

*О.В. Кулаков, к.т.н., доцент, проф. каф., НУЦЗУ,
А.М. Катунін, к.т.н., с.н.с., доцент каф., НУЦЗУ*

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

(представлено д.т.н. Куценко Л.М.)

Досліджено методи розрахунку блискавкозахисту об'єктів Збройних Сил України. Проаналізовано порядок застосування для розрахунку форми та розміру зони захисту (захищуваного об'єму) чотирьох методів: методу сфери, що котиться, методу захисного кута та двох ймовірнісних методів. На прикладі стрижня Франкліну (одиночного стрижнєвого блискавковідводу) проілюстровано порядок застосування вказаних методів. За результатами дослідження рекомендовано для захисту від прямих влучень блискавки усіх об'єктів Збройних сил України застосування методів євростандарту EN 62305.

Ключеві слова: блискавка, захист від блискавки, метод захисного кута, метод сфери, що котиться, ймовірнісний метод.

Постановка проблеми. За статистичними даними [1] в Україні кількість пожеж, обумовлених розрядами блискавки, є незначною (внаслідок наявності блискавкозахисних пристроїв на об'єктах, де це вимагалося за правилами, діючими на момент їх будівництва). Але практично кожна пожежа від блискавки призводить до значних матеріальних та людських втрат. Відповідно до вимог [2] запобігання появі в горючому середовищі джерел запалювання повинно досягатися, зокрема, улаштуванням блискавкозахисту для будинків та споруд.

Резонансні пожежі на арсеналах та складах боєприпасів Збройних сил України (м. Ічня, Чернігівської області, жовтень 2018 року [3]; м. Артемівськ (Бахмут) Донецької області, жовтень 2003 року; м. Новобогданівка Запорізької області, травень 2004 року, липень 2005 року, серпень 2006 року, травень 2007 року; м. Лозова Харківської області, серпень 2008 року; м. Сватово Луганської області, жовтень 2015 року; м. Балаклія Харківської області, березень 2017 року; м. Калінівка Вінницької області, вересень 2017 року [4] тощо) вимагають підвищеної уваги до забезпечення їх пожежної безпеки, зокрема захисту від влучення блискавки.

Тому проблема забезпечення блискавкозахисту об'єктів Збройних Сил України є актуальною.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Відповідно з вимогами Правил [5] (п.1.18) будинки, споруди та зовнішні установки у військових частинах повинні бути обладнані блискавкозахисними пристроями відповідно до вимог [6] та РД 34.21.122-87.

З 01 січня 2009 року Наказом від 27.06.2008 р. № 269 Міністерства регіонального розвитку та будівництва України щодо блискавкозахисту

замість РД 34.21.122-87 введено національний стандарт [7]. Стандарт [7] має ступінь відповідності NEC стосовно міжнародного стандарту IEC 62305:2006 (нееквівалентний або такий стандарт, що не передбачає прийняття міжнародного нормативного документу як національного) [8].

З 01 серпня 2012 року «методом підтвердження» в Україні без скасування [6] було введено Європейські норми з улаштування блискавкозахисту [9-12].

В роботі [13] проведено порівняння виду та розміру об'ємів, що захищаються одиничним стрижневим перехоплювачем блискавки, розрахованих ймовірнісним методом [7] та методом сфери, що котиться (rolling sphere design method) [11]. В роботі [14] до порівняння додано метод захисного кута (protection angle design method) [11].

Не дослідженими залишаються особливості застосування методу будівельних норм [6], діючих для об'єктів Збройних Сил України.

Постановка завдання та його вирішення. Проведемо дослідження методів розрахунку блискавкозахисту за нормами [6], [7] та [9-12]. Обмежимося тільки зовнішнім блискавкозахистом (захистом від прямих влучень блискавки).

За усіма документами об'єкти за блискавкозахистом класифікуються, вводиться поняття надійності захисту, застосовуються однакові види блискавкоприймачів (одиничні, подвійні, багатократні стрижньові, тросові різної конфігурації, сітчасті), пропонуються методи розрахунку розмірів зон захисту блискавкоприймачів.

Різниця є у підходах до необхідності захисту від блискавки.

Євростандарт [10] пропонує управління ризиком для пошкодження об'єктів внаслідок влучення блискавки. Типовими є наступні допустимі значення ризиків:

- загибель або травмування людей – $R_T=10^{-5}$ 1/рік,
- порушення комунального обслуговування – $R_T=10^{-3}$ 1/рік,
- втрата культурних цінностей – $R_T=10^{-3}$ 1/рік.

Управління ризиком означає вибір можливих заходів захисту від блискавки з метою зниження ризику до допустимого або більш низького значення.

За рекомендаціями таблиці 5 євростандарту [9] ймовірність того, що можливі параметри струму блискавки відповідають мінімально та максимально припустимим значенням для I рівня захисту складає 0,99, II рівня – 0,97 та 0,98, III рівня – 0,91 та 0,95, IV рівня – 0,84 та 0,95 відповідно.

Євростандарт [11] пропонує застосування розрахункових методів захисного кута (protection angle design method), та сфери, що котиться (rolling sphere design method). В якості ефективного методу захисту плоских поверхонь, пропонується застосування захисних сіток (mesh method). Найбільш точним, з методів, що перелічено, вважається метод сфери, що котиться, який може бути застосований при проектуванні системи блискавкозахисту (або оцінці надійності існуючої) для будівель та споруд будь-якої складної форми. В основу цього методу покладено науково об-

грунтоване уявлення про фізичну природу процесу орієнтування блискавки на об'єкт ураження. Дистанція, з якої блискавка може уразити об'єкт, залежить від величини потенціалу на головці лідеру блискавки, та знаходиться в межах від 10 м до 200 м. При цьому, зона ураження має форму півкулі. Напрямок, в якому найбільш вірогідне проростання каналу блискавки, визначається найближчою точкою системи (будівлі сумісно з системою блискавкозахисту), яка має зв'язок з землею [13].

Метод захисного кута [11] підходить для об'єктів простої форми.

Стандарт [7] встановлює детермінований підхід до захисту об'єктів від блискавки. Об'єкти класифікуються на звичайні (промислові підприємства, тваринницькі і птахівничі будівлі і споруди, житлові і адміністративні будівлі тощо) та спеціальні (об'єкти, що становлять небезпеку для безпосереднього оточення, об'єкти, що становлять небезпеку для екології, об'єкти з обмеженою небезпекою та інші). Для об'єктів встановлюється чотири рівня захисту від прямих ударів блискавки. Для I рівня захисту надійність захисту складає $0,99 \div 0,999$, II – $0,95 \div 0,99$, III – $0,9 \div 0,85$, IV – не нижче 0,85 (тобто євростандарту не відповідає).

Визначення необхідності виконання блискавкозахисту об'єкту від прямих ударів блискавки та мінімально необхідних рівнів блискавкозахисту здійснюється залежно від ступеня небезпеки об'єкту та очікуваної кількості уражень об'єкта за рік.

Розрахунок форми та розміру зон захисту за національним нормативним документом [7] проводиться ймовірнісним методом за відповідними напівемпіричними формулами, виведеними з геометричних міркувань [15].

Національний стандарт [7] не заперечує застосування методів розрахунку зон захисту за [11].

Будівлі та споруди загальновійськового та спеціального призначення за ступенем необхідності блискавкозахисту поділяються на три категорії (I, II, III), при цьому найвищою є I категорія [6]. Категорія об'єкту визначається залежно від його призначення, інтенсивності грозової діяльності в районі його розташування та очікуваної кількості поразок блискавкою в рік.

Аналіз норм [6] дозволяє зробити висновок, що використаний в них метод слід вважати різновидом ймовірнісного методу, побудованим на принципах, що застосовувалися у скасованому з 2009 року РД 34.21.122-87. Але іншими є введені класифікації та математичний апарат.

Для стрижневих та тросових блискавковідводів встановлюється тип зони захисту: А, Б або В, при яких будівля або споруда є захищеною з надійністю 0,9999, 0,999 або 0,99 відповідно. Розрахунок форми та розміру зон захисту, проводиться за оригінальними математичними формулами.

Для практичного порівняння при приблизно однакових умовах визначимо форму та розрахуємо розміри зони захисту одиничного стрижневого блискавковідводу (стрижня Франкліну згідно [9-12]), чотирма методами: методом сфери, що котиться, та методом захисного кута [11],

ймовірнісним методом [7], ймовірнісним методом [6].

Припустимо, що висота одиничного стрижньового блискавковідводу $h = 20$ м.

За євростандартом [11] найвищим є I клас системи блискавкозахисту. При застосування методу сфери, що котиться, радіус цієї сфери дорівнює $r_c = 20$ м (таблиця 2 [11]).

При застосуванні методу захисного кута для блискавковідводу висотою $h = 20$ м I-го класу системи блискавкозахисту захисний кут $\alpha \approx 23^\circ$ (рисунок таблиці 2 [11]). З геометричних міркувань при цьому радіус конусу зони захисту $r_k \approx 7,6$ м.

При застосуванні ймовірнісного методу [7] I клас системи блискавкозахисту згідно [11] приблизно відповідає об'єкту I рівня блискавкозахисту. Згідно п. 6.1.5 [7] I рівень блискавкозахисту забезпечує надійність захисту від прямих влучень блискавки $0,99 \div 0,999$. За вимогами таблиці 10 [7] зона захисту одиничного стрижньового блискавковідводу висотою h являє собою круговий конус висотою h_{01} з радіусом основи r_{01} . Для блискавковідводу висотою $h = 20$ м конус зони захисту для максимального рівня надійності $0,999$ має розміри: $h_{01} = 0,7 \cdot h = 14$ м, $r_{01} = 0,6 \cdot h = 12$ м.

При застосуванні ймовірнісного методу [6] I клас системи блискавкозахисту згідно [11] приблизно відповідає I категорії блискавкозахисту об'єкту. Надійність захисту від прямих влучень блискавки $0,999$ згідно [7] відповідає зоні захисту Б (надійність захисту $0,999$) блискавковідводу згідно [6]. За вимогами розділу 5.2 [6] зона захисту одиничного стрижньового блискавковідводу висотою h являє собою круговий конус висотою h_{02} з радіусом основи r_{02} . Для блискавковідводу висотою $h = 20$ м конус зони захисту Б має розміри: $h_{02} = (0,85 - 0,0009 \cdot h) \cdot h = 16,6$ м, $r_{02} = (1 - 0,002 \cdot h) \cdot h = 19,2$ м.

На рис. 1 приведено переріз у вертикальній площині зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу, що розраховано:

- методом сфери, що котиться, [11] – вертикальний штрих;
- методом захисного кута [11] – нахильний вправо штрих;
- ймовірнісним методом [7] – горизонтальний штрих;
- ймовірнісним методом [6] – нахильний вліво штрих.

З рисунку видно, що жоден з чотирьох застосованих методів не дає однозначно найжорсткіших умов захисту від прямих ударів блискавки.

Найбільш усередненою є зона захисту (захищуваний об'єм) у вигляді прямого конусу, отримана ймовірнісним методом [7]. Методом сфери, що котиться, [11] отримано вузьку але більш високу та широку в основі зону захисту. Захищуваний об'єм, розрахований методом захисного кута, [11] є конусом з висотою, що дорівнює висоті стрижня Франкліна з основою найменшого радіусу. Нарешті зона захисту, розрахована ймовірнісним методом [6], призначеним для об'єктів Збройних Сил

України, є конусом висотою меншою, ніж отримана методом захисного кута [11], але більшою, ніж отримана ймовірнісним методом [7], та основою найбільшого радіусу порівняно з результатами усіх розрахунків.

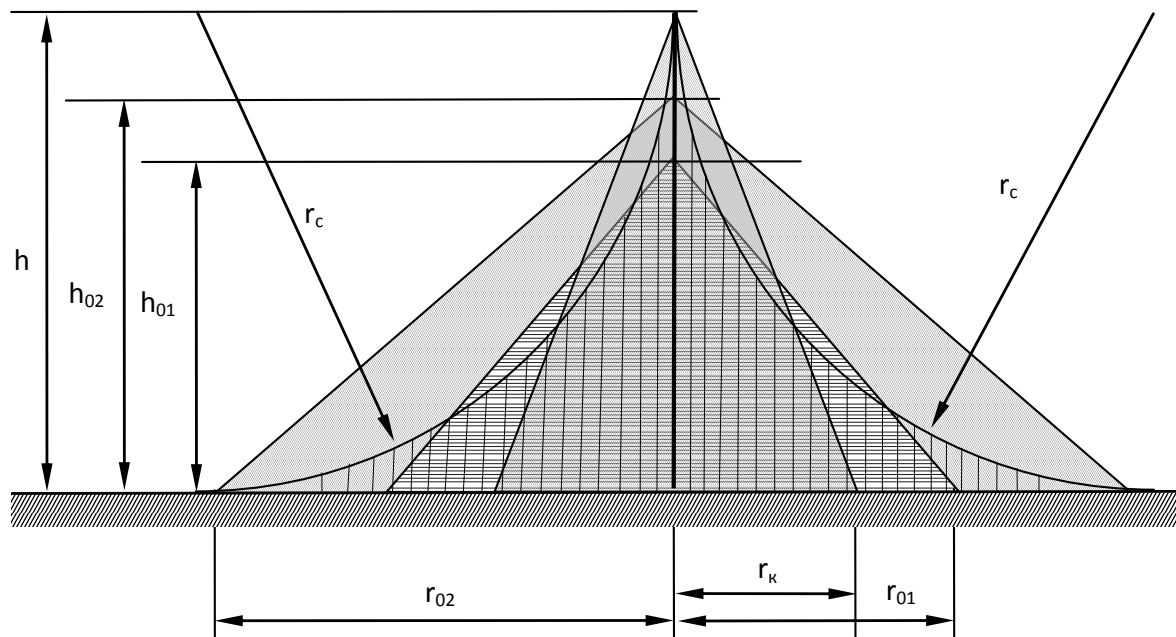


Рис. 1. Переріз у вертикальній площині зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу, що розраховано різними методами: метод сфери, що котиться, [11] – вертикальний штрих; метод захисного кута [11] – нахильний вправо штрих; ймовірнісний метод [7] – горизонтальний штрих; ймовірнісний метод [6] – нахильний вліво штрих

Можливо зробити висновок, що найбільшим є захищений об'єм, що розраховано ймовірнісним методом [6], що саме і є обов'язковим для будинків, споруд та зовнішніх установок у військових частинах. Тобто вимоги до улаштування зовнішнього блискавкозахисту об'єктів Збройних Сил України є найменш жорсткими, що не є логічним – виходячи зі специфіки таких об'єктів, вимоги до улаштування їх блискавкозахисту повинні бути найбільш жорсткими з усіх відомих.

Висновки. При дослідженні методів розрахунку блискавкозахисту об'єктів Збройних Сил України проаналізовано порядок застосування для розрахунку форми та розміру зони захисту (захищеного об'єму) чотирьох методів: ймовірнісного методу ВСН 58, ймовірнісного методу ДСТУ Б В.2.5-38, методу сфери, що котиться, та методу захисного кута євростандарту EN 62305.

На прикладі стрижня Франкліну (одиничного стрижньового блискавковідводу) проілюстровано порядок застосування вказаних методів. Показано, що найбільшим (й, відповідно, найменш жорстким) з усіх досліджених є захищений об'єм, що розраховано ймовірнісним методом ВСН 58, що саме і є обов'язковим для будинків, споруд та зовнішніх установок у військових частинах.

Таким чином, враховуючі жахливі наслідки резонансних пожеж на

арсеналах та складах боеприпасів Збройних сил України, для захисту від прямих влучень блискавки усіх об'єктів Збройних Сил України доцільним є перехід на застосування методів EN 62305.

ЛІТЕРАТУРА

1. Статистика пожеж [Електронний ресурс] / Офіційний веб-портал Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту // – Режим доступу: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/СТАТИСТИКА-ПОЖЕЖИ.html>.

2. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – [Введен 1992-07-01. Дата отмены действия 2019-01-01]. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с. – (Межгосударственный стандарт).

3. В Черниговской области взорвался склад боеприпасов [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bigkiev.com.ua/content/v-chernigovskoy-oblasti-vzorvalsya-sklad-boeprapasov>.

4. Взрывы на складах боеприпасов в Украине. История катастроф [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://gordonua.com/publications/vzryvy-na-skladah-boeprapasov-v-ukraine-istoriya-katastrof-179716.html>.

5. НАПБ 01.042-2007. Правила пожежної безпеки для військових частин, закладів, установ та організацій Збройних Сил України. Затверджено Наказом № 372 Міністра оборони України від 25.06.2007.

6. Инструкция по проектированию, устройству и эксплуатации молниезащиты и защиты от статического электричества зданий и сооружений Министерства обороны: ВСН 58-87. – [Введен 1987-11-01]. – Москва: Министерство обороны, 1987. – 113 с. – (Ведомственные строительные нормы).

7. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (IEC 62305:2006 NEC): ДСТУ Б В.2.5-38:2008. – [Чинний від 2009-01-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008 – 63 с. – (Національний стандарт України).

8. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів (ISO/IEC Guide 21-1:2005, NEQ; ISO/IEC Guide 21-2:2005, NEQ): ДСТУ 1.7:2015. – [Чинний від 2015-12-20]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – IV, 30 с. – (Національний стандарт України).

9. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-1:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. – (Національний стандарт України).

10. Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-2:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. – (Національний стандарт України).

11. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-3:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. – (Національний стандарт України).

12. Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні сис-

теми, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-4:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).

13. Кулаков О.В. Анализ методов расчета блискавозахисту будинків та споруд [Електронний ресурс] / О.В. Кулаков, В.В. Князев // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. НУГЗ Украины. – 2009. – Вып. 25. – С. 94-98. – Режим доступа: http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol25/kulakov_knev.pdf.

14. Анализ методов расчета блискавозахисту об'єктів [Електронний ресурс] / [О.В. Кулаков, А.С. Кирилук, А.М. Катунін, О.С. Лісін] // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. НУГЗ Украины. – 2016. – Вып. 40. – С. 123-129. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol40/kulakov.pdf>.

15. Расчетное определение вероятности поражения молнией наземных объектов / [М.М. Резинкина, В.В. Князев, В.И. Кравченко] // Журнал технической физики. – 2007. – Т. 77, № 1. – С. 63-68.

Отримано редколлегією 17.09.2018

О.В. Кулаков, А.Н. Катунин

Исследование методов расчета молниезащиты объектов Вооруженных Сил Украины

Исследованы методы расчета молниезащиты объектов Вооруженных Сил Украины. Проанализирован порядок применения для расчета формы и размера зоны защиты (защищаемого объема) четырех методов: метода катящейся сферы, метода защитного угла и двух вероятностных методов. На примере стержня Франклина (единичного стержневого молниеотвода) проиллюстрирован порядок применения указанных методов. По результатам исследования рекомендовано для защиты от прямых попаданий молнии всех объектов Вооруженных сил Украины применение методов евростандарта EN 62305.

Ключевые слова: молния, защита от молнии, метод защитного угла, метод катящейся сферы, вероятностный метод.

O. Kulakov, A. Katunin

Research of methods of calculation protection against lightning objects of Military Powers of Ukraine

Investigational of methods of calculation protection against lightning of objects of Military Powers of Ukraine. The order of application is analysed for the calculation of form and size of zone of defence (volume of defence) of four methods: rolling sphere design method, protection angle design method and two probabilistic methods. On the example of bar to Franklin (single cored lightning-rod) the order of application of the indicated methods is illustrated. On results research it is recommended for protecting from the direct hits of lightning of all objects of Military Powers of Ukraine of application of norms of EN 62305.

Keywords: lightning, protection against lightning, the protection angle method, the rolling sphere method, probabilistic method.