thunderstorm.

**Methods.** The use of various methods of calculation, assessment and ordering of risks during the design and layout of the system allows to implement lightning protection of buildings, equipment and people. General principles of risk assessment for the boiler environment must take into account: risk and determine the need for protection; the contribution of various risk components to the overall risk; the effect of various protection measures to reduce risk; selection of protection measures taking into account their economic efficiency.

**Results.** Neglecting the high risk of a dangerous event leads to excessive damage and irreparable losses, with which a person or community will not be able to achieve sustainable development. Therefore, it is a comprehensive, systematic approach to achieving safety, starting from the assessment stage, should take into account both the characteristics of the hazard, including a fire in the relevant facilities, and personal, the individual risk of death or injury. Lightning is an unpredictable natural event, no one in the world fully understands the mechanism of lightning and it is impossible to provide 100% protection under any circumstances under any standardization. For this purpose, the following calculations are given: loss of human life, including injuries; loss of the ability to provide public services; losses of cultural heritage and economic value of the building (structure) and economic losses required for the installation and operation of the system. Based on the obtained data, it is seen how the reduction of each risk is achieved depending on the proposed solution and the economic effect in general.

**Conclusion.** Statistics on deaths and injuries from lightning hazards, losses from damage to property, buildings and structures confirm that in risk assessment, which is standardized in DSTU EN 62305-2, it is necessary to introduce a methodology that would meet the conditions of Ukraine. The arrangement of the lightning protection system depends on the risk assessment, the reaction of the owner, the influence of control bodies. Therefore, it is important to decide on fire protection measures in lightning risk assessment procedures, but it can also be taken regardless of the results of the risk assessment where there is a desire to avoid unacceptable risk. Equipment that is often associated with two different services, e.g. power lines and data lines suffer a lot of surge damage. This case is not covered by the RX risk component. However, appropriate protection measures can be selected and established (see IEC 62305-4).

**Keywords:** lightning protection system, risk indicator, electrical equipment boiler house, safety assessment, fire safety.

**Актуальність проблеми.** На сучасних об'єктах промисловості все частіше впроваджується автоматизація технологічного процесу за допомогою різного електронного та електричного обладнання. На підприємствах вихід з ладу одного давача призводить до зупинки технічного процесу і багатотисячних втрат. Це обладнання є чутливим до імпульсних перенапруг, які виникають з різних причин, а також при ударі блискавки [1-3, 5-8].

Багато людей вважає, що небезпека від блискавки виникає лише при прямому ударі, забуваючи про так звані вторинні появи, а саме електромагнітні та електростатичні імпульси. Залишкові імпульси можуть поширюватись в радіусі до 2 км від місця влучання блискавки і вивести з ладу чутливе електронне обладнання за відсутності відповідного захисту. Імпульсна перенапряга – це короткочасне збільшення напруги понад допустимі значення. Особливість – дуже швидке збільшення напруги (8-10 мікросекунд). Існує два види імпульсних перенапруг: комутаційна, яка виникає при перехідних процесах в мережі, та атмосферна, виникає при ударах блискавки в лінії електропередач (ЛЕП), землю, дерева і будь-які інші об'єкти в результаті впливу електромагнітного поля розряду блискавки [4, 13-17].

Найчастіше занесення високих потенціалів відбувається через електричну мережу, оскільки

більшість ліній електропередач виконані відкритим способом, а наявна система блискавкозахисту не завжди виконує покладені на неї завдання. На сьогодні відомо багато випадків влучання блискавки в лінії електропередач збоку, оминаючи зовнішній блискавкозахист.

З метою захисту об'єктів від небезпечних проявів блискавки розраховуються та проектується системи блискавкозахисту.

**Постановка задач та їх розв'язання.** Сучасний системний блискавкозахист повинен виконуватись у комплексі, що включає зовнішню (перехоплювач блискавки, доземний провідник та уземлювач) та внутрішню системи захисту від блискавки (пристрої захисту від імпульсних перенапруг (ПЗП), обмежувачі перенапруг (ОПН), шина вирівнювання потенціалів) і обов'язково ефективної системи захисного заземлення [4, 6].

З метою встановлення необхідності улаштування блискавкозахисту та встановлення класу його захисту необхідно провести розрахунок ризиків на основі ДСТУ EN 62305-2:2012 «Порядкування ризиком» [10]. Враховуючи автоматизацію процесу та насиченість котелень електронним та електричним електрообладнанням існує високий ступінь ризику влучання блискавки та занесення високих потенціалів, що може призвести до масштабних аварій (вибухів, пожеж та ін.).

Об'єм приміщення котельні 1570 м<sup>3</sup>. Джерело газопостачання підприємства – газопровід середнього тиску, прокладений по території підприємства. У котельні для роботи парових котлів використовують природний газ, в якості резервного (на випадок припинення газопостачання) передбачено використання дизельного палива. Газопостачання підприємства здійснюється за допомогою надземного газопроводу середнього тиску (0,005 ÷ 0,300 МПа) Ø89x3 мм протяжністю 137 м. Газопровід прокладений над землею на утримувачах до фасаду котельні із сталевих електрозварних прямошовних труб. Для зниження тиску газу з середнього до низького всередині котельні встановлено шафований газорегуляторний пункт блочного контейнерного типу ШРВП-2-1100-0.3.

В котельні встановлено два парових котли: паровий котел Е-2,5-0.9 ГМ, паровий котел Е-1,0-0,9 М-3, пальники газ-дизель (комбіновані) НР 73А МG.PR.S.UA.YS.8.50.EC, НР 60 МG.PR.S.UA.Y.1.50.EC економайзери, димовсмоктувачі.

Виходячи з наявної обстановки необхідно провести аналіз показників ризику для котельного середовища (КС).

Для оцінки ризиків необхідно провести ряд розрахунків, а саме:

*Загальні принципи оцінки ризику для котельного середовища (КС).*

Потрібно розрахувати:

- ризик і визначити потребу в захисті,
- внесок різних компонентів ризику в загальний ризик,
- ефект різних заходів захисту для зменшення ризику,
- вибір заходів захисту з урахуванням їх економічної ефективності.

КС включає в себе котельний блок та відділення керування.

Наприклад, даному типу будівлі відповідають два типи втрат: загибель людей (L1) і економічні втрати (L4 – тут і далі позначення величин, формули для їх розрахунку, посилання на таблиці зі стандартизованими даними вказані згідно з ДСТУ ІЕС 62305:2). Необхідно оцінити потребу в захисті та економічну ефективність заходів захисту; вони потребують оцінки ризиків R<sub>1</sub> і R<sub>4</sub>.

*Середня відносна величина втрат у небезпечній події.* Втрата L<sub>x</sub> належить до середньої відносної величини визначеного типу пошкодження для однієї небезпечної події, викликаній ударом блискавки, з урахуванням також її масштабу і наслідків.

Величина втрати L<sub>x</sub> варіюється залежно від типу втрат, які розглядаються:

- L<sub>1</sub> (втрата людського життя, із каліцтвом включно): число постраждалих осіб (жертв);

- L<sub>2</sub> (втрата можливості надання громадських послуг): число споживачів поза обслуговуванням;
- L<sub>3</sub> (втрата культурного надбання): економічна цінність будівлі (споруди) та її вмісту, які опиняються під загрозою;
- L<sub>4</sub> (економічні втрати): економічна цінність тварин, будівлі (споруди) (із діяльністю, яка у ній провадиться, включно), вмісту та внутрішніх систем, які опиняються під загрозою, та, для кожного типу втрат, з типом пошкодження (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> і D<sub>3</sub>), який спричиняє втрату.

Значення втрати L<sub>x</sub> належить визначити для кожної зони будівлі (споруди), на які її поділено.

*Втрата людського життя (L<sub>1</sub>).* Втрата L<sub>1</sub> для кожної зони може бути визначена відповідно до таблиці 1, враховуючи, що:

- втрата людського життя залежить від характеристик зони. Це враховується збільшувальними (h<sub>z</sub>) та зменшувальними (r<sub>e</sub>, r<sub>p</sub>, r<sub>f</sub>) коефіцієнтами;
- максимальну величину втрати у зоні належить зменшити застосуванням співвідношення числа осіб у зоні (n<sub>z</sub>), та загальним числом осіб (n<sub>t</sub>) у цілій будівлі (споруді);
- час у годинах на рік, протягом якого особи знаходяться у зоні (t<sub>z</sub>), якщо він не перевищує усіх 8 760 годин протягом року, також може зменшити втрату.

**Таблиця 1**

Зменшувальний коефіцієнт r<sub>f</sub> залежно від ризику пожежі або вибуху будівлі

Ризик	Величина ризику	r <sub>f</sub>
Вибух	Зони 0, 20 та тверді вибухові речовини	1
	Зони 1, 21	10 <sup>-1</sup>
	Зони 2, 22	10 <sup>-3</sup>

Розрахунок втрат L<sub>2</sub> і L<sub>3</sub> для КС не застосовуємо.

*Економічна втрата (L<sub>4</sub>).* Величина L<sub>4</sub> для зони може бути визначена з урахуванням того, що:

- втрата економічної вартості залежить від характеристик зони. Це береться до уваги введенням знижувальних коефіцієнтів (r<sub>e</sub>, r<sub>p</sub>, r<sub>f</sub>), його значення залежно від класу зони (0, 1, 2, 20, 21, 22, згідно з НПАОП 40.1-1.32-01) подано в таблиці 2;
- максимальна втрата внаслідок пошкодження у зоні має бути знижена відповідно до співвідношення між цінністю у зоні та

загальною вартістю ( $c_t$ ) усієї будівлі (споруди) (тварини, будинок, вміст та внутрішні системи з їхнім функціонуванням включно).

Якщо пошкодження будівлі (споруди) в результаті попадання блискавки охоплює навколишні будівлі (споруди) або середовище (наприклад хімічні або радіоактивні викиди), додаткові втрати ( $L_E$ ) потрібно взяти до уваги для оцінки сумарних втрат ( $L_{FT}$ ):

$$L_{FT} = L_F + L_E \quad (1)$$

у якій

$$L_E = L_{FE} \cdot c_e / c_t \quad (2)$$

$L_{FE}$  – втрати, отримані внаслідок фізичних ушкоджень за межами будівлі (споруди);  $c_e$  – загальна вартість майна в небезпечних місцях поблизу будівлі (споруди). Якщо значення  $L_{FE}$  є невідоме, значення  $L_{FE} = 1$ .

*Вхідні дані і характеристики.* КС розташована на рівнинній території без будь-яких сусідніх будівель (споруд). Щільність блискавки для Волинської області  $N_G = 5,5$  ударів на  $\text{км}^2$  у рік. Дані для будівлі та її оточення подано в таблиці 2. Враховано інші дані для вхідних ліній і пов'язаних з ними внутрішніх систем та для ліній електропередачі і для телекомунікаційних ліній.

**Таблиця 2**

КС: характеристики середовища будівлі (споруди)

Вхідний параметр	Коментар	Символ	Значення	Посилання
Щільність ударів на землю (1/км <sup>2</sup> /рік)		$N_G$	5,5	
Розміри будівлі (споруди) (м)		$L, W, H$	12,5, 18, 7,5	
Коефіцієнт розташування будівлі (споруди)	Ізольована будівля (споруда)	$C_D$	1	Таблиця А.1
Система блискавкозахисту (LPS)	Немає	$P_B$	0,05	Таблиця В.2
Еквіпотенціальне з'єднання	Немає	$P_{EB}$	0,02	Таблиця В.7
Зовнішнє просторове екранування	Немає	$K_{S1}$	1	Рівняння (В.5)

Ризик  $R_1$  – вибір заходів захисту

- від фізичних ушкоджень в зоні  $Z_2$  (компоненти  $R_B \approx 61\%$  загального ризику);
- від збоїв внутрішніх систем в зоні  $Z_3$  (компоненти  $R_C \approx 17\%$  загального ризику).

Ризик  $R_1$  визначається в першу чергу (див. таблицю 3):

**Таблиця 3**

КС: ризик  $R_1$  для незахищеної будівлі (споруди) (значення  $\times 10^{-5}$ )

Тип пошкодження	Символ	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	Будівля (споруда)
$D_1$ – травма внаслідок удару	$R_A$	0,009	0,000 9	»0	0,010
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		»0	»0	»0
$D_2$ – фізичне пошкодження	$R_B$		31,3	0,035	42,5
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		6,97	0,023	9,24
$D_3$ – збій внутрішніх систем	$R_C$		7,368	2,256	11,61
	$R_M$		1,857	0,643	3,303
	$R_W = R_{W/P} + R_{W/T}$		0,967	0,573	2,519
	$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T}$				
<b>Загалом</b>		<b>0,009</b>	<b>48,462</b>	<b>3,53</b>	<b><math>R_1 = 51,99</math></b>
<b>Допустимі</b>		<b><math>R_1 &gt; R_T</math>: Потрібний захист від блискавки</b>			<b><math>R_T = 1</math></b>

Оскільки  $R_1 = 51,99 \times 10^{-5}$  вище припустимого значення  $R_T = 1 \times 10^{-5}$ , то необхідно блискавкозахист для будівлі.

Ці домінуючі компоненти ризику можуть бути зменшені:

- якщо вся будівля з системою блискавкозахисту (LPS) відповідає компоненту зниження ІЕС 62305-3  $R_B$  через імовірність  $P_B$ . Зрівнювання потенціалів на вводах є обов'язковою вимогою LPS, що також дає

зможу знизити значення компонентів ризику  $R_U$  і  $R_V$  через зниження значення ймовірності  $P_{EB}$ ;

- забезпечити зони  $Z_2$  і  $Z_3$  із захисним заходам від наслідків пожеж (таких як вогнегасники, т.д.). Це дасть змогу знизити значення компонентів ризику  $R_B$  і  $R_V$  через понижувальний коефіцієнт  $r_p$ ;
- забезпечити зони  $Z_2$  і  $Z_3$  скоординованим захистом  $S_{PD}$ , який відповідає ІЕС 62305-4

для внутрішньої лінії електропередачі і телекомунікаційних систем. Це дає змогу знизити значення компонентів ризику  $R_C$  і  $R_M$ ,  $R_W$  через значення ймовірності  $P_{SPD}$ .

- забезпечити зони  $Z_2$  і  $Z_3$  адекватним просторовим щитом з сітки, який відповідає IEC 62305-4. Це дає змогу знизити значення компонентів ризику  $R_M$  через значення ймовірності  $P_M$ .

Комбінація різних заходів захисту дає змогу вибрати одне з таких рішень.

Рішення а):

- захистити будівлю з класу I LPS ( $P_B = 0,02$  включаючи також  $P_{EB} = 0,01$ );
- встановити скоординовані заходи захисту  $S_{PD}$  внутрішніх ліній високої напруги і телекомунікаційних систем в (1,5 x) краще, ніж LPL I ( $P_{SPD} = 0,005$ ) у зоні  $Z_2$ ;
- забезпечити зони  $Z_2$  і  $Z_3$  екраном з сітки, що має  $w_m = 0,5$  м.

Використовуючи це рішення, значення ризику з таблиці 3 змінюються до знижених значень, які представлені в таблиці 4.

**Таблиця 4**

КС: ризик  $R_1$  для захищеної будівлі (споруди) згідно з рішенням (а) (значення  $\times 10^{-5}$ )

Тип пошкодження	Символ	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	Будівля (споруда)
D <sub>1</sub> – травма внаслідок удару	$R_A$	» 0	» 0	» 0	» 0
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		» 0	» 0	» 0
D <sub>2</sub> – фізичне пошкодження	$R_B$		0,170	0,003	0,173
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		0,018	» 0	0,018
D <sub>3</sub> – збій внутрішніх систем	$R_C$		0,085	0,031	0,116
	$R_M$		0,012	» 0	0,012
	$R = R_{W/P} + R_{W/T}$		0,009	0,003	0,012
	$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T}$				
<b>Загалом</b>		<b>» 0</b>	<b>0,294</b>	<b>0,038</b>	<b><math>R_1 = 0,332</math></b>
<b>Допустимі</b>		<b><math>R_1 &lt; R_T</math>: Конструкція захищена для цього виду втрат</b>			<b><math>R_T = 1</math></b>

Рішення б):

- Захистити будівлю з LPS класу I ( $P_B = 0,02$  включаючи також  $P_{EB} = 0,01$ );
- Встановити пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD) внутрішніх ліній високої напруги та

телекомунікаційних систем в (3 x) краще, ніж LPL I ( $P_{SPD} = 0,001$ ) у зонах  $Z_2$  і  $Z_3$ ;

Використовуючи це рішення, значення ризику з таблиці 3 змінюються до знижених значень, які представлені в таблиці 5.

**Таблиця 5**

КС: ризик  $R_1$  для захищеної будівлі (споруди) згідно з рішенням (б) (значення  $\times 10^{-5}$ )

Тип пошкодження	Символ	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	Будівля (споруда)
D <sub>1</sub> – травма внаслідок удару	$R_A$	» 0	» 0	» 0	» 0
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		» 0	» 0	» 0
D <sub>2</sub> – фізичне пошкодження	$R_B$		0,170	0,003	0,173
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		0,018	» 0	0,018
D <sub>3</sub> – збій внутрішніх систем	$R_C$		0,017	0,006	0,023
	$R_M$		0,002	0,001	0,003
	$R = R_{W/P} + R_{W/T}$		0,002	0,001	0,003
	$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T}$				
<b>Загалом</b>		<b>» 0</b>	<b>0,209</b>	<b>0,011</b>	<b><math>R_1 = 0,220</math></b>
<b>Допустимі</b>		<b><math>R_1 &lt; R_T</math>: Конструкція захищена для цього виду втрат</b>			<b><math>R_T = 1</math></b>

Рішення с):

- Захистити будівлю з LPS класу I ( $P_B = 0,02$  включаючи також  $P_{EB} = 0,01$ );

- Встановити пристрої захисту від імпульсних перенапруг SPD внутрішніх ліній високої напруги та телекомунікаційних

- систем в (2 x) краще, ніж LPL I ( $P_{SPD} = 0,002$ ) у зонах  $Z_2$  і  $Z_3$ ;
- Забезпечити зони  $Z_2$  і  $Z_3$  екраном з сітки, що має  $w_m = 0,1$  м.

Використовуючи це рішення значення ризику з таблиці 3 змінюються до знижених значень, які представлені в таблиці 6.

**Таблиця 6**

КС: ризик  $R_1$  для захищеної будівлі (споруди) згідно з рішенням (с) (значення  $\times 10^{-5}$ )

Тип пошкодження	Символ	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	Будівля (споруда)
D <sub>1</sub> – травма внаслідок удару	$R_A$	» 0	» 0	» 0	» 0
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$		» 0	» 0	» 0
D <sub>2</sub> – фізичне пошкодження	$R_B$		0,170	0,003	0,173
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$		0,018	» 0	0,018
D <sub>3</sub> – збій внутрішніх систем	$R_C$		0,034	0,012	0,046
	$R_M$		» 0	» 0	» 0
	$R = R_{W/P} + R_{W/T}$		0,004	0,001	0,005
	$R_Z = R_{Z/P} + R_{Z/T}$				
<b>Загалом</b>		<b>» 0</b>	<b>0,226</b>	<b>0,016</b>	<b><math>R_1 = 0,242</math></b>
<b>Допустимі</b>		<b><math>R_1 &lt; R_T</math>: Конструкція захищена для цього виду втрат</b>			<b><math>R_T = 1</math></b>

При прийнятті кожного з рішень ризик знижується до припустимого рівня. Вибір та ухвалення остаточного рішення про заходи захисту повинен бути зроблений з урахуванням технічних досягнень та економічної ефективності від впровадження цих заходів.

*Ризик  $R_4$  – аналіз економічної ефективності*

Для економічної втрати  $L_4$  може бути оцінено відповідний ризик  $R_4$ . Усі параметри, необхідні для оцінювання компонентів ризику наведені в

таблицях 2.13 – 2.21 [10], де значення втрат  $L_X$  дійсні тільки для економічних втрат  $L_4$ . Тому тільки зони  $Z_2$  і  $Z_3$  релевантні, в той час як зона  $Z_1$  не враховується.

Річну економію коштів  $S_M$  визначають шляхом зіставлення витрат  $C_L$  для незахищеної будівлі з сумою витрат  $C_{RL}$  для захищеної будівлі та витратами на рік, на заходи захисту  $C_{PM}$ . Результати рішень а), б) та с) наведені у таблиці 7.

**Таблиця 7**

КС: річна економія грошей (значення в грн)

Назва	Символ	Рішення а)	Рішення б)	Рішення с)
Втрата для незахищеної будівлі (споруди)	$C_L$	55 710	55 710	55 710
Залишкова втрата для захищеної будівлі (споруди)	$C_{RL}$	261	180	198
Щорічна вартість захисту	$C_{PM}$	23 000	14 500	24 600
<b>Річна економія <math>S_M = C_L - (C_{RL} + C_{PM})</math></b>	<b><math>S_M</math></b>	<b>32449</b>	<b>41028</b>	<b>30912</b>

**Висновки.** Нехтування високим ризиком небезпечної події призводить до надмірної шкоди і більших непоправних втрат, з якими особа чи громада не зможе досягати сталого розвитку. Тому саме комплексний, системний підхід у досягненні безпеки, починаючи із стадії оцінювання, має враховувати як характеристики небезпеки, у т. ч. пожежної у відповідних об'єктах, так і особистий, індивідуальний ризик загибелі чи ушкодження.

Улаштування системи блискавкозахисту залежить від оцінки ризику, реакції власника, впливу контрольних органів. Тому актуальним є прийняття рішення про вживання заходів протипожежного захисту в процедурах оцінювання ризиків блискавко-

захисту, але воно також може бути прийняте не залежно від результатів оцінки ризику там, де є бажання уникнути неприйнятної ризику.

На цей час в Україні продовжується реформування системи технічного регулювання. На споживчому ринку допускається реалізація LPS без підтвердження відповідності вимогам безпеки. Внаслідок цього виробники, постачальники LPS і комплектуючих, споживачі та контролюючі органи стикаються з наслідками небезпеки грозової активності на об'єктах. Запропоновано в системі ДСНС України доповнити статистичний облік випадками загибелі від блискавки та конкретних обставин таких подій.

Розвиток нормативно-технічного регулювання у сфері безпеки на підставі гармонізації системи технічного регулювання в Україні з регламентами Європейського Союзу [6] приводить до необхідності удосконалення методичного і технічного забезпечення випробувально-дослідних установок виробничих та наукових лабораторій. На підставі цього буде досягатися відповідний рівень показників пожежної безпеки.

За результатами проведених досліджень отримані параметри блискавкозахисних систем різної комплектації із прийнятним розрахованим рівнем ризику. Опрацьована методологія придатна до застосування на інших об'єктах підвищеної небезпеки з перебуванням легкозаймистих рідин та горючих газів, з врахуванням конкретних геометричних розмірів та конфігурації технологічного обладнання.

### Список літератури:

1. Рудик Ю.І., Столярчук П.Г. Гармонізація з міжнародними стандартами нормативно-технічного регулювання вимог безпеки в Україні. *Вісник національного університету „Львівська політехніка”*. Автоматика, вимірювання та керування. 2009. № 639. – С. 196–202.

2. Lee J. Y. and Collins G. J. 2017 Risk analysis of lightning effects in aircraft systems IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT vol. 2017 (Piscataway, NJ: IEEE) pp. 1–9.

3. Смеляненко С.О., Кузик А.Д., Рудик Ю.І. Оцінка пожежного ризику у житлових будинках з електротехнічних причин. *Збірник наукових праць «Пожежна безпека» ЛДУ БЖД*. 2012. № 20. С. 105-110.

4. Selvi S., Rajapandian S. Analysis of lightning hazards in India International Journal of Disaster Risk Reduction, ISSN: 2212-4209, vol: 19, Page: 22-24.

5. Рудик Ю.І. Назаровець О.Б., Головатчук І.С. Сучасні підходи до влаштування системного блискавкозахисту споруд з урахуванням пожежної небезпеки та особистого ризику. *Збірник наукових праць «Пожежна безпека» ЛДУБЖД*. 2018. № 33. С. 105-110.

6. Amos Necci, Giacomo Antonioni, Valerio Cozzani, Elisabeth Krausmann, Alberto Borghetti, Carlo Alberto Nucci Assessment of lightning impact frequency for process equipment, Reliability Engineering & System Safety, Volume 130. 2014. pp. 95-105.

7. Chandima Gomes and Mohd Zainal Abidin Ab Kadir Challenges in the promotion of lightning protection know-how in developing world Proceedings of the 30th International Conference on Lightning Protection (ICLP). Cagliari. Italy. 2010.

8. Рудик Ю.І. Захист електроустановок від імпульсних грозових і комутаційних перенапруг. *Збірник наукових праць «Пожежна безпека» ЛДУБЖД*. 2010. №15. С. 89-95.

9. ДСТУ EN 62305-1:2012 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT) [Чинний від 2012-07-01] К. : Держстандарт України, 2012. (Національний стандарт України).

10. ДСТУ ІЕС 62305-2:2012 Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (ІЕС 62305-2:2011, IDT) [Чинний від 2012-07-01] К. : Держстандарт України, 2012. (Національний стандарт України).

11. ДСТУ EN 62305-3:2012 Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT) [Чинний від 2012-07-01] К. : Держстандарт України, 2012. (Національний стандарт України).

12. ДСТУ EN 62305-4:2012 Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2011, IDT) [Чинний від 2012-07-01] К. : Держстандарт України, 2012. (Національний стандарт України).

13. Curran E B., Holle R. L. and López R. E. Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to 1994 J. Clim. 2000. 13. 3448–3453

14. Holle R. L. A summary of recent national scale lightning fatality studies Weather Clim. Soc. 2016 8 35–42.

15. Chaudhury S. and Middey A. Effect of meteorological parameters and environmental pollution on thunderstorm and lightning activity over an urban metropolis of India Urb. Clim. 2013. 3. 67–75

16. Kingfield D. M., Calhoun K. M., de Beurs K. M. and Henebry G. M. 2018 Effects of city size on thunderstorm evolution revealed through a multiradar climatology of the central United States J. Appl. Meteorol. Climatol. 57. 295–317.

17. Abatzoglou J. T. and Williams A. P. 2016 Impact of anthropogenic climate change on wild life across western US forests Proc. Natl Acad. Sci. 113 11770–5.

### References:

1. Rudyk Yu. I., Stolyarchuk P. G. Harmonizaciya z mizhnarodnyimi standartamy normatyvno-tekhnichnogo regulyuvannya vymog bezpeky v Ukrayini. *Visnyk nacionalnogo universytetu „L`vivs`ka politexnika”*. Avtomatyka, vymiryuvannya ta keruvannya. 2009. №639. p. 196–202.

2. Lee J. Y. and Collins G. J. 2017 Risk analysis of lightning effects in aircraft systems IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT vol. 2017 (Piscataway, NJ: IEEE) pp 1–9

3. Yemelyanenko S. O., Kuzyk A. D., Rudyk Yu. I. Ocinka pozhezhnogo ryzyku u zhytlovyx budynkax z elektrotekhnichnyx prychnyn Pozhezhna bezpeka. Lviv. 2012. 20. p. 105-110.

4. Selvi S., Rajapandian S. Analysis of lightning hazards in India International Journal of Disaster Risk Reduction, ISSN: 2212-4209, Vol: 19, Page: 22-24
5. Rudyk, Y., Nazarovets, O., Golovatchuk, I. Current approaches in the system lightning protection arrangement of buildings in view of fire hazard and personal risk. *FireSafety*. 2018. 33. 88-94. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.33.2018.12>
6. Amos Necci, Giacomo Antonioni, Valerio Cozzani, Elisabeth Krausmann, Alberto Borghetti, Carlo Alberto Nucci Assessment of lightning impact frequency for process equipment, Reliability Engineering & System Safety, Volume 130, 2014, pp. 95-105.
7. Chandima Gomes and Mohd Zainal Abidin Ab Kadir Challenges in the promotion of lightning protection know-how in developing world Proceedings of the 30th International Conference on Lightning Protection (ICLP), Cagliari, Italy, 2010.
8. Rudyk Yu. I. Zaxyst elektroustanovok vid impulsnyx grozovyx I komutacijnyx perenaprug. *Fire Safety*. 2010. 15, 89-95.
9. DSTU EN 62305-1:2012 Blyskavkozakhyst - Part 1: General principles [Effective from 2012-07-01]. K. :Derzhstandart of Ukraine, 2012. (National Standard of Ukraine)
10. DSTU IEC 62305-2:2012 Blyskavkozakhyst - Part 2: Risk management [Effective from 2012-07-01]. K. :Derzhstandart of Ukraine, 2012. (National Standard of Ukraine)
11. DSTU EN 62305-3:2012 Blyskavkozakhyst - Part 3: Physical damage to structures and life hazard [Effective from 2012-07-01]. K. : Derzhstandart of Ukraine, 2012. (National Standard of Ukraine)
12. DSTU EN 62305-4:2012 Blyskavkozakhyst - Part 4: Electrical and electronic systems within structures [Effective from 2012-07-01]. K.: Derzhstandart of Ukraine, 2012. (National Standard of Ukraine)
13. Curran E B., Holle R. L. and López R. E. Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to 1994 J. Clim. 2000 13 3448–3453
14. Holle R. L. A summary of recent national scale lightning fatality studies Weather Clim. Soc. 2016 8 35–42
15. Chaudhury S. and Middey A. Effect of meteorological parameters and environmental pollution on thunderstorm and lightning activity over an urban metropolis of India Urb. Clim. 2013 3 67–75
16. Kingfield D. M., Calhoun K. M., de Beurs K. M. and Henebry G. M. 2018 Effects of city size on thunderstorm volution revealed through a multiradar climatology of the central United States J. Appl. Meteorol. Climatol. 57295–317.
- Abatzoglou J. T. and Williams A. P. 2016 Impact of anthropogenic climate change on wild life across western US forests Proc. Natl Acad. Sci. 113 11770–5.

\* Науково-методична стаття