МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
Кафедра Промислове та цивільне будівництво
(повна назва)

Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: Сучасний протипожежний захист в будівництві цивільної інфраструктури

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1924-пцб
Моря Ігор Миколайович
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

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

Керівник ст.викладач кафедри міського будівництва і архітектури, доктор філософії Арутюнян Є.Е.
(прізвище та ініціали)

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

Запоріжжя – 2025 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 таі назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«27» 04 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Моря Ігор Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Сучасний протипожежний захист в будівництві цивільної інфраструктури.
керівник роботи Арутюнян Є.Е. ст.викладач кафедри міського будівництва і архітектури, доктор філософії
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «27» 02 2025 року
№ 347-с
2 Строк подання студентом роботи 01.12.2025
3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні засади предмету дослідження пасивного вогнезахисного обробляння. 2. Пасивна система зовнішнього блискавкозахисту. 3. Проектування захисту від прямих попадань блискавки і вторинних її проявів житлової адміністративно-цивільної будівлі.

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

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Арутюнян Є.Е.		
Розділ 2	Арутюнян Є.Е.		
Розділ 3	Арутюнян Є.Е.		

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітк
1	Теоретичні засади предмету дослідження пасивного вогнезахисного обробляння	з 01.10 по 24.10.2025	
2	Пасивна система зовнішнього блискавкозахисту	з 25.10 по 15.11.2025	
3	Проектування захисту від прямих попадань блискавки і вторинних її проявів житлової адміністративно-цивільної будівлі	з 16.11 по 06.12.2025	

Студент _____ І.М. Моря
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Є.Е. Арутюнян
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

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

АНОТАЦІЯ

Моря І. М. Сучасний протипожежний захист в будівництві цивільної інфраструктури.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Є.Е. Арутюнян, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2025.

У межах дослідження проаналізовано пасивні методи вогнезахисту та методи захисту будівель від ураження блискавкою, що дало змогу оцінити ризики та сформувати наукові засади управління технологічністю на етапі проєктування.

Вперше здійснено формалізований огляд існуючих систем блискавкозахисту в Україні та зіставлено їх із міжнародними практиками. Поряд з активними засобами безпеки все більшої ролі набуває пасивний вогнезахист, що ґрунтується на використанні негорючих і важкогорючих матеріалів, вогнезахисних покриттів та конструктивних рішень, які локалізують пожежу і підвищують вогнестійкість будівель. Це забезпечує стійкість конструкцій у критичних умовах та зменшує ризики для користувачів.

Ключові слова: протипожежний захист, пасивний вогнезахист, блискавкозахист, проект блискавкозахисту, поточний ремонт, будівництво, система блискавкозахисту.

Арутюнян Є.Е., Моря І.М. Сучасний протипожежний захист в будівництві цивільної інфраструктури. *Збірник наукових праць ІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ ЗНУ «ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ». 15-16 травня 2025 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2025.*

ANNOTATION

Morya I. Modern fire protection in civil infrastructure construction.

Qualification final work for obtaining a higher education degree of master in specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific supervisor Y. Arutiunian, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhia National University, 2025.

The study analyzed passive fire protection methods and methods of protecting buildings from lightning strikes, which made it possible to assess risks and form scientific principles of manufacturability management at the design stage.

For the first time, a formalized review of existing lightning protection systems in Ukraine was carried out and compared with international practices. Along with active safety measures, passive fire protection, based on the use of non-combustible and flame-retardant materials, fire-retardant coatings and structural solutions that localize fire and increase the fire resistance of buildings, is gaining an increasing role. This ensures the stability of structures in critical conditions and reduces risks for users.

Keywords: fire protection, passive fire protection, lightning protection, lightning protection project, current repairs, construction, lightning protection system.

Арутюнян Є.Е., Моря І.М. Сучасний протипожежний захист в будівництві цивільної інфраструктури. *Збірник наукових праць II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ ЗНУ «ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ». 15-16 травня 2025 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2025.*

ЗМІСТ

	ВСТУП	7
1	**ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСИВНОГО ВОГНЕЗАХИСНОГО ОБРОБЛЯННЯ**	10
1.1	Загальна інформація щодо будівельних матеріалів	10
1.2	Загальні інформація щодо горіння матеріалів	12
1.3	Вогнезахист дерев'яних конструкцій	17
2	**ПАСИВНА СИСТЕМА ЗОВНІШНЬОГО БЛИСКАВКОЗАХИСТУ**	22
2.1	Улаштування та монтаж пасивного зовнішнього блискавкозахисту	22
2.2	Вибір матеріалів для виконання елементів блискавкозахисту та улаштування струмовідводів	34
2.3	Використання природних компонентів як струмовідводів та системи заземлення, класифікація заземлювачів та їх конструктивне виконання	48
3	**ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСТУ ВІД ПРЯМИХ ПОПАДАНЬ БЛИСКАВКИ І ВТОРИННИХ ЇЇ ПРОЯВІВ ЖИТЛОВОЇ АДМІНІСТРАТИВНО-ЦИВІЛЬНОЇ БУДІВЛІ**	61
3.1	Передумови для розробки проекту, характеристика та проектні рішення	61
3.2	Розрахунок ризиків та визначення потреби в заходах захисту відповідно до ДСТУ EN 62305-2-2012	63
3.3	Аналіз улаштування зовнішньої системи блискавкозахисту	72
3.4	Розрахунок класу наслідків (відповідальності) об'єкта	75
	ВИСНОВКИ	78
	СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ	80
	Додаток А	83
	Додаток Б	92

ВСТУП

Актуальність дослідження. Пасивний вогнезахист та блискавкозахист є ключовими складовими комплексної безпеки будівель і споруд. Пасивний вогнезахист спрямований на підвищення вогнестійкості конструкцій шляхом використання негорючих та важкогорючих матеріалів, спеціальних вогнезахисних покриттів і конструктивних рішень, які локалізують займання та запобігають поширенню вогню. Це дозволяє зберегти цілісність будівель у випадку пожежі, виграти час для евакуації та мінімізувати ризики для життя людей.

Блискавкозахист, своєю чергою, являє собою комплекс технічних рішень і пристроїв, що забезпечують безпеку людей, захист майна та стабільне функціонування систем електропостачання. Щороку на Землі відбувається близько 16 мільйонів гроз (приблизно 44 тисячі на день), і прямий удар блискавки становить серйозну загрозу для здоров’я та життя людей, часто призводячи до фатальних наслідків. Для будівель небезпека полягає у виникненні пожеж, руйнуванні конструкцій, пошкодженні обладнання чи мереж внаслідок високої напруги (до 50 млн вольт) та сили струму (приблизно 300 тис. ампер).

Сучасні системи блискавкозахисту захищають не лише будівлі, а й електричні мережі, антени, комутаційне обладнання, димові труби, вежі та технологічні установки. Відсутність таких систем може призвести до втрати людських життів, масштабних пожеж і руйнувань. Поєднання блискавкозахисту з пасивним вогнезахистом формує багаторівневу систему безпеки, яка забезпечує стійкість споруд у критичних умовах і значно знижує техногенні ризики.[1]

Таким чином, **метою дослідження** є підвищення надійності електричної мережі та рівня загальної безпеки будівель шляхом застосування ефективних методів і засобів захисту від ударів блискавки та наслідків пожеж.

Об’єкт дослідження. Проект системи блискавкозахисту та пасивного вогнезахисту будівлі цивільної інфраструктури.

Предмет дослідження. Методи та засоби організації улаштування системи блискавкозахисту у поєднанні з елементами пасивного вогнезахисту, які забезпечують комплексний підхід до безпеки споруд.

Завдання дослідження сформульовано наступним чином:

• Провести дослідження існуючих систем блискавкозахисту та пасивного вогнезахисту в Україні.

• Порівняльно дослідити сучасні засоби і методи побудови систем блискавкозахисту та їх поєднання з конструктивними рішеннями пасивного вогнезахисту.

• Оцінити ефективність впровадження блискавкозахисту та заходів пасивного вогнезахисту під час поточного ремонту цивільних будинків.

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

• Статистичні методи обробки даних, які дозволили дослідити стан грозової активності в Україні та зібрати статистику щодо пожеж, спричинених електричними розрядами.

• Узагальнювальні методи теорії моделювання, що дали змогу здійснити порівняльний аналіз засобів і методів блискавкозахисту та пасивного вогнезахисту.

• Чисельні методи, які допомогли оцінити ефективність систем блискавкозахисту та вплив вогнезахисних рішень під час реконструкції та ремонту будівель.

• Аналітичні методи оцінювання ризиків, що дозволили визначити ступінь небезпеки для споруд і сформувати рекомендації щодо інтеграції комплексного захисту.

Наукова новизна:

1. Вперше проведено системний огляд і формалізований аналіз існуючих систем блискавкозахисту в Україні, що дозволило впорядкувати наявні рішення та визначити їхні переваги й обмеження.

2. Виконано дослідження сучасних варіантів систем блискавкозахисту, зокрема активних і пасивних, що дало змогу виявити нові підходи до захисту будівель та споруд, оцінити їх принципи роботи та ефективність.

3. Розроблено підхід до інтеграції систем блискавкозахисту з елементами пасивного вогнезахисту, що забезпечує підвищення пожежної стійкості будівель та зменшує ризик виникнення і поширення пожеж унаслідок удару блискавки.

4. Удосконалено методику оцінювання ефективності блискавкозахисту з урахуванням показників пожежної безпеки, що дозволяє підвищити обґрунтованість проектних рішень та сформувати нові критерії надійності інженерних систем захисту.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні наукових основ для розробки перспективних систем блискавкозахисту в Україні, які поєднують сучасні технічні рішення із заходами пасивного вогнезахисту. Це сприяє підвищенню рівня надійності та довговічності будівель, забезпеченню комплексної електробезпеки та пожежної безпеки.

Особистий внесок. Основні положення, висновки та результати, що становлять наукову новизну і практичне значення дослідження, отримані автором самостійно.

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

1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСИВНОГО ВОГНЕЗАХИСНОГО ОБРОБЛЯННЯ

1.1. Загальна інформація щодо будівельних матеріалів

Матеріал — це хімічна речовина або сукупність речовин, з яких складається чи може бути виготовлений виріб або конструкція, що виконують певні функції.

Вивчення складу, структури та властивостей матеріалів належить до сфери матеріалознавства — науки, яка досліджує закономірності формування властивостей матеріалів залежно від їх складу та будови. Окремим напрямом є будівельне матеріалознавство, яке розглядає специфіку отримання, обробки та застосування матеріалів і виробів у будівництві. Воно встановлює взаємозв’язок між складом, структурою та властивостями будівельних матеріалів, а також визначає закономірності процесів, що забезпечують їх ефективне використання.

Будівельні матеріали відіграють багатофункціональну роль:

- забезпечують необхідні умови експлуатації споруд та їх ізоляцію від зовнішніх впливів;
- сприймають і передають механічні навантаження від власної ваги будівлі та транспортного обладнання;
- формують естетичні характеристики та архітектурний образ споруди.

Залежно від сфери застосування у будівництві виділяють такі основні групи матеріалів і виробів:

- в’яжучі матеріали (повітряні та гідравлічні) — цементи, вапно, гіпс;
- конструкційні матеріали — бетон, залізобетон, цегла, сталь, деревина, що використовуються для фундаментів, колон, балок, ферм;

- стінові матеріали — природний камінь, глиняна та силікатна цегла, блоки з бетону, гіпсу, азбестоцементу, залізобетонні панелі, дерев'яні та скляні вироби;
- оздоблювальні матеріали — вироби з кераміки, облицювального каменю, архітектурного скла, полімерів, деревини та паперу;
- тепло- та звукоізоляційні матеріали — мінеральні вати, вироби на основі скла, гіпсу, полімерів;
- покрівельні матеріали — рулонні матеріали на основі бітуму, картону, склотканини, шифер, мастики, черепиця;
- заповнювачі для бетонів — природні (щебінь, пісок) та штучні пористі;
- санітарно-технічні вироби — котли, радіатори, ванни, мийки, обладнання з металу, кераміки, полімерів;
- труби — чавунні, залізобетонні, азбестоцементні, керамічні, полімерні.

Номенклатура будівельних матеріалів є дуже широкою і постійно розширюється завдяки розвитку науки і техніки. Їх класифікують за різними ознаками:

1. За походженням:
   - природні (кам'яні плити, блоки, щебінь, що використовуються без значної переробки);
   - штучні (гіпс, цемент, бетон), отримані шляхом складної технологічної обробки сировини.
2. За функціональним призначенням:
   - конструкційні (метал, цегла, деревина, бетон, залізобетон);
   - в'яжучі (цементи, гіпс, вапно, бітуми);
   - теплоізоляційні (пінобетон, мінеральна вата, пінопласт);
   - покрівельні та гідроізоляційні (черепиця, шифер, толь, руберойд, покрівельне залізо);
   - оздоблювальні (камінь, кераміка, пластики, лінолеум).

3. За агрегатним станом: тверді, рідкі, газоподібні.

4. За структурою: кристалічні, аморфні, пористі, щільні, пилоподібні.

5. За речовим складом: мінерали, деревина, метали, органічні сполуки.

6. За кількістю компонентів: одно-, дво- та багатокомпонентні.

7. За способом отримання: плавлені, полімеризовані, спечені, обпалені.

8. За техніко-економічними показниками: надійність, довговічність, вартість.

9. За показниками пожежної безпеки: горючість, димоутворення, токсичність продуктів горіння, температура займання.

Кожен будівельний матеріал, виріб чи конструкція має чітке функціональне призначення і застосовується з урахуванням умов експлуатації та впливів навколишнього середовища. Вони повинні сприймати як механічні навантаження різного рівня, так і комплекс фізичних, хімічних та біологічних чинників. Тому матеріали для споруд мають володіти достатнім запасом міцності, жорсткістю, стійкістю та довговічністю, відповідаючи санітарно-гігієнічним, архітектурним, протипожежним, економічним і екологічним вимогам.

1.2. Загальні інформація щодо горіння матеріалів

Якість матеріалів визначають кількісно, тобто за допомогою числових показників, що отримують у процесі лабораторних, польових або виробничих випробувань. Такі випробування проводяться відповідно до спеціальних методик, передбачених чинними нормативними документами.

Вогнезахист являє собою комплекс заходів, спрямованих на забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд. До нього входять різноманітні способи зниження займистості матеріалів та токсичності продуктів їх горіння,

використання спеціальних обмазок, просочень та покриттів, а також застосування конструктивних рішень для захисту елементів будівель (наприклад, підвісних стель). Крім того, вогнезахист включає використання протипожежних пристроїв, спринклерних і дренчерних систем, а також спеціальні планувальні рішення для будинків та споруд. У контексті конструкцій термін «вогнезахист» часто конкретизується як застосування вогнезахисних складів і речовин, що особливо широко використовується для металевих і дерев'яних конструкцій, а також для елементів легких захисних споруд.

Згідно з ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять», пожежа – це незапланований процес знищення або пошкодження майна вогнем, що супроводжується виникненням факторів, небезпечних для живих істот та навколишнього середовища. Горіння – це екзотермічний процес, що включає окисно-водневі перетворення речовин та/або матеріалів і характеризується утворенням легких продуктів і/або світлового випромінювання. Для того, щоб процес горіння розпочався, необхідні три основні умови:

- наявність горючої речовини;
- присутність окислювача;
- наявність джерела запалювання.

При цьому пальна речовина і окислювач повинні бути нагріті до певної температури і перебувати у відповідному кількісному співвідношенні. Процес горіння умовно ілюструє схема на рис. 1.1.

Джерело запалювання – це об'єкт, який виділяє достатню теплову енергію для ініціювання горіння. Відповідно, запалювання – це початковий етап виникнення горіння.

На процес горіння впливають такі фактори:

- хімічний склад матеріалів та властивості їх окремих компонентів, що реагують з окислювачем;
- густина і агрегатний стан пальної речовини;

- кількість окислювача (кисню): при його нестачі реакція протікає повільніше, згоряння неповне, утворюється значна кількість диму;
- вид джерела запалювання – полум’я, іскри, тління, перегріта поверхня.

Температура, при якій горюча речовина запалюється та підтримує стійке горіння після впливу джерела запалювання, називається температурою запалювання матеріалу. Кількість тепла, що виділяється при згорянні 1 кг горючої речовини, визначає теплоту згоряння. Швидкість вигоряння матеріалу характеризується кількістю горючої речовини, що згоряє за одиницю часу на площі 1 м².

Пальні системи поділяються на два основні типи:

1. хімічно неоднорідні – у яких горючі речовини і окислювач не перемішані і мають поверхню поділу (наприклад, тверді горючі матеріали та рідини, потоки горючих газів та випарів);
2. хімічно однорідні – у яких горючі речовини рівномірно змішані з окислювачем (суміші горючих газів, випарів або пилу з повітрям).

Гетерогенне горіння характеризується наявністю розжареної поверхні або конденсованої фази, яка горить безпосередньо. Окислення в цьому випадку відбувається на межі розподілу різних фаз (зазвичай твердої і газоподібної). Така форма горіння спостерігається для кам’яного вугілля, антрациту, коксу, деревного вугілля та деяких металів (калію, натрію, танталу, ніобію), які горять без полум’я. Кисень дифундує до зони горіння, проходячи через шар твердих продуктів згоряння.

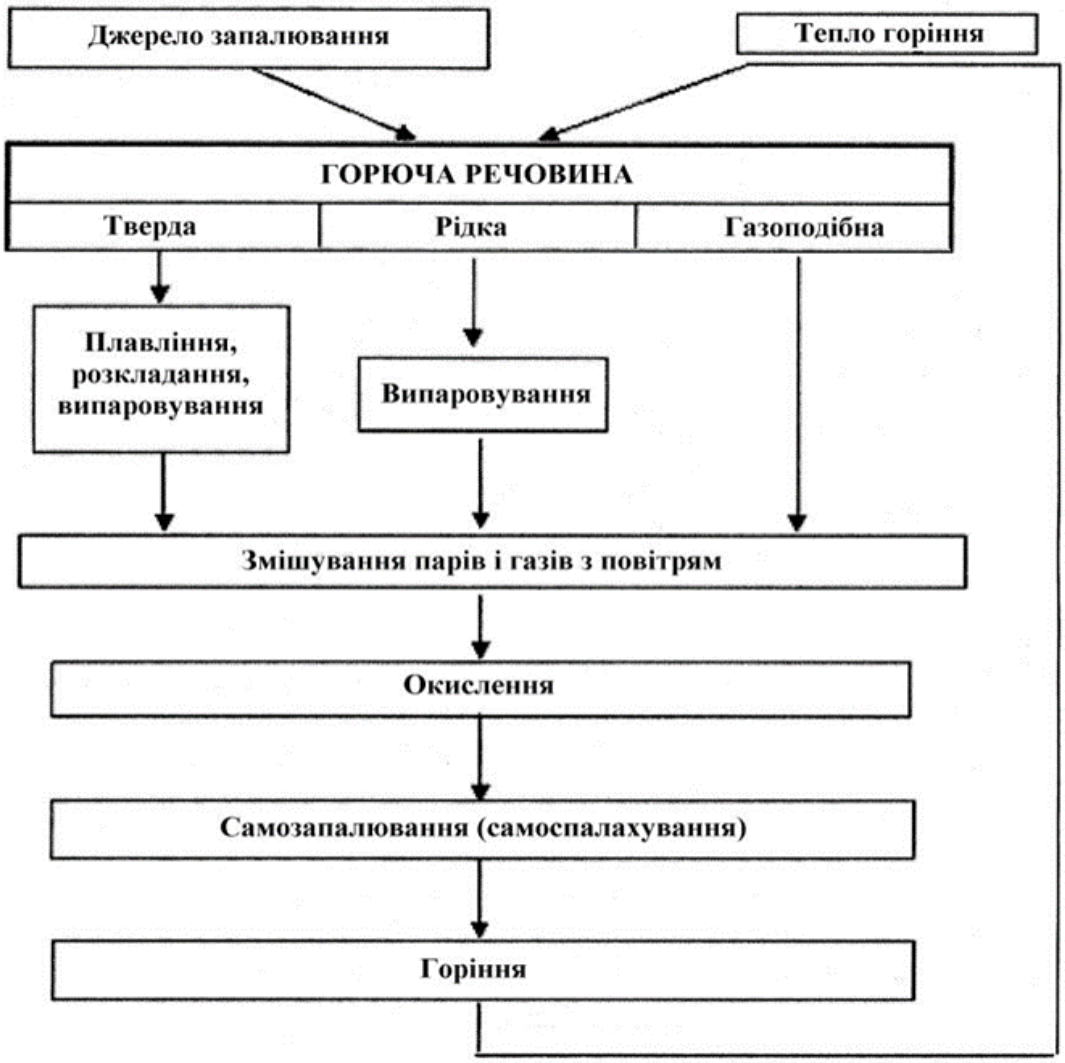


Рисунок 1.1 ─ Умовна схема протікання процесу горіння

Концентрація кисню в об’ємі повітря С1 значно вища, ніж у безпосередній близькості від зони горіння С0. Біля зони горіння концентрація кисню поступово зменшується, але не досягає нуля (див. рис. 1.2.б). Якщо кисню у межах зони горіння недостатньо, хімічна реакція горіння сповільнюється або взагалі припиняється.

Гомогенне горіння відбувається між фазами однакового агрегатного стану, зазвичай між газами. Залежно від того, як розташовані горюча речовина та окислювач, розрізняють дифузійне та ламінарне горіння.

При дифузійному горінні горюча речовина та окислювач не змішані і взаємодіють тільки на межі своїх фаз у чітко визначеній зоні горіння. Концентрація окислювача в цій зоні різко падає до нуля. Горіння такого типу обмежується швидкістю дифузії окислювача до полум'я або дифузією горючих випарів, а інколи – обома процесами одночасно. Дифузійне горіння може бути стаціонарним або турбулентним. Прикладом є горіння випарів, що піднімаються з вільної поверхні рідини (рис. 1.2.а), коли кисень повітря дифундує крізь шар газоподібних продуктів згоряння до зони горіння. Швидкість горіння в цьому випадку визначається швидкістю дифузії кисню.

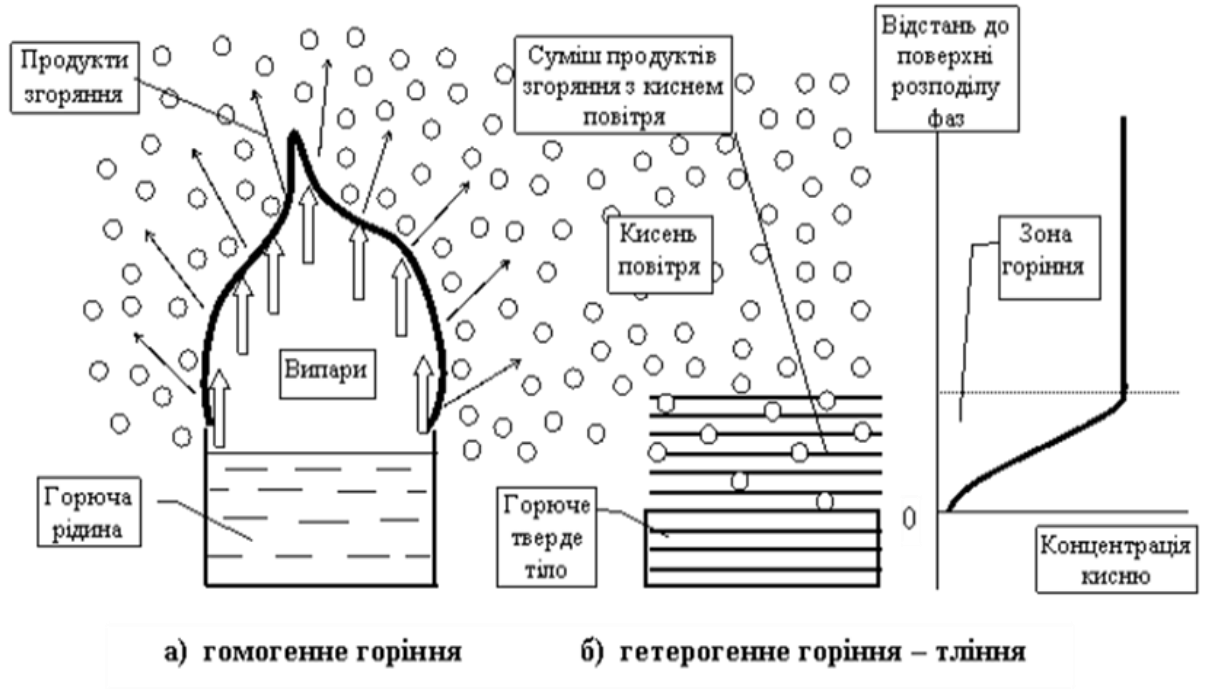


Рисунок 1.2 ─ Схеми гомогенного та гетерогенного горіння

Ознакою стаціонарного горіння є стійке полум'я або факел. Прикладами можуть бути горіння газової запальнички або свічки.

Турбулентне горіння характеризується неповним окисленням горючих компонентів: утворюються великі молі з надлишком горючих випарів, які лише частково згоряють, а значна частина неокислених випарів виноситься за межі вогнища. Прикладами такого горіння є горіння деревини або резервуарів із

рідким пальним. Варто зазначити, що всі пожежі зазвичай супроводжуються дифузійним турбулентним горінням.

Особливий вид горіння – тління, яке відбувається без видимого світлового випромінювання. Йому притаманні ознаки як гетерогенного горіння (розжарення конденсованої фази), так і гомогенного (дифузійне полум'я поблизу поверхні). Тлінню схильні високопористі горючі матеріали, що не плавляться, і в порах яких міститься достатня кількість окислювача для часткового окислення газоподібних продуктів піролізу або невелика кількість кисню в складі молекул. Найчастіше тління спостерігається при горінні целюлозних матеріалів, таких як деревина або бавовна.

При аналізі питань вогнезахисту використовуються терміни та визначення, що застосовуються відповідно до «НАПБ Б.01.012-2007. Правила з вогнезахисту».

1.3. Вогнезахист дерев'яних конструкцій

Застосування сучасних антипіренів почалося з досліджень французького фізика Гей-Люссака, який у 1891 році вивчив велику кількість солей і вперше встановив перевагу амонієвих солей над іншими речовинами.

Для збереження природного зовнішнього вигляду та фактури деревини, а також для зниження ризику її загоряння застосовуються різні методи вогнезахисту, які можуть бути глибокими або поверхневими.

Всі вогнезахисні матеріали впливають або на горіння в газоподібній фазі (тобто на процес загоряння), або на розклад деревини. Основні механізми дії вогнезахисних засобів можна поділити на три групи:

1. Дія інертних газів. Захисні матеріали виділяють гази (наприклад, аміак, CO_2 та ін.), які разом із газами, що виділяються деревиною, можуть

перешкоджати досягненню порога займистості. Це затримує початок горіння і обмежує розмір та тривалість фази активного горіння у присутності полум'я.

2. Підвищення температури утворення горючих газів. Наявність фосфатів, сульфатів, хлорвмісних сполук та інших речовин змінює тепловий розклад органічних матеріалів: активне горіння з полум'ям відбувається лише при більш високих температурах, що досягаються лише протягом тривалого часу.

3. Зниження температури обвуглювання. При нагріванні вогнезахисні матеріали виділяють кислоти (наприклад, фосфорну), які прискорюють утворення обвугленого шару на поверхні деревини та одночасно виділяють CO_2 і водяну пару. Це своєрідне «коротке замикання» небезпечної фази горіння: обвуглений шар формується без значного виділення горючих газів і захищає внутрішні шари деревини від займання.

Слід зазначити, що деякі вогнезахисні покриття, хоча й ефективні проти вогню, відмовляються до використання через виділення токсичних газів при нагріванні.

Сучасні вогнезахисні речовини зазвичай базуються на сполуках фосфору, азоту, бору, діоксиду кремнію або їхніх комбінаціях, де вони діють як синергетики.

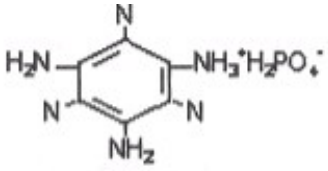
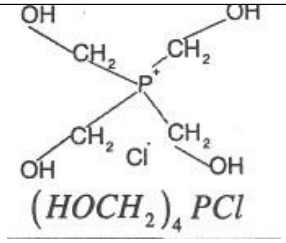
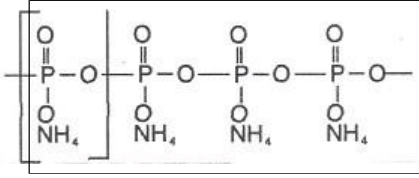
Механізми дії вогнезахисних сполук включають:

- сприяння утворенню обвугленого шару;
- перетворення летких горючих газів у негорючі (водяну пару та CO_2);
- формування глазурованого бар'єра на поверхні;
- утворення бар'єра зі спученої піни на поверхні;
- завершення газової фази за участю вільних радикалів.

Вогнезахисні склади застосовуються для:

- затримки займання;
- обмеження поширення полум'я;
- зниження тепловиділення з дерев'яної основи.

Таблиця 1.1 - Основні антипірени

Формула	Назва
$(NH_4)_2HPO_4$	Фосфорнокислий амоній двозаміщений. Діамоній фосфат *(di-ammonium phosphate)*
$(NH_4)H_2PO_4$	Фосфорнокислий амоній однозаміщений. Фосфат амонію *(mono-ammonium phosphate)*
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	Бура (borax) тетраборнокислий натрій
 Melamine Phosphate	Фосфат меламіну (melamine phosphate)
H_3PO_4	Ортофосфорна кислота (orthophosphoric acid)
$(NH_4)_2SO_4$	Сірчанокислий амоній. Сульфат амонію *(ammonium sulphate)*
B_2O_3	Ангідрид борної кислоти (boric)
$Na_2B_8O_{13}$	Двонатрієвий октоборат (disodium octoborate)
H_3BO_4	Борна кислота (acid/boric)
$Al(OH)_3$	Гідроксид алюмінію
$CO(NH_2)_2$	Сечовина за ГОСТом 6691-77
$SC(NH_2)_2$	Тіосечовина за ГОСТом 6344-73.
 $(HOCH_2)_4PCl$	Тетра (гідроксометилен) фосфор хлорид (tetrakis(hydroxylmethyl) phosphonium cloride)
	амоній поліфосфат (ammonium polyphosphate)

При виборі вогнезахисного складу слід враховувати такі фактори:

- тип дерев’яної основи;
- відповідність вимогам чинних нормативних документів;
- характер об’єкта – нове будівництво чи ремонт та реконструкція;
- умови експлуатації;
- умови нанесення складу;
- ефективність протягом необхідного терміну експлуатації;
- вплив на зовнішній вигляд та інші властивості дерев’яної основи.

Вплив обробки антипіренами клеєної фанери на інтенсивність тепловиділення був досліджений із використанням конічного калориметра при випромінюванні 50 кВт/м². Як показано на рис. 1.5, перший пік тепловиділення спостерігається для необроблених зразків перед початком обвуглювання, тоді як для оброблених зразків цей пік знижується або взагалі усувається.



Рисунок 1.3 - Підвищення температури під час випробовування деревостру-ж-кових плит залежно від щільності



Рисунок 1.4 - Криві інтенсивності тепловиділення для просоченої та непро-соченої клеєної фанери, експонованої за 50 кВт/м

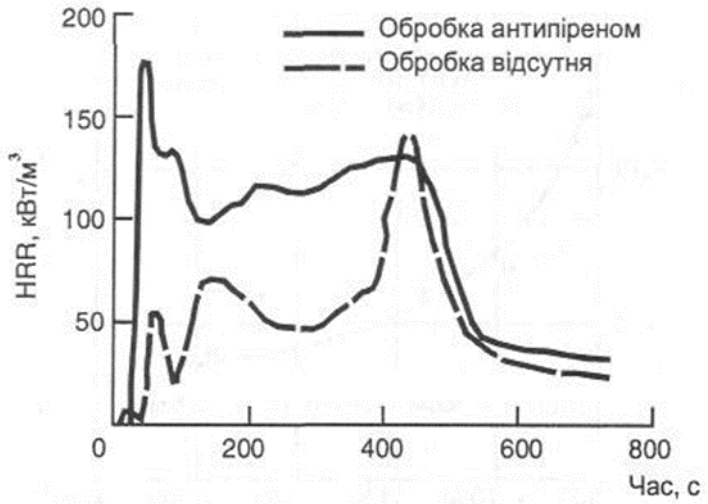


Рисунок 1.5 - Криві інтенсивності тепловиділення для просоченої та непро-соченої клеєної фанери, експонованої за 50 кВт/м

2. ПАСИВНА СИСТЕМА ЗОВНІШНЬОГО БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

2.1 Улаштування та монтаж пасивного зовнішнього блискавкозахисту

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 2.1 - Приклад винекнення 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].

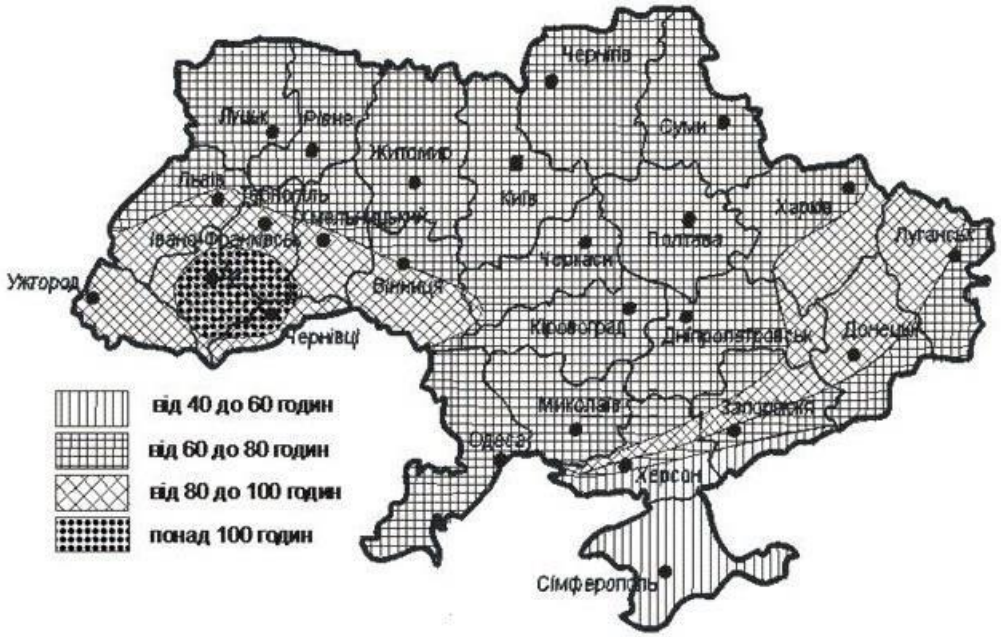


Рисунок 2.2 - Карта середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України

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. 2.3).



Рисунок 2.3 – 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 ізольована 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 пробоїв 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. 2.4), 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.

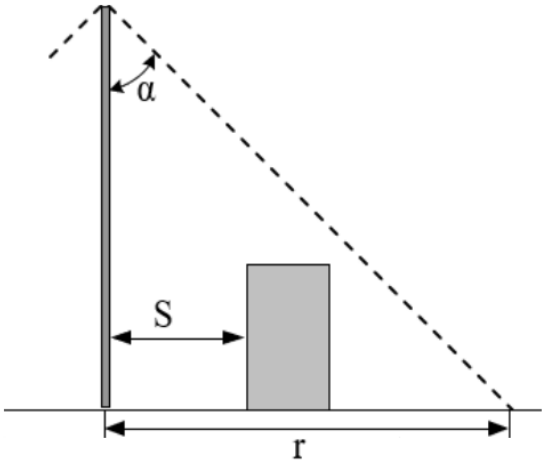


Рисунок 2.4 – Зона захисту стрижневого блискавкоприймача

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

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

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

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

km – 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. 2.5) з певним кроком m, обумовленим категорією блискавкозахисту (табл. 2.1) [3].

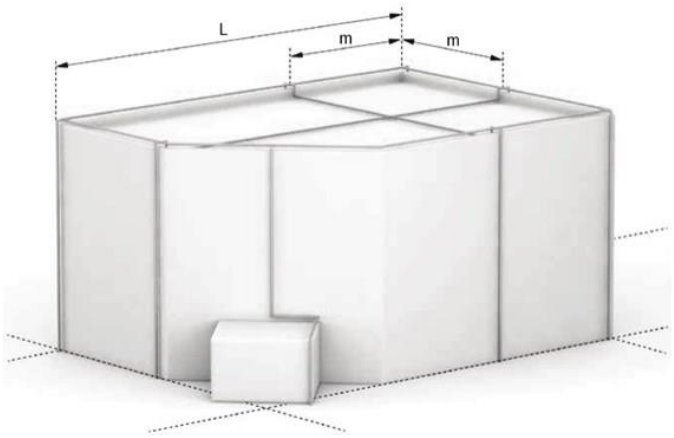


Рисунок 2.5 – Метод блискавкоприймальної сітки на будівлі з плоским дахом

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. 2.6).

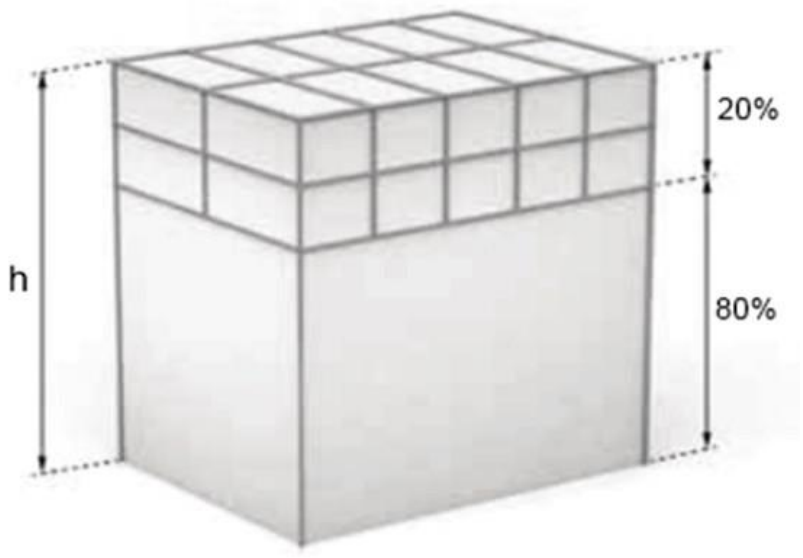


Рисунок 2.6 – Сітчаста проводка для захисту від бокового удару

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.

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. 2.7).

Струмовідвідний 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.

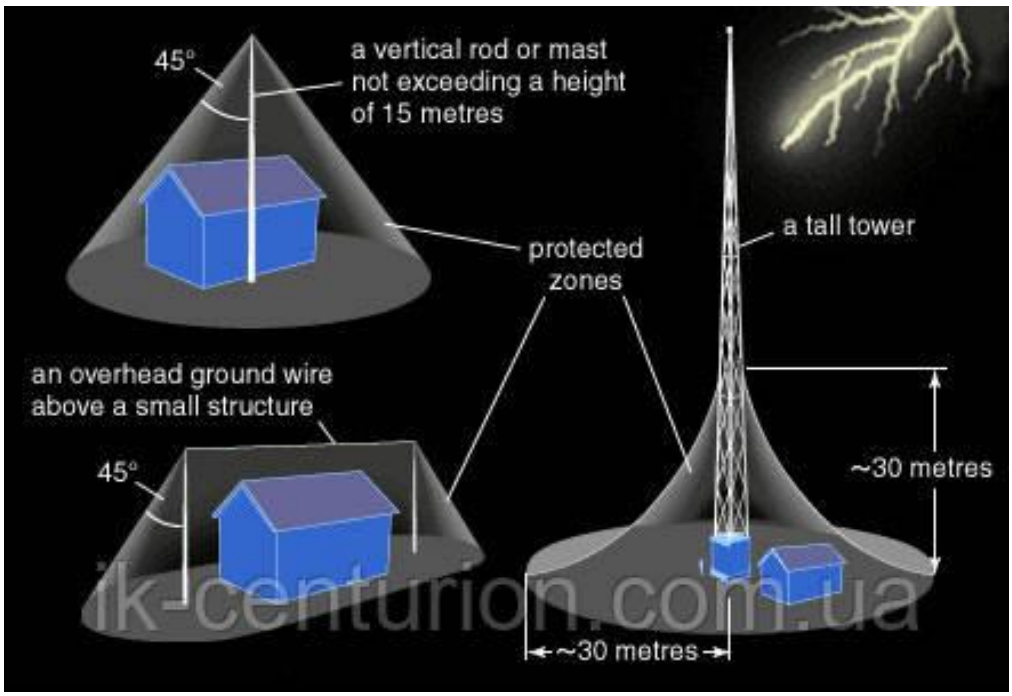


Рисунок 2.7 – Окремо встановлена система блискавкозахисту

Вбудовані (прибудовані) системи блискавкозахисту встановлюються безпосередньо на захищуваний об'єкт. Вони можуть бути ізольовані чи не ізольовані від об’єкта. Ізольовані 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, додатокА), 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 неізольованому 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. 2.8).

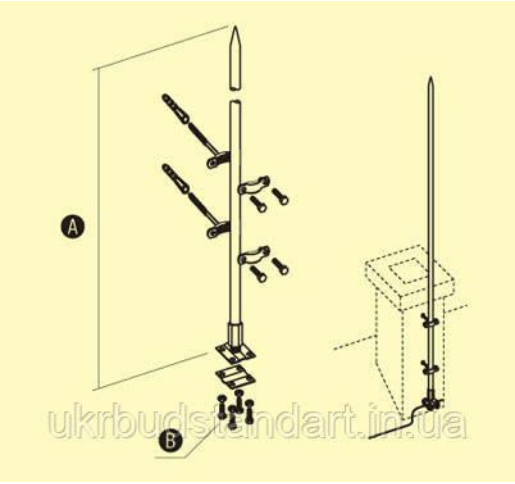


Рисунок 2.8 – Кріплення блискавкоприймача до надбудови

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. 2.9).

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 α ≈ 35°. Всі частини будівлі в межах цього кута вважаються захищеними.



Рисунок 2.9 – 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.За необхідності захисту від бокового удару блискавки виконується монтаж блискавкоприймальної сітки на стінах будівлі (див. рис. 2.6). 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 ≈ 1,5·h (рис. 2.10). Якщо споруда повністю знаходиться в зоні захисту, то по краях фронтону в протилежних кутах будівлі монтують лише струмовідводи.



Рисунок 2.10 – 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 паралельніпровідники 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. 2.11).

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 h2 визначається розмірами надбудови та кутом α2 за обраним класом блискавкозахисту, щоб надбудова знаходилась повністю в захищеній зоні. Також на всіх гострих кутах покрівлі виводять дріт на 20–30 см назовні та загинають догори на 45°, оскільки ці кути є найімовірнішими місцями для удару блискавки.

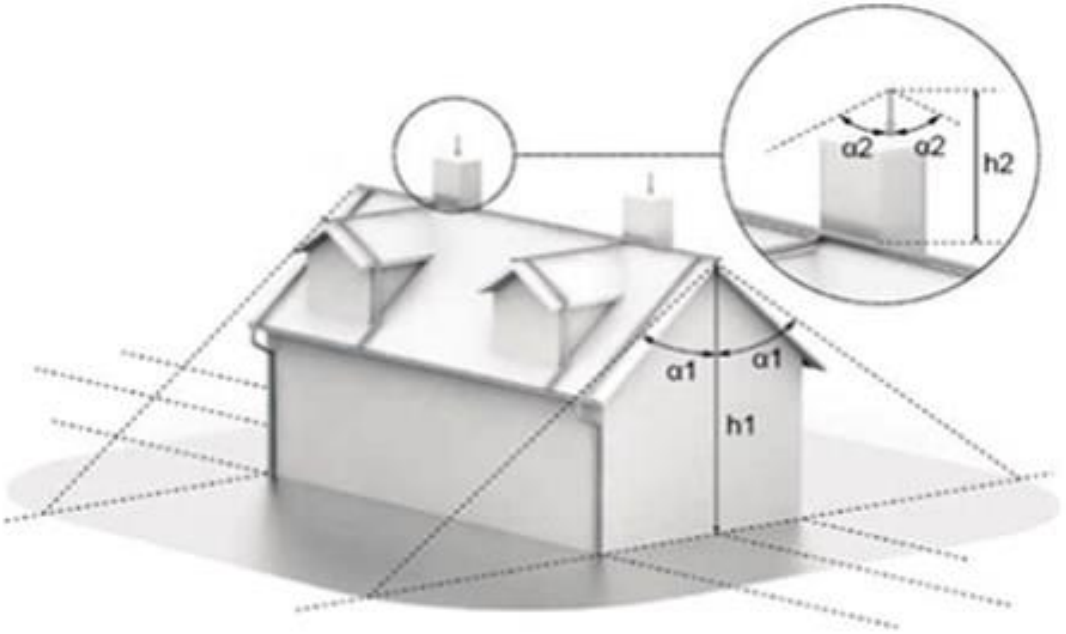


Рисунок 2.11 – Додатковий захист для надбудов двосхилого даху

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

2.2 Вибір матеріалів для виконання елементів блискавкозахисту та улаштування струмовідводів

Матеріал і розміри елементів для СБЗ вибирають з урахуванням ймовірності виникнення корозії, конструкції будівлі та типу СБЗ. Ком-поненти мають витримувати електромагнітні впливи струму блискавки і прогнозовані аварійні напруги без пошкоджень. Основними матеріалами для виготовлення елементів блискавкозахисту є мідь, алюміній, нержаві-юча 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·h (рис. 2.12).

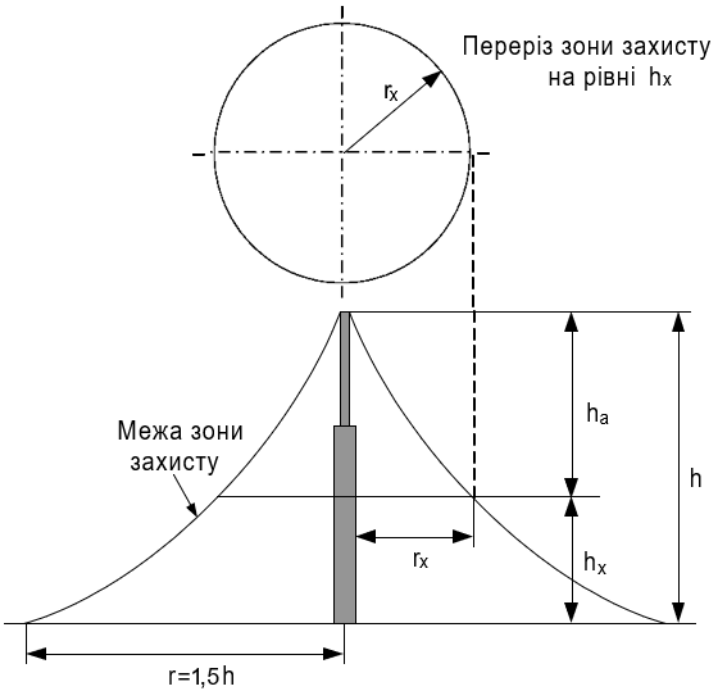


Рисунок 2.12 – Зона захисту стрижневого блискавкоприймача висотою до 60 м: ha – активна висота блискавкоприймача; hx – висота точки на межі захисної зони; rx – радіус захисту на висоті hx

Об'єкти, які знаходяться в зоні rx – hx, захищені з ймовірністю p = 0,99. При збільшені робочої висоти hx зона захисту буде звужуватись і навпаки.

Для спрощення розрахунку, така зона захисту замінюється двома конусами різної висоти і різного радіуса (рис. 2.13).

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

для $0 < hx < 2/3 \cdot h$ $rx = 1{,}5 \cdot (h - 1{,}25 \cdot hx)$;

для $2/3 \cdot h < hx < h$ $rx = 0{,}75 \cdot (h - hx)$.

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

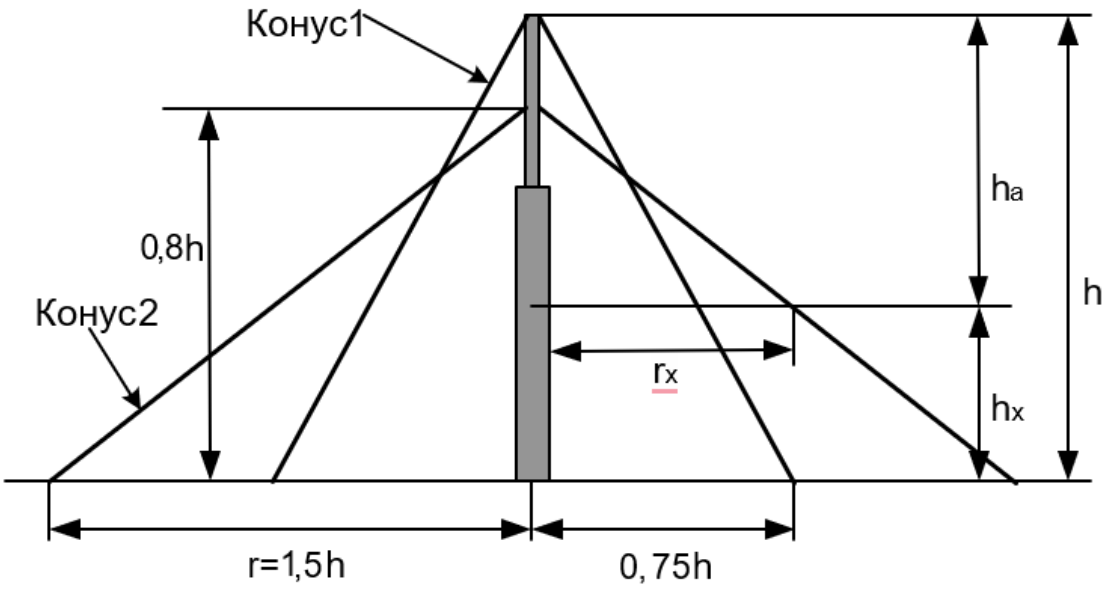


Рисунок 2.13 – Зона захисту стрижневого блискавкоприймача висотою до 60 м у спрощеному вигляді

для $0 < hx < 2/3 \cdot h$ $hопт = (rx + 1{,}9 \cdot hx)/1{,}5$;

для $2/3 \cdot h < hx < h$ $hопт = (rx + 0{,}75 \cdot hx)/0{,}75$.

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

для $0 < hx < 2/3 \cdot h$ $rx = 90 \cdot (1 – 1{,}25 \cdot hx/h)$;

для $2/3 \cdot h < hx < h$ $rx = 45 \cdot (1 – hx/h)$.

Для блискавкоприймача висотою h від 100 до 150 м (рис. 2.14) зона захисту починається з висоти $h0 < h$, 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:

$h0 = 0{,}85 \cdot h$;

$r0 = (1{,}1 – 0{,}002 \cdot h) \cdot h$;

$rx = (1{,}1 – 0{,}002 \cdot h) \cdot (h – 1{,}2 \cdot hx)$.

Для типу Б розміри захисної зони визначаються за формулами:

$h0 = 0{,}92 \cdot h$;

$r0 = 1{,}5 \cdot h$;

$rx = 1{,}5 \cdot (h – 1{,}1 \cdot hx)$.

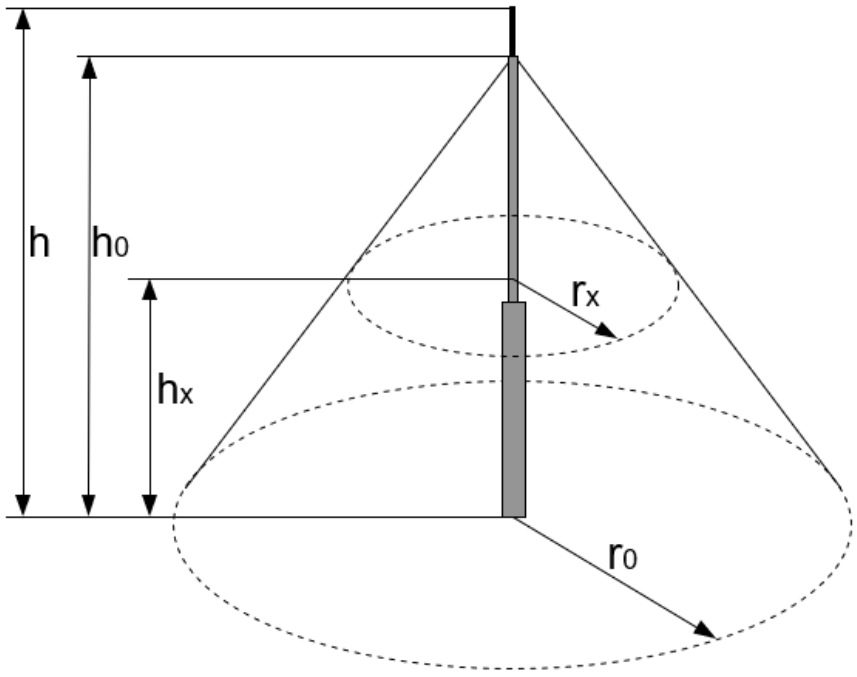


Рисунок 2.14 – Зона захисту стрижневого блискавкоприймача висотою від 100 до 150 м

За відомих значень hx і rx для захищуваної споруди висота стрижня визначається за формулою:

$h = (rx + 1{,}63 \cdot hx)/1{,}5.$

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. 2.15).

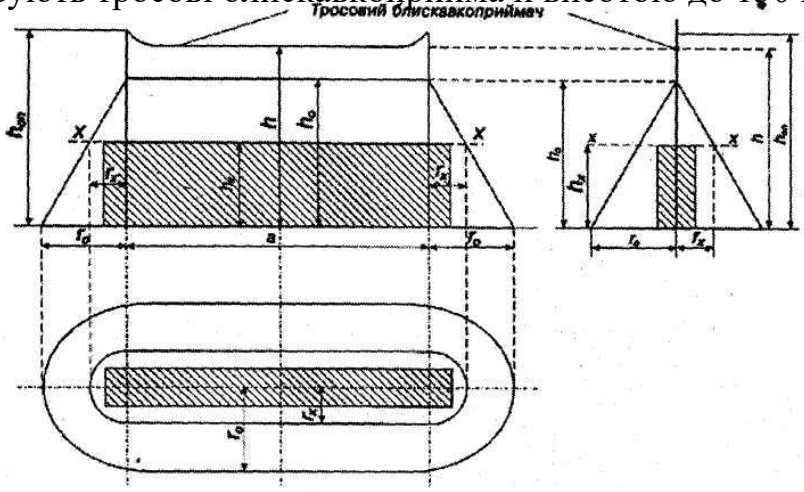


Рис. 7.6. Зона захисту одинарного тросового блискавковідводу

Рисунок 2.15 – 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. 2.16. З урахуванням провисання троса (металевий провід перерізом 35–50 мм2) і при

відомій висоті опор hоп, висота троса в середині прольоту h, залежно від довжини прольоту k, буде:

при k < 120 м h = hоп - 2;

при 120 < k < 150 м h = hоп - 3.

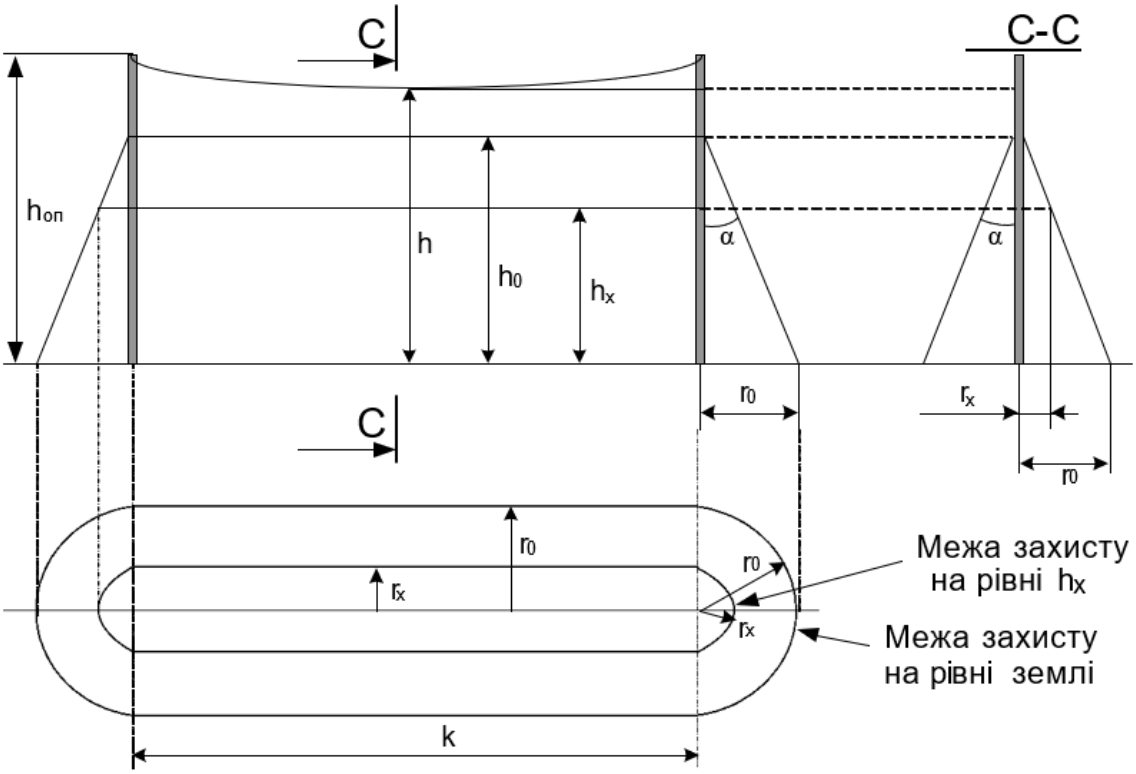


Рисунок 2.16 – Зона захисту тросового блискавкоприймача

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:

$h0 = 0,85 \cdot h;$

$r0 = (1,35 – 0,0025 \cdot h) \cdot h;$

$rx = (1,35 – 0,0025 \cdot h) \cdot (h – 1,18 \cdot hx).$

Для типу Б розміри захисної зони:

$h0 = 0{,}92 \cdot h$; $r0 = 1{,}7 \cdot h$;

$rx = 1{,}7 \cdot (h - 1{,}1 \cdot hx)$.

За відомих значень hx та rx висота h прольоту троса для зони типу Б визначається:

$h = (rx + 1{,}85 \cdot hx)/1{,}5$.

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

$h0 > hx$; $rx > d$;

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

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 кожну опору;

• для тросового блискавкоприймача на кожен кінець троса потрібно мінімум по одному струмовідводу;

• для сітчастого блискавкоприймача на кожну опору 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;

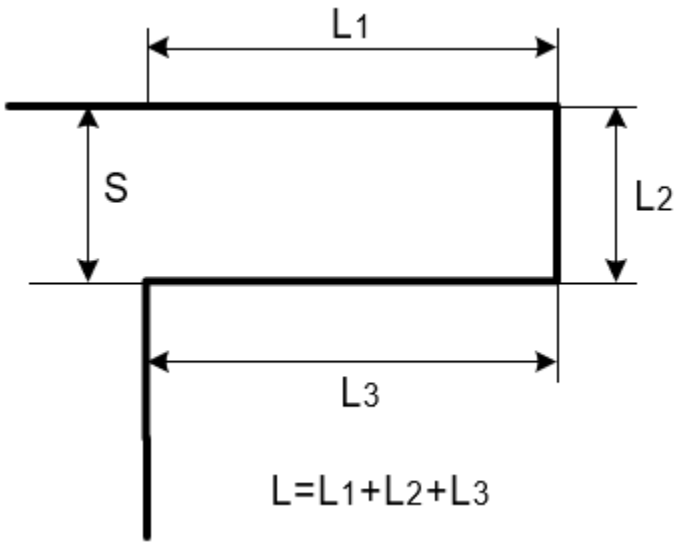


Рисунок 2.17 – Петля у струмовідводі

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. 2.17), розташування має відповідати умові:

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

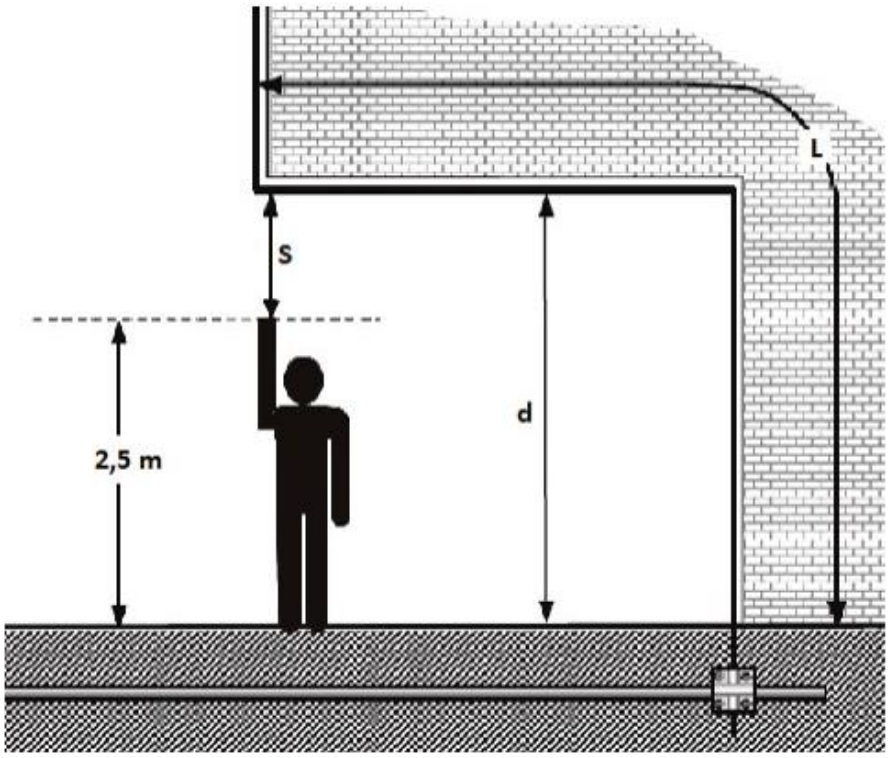


Рисунок 2.18 – Прокладання струмовідводу під навісною конструкцією

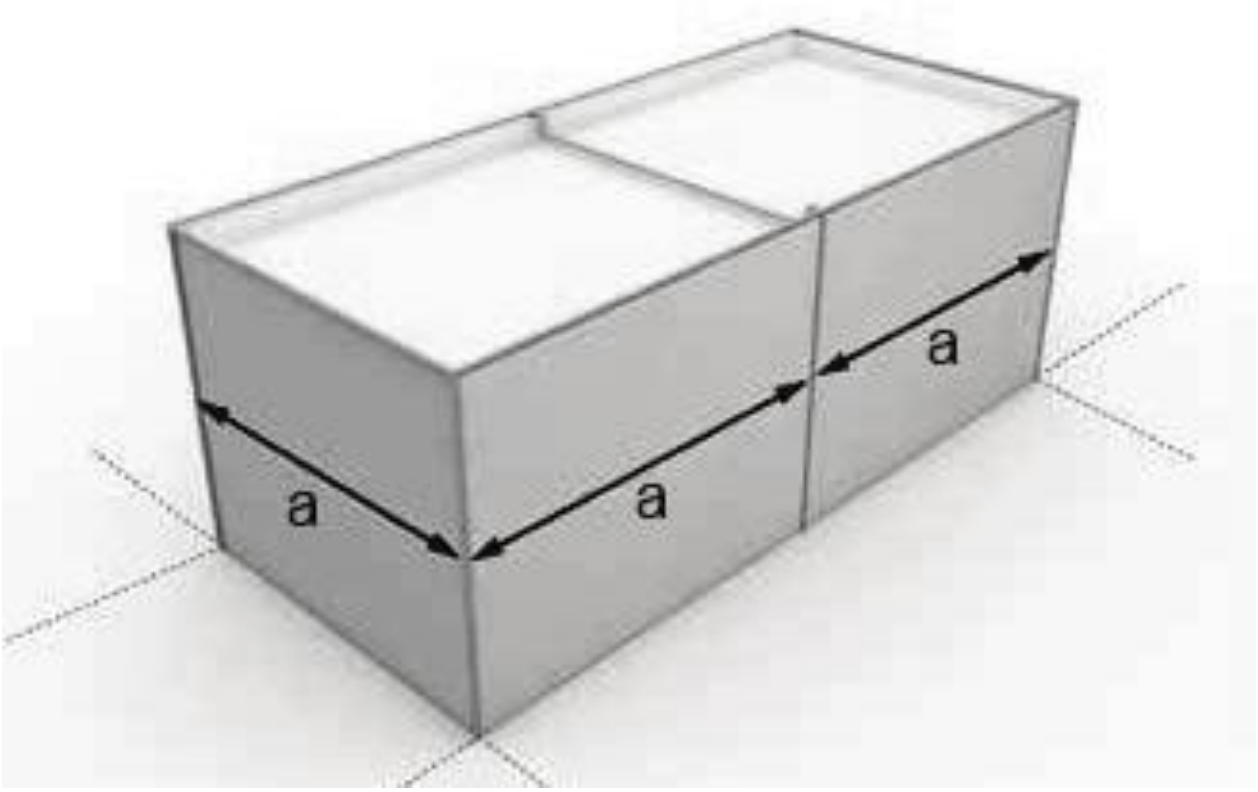


Рисунок 2.19 – Розташування струмовідводів по периметру будівлі

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

Таблиця 2.4 – Відстань між струмовідводами

Рівень бискавкозахисту	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.

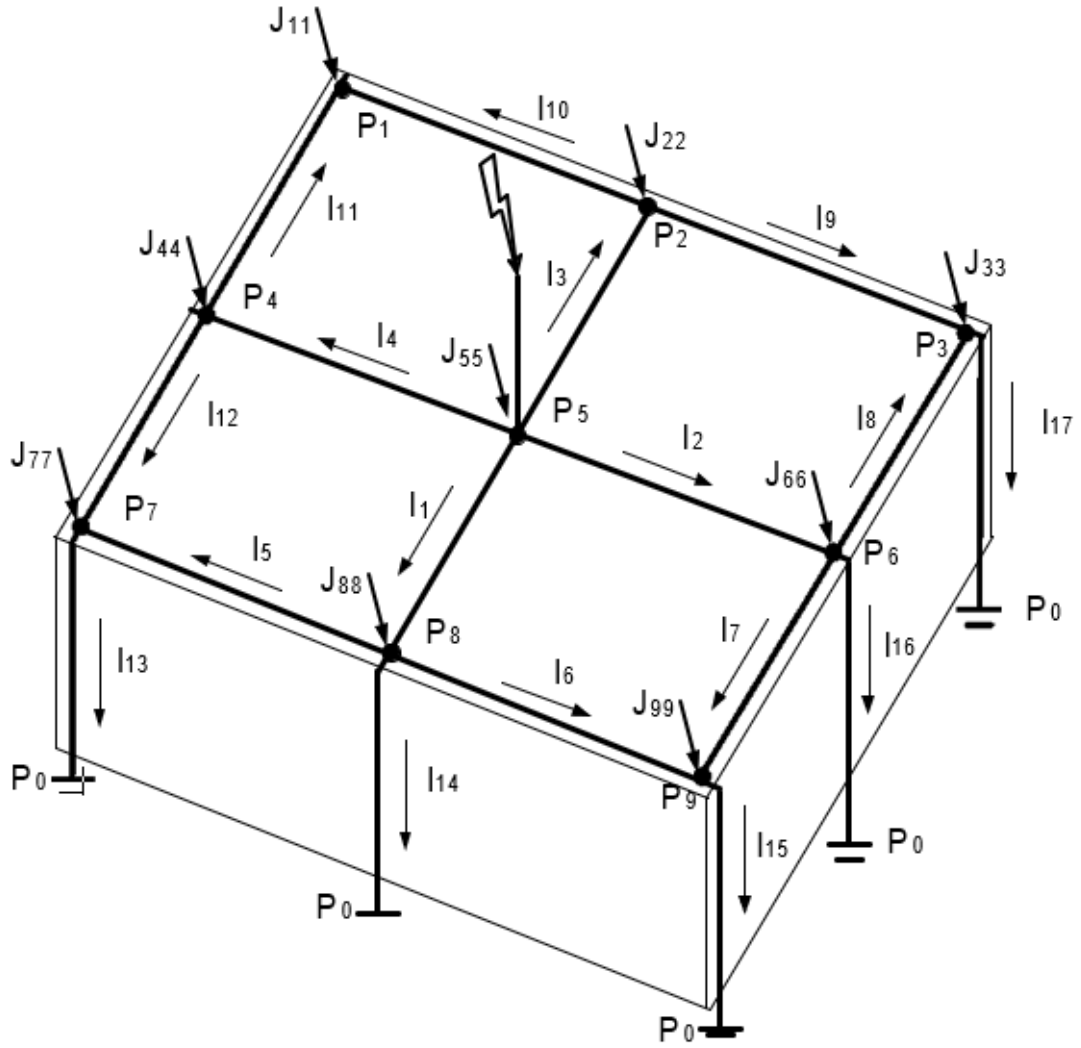


Рисунок 2.20 – Розподіл струмів по комірках структури струмовідводів

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. 2.20). 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 (м) та перерізом (мм2).

Складається принципова вузлова схема (рис. 2.21).

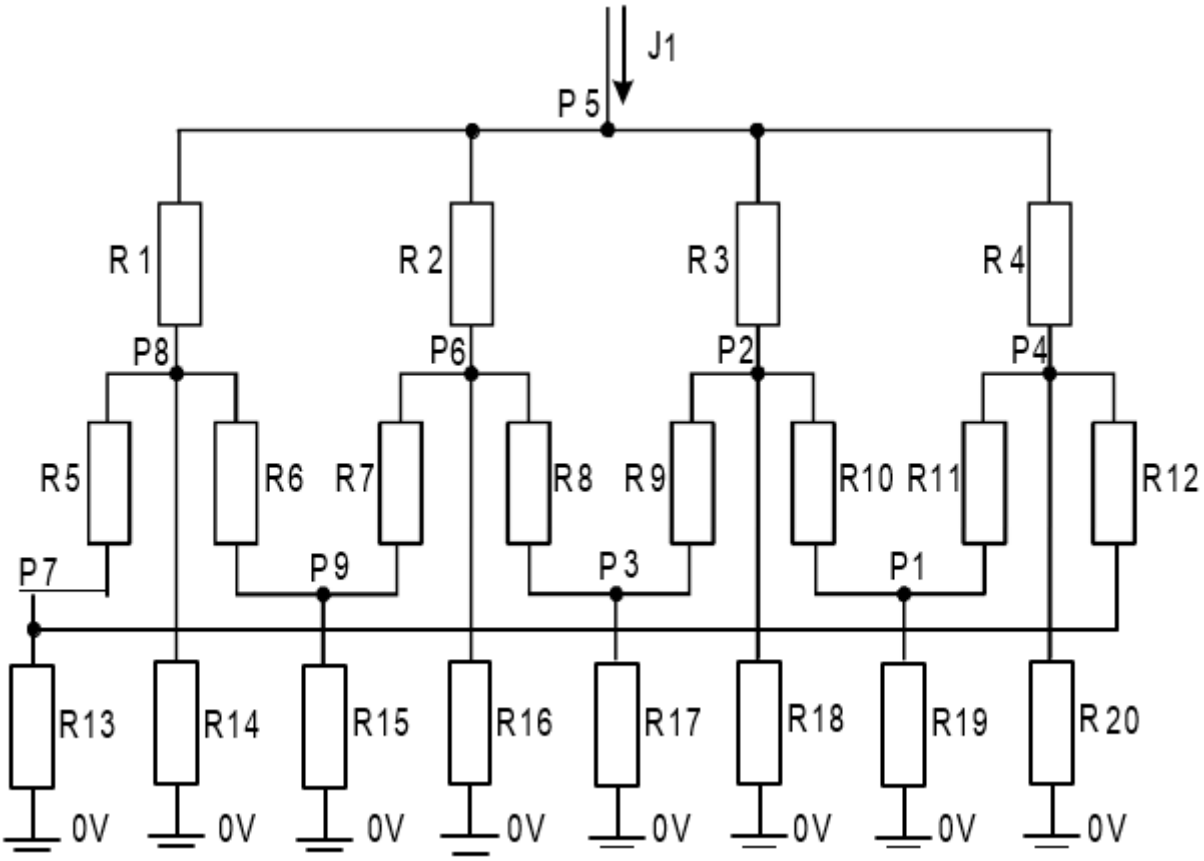


Рисунок 2.21 – Вузлова схема з опорами

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, G4-5, G2-3). При цьому взаємна провідність G1-2 дорівнює провідності G2-1 і т. д.

Власна провідність – це провідність всіх провідників, що сходяться в одному вузлі (наприклад, G5-5 = G1 + G2 + G3 + G4 + G5).

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

У матричній формі воно має вигляд:

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

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 I1…Im та коефіцієнт розподілу струму блискавки kc, 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.

2.3 Використання природних компонентів як струмовідводів та системи заземлення, класифікація заземлювачів та їх конструктивне виконання

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. 2.22). Відстань "a" відповідає таблиці 2.4. У точках заземлення струмовідводів додатково приєднуються до арматури за допомогою спеціальних клем.

Сама арматура також може використовуватися 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.

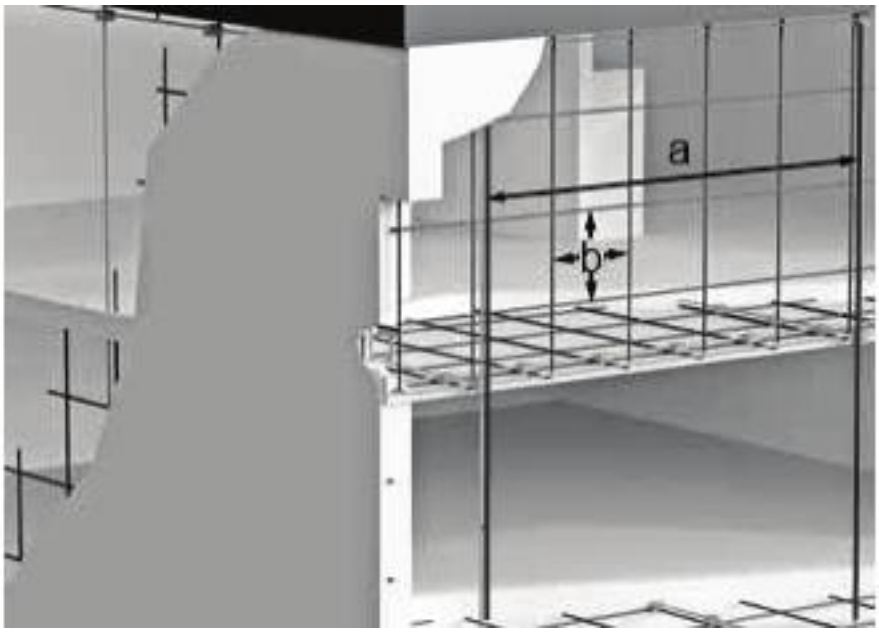


Рисунок 2.22 – Прокладення додаткових струмовідводів в бетонних стінах

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. 2.23), 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; пове́рх ізоляції розташовано ще один струмопровідний шар і зовнішня оболонка з етіленвінілацетату, що має невелику провідність та високу стійкість до ультрафіолету.



Рисунок 2.23 – 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. 2.24). Кріпляться до стіни за допомогою тримачів (рис. А.24, додаток А).

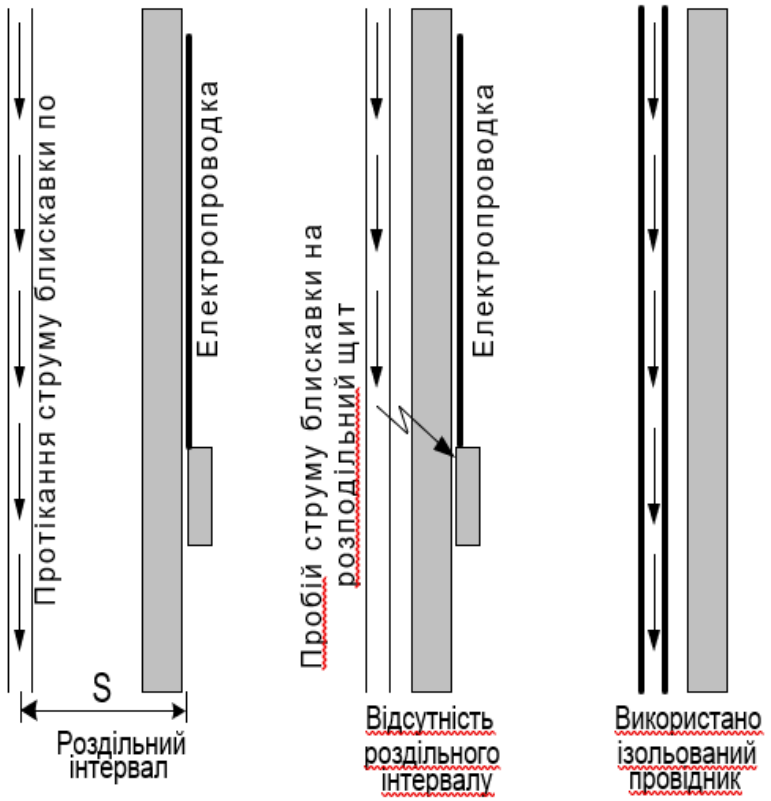


Рисунок 2.24 – Приклад застосування ізольованого проводу для струмовідводу

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 мм^2 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 пробою) 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 ізольованого струмовідводу здійснюється всередині будівлі, необхідно враховувати додаткові заходи захисту – наприклад, протипожежні перегородки.

Таблиця 2.5 – Максимальна довжина ізольованого 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

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 головкою 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 ÷ 100 років, тоді як простий сталевий стрижень перестає виконувати свої функції вже через 7 ÷ 11 років через корозію.

Довжина заземлювача типу А визначена стандартом [3] і залежить від класу блискавкозахисту та питомого опору ґрунту ρ і становить l1 для горизонтальних провідників та 0,5·l1 для вертикальних (рис. 2.24).

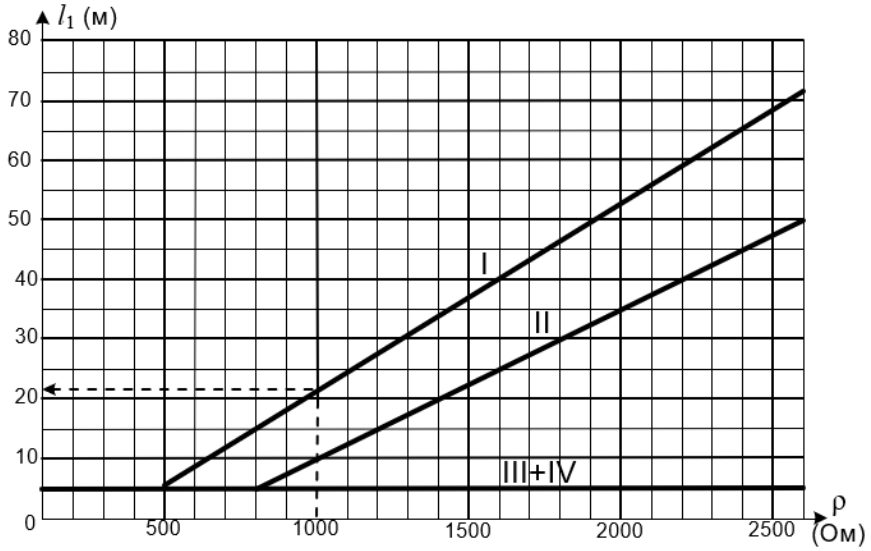


Рисунок 2.24 – Визначення довжин заземлювачів типу А

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. 2.25), 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.

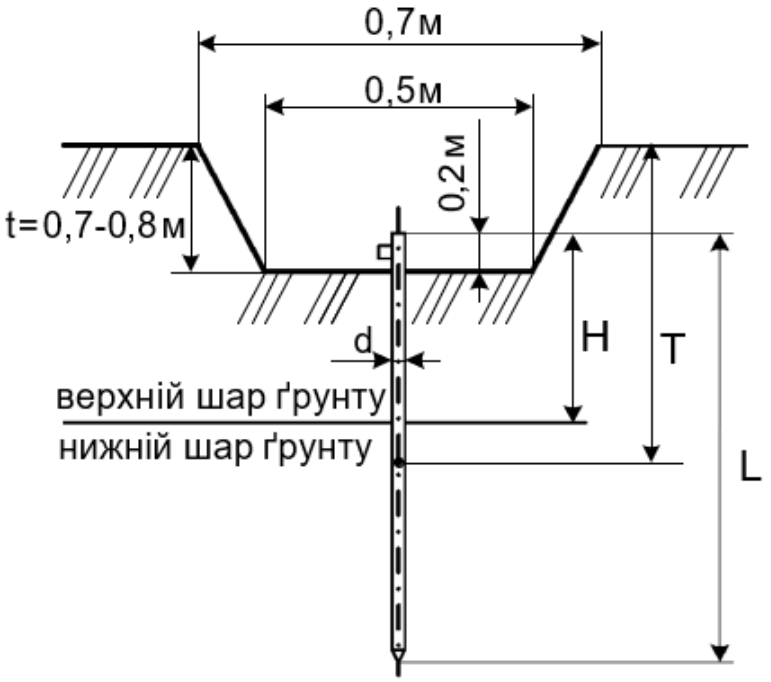


Рисунок 2.25 – Вертикальний заземлювач типу А

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 ø20 мм;

• стрижні з оцинкованої сталі ø20 мм;

• стрижні зі сталі в мідній оболонці ø20 мм; • труби з нержавіючої сталі ø25 мм;

• труби з оцинкованої сталі ø25 мм;

• плоскі смуги з нержавіючої сталі 30 × 3,5 мм; • плоскі смуги з оцинкованої сталі 30 × 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. 2.26) прокладають навколо фундаменту будинку у вигляді замкнутого контуру (або сітки) на відстані більше одного метру 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.

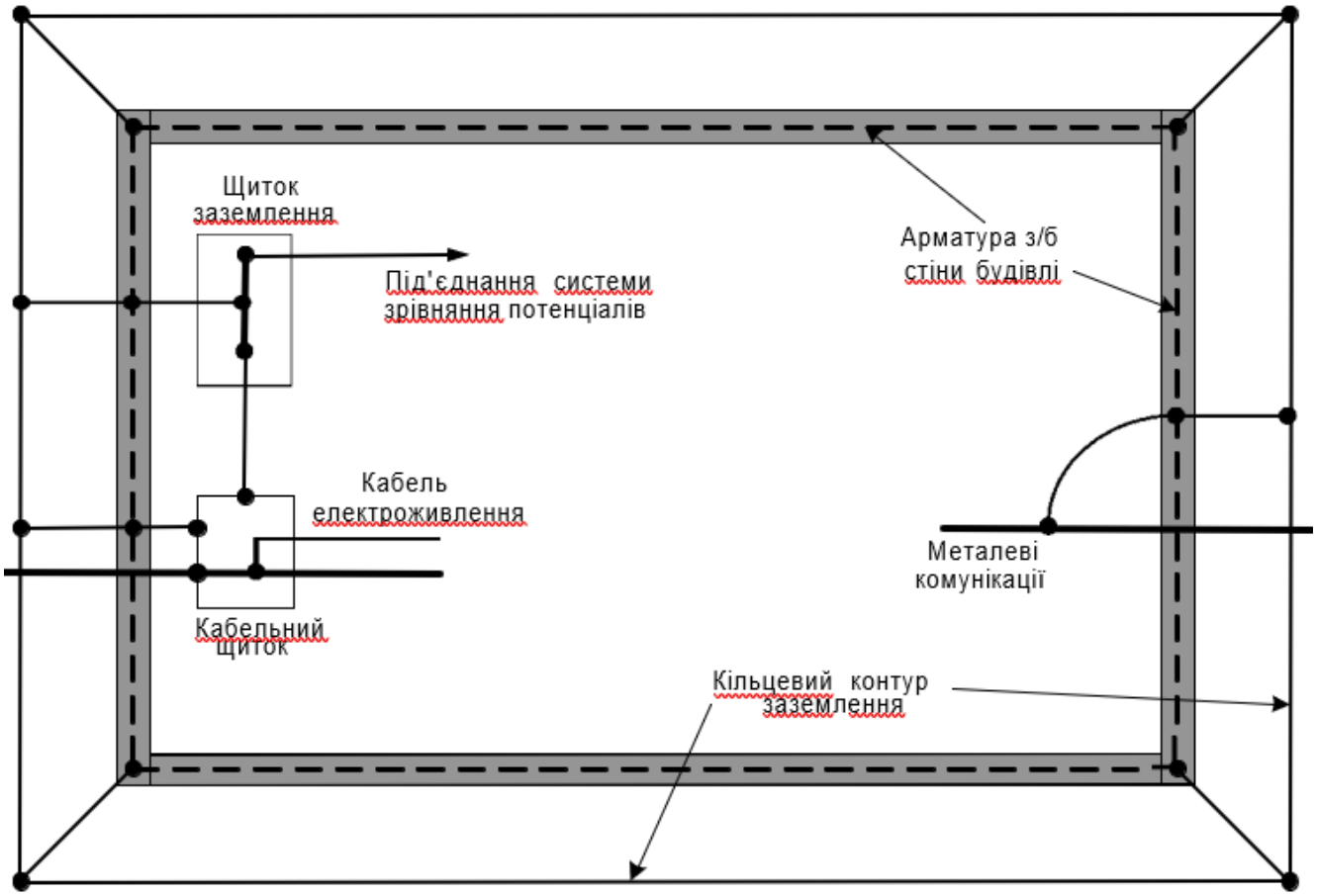


Рисунок 2.26 – Кільцевий заземлювач типу В, прокладений навколо фундаменту

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) ø 8 або 10 мм (сталеві, алюмінієві, мідні);

• плоскі провідники (стрічка) 25 × 4 мм, 30 × 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. 2.27) 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 2.27 – 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. ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИСТУ ВІД ПРЯМИХ ПОПАДАНЬ БЛИСКАВКИ І ВТОРИННИХ ІЇ ПРОЯВІВ ЖИТЛОВОЇ АДМІНІСТРАТИВНО-ЦИВІЛЬНОЇ БУДІВЛІ

3.1 Передумови для розробки проекту, характеристика та 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 IEC 62305-2:2012 «Блискавкозахист. Частина 2: Порядкування ризиками (IEC 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 х 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:

- кількісті 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 прийнятного 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

Ng= 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 ≈5м

- Система телекомунікацій Повітряні ≈5м

Тип зовнішніх діній комунікацій: Неекрановані лінії комунікацій (Підключення на вході не визначено)

-Фактор виконання внутрішньої провідні(Ks3): Неекранований кабель – без запопіжних 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 (ПЗІП): Відсутній скоординований захист з влаштування пристроїв для захисту від блискавки від перенапруг (ПЗІП)

- 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·PA·L A

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

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

RA = ND·PA·L A

ND=Ng·Ad·Cd·10-6 = 2,70E-02

Ng= 2,6 ударів/рік для Запорізька область

Ad = L·W+6·H·(L+W)+9π·(H)2 м2 , Ad = 10398,9 м2 ,

Cd = 1 - фактор впливу розташування об'єкта

PA =PTA ·PB = 1 PB = 1

LA=LU=rt·Lt·nz/nt·tz/8760= 1,000E-05

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

Lt = 0,01

nz = 184 nt = 184 tz = 8760 RA= 2,7E-07

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

RB =ND·PB·LB ND·PB = 2,70E-02

LB=LV=rp·rf·hZ·Lf·nz/nt·tz/8760= 5,00E-03 rp= 1 nz = 184

rf= 0,01 nt = 184

hZ= 5 tz = 8760

Lf= 0,1 RB = 1,352E-04

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

RU=(NL+NDJ)·PU·LU

NL/P=NG ·AL/P·CI/P·CE/p·CT·10-6 = 5,20E-04 - ЛЕП

NL/T=NG ·AL/T·CI/T·CE/T·CT·10-6 = 5,20E-04 - лінії зв’язку

PU =PTU·PEB·PLD·CLD= 1,000 PTU= 1

LU =LA = 1,000E-05 PEB= 1

RUP= 5,20E-09 PLD= 1

RUT= 5,20E-09 CLD= 1

RU =RUP +RUT= 1,04E-08

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

RV=(NL+NDJ)·PV ·LV PV=PEB·PLD·CLD= 1,000

LV=LB= 5,000E-03

RVP= 2,60E-06 PEB= 1

RVT= 2,600E-06 PLD= 1

RV = 5,2E-06 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=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·PB·LB ND·PB= 2,70E-02

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

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

RC=ND·PC·LC ND·PC= 2,70E-02

LC=LM=LW=LZ=LO·cs/ct= 1,00E-02 PC=PSPD·CLD= 1,00E+00

RC= 2,70E-04 PSPD= 1 CLD= 1

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

RM=NM·PM·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)·PV·LV= 1,04E-06 LV= 2,00E-03

RVT = (NLT+NDJ)·PV·LV= 1,04E-06 Rv= 2,08E-06

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

RWP=(NLP+NDJ)PWLW= 5,20E-06 LW= 1,00E-02

RWT=(NLT+NDJ)PWLW= 5,20E-06 RW= 1,04E-05

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

RZP=NIP·PZP·LZ= 3,12E-04LZ= 1,00E-02

RZT=NIT·PZT·LZ= 2,60E-04RZ= 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·PA·L A

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

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

RA = ND·PA·L A

ND=Ng·Ad·Cd·10-6 = 2,70E-02

Ng= 2,6 ударів/рік для Запорізька область

Ad = L·W+6·H·(L+W)+9π·(H)2 м2 , Ad = 10398,9 м2 ,

Cd = 1 - фактор впливу розташування об'єкта

PA =PTA ·PB = 0,01 PB = 0,1

LA=LU=rt·Lt·nz/nt·tz/8760= 1,000E-05

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

Lt = 0,01

nz = 184 nt = 184 tz = 8760

RA= 2,7E-09

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

RB =ND·PB·LB ND·PB = 2,70E-03

LB=LV=rp·rf·hZ·Lf·nz/nt·tz/8760= 2,50E-03

rp= 0,5 nz = 184

rf= 0,01 nt = 184

hZ= 5 tz = 8760

Lf= 0,1 RB = 6,759E-06

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

RU=(NL+NDJ)·PU·LU

NL/P=NG ·AL/P·CI/P·CE/p·CT·10-6 = 5,20E-04 – ЛЕП

NL/T=NG ·AL/T·CI/T·CE/T·CT·10-6 = 5,20E-04 - лінії зв’язку

PU =PTU·PEB·PLD·CLD= 0,050PTU= 1

LU =LA = 1,000E-05 PEB= 0,05

RUP= 2,60E-10 PLD= 1

RUT= 2,60E-10 CLD= 1

RU =RUP +RUT= 5,20E-10

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

RV=(NL+NDJ)·PV ·LVPV=PEB·PLD·CLD= 0,050

LV=LB= 2,500E-03

RVP= 6,50E-08 PEB= 0,05

RVT= 6,500E-08 PLD= 1

RV = 1,3E-07 CLD= 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·PB·LB ND·PB= 2,70E-03

LB=LV=rP·rf·LF·(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·PC·LC ND·PC= 1,35E-03

LC=LM=LW=LZ=LO·cs/ct= 1,00E-02 PC=PSPD·CLD= 5,00E-02

RC= 1,35E-05 PSPD= 0,05

CLD= 1

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

RM=NM·PM·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)·PV·LV= 2,60E-08 LV= 1,00E-03

RVT = (NLT+NDJ)·PV·LV= 2,60E-08 Rv= 5,20E-08

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

RWP=(NLP+NDJ)PWLW= 2,60E-07 LW= 1,00E-02

RWT=(NLT+NDJ)PWLW= 2,60E-07 RW= 5,20E-07

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

RZP=NIP·PZP·LZ= 1,56E-05LZ= 1,00E-02

RZT=NIT·PZT·LZ= 1,30E-05RZ= 2,86E-05

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

Проводимо підсумкову перевірку R4 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 ризики 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 ІІІ 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 системи 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 коникових 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 ІІІ 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 40х4,0мм) 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 грунтом (озеленених 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 OBO Bettermann (Німеччина).

Для забезпечення постійної надійності роботи пристроїв блискавкозахисту щорічно перед початком грозового сезону проводитися 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).

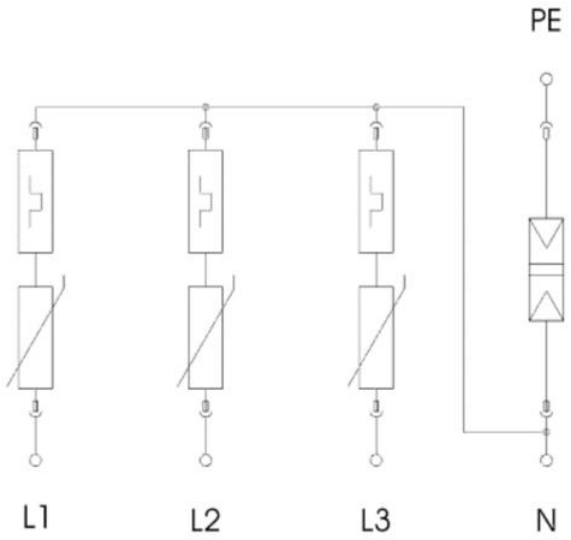


Рисунок 3.1 – комбінованого розрядника 3-полюсного + NPE (тип: V25-B+C 3+NPE)

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:

$Ф=c\times P(1-0,5\times Tef\times Ka,i)$, де

Ф – прогнозовані збитки, тис.грн.;

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

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

Tef – середнє значення розрахункового строку експлуатації об’єкта, років. Приймаємо – 50 років;

Ка,і – коефіцієнт амортизаційних відрахувань. Приймаємо – 0,01.

$Ф=0,225\times 2933,0=659,925$ тис.грн.

Обсяг можливого економічного збитку у мінімальних заробітних платах складає:

659,925/6,000=109,9875м.р.з.п.≤2500 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 є комплексом технічних заходів та спеціальних пристроїв, спрямованих на забезпечення безпеки людей, збереження майна та підтримання надійності систем електропостачання. Щорічно у світі відбувається близько 16 мільйонів гроз (у середньому 44 тисячі на день), і кожна з них становить потенційну загрозу. Прямий удар блискавки є небезпечним для життя людини та може спричинити займання, руйнування конструкцій або пошкодження електронного обладнання через супровідне електромагнітне поле.

Встановлення систем блискавкозахисту дає змогу мінімізувати ці ризики та забезпечити ефективний захист будь-яких житлових, адміністративних чи промислових об’єктів. При цьому важливо підкреслити, що для комплексної безпеки будівель необхідно поєднувати блискавкозахист із заходами пасивного вогнезахисту. Останній включає використання негорючих або важкогорючих матеріалів, вогнезахисних покриттів і конструктивних рішень, які локалізують займання та запобігають поширенню вогню у випадку пожежі, спричиненої блискавкою чи іскрінням. Таке інтегроване рішення значно підвищує рівень пожежної стійкості будівель та гарантує безпеку людей.

У межах проведеного дослідження було виконано такі завдання:

- досліджено існуючі системи блискавкозахисту в Україні, їхню ефективність та відповідність сучасним стандартам;
- проаналізовано грозову активність на території України з урахуванням частоти та інтенсивності атмосферних розрядів;
- здійснено порівняльний аналіз різних методів і технічних засобів побудови систем блискавкозахисту, визначено їх переваги, недоліки та вартісну ефективність;
- розглянуто особливості впровадження блискавкозахисту під час поточного ремонту будівель цивільного призначення;

- підкреслено необхідність поєднання зовнішньої системи блискавкозахисту з пасивними заходами вогнезахисту для комплексної безпеки будівель, людей і обладнання.

Отже, система блискавкозахисту разом із заходами пасивного вогнезахисту є важливим і необхідним елементом сучасного проектування та експлуатації будівель. Її застосування дозволяє ефективно знизити ризики ураження струмом блискавки, попередити займання і поширення пожеж, забезпечуючи надійний захист життя, майна та інженерних систем.

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 62561-1:2019. 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 Київ : 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. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

9. ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об`єктів цивільного призначення. [Чинний від 01.10.2010]. Вид. офіц. Київ : Міненерговугілля України, 2010.

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. Кирнос В.М., Залунин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства: учебник. Днепропетровск: «Пороги,», 2005. 309 с.

18. Кравчуновська Т. С. Комплексна реконструкція житлової забудови: організаційно-технологічні аспекти : монографія. Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2010. 230 с.

19. Млодецкий В. Р. Управленческая реализуемость строительных проектов : учебник. Днепропетровск : Наука і освіта, 2005. 261 с.

20. Організація будівництва : підручник / за редакцією С.А. Ушацького. Київ : Кондор, 2007. 521 с.

21. 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.

22. 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 .Запоріз. держ. інж. акад. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 186 с.

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

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

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

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

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

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

29. Технологія монтажу будівельних конструкцій: навчальний посібник. / За ред.. В.К. Черненка. Київ : Горобець Г.С.,2010. 372 с.

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

Додаток А

Елементи монтажних виробів для системи блискавкоприймачів та струмовідводів

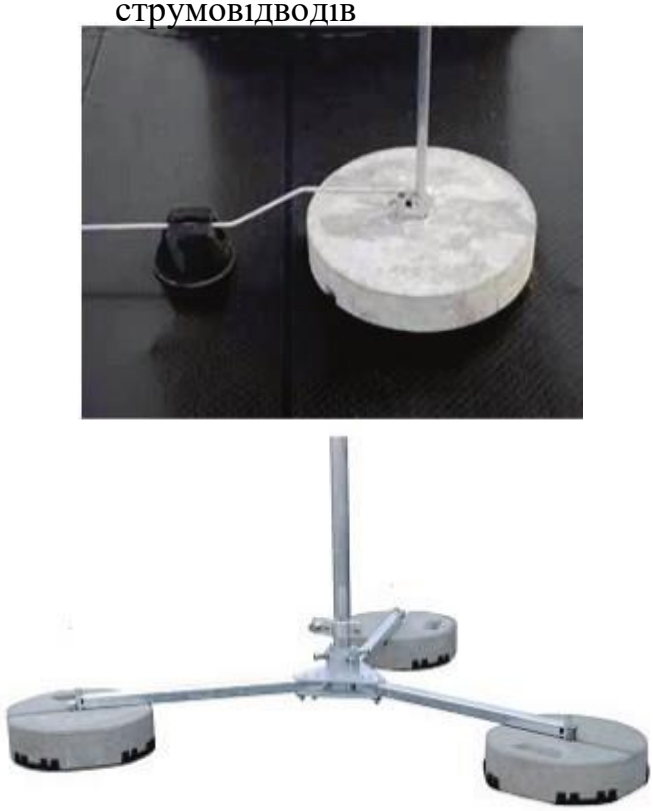


Рисунок А.1 – Встановлення стрижня блискавкоприймача за допомогою окремих бетонних блоків або триніг



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 неізольованого 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

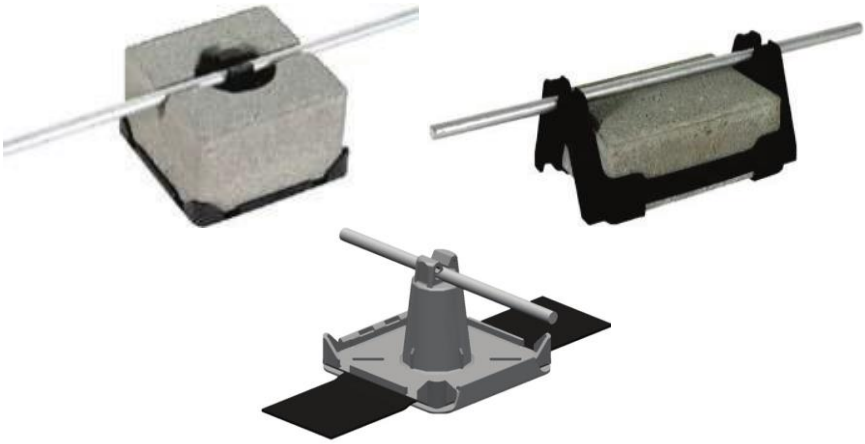


Рисунок А.9 – Тримачі провідників для блискавкоприймальної сітки на плоскій покрівлі

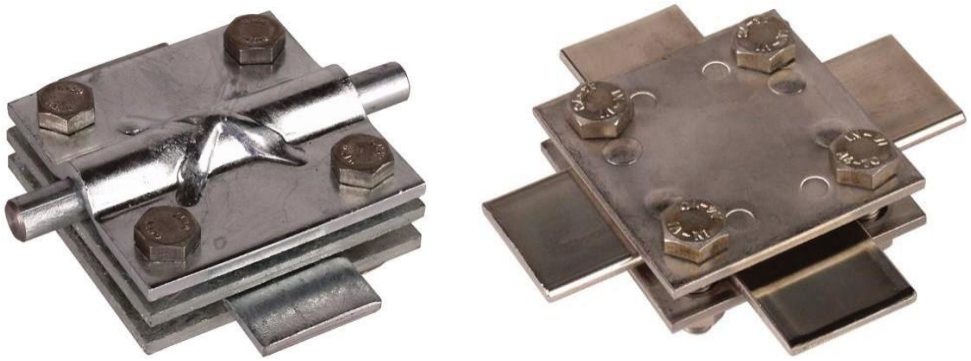


Рисунок А.10 – Клеми для плоских провідників



Рисунок А.11 – Компенсатори температурного подовження різного типу дії

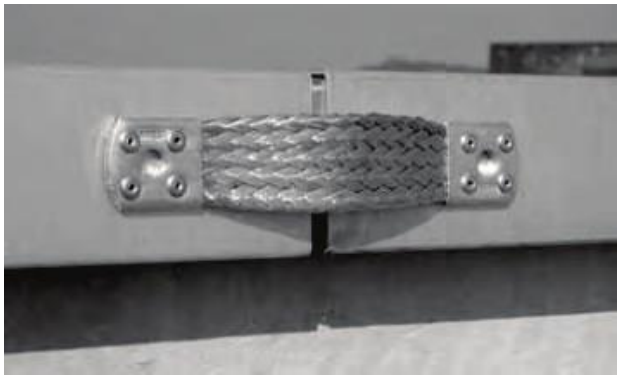


Рисунок А.12 – Компенсатор температурного подовження на парапеті даху



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

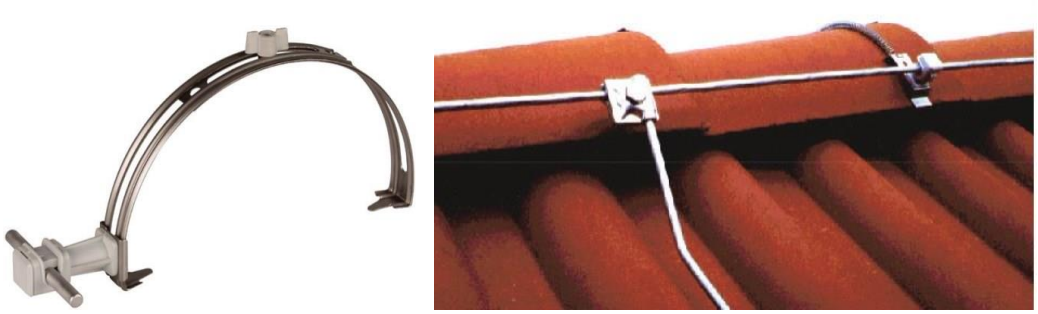


Рисунок А.14 – Тримачі провідників на конику покрівлі та Т-подібне з'єднання з провідником струмовідводу



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



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

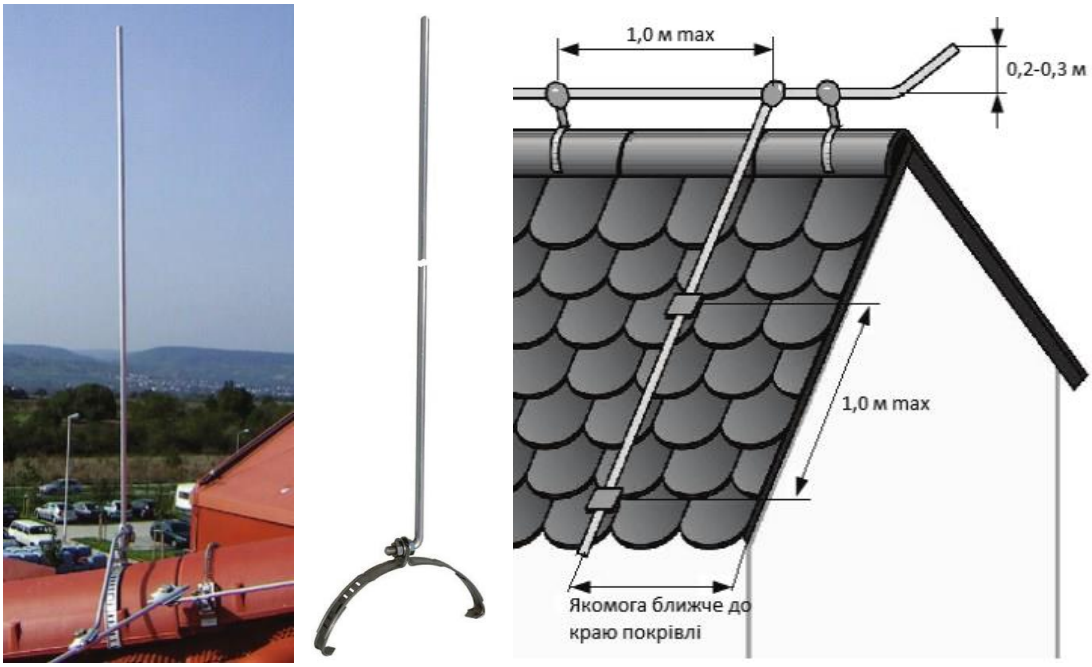


Рисунок А.17 – Кріплення додаткового стрижня на гребінь двосхилого даху та загальні розміри розміщення блискавкоприймачів

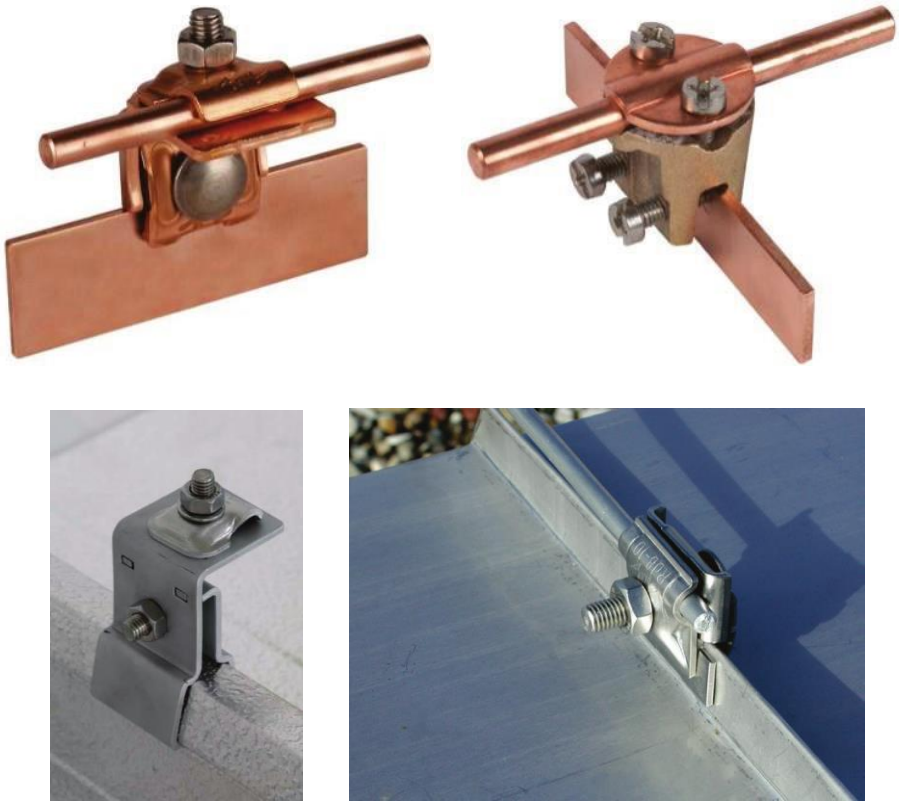


Рисунок А.18 – Фальцеві (шовні) клеми для кріплення провідників на металевих покрівлях

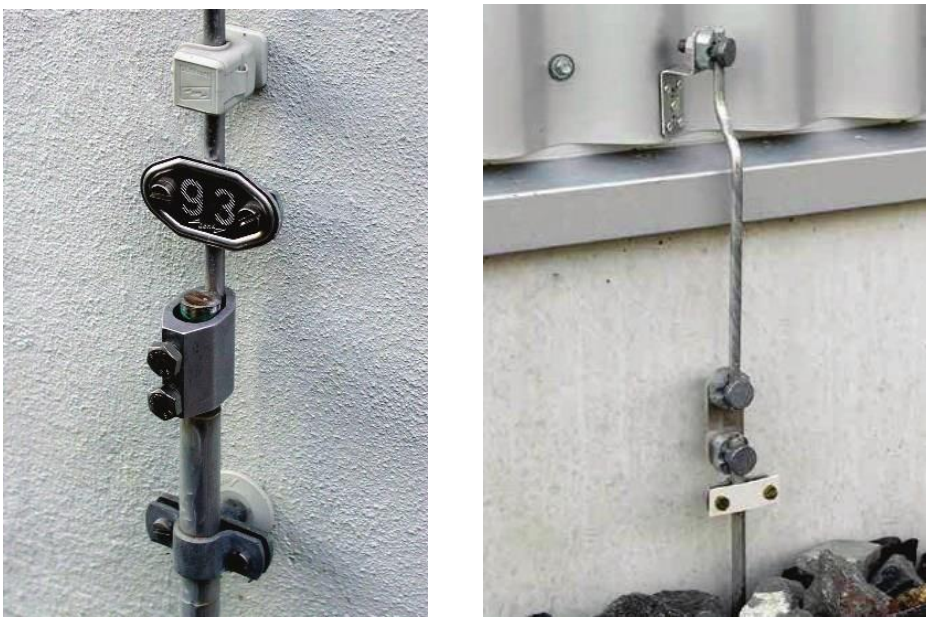


Рисунок А.19 – Приклади влаштування контрольних точок заземлення



Рисунок А.20 – Кріплення струмовідводів до стіни



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

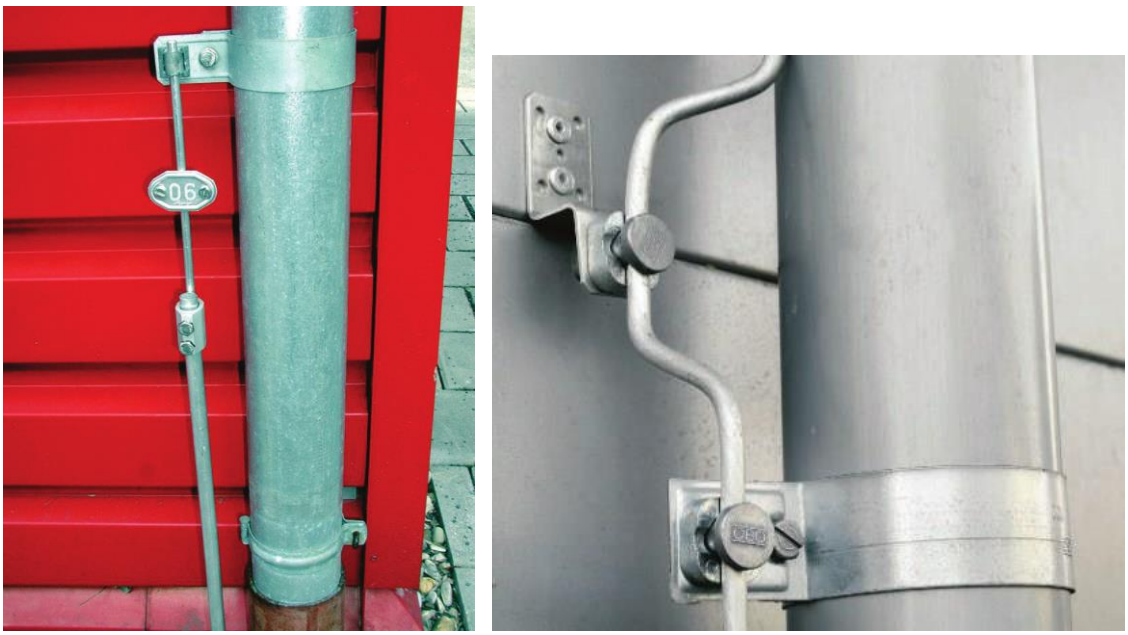


Рисунок А.22 – Використання природних компонентів як струмовідводів



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



Рисунок А.24 – Тримачі для ізольованих 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

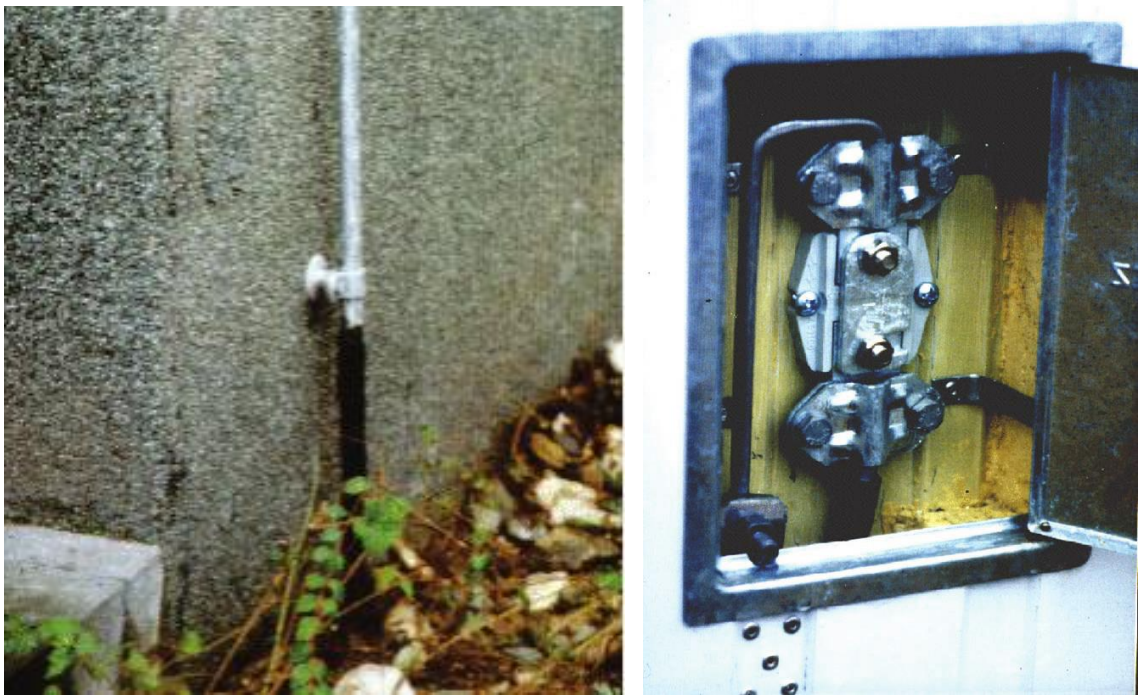


Рисунок Б.6 – Захист від корозії точки з’єднання струмовідводу та заземлювача; розміщення контрольної точки з’єднання у стіні

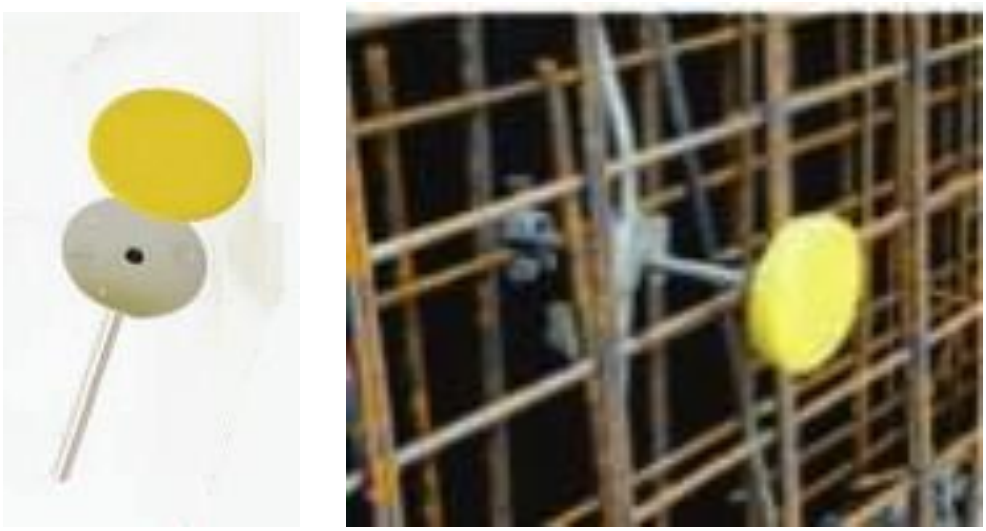


Рисунок Б.7 – Позначення фіксованих точок заземлення



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