

Студентська конкурсна робота

**ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ
БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Шифр «Блискавкозахист»

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ОЦІНКИ НЕОБХІДНОСТІ СИСТЕМ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	5
1.1 Рівень знань громадян України, щодо небезпеки, яку можуть становити удари блискавки під час грози.....	5
1.2 Виявлення і аналіз частоти ударів блискавки	5
1.3 Методологія оцінювання можливих ризиків під час грози	7
1.4 Оцінка рівня захисту нині існуючих систем блискавкозахисту в Україні	10
2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ВИБОРУ ВІДПОВІДНОЇ СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ	12
2.1 Нормативні вимоги для розрахунку блискавкозахисту	12
2.2 Види систем блискавкозахисту будівель і споруд.....	12
2.3 Необхідність влаштування LPS та рівень блискавкозахисту	14
2.4 Аналіз методів уникнення блискавок	15
2.5 Розрахунок та розміщення блискавкоприймачів	16
2.6 Розрахунок та розміщення доземних провідників.....	22
2.7 Розрахунок та розміщення заземлювачів	24
3 ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ НЕОБХІДНОЇ СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ	27
ВИСНОВКИ.....	29
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	31
ДОДАТКИ.....	33

ВСТУП

Лінійні блискавки є природнім атмосферним явищем і мають величезну потужність - кожен удар може мати напругу до мільйона вольт і струм до сотні тисяч ампер. В середньому земну поверхню щосекунди вдаряють сотня блискавок. Коли удар взаємодіє з лініями електропередач або спорудами чи іншими об'єктами, то відбувається стрибок напруги, який може нанести значні пошкодження як обладнанню приєднаного до електричної мережі, так і людям, які знаходитимуться в спорудах.

Актуальність теми конкурсної роботи: Якщо розряд блискавки влучить у житловий будинок чи споруду, це призведе до великих матеріальних втрат, а саме: механічного пошкодження покрівлі, руйнування фасаду будівлі; виникнення пожеж; виходу з ладу багатьох систем життєзабезпечення будинку, в тому числі, електронного та електричного обладнання. Але головне те, що у цьому випадку з'являється загроза для безпеки людей і тварин, які знаходяться в будівлі або поряд із нею.

Згідно з принципом ALARA (*As Low As Reasonably Achievable* – один із основних критеріїв, сформульований у 1954 році Міжнародною Комісією з радіологічного захисту з метою мінімізації шкідливого впливу іонізуючої радіації), застосовуваним у постіндустріальних країнах, цей ризик, як і інші, має бути знижений настільки, наскільки це можливо. Нинішній рівень використання систем блискавкозахисту в Україні дуже мізерний – він становить приблизно 3–5 відсотків. Проте нехтування високим ризиком небезпечної події призводить до загибелі людей – за даними [1] кожного року у світі від удару блискавки гине близько 6000 людей. Така ситуація призводить також до надмірної матеріальної шкоди і значних непоправних втрат, з якими особа чи громада не в змозі впоратись своїми силами), що руйнує як особисті плани, так і плани з розвитку громади. Тому саме комплексний, системний підхід у досягненні безпеки, починаючи із стадії оцінювання, з врахуванням як характеристики небезпеки, так і особистий, індивідуальний ризик загибелі чи ушкодження, допоможе захиститися від небезпеки під час грози.

На будівлі будь-якого підприємства необхідно виконати установку системи блискавкозахисту, яка є незамінним елементом техніки безпеки і в разі удару блискавки зможе вберегти від людських жертв і великих фінансових збитків. У процесі роботи над проектом системи в облік беруться такі фактори, як призначення виробництва, особливості його конструкції та розміщення об'єкта, для визначення частоти ударів блискавки. Професійно спроектована і змонтована система блискавкозахисту – найкраща інвестиція в безпеку підприємства. Завдяки довговічності системи і її надійності, власник нерухомості може бути впевнений у безпеці персоналу і всього об'єкта. [2]

Об'єкт дослідження: Системи блискавкозахисту.

Предмет дослідження: Теоретичні методи розрахунку та вибору системи блискавкозахисту для будівлі чи споруди за відповідним рівнем ризику прямого удару блискавки під час грози.

Мета роботи: Розробка комплексного методу попередження надзвичайних ситуацій під час використання систем блискавкозахисту.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ОЦІНКИ НЕОБХІДНОСТІ СИСТЕМ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1 Дослідження рівня знань громадян України, щодо небезпеки, яку можуть становити удари блискавки під час грози

Світова статистика стверджує, що кожного року на планеті від ударів блискавки гине приблизно 6 000 осіб, а 240 000 отримують травми. Але причина підвищення рівня смертності не в активізації блискавиці, оскільки це явище частішим не стало. Я вважаю, що зростання статистики смертності значною мірою зумовлене з діями самих потерпілих. Саме через необережність та незнання правил поведінки під час грози призводить до трагедій. Як розповів метеоролог Олександр Білик: «Що стосується смертності, то, наприклад, останній випадок, про який я читав, це була 17-літня дівчина, яка працювала в полі разом із бригадою. Основна причина, чому блискавка влучила саме в неї, дуже банальна – мобільний телефон. Є певні правила поведінки людей під час блискавиці і одне з перших забороняє використання мобільних телефонів».[3]

Провівши опитування серед громадян міста Києва можна зробити висновок, що більшість з опитуваних не знають усіх правил техніки безпеки під час грози, але якщо й знають, то дотримуються їх лише частково. Також, є люди, які жартівливо відносяться до даної теми і не вважають її достатньо важливою для обговорення, не підозрюючи, що дана інформація колись може вберегти їхнє життя. Серед опитуваних, виявлено лише 7% громадян, які знають більшість правил і дотримуються їх. Дана статистика спонукає задуматися про важливість проведення соціальних оголошень та реклам, які б заохотили більше людей поглиблювати свої знання в даній сфері, тобто, досліджувати методи захисту себе та своєї оселі під час грози.

1.2 Виявлення і аналіз частоти ударів блискавки

Виявлення місця удару блискавки можливе при використанні методики часу прибуття (TOA - Time Of Arrival) базується на визначення характеристик електромагнітної хвилі: часу наростання фронту імпульсу, часу досягнення

максимуму сигналу, моменту перетину даного сигналу через нуль, який вимірюється одночасно на декількох станціях. Різниця моментів часу t_1 , t_2 приходу сигналу між двома наземними станціями 1 та 2 визначає гіперболу, а використання декількох пар датчиків дозволяє побудувати декілька гіпербол, місце перетину яких визначає місцезнаходження удару блискавки, що відбувся в момент часу t_0 . За певних умов дві із трьох гіпербол можуть співпасти, що призведе до не визначеності у координатах місця удару блискавки. Таким чином для точного виявлення розташування місця ураження потрібно що найменше чотири станції.

Для коректної роботи дані системи синхронізують час по GPS, але через наявність фіксованої випадкової похибки вимірювання часу призводить до фіксованої випадкової похибки у обчисленні місця удару блискавки. Причому помилка у обчисленні точки ураження прямопропорційна випадковій похибці вимірювання часу і не залежить від відстані між датчиками та місцем удари блискавки. Дана похибка не впливає на визначення напрямку удару (MDF), тому для збільшення точності визначення місця удару ці дві методики поєднуються в даний час в системах NLDN, SAFIR. Фінська компанія VAISALA має у своєму складі продукції систему для детектування блискавок SAFIR, що побудована на базі сенсора VS8000, яка працює за принципом інтерферометрії та TOA.

Інтерферометрія - це техніка, яка базується на визначенні фазових відмінностей сигналу між антенами, які вимірюють у спектрі VHF і тому не можуть точно вимірювати сигнал, що надійшов із великою відстаней через його згасання, що пов'язано із великою частотою. Метод визначення магнітного напрямку (MDF) використовує дві ортогонально розташовані антени для вимірювання амплітуди магнітного поля спричиненого блискавкою. Відношення виміряних амплітуд кожною антеною, може використовуватись для визначення азимуту місця удару блискавки по відношенню до розташування антен, що дає вектор напрямку. Перетин двох або більше векторів, які зафіксували один і той же розряд блискавки, дає точне місце розряду.

Однак, кожен вектор азимуту має випадкову кутову похибку і також може мати систематичну кутову похибку, причому остання може бути викликана об'єктами по яким протікає струм, такими як підстанції, ЛЕП, що розташовуються поблизу антен. Це означає, що при збільшенні відстані буде збільшуватись площа ймовірного місця удару блискавки утворена перетином двох або більше станцій, що зафіксували удар. [4]

1.3 Методологія оцінювання можливих ризиків під час грози

Для запобігання шкоди в результаті удару блискавки, необхідні цілеспрямовані заходи захисту для будівельних об'єктів. Описаний в стандарті EN 62305-2: 2012-03 менеджмент ризику заснований на оцінці ризику, за допомогою якої можливо визначити доцільність захисту будівлі (споруди) в разі удару блискавки. [5]

Для визначення можливих ризиків розглядається об'єкт без будь-яких заходів захисту (поточний стан). Імовірність виникнення небезпечних наслідків, викликаних прямими (а також віддаленими) ударами блискавки в будинок (споруду) та його комунікації називають ризиком можливих втрат R . Ризик R враховує можливі втрати за рік.

Для будівлі (споруди) розрізняють наступні види ризику:

- Ризик $R1$: ризик загибелі і травмування людей;
- Ризик $R2$: ризик руйнування суспільних комунікацій;
- Ризик $R3$: ризик нанесення шкоди об'єктам культурного призначення;
- Ризик $R4$: ризик економічних втрат.

Залежно від прийнятого підходу до аналізу ризику можуть бути оцінені в сумі або окремо для кожного виду. Для кожного виду ризику визначається допустиме значення. Розрахунок допустимих значень проводять як з технічної, так і економічної точок зору, з огляду на різні заходи захисту від блискавки, наприклад, наявність зовнішньої системи блискавкозахисту згідно з вимогами EN 62305-3: 2011-02, а також захисту від вторинних впливів за допомогою ПЗІП, згідно з вимогами EN 62305-4: 2011-02. [6]

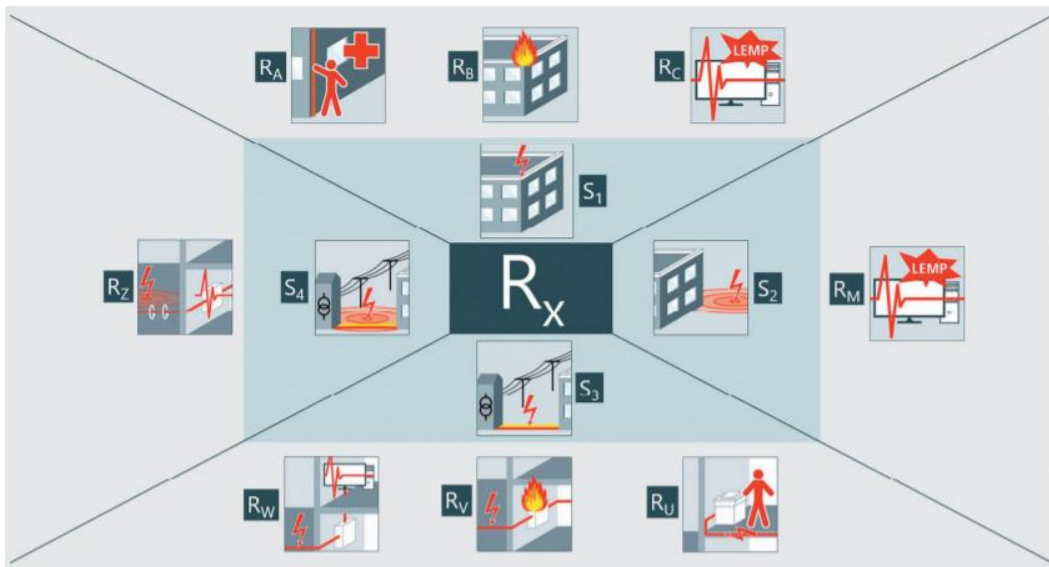


Рисунок 1 – Небезпеки та втрати, які стосуються будівлі(споруди) відповідно до різних точок ураження блискавкою

Для більш точних розрахунків ризику розглядаються детальніше. Кожний ризик представляє собою суму компонентів ризику.

Кожен компонент ризику являє собою певну небезпеку, що в результаті визначає значення можливих втрат. При аналізі слід розглядати такі види втрат: Компоненти ризику і пов'язані з ними види втрат в залежності від місця удару блискавки наводяться нижче. Компоненти ризику згруповані в залежності від джерела ушкоджень.

Джерело пошкоджень S1: Компоненти ризику для будівлі (споруди) при ударі блискавки в будівлю (споруду).

RA Компонент ризику нанесення шкоди живим істотам в результаті ураження електричним струмом при ударі блискавки в будинок (споруду) або стрибку напруги на відстані 3 м від струмовідводу. Можуть виникнути також втрати типу L1 і, в разі коли в будинку (споруді) містяться домашні тварини, втрати типу L4.

RB Компонент ризику фізичного пошкодження будівлі (споруди), викликаного іскрінням в будинку (споруді), яке може привести до вибуху або пожежі і наразити на небезпеку довкілля. В цьому випадку можуть виникнути всі типи втрат (L1, L2, L3 і L4).

RC Компонент ризику відмови внутрішніх систем, викликаного LEMP

при ударі блискавки.

Втрати типу L2 і L4 можуть відбуватися у всіх випадках разом з втратами типу L1 для будівлі (споруди) з небезпекою виникнення вибуху, а також лікарень та інших будівель (споруд), де відмова внутрішніх систем відразу створює небезпеку загибелі і травмування людей.

Джерело пошкоджень S2: Компоненти ризику для будівлі (споруди) при ударі блискавки біля будівлі (споруди).

RM Компонент ризику відмови внутрішніх систем, викликаного LEMP при ударі блискавки.

Втрати типу L2 і L4 можуть відбутися у всіх випадках разом з втратами типу L1 для будівлі (споруди) з небезпекою виникнення вибуху, а також лікарень та інших будівель (споруд), де відмова внутрішніх систем відразу створює небезпеку загибелі і травмування людей.

Джерело пошкоджень S3: Компоненти ризику для будівлі (споруди) при ударі блискавки у входні лінії комунікацій будівлі (споруди).

RU Компонент ризику нанесення шкоди живим істотам в результаті ураження електричним струмом при ударі блискавки в будинок (споруду) або стрибку напруги всередині будівлі (споруди). В цьому випадку можуть відбутися втрати типу L1, а в сільській місцевості втрати типу L4 з можливістю загибелі і травмування тварин.

RV Компонент ризику фізичного пошкодження будівлі (споруди) (пожежа або вибух, викликані іскрінням між зовнішніми інженерними мережами та металевими частинами, зазвичай в точці введення ліній комунікацій), викликаного струмом блискавки, наведеним через входні лінії комунікації. В цьому випадку можуть виникнути всі типи втрат (L1, L2, L3, L4).

RW Компонент ризику відмови внутрішніх систем, викликаного стрибками напруги у входних лініях комунікацій. Втрати типу L2 і L4 можуть відбутися у всіх випадках разом з втратами типу L1 для будівель (споруд) з небезпекою виникнення вибуху, а також лікарень та інших будівель (споруд), де відмова внутрішніх систем відразу створює небезпеку загибелі і травмування

людей.

Джерело пошкоджень S4: Компоненти ризику для будівлі (споруди) при ударі блискавки біля входних ліній комунікацій будівлі (споруди).

RZ Компонент ризику відмови внутрішніх систем, викликаний перенапруженням на лініях комунікацій. Втрати типу L2 і L4 можуть відбутися у всіх випадках разом з втратами типу L1 для будівель (споруд) з небезпекою виникнення вибуху, а також лікарень та інших будівель (споруд), де відмова внутрішніх систем відразу створює небезпеку загибелі і травмування людей.

За рівнем значень компонентів ризику може бути проведений аналіз ймовірності пошкоджень та обрані необхідні заходи захисту для зниження можливих втрат.

1.4 Оцінка рівня захисту нині існуючих систем блискавкозахисту в Україні

Внаслідок застарілості систем блискавкозахисту та їх невідповідності сучасним протипожежним вимогам, в грозовий сезон постійно зростає кількість нещасних випадків — це пожежі, ураження електричним струмом людей, а також вихід з ладу дороговартісної техніки. У сусідніх європейських країнах понад 80% споруд забезпечені системою зовнішнього блискавкозахисту. В Україні ж тенденція до облаштування систем блискавкозахисту в приватних будинках і промисловості лише набирає обертів. Конструкція зовнішньої системи блискавкозахисту дуже проста і складається з блискавкоприймача, струмовідводу і заземлення. Блискавкоприймач повинен бути вищою точкою споруди.

В останні десятиліття людство винайшло ще кілька способів уникнути блискавки. Серед них: Критичний метод, Лазерний метод, Нейтралізація зарядів, Активні блискавкоприймачі.

Сьогодні в Україні є можливість проведення якісних досліджень за показниками систем грозопеленгації для оцінювання ризику, запобігання втратам, розслідування причин подій в акредитованих лабораторіях та потенційна можливість для розвитку досконалої нормативної і випробувальної бази. Це дає змогу проводити оцінку відповідності на базі вітчизняних

випробувальних центрів та лабораторій. Запропоновано в системі ДСНС (*Державна Служба з Надзвичайних Ситуацій*) України доповнити статистичний облік випадками загибелі від блискавки та конкретних обставин таких подій; висвітлити он-лайн карту грозової активності за даними системи грозопеленгації з відповідними параметрами позиціонування координат. Проведеними теоретичними дослідженнями показників системи блискавкозахисту встановлено їх відповідність для методів оцінювання ризику, заходів запобігання травмуванню та загибелі людей і тварин, а також втратам пов'язаних з пошкодженням майна. [7]

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ВИБОРУ ВІДПОВІДНОЇ СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

2.1 Нормативні вимоги для розрахунку блискавкозахисту

Для розрахунку та проектування систем блискавкозахисту в Україні потрібно користуватись нормативним документом ДСТУ EN 62305:2012 «Блискавкозахист», який складається з 4-х розділів:

- ДСТУ EN 62305-1:2012 «Загальні принципи»;
- ДСТУ EN 62305-2:2012 «Керування ризиками»;
- ДСТУ EN 62305-3:2012 «Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей»;
- ДСТУ EN 62305-4:2012 «Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах».

ДСТУ EN 62305:2012 «Блискавкозахист» (європейський стандарт ІЕС 62305-2010) введений в дію як національний стандарт від 01.08.2012 згідно наказу Міністерства Економічного розвитку і торгівлі України №640 від 28 травня 2012-го року, та після відміни ДСТУ Б В.2.5- 38:2008 залишається єдиним стандартом, який регламентує розрахунок системи блискавкозахисту в Україні. [8]

2.2 Що таке блискавкозахист будівель і споруд та його види

З метою захисту об'єктів від небезпечних проявів блискавки розраховуються та проектуються системи блискавкозахисту. Блискавкозахист будівель і споруд є системним вирішенням проблеми їх ураження блискавкою. Блискавкозахист передбачає застосування комплексу дій, технічних рішень, використання спеціальних пристосувань, які мінімізують наслідки потрапляння блискавки в об'єкт.

Класична або пасивна система блискавкозахисту являє собою таку конфігурацію: блискавкоприймач, блискавковідвід, заземлювач та пристрій урівноваження потенціалів. Такі системи блискавкозахисту можна ще назвати зовнішніми, вони перехоплюють удар блискавки та відводять його у землю, тому є ефективнішими та безпечнішими за внутрішні, які призначені для

захисту від стрибків перенапруги, що виникли в результаті непрямого попадання блискавки. Проте активна система блискавкозахисту є більш сучасною та досконалою. У даному випадку використання активного обладнання штучно створює навколо себе іонізоване поле, яке генерує зустрічний до блискавки струмовий розряд за рахунок більш високої напруги. Це, в свою чергу, притягує розряд блискавки до блискавкоприймача. Функція блискавкозахисної системи полягає у захисті конструкцій від пожежі чи механічних руйнувань, забезпеченні збереження та коректної роботи електрообладнання та у запобіганні тому, що люди у будівлях отримують травми або навіть можуть загинути. [9]

Рекомендується згідно ДСТУ. EN 62305 частини 3 встановлення ізолюваної зовнішньої системи блискавкозахисту LPS(*Lightning Protection System*), яка зазвичай включає спеціальне обладнання для прийому, передачі та відведення електричного струму (удару блискавки). Передбачено чотири класи (I, II, III та IV), які визначаються як набір будівельних правил на основі відповідного рівня блискавкозахисту. Кожен комплект містить залежні від рівня (наприклад, радіус сфери кочення, розмір вічка) та незалежні від рівня будівельні правила (наприклад, поперечні перерізи, матеріали). З урахуванням рівня безпеки, розташування і класифікації (наявності вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон) об'єкта, пристрої захисту необхідно застосувати відповідно до вимог, індивідуально для кожного будинку чи споруди. До основного обладнання належать блискавкоприймач, струмовідвід та заземлювач. [10]

Блискавкоприймач – це металеві стрижні або труби, встановлені в кожній виступаючій високій точці будівлі, призначені для перехоплення блискавки. Такий пристрій встановлюється на максимальній розрахунковій висоті даху будинку або іншої конструкції. Кількість та висота блискавкоприймачів залежить від архітектури даху та розрахункового радіуса захисту об'єкта.

Струмовідводи – це провідники, які можуть бути мідними або алюмінієвими кабелями, вони забезпечують з'єднання між блискавкоприймачем

та заземлюючим пристроєм, щоб спрямувати удар блискавки глибоко в землю, де він може безпечно розсіюватися. Обирати слід мідь або алюміній, а не їх комбінацію, оскільки між цими елементами може виникати гальванічна або хімічно-корозійна взаємодія.

Заземлювач – гаряче оцинкована смуга та стержні. Заземлення забезпечує контакт із землею, щоб безпечно розсіяти заряд блискавки. Для більшості будівель слід використовувати мінімум два наземних з'єднання; для більших конструкцій можуть знадобитися додаткові. Тип заземлення може залежати від провідності ґрунту у вашій місцевості. [11]

Внутрішній блискавкозахист – система ПЗІП (*Пристрій Захисту від Імпульсних Перенапруг*) – комбінований розрядник, підключення TN-C/TNC-S. Захист від перенапруги – це прилад, який забезпечує захист від удару, що потрапляє у будівлю через систему електропроводки, і тим самим викликає потенційні стрибки напруги, які можуть призвести до серйозних пошкоджень електричних пристроїв. Призначення захисту від перенапруги – обмежити напругу, що подається на електричний пристрій, блокуючи або замикаючи на землю будь-які небажані напруги вище безпечного порогу. [12]

2.3 Необхідність влаштування LPS та рівень блискавкозахисту

Характеристики LPS визначаються характеристиками захищуваної будівлі і рівнем блискавкозахисту. Згідно ДСТУ EN 62305:2012 «Блискавкозахист» існує 4 рівні блискавкозахисту (РБЗ), які відповідають 4-м класам LPS, і кожен з яких характеризується: параметрами блискавки; радіусом сфери, що котиться, розмірами комірки сітки, значенням кута захисту; типовими відстанями між струмовідводами і кільцевими провідниками. [13]

1-й рівень LPS (РБЗ I) використовують для розрахунку блискавкозахисту будівель та споруд, в яких наявні вибухонебезпечні зони класів 1, 2, 20, 21. Надійність захисту від удару блискавки для LPS I становить 0,99..0,999.

2-й рівень LPS (РБЗ II) використовують для розрахунку блискавкозахисту будівель та споруд, в яких наявні пожежо- та вибухонебезпечні зони; будівель обчислювальних центрів, в яких знаходиться чутливе до перенапруг електронне

обладнання. Надійність захисту від удару блискавки для LPS I становить 0,95..0,99.

3-й рівень LPS (РБЗ III) найчастіше використовують для розрахунку блискавкозахисту багатоповерхових житлових будинків, офісних центрів, готелів чи інших громадських будівель, промислових та виробничих будівель, в яких немає пожежо- та вибухонебезпечних зон. Надійність захисту від удару блискавки для LPS IV становить 0,9..0,95.

4-й рівень LPS (РБЗ IV) найчастіше підходить для розрахунку блискавкозахисту невеликих приватних будинків та господарських будівель. Надійність захисту від удару блискавки для LPS IV становить не нижче 0,85.

2.4 Аналіз методів уникнення блискавок

- **Критичний метод.** У грозову хмару запускається ракета, яка тягне за собою заземлений провід. Ініціюється грозовий розряд на безпечній відстані від об'єкта. Таким чином американці захищають космодром на мисі Канаверал перед запуском «човників», а вчені забезпечують «поставку» блискавок до конкретного місця для проведення детальних досліджень.

- **Лазерний метод.** Лазерний промінь, корпус якого заземлений, спрямовують у хмару. Завдяки іонізації повітря виникає розряд «хмара-лазер». Такий захист захищає Форт Нокс, де міститься золотий запас США. Ця технологія ще тільки розвивається, довжина штучного каналу розряду досить обмежена.

- **Нейтралізація зарядів.** Навколо об'єкта встановлюються щогли з системою багатьох загострених електродів, які приєднані до заземлювачів (традиційний же блискавкоприймач має один або кілька загострених або заокруглених верхівок). Наближення грозової хмари призводить до інтенсивного стоку з електродів зарядів протилежної полярності — електричного вітру. Об'єкт огортається своєрідним електростатичним екраном. Немає грому, блискавки та електромагнітних імпульсів. Цей метод ще не отримав загального підтвердження та сприйняття науково-технічним співтовариством.

- **Активні блискавкоприймачі.** Призначені для полегшення ініціювання зустрічного розряду з блискавкоприймача, для чого вони мають іонізуючий пристрій (радіоактивний препарат або іскровий проміжок). Ефективність цих блискавкоприймачів продовжує обговорюватися науковою спільнотою. Слід мати на увазі, що ці наведені та деякі інші нові способи захисту ще майже не відображаються в нормативних документах різних країн. [14]

2.5 Розрахунок та розміщення блискавкоприймачів

Відповідно до вимог ДСТУ EN 62305-3:2012, для визначення місця розташування блискавкоприймачів можна використовувати один або декілька з наступних методів: метод сфери, що котиться; метод захисного кута; метод блискавкоприймальної сітки. Перш ніж розраховувати блискавкоприймачі, рекомендується визначити, чи можна використовувати в якості блискавкоприймачів природні компоненти, які вже розміщені на будівлі, що може спростити LPS та здешевити її інсталяцію для замовника. Це може бути металеве огороження даху, металеві труби та резервуари або металева покрівля, значення товщини чи перерізу яких відповідають вимогам р.5.2.5 та додатку Е.5.2.5 ДСТУ EN 62305-3:2012.

Розраховуючи зони захисту, можна одночасно використовувати різні методи розрахунку для різних частин будівлі, наприклад метод блискавкоприймальної сітки для захисту даху та метод захисного кута для захисту каналів, які виступають над дахом. [15]

2.5.1 Метод блискавкоприймальної сітки

Метод блискавкоприймальної сітки використовують для захисту рівних поверхонь (наприклад, для будинків з плоскими дахами). Відповідно до ДСТУ EN 62305-3:2012, блискавкоприймальна сітка, розміщена на рівних поверхнях, захищає всю поверхню, якщо виконуються умови:

а) провідники сітки прокладені по:

- краю даху та виступах;
- коньку даху, якщо ухил перевищує 10%;

- боковим поверхням будівлі висотою понад 60 м на рівні вище 80% її висоти;
- б) розміри комірки сітки не перевищують нормативні значення з додатку А, рис.А1;
- в) сітка повинна бути зроблена так, щоб струм блискавки мав завжди щонайменше два різних шляхи до заземлювача;
- г) жодні металеві частини даху не повинні виступати за зовнішні контури сітки (якщо такі елементи є, їх потрібно захищати окремо);
- д) провідники сітки повинні бути прокладені найкоротшими прямими шляхами.

Всі елементи та конструкції, які виступають за межі сітки (наприклад, вентканали, дахове вентиляційне обладнання, антени, труби) повинні додатково захищатись вертикальними блискавкоприймачами методом захисного кута чи сфери.

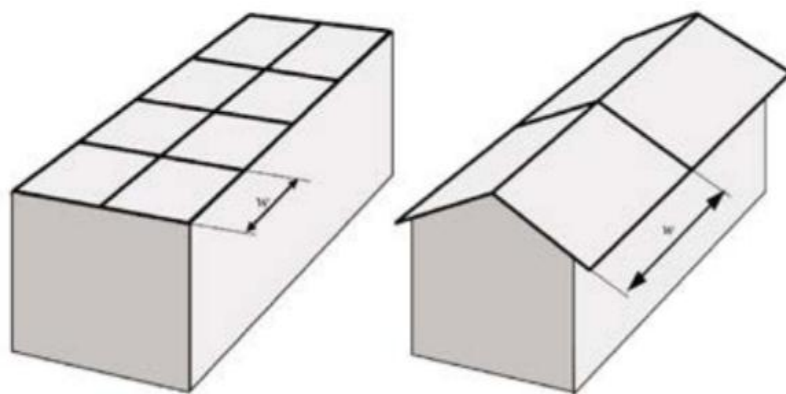


Рисунок 2 – Приклад прокладання блискавкоприймальної сітки

2.5.2 Метод сфери, що котиться

Метод сфери, що котиться (RSM - rolling sphere method), підходить для розрахунку зон захисту блискавкоприймачів у всіх випадках та вважається найбільш точним.

При використанні цього методу, моделюється сфера радіусом R (визначається за допомогою додатку А, рис.А2), що котиться навколо всієї будівлі і над нею до тих пір, поки вона торкається з площиною землі або якою-

небудь постійною спорудою або об'єктом, дотичним до площини землі, яка здатна діяти в якості провідника блискавки.

Провідники LPS блискавкоприймача повинні бути встановлені на всіх точках і сегментах, які контактують з сферою, радіус якої відповідає обраному рівню захисту. Об'єкт вважається захищеним, якщо сфера, що котиться, торкаючись поверхні блискавкоприймача і площини, на якій той встановлений, не має спільних точок з об'єктом, що захищається.

При застосуванні цього методу, захищеною зоною вважається простір між провідником блискавкозахисту та землею, яких торкається сфера, що котиться, та в який вона не потрапляє. При розрахунку за методом RSM будівля повинна розглядатися з усіх боків, для того щоб переконатися в тому, що жодна з його частин не перебуває в незахищеній зоні.

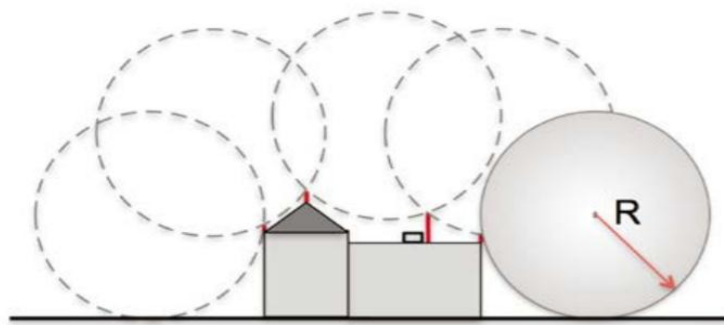


Рисунок 3 – Приклад зображення методу сфери, що котиться

2.5.3 Метод захисного кута

Метод захисного кута підходить для будівель простої форми (наприклад, для приватних будинків, сараїв, гаражів), та для захисту окремих конструкцій на будівлі (наприклад, вентканалів, коминів, антен, вентиляційного обладнання на дахах будинків), та може використовуватись в тих випадках, якщо висота блискавкоприймача не є більшою ніж радіус сфери, що котиться, для відповідного класу LPS.

При розрахунку блискавкоприймачів за методом захисного кута, стержневі блискавкоприймачі, щогли і провідники повинні розміщуватись так, щоб всі частини будівлі, що захищається, знаходились в зоні захисту, створеній під кутом α до вертикалі.

Захисний кут α вибирають з ДСТУ EN 62305-3:2012 (таблиця 2) відповідно до висоти блискавкоприймача h та рівня блискавкозахисту РБЗ (дивіться Рисунок нижче).

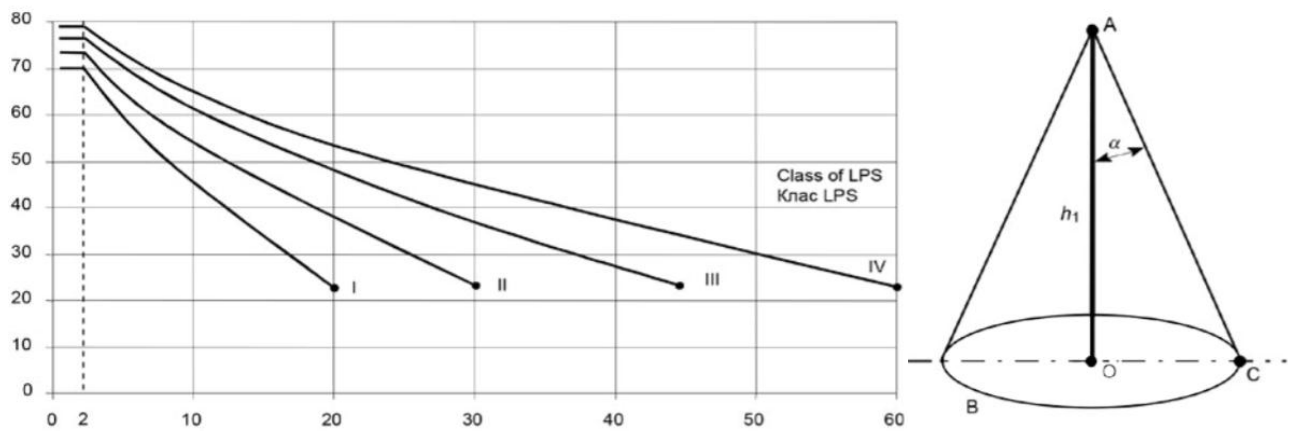


Рисунок 4 – Графік визначення рівня блискавкозахисту по захисному куту визначеному через висоту блискавкоприймача

Висота h являється висотою блискавкоприймача над захищуваною поверхнею, тому для різної висоти блискавкоприймача кут захисту буде різним.

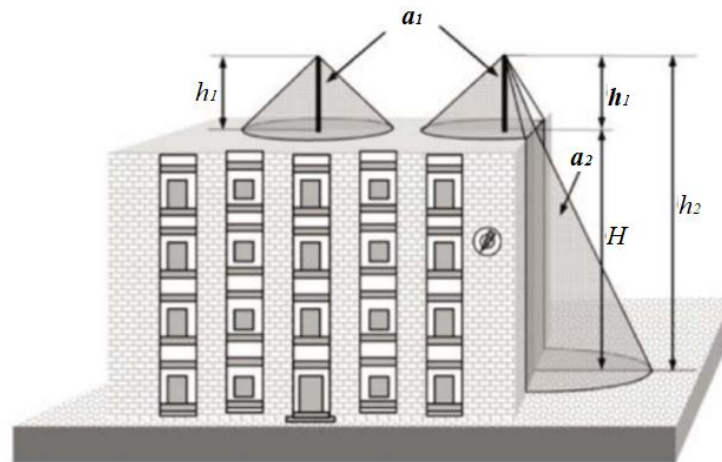


Рисунок 5 – Приклад встановлення блискавкоприймачів

Наприклад, на рисунку 5 справа висота блискавкоприймача для захисту устаткування та частини покрівлі (зліва) матиме значення h_1 і кут захисту становитиме 1, а для захисту будівлі та її частин по всій висоті будівлі (справа), висота блискавкоприймача матиме значення суми висоти самого блискавкоприймача та висоти будівлі $h_2 = h_1 + H$, тому кут захисту становитиме 2.

Якщо поверхня, на якій встановлена система блискавкоприймача, є похилою, то вісь конуса, що утворює захисну зону, в такому випадку не буде стрижнем блискавкоприймача, а її потрібно відобразити перпендикулярно до поверхні, на якій знаходиться стрижень блискавкоприймача з вершиною конуса, що дорівнює вершині стрижня блискавкоприймача.

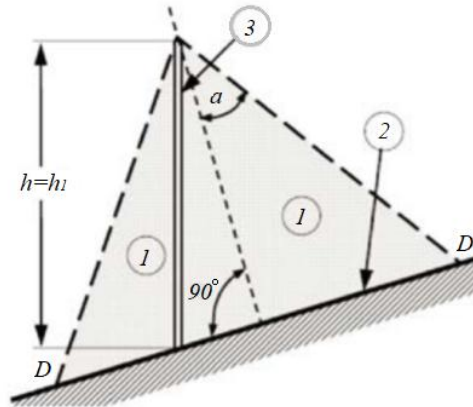


Рисунок 6 – Приклад встановлення блискавкоприймача на похилій поверхні

Де: 1 – зона захисту;

2 – похила поверхня;

3 – стержневий блискавкоприймач висотою h ;

α – захисний кут згідно графіку відносно захищуваної площини;

h_1 – фізична висота блискавкоприймача над площиною;

D, D' – межі зони захисту .

2.5.4 Безпечна ізоляційна відстань S

Безпечна відстань (separation distance) - мінімальна відстань між двома провідними елементами, при якій між ними не може виникати небезпечне іскріння. Необхідно забезпечити відповідну безпечну відстань S між зовнішньою системою блискавкозахисту та всіма провідними частинами, підключеними до шини вирівнювання потенціалу будівлі. Електрична ізоляція між блискавкоприймачем або струмовідводом і металевими частинами будівель (споруд), металевими установками та внутрішніми системами може здійснюватися за допомогою забезпечення зазору d між частинами, що перевищують за розміром безпечну відстань S :

$$S = k_i \cdot k_c / k_m \cdot l \quad (1)$$

де: k_i залежить від обраного класу LPS, k_c залежить від струму блискавки, спрямованого на струмовідводи; k_m залежить від матеріалу електроізоляції; l - довжина в метрах вздовж блискавкоприймача або струмовідводу від точки, в якій розглядають безпечну відстань, до найближчої точки вирівнювання потенціалів. Коефіцієнти для формули 1 визначаються з додатку А, табл.А3, табл.А4.

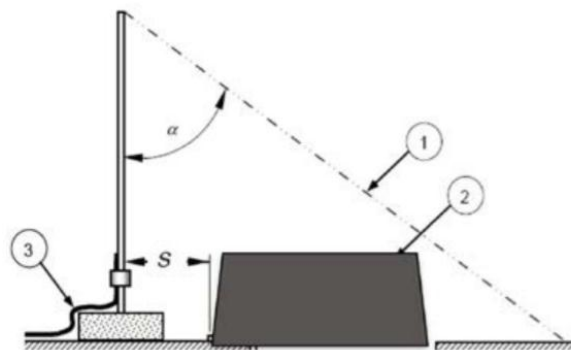


Рисунок 7 – Приклад схематично зображеної ізоляційної відстані S

2.5.5 Розміщення блискавкоприймачів

Для захисту будівлі від прямого удару блискавки необхідно розмістити блискавкоприймачі (вертикальні щогли, блискавкозахисну сітку та інші горизонтальні провідники, троси) таким чином, щоб при розрахунках за одним чи кількома методами захисту, вся будівля, її покрівля та всі конструкції, устаткування чи інші виступаючі над покрівлею частини будівлі, знаходились в зонах захисту, утворених внаслідок розміщення блискавкоприймачів. При цьому щогли, блискавкозахисна сітка та інші елементи блискавкоприймачів повинні бути з'єднані між собою в одну систему.

Провідники на дахах і з'єднання стрижнів блискавкоприймача можна прикріплювати до даху, використовуючи або металеві, або пластикові тримачі і кріплення. При прокладанні провідників по металевій покрівлі на пластикових тримачах, рекомендується в місцях переходу блискавкоприймача до струмовідводів також приєднати металевий дах до LPS.

У приватних житлових будинках і аналогічних будівлях з коньком на даху провідники слід встановлювати на коньку. Якщо споруда повністю

знаходиться в зоні захисту, що утворена провідником на коньку даху, то по краях фронту в протилежних кутках будівлі повинні проходити не менше двох струмовідводів.

Також рекомендується на всіх гострих кутах покрівлі вивести дріт на 20-30 см та нагнути його вгору, оскільки гострі кути на покрівлі є найімовірнішими місцями для попадання блискавки. Для уникнення провисань дроту між тримачами, рекомендується прокладати тримачі з кроком 1 м.

2.6 Розрахунок та розміщення доземних провідників

Доземний провідник (струмовідвід) - це частина зовнішньої системи блискавкозахисту, призначена для відводу струму блискавки від блискавкоприймача до заземлювача.

З метою зниження ймовірності пошкодження захищуваного об'єкту внаслідок протікання струму блискавки в LPS, струмовідводи потрібно розміщувати таким чином, щоб у разі удару блискавки в землю були кілька паралельних шляхів струму; довжина шляхів струму була обмежена до мінімуму; здійснювалось вирівнювання потенціалів для струмопровідних частин будівлі.

Для окремого вертикального блискавкоприймача достатньо влаштувати 1 доземний провідник. Для системи, що складається з кількох вертикальних блискавкоприймачів чи горизонтальних провідників, кількість доземних провідників повинна бути не менше 2-х і розташовуватися вони повинні по периметру будівлі, що захищається, в залежності від архітектурних і практичних обмежуючих умов.

Бажано, щоб струмовідводи розташовувалися по периметру на рівній відстані один від одного. Струмовідводи потрібно прокладати з дотриманням середніх відстаней (+/- 20%) відповідно до додатку А рисунку А5.

Для визначення необхідної кількості доземних провідників для розміщеної на будівлі LPS, необхідно визначити периметр захищеної будівлі, та поділити його значення на значення середньої відстані між струмовідводами з додатку А відповідно до вибраного класу LPS.

Перед початком розрахунку розміщення доземних провідників рекомендуємо визначити, чи можна використати в якості струмовідводу природні компоненти (наприклад, металеві колони), які вже є розміщеними на будівлі, що може спростити LPS та здешевити її інсталяцію для замовника.

Якщо є така можливість, доземні провідники потрібно встановлювати так, щоб вони були прямим продовженням провідників від блискавкоприймача чи сітки блискавкозахисту. Струмовідводи потрібно прокладати по прямих і вертикальних лініях так, щоб шлях струму до землі був найкоротшим і найбільш прямим.

Якщо встановити доземні провідники на бічній стороні будівлі неможливо з причини практичних або архітектурних обмежень, струмовідводи, які повинні знаходитися на цій стороні, слід встановлювати на інших сторонах будівлі як додаткові компенсуючі струмовідводи. Відстань між цими струмовідводами повинно бути не менше $1/3$ відстаней, зазначених у таблиці зображеній в додатку А на рисунку А5.

Якщо стіна виконана з негорючого матеріалу, то струмовідводи можуть бути закріплені на поверхні стіни або проходити в стіні; якщо стіна виконана з горючого матеріалу, то струмовідводи можуть бути закріплені на поверхні стіни так, щоб підвищення їх температури при протіканні струму блискавки не являло небезпеки для матеріалу стіни.

Якщо стіна виконана з горючого матеріалу і підвищення температури струмовідводів становить для нього небезпеку (наприклад, стіна з утеплювачем), струмовідводи повинні розташовуватися таким чином, щоб відстань між ними і стіною завжди перевищувала 0,1 м. Металеві скоби для кріплення струмовідводів можуть бути у контакті зі стіною.

В місцях з'єднання доземних провідників з системою заземлення потрібно влаштувати болтове контрольне з'єднання. Контрольні з'єднання використовують для того, щоб існувала можливість роз'єднати систему заземлення від струмовідводів та блискавкоприймачів, та виміряти опір системи заземлення.

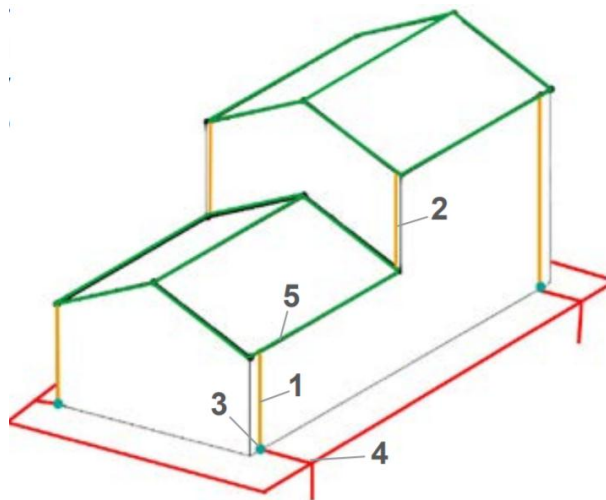


Рисунок 8– Встановлення зовнішньої LPS на будівлі з різнорівневим дахом

Де: 1 - струмовідвід (доземний провідник);

2 - міжрівневий струмовідвід;

3 - контрольне з'єднання;

4 - провідник системи заземлення;

5 - провідник блискавкоприймальної сітки.

2.7 Розрахунок та розміщення заземлювачів

Заземлювач - частина зовнішньої системи блискавозахисту, призначена для відводу струму блискавки в землю і його розтікання в землі.

Задачею системи заземлення є відвід струму блискавки в землю, вирівнювання потенціалів між струмовідводами та контроль потенціалу поблизу провідних стін будівлі. Розрізняють 2 типи розміщення заземлюючих пристроїв: розміщення типу А і розміщення типу В.

Розміщення типу А - включає вертикальні заземлювачі, розміщені за межами будинку, які приєднані до кожного струмовідводу. Вертикальні заземлюючі електроди (1) при цьому типі розміщення повинні з'єднуватися з нижніми кінцями струмовідводів (2) з використанням контрольних з'єднань (3). Кожен струмовідвід повинен закінчуватись заземлювачем. Заземлюючі електроди повинні бути прокладені на глибині по верхньому краю не менше 0,5 м і, по можливості, розподілятися рівномірно, щоб звести до мінімуму вплив електричної взаємодії в землі. Розміщення типу А влаштовують для ізольованої СБЗ, LPS з використанням вертикальних стрижневих блискавкоприймачів,

блискавкозахисту з використанням тросів, невеликих житлових будівель для однієї сім'ї (1 - 2 поверхи), невеликих господарських та побутових будівель (гараж, сауна, гостьовий будинок).

Варіанти влаштування заземлювача типу А (для однієї точки заземлення):

- одиничний вертикальний точковий заземлювач (1) довжиною 3..9 м;
- два або 3 вертикальних заземлювачі (1) довжиною 3..4,5 м, з'єднані половою (4) довжиною ~ 3 м;

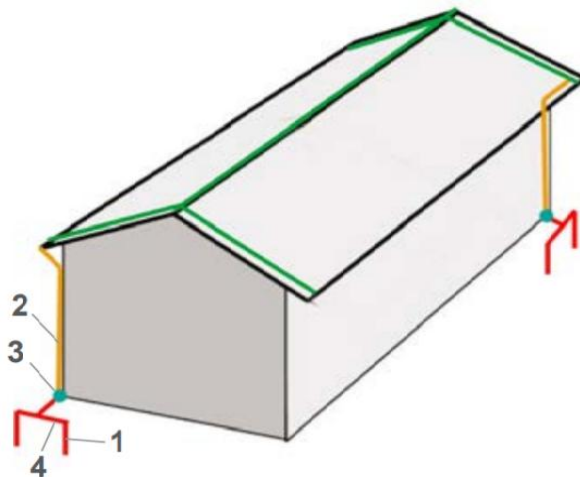


Рисунок 9 – Варіант влаштування заземлювача типу А

Основна рекомендація до системи заземлення: опір заземлення повинен складати менше 10 Ом в будь-яку пору року. У випадку, якщо опір встановленого заземлювача за одним з наведених прикладів перевищує 10 Ом, необхідно збільшити кількість заземлювачів або їх довжину.

Розміщення типу Б - являє собою горизонтальний контур, встановлений за межами будівлі та прокладений в землі не менше ніж на 80% своєї довжини, або заземлюючий електрод в фундаменті. При цьому типі заземлення потрібно прокласти горизонтальний кільцевий заземлювач (наприклад, полосу 25х4 мм) навколо захищеної будівлі, при цьому 80% довжини заземлювача повинні бути у контакті з землею. Інші 20% довжини можуть проходити над землею, наприклад, по нижньому рівню фасаду. Кільцевий заземлювач потрібно влаштовувати на глибині не менше 0,5 м та на відстані > 1 м від стін. Для того, щоб зменшити еквівалентний опір заземлення, до кільцевого провідника

додають вертикальні заземлювачі довжиною 3 м в місцях приєднання струмовідводів.

Розміщення типу Б влаштовують для LPS з використанням сітчастої системи блискавкоприймача, LPS з багатьма струмовідводами, будівель з комплексними електронними системами або з високим ризиком пожежі, будівель, розміщених на скелястому, позбавленому рослинності ґрунті.

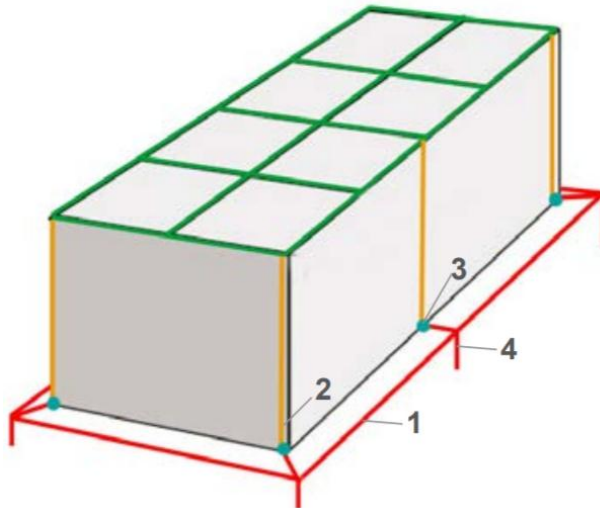


Рисунок 10 – Варіант влаштування заземлювача типу Б

Вертикальні заземлюючі електроди (1) при цьому типі розміщення повинні з'єднуватися з нижніми кінцями струмовідводів (2) з використанням контрольних з'єднань (3). Кожен струмовідвід закінчується вертикальним заземлювачем (4). Заземлюючі електроди повинні бути прокладені на глибині по верхньому краю не менше 0,5 м і, по можливості, розподілятися рівномірно, щоб звести до мінімуму вплив електричної взаємодії в землі.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО РІШЕННЯ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ НЕОБХІДНОЇ СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

Формування грозових хмар залежить від кліматичних умов та рельєфу місцевості. Щоб спроектувати блискавкозахисні заходи оцінюють інтенсивність грозової діяльності, тобто кількість грозових годин протягом року. Карта середньої тривалості гроз на рік в годинах для території України зображена на рис.Б1 додатка Б. Так, слабогрозовими районами називають місцевості, якщо кількість грозових годин за рік менша 10. Якщо ж протягом року грози тривають від 10 до 40 годин, то район є середньогрозовим. Сильногрозовими вважають райони, в яких тривалість гроз становить 40-80 годин на рік, особливо грозовими - якщо кількість грозових годин за рік понад 80. Уся територія України є місцевістю сильногрозової діяльності. Винятком є частина Чернівецької області, де річна тривалість гроз переважає 80 годин. Інтенсивність грозової діяльності в певній місцевості характеризує також кількість ударів блискавки протягом року, що припадає на 1 км² земної поверхні.

Згідно з єдиним стандартом ДСТУ Б В.2.5-38: 2008, системи зовнішнього блискавкозахисту розділяються на чотири рівні (I, II, III, IV) безпеки, для захисту об'єкта від прямого влучання або повторного впливу блискавки. Якщо, до об'єкту потрібно застосувати систему зовнішнього блискавкозахисту яка складається з декількох рівнів (I і II або I і III), в такому випадку, із урахуванням розташування і класифікації (наявності вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон) об'єкту, необхідно застосувати пристрої захисту відповідно до вимог для кожного будинку або споруди індивідуально. [16]

Незалежно від того, яку конструкцію, або висоту має будинок, або споруда, вони усі мають ризик ударів блискавки. Відносно виробничих та комерційних приміщень, при попаданні в них заряду блискавки, може повністю вийти з ладу обладнання та навіть системи сигналізації і захисту, тому всі будівлі поділяються на звичайні (промислові підприємства, тваринницькі та пташині ферми, житлові будинки і адміністративні будівлі, учбові заклади,

магазини, страхові компанії, лікарні, банки, садки, притулки для людей похилого віку, музеї тощо) та спеціальні, які поділяються на:

- об'єкти, які можуть становити небезпеку для навколишнього середовища (нафтопереробні підприємства, заправні станції, підприємство з виробництва та зберіганням вибухових речовин);
- об'єкти, які становлять небезпеку для екології (атомні електростанції, хімічні заводи, біохімічні фабрики і лабораторії);
- об'єкти з обмеженою небезпекою (електростанції, пожежонебезпечні підприємства, підстанції і лінії електропередавання, засоби зв'язку);
- інші об'єкти (споруди висота яких понад 60 м, та об'єкти, що будуються).

Необхідність виконання блискавкозахисту об'єкта від ПУБ (*Прямого Улучання Блискавки*) і його РБЗ (*Рівень Блискавкозахисту*) визначаються за додатком Б, таблицею Б1.

Перший рівень блискавкозахисту застосовується, в промислових будівлях і спорудах які відносяться до вибухонебезпечних зон. Другий рівень захисту від ураження блискавки застосовується, до об'єктів які належать до класів підвищеної пожежної небезпеки і містять легкозаймисті та вибухонебезпечні речовини. Третій рівень захисту від блискавки застосовується, до будівель і споруд для запобігання: механічних пошкоджень покрівлі, фасаду; пожеж, а також травматизму і загибелі людей та тварин, від руйнівного впливу влучання блискавки. Четвертий рівень захисту від удару блискавки застосовується, до невеликих нежитлових об'єктів, розташованих в сільській місцевості (через незначні нормативні вимоги, четвертий рівень практично не застосовується).

ВИСНОВКИ

Результати інформаційних досліджень пов'язані з попередженням надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути під час грози, свідчать, що лінійні блискавки є природнім атмосферним явищем і мають величезну потужність - кожен удар може мати напругу до мільйона вольт і струм до сотні тисяч ампер. В середньому земну поверхню щосекунди вдаряють сотня блискавок. Коли удар взаємодіє з лініями електропередач або спорудами чи іншими об'єктами, то відбувається стрибок напруги, який може нанести значні пошкодження як обладнанню приєднаного до електричної мережі, так і людям, які знаходитимуться в спорудах. Згідно з принципом ALARA, застосовуваним у постіндустріальних країнах, цей ризик, як і інші, має бути знижений настільки, наскільки це можливо.

Нинішній рівень використання систем блискавкозахисту в Україні дуже мізерний (приблизно 3–5 відсотків). В зв'язку з цим було проведено інформаційне дослідження вимог до систем блискавкозахисту, проаналізовано можливі ризики, та розглянуто новітні способи уникнення ударів блискавки. Серед них: критичний метод, лазерний метод, метод нейтралізації зарядів та метод активних блискавкоприймачів. Результатом дослідження стало узагальнення (тобто, удосконалення) методики визначення підходящих систем блискавкозахисту для відповідних будівель, тобто, в даній конкурсній роботі було розроблено комплекс заходів безпеки будівель і споруд в надзвичайних ситуаціях.

Це стало можливим за результатами запропонованого проведення розрахунків системи блискавкозахисту. В першу чергу ми проводимо аналіз для виявлення місця удару блискавки, це можливо при використанні методики часу прибуття (TOA - Time Of Arrival), яка базується на визначенні характеристик електромагнітної хвилі. Після цього ми здійснюємо розрахунок та розміщення блискавкоприймачів одним із трьох методів: 1) метод блискавкоприймальної сітки, 2) метод сфери, що котиться, 3) метод захисного кута. Також ми запропонували алгоритм розрахунку безпечної ізоляційної відстані для

розміщення блискавкоприймачів. І наостанок розглянули метод та схему розміщення доземних провідників та заземлювачів (двома методами).

За результатами даної роботи згідно ДСТУ. EN 62305 частини 3, було запропоновано встановлення ізольованої зовнішньої системи блискавкозахисту LPS(*Lightning Protection System*), яка зазвичай включає спеціальне обладнання для прийому, передачі та відведення електричного струму (удару блискавки).

В якості впровадження розробленої методики розрахунку та вибору системи блискавкозахисту (на основі визначеного рівня блискавкозахисту за рахунок аналізу частоти ударів блискавки та уточнення необхідності впровадження системи блискавкозахисту на даному об'єкті) спостерігається зниження ризику небезпеки для життя людей і забезпечення збереження будівель і споруд у належному стані в результаті впровадження обраної системи блискавкозахисту під час проектування або реконструкції будівлі(споруди).

Результати роботи впроваджено в форму безпеки виробництва компанії ТОВ «Юнігран Сервіс» в 2021 році, а також в навчальний процес кафедри ОПЦЗ, ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського в 2021 році.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://web.archive.org/> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
2. Необхідність блискавозахисту в наш час [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/molniezashchita-neobkhodimost-ili-roskosh/> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Кощенко О. Ловець «величезної електричної іскри». *Газета сільські вісті*. 2019. 28 трав. №42(19689).
4. Прилепа Р.В. Система моніторингу блискавок для об'єктів енергетики: дис. студент VI курсу: УДК 621.316.9. Київ, 2018. 127с.
5. ДСТУ ІЕС 62305-1:2012. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні положення (ІЕС 62305-2:2010, IDT). [Чинний від 2012-08-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2012. 99 с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ ІЕС 62305-1:2012. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT). [Чинний від 2012-08-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2012. 219 с. (Інформація та документація).
7. С.М. Говорушко. Риски для человеческой деятельности, связанные с грозами/ С.М. Говорушко/ Проблемы анализа риска: том 8. – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: file:///C:/Users/%D0%AE%D0%9B%D0%AF/OneDrive/%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%B8%D0%B9%20%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BB/3_66_Grozyi_tekst.pdf. – Название с домашней странички интернета.
8. Правила улаштування електроустановок. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/ПUE.pdf>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

9. Рудик Ю.І. Аналіз схем захисту електроустановок від імпульсних грозових і комутаційних перенапруг / Ю.І.Рудик, С.В. Сольоний // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУБЖД, 2010. – № 17. – С. 20-25.
10. Lightning rod. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Lightning_rod – Name from the home page of the Internet.
11. Молниезащита и заземление. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <file:///C:/Users/%D0%AE%D0%9B%D0%AF/OneDrive/%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%B8%D0%B9%20%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BB/kovoflex2020-ru-tech.pdf>. – Название с домашней странички интернета.
12. Попадченко С. А. Захист ліній та підстанцій від блискавки та атмосферних перенапруг/ Попадченко С. А., Савченко О. А – Методичний посібник – Х.: ХНТУСГ імені Петра Василенка, 2019. – 120 с.
13. Баранник Є. Я. Порівняння класичного і "активного" блискавкозахисту, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://promelektro.blogspot.com/2015/09/vbehaviorurldefaultvmlo.html> (дата публікації: 10.09.2015) – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
14. The Scientific Basis for Traditional Lightning Protection Systems. URL: http://lightningsafetyalliance.com/documents/scientific_basis.pdf (date of access: June 2001) – Name from the home page of the Internet.
15. Методичні рекомендації з розрахунку та проектування системи блискавкозахисту [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://fs-lps.com/wp-content/uploads/2019/09/Metodychka-z-rozrahunku-LPS-FS.pdf> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
16. Рівень Блискавкозахисту об'єктів різного призначення [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rem-group.net/posts/riven-klas-bliskavkozahistu> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

ДОДАТКИ

Додаток А:

Клас LPS	Розмір комірки сітки, W , м
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

Рисунок А1 – Дані ДСТУ EN 62305-3:2012(табл.2) максимальні значення розмірів комірки сітки

Клас LPS	Радіус сфери, що котиться, R , м
I	20
II	30
III	45
IV	60

Рисунок А2 – Дані ДСТУ EN 62305-3:2012(табл.2) для методу сфери, що котиться

Клас LPS	K_i
I	0,08
II	0,06
III-IV	0,04
матеріал ізоляції	K_m
повітря	1
бетон, цегла	0,5

Рисунок А3 – Дані ДСТУ EN 62305-3:2012 для вибору коефіцієнта K_i

Тип блискавкоприймача	к-сть струмовідводів n	K_s при заземленні типу А	K_s при заземленні типу В
окремий стержень	1	1	1
трос	2	0,86	0,5...1
сітка	4 і більше	0,44	0,25...0,5
сітка	4 і більше, з'єднані між собою горизонтальними поясами	0,44	1/n...0,5

Рисунок А4 – Дані ДСТУ EN 62305-3:2012 для вибору коефіцієнтів з формули 1

Клас LPS	Середні відстані між струмовідводами
I	10 м
II	10 м
III	15 м
IV	20 м

Рисунок А5 – Дані ДСТУ EN 62305-3:2012(табл.4)

Додаток Б:

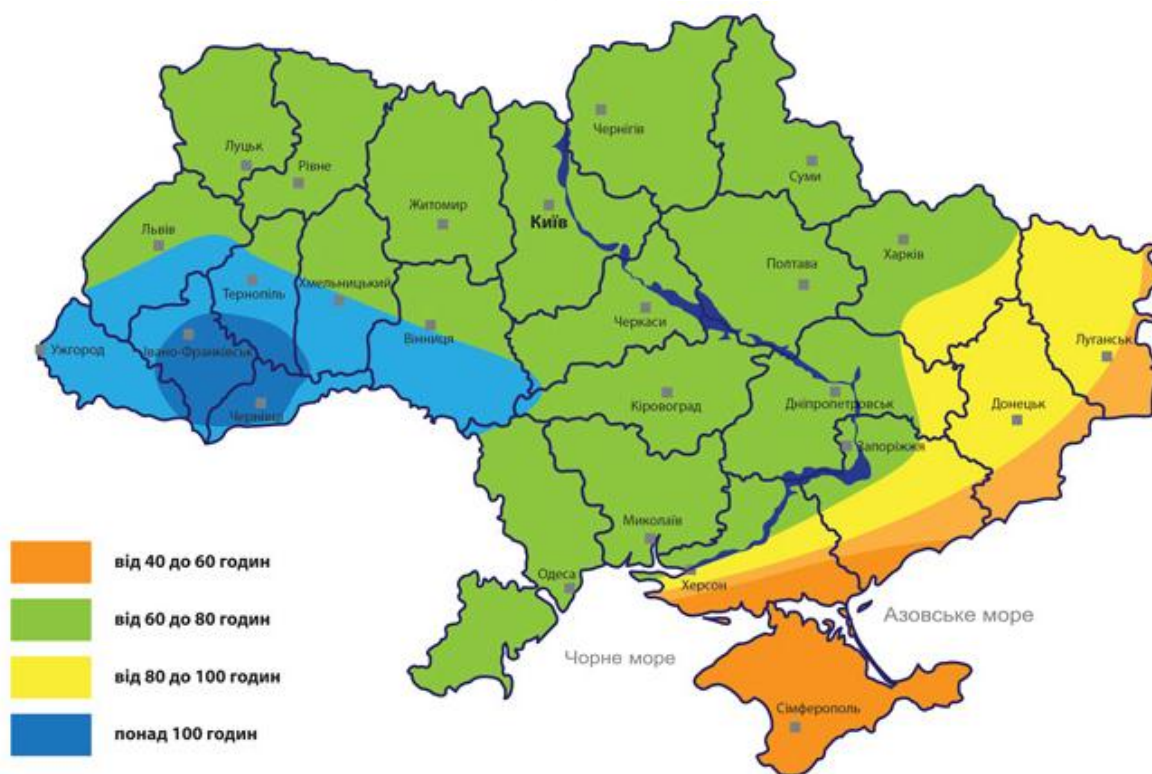


Рисунок Б1 – Карта середньої тривалості гроз на рік в годинах для території України

Таблиця Б1 – Рівень блискавкозахисту об'єктів різного призначення

Об'єкт	Рівень блискавкозахисту
Будівлі і споруди або їх частини, приміщення яких згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів 1 і 20	I
Будівлі і споруди або їх частини, приміщення яких згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів 2 і 20I	I, II

Зовнішні установки, що створюють згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 зону класу 1	II
Будівлі і споруди або їх частини, приміщення яких згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIIa	II, (III)
Розташовані у сільській місцевості невеликі будови III–V ступенів вогнестійкості, приміщення яких згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIIa	IV
Зовнішні установки і відкриті склади, що створюють згідно з ДНАОП 0.00 1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 відносяться до зон класів П-III	III
Будівлі і споруди III, IIIa, IIIб, IV, V ступенів вогнестійкості, в яких відсутні приміщення, відведені за ДНАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 до зон вибухо - і пожежонебезпечних класів	II, (III)
Будівлі і споруди з легких металевих конструкцій з горючим утеплювачем (IVa ступеню вогнестійкості), в яких відсутні приміщення, віднесені за ДНАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 до зон вибухо і пожежонебезпечних класів	II, (III)
Невеликі будівлі III–V ступенів вогнестійкості, розташовані в сільській місцевості, в яких відсутні приміщення, що відносяться за ДНАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 до зон вибухо і пожежонебезпечних класів	IV
Будівлі обчислювальних центрів, а також будівлі в яких встановлено обладнання інформаційних технологій, або будь-яке інше електронне обладнання, чутливе до	I, II

атмосферних перешкод	
Тваринницькі і птахівничі будівлі і споруди III–V ступенів вогнестійкості: для великої рогатої худоби і свиней на 100 і більше голів, для овець на 500 і більше голів, для птахів на 1000 голів і більше, для коней на 40 голів і більше	II, III
Димові та інші труби підприємств і котелень, башти і вежі всіх призначень заввишки 15 м., і більше	III
Житлові і громадські будівлі, висота яких на 25 м., і більше еревищує середню висоту навколишніх будівель у радіусі 400м., а також окремі будівлі висотою 30 м., що віддалені від інших будівель більше ніж на 400 м.	III
Окремі житлові і громадські будівлі в сільській місцевості, висотою більше 30 м.	III
Громадські будівлі III–IV ступенів вогнестійкості наступного призначення: дитячі дошкільні установи, школи і школи-інтернати, стаціонари лікувальних установ, спальні корпуси та їдальні, установи охорони здоров'я і відпочинку, культурно-освітні і видовищні установи, адміністративні будівлі, вокзали, готелі, мотелі, кемпінги.	III
Відкриті видовищні установи (зали для глядачів відкритих кінотеатрів, трибуни відкритих стадіонів, тощо)	III
Будівлі і споруди, що є пам'ятниками історії, архітектури і культури (скульптури, обеліски, тощо)	III