

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Кафедра Промислове та цивільне будівництво
(повна назва)

Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: Обґрунтування використання блискавкозахисту, як необхідність
в умовах розвитку сучасного будівництва

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-пцб
Федоров Дмитро Федорович
(прізвище та ініціали) (підпис)

спеціальність
192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

освітньо-професійна програма
промислове і цивільне будівництво
(шифр і назва)

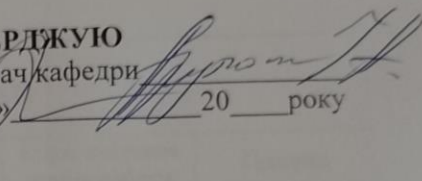
Керівник проф., д.т.н. Радкевич А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2023 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М.
ПОТЕБНІ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти магістерський
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код та назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри 
« » 20 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Федоров Дмитро Федорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Обґрунтування використання блискавкозахисту, як необхідність в умовах розвитку сучасного будівництва

керівник роботи Радкевич А. В., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 01 » 05 2022 року
№ 635-с

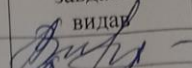
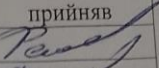
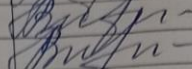
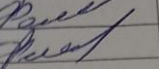
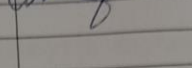
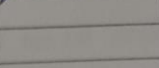
2 Строк подання студентом роботи _____

3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація, вихідні дані стосовно поточного ремонту цивільної будівлі

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Загальні відомості про блискавкозахист. 2. Система зовнішнього блискавкозахисту. 3. Аналіз захисту від прямих попадань блискавки і вторинних її проявів житлової адміністративно-цивільної будівлі.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 8 листів

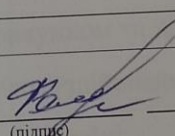
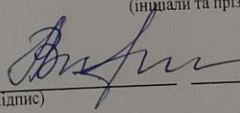
6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Радкевич А.В.		
Розділ 2	Радкевич А.В.		
Розділ 3	Радкевич А.В.		

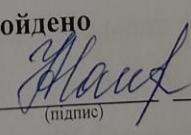
7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про блискавкозахист.	з 01.09 по 30.09.2023	
2	Система зовнішнього блискавкозахисту.	з 1.10 по 20.10.2023	
3	Аналіз захисту від прямих попадань блискавки і вторинних її проявів житлової адміністративно-цивільної будівлі.	з 21.10 по 30.11.2023	

Студент  Д.Ф. Федоров
(підпис) (ініціали та прізвище)Керівник роботи (проекту)  А.В. Радкевич
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  Данкевич Н.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Федоров Д. Ф. Обґрунтування використання блискавкозахисту, як необхідність в умовах розвитку сучасного будівництва.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник А.В. Радкевич, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2023.

В рамках дослідження було проведено аналіз методів захисту будинків та споруд від попадань блискавки. Це дало змогу оцінити ризики і розробити наукові основи управління технологічністю на етапі проектування. Застосування системного підходу та загальнонормативних принципів дозволило проаналізувати основні процеси, пов'язані зі складними планувальними рішеннями у будівельній галузі, і використати науковий підхід для вирішення управлінських задач. Аналіз публікацій показав, що існують рішення та методології, які дозволяють вирішувати завдання, пов'язані з плануванням, розрахунком та проектуванням у будівельній галузі.

Вперше було здійснено формалізований огляд існуючих систем блискавкозахисту в Україні.

Ключові слова: блискавка, блискавкозахист, вогнезахист, проект блискавкозахисту, поточний ремонт, будівництво, система блискавкозахисту.

Радкевич А.В., Федоров Д. Ф. Обґрунтування використання блискавкозахисту, як необхідність в умовах розвитку сучасного будівництва. *Збірник наукових праць III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2023.

ANNOTATION

Fedorov D. Justification of the use of lightning protection as a necessity in the conditions of the development of modern construction.

Qualifying final thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific supervisor A.V. Radkevish, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhya National University, 2023.

As part of the study, an analysis of methods of protecting buildings and structures from lightning strikes was carried out. This made it possible to assess risks and develop the scientific basis of manufacturability management at the design stage. The application of a systemic approach and general normative principles made it possible to analyze the main processes associated with complex planning decisions in the construction industry, and to use a scientific approach to solving management problems. The analysis of publications showed that there are solutions and methodologies that allow solving tasks related to planning, calculation and design in the construction industry.

For the first time, a formalized review of existing lightning protection systems in Ukraine was carried out.

Keywords: lightning, lightning protection, fire protection, lightning protection project, current repair, construction, lightning protection system.

Анін В.І., Федоров Д. Ф. Обґрунтування використання блискавкозахисту, як необхідність в умовах розвитку сучасного будівництва. *Збірник наукових праць III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2023.

ЗМІСТ

	ВСТУП	7
1	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БЛИСКАВКОЗАХИСТ	10
1.1	Виникнення та вплив блискавок	10
1.2	Основні компоненти блискавкозахисту	16
1.3	Визначення необхідності та рівня блискавкозахисту	20
1.4	Особливості експлуатації пристроїв блискавкозахисту	24
2	СИСТЕМА ЗОВНІШНЬОГО БЛИСКАВКОЗАХИСТУ	29
2.1	Улаштування зовнішнього блискавкозахисту	29
2.2	Монтаж зовнішнього блискавкозахисту	33
2.3	Вибір матеріалів для виконання елементів блискавкозахисту	39
2.4	Улаштування струмовідводів	48
2.5	Використання природних компонентів як струмовідводів	54
2.6	Системи заземлення, класифікація заземлювачів та їх конструктивне виконання	58
3	АНАЛІЗ ЗАХИСТУ ВІД ПРЯМИХ ПОПАДАНЬ БЛИСКАВКИ І ВТОРИННИХ ЇЇ ПРОЯВІВ ЖИТЛОВОЇ АДМІНІСТРАТИВНО-ЦИВІЛЬНОЇ БУДІВЛІ	67
3.1	Підстави для розробки проекту, коротка характеристика та основні проектні рішення	67
3.2	Розрахунок ризиків та визначення потреби в заходах захисту відповідно до ДСТУ EN 62305-2-2012	69
3.3	Аналіз улаштування зовнішньої СБЗ та експлуатації пристроїв блискавкозахисту	78
3.4	Розрахунок класу наслідків (відповідальності) об'єкта	81
	ВИСНОВКИ	84
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86
	Додаток А	89
	Додаток Б	98

ВСТУП

Актуальність дослідження. Блискавкозахист будівель і споруд є комплексом технічних рішень та спеціальних пристосувань, які забезпечують безпеку будівлі, майна та людей, які перебувають в ній, а також гарантують стабільне електропостачання. Щороку на Землі відбувається до 16 мільйонів гроз, що становить приблизно 44 тисячі гроз на день. Прямий удар блискавки є надзвичайно небезпечним для здоров'я людей, і часто призводить до смертельних наслідків. Для будівель і споруд загрози, пов'язані з прямим контактом каналу блискавки з об'єктами, включають можливість пожежі або руйнування, а також пошкодження чутливого обладнання внаслідок супутнього електромагнітного поля блискавки. Блискавка є найсильнішим грозовим розрядом струму, який виникає між землею та хмарами. Тому використання блискавкозахисту є необхідним для запобігання цим небезпекам. Проста на перший погляд конструкція забезпечує ефективний захист будь-якої житлової, комерційної або промислової споруди або системи електропостачання. Блискавкозахист гарантує безпеку як майна, так і життя людей.

Блискавкозахист виконує важливу функцію у захисті будівель і споруд від удару блискавки. Він забезпечує захист не лише самої будівлі, але й електричної мережі в цілому, радіозв'язку, комутаційного обладнання, антен телебачення, димових труб, веж, технологічного обладнання та інших елементів. Потреба встановлення блискавкозахисту виникає з того, що напруга під час блискавкового розряду може досягати до 50 мільйонів вольт, а сила струму становить близько 300 000 ампер. Удар блискавки супроводжується сильним звуком, теплом та світлом, що може негативно вплинути на цілісність будівлі. Наслідки відсутності надійного блискавкозахисту можуть бути фатальними - втрати людських життів, руйнування будівель, пожежі, пошкодження електропроводки, обладнання та приладів. На карті показано

середню тривалість гроз протягом року в Україні у годинах. Незважаючи на це, багато людей, знаючи про це, не поспішають встановлювати системи блискавкозахисту для своїх будівель і споруд. [1]

Таким чином, **метою дослідження** є підвищення надійності електричної мережі шляхом застосування ефективних методів та засобів захисту від перенавантаження.

Об'єкт дослідження. Проект блискавкозахисту будівлі цивільної інфраструктури.

Предмет дослідження. Методи та засоби організації улаштування системи блискавкозахисту.

Завдання дослідження сформульовано наступним чином:

- Провести дослідження існуючих систем блискавкозахисту в Україні.
- Аналізувати стан грозової діяльності на території України.
- Порівняльно проаналізувати існуючі засоби та методи побудови систем блискавкозахисту.
- Проаналізувати ефективність систем блискавкозахисту під час поточного ремонту цивільних будинків.

Методи дослідження. Для аналізу і вирішення поставлених завдань було використано такі методи:

- Статистичні методи обробки даних, що дозволили провести аналіз стану грозової діяльності на території України і зібрати необхідну статистичну інформацію.
- Узагальнювальні методи теорії моделювання, які дозволили зробити порівняльний аналіз існуючих засобів та методів побудови систем блискавкозахисту.
- Чисельні методи, які допомогли оцінити ефективність систем блискавкозахисту під час поточного ремонту цивільних будинків. Ці методи дозволили провести об'єктивний аналіз і дослідження, що допомогли вирішити поставлені завдання.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше було проведено формалізований огляд існуючих систем блискавкозахисту в Україні. Це дозволило систематизувати та аналізувати наявні варіанти захисту від блискавок у країні, виявити їх переваги та недоліки.

2. Виконаний аналіз нових варіантів системи блискавкозахисту, зокрема системи пасивного та активного блискавкозахисту. Це дозволило виявити і дослідити нові підходи та методи захисту, їх принципи роботи, переваги та обмеження.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці перспективних систем блискавкозахисту в Україні.

Особистий внесок. Основні ідеї і результати досліджень, що характеризують наукову новизну і практичне значення, отримані автором особисто.

Апробація. Тематика даного дослідження була розроблена на кафедрі промислового та цивільного будівництва ІННІ ЗНУ.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БЛИСКАВКОЗАХИСТ

1.1. Виникнення та вплив блискавок

Блискавка – це електричний іскровий розряд довжиною від 1 до 10 кілометрів діаметром декілька сантиметрів, який може відбуватися між хмарами, всередині хмари або між хмарою і землею (рис. 1.1). При цьому відбувається обмін електричними зарядами, що викликає протікання електричного струму в діапазоні від 30 до 200 кА.

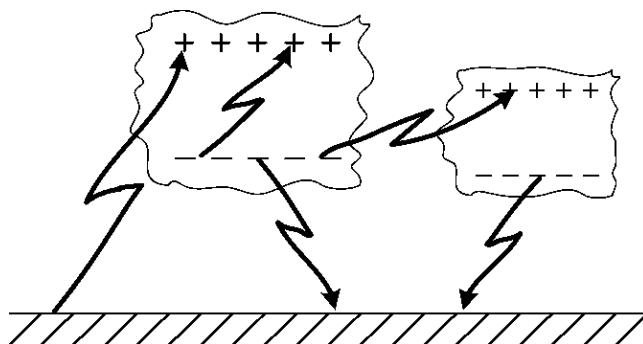


Рисунок 1.1 – Види блискавок

Для виникнення блискавки має утворитися напруженість електричного поля 0,5 – 10 кВ/м, конкретне значення якої залежить від ізолювальної здатності повітря та накопиченого заряду.

Сила, яка породжує цей заряд, пов'язана з різницею температур між поверхнею землі та верхніми шарами атмосфери, а також з процесами конденсації та кристалізації води у хмарах. Різниця температур спричиняє висхідний рух повітря. Під час підйому теплого вологого повітря на велику висоту відбувається конденсація вологи, яка переходить у стан кристалів льоду. Під час переміщення і тертя виникає розподіл заряду. Висхідні повітряні потоки піднімають легкі кристали льоду, які надають позитивний заряд, у

верхню частину хмари, тоді як ядра сніжинок, що несуть негативний заряд, накопичуються в нижній частині. Це призводить до утворення відокремлених заряджених зон. Поверхня землі зазвичай має позитивний заряд. Коли напруженість електричного поля у хмарі, між хмарами або між зарядженою зоною та землею досягає певного значення, відбувається пробій у вигляді блискавки. Виникнення блискавок та їх інтенсивність перш за все залежать від вологості і температури повітря. У центральній Європі, в середньому, відбувається 15-25 грозових днів на рік, завдяки клімату цього регіону.

Більшість розрядів блискавок відбувається у повітрі між хмарами. Розряди блискавки між хмарою та землею поділяються на низхідні і висхідні. Близько 90% становлять низхідні блискавки від хмари до землі, і лише 10% – висхідні, з землі до хмари. Зазвичай спадні блискавки характерні для рівнинних територій і невисоких будівель (споруд), тоді як для висотних будівель (споруд) домінуючими є висхідні розряди.

Давайте детальніше розглянемо природу виникнення розряду блискавки між хмарою та землею. Процес починається з розвитку так званого "лідера". Коли напруженість електричного поля досягає пробивного значення в узькому повітряному каналі, відбувається рух накопичених зарядів, що призводить до появи струму великої сили, досягаючи кілька сотень ампер. У цей момент починається іонізація повітря у каналі, а лідер "пробігає" відстань 50-100 метрів. Після зіткнення з молекулами повітря лідер "замерзає" на 10-6 секунд, а навколо його головки відбувається іонізація повітря. Потім лідер відновлює рух у новому напрямку, що призводить до утворення ламаної лінії - саме так виглядає розряд блискавки. Під час руху лідера до землі напруженість електричного поля на кінці каналу зростає, що призводить до утворення стримера - зустрічного каналу зарядів, який поступово спускається вниз. Зіткнення стримера з заземленими предметами створює іонізований канал, і виникає електричний розряд. Цей розряд супроводжується наростанням струму до пікових значень, супроводжується розігріванням каналу та яскравим світінням. Також виникає ударне розширення у повітрі, яке сприймається як

удари грому. Важливо зазначити, що на цьому етапі стример притягує лідера у точку, з якої цей стример з'явився. Ця природна властивість використовується при створенні систем блискавкозахисту.

Розряд блискавки відбувається зі швидкістю 300 км/с, виділяючи величезну енергію – до мільярда джоулів. Температура повітря в каналі сягає 30000 С, тривалість розряду від 0,2 до 1,5 с, поділених на кілька імпульсів (зазвичай 3–4) з інтервалом між ними від 10 до 250 мс.

Зазвичай наслідками дії блискавок на будівлі та споруди є вибухи і пожежі, руйнування, травми, загибель людей та тварин, пошкодження майна і обладнання.

Негативний вплив блискавок поділяють на дві основні групи:

первинні – руйнування, викликані безпосередньо прямим ударом блискавки;

вторинні – імпульсні напруги, індуковані самим розрядом чи занесені в об'єкт через протяжні металеві комунікації.

Прямий удар блискавки (ПУБ) характеризується таким впливом на об'єкт:

1. Електричний, пов'язаний з ураженням людей електричним струмом. Струм блискавки є причиною підвищення потенціалів в точці удару і на металевих конструкціях, з'єднаних з цією точкою, а також на контурі заземлення. Виникають високі напруги і на ділянках електричних контурів, де протікає струм блискавки або його частка; значення цих напруг прямо пропорційні активному опору і індуктивності контуру розтікання струму блискавки. Тому небезпечна дія блискавки на людину, окрім прямого попадання, може бути пов'язана з ударом блискавки в будинок, дерево або навіть в землю, де в безпосередній близькості перебуває людина. Ураження можливе від напруги дотику (перекриття) або через виникнення напруги кроку, що замикається через тіло людини (рис. 1.2).

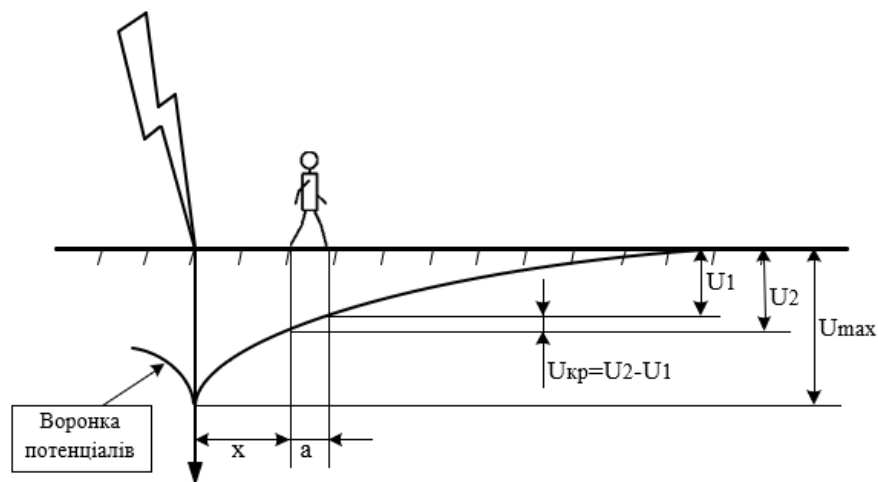


Рисунок 1.2 – Воронка потенціалів і напруга кроку

З рис. 1.2 видно, що напруга кроку $U_{\text{кр}}$ залежить від ширини кроку «а» та відстані «х» між людиною і точкою удару блискавки.

2. Термічний, пов'язаний з різким виділенням тепла при прямому контакті каналу блискавки з об'єктом. У точці удару виникає потужний тепловий потік, який визначається струмом і спадом напруги та є прямо пропорційним заряду, що пройшов каналом блискавки. У 95% випадків ця енергія на два-три порядки перевищує енергію займання більшості газо- і пилоповітряних сумішей, що призводить до пожеж та вибухів. Також прямий контакт з каналом блискавки може призвести до проплавлення корпусу вибухонебезпечних установок.

3. Механічний, зумовлюється як ударною хвилею, що йде від каналу блискавки, так і впливом електродинамічних сил, що діють на провідники, якими проходить струм блискавки. Ці сили спричиняють механічні руйнування.

Вторинний вплив блискавки насамперед пов'язаний з дією на об'єкт електромагнітного поля від близьких розрядів. Зазвичай його розглядають як дві складові: перша зумовлена зарядами, що переміщуються каналом

блискавки (електростатична індукція), друга – зміною струму блискавки в часі (електромагнітна індукція).

Електростатична індукція залежить від значення струму блискавки, відстані до місця удару та опору заземлювача, створюючи перенапругу до сотень кіловольт.

Електромагнітна індукція пов'язана з наведенням в металевих контурах електрорушійної сили (ЕРС) значенням в декілька десятків кіловольт, які можуть бути викликані навіть міжхмаровою блискавкою (пошкодження від перенапруги після удару блискавки можливі в радіусі до 2 км).

До другої групи небезпечних впливів блискавки відноситься перенесення небезпечного потенціалу з об'єкта, на який впала блискавка, на інші об'єкти через комунікаційні лінії та металеві конструкції будівель, кабелі живлення, трубопроводи, повітряні лінії тощо.

Ці перенапруги можуть не мати такої руйнівної сили, як прямий удар блискавки, але вони можуть призвести до вийду з ладу систем управління та життєзабезпечення, що в своїх наслідках не поступається прямому удару. Особливо чутливим до імпульсів перенапруг є комп'ютерне обладнання для спостереження і контролю технологічних процесів, сучасні промислові установки з різноманітними системами автоматизованого керування та інші пристрої. Імпульсний перешкоджаючий напруговий стрибок в електричних мережах, що виникає внаслідок близького удару блискавки, може вивести ці системи з ладу. Це може призвести до збоїв в роботі промислового обладнання, втрати даних, зупинки виробництва, а також до складних і тривалих ремонтів. Усе це призводить до значних фінансових збитків.

Блискавкозахист будівель і споруд є необхідним комплексом технічних рішень і спеціальних пристосувань для забезпечення безпеки будівлі, майна та людей, які перебувають в них, а також для гарантії стабільного електропостачання. Щороку на планеті відбувається до 16 мільйонів гроз, що становить приблизно 44 тисячі грозових бурь на день. Прямий удар блискавки

є надзвичайно небезпечним для здоров'я людей, і не рідкі випадки призводять до смертельних наслідків.

Для будівель і споруд існує загроза внаслідок безпосереднього контакту блискавкового розряду з об'єктами, що потрапляють під вплив. Можливі наслідки включають пожежу, руйнування та пошкодження вразливого обладнання через супутнє імпульсне електромагнітне поле блискавки. Блискавка, як відомо, представляє собою найпотужніший грозовий розряд струму, який виникає між землею та хмарами. Тому застосування блискавкозахисту є необхідним для запобігання пошкодження будь-яких житлових, комерційних або промислових споруд, а також систем електропостачання. Важливо зазначити, що блискавкозахист гарантує безпеку як майна, так і життя людей [4].

Блискавкозахист у свою чергу усуває удар від блискавок і захищає не тільки будівлі, але і електричну мережу вцілому, радіозв'язок, комутаційне обладнання, антени телебачення, димові труби, вишки, технологічне обладнання та ін., а необхідність установки захисту обумовлена тим, що напруга при одному грозовому розряді може досягати до 50 мільйонів В з силою струму при цьому близько 300000 А. Удар при цьому супроводжується сильною звуковою, тепловою та світловою енергією, що не найсприятливішим чином може вплинути на цілісність споруди [6, 7].



Рисунок 1.3 - Приклад виникнення блискавки

Наслідки, в тих випадках, коли у будівлі немає надійної системи блискавкозахисту – забрані життя, зруйновані будівлі, пожежі, вихід з ладу

електропроводки, устаткування і приладів. Як приклад, на рис. 1.4 наведено карту середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України. Проте багато хто, знаючи це, не квапиться встановлювати системи блискавкозахисту будівель і споруд [9, 10].

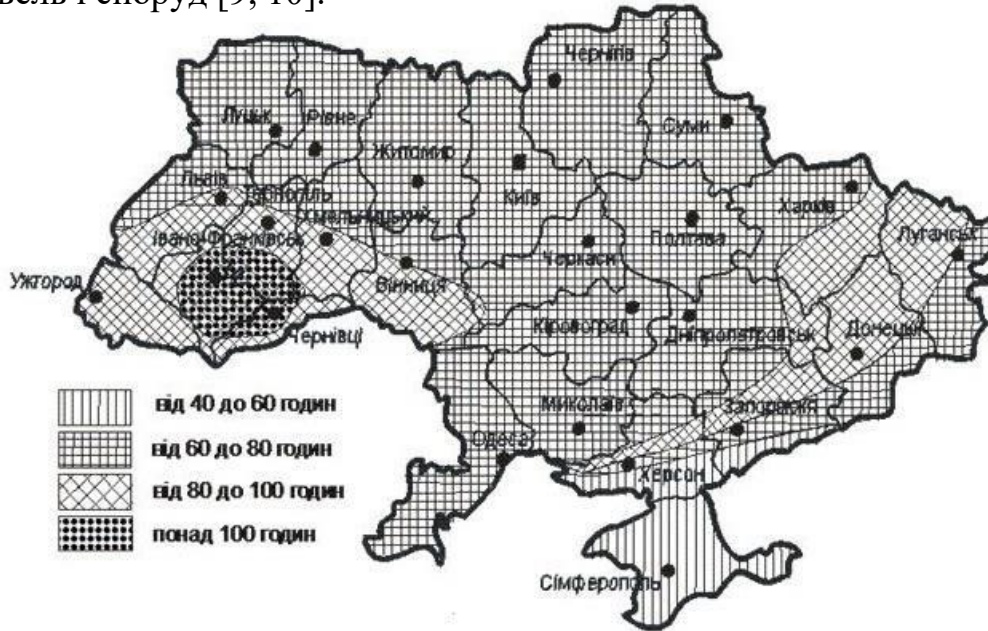


Рисунок 1.4 - Карта середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України

1.2. Основні компоненти блискавкозахисту

Загалом система захисту від блискавок та імпульсних перенапруг – це комплексна система, призначена для зниження ризику матеріальної шкоди при ударі блискавки в будівлю. Вона поділяється на зовнішню та внутрішню системи (рис. 1.5).

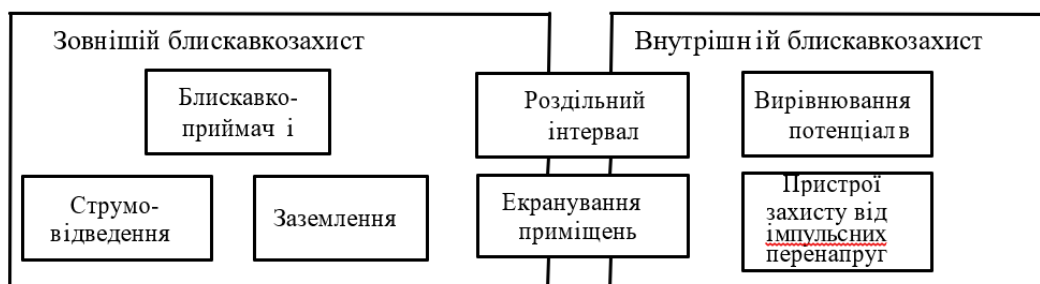


Рисунок 1.5 – Системи зовнішнього і внутрішнього блискавкозахисту

Зовнішня система блискавкозахисту (СБЗ) включає в себе блискавкоприймачі і струмовідводи, які ефективно перехоплюють прямі удари блискавок зі значними струмами до 200 кА і безпечно відводять їх до землі через захисний роздільний інтервал. Система заземлення відводить енергію розряду, а заземлювальні пристрої надійно виконують свої функції протягом усього періоду експлуатації будівель і споруд. Роздільний інтервал S визначає мінімальну відстань між провідними елементами, яка запобігає іскрінню під час протікання струму блискавки.

Зовнішня система блискавкозахисту має надійно захищати самі будівлі, людей і обладнання від потенційно небезпечних струмів блискавки та ризику виникнення пожежі через небезпечне іскріння.

Внутрішня система блискавкозахисту включає систему вирівнювання грозових потенціалів і пристроїв захисту від імпульсних перенапруг (ПЗП), а також екранування, якщо це необхідно в конкретному випадку.

Зауважимо, що енергія блискавки розподіляється так: близько 50% струму блискавки відводиться в заземлення, а інша частина розтікається по лініях та мережах будівлі. Система вирівнювання потенціалів з під'єднаними до неї пристроями захисту від перенапруги забезпечує відведення цієї частини енергії блискавки. Згідно з ПУЕ [8], ПЗП встановлюються в мережах живлення до 1000 В та в усіх мережах передачі даних.

Грозвий імпульс може тривати близько 1 мс і досягати напруги в десятки чи сотні кіловольт, а сила струму, що пропускається, до 100 кА. Жоден пристрій, окрім ПЗП, не може відреагувати на такі короткі та потужні імпульси. Правильно побудовані системи внутрішнього захисту утворюють багаторівневий бар'єр, який надійно захищає від імпульсів перенапруги, гарантуючи контрольоване вирівнювання потенціалів та запобігаючи ризику удару високою напругою і електричного пробою.

Всі складові блискавкозахисту вибираються і розраховуються на стадії проектування мереж та споруд і мають відповідати діючим стандартам. На

сьогодні в Україні діє два нормативних документи з розрахунку та проектування систем блискавкозахисту: ДСТУ EN 62305-2012, який складається з чотирьох частин [1–4] і був створений на базі європейського EN 62305-2011 (рис. 1.4). Ним потрібно користуватися насамперед. Також в Україні досі діє стандарт ДСТУ Б.В.2.5-38-2008 [5].

При проектуванні та створенні систем блискавкозахисту, окрім стандартів [1–4] та [5], також потрібно враховувати всі діючі виробничі стандарти, технічні регламенти та вказівки з безпеки.

Відповідно до [1], основним джерелом пошкоджень є удар блискавки. Залежно від місця точки ураження блискавкою враховують чотири ситуації пошкоджень (S1–S4) (табл. 1.1).

S1 – прямий удар блискавки в будинок. В цьому випадку вся система захисту будівлі відчуває вплив високого потенціалу блискавки, який поширюється системою заземлення будівлі, а також лініями електромереж та передачі даних до сусідніх будівель і їх систем заземлення. Все це може призвести до ураження людей, пожеж або вибухів, пошкодження обладнання.

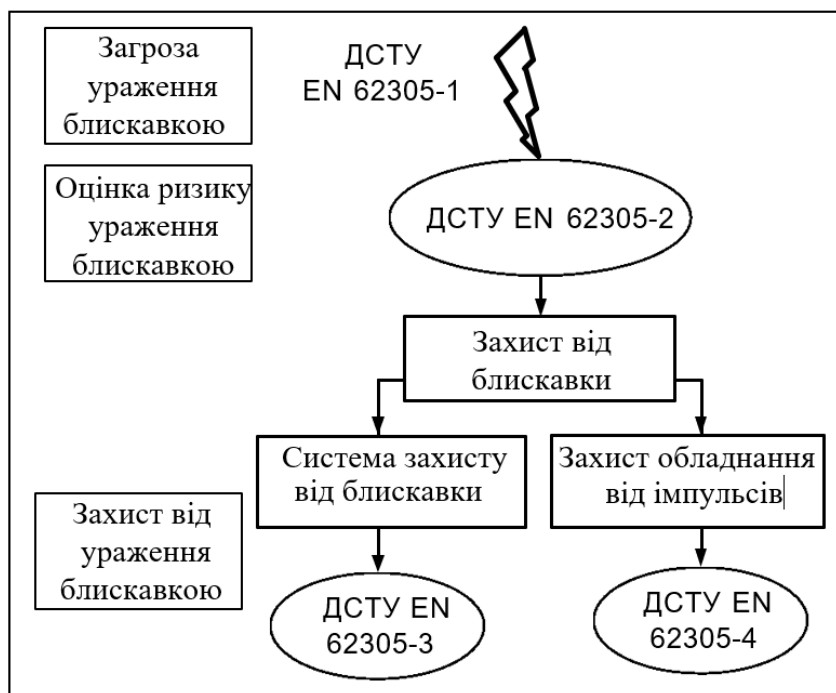


Рисунок 1.6 – Взаємозв'язок стандартів ДСТУ EN 62305-2012

S2 – удар блискавки поблизу будівлі або живильної лінії, що входить у будівлю. При близькому ударі блискавки створюються магнітні поля високої інтенсивності, які індують високі піки напруги в електричних мережах. У радіусі до 2 км від точки удару блискавки індуктивні і гальванічні зв'язки можуть створити імпульсні перенапруги, що можуть пошкодити електричне обладнання. Крім того, ці індуктивні перенапруги можуть спрацювати пристрої захисту, що викликає додаткові комутаційні процеси в мережі.

Варто відзначити, що телекомунікаційні системи передачі даних та супутнє обладнання зазвичай мають невисоку робочу напругу порівняно з електричними силовими мережами. Тому їх імпульсна стійкість заздалегідь менша, і навіть невеликі комутаційні або індуктивні перенапруги в лініях можуть пошкодити це обладнання.

S3 – прямий удар блискавки в живильну лінію. Прямий удар блискавки в низьковольтну повітряну лінію або лінію передачі даних може призвести до проникнення великих струмів блискавки в будинок, що під'єднаний до цієї лінії, і спричинити ураження та виходу з ладу всього електричного обладнання.

S4 – удар блискавки поруч з лінією живлення. У цьому випадку відбуваються процеси, аналогічні S2.

Ударами блискавок зумовлені три можливих причини пошкоджень (C1–C3). Самі пошкодження поділяють на чотири види втрат (D1–D4). Аналіз отримання можливих пошкоджень пропонується в табл. 1.1, 1.2.

Таблиця 1.1 – Класифікація можливих пошкоджень

Джерело пошкодження залежно від місця удару	Місце удару блискавки	Причини пошкоджень	Види втрат
S1	Будівельна споруда	C1 C2 C3	D1, D4 D1, D2, D3, D4 D1, D2, D4
S2	Ґрунт поблизу будівельної споруди	C3	D1, D2, D4
S3	Підведена лінія живлення	C1 C2 C3	D1 D1, D2, D3, D4 D1, D2, D4
S4	Ґрунт поблизу підведеної лінії живлення	C3	D1, D2, D4

Таблиця 1.2 – Причини пошкоджень та види втрат

C1	Електричний шок живих істот як наслідок контактних або крокових напруг
C2	Пожежа, вибух, механічний та хімічний вплив в результаті фізичних наслідків розряду блискавки
C3	Несправність електричних і електронних систем в результаті перенапруг
D1	Травмування або загибель людей
D2	Неможливість надання послуг населенню
D3	Втрата незамінної культурної спадщини
D4	Економічні втрати

1.3. Визначення необхідності та рівня блискавкозахисту

Для визначення необхідного рівня блискавкозахисту будівлі необхідно враховувати наступні фактори:

- Призначення будівлі: В залежності від призначення будівлі (житлова, комерційна, промислова тощо) встановлюються відповідні вимоги до

блискавкозахисту. Наприклад, для будівель з високим рівнем пожежонебезпеки (склади хімічних речовин, вибухонебезпечні приміщення) необхідно застосовувати більш ефективні заходи блискавкозахисту.

- **Розміри будівлі:** Розміри будівлі впливають на вибір типу та кількості блискавкоприймачів і струмовідводів. Будівлі зі складною формою можуть вимагати додаткових заходів для забезпечення ефективного захисту від блискавки.

- **Ступінь вогнестійкості:** Вогнестійкі будівлі вимагають особливої уваги при встановленні системи блискавкозахисту, оскільки вони мають бути захищені від загоряння в разі прямого удару блискавки.

- **Місце розташування будівлі:** Кліматичні умови та географічне положення будівлі впливають на частоту грозової діяльності та потужність блискавок. В зоні з високою активністю гроз можуть потрібні більш ефективні системи блискавкозахисту.

Загальна мета - забезпечити безпеку будівлі, майна і людей, які перебувають в ній, від небезпеки ураження струмом блискавки та зниження ризику пожежі.

Згідно з [2], для об'єктів пропонується чотири класи блискавкозахисту (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Класи захисту від блискавки

Клас захисту від блискавки	Рівень потреби в захисті	Галузь застосування
I	Найвища потреба	Центри обробки даних, військові об'єкти,
II	Висока потреба	Вибухонебезпечні зони у промисловості та хімічній сфері, склади ПМР, добрив і хімікатів, млини, елеватори, пром. холодильники
III	Низька потреба	Адміністративні, торговельні, офісні, висотні житлові будинки, лікарні, школи, приміщення з розрахунку на масове скупчення людей і площею понад 2000 м ²
IV	Найнижча потреба	Все інше: приватні будинки, будинки і котеджі в селах, торговельні, офісні, промислові будівлі площею до 2000 м ²

Для кожного класу захисту визначено фіксовані мінімальні і максимальні параметри струму блискавки (табл. 1.4). Вони можуть бути використані при проектуванні компонентів захисту (наприклад, при виборі перерізу провідників, товщини захисних екранів, роздільного інтервалу, пристроїв захисту від перенапруг) і визначення параметрів моделювання впливу блискавки при проведенні випробувань обладнання блискавкозахисту.

Таблиця 1.4 – Значення параметрів блискавки для класів захисту

Параметри та одиниця вимірювання	I клас захисту	II клас захисту	III клас захисту	IV клас захисту
Струм I (кА)	2,9 – 200	5,4 – 150	10,1 – 100	15,7 – 100
Заряд імпульсу Q_{SH} (Кл)	100	75	50	
Питома енергія W/R (МДж/Ом)	10	5,6	2,5	
Час імпульсу T_1/T^2 (мкс)	10/350			

При цьому ефективність блискавкозахисту 1-го класу має сягати 98%, 2-го класу – 95%, 3-го класу – 90%, 4-го – 81%. Для деяких спеціальних об'єктів рівень захисту встановлюється до 99,9%, залежно відступеня його суспільної значимості і тяжкості очікуваних наслідків.

Визначення класу блискавкозахисту може відбуватися на основі статистичних даних про будівлю або через аналіз ризиків ураження блискавкою в цій місцевості відповідно до [2], де пропонується метод керування ризиком ураження. Ризик R – це значення ймовірного річного збитку; керування ризиком означає вибір можливих заходів захисту від блискавки з метою зниження ризику до допустимого значення. Для цього проводиться оцінювання ризику для об'єктів внаслідок влучання блискавки та порівняння з допустимим ризиком, величину якого визначають зацікавлені сторони. Додатково стандарт [3] регламентує захист людей та об'єктів від прямих ударів блискавки, стандарт [4] визначає захист електричних та електронних систем всередині об'єктів (захист від вторинних дій блискавки).

Зовнішня система блискавкозахисту призначена для перехоплення прямих ударів блискавки в будівлю (включно й удар в фасад будівлі), відведення струму блискавки від точки ураження до заземлення та

розподілення у землі, без термічного чи механічного пошкодження або іскріння, яке може стати причиною пожежі чи вибуху.

Після того, як визначено необхідність і клас блискавкозахисту для будівлі, потрібно зібрати інформацію, яка допоможе правильно розрахувати та підібрати необхідне обладнання для улаштування зовнішньої системи блискавкозахисту.

1. Перед початком планування потрібно з'ясувати, у якому стані знаходиться будівля: існуюча, будується, на стадії проекту. Найкраще, якщо будівля ще проектується або будується; тоді є можливість передбачити використання для системи блискавкозахисту природних елементів, спростивши та здешевивши її.

2. Необхідні плани даху і фасадів будівлі з усіма вказаними розмірами, згідно з якими буде проводитись розрахунок захисних зон та кількість необхідного обладнання.

3. Потрібні конструктивні характеристики покрівлі будівлі: а) матеріал покрівлі (для металевої покрівлі – її товщина);

б) наявність та кількість виступаючих над покрівлею елементів (антени, труби, вентиляційні канали, і т. п.), їх розміри, матеріал і розташування;

в) наявність парапетів чи огорож, тип матеріалу та розміри; г) наявність і тип снігозатримувачів та дощових ринв.

4. Конструктивні характеристики фасадних стін будівлі: а) матеріал стін (цегла, залізобетон, дерево чи інше);

б) наявність зовнішнього утеплення, матеріал та товщина; в) наявність, розміри та матеріал дощових труб;

г) місця розміщення вхідних дверей, вікон, балконів.

5. Конструктивні характеристики фундаменту та благоустрій навколо будівлі:

а) тип фундаменту (бетон, залізобетон) та його ізоляція; б) благоустрій навколо будівлі (земля, асфальт, бруківка);

в) тип та провідність ґрунту (чорнозем, пісок, глина, каміння);

г) наявність і розташування комунікацій та інших металевих чи кабельних підводів до будівлі.

Після отримання необхідної інформації, потрібно визначити, якою буде зовнішня система блискавкозахисту: неізольована, яка встановлюється на захищувану будівлю; ізольована, провідники якої встановлюються на безпечній відстані від захищуваної будівлі.

У більшості випадків, зовнішня система блискавкозахисту встановлюється на будівлі, яку потрібно захистити. Однак, у деяких особливих випадках може бути необхідно встановити ізольовану систему блискавкозахисту. Це стосується ситуацій, коли може виникнути небезпека для будівлі або обладнання всередині через термічні впливи в точці ураження або на провідниках, якими буде проходити струм блискавки. Наприклад, це може бути необхідно для будівель з займистими покриттями на стінах або для будівель, де існує ризик виникнення вибуху чи пожежі. Розглядаючи такі особливості будівлі, можна визначити потребу в ізольованій системі блискавкозахисту, щоб забезпечити безпеку будівлі та обладнання всередині.

1.4. Особливості експлуатації пристроїв блискавкозахисту

Експлуатація пристроїв блискавкозахисту об'єктів та споруд передбачає підтримання їх у належному технічному стані відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів [7].

Необхідно, щоб всі підприємства та організації, незалежно від форм власності, мали розроблений комплект експлуатаційно-технічної документації блискавкозахисту. Цей комплект має містити:

- пояснювальну записку;
- схеми зон захисту блискавковідводів;

- робочі креслення конструкцій блискавководів (будівельна частина), конструктивних елементів захисту від вторинних проявів блискавки, від занесення високих потенціалів через наземні і підземні металеві комунікації, від іскрових каналів і розрядів в ґрунті;

- приймальну документацію – акти прийому в експлуатацію пристроїв блискавкозахисту, акти на приховані роботи, акти випробувань з інформацією про вторинні прояви блискавки, зокрема проникнення високих потенціалів в зону захисту.

У пояснювальній записці вказуються: підприємство-розробник комплексу експлуатаційно-технічної документації, підстави для його виконання, перелік діючих нормативних документів, спеціальні вимоги до блискавкозахисту. В ній також має міститися інформація щодо вихідних даних, прийнятих засобів блискавкозахисту, розрахунків зон захисту, заземлювачів, струмовідводів та елементів захисту від вторинних проявів блискавки.

Вихідні дані для проектування блискавкозахисту складаються замовником за участі проектної організації і містять:

- генеральний план об'єктів, що підлягають блискавкозахисту, автомобільних доріг і залізниць, наземних та підземних комунікацій різної відомчої належності;

- категорії блискавкозахисту окремих споруд;

- дані про кліматичні умови району, де розміщуються захисні пристрої, характеристику ґрунтів із зазначенням їх структури і хімічної агресивності, рівня ґрунтових вод;

- питомий електричний опір ґрунту (Ом·м).

Дозволяється використовувати типові проекти блискавкозахисту, що мають загальну схему і зони захисту блискавководів. У разі відсутності типових рішень розробляються робочі кресленики окремих елементів блискавкозахисту.

Зазвичай проекти блискавкозахисту узгоджуються з робочими креслениками на загальні будівельні роботи з монтажу сантехнічного і

електротехнічного обладнання з метою його використання для блискавкозахисту.

Після завершення будівництва блискавкозахисні пристрої приймаються в експлуатацію робочою комісією, складаються відповідні акти, що передаються замовнику до початку монтажу технологічного устаткування та комплектації об'єкта обладнанням.

Склад робочої комісії визначається замовником і зазвичай складається з особи, відповідальної за електрогосподарство, представника підрядної організації та представника служби пожежної інспекції.

Робоча комісія розглядає затверджену та узгоджену з зацікавленими сторонами технічну документацію пристроїв блискавкозахисту, акти на приховані роботи з улаштуванням заземлювачів і струмовідводів. На розгляд комісії подаються акти випробувань пристроїв блискавкозахисту, захисту від вторинних проявів блискавки, зокрема можливого проникнення високих потенціалів через наземні і підземні металеві комунікації. Також на розгляд комісії подаються результати перевірки електромонтажних робіт блискавкоприймачів, струмопроводів, надійності електричних з'єднань та значення опорів заземлювачів.

Після проведення повної перевірки і огляду будівельно-монтажних робіт, що були виконані, складається акт приймання блискавкозахисних пристроїв та обладнання. Після прийняття в експлуатацію пристроїв блискавкозахисту складаються паспорти блискавкозахисних пристроїв і паспорти заземлювачів, які зберігаються у відповідального за електрогосподарство.

Електромонтажна організація несе гарантійну відповідальність відповідно до пунктів договору на проведення робіт і чинного законодавства (відповідно до чинного законодавства, гарантійний термін становить 10 років, якщо інше не встановлено договором або законом).

Експлуатацію захисної системи виконує замовник, який відповідає за її обслуговування і підтримку системи у відповідному технічному стані. Перевірочні випробування системи блискавкозахисту проводяться відповідно

до ПУЕ спеціалізованими організаціями з оформленням відповідних документів. При цьому компоненти систем зовнішнього блискавкозахисту перевіряють стосовно справного функціонування, навантажуючи їх випробувальними імпульсами струму: блискавкоприймачі навантажують трьома імпульсами струму по 100 кА, тривалістю 10/350 мкс – це категорія випробувань Н; струмовідводи і з'єднання в системі заземлення тестуються трьома імпульсами струму по 50 кА тривалістю 10/350 мкс – це категорія випробувань N.

Планове та позачергове обслуговування пристроїв блискавкозахисту здійснюється за програмою, яка складається представником проектної організації і затверджується керівником підприємства (табл. 1.5).

Перевірка полягає в контролі технічної документації, вимірюванні та обслуговуванні і мають виконуватися з дотриманням норм та принципів державних стандартів [3].

Таблиця 1.5 – Періоди перевірок систем блискавкозахисту

Клас блискавкозахисту	Візуальний огляд	Повна перевірка	Надважливі об'єкти ^{1) 2)}
I і II	через 1 рік	через 2 роки	кожний рік
III і IV	через 2 роки	через 4 роки	кожний рік

1) Системи блискавкозахисту, що використовують в будівлях, пов'язаних з вибухонебезпечним виробництвом, мають оглядатися кожні 6 місяців. Електричні випробування необхідно виконувати щороку (допустиме відхилення від графіка – раз на 14–15 місяців, коли вважається за доцільне проводити випробування в різні пори року, щоб отримати інформацію про вплив сезонних коливань).

2) До будівель і споруд особливої важливості відносять об'єкти, що містять центри обробки та зберігання даних, місця з можливою присутністю великої кількості людей, важливі комерційні, адміністративні, історичні будівлі.

Критерії перевірки:

- контроль всієї документації, включно й відповідність нормам;
- перевірка загального стану блискавкоприймачів і струмовідводів, а також всіх сполучних компонентів (відсутність ослаблих з'єднань) і рівня суцільного опору;
- перевірка системи заземлення, опору заземлення, включно й переходи та з'єднання;
- перевірка загального стану корозії;
- контроль стану кріплення проводів і їхніх елементів;
- документування всіх внесених змін і доповнень системи зовнішнього блискавкозахисту, а також змін, що стосуються самої будівлі.

Позачергові огляди пристроїв блискавкозахисту потрібно проводити після стихійних лих, ураганного вітру, повенів, землетрусів, пожеж і гроз надзвичайної інтенсивності. З періодичністю 6 років (для об'єктів I категорії) рекомендується виконувати контроль блискавкозахисних пристроїв з розкриттям 20% підземних його частин. Елементи, уражені корозією більше ніж на 25%, мають бути замінені новими.

Після завершення ремонтних робіт необхідно провести позачергові вимірювання опору заземлення. Результати перевірок фіксуються у вигляді актів і заносяться до паспортів та журналів обліку стану пристроїв блискавкозахисту.

Виконання земляних робіт неподалік від пристроїв блискавкозахисту дозволяється тільки за наявності дозволу експлуатаційної організації. Відповідальні особи, які контролюють збереження цих пристроїв, призначаються цією організацією. Під час грози забороняється виконувати будь-які роботи на пристроях блискавкозахисту та їх найближчому оточенні. Нормальна експлуатація системи блискавкозахисту допускається лише при дотриманні усіх цих умов.

2. СИСТЕМА ЗОВНІШНЬОГО БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

2.1 Улаштування зовнішнього блискавкозахисту

Для забезпечення надійного захисту будівлі від прямого відведення струму блискавки в землю, встановлюється система блискавкозахисту, яка складається з двох основних компонентів - струмовідводів і системи заземлення (рис. 2.1).

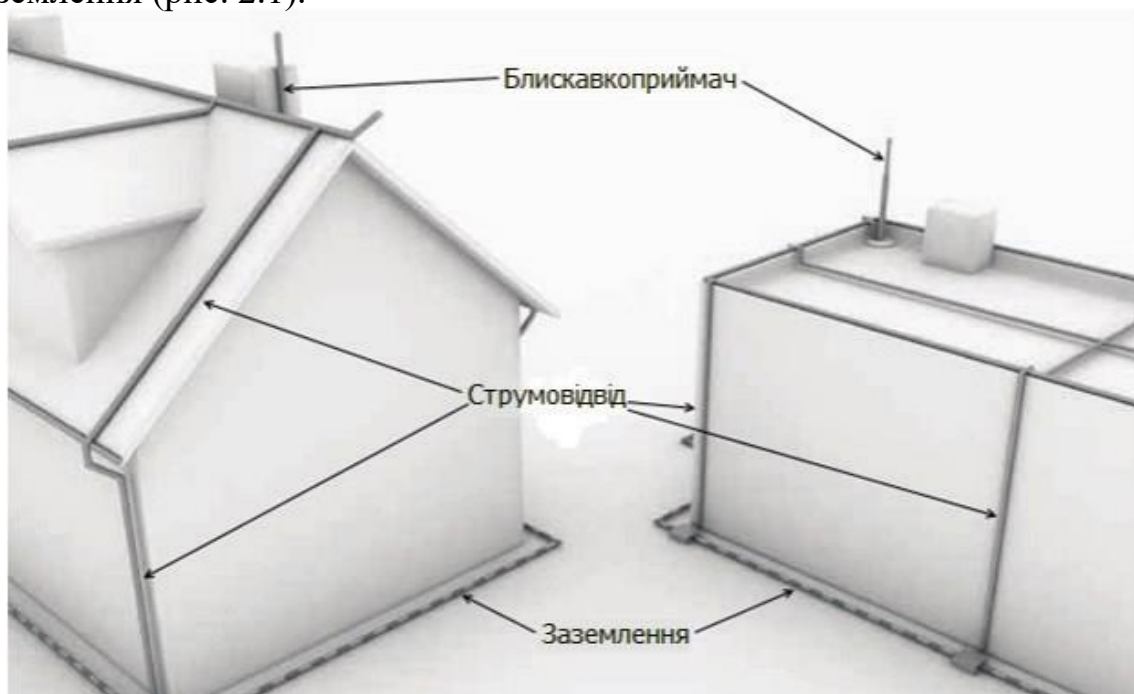


Рисунок 2.1 – Зовнішня система блискавкозахисту

Блискавкоприймачі – це частина зовнішньої СБЗ, піднесені над спорудою та призначені для перехоплення розрядів блискавки. Залежно від типу і конфігурації споруди, що потребує захисту, блискавкоприймачі можуть складатися з довільної комбінації стрижнів (включно й окремо розташовані щогли), натягнутих проводів або тросів, сітчастих провідників, будь-яких інших природних або штучних елементів, що можуть виконувати роль блискавкоприймача. В процесі їх вибору важливу роль має будівельна конфігурація об'єктів, можливе розташування і властивості обраних типів

струмовідводів. Згідно з вимогами ДСТУ EN 62305-3:2012 [3], блискавкоприймачі обов'язково потрібно розміщувати по кутах у виступаючих точках і по краях покрівлі. Для забезпечення оптимального розтікання струму окремо розташовані стрижні мають з'єднуватись разом на рівні даху.

Зауважимо, що система зовнішнього блискавкозахисту може бути ізолювана від споруди або бути частиною останньої, встановлена окремо або безпосередньо на будівлі. При цьому всі складові захисту мають бути надійно з'єднані між собою для недопущення пробойів та іскріння.

Простим та найбільш поширеним є стрижневий блискавкоприймач висотою h із зоною захисту у вигляді кругового конусу, вершина якого збігається з вершиною стрижневого блискавкоприймача.

Габарити зони захисту визначаються кутом α або радіусом r (рис. 2.2), які залежать від висоти h і вибраного класу блискавкозахисту. У межах захисної зони розташовують обладнання, яке підлягає захисту, обов'язково з дотриманням захисного роздільного інтервалу проти іскріння S .

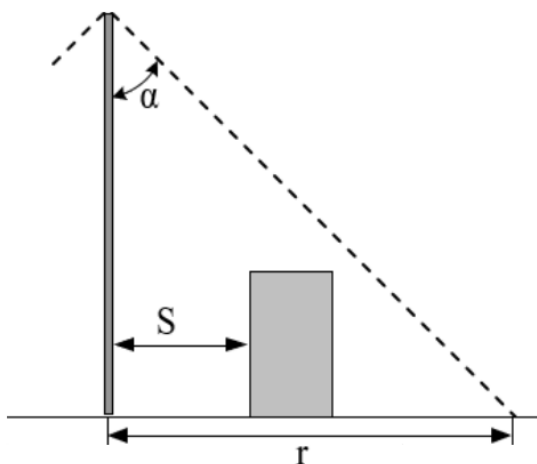


Рисунок 2.2 – Зона захисту стрижневого блискавкоприймача

Правильно розраховані роздільні інтервали S надійно запобігають пробоем струму блискавки на обладнання та захищають від іскріння. Інтервал S розраховується за формулою [3]:

$$S = \frac{k_I \cdot k_c}{k_m} \cdot L, \quad (2.1)$$

де k_i – коефіцієнт, що залежить від класу захисту (клас 1 – 0,08; клас 2 – 0,06; клас 3, 4 – 0,04);

k_c – коефіцієнт розподілу струму блискавки, який залежить від кількості струмовідводів, а також від типу заземлювача [3];

k_m – коефіцієнт, що залежить від матеріалу ізоляції в проміжку (бетон, біла цегла – 0,5; повітря – 1; склопластик – 0,7);

L – довжина вздовж блискавкоприймача або струмовідводу від точки, в якій визначають роздільний інтервал S до найближчої точки під'єднання вирівнювання потенціалів.

Для захисту рівних поверхонь (будівлі з плоским дахом) використовується блискавкоприймальна сітка у вигляді металевого сітчастого провідника (рис. 2.3) з певним кроком m , обумовленим категорією блискавкозахисту (табл. 2.1) [3].

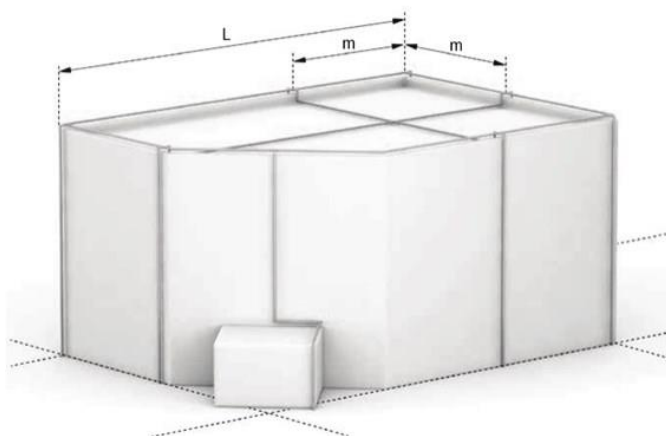


Рисунок 2.3 – Метод блискавкоприймальної сітки на будівлі з плоским дахом

Таблиця 2.1 – Розмір комірок m залежно від класу захисту

Рівень блискавкозахисту	Розмір m
I	5×5 м
II	10×10 м
III	15×15 м
IV	20×20 м

Використання методу блискавкоприймальної сітки можливе за умов:

- провідники сітки обов'язково проходять по краю даху, а дах виходить за габаритні розміри будівлі;
- якщо дах двосхилий і нахил перевищує уклон 1 до 10, провідник сітки обов'язково проходить по гребеню даху;
- бокові поверхні високої споруди захищаються додатковою сіткою;
- сітка виконується так, щоб струм блискавки завжди мав, принаймні, два різних шляхи до заземлювача;
- жодні металеві частини не мають виступати за зовнішні контури сітки, а якщо такі елементи існують, їх потрібно захищати окремо.

Всі виступаючі над дахом елементи споруди, які можуть бути використані як блискавкоприймачі, мають бути приєднані до сітки, інакше вони обладнуються додатковими захисними стрижнями, які також приєднуються до сітки.

Якщо нахил покрівлі перевищує 10%, замість сітки можна використати паралельні вертикальні провідники, прокладені у вигляді спусків від гребеня до нижнього краю покрівлі, нехтуючи горизонтальними лініями. Відстань між провідниками має відповідати ширині сітки, по гребеню та нижньому краю обов'язково прокладаються горизонтальні провідники.

Як відмічалось, для будівель висотою h більше 60 м існує загроза бокового удару блискавки, тому рекомендується робити бокову сітчасту проводку (рис. 2.4).

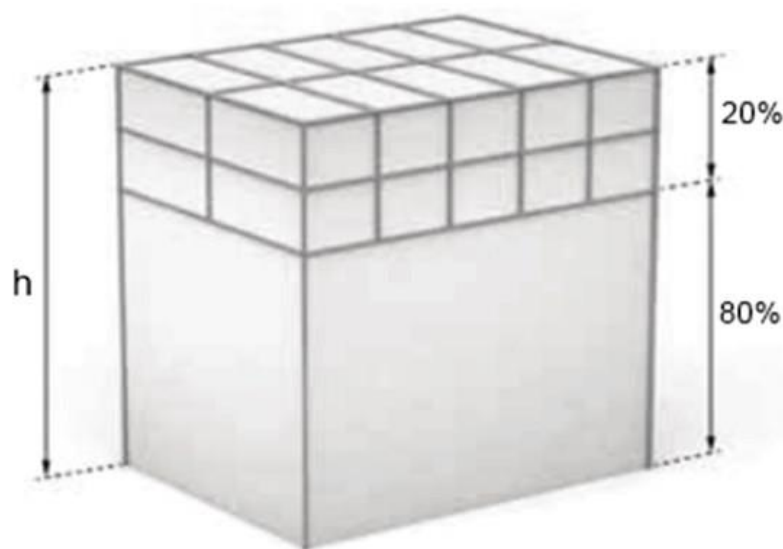


Рисунок 2.4 – Сітчаста проводка для захисту від бокового удару

Для здешевлення системи блискавкозахисту рекомендовано визначити (згідно з [2]), чи можуть використовуватись як блискавкоприймачі природні компоненти, які вже є на будівлі: металева огорожа даху, металеві труби або резервуари, металева покрівля даху і т. д.

2.2 Монтаж зовнішнього блискавкозахисту

Варто розрізняти окремо розташовані та вбудовані (прибудовані) системи блискавкозахисту. Окремо розташовані системи встановлюються окремо від об'єкта захисту у вигляді стрижнів-блискавкоприймачів або щогл (рис. 2.5).

Струмівідвідний провід на щоглі може проходити як зовні, так і всередині. Останній спосіб має певні переваги:

- візуально привабливий зовнішній вигляд;
- наявність з'єднувального елемента для під'єднання всередині щогли з можливим боковим випускним отвором;
- мінімальна площа для вітрового навантаження.

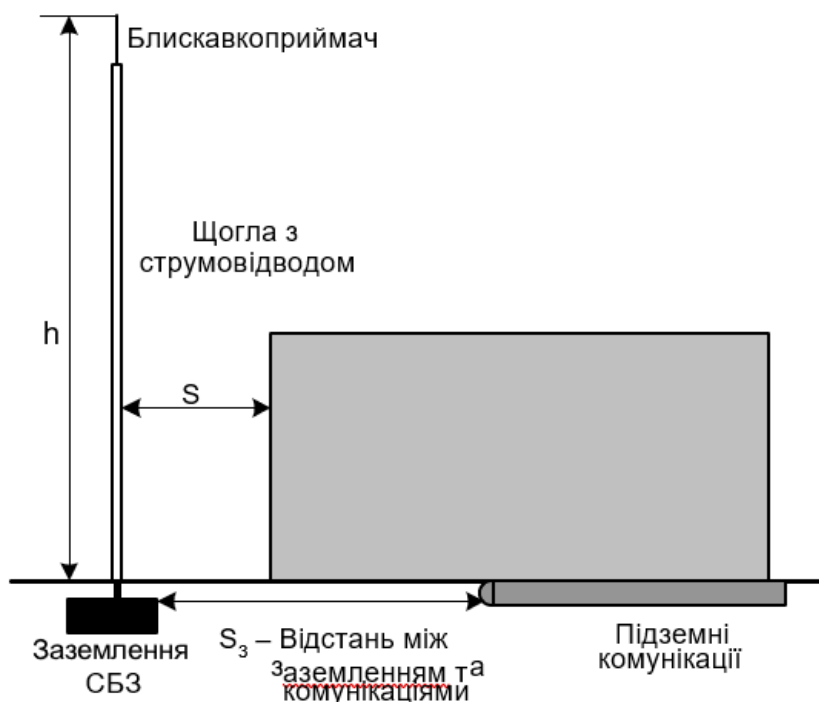


Рисунок 2.5 – Окремо встановлена система блискавкозахисту

Вбудовані (прибудовані) системи блискавкозахисту встановлюються безпосередньо на захищуваний об'єкт. Вони можуть бути ізолювані чи не ізолювані від об'єкта. Ізолювані системи захисту пов'язують з неможливістю використання надбудов споруд як природних елементів блискавкозахисту. В цьому випадку блискавкоприймачі висотою до 2–3 м встановлюються на плоских поверхнях за допомогою бетонних блоків або спеціальних триніг (рис. А.1, додаток А). Для закріплення більш високих щогл до 10 м використовують або додаткові розпірні кріплення (рис. А.2, додаток А), або кріплення до об'єкта за допомогою типових склопластикових ізолювальних тримачів простого або V-подібного зразка, забезпечуючи надійність і заданий роздільний інтервал (рис. А.3, А.4, додаток А).

При неізолюваному кріпленні блискавкоприймача безпосередньо до надбудови на даху використовують різноманітні опорні стійки та кронштейни (рис. А.5, додаток А). Для цього потрібно зробити мінімум два кріплення, причому верхнє розташовують не нижче 0,5 м від рівня даху, а при висоті блискавкоприймача більше 4 м, – на рівні 0,7 – 1 м від рівня даху, але не ближче 0,2 м до верхнього краю надбудови (рис. 2.6).

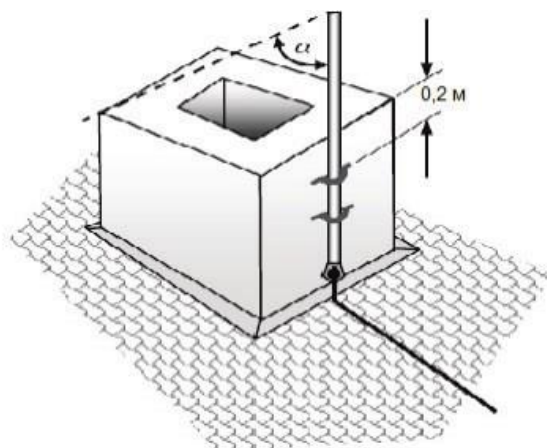


Рисунок 2.6 – Кріплення блискавкоприймача до надбудови

Для кріплення щогл висотою понад 10 м і до 30 м використовують спеціальні гвинтові фундаменти або бетонні блоки масою 2,5 – 5 т з болтовим кріпленням (рис. А.6, додаток А).

Провідники для з'єднання стрижнів кріплять на даху, використовуючи відповідно або струмопровідні, або непровідні прокладки і кріплення (рис. А.7, додаток А). Якщо дах виконано з легкозаймистого матеріалу, потрібно забезпечити мінімальну відстань 0,1 м між провідником і дахом. Якщо немає можливості забезпечити достатню відстань, захистити легкозаймисту покрівлю від небезпечного впливу струму блискавки, що нагріває провідники, можна за допомогою таких заходів: зниження температури провідника при протіканні струму блискавки за рахунок збільшення його поперечного перерізу; вставки теплозахисного шару між провідником і покрівлею (наприклад, термоізоляційна трубка).

Будівлі з плоским дахом, що захищають блискавкоприймальною сіткою з додатковими стрижнями для захисту нечисленних надбудов, мають свою захисну зону (рис. 2.7).

Монтаж сітки виконується в такій послідовності:

1. По периметру будівлі прокладається неізольований провід. Цей провід є основою для блискавкоприймальної сітки, одночасно захищаючи найбільш вразливі до ударів блискавки місця (краї даху та кути стін). Провід з'єднується

з струмовідводами, розташованими на бокових поверхнях будівлі, затискними клемами (рис. А.8, додаток А). Захисний кут α обчислюється за висотою будівлі і класом захисту, відповідно. Наприклад, при висоті будівлі $h = 15$ м і першому класі захисту, кут $\alpha \approx 35^\circ$. Всі частини будівлі в межах цього кута вважаються захищеними.



Рисунок 2.7 – Захисна зона блискавкоприймальної сітки

2. Ширину комірок (m) обирають залежно від класу блискавкозахисту (табл. 2.1). Кріплення провідників, які утворюють сітку, монтують на даху за допомогою спеціальних ізольованих опор (рис. А.9, додаток А) на відстані 1 м між ними, причому при прокладанні провідників по металевій покрівлі на непровідних тримачах, в місцях переходу блискавкоприймача до струмовідводу рекомендується приєднати металевий дах до системи блискавкозахисту – тоді, якщо навіть частина струму перекинеться з провідника на металеву покрівлю, то цей струм також буде відведено струмовідводом.

3. Для з'єднання провідників між собою використовують зварювання або затискні клеми (рис. А.8, додаток А). При використанні плоских провідників використовують інший тип затискних клем (рис. А.10, додаток 4.А).

Під час монтажу блискавкоприймальної сітки потрібно враховувати коливання температури, що впливає на зміну геометричних розмірів довгих провідників. Тому для захисту від такого явища необхідно передбачити

використання компенсаторів температурного подовження (рис. А.11, додаток А), які встановлюють через відповідні інтервали (табл. 2.2), якщо розміри будівлі більшої довжини. Таким чином з'єднують не лише самі провідники блискавкоприймальної сітки, а й парапети чи металеві огорожі даху (рис. А.12, додаток А), якщо ті підключені до зовнішньої СБЗ. Компенсатори температурного подовження можливо встановлювати як на одиночні провідники сітки, так і у точках їх перетину (рис. А.13, додаток А).

Таблиця 2.2 – Інтервали для встановлення компенсаторів

Матеріал	Інтервали між компенсаторами
Сталь	≈ 15 м
Мідь	≤ 10 м
Алюміній	≤ 10 м
Нержавіюча сталь	≈ 10 м

5.3а необхідності захисту від бокового удару блискавки виконується монтаж блискавкоприймальної сітки на стінах будівлі (див. рис. 2.4). Також за необхідності встановлюються та підключаються до сітки додаткові стрижневі блискавкоприймачі.

Як вже відмічалось, на будівлях з двосхилим дахом (з нахилом 10:1 і більше), блискавкозахист починається з прокладання блискавкоприймача вздовж гребня даху.

Провід блискавкоприймача кріпиться за допомогою ізолювальних опор або спеціальних тримачів (рис. А.14, додаток А) з відстанню між ними до 1 м, або підвішується тросовий блискавкоприймач. Кут захисту α визначається за наближеною формулою: $r \approx 1,5 \cdot h$ (рис. 2.8). Якщо споруда повністю знаходиться в зоні захисту, то по краях фронтона в протилежних кутах будівлі монтують лише струмовідводи.



Рисунок 2.8 – Зона захисту блискавкоприймача на гребені даху

Якщо кут α недостатній і споруда не знаходиться повністю в зоні захисту, то від гребеня до нижнього краю покрівлі додають паралельні провідники блискавкоприймачів, прокладених за допомогою відповідних тримачів та приєднаних до водовідвідного жолобу (рис. А.16, додаток А).

Частини будівлі за межами захищеної зони (димоходи, коники слухових вікон і т. п.) захищаються додатковими захисними стрижнями (рис. 2.9).

Взагалі, захисту потребують усі металеві предмети, що виступають над дахом більше, ніж на 0,3 м, і предмети з непровідного матеріалу (наприклад, пічні або ПВХ-труби) заввишки більше 0,5 м (табл. 2.3).

Стрижні можна кріпити як до надбудов, так і на гребінь даху (рис. А.17, додаток А). Висота стрижнів h_2 визначається розмірами надбудови та кутом α_2 за обраним класом блискавкозахисту, щоб надбудова знаходилась повністю в захищеній зоні. Також на всіх гострих кутах покрівлі виводять дрід на 20–30 см назовні та загинають догори на 45° , оскільки ці кути є найімовірнішими місцями для удару блискавки.

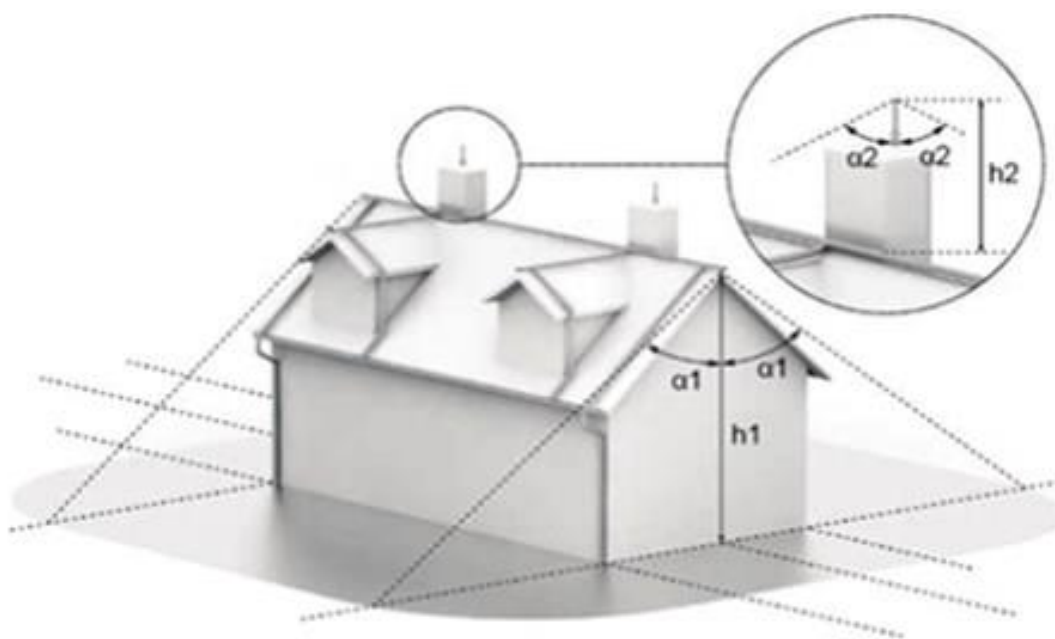


Рисунок 2.9 – Додатковий захист для надбудов двосхилого даху

Таблиця 2.3 – Надбудови, що потребують блискавкозахисту

Покрівельні надбудови	Розміри
Металеві	0,3 м над рівнем даху; 1,0 м ² загальна площа; 2,0 м довжина надбудови
Неметалеві	0,5 м над блискавкоприймальною сіткою

2.3 Вибір матеріалів для виконання елементів блискавкозахисту

Матеріал і розміри елементів для СБЗ вибирають з урахуванням ймовірності виникнення корозії, конструкції будівлі та типу СБЗ. Компоненти мають витримувати електромагнітні впливи струму блискавки і прогнозовані аварійні напруги без пошкоджень. Основними матеріалами для виготовлення елементів блискавкозахисту є мідь, алюміній, нержавіюча та оцинкована сталь. Основними формами є суцільні плоскі, круглі та багатожильні

провідники. Для виготовлення кріплень використовують такі самі матеріали та пластик.

Враховуючи різні цінові категорії компонентів з різних матеріалів, вибір потрібно узгоджувати з замовником, хоча найбільш економічно доцільним є використання оцинкованої сталі. Проте в багатьох випадках компоненти СБЗ можуть складатися з різних матеріалів, наприклад, алюмінієві блискавкоприймачі, мідний дріт по покрівлі, оцинкований дріт струмовідводів. Тоді потрібно забезпечити з'єднання різних матеріалів за допомогою біметалевих з'єднувачів.

Оцинкована сталь, яка контактує з арматурною сталлю бетонної конструкції, за певних умов викликає руйнування бетону. Алюмінієві провідники не мають торкатися вапняної поверхні. Багатожильні провідники більш схильні до корозії, ніж суцільні.

Наведемо декілька прикладів:

1. Покриття з бітумної або натуральної черепиці. Можна використати дріт з алюмінію або оцинкованої сталі діаметром 8 мм та кріплення (рис. А.15, додаток А), ізольовані чи цілком з оцинкованої сталі. Також можна використати мідний дріт діаметром 8 мм та мідне кріплення, але це буде дорожче.

2. Покриття з металочерепиці чи профнастилу. Можна використати алюмінієвий дріт або дріт з оцинкованої сталі діаметром 8 мм та кріплення з оцинкованої сталі чи пластику.

3. Плоска покрівля, вкрита руберойдом. Використовують оцинкований дріт діаметром 8 мм та пластикові кріплення, заповнені бетоном.

4. Плоска або похила покрівля, вкрита металевими або алюмінієвими листами. Використовують оцинкований або алюмінієвий дріт діаметром 8 мм та спеціальні фальцеві кріплення (рис. А.18, додаток А).

Стрижні блискавкоприймачів висотою до 4 м у більшості випадків виготовляють з алюмінію, а висотою до 9 м – із нержавіючої сталі для забезпечення їх стійкості і міцності.

Покрівельні надбудови, які виступають над спорудою та мають струмопровідні елементи, можуть входити до системи зовнішнього блискавкозахисту як природні компоненти за умови, що вони мають відповідні розміри.

Природними компонентами блискавкоприймачів, незалежно від класу захисту, можуть виступати ізольовані від внутрішньобудинкових мереж елементи зі струмопровідних матеріалів, які постійно знаходяться на будівлі і не мають змінюватися [3]:

1.Металеві листи, якими покривають будівлю (металочерепиця, листи профнастилу), за виконання таких умов:

а) забезпечення надійного електричного зв'язку між частинами листів (з використанням зварювання, паяння твердим припоєм, фальцевих або болтових з'єднань, гофрування, закручування);

б) товщина металевого листа не може бути меншою 0,5 мм для покрівлі з оцинкованої та нержавіючої сталі, міді; 0,65 мм – для алюмінію.

в) потрібно врахувати, що при ударі блискавки металевий лист покрівлі може бути пошкоджений, але струм блискавки буде відведений до заземлення;

г) якщо при пошкодженні листа в місці удару блискавки є небезпека загоряння легкозаймистих матеріалів під покрівлею, потрібно використовувати листи товщиною 4 мм для сталі, 5 мм для міді, 7 мм для алюмінію;

д) металеві листи, не покриті ізоляційним матеріалом, а лише тонким шаром фарби товщиною 1 мм або ПВХ товщиною 0,5 мм, не розглядаються як ізолятор;

е) металеві компоненти дахів (кроквяні ферми, металева арматура і т. д.), які розташовані під неметалевим покриттям даху, ударом блискавки також можуть бути пошкоджені.

2. Розташовані на даху металеві труби і резервуари за умови, що вони виготовлені з матеріалу, площа і мінімальна товщина яких – для міді та нержавіючої сталі 2 мм, переріз 50 мм²; для алюмінію – мінімальна товщина 3

мм, переріз 70 мм²; для оцинкованої сталі – мінімальна товщина 2,5 мм, переріз 50 мм².

3. Металеві огорожі, труби, покриття парапетів і т. д., площа поперечного перерізу яких не менша від зазначених вище.

4. Металеві труби і резервуари, які містять легкозаймисті або вибухонебезпечні суміші, за умови, що виготовлені з матеріалу відповідної товщини: зі сталі (нержавіючої чи оцинкованої) не менше 4 мм; для міді – не менше 5 мм; для алюмінію – не менше 7 мм.

5. Якщо вимоги до товщини не дотримано, потрібен додатковий захист. Всередині будівель із суцільними армованими стінами і дахом або суцільними металевими фасадами та металевими дахами дотримання роздільного інтервалу необов'язкове, при цьому металеві компоненти, які не мають струмопровідного продовження всередину будівлі та розташовані на відстані менше 1-го метра від провідника зовнішнього

блискавкозахисту, безпосередньо з'єднуються з блискавковідводом. Приклад. Покрівля будівлі вкрита металевими листами товщиною

0,5 мм, які скріплені гвинтами. Листи прокладені по металевих конструкціях і не мають безпосереднього контакту з займистими матеріалами. Таку покрівлю можна використовувати як природний блискавкоприймач, але потрібно враховувати, що під час удару блискавки вона може бути пошкоджена.

Зона захисту одиночного стрижневого блискавкоприймача з висотою до 150 м

Для захисту опор повітряних ліній, підстанцій і відкритих розподільних пристроїв (ВРП), паливних резервуарів і т.п. використовують стрижневі блискавкоприймачі висотою від 30 до 150 м.

Стандартною зоною захисту блискавкоприймача висотою до 60 м можна вважати «наметоподібну» зону, висота якої збігається з вершиною блискавкоприймача, а площею основи буде коло радіусом $r = 1,5 \cdot h$ (рис. 2.10).

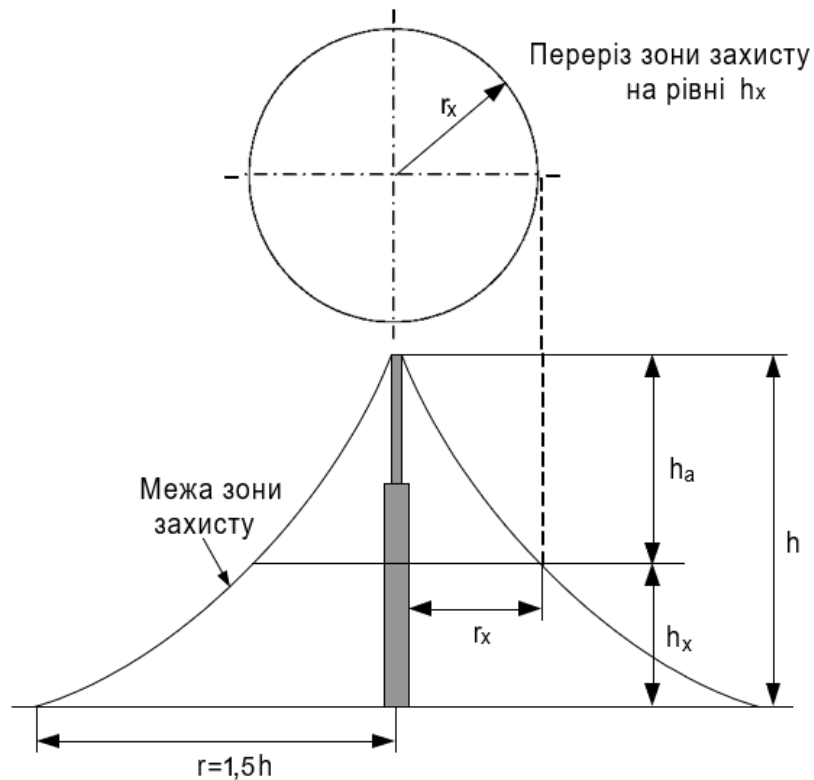


Рисунок 2.10 – Зона захисту стрижневого блискавкоприймача висотою до 60 м: h_a – активна висота блискавкоприймача; h_x – висота точки на межі захисної зони; r_x – радіус захисту на висоті h_x

Об'єкти, які знаходяться в зоні $r_x - h_x$, захищені з ймовірністю $p = 0,99$. При збільшенні робочої висоти h_x зона захисту буде звужуватись і навпаки.

Для спрощення розрахунку, така зона захисту замінюється двома конусами різної висоти і різного радіуса (рис. 2.11).

Ламана лінія, що об'єднує обидва конуси, і буде зоною захисту. Величини r_x і h_x взаємопов'язані:

$$\text{для } 0 < h_x < \frac{2}{3} \cdot h \quad r_x = 1,5 \cdot (h - 1,25 \cdot h_x);$$

$$\text{для } \frac{2}{3} \cdot h < h_x < h \quad r_x = 0,75 \cdot (h - h_x).$$

Розрахунок зводиться до знаходження оптимальної висоти блискавкоприймача (h) за відомими r_x і h_x , які визначаються розмірами захищуваного об'єкта, з урахуванням мінімального інтервалу (S). При цьому об'єкт має повністю бути в зоні захисту:

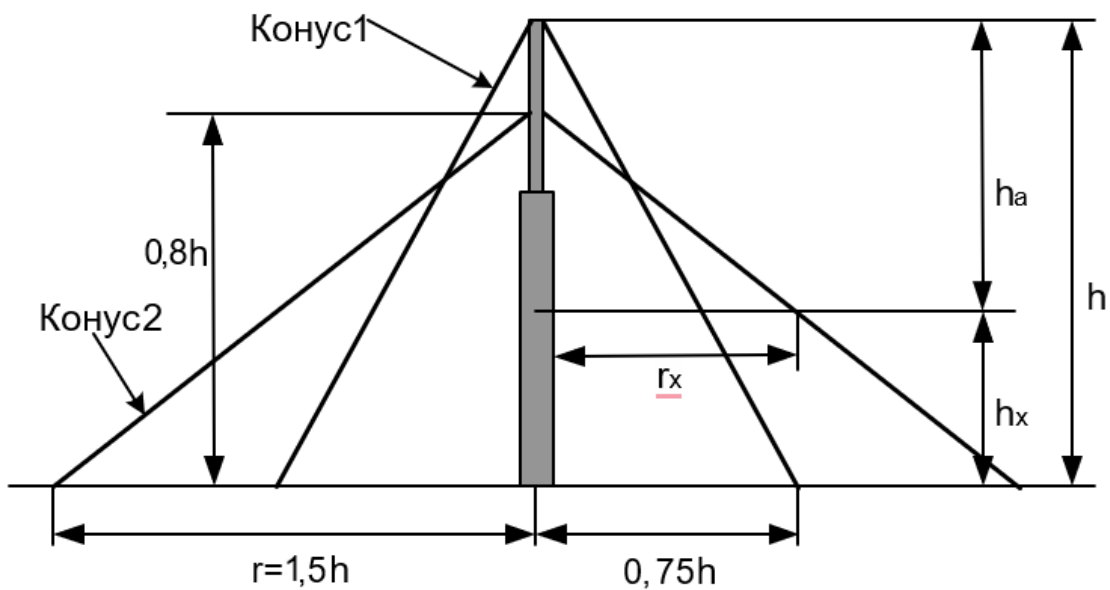


Рисунок 2.11 – Зона захисту стрижневого блискавкоприймача висотою до 60 м у спрощеному вигляді

$$\text{для } 0 < h_x < 2/3 \cdot h \quad h_{\text{опт}} = (r_x + 1,9 \cdot h_x) / 1,5;$$

$$\text{для } 2/3 \cdot h < h_x < h \quad h_{\text{опт}} = (r_x + 0,75 \cdot h_x) / 0,75.$$

Для блискавкоприймача висотою від 60 до 100 м радіус r зони захисту на рівні землі взято 90 м. На висоті h_x радіус буде:

$$\text{для } 0 < h_x < 2/3 \cdot h \quad r_x = 90 \cdot (1 - 1,25 \cdot h_x / h);$$

$$\text{для } 2/3 \cdot h < h_x < h \quad r_x = 45 \cdot (1 - h_x / h).$$

Для блискавкоприймача висотою h від 100 до 150 м (рис. 2.12) зона захисту починається з висоти $h_0 < h$, поділяючись на два типи: А – для промислової забудови, ступінь надійності 99,5% і вище; Б – для об'єктів сільськогосподарського призначення, ступінь надійності 95% і вище.

Для типу А розміри захисної зони визначаються за формулами:

$$h_0 = 0,85 \cdot h;$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot h;$$

$$r_x = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot (h - 1,2 \cdot h_x).$$

Для типу Б розміри захисної зони визначаються за формулами:

$$h_0 = 0,92 \cdot h;$$

$$r_0 = 1,5 \cdot h;$$

$$r_x = 1,5 \cdot (h - 1,1 \cdot h_x).$$

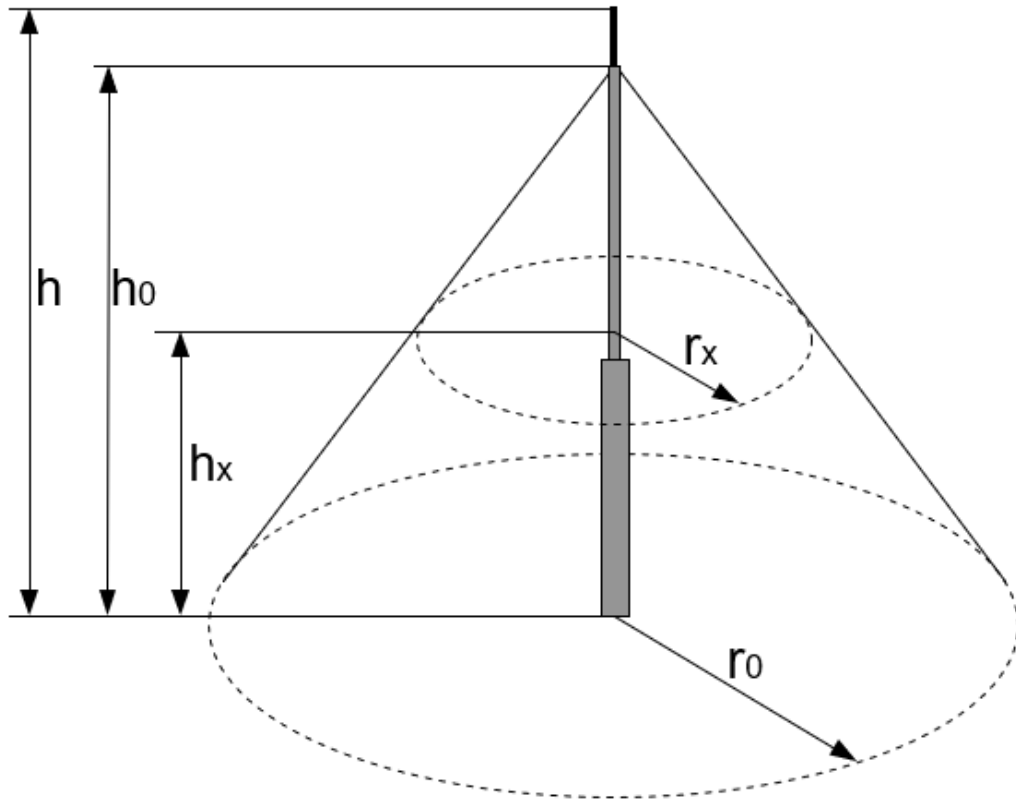


Рисунок 2.12 – Зона захисту стрижневого блискавкоприймача висотою від 100 до 150 м

За відомих значень h_x і r_x для захищуваної споруди висота стрижня визначається за формулою:

$$h = (r_x + 1,63 \cdot h_x) / 1,5.$$

Для ще більш високих блискавкоприймачів користуються спеціальною методикою розрахунків.

Зона захисту тросового блискавкоприймача

Окрім одиночних щогл великої висоти для захисту паливних резервуарів, повітряних ліній, підстанцій та відкритих розподільних пристроїв також використовують тросові блискавкоприймачі висотою до 150 м (рис. 2.13).



Рисунок 2.13 – Тросовий блискавкоприймач

Тросовий блискавкоприймач (або грозозахисний трос) – це закріплений на щоглах трос (або декілька тросів на декількох щоглах), заземлений з обох сторін. Фактично, тросова конструкція замінює ряд одиночних стрижнів, тому простіша у виконанні та настільки ж ефективна. Встановлюється грозозахисний трос, як і стрижневі блискавкоприймачі, або поблизу від об'єкта, або над об'єктом, або навіть на самому об'єкті, який потрібно захистити від удару блискавки.

Зона захисту тросового блискавкоприймача показана на рис. 2.14. З урахуванням провисання троса (металевий провід перерізом 35–50 мм²) і при відомій висоті опор $h_{оп}$, висота троса в середині прольоту h , залежно від довжини прольоту k , буде:

$$\text{при } k < 120 \text{ м} \quad h = h_{оп} - 2;$$

$$\text{при } 120 < k < 150 \text{ м} \quad h = h_{оп} - 3.$$

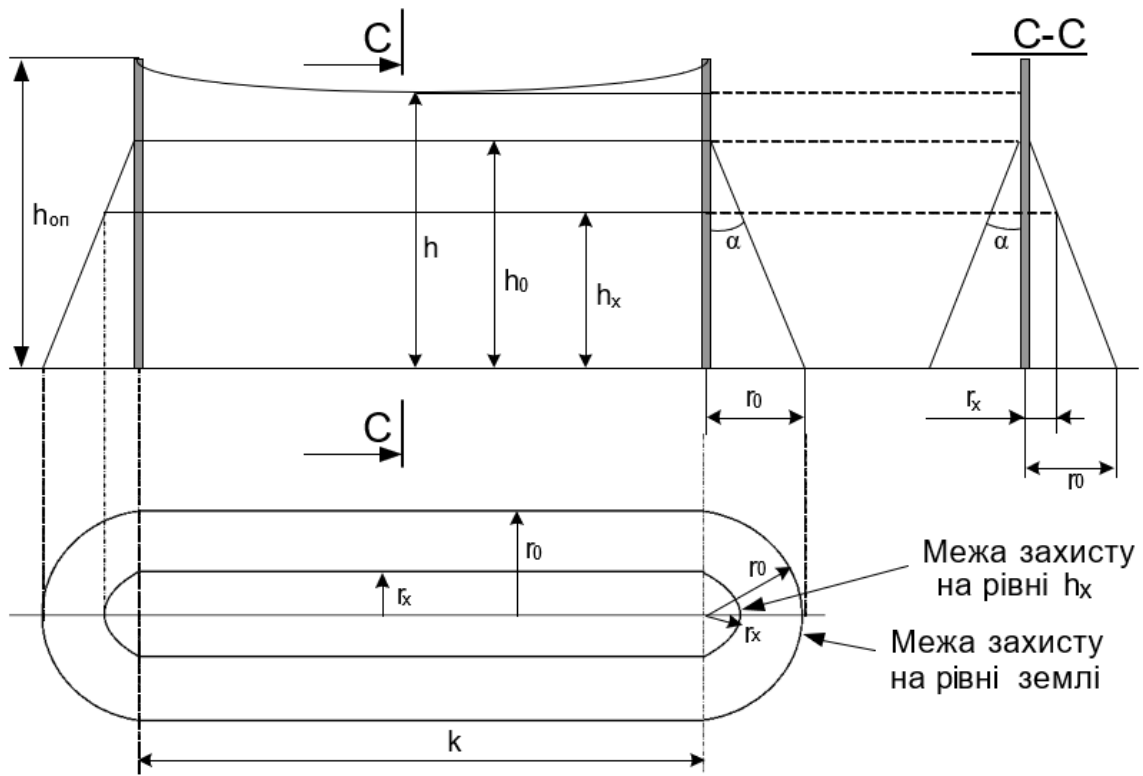


Рисунок 2.14 – Зона захисту тросового блискавкоприймача

Ступінь надійності захисту тросовим блискавкоприймачем також поділяють на два типи: зона А – ступінь надійності захисту перевищує 99,5%; зона Б – ступінь надійності захисту 95–99,5%.

Вибір типу зони захисту виконується залежно від призначення, розташування, класів вибухо- і пожежонебезпеки об'єкта захисту, а також з урахуванням середньої грозової активності в цій місцевості.

Для типу А розміри захисної зони визначаються за формулами:

$$h_0 = 0,85 \cdot h;$$

$$r_0 = (1,35 - 0,0025 \cdot h) \cdot h;$$

$$r_x = (1,35 - 0,0025 \cdot h) \cdot (h - 1,18 \cdot h_x).$$

Для типу Б розміри захисної зони:

$$h_0 = 0,92 \cdot h; r_0 = 1,7 \cdot h;$$

$$r_x = 1,7 \cdot (h - 1,1 \cdot h_x).$$

За відомих значень h_x та r_x висота h прольоту троса для зони типу Б визначається:

$$h = (r_x + 1,85 \cdot h_x) / 1,5.$$

В процесі перевірки захищеності об'єкта висотою h_x , довжиною l і шириною d обов'язково мають виконуватися умови:

$$h_0 > h_x; r_x > d;$$

$$l < k \text{ або } \frac{\sqrt{(l - k)^2 + d^2}}{2} < r_x.$$

2.4 Улаштування струмовідводів

Струмовідвід – це частина зовнішньої системи блискавкозахисту, призначена для відведення струму блискавки від блискавкоприймача до заземлення. Для забезпечення оптимального розподілу струму блискавки та зменшення можливих наслідків ураження, під час улаштування ізольованих струмовідводів має виконуватись:

- для стрижневих блискавкоприймачів, встановлених на окремих опорах, встановлюється мінімум один струмовідвід на кожному опорі;
- для тросового блискавкоприймача на кожен кінець троса потрібно мінімум по одному струмовідводу;
- для сітчастого блискавкоприймача на кожному опорі сітки необхідний хоча б один струмовідвід;
- захисний роздільний інтервал S забезпечується не лише між струмовідводом та надбудовами і комунікаціями, а й від дверей та вікон – не менш ніж 0,5 м;
- струмовідводи прокладають найкоротшим шляхом, без різких поворотів та петель (рис. 2.15), а там, де це неможливо, відстань S між двома точками на провіднику і довжина провідника L між цими точками мають відповідати формулі захисного роздільного інтервалу S ;

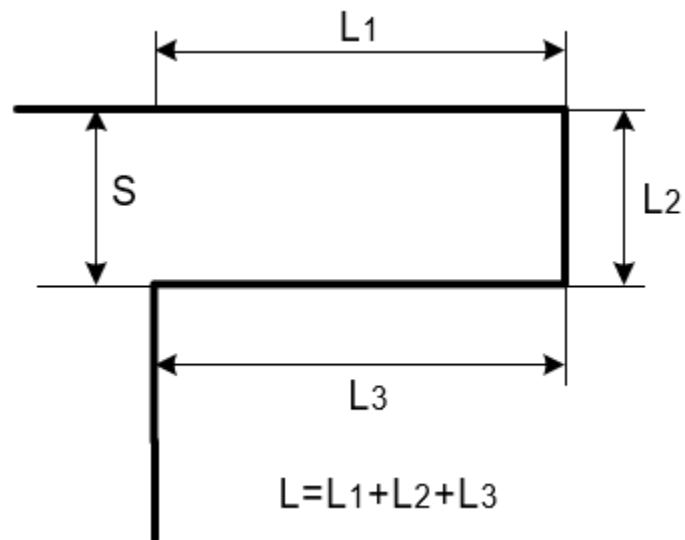


Рисунок 2.15 – Петля у струмовідводі

В будівлях з навісною частиною, для того, щоб усунути можливість ураження людини, яка стоїть під навісною конструкцією, струмом блискавки, що протікатиме по струмовідводу, розташованому на стіні (рис. 2.16), розташування має відповідати умові:

$$d > 2,5 + S [3].$$

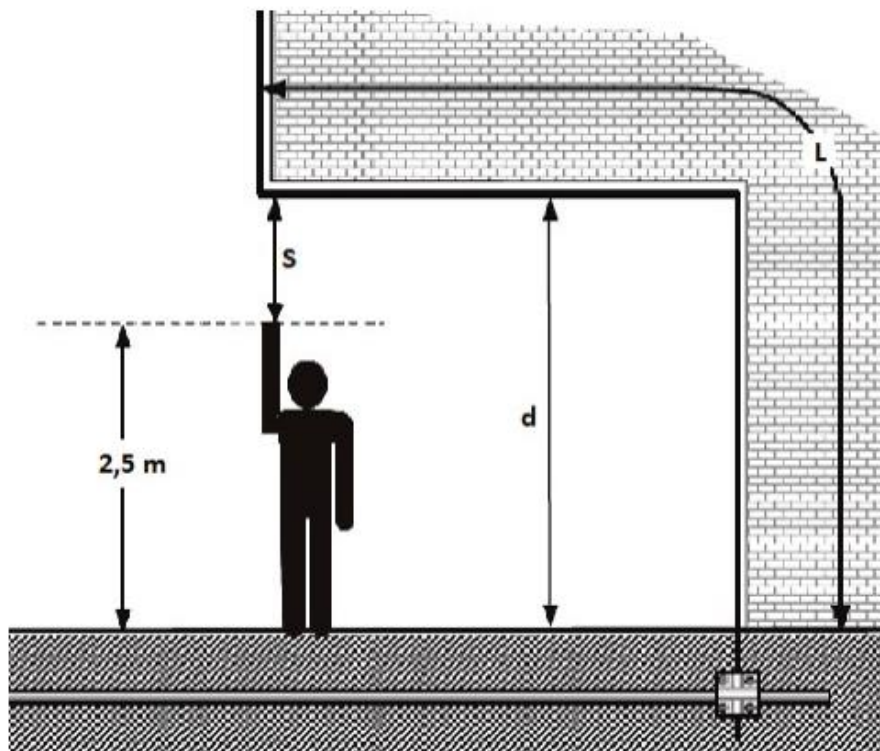


Рисунок 2.16 – Прокладання струмовідводу під навісною конструкцією

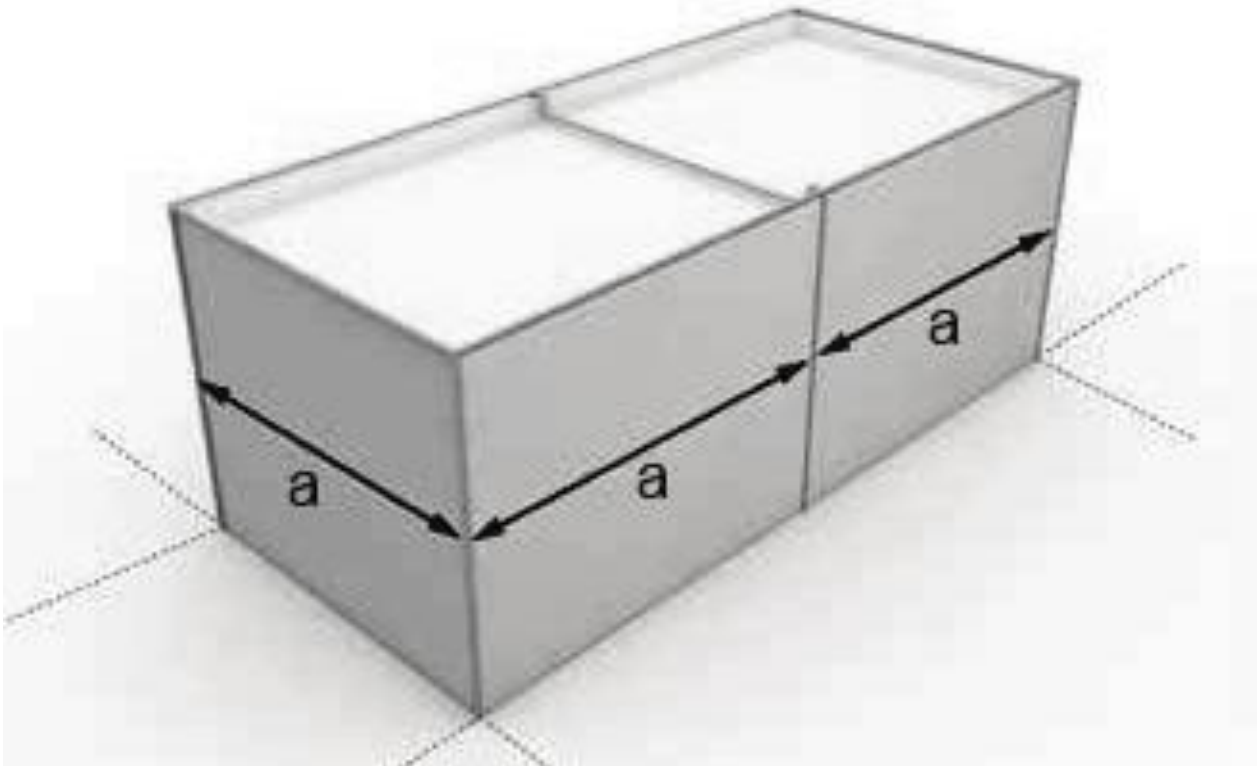


Рисунок 2.17 – Розташування струмовідводів по периметру будівлі

Відстань «а» між паралельними струмовідводами залежить від класу захисту і вибирається з табл. 2.4 [3].

Таблиця 2.4 – Відстань між струмовідводами

Рівень бискавказахисту	Відстань між струмовідводами
I, II	10 м ± 20%
III	15 м ± 20%
IV	20 м ± 20%

За неможливості встановлення розрахункової кількості струмовідводів на одній з сторін будівлі, останні розташовуються на інших сторонах на відстані не менше 1/3 від зазначених в табл. 2.4.

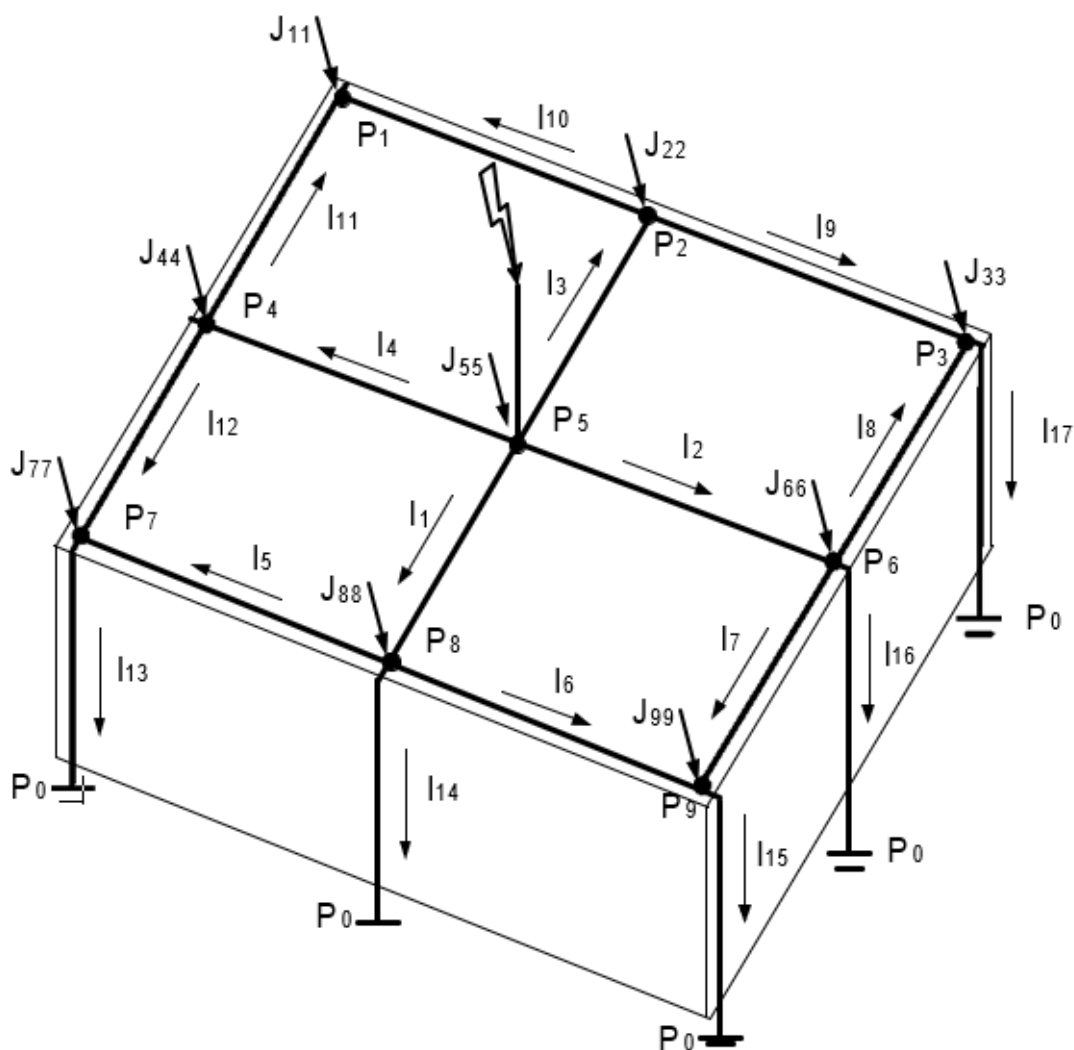


Рисунок 2.18 – Розподіл струмів по комірках структури струмовідводів

Детальний розрахунок необхідної кількості струмовідводів із забезпеченням роздільного інтервалу S можна провести на основі методу вузлових потенціалів з використанням програмних комплексів MatLab, MatCad або спеціалізованих програмних продуктів. В основу покладено закони Кірхгофа в матричному вигляді.

Струм блискавки розподіляється по струмовідводах (див. рис. 2.18). Вузли нумеруються. Кожен струмовідвід має свій опір, утворюючи схему з'єднання вузлів і опорів R , де значення опорів розраховуються для конкретних провідників за певною довжиною (m) та перерізом (mm^2).

Складається принципова вузлова схема (рис. 2.19).

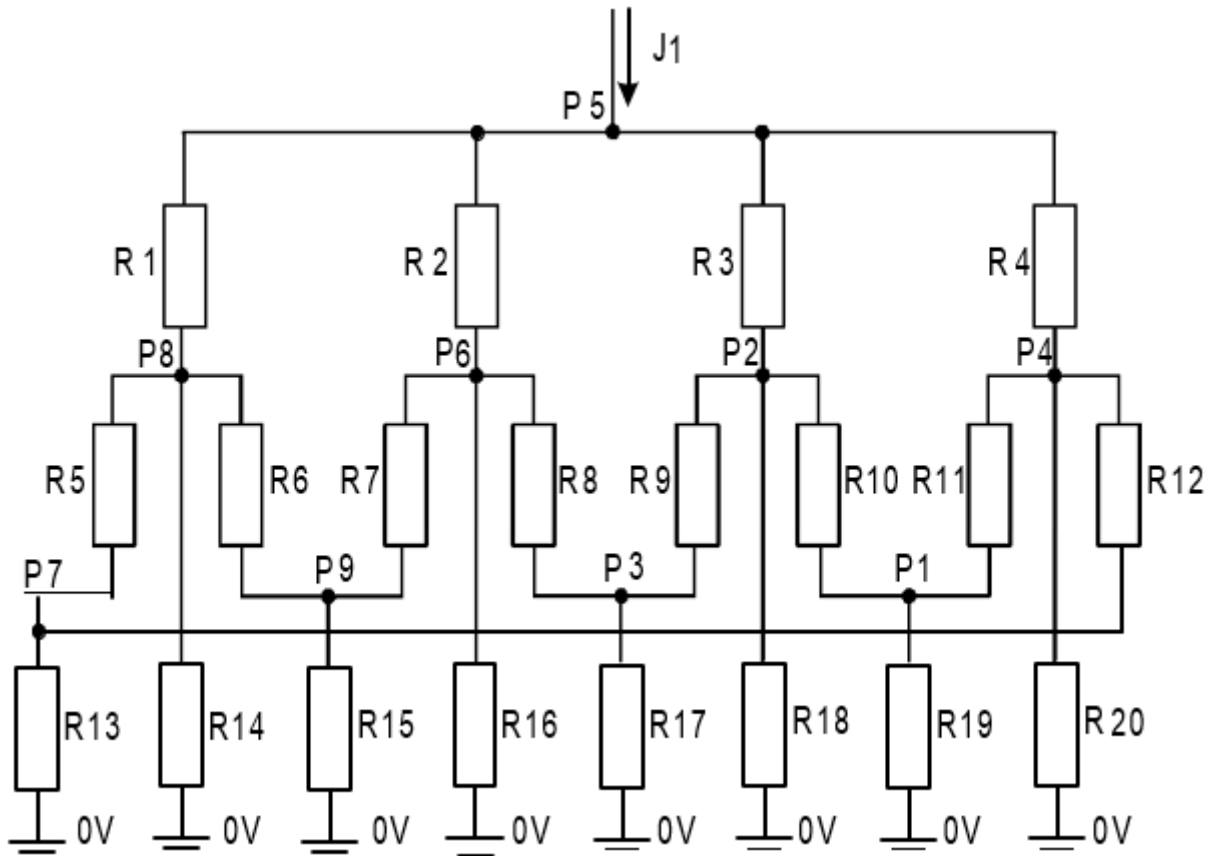


Рисунок 2.19 – Вузлова схема з опорами

Для проведення розрахунків використовується обернена величина опорів R – провідність G . За схемою обчислюються взаємні і власні провідності. Взаємні провідності – це провідності віток, що з'єднують вузли (наприклад, G_{4-5} , G_{2-3}). При цьому взаємна провідність G_{1-2} дорівнює провідності G_{2-1} і т. д.

Власна провідність – це провідність всіх провідників, що сходяться в одному вузлі (наприклад, $G_{5-5} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5$).

Далі складається вузлове рівняння типу $G \cdot \phi = J$

У матричній формі воно має вигляд:

$$\begin{vmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{n1} & G_{n2} & \dots & G_{nn} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \dots \\ \phi_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} J_{11} \\ J_{22} \\ \dots \\ J_{nn} \end{vmatrix}$$

де G – матриця вузлових провідностей, яка визначається за рахунок складання першої матриці інциденцій M ;

ϕ – матриця напруги у вузлах з'єднання струмовідводів; J – матриця визначальних струмів у вузлах.

Це матричне рівняння розв'язується відповідно до значень потенціалів в вузлах ϕ :

$$\phi = G^{-1} \cdot J$$

Через отримані значення ϕ визначаються струми в вітках $I_1 \dots I_m$ та коефіцієнт розподілу струму блискавки k_s , який потрібен для розрахунку захисного інтервалу S .

Переріз зовнішнього стрічкового, круглого або тросового струмовідводу зазвичай становить 50 мм². У разі відсутності жорстких вимог до механічної міцності струмовідводу, його переріз дозволяється зменшити до 25 мм² зі скороченням відстані між опорами кріплення.

Якщо стіна виконана з негорючого матеріалу, струмовідводи прокладають відкритим способом з закріпленням на поверхні стін або приховано під шаром штукатурки, або в будівельних пустотах. В іншому випадку виникає потреба в урахуванні можливого впливу підвищення температури провідника за протікання струму блискавки (наприклад, дерев'яна стіна, стіна з утеплювачем). У цьому разі струмовідводи розміщують на відстані не менш ніж 0,1 м від такої стіни (рис. А.21, додаток А). Якщо таку відстань забезпечити неможливо, переріз провідника збільшують до 100 мм².

Не рекомендується прокладати струмовідводи безпосередньо у шарі штукатурки зовнішніх стін, тому що вона може руйнуватися в результаті теплового розширення під час протікання струму блискавки. Крім того, в результаті хімічних реакцій у цих місцях штукатурка може змінювати колір.

2.5 Використання природних компонентів як струмовідводів

Металеві елементи конструкцій та трубопроводи, які постійно знаходяться всередині будівлі і не підлягають змінам, можуть використовуватись як природні струмовідводи за певних умов:

- Довговічність конструкції має бути забезпечена.
- Розміри цих елементів повинні відповідати нормованим значенням струмовідводів.
- Трубопроводи з займистим або вибухонебезпечним вмістом можуть використовуватись, якщо у фланцях є струмопровідні з'єднання.

Елементи фасаду та зовнішні металеві конструкції також можуть бути використані як природні струмовідводи за наступних умов:

- Розміри цих елементів повинні відповідати вимогам для провідників.
- Обов'язковим є суцільне електричне з'єднання.
- Компоненти струмовідводів мають бути виготовлені відповідно до вимог [3].

У великих, але низьких будівельних споруд з великою площею (наприклад, заводські корпуси) можуть бути встановлені додаткові внутрішні струмовідводи. Вони прокладаються поруч з арматурою несучих стін (рис. 2.20). Відстань "а" відповідає таблиці 2.4. У точках заземлення струмовідводів додатково приєднуються до арматури за допомогою спеціальних клем.

Сама арматура також може використовуватись як елементи природного струмовідводу, якщо таке використання передбачено при проектуванні. При цьому мають виконуватись контроль та перевірка електричного опору:

- між двома точками приєднання арматури опір має бути меншим 10 мОм;
- між точкою приєднання арматури з головною шиною заземлення опір має бути меншим 10 мОм на 1 метр висоти будівлі.



Рисунок 2.20 – Прокладення додаткових струмовідводів в бетонних стінах

Випробування краще проводити двічі – до і після наповнення бетоном, і якщо зазначених значень не досягнуто, то арматура не може використовуватися як струмовідвід. У цьому випадку необхідним є прокладення окремого зовнішнього струмовідводу. Усі внутрішні стіни і перегородки з провідними частинами (арматурою), для яких не виконуються вимоги дотримання роздільного інтервалу S , мають з'єднуватися з системою заземлення та блискавкоприймачем.

Також використовують ізольований струмовідвід (рис. 2.21), що являє собою коаксіальний провідник і складається з п'яти частин: мідний сердечник, вкритий внутрішнім струмопровідним шаром та ізоляцією із зшитого поліетилену з високою пробивною напругою; поверх ізоляції розташовано ще один струмопровідний шар і зовнішня оболонка з етиленвінілацетату, що має невелику провідність та високу стійкість до ультрафіолету.



Рисунок 2.21 – Ізольований кабель для струмовідводу

Ізольовані струмовідводи з високою пробивною напругою ізоляції забезпечують еквівалент роздільного інтервалу $S = 0,75$ м у повітрі та 1,5 м в твердих будівельних матеріалах, що важливо при «щільному» прокладенні кабелів (рис. 2.22). Кріпляться до стіни за допомогою тримачів (рис. А.24, додаток А).

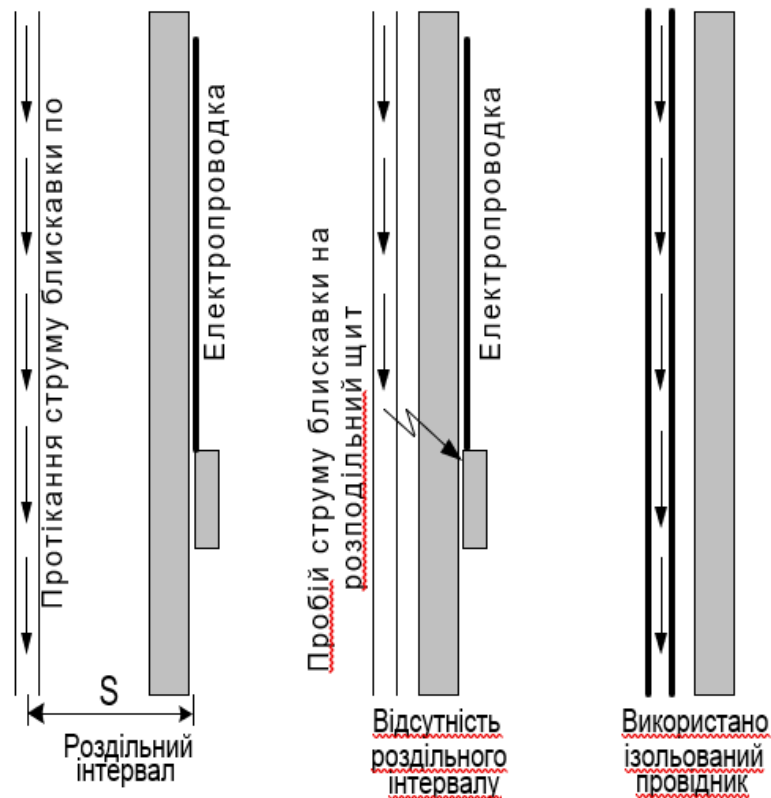


Рисунок 2.22 – Приклад застосування ізолюваного проводу для струмовідводу

Такі ізольовані струмовідводи рекомендується використовувати там, де за архітектурними або конструктивними характеристиками споруди

неможливо дотримання роздільного інтервалу; завдяки наявності ізоляції можливим є прокладення безпосередньо на металевих конструкціях. Поперечний переріз мідного осердя становить 25 або 35 мм² та витримує струм блискавки до 150 кА. Оболонка екологічна, стійка до атмосферного впливу, вогнетривка, не містить галогенів, не підтримує горіння та не виділяє кородувальних і отруйних газів, які можуть завдати шкоди людям.

Невелика провідність зовнішньої оболонки запобігає виникненню так званих ковзних розрядів. Такі розряди іноді виникають на межі твердого та газоподібного ізоляторів (тобто між оболонкою та повітрям) під час протікання великого струму блискавки, якщо локальна напруженість електромагнітного поля досягає значення пробивної напруги повітря, яка нижча за рівнем, ніж у твердого ізолятора. Це викликає пробій повітря та появу розряду уздовж зовнішньої поверхні кабелю. Щоб запобігти цьому явищу, зовнішня оболонка ізоляції має невелику провідність. Для правильної роботи мідний сердечник кабелю має бути з'єднаний з цією зовнішньою оболонкою за допомогою додатково встановленого з'єднувального елемента (як зазначено в інструкції зі встановлення кабелю). За рахунок цього (за збереження достатньої стійкості ізоляції до пробію) забезпечується цілеспрямоване управління напруженістю магнітного поля на обох кінцях кабелю.

Але, на відміну від звичайного, ізольований струмовідвід має знаходитись в зоні захисту блискавкоприймача (що є недоліком), тому його краще використовувати окремими вставками лише у місцях, де неможливо витримати потрібний роздільний інтервал S , з подальшим під'єднанням до звичайного струмовідводу. Максимальне значення довжини такої вставки розраховується, виходячи з формули роздільного інтервалу S (див. підрозділ 2.1):

$$L = \frac{k_m}{k_c \cdot k_i} \cdot S.$$

В таблиці 2.5 вказано значення максимальної довжини вставок ізольованого кабелю для значення $S = 0,75$ м.

Якщо прокладання ізолюваного струмовідводу здійснюється всередині будівлі, необхідно враховувати додаткові заходи захисту – наприклад, протипожежні перегородки.

Таблиця 2.5 – Максимальна довжина ізолюваного кабелю

Рівень блискавкозахисту	Кількість струмовідводів	Довжина кабелю, м (при $S = 0,75$ м)
I	1	-
I	2	14,20
I	3 і більше	21,30
II	1	12,50
II	2	18,75
II	3 і більше	28,40
III; IV	1	18,75
III; IV	2	28,40
III; IV	3 і більше	42,61

2.6 Системи заземлення, класифікація заземлювачів та їх конструктивне виконання

Однією із важливих частин зовнішнього блискавкозахисту є система заземлення, яка складається з струмопровідних елементів, заглиблених в землю або в інше струмопровідне середовище, що має електричний контакт з землею. Вона призначена для відведення струму блискавки в землю, вирівнювання потенціалів між струмовідводами при розтіканні струму блискавки у землі та управління потенціалами напруги, що виникають поблизу стін будівлі. Заземлювач блискавкозахисту завжди має бути з'єднаним з усіма іншими існуючими контурами заземлення, за винятком випадків, коли блискавковідвід встановлено окремо. У разі, коли контури заземлення виконані окремо за

технологічних умов, їх потрібно об'єднати, використовуючи систему вирівнювання потенціалів будівлі, оскільки з погляду захисту від блискавок рекомендується застосування єдиної інтегрованої системи заземлення.

В діючих стандартах України [3, 5] розрізняють два типи систем заземлення: стрижневі типу А і кільцеві типу В.

До типу А відносяться горизонтальні і глибинні вертикальні стрижневі заземлювачі, що приєднуються до кожного окремого струмовідводу та заглиблюються у землю зовні захисного об'єкта.

Вертикальні стрижневі заземлювачі заглиблюються в ґрунт біля фундаменту споруди на відстані < 1 м від стіни. У деяких випадках їх доцільно встановлювати і всередині будинку, наприклад, у підвалі.

На рис. Б.1 додатку Б показано покритий міддю сталевий стрижень з голівкою для забивання, різьбовою муфтою, хрестовим затискачем і наконечником. Стрижні заземлювача типу А виготовляють довжиною від 1,5 до 2,5 м і покривають міддю або цинком. Термін експлуатації таких стрижнів становить $40 \div 100$ років, тоді як простий сталевий стрижень перестав виконувати свої функції вже через $7 \div 11$ років через корозію.

Довжина заземлювача типу А визначена стандартом [3] і залежить від класу блискавкозахисту та питомого опору ґрунту ρ і становить $1l$ для горизонтальних провідників та $0,5 \cdot 1l$ для вертикальних (рис. 2.22).

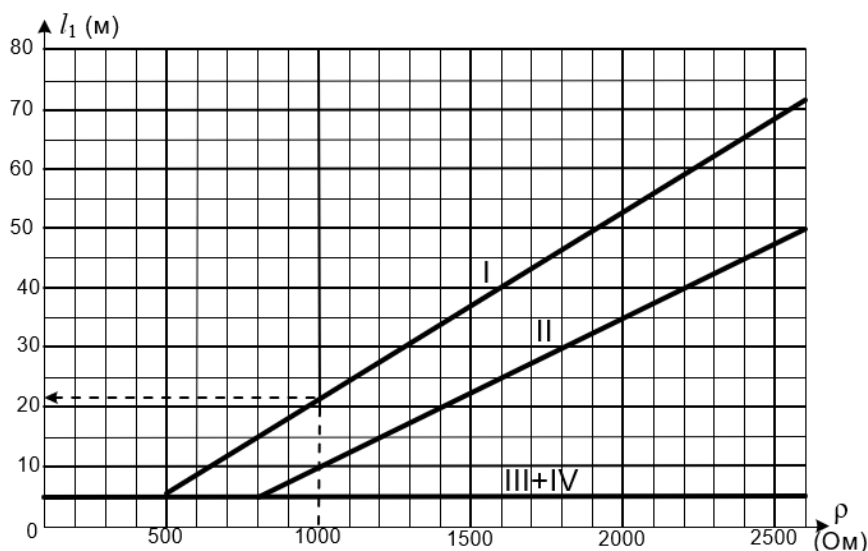


Рисунок 2.22 – Визначення довжин заземлювачів типу А

З рисунку бачимо, що мінімальна довжина заземлювача для III та IV класу захисту не залежить від ρ і становить 5 м для горизонтальних заземлювачів та 2,5 м для вертикальних. Оскільки основна вимога до заземлювального пристрою СБЗ – його опір має бути меншим 10 Ом у будь-яку пору року, мінімальну довжину можна не брати до уваги, якщо опір заземлювального пристрою відповідає цій умові.

Горизонтальні заземлювачі типу А використовують, коли монтаж вертикальних заземлювачів пов'язаний з технологічними обмеженнями або коли необхідно створити заземлювальний пристрій у вигляді сітки. Горизонтальні заземлювачі довжиною не менше 5 метрів прокладаються в траншеї на глибині 0,5–0,8 м.

При використанні вертикальних глибинних заземлювачів монтаж стрижнів також виконується у траншеях (рис. 2.23), з'єднуючи їх між собою горизонтальними провідниками. З'єднання заземлювачів має бути якісним, щоб унеможливити виникнення різниці потенціалів та уникнути іскрових пробоїв. Для підключення використовують спеціальні клеми. Місця з'єднання обробляють антикорозійною мастикою та стрічкою.

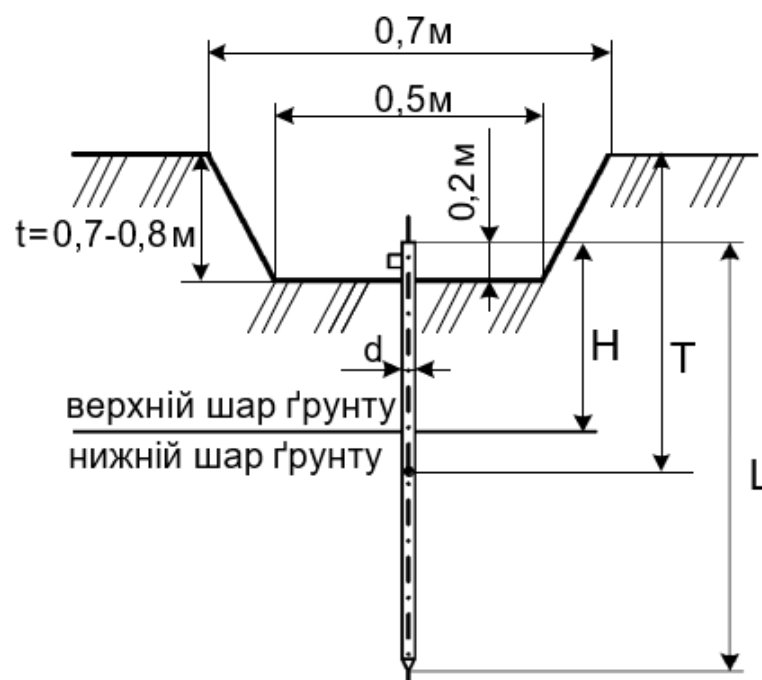


Рисунок 2.23 – Вертикальний заземлювач типу А

L – довжина заземлювача; d – діаметр заземлювача; H – товщина верхнього шару ґрунту; T – заглиблення заземлювача (відстань від поверхні землі до середини електрода); t – глибина траншеї

Глибина проникнення вертикального заземлювача у землю має бути такою, щоб він пройшов верхній шар ґрунту і заглибився у нижній шар ґрунту з практично стабільним значенням питомого опору ρ . Річ у тому, що величина питомого опору ρ верхнього шару ґрунту непостійна і залежить від його вологості та пори року. Ступінь вологості визначається переважно кількістю опадів. Внаслідок цього опір заземлювача буде тим стабільнішим, чим глибше він розташований в нижньому, незамерзаючому ґрунті. Для зменшення впливу кліматичних умов на опір заземлення верхню частину заземлювача розміщують на глибину t не менше 0,7 м, а заглиблення стрижня можна визначити за формулою:

$$T = L/2 + t.$$

Заземлювачі типу А доцільно використовувати для невеликих будівельних споруд, які оснащені блискавкоприймальними стрижнями або тросами, та для влаштування ізольованої системи блискавкозахисту. Загальна кількість заземлювачів на будівлю має бути не менше 2-х, встановлювати їх потрібно на безпечній відстані від підземних інженерних комунікацій та електричних кабелів. Стрижні можна розташовувати в ряд або у вигляді будь-якої геометричної фігури (квадрата, прямокутника, трикутника) залежно від зручності монтажу і площі. Сукупність стрижнів, з'єднаних між собою, утворює контур заземлення.

Рекомендується використовувати такі матеріали: • стрижні з нержавіючої сталі $\varnothing 20$ мм;

- стрижні з оцинкованої сталі $\varnothing 20$ мм;
- стрижні зі сталі в мідній оболонці $\varnothing 20$ мм; • труби з нержавіючої сталі $\varnothing 25$ мм;
- труби з оцинкованої сталі $\varnothing 25$ мм;

- плоскі смуги з нержавіючої сталі $30 \times 3,5$ мм;
- плоскі смуги з оцинкованої сталі $30 \times 3,5$ мм.

При улаштуванні заземлення у ґрунтах з високим питомим опором ρ (глина <60 Ом·м, суглинок <80 Ом·м, пористий вапняк <180 Ом·м, супісок <300 Ом·м, пісок <500 Ом·м, піщаник <1000 Ом·м) на стадії проектування закладають або значну кількість стрижнів на одну точку заземлення, або заземлювачі великої довжини (до 25 м), для чого використовують модульні електроди, коли одиночні стрижні послідовно з'єднуються в сегменти необхідної довжини. Для цього призначено спеціальні муфти, виготовлені з латуні, стійкої до ґрунтової корозії, які забезпечують надійне механічне та електричне з'єднання (рис. Б.5, додаток Б). Муфта виконана так, щоб стрижні зустрічалися на її середині, а сили, що виникають під час занурення, передавалися з стрижня на стрижень, а не через муфту. При цьому забезпечується:

- герметичність вузла з'єднання;
- відсутність порушення шару покриття у вузлі з'єднання; - низький перехідний опір вузла з'єднання;
- простота монтажу.

Під час виконання робіт з монтажу заземлювачів використовуються спеціальні ударні інструменти, такі як електро-, бензо-, пневмомолоти. Ґрунт навколо заземлювачів ущільнюється (утрамбовується) для забезпечення оптимального електричного контакту.

Основною перевагою заземлювачів типу А є простий монтаж. Але вони не завжди можуть забезпечити потрібний рівень опору заземлення. У тих місцях, де ґрунт має дуже високий питомий опір, можливе використання «хімічних» заземлювачів. Їх основними елементами є розміщені в ґрунті вертикально або горизонтально труби, що мають отвори і наповнені спеціальними соляними сумішами В процесі експлуатації суміш розчиняється, завдяки чому збільшується електропровідність навколишнього ґрунту. Нині

вироблені і застосовуються суміші, які в процесі розчинення значно зменшують опір в «поганих» ґрунтах.

Основним недоліком такого рішення є досить висока вартість, а також те, що створюються умови для активної корозії. Це потребує додаткових витрат для забезпечення тривалого терміну експлуатації.

Іншим типом заземлювачів є поверхневі заземлювачі типу В, які поділяються на кільцеві та фундаментні.

Кільцевий заземлювач типу В (рис. 2.24) прокладають навколо фундаменту будинку у вигляді замкнутого контуру (або сітки) на відстані більше одного метра від будівлі і на глибині 0,5 ... 0,8 м, при цьому мінімум 80% довжини має мати контакт з землею. Додатково можна встановлювати та підключати окремі заземлювачі типу А.

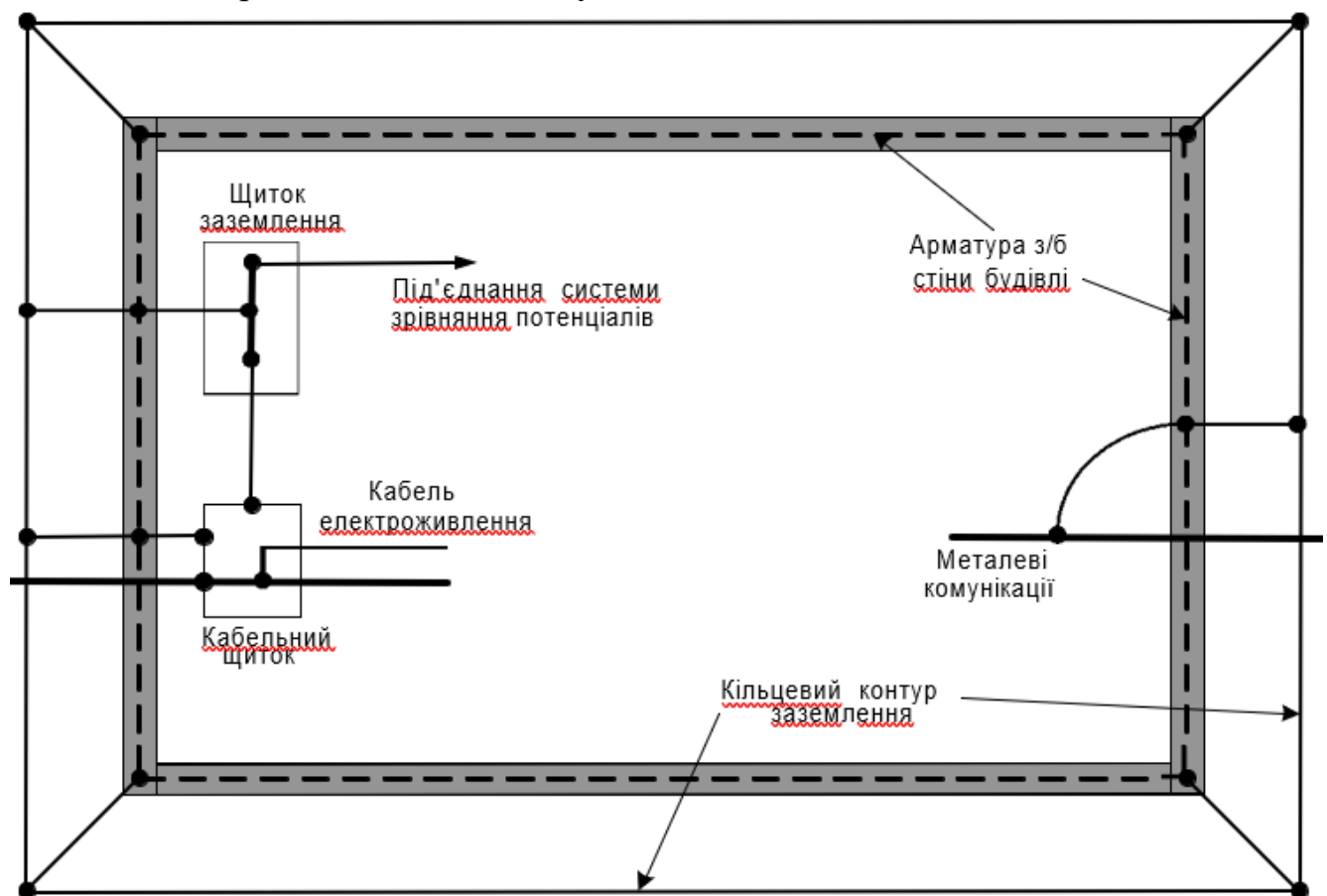


Рисунок 2.24 – Кільцевий заземлювач типу В, прокладений навколо фундаменту

Оскільки основний заземлювач є замкнуте коло, питання зрівняння потенціалів між струмовідводами не виникає, і додатковий провідний контур на рівні землі не потрібен.

Для кільцевих заземлювачів можна використовувати:

- круглі провідники (дріт) \varnothing 8 або 10 мм (сталеві, алюмінієві, мідні);
- плоскі провідники (стрічка) 25×4 мм, $30 \times 3,5$ мм, або 40×4 мм (сталеві та мідні).

Основні переваги та недоліки кільцевого заземлювача типу В такі ж, як і у стрижневих заземлювачів типу А.

Фундаментний заземлювач типу В (рис. 2.25) проектується лише для нового будинку та встановлюється на етапі спорудження, безпосередньо в бетонному фундаменті будівельної споруди, і в деяких випадках може використовуватись як частина захисного заземлення.

Такі заземлювачі використовують в будівлях, побудованих на скелястому, позбавленому м'якого шару ґрунті або при великому ризику пожежі. В ґрунтах з високим опором під час будівництва можливе застосування методу заміщення ґрунту. Цей метод реалізується об'ємною заміною кам'янистих і піщаних ґрунтів в місцях влаштування заземлювачів на глинисті.



Рисунок 2.25 – Фундаментний заземлювач типу В

Для під'єднання до струмовідводів передбачаються виводи фундаменту назовні. Захист з'єднань від корозії проводиться за допомогою пластичних антикорозійних бандажів (стрічок), трубок ПВХ або встановленням контактної групи у спеціально обладнаному місті.

Зовнішні виводи фундаментних заземлювачів при будівництві маркуються спеціальними захисними ковпачками. Стрічку заземлювача прокладають між арматурою та з'єднують їх з інтервалом 2 м. Фундаментні заземлювачі окремих будівель за необхідності з'єднуються разом. Бетон має покривати заземлювальний електрод у фундаменті не менше ніж на 50 мм, тоді цей електрод вважається захищеним від корозії.

Фундаментні заземлювачі виготовляються з того самого матеріалу, що і кільцеві. У разі виявлення недостатньої електричної провідності фундаменту будівлі рекомендується встановлення додаткових кільцевих заземлювачів у ґрунті поряд з фундаментом, але потрібно зауважити, що при використанні сталевих заземлювачів, занурених одночасно у бетон і ґрунт, можуть виникати

гальванічні потенціали напругою до 1 В, що негативно впливає на корозійну стійкість заземлювачів у ґрунті. Через це заземлювачі, що будуть виходити з фундаменту у ґрунт, рекомендують обирати з міді або зі сталі, вкритою міддю або цинком.

Фундаментний заземлювач повинен бути з'єднаний з зовнішнім кільцевим заземлювачем кожні 20 метрів за допомогою спеціальних сполучних провідників, які прокладаються вертикально вздовж стіни до точок з'єднання зі струмовідводами. Усі з'єднання повинні бути гвинтовими, затискними або зварними, щоб забезпечити надійне електричне з'єднання.

Заземлювачі повинні бути достатньо ефективними, і додаткові заземлювальні електроди не є необхідними. Можуть використовуватись існуючі "природні" заземлювачі, такі як прокладені в землі водопровідні та теплофікаційні труби, сталеві конструкції будівель, арматура у бетоні тощо. При використанні арматури необхідно звернути особливу увагу на внутрішні з'єднання, щоб запобігти механічному розколюванню бетону внаслідок проходження струму блискавки, що може створювати неприпустимі механічні навантаження.

Після монтажу системи заземлення необхідно виміряти опір згідно з паспортом, щоб переконатися в її правильному функціонуванні.

3. АНАЛІЗ ЗАХИСТУ ВІД ПРЯМИХ ПОПАДАНЬ БЛИСКАВКИ І ВТОРИННИХ ЇЇ ПРОЯВІВ ЖИТЛОВОЇ АДМІНІСТРАТИВНО-ЦИВІЛЬНОЇ БУДІВЛІ

3.1 Підстави для розробки проекту, коротка характеристика та основні проектні рішення

Робочий проект системи блискавкозахисту об'єкту слід виконувати згідно договору та завданню на проектування.

Робочий проект виконувати згідно з діючою нормативною базою:

ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво»;

ДБН В.2.2-10:2018 «Заклади охорони здоров'я. Будинки і споруди»;

ДБН В.2.2-9-2018 «Громадські будинки та споруди»;

ДСТУ EN 62305-1:2012 «Блискавкозахист. Частина 1: Загальні положення (EN 62305-1:2011, IDT)»

ДСТУ ІЕС 62305-2:2012 «Блискавкозахист. Частина 2: Порядкування ризиками (ІЕС 62305-2:2011, IDT)»

ДСТУ EN 62305-3:2012 «Блискавкозахист. Частина 3: Фізичні руйнування будівель (споруд) та небезпека для життя (EN 62305-3:2011, IDT)»

ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом»

ПУЕ «Правила улаштування електроустановок», затверджені наказом Міненерговугілля від 21.07.2017 № 476

Будівля житлового корпусу - окремо стояча двоповерхова будівля прямокутної форми розмірами в плані 77,0 x 15,3 м. Висота будівлі до коника покрівлі 10,75 м від рівня землі Огороджувальні конструкції цегляні. Покрівля будівлі скатна з шиферу по дерев'яним конструкціям даху.

Ступінь вогнестійкості будівлі – III; Кліматична зона – II

Клас наслідків (відповідальності) – СС2 (згідно розрахунку у відповідності ДСТУ 8855:2019).

Блискавкозахист являє собою комплекс захисних заходів від удару блискавки спрямованих на:

- зменшення фізичних руйнувань та небезпек для життя;
- зменшення відмов електричних й електронних систем у будівлях (спорудах).

Застосовані у цьому проекті основні терміни та визначення відповідають перекладу з мови оригіналу стандарту IEC 62305 "Protection against lightning"

Система блискавкозахисту (СБЗ) складається із зовнішньої та внутрішньої СБЗ.

Зовнішня СБЗ складається з системи блискавкоприймачів, системи струмовідводів та системи заземлення.

Внутрішня СБЗ складається з системи зрівнювання потенціалів та/або електричної ізоляції зовнішньої СБЗ.

Згідно ДСТУ IEC 62305-2 потреба у блискавкозахисті та його межі визначаються оцінкою ризиків (R), які обумовлено як ймовірні втрати (L) у будівлі (споруди) від удару блискавки і залежать від:

- кількості небезпечних подій (N) внаслідок ударів блискавки, які можуть мати дію на будівлю (споруду);
- джерел (S) та типу пошкоджень (D) в будівлі (споруді);
- ймовірності пошкоджень (P).

Даним проектом визначаються:

- джерела та типи пошкоджень і види втрат від дії блискавки;
- функціональні зони будівлі та їх характеристики.

Проектом розраховуються:

- середньорічна кількість небезпечних подій,
- ризики, які являються відносним значенням можливих втрат, та їх компоненти.

3.2 Розрахунок ризиків та визначення потреби в заходах захисту відповідно до ДСТУ EN 62305-2-2012

Загальні поняття

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

Основне завдання аналізу ризику - виявлення надмірного ризику та зниження його до прийняттого значення за допомогою відповідних заходів захисту.

Для визначення можливих ризиків розглядається об'єкт без будь-яких заходів захисту (поточний стан).

Ризиком називають ймовірність виникнення небезпечних наслідків, викликаних прямими (а також віддаленими) ударами блискавки в будинок (споруду) та його комунікації 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 втрати можливості надання громадських послуг;
- Ризик R3: ризик нанесення шкоди об'єктам культурного призначення;
- Ризик R4: ризик економічних втрат.

Кожен ризик складає суму компонентів ризику:

- $R1 = RA+RB+RC+RM+RU+RV+RW+RZ$
- $R2 = RB+RC+RM+RV+RW+RZ$
- $R3 = RB+RV$
- $R4 = RA+RB+RC+RM+RU +RV+RW+RZ$

Кожен тип пошкодження, сам по собі або в поєднанні з іншими, може призвести до різних непрямих втрат у будівлі (споруді), що має бути захищена. Тип втрат, які можуть виникнути, залежить від характеристик будівлі (споруди) та її вмісту. Належить взяти до уваги такі типи втрат:

L1: втрата людського життя (з каліцтвом включно); L2: втрата можливості надання громадських послуг; L3: втрата культурної спадщини;

L4: втрата економічної цінності (будівля (споруда), її вміст та зупинення діяльності).

Для кожного виду ризику визначено допустиме значення.

Ризик R1: 10–5

Ризик R2: 10–3

Ризик R3: 10–4

Ризик R4: 10–3

Для даної будівлі присутні два типи втрат: загибель/травмування людей (L1) та економічні втрати (L4). Щоб оцінити потребу в захисті необхідно визначити ризик R1 для втрат L1 та R4 для втрат L4.

Характеристики об'єкта

$N_g = 2,6$

Запорізька область

Кількість зон:

1 зона

Призначення будівлі:

Житловий корпус інтернату

Тип будівництва: Проста будівля прямокутної форми з скатним дахом

- Розташування об'єкта

Ізольований об'єкт

- Тип місцевості:

Сільська місцевість

- Розміри споруди, м: $L=77$

$S=15.3$

$H=10.75$

- Розміри та висота надбудови:

відсутня

- Розміри сусідньої будівлі:

відсутня

- Наявність вибухонебезпечних приміщень:

відсутні

- Матеріал покриття всередині:

кераміка

Тип прокладання:

- Система електропостачання:

Повітряні

$\approx 5\text{м}$

- Система телекомунікацій Повітряні $\approx 5\text{м}$
 - Тип зовнішніх діній комунікацій: Неекрановані лінії комунікацій
(Підключення на вході не визначено)
 - Фактор виконання внутрішньої провідності(Ks3): Неекранований кабель – без запобіжних заходів щодо розведення, щоб уникнути петель
 - Обладнання в зоні: Захисні пристрої (електроніка)
 - К-ть осіб, що перебувають в зоні: 184
 - Час перебування людей на об'єкті (год/рік): 8760
 - Особливі умови, hz: Ускладнена евакуація (будівлі, в яких знаходяться люди з обмеженими фізичними можливостями, лікарні)
 - Заходи захисту від блискавок: Будівля не оснащена системою блискавкозахисту
 - Система протипожежного захисту: Оснащення відсутні
 - Наявність пристроїв захисту від внутрішніх перенапруг (ПЗП): Відсутній скоординований захист з влаштування пристроїв для захисту від блискавки від перенапруг (ПЗП)
 - Рівень ризику загоряння будівлі: Середній
 - Можливість масової гибелі тварин: Відсутній
 - Загальна вартість будівлі, тис. грн.: 2933,0
- Розрахунок ризиків за відсутності системи захисту від удару блискавки
- Загальна формула для ризику : $R1= RA+ RB+ RC1)+ RM1)+ RU+ RV+ RW1)+RZ1)$
- Формули розрахунку компонентів ризику: $RA = ND \cdot PA \cdot L A$
 $RB=ND \cdot PB \cdot LB$ $RU=(NL+NDj) \cdot PU \cdot LU$ $RV=(NL+ADJ) \cdot PV \cdot LV$
- Розраховуємо елемент ризику RA - ураження людей напругою дотику в разі прямого удару блискавки в будинок:
- $RA = ND \cdot PA \cdot L A$
- $ND=Ng \cdot Ad \cdot Cd \cdot 10^{-6} = 2,70E-02$
- $Ng= 2,6$ ударів/рік для Запорізька область
- $Ad = L \cdot W + 6 \cdot H \cdot (L+W) + 9\pi \cdot (H)^2 \text{ м}^2$, $Ad = 10398,9 \text{ м}^2$,

$C_d = 1$ - фактор впливу розташування об'єкта

$$P_A = P_{TA} \cdot P_B = 1 \quad P_B = 1$$

$$L_A = L_U = r_t \cdot L_t \cdot n_z / n_t \cdot t_z / 8760 = 1,000E-05$$

де $r_t = 0,001$ (люди під час грози всередині будівлі)

$$L_t = 0,01$$

$$n_z = 184 \quad n_t = 184 \quad t_z = 8760 \quad R_A = 2,7E-07$$

Розраховуємо елемент ризику R_B фізичного пошкодження будівлі при прямому ударі блискавки та виникнення загрози людському життю:

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B \quad N_D \cdot P_B = 2,70E-02$$

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot h_Z \cdot L_f \cdot n_z / n_t \cdot t_z / 8760 = 5,00E-03 \quad r_p = 1 \quad n_z = 184$$

$$r_f = 0,01 \quad n_t = 184$$

$$h_Z = 5 \quad t_z = 8760$$

$$L_f = 0,1 \quad R_B = 1,352E-04$$

Розраховуємо елемент ризику R_U , при якому удар блискавки в лінію комунікацій нанесе шкоду живим істотам внаслідок ураження електричним струмом (D1):

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_U \cdot L_U$$

$$N_L / P = N_G \cdot A_L / P \cdot C_I / P \cdot C_E / p \cdot C_T \cdot 10^{-6} = 5,20E-04 \quad - \text{ЛЕП}$$

$$N_L / T = N_G \cdot A_L / T \cdot C_I / T \cdot C_E / T \cdot C_T \cdot 10^{-6} = 5,20E-04 \quad - \text{лінії зв'язку}$$

$$P_U = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} = 1,000 \quad P_{TU} = 1$$

$$L_U = L_A = 1,000E-05 \quad P_{EB} = 1$$

$$R_{UP} = 5,20E-09 \quad P_{LD} = 1$$

$$R_{UT} = 5,20E-09 \quad C_{LD} = 1$$

$$R_U = R_{UP} + R_{UT} = 1,04E-08$$

Розрахуємо елемент ризику R_V фізичного пошкодження будівлі (споруди) (D2) через наведений струм при ударі в лінії комунікації:

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_V \cdot L_V \quad P_V = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} = 1,000$$

$$L_V = L_B = 5,000E-03$$

$$R_{VP} = 2,60E-06 \quad P_{EB} = 1$$

$$R_{VT} = 2,600E-06 \quad P_{LD} = 1$$

$$RV = 5,2E-06 \quad CLD = 1$$

Визначаємо ризик загрози людському життю:

$$R1 = RA + RB + RU + RV = 1,41E-04$$

Проводимо підсумкову перевірку R1 і Rt: $1,41E-04 < 1,0E-05$

Розраховуємо рівень ризику нанесення економічної шкоди об'єкту при ударі блискавки в будівлю (або поблизу неї) чи в лінії комунікації (або поблизу від них) R4:

Загальна формула для ризику :

$$R4 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$$

Коли ризику масової загибелі тварин немає R4 включає лише компоненти ризику:

$$R4 = RB + RC + RM + RV + RW + RZ$$

Розраховуємо елемент ризику RB втрат від фізичного пошкодження будівлі при прямому ударі блискавки та виникнення загрози людському життю:

$$RB = ND \cdot PB \cdot LB \quad ND \cdot PB = 2,70E-02$$

$$LB = LV = rP \cdot rf \cdot LF \cdot (ca + cb + cc + cs) / ct = 2,00E-03 \quad RB = 5,41E-05$$

Розраховуємо елемент ризику RC через втрат через відмови внутрішніх систем, викликаних електромагнітним імпульсом при ударі блискавки.

$$RC = ND \cdot PC \cdot LC \quad ND \cdot PC = 2,70E-02$$

$$LC = LM = LW = LZ = LO \cdot cs / ct = 1,00E-02 \quad PC = PSPD \cdot CLD = 1,00E+00$$

$$RC = 2,70E-04 \quad PSPD = 1 \quad CLD = 1$$

Розраховуємо RM - компонент ризику відмови внутрішніх систем, викликаного електромагнітним імпульсом при ударі блискавки.

$$RM = NM \cdot PM \cdot LM$$

$$NM = 2,28E+00$$

$$PM = 4,44E-01$$

$$LM = 1,00E-02$$

$$RM = 1,01E-02$$

Розрахуємо елемент ризику RV економічних втрат від фізичного пошкодження будівлі (споруди) (D2) через наведений струм при ударі в лінії комунікації:

$$RVP = (NLP + NDJ) \cdot PV \cdot LV = 1,04E-06 \quad LV = 2,00E-03$$

$$RVT = (NLT + NDJ) \cdot PV \cdot LV = 1,04E-06 \quad Rv = 2,08E-06$$

Розрахуємо елемент ризику RW економічних втрат від відмови вн. систем, викликану стрибками напруги у вхідних лініях комунікацій:

$$RWP = (NLP + NDJ) \cdot PW \cdot LW = 5,20E-06 \quad LW = 1,00E-02$$

$$RWT = (NLT + NDJ) \cdot PW \cdot LW = 5,20E-06 \quad RW = 1,04E-05$$

Розрахуємо елемент ризику RZ економічних втрат від відмови вн. систем, викликану перенапругою у вхідних лініях комунікацій:

$$RZP = NIP \cdot PZP \cdot LZ = 3,12E-04 \quad LZ = 1,00E-02$$

$$RZT = NIT \cdot PZT \cdot LZ = 2,60E-04 \quad RZ = 5,72E-04$$

$$R4 = RB + RC + RM + RV + RW + RZ = 1,11E-02$$

Проводимо підсумкову перевірку R4 і Rt: $1,11E-02 > 1,00E-03$

Проводимо розрахунок ризиків за наявності системи захисту від удару блискавки

Загальна формула для ризику : $R1 = (RA + RB + RC1) + (RM1) + RU + RV + RW1) + RZ1)$

Формули розрахунку компонентів ризику: $RA = ND \cdot PA \cdot LA$

$RB = ND \cdot PB \cdot LB$ $RU = (NL + NDj) \cdot PU \cdot LU$ $RV = (NL + ADJ) \cdot PV \cdot LV$

Розраховуємо елемент ризику RA - ураження людей напругою дотику в разі прямого удару блискавки в будинок:

$$RA = ND \cdot PA \cdot LA$$

$$ND = Ng \cdot Ad \cdot Cd \cdot 10^{-6} = 2,70E-02$$

$Ng = 2,6$ ударів/рік для Запорізька область

$$Ad = L \cdot W + 6 \cdot H \cdot (L + W) + 9\pi \cdot (H)^2 \text{ м}^2, \quad Ad = 10398,9 \text{ м}^2,$$

$Cd = 1$ - фактор впливу розташування об'єкта

$$PA = PTA \cdot PB = 0,01 \quad PB = 0,1$$

$$LA = LU = rt \cdot Lt \cdot nz / nt \cdot tz / 8760 = 1,000E-05$$

де $r_t = 0,001$ (люди під час грози всередині будівлі)

$$L_t = 0,01$$

$$n_z = 184 \qquad n_t = 184 \qquad t_z = 8760$$

$$R_A = 2,7E-09$$

Розраховуємо елемент ризику R_B фізичного пошкодження будівлі при прямому ударі блискавки та виникнення загрози людському життю:

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B \qquad N_D \cdot P_B = 2,70E-03$$

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot h_Z \cdot L_f \cdot n_z / n_t \cdot t_z / 8760 = 2,50E-03$$

$$r_p = 0,5 \qquad n_z = 184$$

$$r_f = 0,01 \qquad n_t = 184$$

$$h_Z = 5 \qquad t_z = 8760$$

$$L_f = 0,1 \qquad R_B = 6,759E-06$$

Розраховуємо елемент ризику R_U , при якому удар блискавки в лінію комунікацій нанесе шкоду живим істотам внаслідок ураження електричним струмом (D1):

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_U \cdot L_U$$

$$N_L / P = N_G \cdot A_L / P \cdot C_I / P \cdot C_E / p \cdot C_T \cdot 10^{-6} = 5,20E-04 \text{ – ЛЕП}$$

$$N_L / T = N_G \cdot A_L / T \cdot C_I / T \cdot C_E / T \cdot C_T \cdot 10^{-6} = 5,20E-04 \text{ - лінії зв'язку}$$

$$P_U = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} = 0,050 P_{TU} = 1$$

$$L_U = L_A = 1,000E-05 \qquad P_{EB} = 0,05$$

$$R_{UP} = 2,60E-10 \qquad P_{LD} = 1$$

$$R_{UT} = 2,60E-10 \qquad C_{LD} = 1$$

$$R_U = R_{UP} + R_{UT} = 5,20E-10$$

Розрахуємо елемент ризику R_V фізичного пошкодження будівлі (споруди) (D2) через наведений струм при ударі в лінії комунікації:

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_V \cdot L_V P_V = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} = 0,050$$

$$L_V = L_B = 2,500E-03$$

$$R_{VP} = 6,50E-08 \qquad P_{EB} = 0,05$$

$$R_{VT} = 6,50E-08 \qquad P_{LD} = 1$$

$$R_V = 1,3E-07 \qquad C_{LD} = 1$$

Визначаємо ризик загрози людському життю:

$$R1=RA+RB+RU+RV=6,89E-06$$

Проводимо підсумкову перевірку R1 і Rt:

$$6,89E-06 < 1,0E-05$$

Розраховуємо рівень ризику нанесення економічної шкоди об'єкту при ударі блискавки в будівлю (або поблизу неї) чи в лінії комунікації (або поблизу від них) R4:

Загальна формула для ризику :

$$R4=(RA2)+RB+RC+RM+RU2)+RV+RW+RZ$$

Коли ризику масової загибелі тварин немає R4 включає лише компоненти ризику:

$$R4= RB+RC+RM+RV+RW+RZ$$

Розраховуємо елемент ризику RB втрат від фізичного пошкодження будівлі при прямому ударі блискавки та виникнення загрози людському життю:

$$RB=ND \cdot PB \cdot LB \quad ND \cdot PB= 2,70E-03$$

$$LB=LV=rP \cdot rf \cdot LF \cdot (ca+cb+cc+cs)/ct= 1,00E-03$$

$$RB= 2,70E-06$$

Розрахуємо елемент ризику RC через втрат через відмови внутрішніх систем, викликаних електромагнітним імпульсом при ударі блискавки.

$$RC=ND \cdot PC \cdot LC \quad ND \cdot PC= 1,35E-03$$

$$LC=LM=LW=LZ=LO \cdot cs/ct= 1,00E-02 \quad PC=PSPD \cdot CLD= 5,00E-02$$

$$RC= 1,35E-05 \quad PSPD= 0,05$$

$$CLD= 1$$

Розраховуємо RM - компонент ризику відмови внутрішніх систем, викликаного електромагнітним імпульсом при ударі блискавки.

$$RM=NM \cdot PM \cdot LM$$

$$NM= 2,28E+00$$

$$PM= 2,22E-02$$

$$LM= 1,00E-02$$

$$RM = 5,07E-04$$

Розрахуємо елемент ризику RV економічних втрат від фізичного пошкодження будівлі (споруди) (D2) через наведений струм при ударі в лінії комунікації:

$$RVP = (NLP + NDJ) \cdot PV \cdot LV = 2,60E-08 \quad LV = 1,00E-03$$

$$RVT = (NLT + NDJ) \cdot PV \cdot LV = 2,60E-08 \quad Rv = 5,20E-08$$

Розрахуємо елемент ризику RW економічних втрат від відмови вн. систем, викликану стрибками напруги у вхідних лініях комунікацій:

$$RWP = (NLP + NDJ) \cdot PW \cdot LW = 2,60E-07 \quad LW = 1,00E-02$$

$$RWT = (NLT + NDJ) \cdot PW \cdot LW = 2,60E-07 \quad RW = 5,20E-07$$

Розрахуємо елемент ризику RZ економічних втрат від відмови вн. систем, викликану перенапругою у вхідних лініях комунікацій:

$$RZP = NIP \cdot PZP \cdot LZ = 1,56E-05 \quad LZ = 1,00E-02$$

$$RZT = NIT \cdot PZT \cdot LZ = 1,30E-05 \quad RZ = 2,86E-05$$

$$R4 = RB + RC + RM + RV + RW + RZ = 5,52E-04$$

$$\text{Проводимо підсумкову перевірку } R4 \text{ і } Rt: 5,52E-04 < 1,00E-03$$

За допомогою наступних обраних заходів захисту існуючий ризик ймовірності пошкоджень в будівлі (споруді) був знижений до прийнятного значення:

Будівля, оснащена системою блискавкозахисту (III класу)

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків та висновки:

Рівень ризику	LPS відсутня	LPS III+SPD	Rt
R1	1,41E-04	6,89E-06	10 ⁻⁵
R2	0,00E+00	0,00E+00	10 ⁻³
R3	0,00E+00	0,00E+00	10 ⁻⁴
R4	1,11E-02	5,52E-04	10 ⁻³

Згідно з розрахунком ризику для життя людей R1 (пряме чи опосередковане ураження струмом блискавки) та економічні втрати R4 через травмування людей і пошкодження будівлі (обладнання) при відсутності заходів блискавкозахисту перевищують допустиме значення.

Необхідно влаштування системи блискавкозахисту III рівня, ручного протипожежного обладнання, що дасть змогу знизити виявлені ризики нижче прийнятного рівня і тим самим захистити саму будівлю від фізичних пошкоджень.

3.3 Аналіз улаштування зовнішньої СБЗ та експлуатації пристроїв блискавкозахисту

Проектом передбачається не ізольована від будівлі система блискавкозахисту з використанням стрижньових блискавкоприймачів. Компоненти перехоплювачів БЗ встановлені на будівлі, розміщено у відповідності з методом сфери, що котиться (згідно додатку Е.5 ДСТУ EN 62305-3).

Блискавкоприймачі.

Система блискавкоприймачів передбачає встановлення п'яти конікових блискавкоприймачів довжиною 1,5 м (Ø16 мм) та прокладання між ними блискавкоприймального провідника по коникам та покрівлі із круглого алюмінієвого дроту Ø10 мм. Захисний кут при вершині блискавкоприймача складає 58о .

До блискавкоприймальних провідників приєднуються металеві конструкції покрівлі (огорожа покрівлі, драбини та ін.).

Струмовідводи.

Струмовідводи від блискавкоприймачів в кількості 6 шт. виконуються із круглого алюмінієвого дроту Ø8 мм, що прокладається відкрито по стінах будинку.

На рівні 0,5 м від землі провідник струмовідводу з'єднується з провідником системи заземлення. З'єднання виконується болтовим

контрольним з'єднувачем в коробці, що дозволяє робити ревізію системи блискавкозахисту. До кожного струмовідводу приєднано окремий заземлювач.

Заземлювачі.

Проектом передбачено штучні заземлювачі з розміщенням типу А, з'єднані з кожним струмовідводом. Мінімальна довжина кожного заземлювача для III класу БЗ, незалежно від питомого опору ґрунту, повинна становити 5 м згідно п.5.4 ДСТУ EN 62305-3, але якщо опір у колі системи заземлення менш ніж 10 Ом (за вимірювання на низькій частоті), мінімальна величина довжини заземлювача не нормується.

Заземлювачі складаються з горизонтального електроду (сталь смугова оцинкована 40x4,0мм) та двох вертикальних електродів з круглого оцинкованого штиря Ø20мм довжиною 3,0 м кожний в місцях приєднання струмовідводів.

Горизонтальний електрод, покладений у траншеї, повинен перебувати на глибині не менш 0,7 м від рівня землі (нижче рівня промерзання ґрунту), але із з'єднуючий струмовідводом електрод може бути прокладений на меншій глибині або відкрито по вимощенню за умовою неможливості його пошкодження.

При виборі глибини закладання необхідно враховувати, щоб горизонтальний електрод заземлювача перебував у безпосередньому контакті з ґрунтом (і не перебував у гравії, піску або іншому заповнювачі з високим питомим опором, який утворює основу асфальтового покриття або вимощення).

Заземлювачі розміщуються на ділянках з відкритим ґрунтом (озелених ділянках під асфальтобетонним покриттям на відстані не менше 1 м від стін та в місцях, в яких звичайно не перебувають люди.

Для перевірки стану заземлювачів передбачені контрольна коробка.

Для забезпечення вирівнювання потенціалів між доземними провідниками влаштовуємо кільцевий провідник на рівні землі за п.Е.5.4.2 та р. 5.4.2 ДСТУ EN 62305-3:2012 використовуємо тип А для існуючої споруди.

Для закріплення й з'єднання блискавкоприймачів, струмовідводів та заземлювачів застосовані вироби з болтовим з'єднанням, що дозволяють виконувати монтаж системи без виконання зварювальних робіт.

У данному проекті передбачене застосування виробів блискавкозахисту фірми ОВО Bettermann (Німеччина).

Для забезпечення постійної надійності роботи пристроїв блискавкозахисту щорічно перед початком грозового сезону проводиться перевірка й огляд всіх пристроїв блискавкозахисту.

Позачергові огляди пристроїв блискавкозахисту необхідно проводити після стихійних лих (ураганний вітер, повінь, пожежа) і гроз великої інтенсивності.

Позачергові виміри опору пристроїв заземлювачів блискавкозахисту необхідно заміряти після виконання ремонтних робіт як на пристроях блискавкозахисту, так і самих об'єктах, що захищаються. Результати перевірок оформляються актами, записуються в паспорт і журнал обліку стану пристроїв блискавкозахисту.

На підставі отриманих даних формується план ремонту пристроїв блискавкозахисту, виявлених в час огляду й перевірки.

В час грози роботи на пристроях блискавкозахисту й поблизу їх не проводяться. Монтаж і технічне обслуговування зовнішньої СБЗ об'єкта виконується спеціалізованою організацією яка має ліцензію на даний вид робіт.

Проведення робіт з монтажу БЗС не передбачає собою порушення цілісності будівельних конструкцій і порушення технологічного процесу об'єкта.

Для захисту від вторинних проявів блискавки проектом передбачено встановлення комбінованого розрядника 3-полюсного + NPE (тип: V25-B+C 3+NPE).

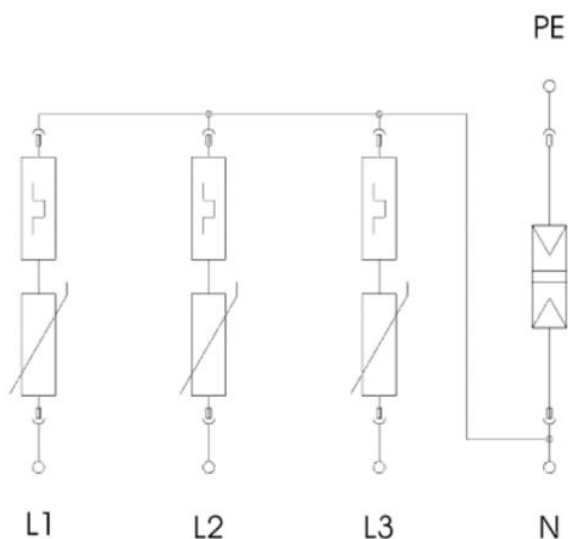


Рисунок 3.1 – комбінованого розрядника 3-полюсного + NPE (тип: V25-
B+C 3+NPE)

3.4 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) об'єкта

Об'єкт: Поточний ремонт пристроїв захисту від прямих попадань блискавки і вторинних її проявів житлового корпусу.

Розрахунок класу наслідків проводиться відповідно до ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд».

Клас наслідків (відповідальності) об'єкту визначаємо незалежно за кожною характеристикою можливих наслідків від відмови об'єкту.

1. Визначаємо розрахункову кількість осіб, які постійно перебувають на об'єкті (більше 8 годин на добу).

На об'єкті передбачено постійне перебування 184 осіб.

Згідно з табл. 1 ДСТУ 8855:2019 об'єкт відносимо до класу наслідків (відповідальності) СС2.

2. Визначаємо розрахункову кількість осіб, які періодично перебувають на об'єкті (не більше 8 годин на добу).

На об'єкті передбачено періодичне перебування 5 осіб.

Згідно з табл. 1 ДСТУ 8855:2019 об'єкт відносимо до класу наслідків (відповідальності) СС1.

3.Визначаємо розрахункову кількість осіб, які перебувають зовні об'єкта (можливе порушення нормальних умов їх життєдіяльності більше ніж на три доби).

Зовні об'єкта передбачено постійне перебування 256 осіб.

Згідно з табл. 1 ДСТУ 8855:2019 об'єкт відносимо до класу наслідків (відповідальності) СС2.

4.Визначаємо рівень матеріальних збитків чи соціальних втрат, пов'язаних із припиненням експлуатації або втратою цілісності об'єкта.

Збитки від можливого руйнування основних фондів розраховуються за формулою:

$$\Phi = c \times P(1 - 0,5 \times T_{ef} \times K_{a,i}), \quad \text{де}$$

Φ – прогнозовані збитки, тис.грн.;

c – коефіцієнт, що враховує відносну долю вартості об'єкта, що повністю втрачається під час аварії. Умовно $c=0,45$;

P – вартість об'єкта, визначена на підставі ДСТУ Б Д.1.1-1 або за об'єктом аналогом, тис.грн.;

T_{ef} – середнє значення розрахункового строку експлуатації об'єкта, років. Приймаємо – 50 років;

$K_{a,i}$ – коефіцієнт амортизаційних відрахувань. Приймаємо – 0,01.

$$\Phi = 0,225 \times 2933,0 = 659,925 \text{ тис.грн.}$$

Обсяг можливого економічного збитку у мінімальних заробітних платах складає:

$$659,925 / 6,000 = 109,9875 \text{ м.р.з.п.} \leq 2500 \text{ м.р.з.п.}$$

Згідно ЗУ «Про Державний бюджет України на 2022 рік» мінімальна заробітна плата з 01.01.2022 на рік становить 6700,0 гривень.

Згідно з табл. 1 ДСТУ 8855:2019 об'єкт відносимо до класу наслідків (відповідальності) СС1.

5.Об'єкт не розташований в охоронній зоні об'єктів культурної спадщини і не є об'єктом культурної спадщини.

6.Роботи не призводять до припинення функціонування роботи об'єктів транспорту та газопостачання в межах населеного пункту на місцевому рівні.

7.Проведення робіт передбачає у звичайних інженерно-геологічних умовах, при відсутності таких ускладнюючих умов як: сейсміка, просадки тощо. Об'єкт не є об'єктом підвищеної екологічної небезпеки.

Висновок: Відповідно до ст. 32 ЗУ «Про регулювання містобудівної діяльності» та ДСТУ 8855:2019 клас наслідків (відповідальності) об'єкту будівництва встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків отриманих за результатом розрахунків.

За наведеними розрахунковими характеристиками можливих наслідків об'єкт: «Поточний ремонт пристроїв захисту від прямих попадань блискавки і вторинних її проявів житлового корпусу» відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2.

ВИСНОВКИ

Блискавкозахист будівель і споруд - це комплекс технічних рішень і спеціальних пристосувань, який має на меті забезпечити безпеку будівлі, майна і людей, що знаходяться в ній, а також гарантувати стабільне електропостачання. На земній кулі щороку стається до 16 мільйонів гроз, що приблизно дорівнює 44 тисячам гроз на день. Прямий удар блискавки є дуже небезпечним для людей, і не рідкі випадки призводять до смерті. Для будівель і споруд загрози, пов'язані з безпосереднім контактом каналу блискавки з об'єктами, включають можливість займання або руйнування, а також пошкодження чутливого устаткування внаслідок супутнього електромагнітного поля блискавки. Блискавка, як відомо, є найпотужнішим грозовим розрядом струму, що виникає між землею і хмарами. Внаслідок цього блискавка може завдати шкоди будь-яким об'єктам, що знаходяться на її шляху. Встановлення системи блискавкозахисту дозволяє уникнути такої шкоди. Проста на перший погляд конструкція забезпечує ефективний захист будь-якої житлової, комерційної або промислової споруди або системи електропостачання. При цьому система блискавкозахисту гарантує безпеку як майна, так і життя людей.

У рамках роботи були вирішені такі завдання:

- Проведено дослідження існуючих систем блискавкозахисту в Україні, їхню ефективність та відповідність вимогам стандартів.
- Проведено аналіз грозової діяльності на території України, включаючи частоту та інтенсивність грозових розрядів.
- Здійснено порівняльний аналіз різних засобів та методів побудови систем блискавкозахисту, оцінили їхню ефективність і вартість.
- Проаналізовано поточний ремонт цивільних будинків і визначено рекомендації щодо впровадження системи блискавкозахисту в процес ремонту.

- Підкреслено важливість зовнішньої системи блискавкозахисту для надійного захисту будівель, людей та обладнання від ураження струмом блискавки та від небезпечного іскріння, що може призвести до пожежі.

Застосування системи блискавкозахисту є простим і першочерговим кроком у забезпеченні безпеки будівлі. Вона дозволяє ефективно захистити будівлі, майно та людей від небезпеки ураження струмом блискавки та попередити виникнення пожеж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 62305-1:2012. Блискавкозахист. Загальні принципи. [Чинний від 01.08.2012]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2012. 73 с.
2. ДСТУ EN 62305-2:2012. Блискавкозахист. Керування ризиками. [Чинний від 01.08.2012]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2012. 87 с.
3. ДСТУ EN 62305-3:2012. Блискавкозахист. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей. [Чинний від 01.08.2012]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2012. 164 с.
4. ДСТУ EN 62305-4:2012. Блискавкозахист. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах. [Чинний від 01.08.2012]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2012. 94 с.
5. ДСТУ EN 62561. Компоненти системи блискавкозахисту : Частина 1. Вимоги до компонентів сполуки. [Чинний від 07.06.2019]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 21 с.
6. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів К. : Форт, 2013. 410 с.
7. ДСТУ EN 60079-11:2016. Вибухонебезпечні газові середовища. Частина 11. Захист електричного обладнання за допомогою іскробезпечного електричного кола (i) (EN 60079-11:2012, IDT) [Чинний від 15.12.2016]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 150 с.
8. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [Чинний від 21.07.2017]. Вид. офіц. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
9. ДБН В.2.5-23-2003. Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – К.: Держбуд України, 2004.
10. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012–04–01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 94 с.

11. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів [Чинний з 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 42 с.
12. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-05-05]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 52 с.
13. ДСТУ 3008-2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.31 с.
14. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.20 с.
15. ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення».[Чинні з 2019-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України.2019. 32 с.
16. ДБН В.2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-07-01]. Київ:Мінрегіонбуд України.2018. 40 с.
17. Дикман Л.Г. Организация и планирование строительного производства: учебник. Москва: Высшая школа, 1988. 559 с.
18. Кирнос В.М., Залуин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства: учебник. Днепропетровск: «Пороги,», 2005. 309 с.
19. Кравчуновська Т. С. Комплексна реконструкція житлової забудови: організаційно-технологічні аспекти : монографія. Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2010. 230 с.
20. Млодецкий В. Р. Управленческая реализуемость строительных проектов : учебник. Днепропетровск : Наука і освіта, 2005. 261 с.
21. Організація будівництва : підручник / за редакцією С.А. Ушацького. Київ : Кондор, 2007. 521 с.
22. Павлов І.Д., Полтавець М.О. Організація, планування та системи управління в містобудівництві: навчально-методичний посібник для здобувачів

вищої освіти «Магістра» спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія». Запоріжжя, ЗНУ, 2019. 165 с.

23. Павлов І.Д., Пшегорлінська О.А. Технологія, організація та планування будівництва: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання. Запоріж. держ. інж. акад. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 186 с.

24. Снежко А. П., Батура Г. М. Технология строительного производства: Курсовое и дипломное проектирование: учеб.пособие для вузов. Киев: Выща школа, 1991. 200с.

25. Совйовский В.В., Болотских О.Н. Ремонт та реконструкція цивільних будівель: посібник. Харьков: «Ватерпас», 1999. 287 с.

26. Савйовський В.В. Реконструкція будівель і споруд: навч. посібник. Київ: Ліра-К, 2018. 320 с.

27. Савйовский В. В. Возведение и реконструкция сооружений: учеб.пособие. Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2006. 539 с.

28. Современные технологии в строительстве: учебник для студ.высш.учеб.заведен./под ред. А.И. Меньлюка.Киев:Освіта України, 2010. 549 с.

29. Технологія будівельного виробництва: підручник / В.К. Черненко та ін.; за ред. В.К. Черненка, М.Г. Ярмоленка. Київ: Вища школа, 2002. 430 с.

30. Технология строительного производства / под общей ред. О.О. Литвинова, Ю.И. Беякова. Киев: Висш.шк., 1985. 479с.

Додаток А

Елементи монтажних виробів для системи блискавкоприймачів та струмовідводів

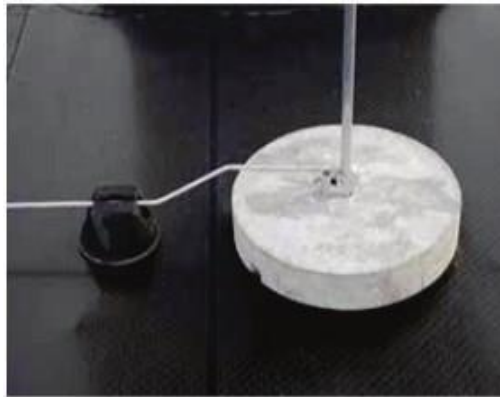


Рисунок А.1 – Встановлення стрижня блискавкоприймача за допомогою окремих бетонних блоків або триніг



Рисунок А.2 – Додаткові розпірні кріплення на триногу для щогл висотою до 10 м



Рисунок А.3 – Ізольовані кріплення для стрижневого блискавкоприймача

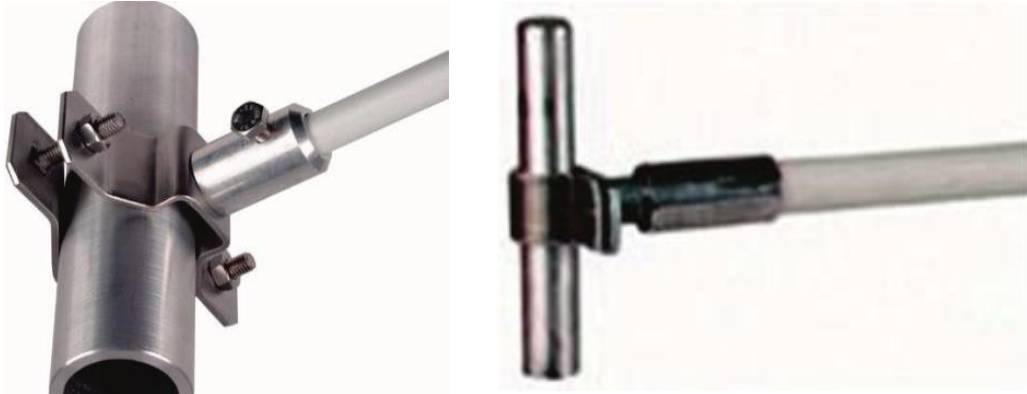


Рисунок А.4 – Кріплення стрижня блискавкоприймача за допомогою додаткових склопластикових тримачів

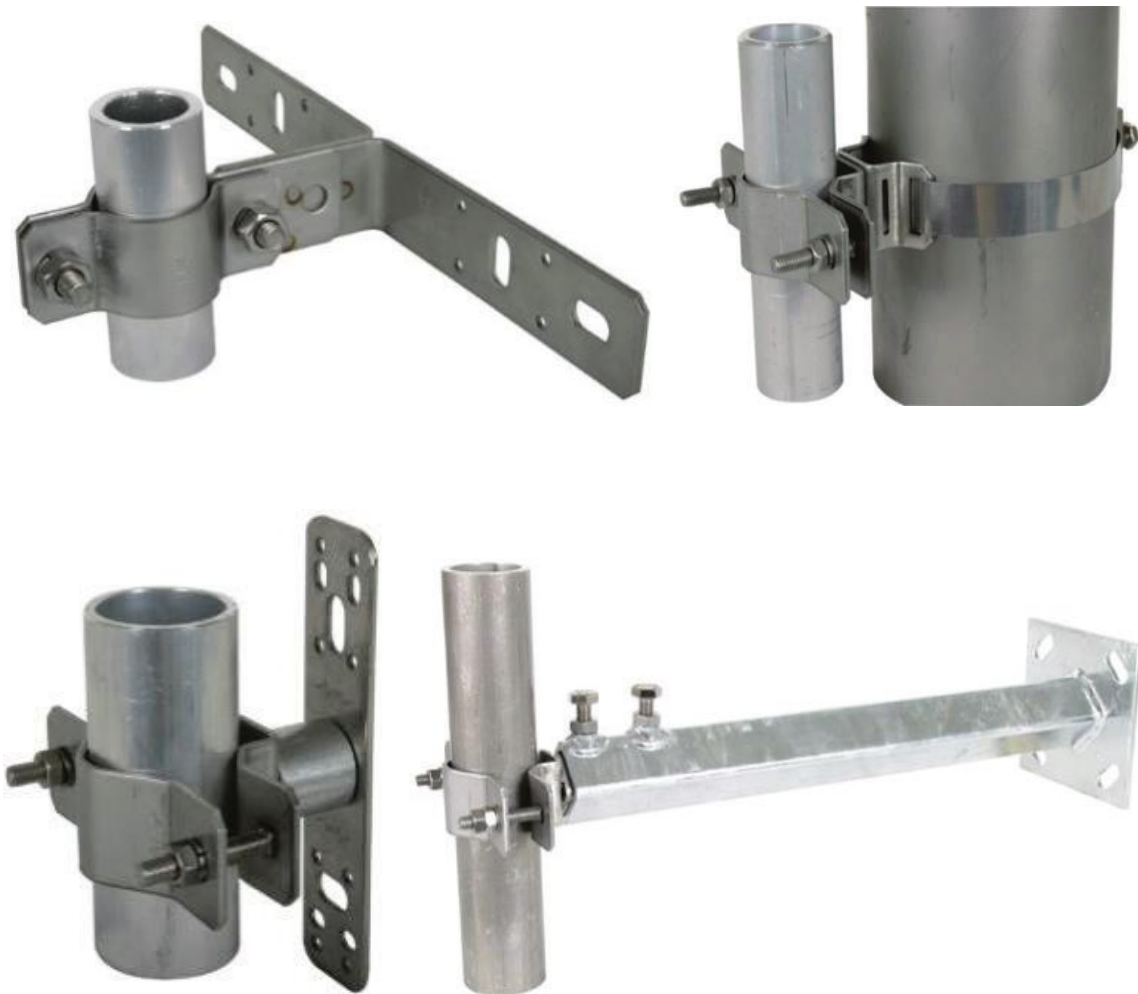


Рисунок А.5 – Опорні стійки та кронштейни для неізолюваного кріплення блискавкоприймачів



Рисунок А.6 – Бетонний блок та гвинтовий фундамент для кріплення блискавкоприймальної щогли висотою 10–30 м



Рисунок А.7 – Пластикові та металеві кріплення для провідників



Рисунок А.8 – Універсальні клеми для хрестоподібного, паралельного і Т-подібного з'єднання круглих провідників

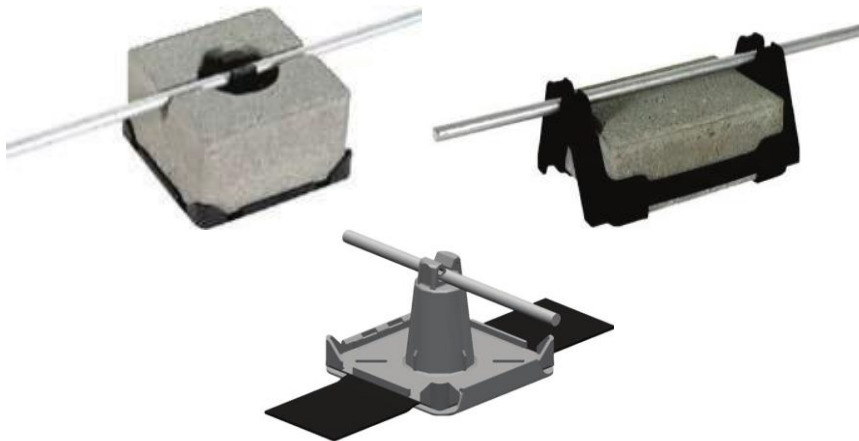


Рисунок А.9 – Тримачі провідників для блискавкоприймальної сітки на плоскій покрівлі

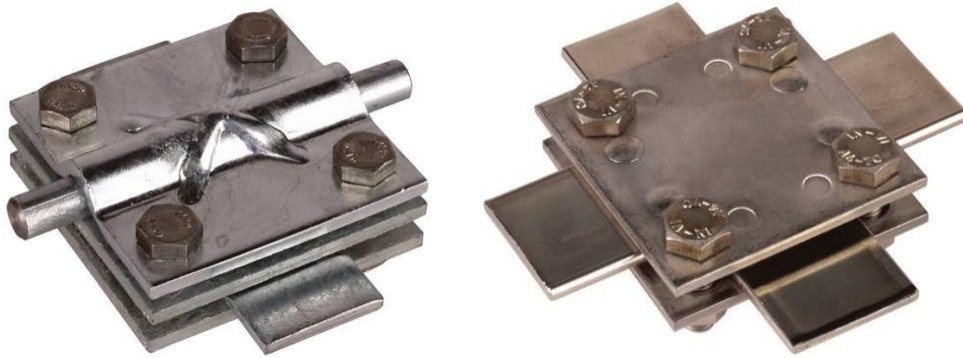


Рисунок А.10 – Клеми для плоских провідників



Рисунок А.11 – Компенсатори температурного подовження різного типу дії



Рисунок А.12 – Компенсатор температурного подовження на парапеті даху



Рисунок А.13 – Різні приклади з'єднання провідників за допомогою компенсаторів температурного подовження



Рисунок А.14 – Тримачі провідників на конику покрівлі та Т-подібне з'єднання з провідником струмовідводу



Рисунок А.15 – Тримачі провідників для похилого даху, вкритого черепицею



Рисунок А.16 – Клеми для з'єднання провідників з жолобами

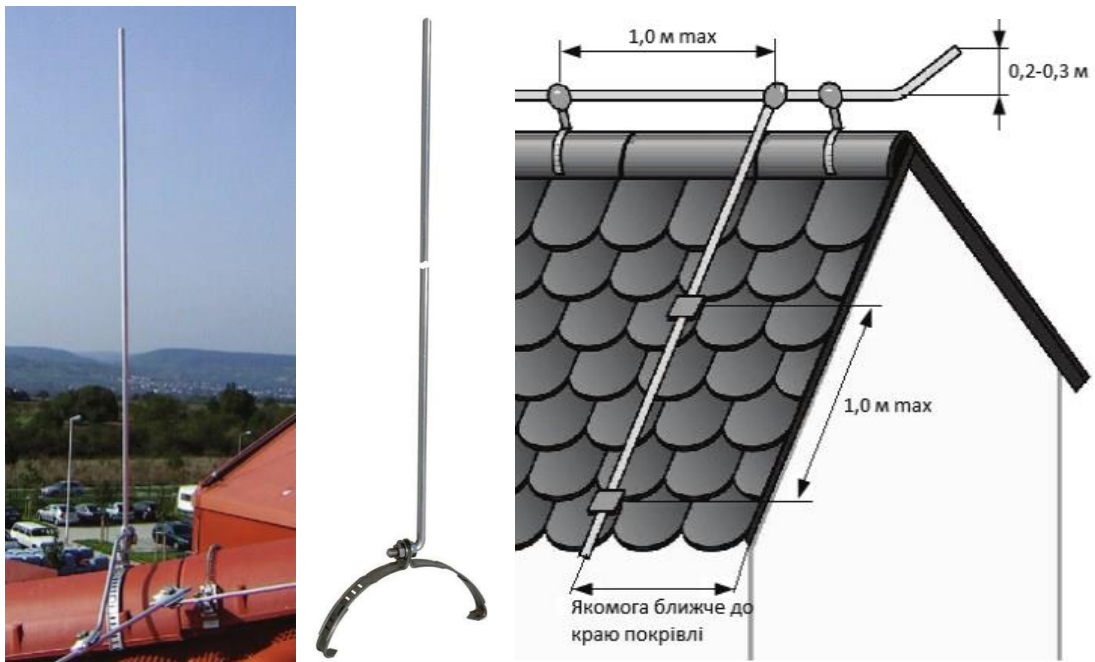


Рисунок А.17 – Кріплення додаткового стрижня на гребінь двосхилого даху та загальні розміри розміщення блискавкоприймачів

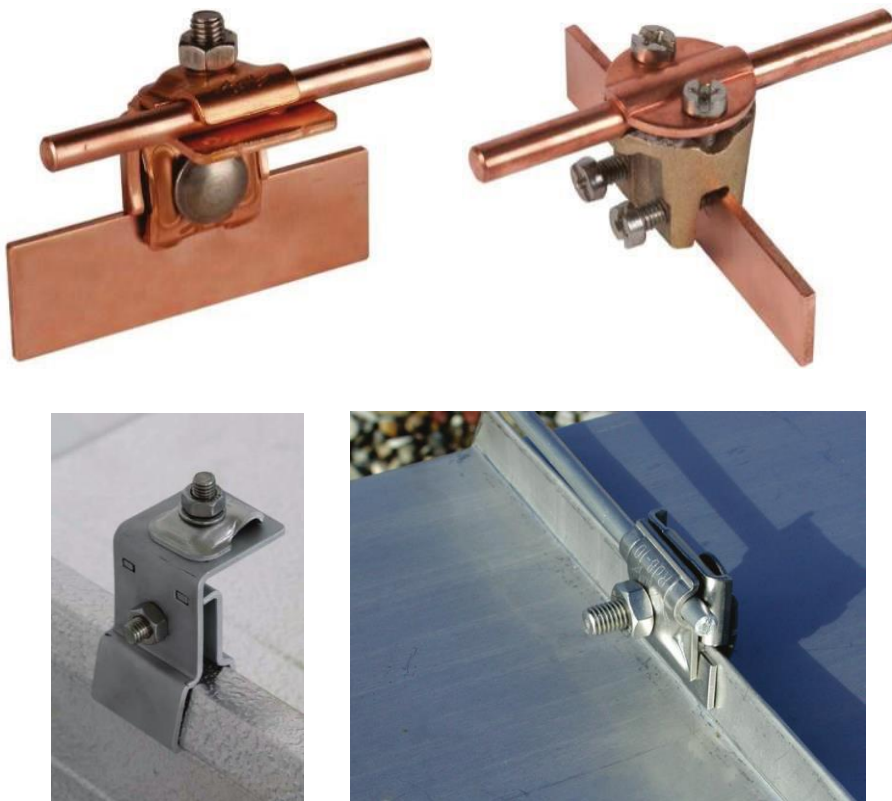


Рисунок А.18 – Фальцеві (шовні) клеми для кріплення провідників на металевих покрівлях



Рисунок А.19 – Приклади влаштування контрольних точок заземлення



Рисунок А.20 – Кріплення струмовідводів до стіни



Рисунок А.21 – Кріплення струмовідводів на дерев'яну поверхню

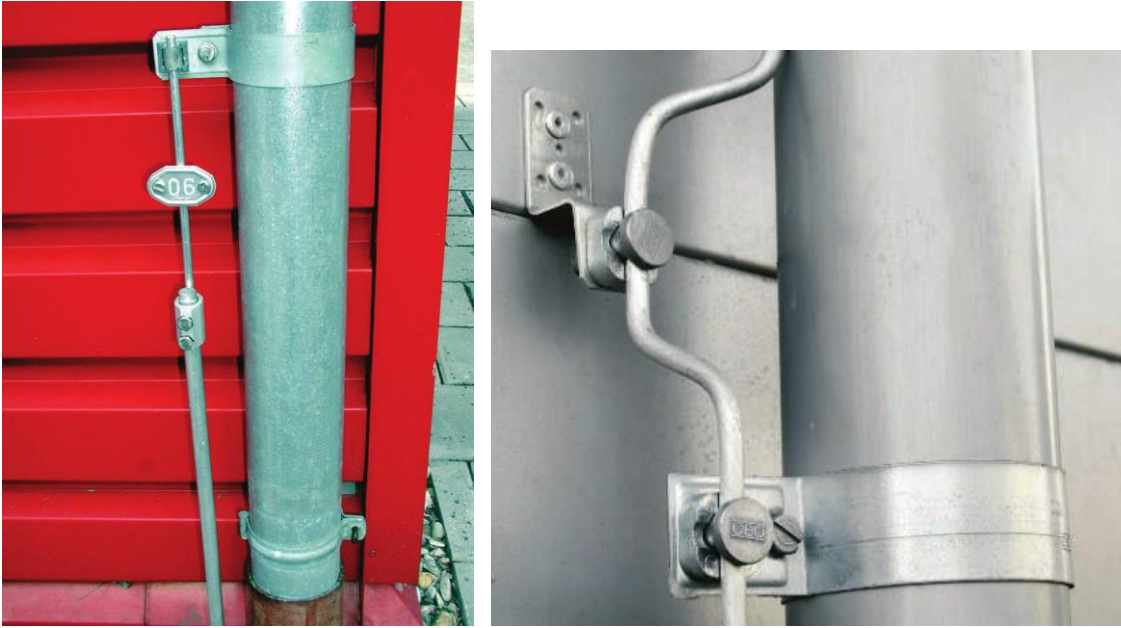


Рисунок А.22 – Використання природних компонентів як струмовідводів



Рисунок А.23 – Клеми для з'єднання провідників з арматурою



Рисунок А.24 – Тримачі для ізолюваних струмовідводів та підключення до блискавкоприймача, встановленого на ізолювальну опору

Додаток Б
Елементи монтажних виробів для системи заземлення



Рисунок Б.1 – Стрижень глибинного заземлювача типу А

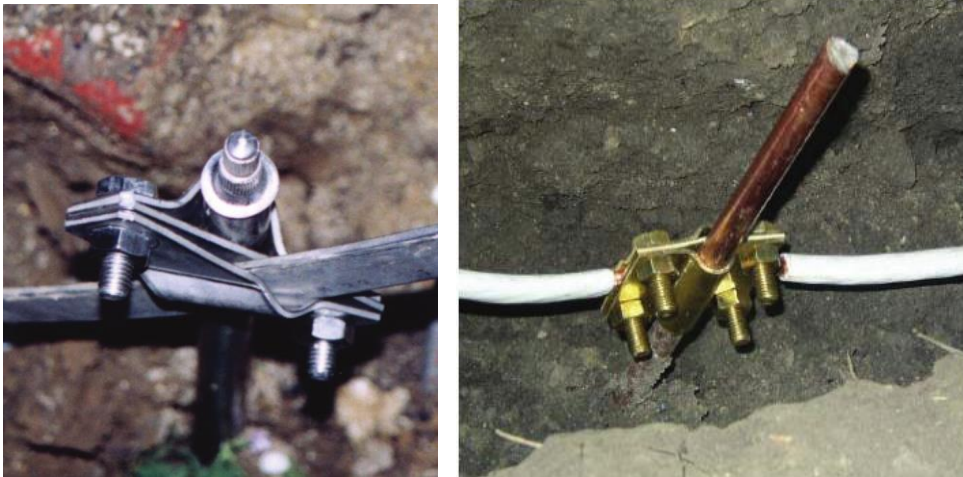


Рисунок Б.2 – Глибинний заземлювач типу А у траншеї



Рисунок Б.3 – Клеми для під'єднання до заземлювальних електродів



Рисунок Б.4 – Захист від корозії за допомогою антикорозійного бандажу

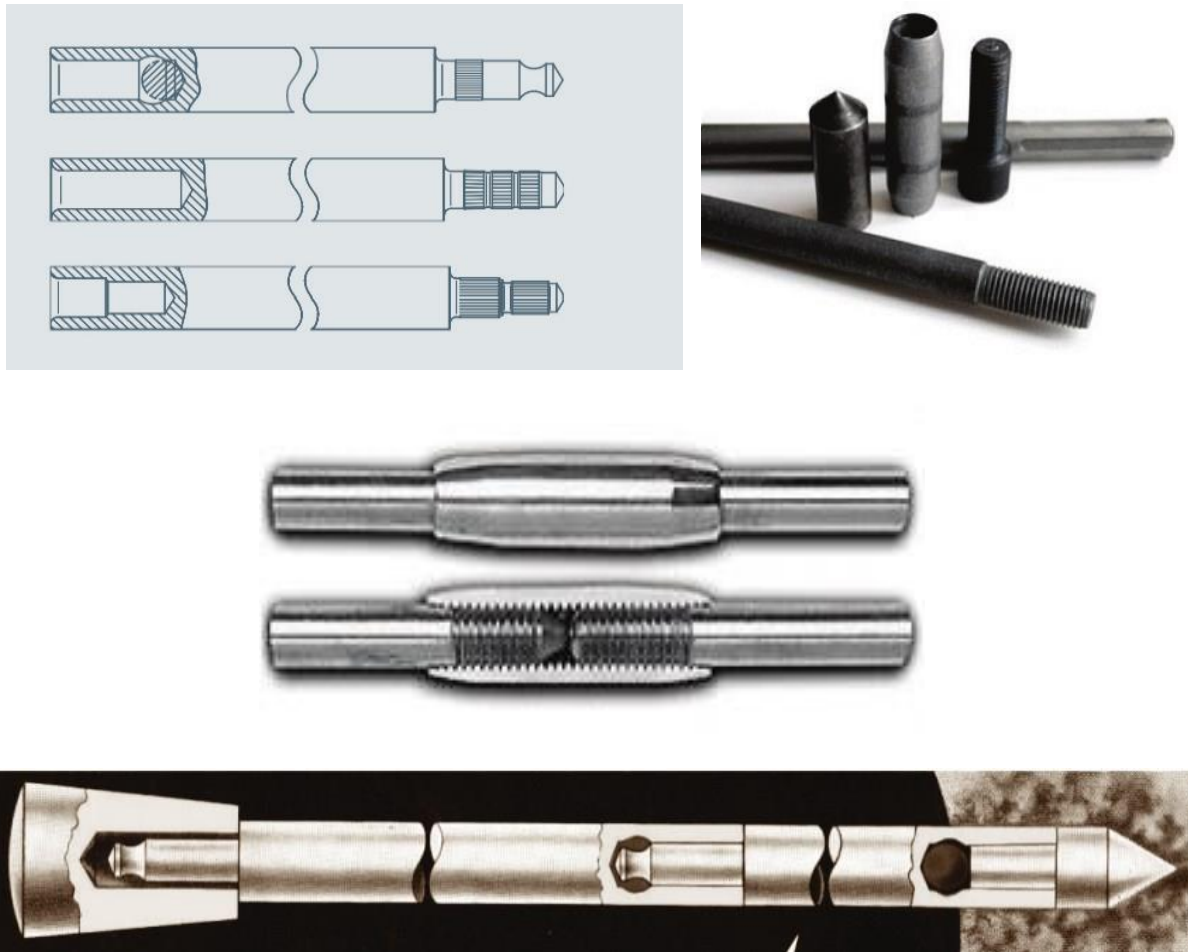


Рисунок Б.5 – Модульні стрижні заземлення з різними муфтами і цапфами



Рисунок Б.6 – Захист від корозії точки з'єднання струмовідводу та заземлювача; розміщення контрольної точки з'єднання у стіні



Рисунок Б.7 – Позначення фіксованих точок заземлення



Рисунок Б.8 – Приклад прокладання провідників фундаментного заземлення типу В та з'єднання з арматурою