

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ ТА
ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ
КАФЕДРА АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ТА
ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Аудит блискавкозахисту будівель і споруд

Методичні вказівки
для виконання
модульної контрольної роботи
для здобувачів вищої освіти
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
в галузі знань 26 "Цивільна безпека"
спеціальність - 261 "Пожежна безпека"

Розглянуто та ухвалено на засіданні кафедри
автоматичних систем безпеки та
електроустановок
протокол № від «____» _____ 2025р.

Черкаси – 2025 рік

Укладачі: В.В. Олійник, О.М. Землянський, Я.Ю. Кальченко, Є.О. Тищенко.

Аудит блискавкозахисту будівель і споруд: методичні до виконання модульної контрольної роботи / Укладачі: В.В. Олійник, О.М. Землянський, Я.Ю. Кальченко, Є.О. Тищенко. - Ч.: НУЦЗ України, 2025. – 28 с.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем в галузі знань 26 "Цивільна безпека" спеціальності 261 "Пожежна безпека", для освітньо-професійної програми «Аудит пожежної і техногенної безпеки»

ЗМІСТ

1	ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ.....	4
2	ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ	6
2.1.	Мета і основні засади проєктування блискавкозахисту	6
2.2.	Метод блискавкоприймальної сітки	9
2.3.	Метод сфери, що котиться.....	10
2.4.	Метод захисного кута	14
3.	ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ.....	19
3.1.	Загальні положення щодо проєктування LPS.....	19
3.2.	Визначення характеристик будівлі	19
3.2.	Визначення класу LPS	19
3.3.	Проектування LPS методом захисної сітки	19
3.3.	Проектування LPS методом захисних кутів	20
3.4.	Проектування LPS методом сфери, що котиться	22
	ЛІТЕРАТУРА	24
	Додаток 1. Вихідні дані для виконання модульної контрольної роботи	26

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Мета модульної контрольної роботи. Модульна контрольна робота (МКР) складається з розрахункових завдань, пов'язаних із проектуванням зовнішньої системи блискавкозахисту методами сфери, що котиться, захисної сітки та захисного кута.

Проектне рішення повинне забезпечити:

зниження імовірності виникнення джерела запалювання електричного походження;

електробезпеку персоналу.

Усі розрахунки повинні мати посилання на нормативну й довідкову літературу.

Для виконання МКР необхідно використовувати дані методичні вказівки, Правила [1, 2], довідник [3], національні стандарти [4-7]. Теоретичний матеріал викладений у підручнику [8]. Необхідні літературні джерела є в електронній бібліотеці НУЦЗ України. Довідкові дані, мінімально необхідні для виконання МКР, наведені у додатку до даних методичних вказівок. Можливе використання іншої нормативної, навчальної та довідкової літератури.

Всі одиниці виміру фізичних величин повинні відповідати міжнародній системі одиниць СІ. Їх слід проставляти після результатів усіх виконаних розрахунків. При посиланні на нормативну або довідкову літературу потрібно вказати в квадратних дужках порядковий номер зі списку використаної літератури.

Вказівки до вибору варіанту. МКР виконується у відповідності з особистим варіантом завдання.

Вихідні дані для виконання МКР обираються з таблиці Додатку 1 (за двома останніми цифрами індивідуального плану (залікової книжки) здобувача).

Захист МКР. Здобувач вищої освіти повинен заздалегідь (не пізніше ніж за добу до дати захисту) здати на перевірку (завантажити у гугл-клас) МКР науково-педагогічному працівнику.

До захисту допускається МКР, яка відповідає індивідуальному завданню (таблиця 1 додатку), виконаний у повному обсязі та не має суттєвих недоліків. Під суттєвим недоліком розуміються помилки, що призводять до неправильного виконання контрольної роботи.

Захист контрольної роботи проводиться особисто кожним здобувачем вищої освіти перед науково-педагогічним працівником. Як правило, при захисті здобувачу вищої освіти з метою перевірки рівня його знань задаються 2-3 питання за темою контрольної.

Зміст МКР: проект блискавкозахисту.

Проект блискавкозахисту повинен містити проект зовнішньої блискавкозахисної системи [4-7], а саме:

1) характеристика захищеної будівлі;

- 2) визначення класу LPS;
- 3) вибір типу зовнішньої блискавкозахисної системи;
- 4) визначення розмірів компонентів зовнішньої блискавкозахисної системи;
- 5) проектування внутрішньої блискавкозахисної системи.

2 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

2.1. Мета і основні засади проєктування блискавкозахисту

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

Класична або пасивна система блискавкозахисту являє собою таку конфігурацію: блискавкоприймач, блискавковідвід, заземлювач та пристрій урівноваження потенціалів. Такі системи блискавкозахисту можна ще назвати зовнішніми, вони перехоплюють удар блискавки та відводять його у землю, тому є ефективнішими та безпечнішими за внутрішні, які призначені для захисту від стрибків перенапруги, що виникли в результаті непрямого попадання блискавки. Проте активна система блискавкозахисту є більш сучасною та досконалою. У даному випадку використання активного обладнання штучно створює навколо себе іонізоване поле, яке генерує зустрічний до блискавки струмовий розряд за рахунок більш високої напруги. Це, в свою чергу, притягує розряд блискавки до блискавкоприймача. Функція системи блискавкозахисту полягає у захисті конструкцій від пожежі чи механічних руйнувань, забезпеченні збереження та коректної роботи електрообладнання та у запобіганні тому, що люди у будівлях отримують травми або навіть можуть загинути. Основними елементами блискавкозахисту є блискавкоприймач, струмовідводи, заземлювачі.

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

Струмовідводи – це провідники, які можуть бути мідними або алюмінієвими кабелями, вони забезпечують з'єднання між блискавкоприймачем та заземлюючим пристроєм, щоб спрямувати удар блискавки глибоко в землю, де він може безпечно розсіюватися. Обирати слід мідь або алюміній, а не їх комбінацію, оскільки між цими елементами може виникати гальванічна або хімічно-корозійна взаємодія.

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

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

Згідно ДСТУ EN 62305-3 встановлення ізольованої зовнішньої системи блискавкозахисту LPS (Lightning Protection System), яка зазвичай включає спеціальне обладнання для прийому, передачі та відведення електричного струму (удару блискавки). Передбачено чотири класи (I, II, III та IV), які визначаються як набір будівельних правил на основі відповідного рівня блискавкозахисту. Чотири класи LPS (від I до IV), як показано в табл. 2.1, визначено в цьому стандарті відповідно до рівнів захисту від блискавки, визначених в EN 62305-1.

Таблиця 2.1 - Співвідношення між рівнями блискавкозахисту (LPL) та класом LPS

LPL	Клас LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Кожен клас LPS характеризують такими чинниками:

- a) Даними, залежними від класу LPS (ДСТУ EN 62305-3):
 - параметри блискавки (див. таблиці 3 та 4 в EN 62305-1:2011);
 - радіус сфери, що котиться, розмір комірки сітки, значення захисного кута (п. 5.2.2);
 - типові оптимальні відстані між доземними провідниками (п 5.3.3);
 - роздільна відстань проти небезпечного іскріння (п 6.3);
 - мінімальна довжина уземлювальних електродів (п 5.4.2).
- b) Чинниками, незалежними від класу LPS:
 - еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту (див. 6.2);
 - мінімальна товщина бляхи чи металевих труб у системі перехоплення (див. 5.2.5);
 - матеріали LPS та умови використання (п. 5.5.1);
 - матеріал, конфігурації та мінімальні розміри перехоплювачів, доземних провідників та уземлювачів (див. 5.6);
 - мінімальні розміри сполучних провідників (п. 6.2.2).

Технічні характеристики кожного класу LPS наведено в додатку В ДСТУ EN 62305-2, а клас необхідної LPS обирається на основі оцінювання ризиків.

Характеристики LPS визначаються характеристиками будівлі, що захищається і рівнем блискавкозахисту.

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

LPS II (2-й рівень) використовують для розрахунку блискавкозахисту будівель та споруд, в яких наявні пожежо- та вибухонебезпечні зони; будівель обчислювальних центрів, в яких знаходиться чутливе до перенапруг електронне обладнання. Надійність захисту від удару блискавки для LPS II становить 0,95..0,99.

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

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

При наявності правильно спроектованого блискавкоприймача ймовірність проникнення в будівлю струму блискавки значно знижується. Блискавкоприймачі, що встановлюються на будівлі, слід розміщувати по кутах у виступаючих точках і по краях покрівлі, вони можуть складатися з будь-якої комбінації стрижнів (включаючи окремо розташовані щогли), підвісних тросів, сітчастих провідників. Всі типи блискавкоприймачів повинні бути розраховані та розміщені відповідно до вимог п. 5.2.2, 5.2.3, додатку А та додатку Е ДСТУ EN 62305-3.

Відповідно до п. 5.2.2, п. Е.5.2.2 додатку Е та додатку А ДСТУ EN 62305-3, для визначення розміщення блискавкоприймачів можна використовувати один або кілька наступних методів:

- метод сфери, що котиться;
- метод захисного кута;
- метод блискавкоприймальної сітки.

Метод сфери, що котиться, підходить для розрахунку зон захисту блискавкоприймачів у всіх випадках та вважається найбільш точним.

Метод захисного кута підходить для розрахунку зон захисту блискавкоприймачів для будівель простої форми (для приватних будинків, сараїв, гаражів), та для захисту окремих конструкцій на будівлі (вентиляційних каналів, коминів, антен, вентиляційного обладнання на дахах будинків), але, при цьому, застосовуються обмеження по розрахунковій висоті блискавкоприймача, яка зазначена в Таблиці 2 ДСТУ EN 62305-3.

Метод блискавкоприймальної сітки використовують для захисту рівних поверхонь (наприклад, для будинків з плоскою покрівлею або з

рівноскатною покрівлею з невеликим ухилом).

2.2. Метод блискавкоприймальної сітки

Метод блискавкоприймальної сітки використовують для захисту рівних поверхонь (наприклад, для будинків з плоскою покрівлею). Відповідно до ДСТУ EN 62305-3:2021, блискавкоприймальна сітка, розміщена на рівних поверхнях, захищає всю поверхню, якщо виконуються умови:

- а) провідники сітки прокладені по:
 - краю даху та виступах;
 - конику даху, якщо ухил перевищує 10%;
 - бокових поверхнях будівлі висотою понад 60 м на рівні вище 80% її висоти;
- б) розміри комірки сітки не перевищують нормативні значення з Таблиці 2 ДСТУ EN 62305-3:2021;
- в) сітка повинна бути виконана так, щоб струм блискавки мав завжди принаймні два різних шляхи до уземлювача;
- г) жодні металеві частини покрівлі не повинні виступати за зовнішні контури сітки (якщо такі елементи є, їх потрібно захищати окремо*);
- д) провідники сітки повинні прокладатись найкоротшими прямими шляхами.

Всі струмопровідні елементи та конструкції, які виступають за межі сітки (наприклад, вентканалы, дахове вентиляційне обладнання, антени, труби) повинні додатково захищатись вертикальними блискавкоприймачами методом захисного кута чи сфери. Металеві конструкції, які виступають вище сітки, але в яких висота $\leq 0,3$ м, довжина ≤ 2 м і площа ≤ 1 м², не потребують додаткового захисту згідно Е.5.2.4.2.4.

Параметр W_m – це максимальне значення розміру комірки сітки, не повинно перевищувати нормативне значення з табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Максимальні значення розмірів комірки сітки

Клас LPS	Розмір сітки W_m
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

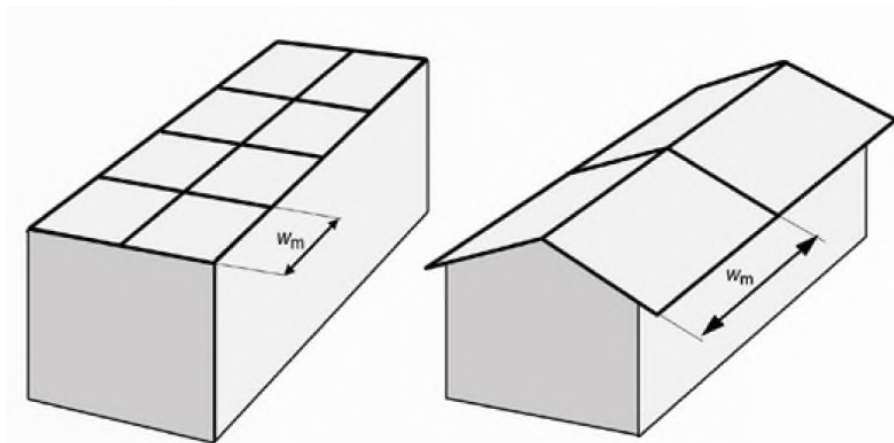


Рисунок 2.2 – Приклади прокладання блискавкоприймальної сітки

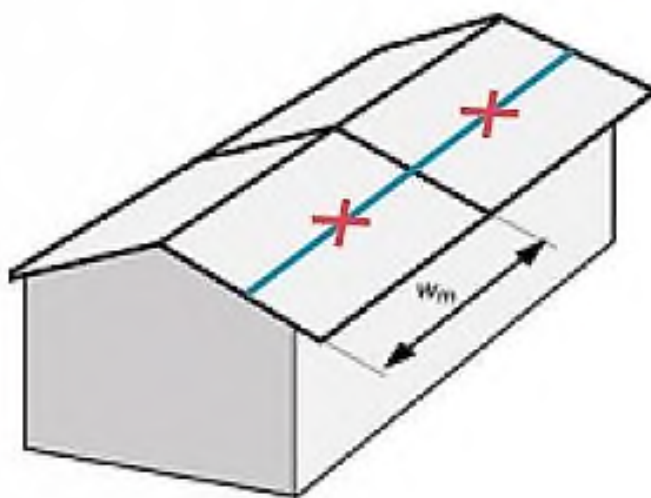


Рисунок 2.3 – Приклади прокладання блискавкоприймальної сітки

Якщо ухил покрівлі перевищує 10%, замість сітки можуть використовуватись паралельні провідники блискавкоприймача, за умови, що відстань між провідниками не перевищує необхідної ширини сітки (тобто прокладаємо провідник по конику та краю даху, а також горизонтальні спуски від коника до краю покрівлі, нехтуючи при цьому горизонтальними лініями між коником та краєм даху). Приклади прокладання блискавкоприймальної сітки представлені на рис.8.2 та рис.8.3.

2.3. Метод сфери, що котиться

Метод сфери, що котиться (RSM - rolling sphere method) потрібно розраховувати та проєктувати відповідно до п. E.5.2.2.2 додатку E та п.А.2 додатку А ДСТУ EN 62305-3:2021.

При використанні цього методу, моделюємо сферу радіусом R , що котиться навколо всієї будівлі і над нею до тих пір, поки вона торкається з площиною землі або якою-небудь постійною спорудою або об'єктом, дотичним до площини землі, яка здатна діяти в якості провідника блискавки.

Провідники LPS блискавкоприймача повинні бути встановлені на всіх

точках і сегментах, які контактують з сферою, радіус якої відповідає обраному рівню захисту.

Об'єкт вважається захищеним, якщо сфера, що котиться, торкаючись поверхні блискавкоприймача і площини, на якій той встановлений, не має спільних точок з об'єктом, що захищається.

Таблиця 2.3 – Значення сфери, що котиться

Клас LPS	Розмір сітки W_m
I	20
II	30
III	45
IV	60

При застосуванні цього методу, захищеною зоною вважається простір між провідником блискавкозахисту та землею, яких торкається сфера, що котиться, та в який вона не потрапляє.

Якщо використовується метод сфери, що котиться, то будівля повинна розглядатися з усіх боків, для того щоб переконатися в тому, що жодна з його частин не перебуває в незахищеній зоні.

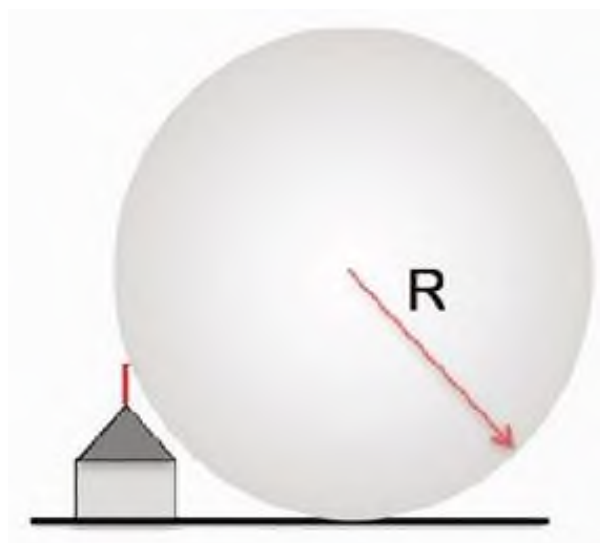


Рисунок 2.4 – Приклад застосування методу сфери, що котиться для об'єктів простої форми

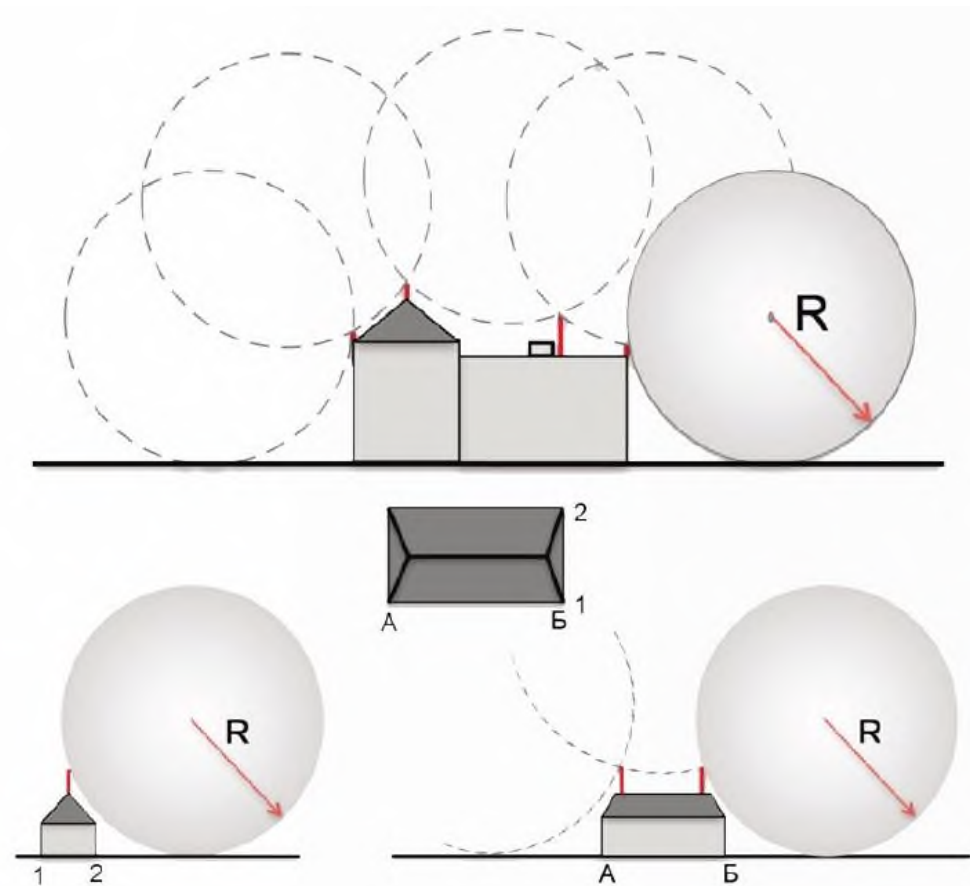


Рисунок 2.4 – Приклад застосування методу сфери, що котиться для об'єктів складної форми

У разі використання двох паралельних горизонтальних провідників блискавкоприймача LPS, розміщених над горизонтальною вихідною площиною, показаною на малюнку, глибину просідання P сфери, що котиться, нижче рівня провідників в просторі між провідниками можна розрахувати за формулою

$$P = R - \left[R^2 - (D/2)^2 \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

Даний метод може використовуватися і для розрахунку глибини просідання сфери для 4-х блискавкоперехоплювачів, розміщених по 4-х кутах квадрата. За відстань D потрібно приймати відстань між блискавкоприймачами по діагоналі.

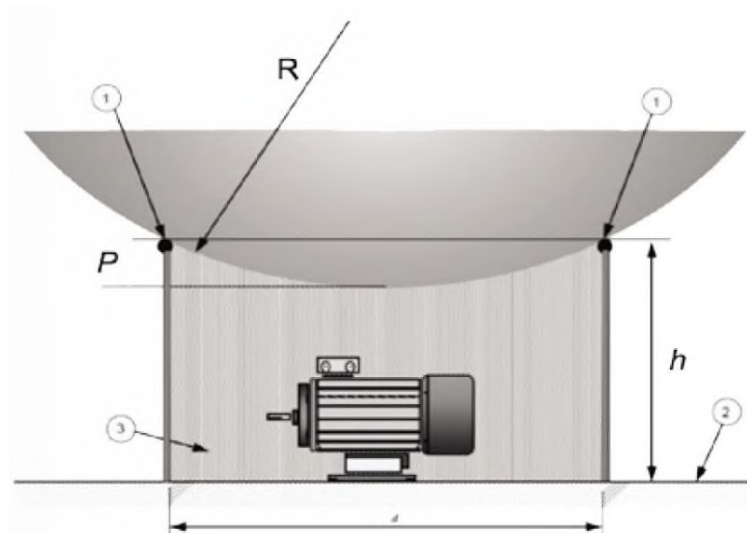


Рисунок 2.5 – Приклад застосування методу сфери, що котиться для захисту обладнання

На плані збоку показано просідання сфери з $R=30$ м вже з врахуванням найбільшого просідання сфери h_x . При значній висоті вертикальних блискавкоприймачів та великій відстані між ними, також потрібно враховувати просідання сфери, яка накочується збоку на блискавкоприймачі (рис. 8.7).

Метод сфери, що котиться рекомендовано використовувати для визначення зон захисту для кількох будівель чи споруд, які знаходяться близько одна біля одної.

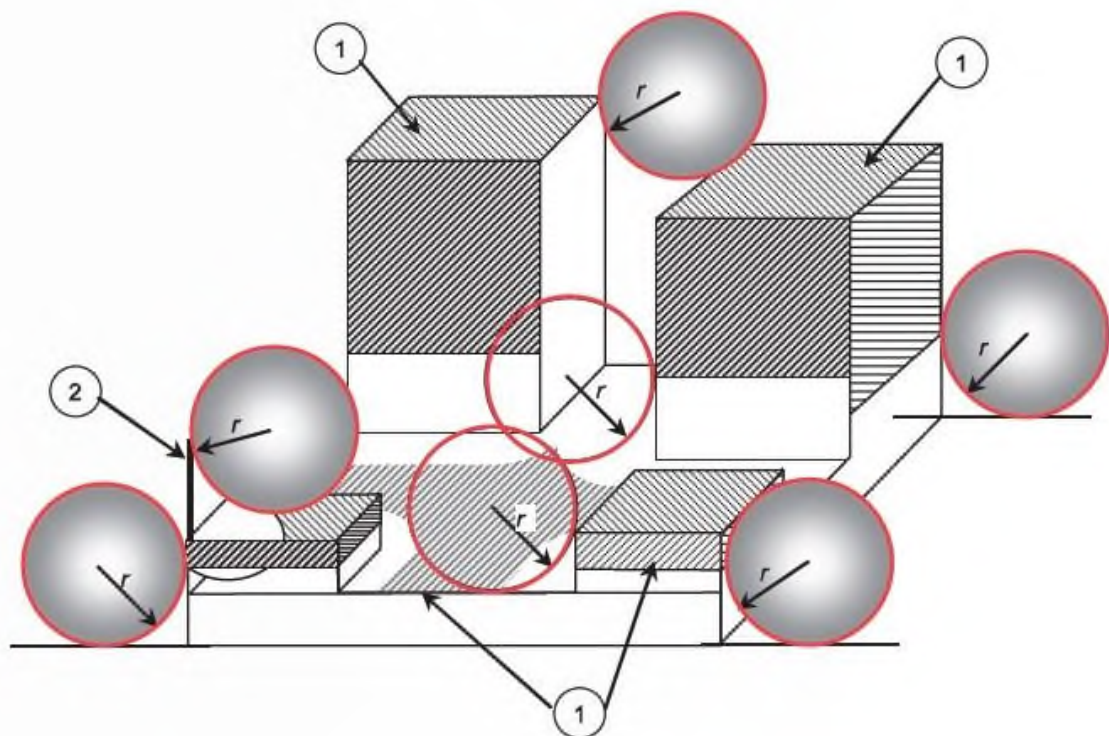


Рисунок 2.6 – Приклад застосування методу сфери, що котиться для декількох об'єктів

На рис. 2.6 зображено комплекс з високих житлових будівель та торгового центру. Частина покрівлі ТЦ між житловими корпусами та біля них (без штрихування) попадає в зону захисту за RSM та не потребує додаткового захисту.

Будівлі корпусів та частина покрівлі ТЦ, що не входить до зони захисту за RSM (на рис. 2.6 заштрихований і позначений 1), потребують влаштування перехоплювачів. Влаштований вертикальний блискавкоприймач (на рис. 2.6 заштрихований і позначений 2) також забезпечує захист частини покрівлі за RSM.

2.4. Метод захисного кута

Метод захисного кута розраховується та проектується відповідно до п. Е.5.2.2.1 додатку Е та п. А.1 додатку А ДСТУ EN 62305-3:2021. Метод захисного кута підходить для простих будівель або малих частин великих будівель та може використовуватись в тих випадках, якщо висота блискавкоприймача не є більшою ніж радіус сфери, що котиться, для відповідного класу LPS.

При розрахунку блискавкоприймачів за методом захисного кута, стержневі блискавкоприймачі, щогли і провідники повинні розміщуватись так, щоб всі частини будівлі, що захищається, знаходились в зоні захисту, створеній під кутом α до вертикалі (рис.8.9).

Захисний кут α вибирають з рис. 1 ДСТУ EN 62305-3:2021 відповідно до висоти блискавкоприймача h та класу LPS (рис. 8.10).

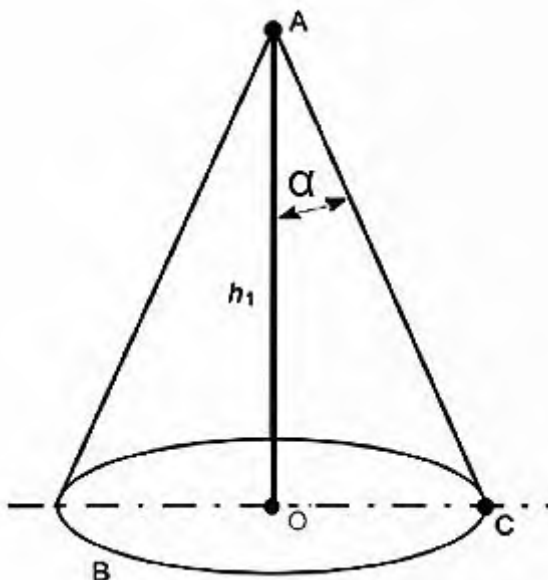


Рисунок 2.7 – Пояснення площі захисту, що визначається захисним кутом

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

Тобто значення висоти h буде складати різницю висоти між вершиною фізичного блискавкоприймача та опорною поверхнею: покрівлею, (яка є вже захищеною), або поверхнею землі, як показано на рис. 2.9.

Приклад: на рисунку вище для будівлі висотою $H=17$ м з LPL-III для захисту устаткування та частини покрівлі (зліва) опорною площиною буде сама покрівля (якщо вона вже захищена за методом сітки) та висота блискавкоприймача матиме значення $h_1=5$ м і кут захисту становитиме $\alpha_1=70^\circ$.

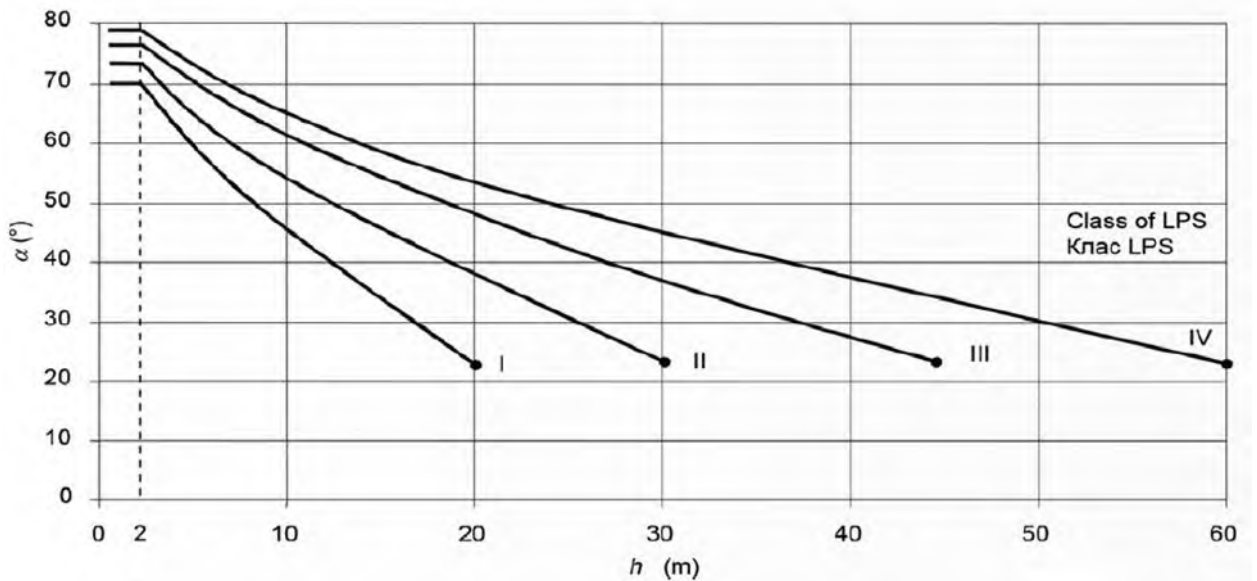


Рисунок 2.8 – Величини захисних кутів для LPS різних класів

Для захисту будівлі та її частин по всій висоті будівлі (справа), опорною площиною буде поверхня землі та висота блискавкоприймача матиме значення суми висоти самого блискавкоприймача та висоти будівлі: $h_2 = h_1 + H = 5 + 17 = 22$ м, тому кут захисту становитиме $\alpha_2 = 46^\circ$.

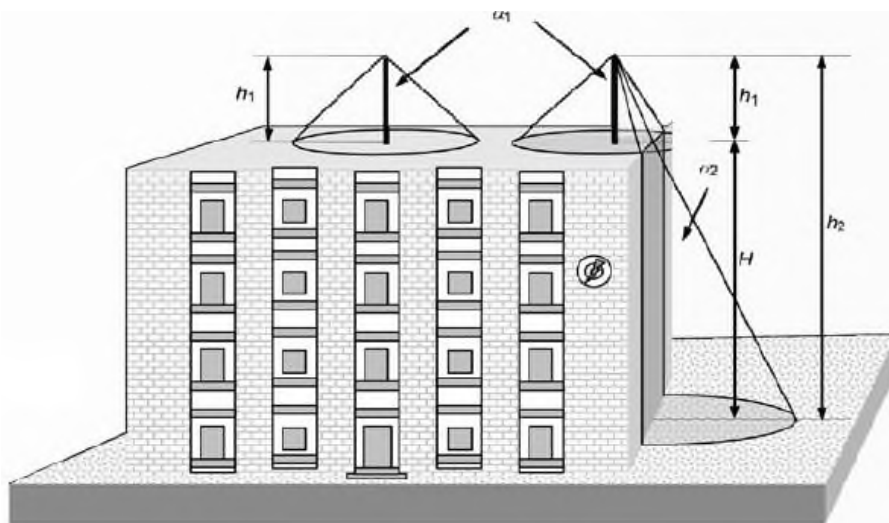


Рисунок 2.9 – Графічне відображення захисних кутів

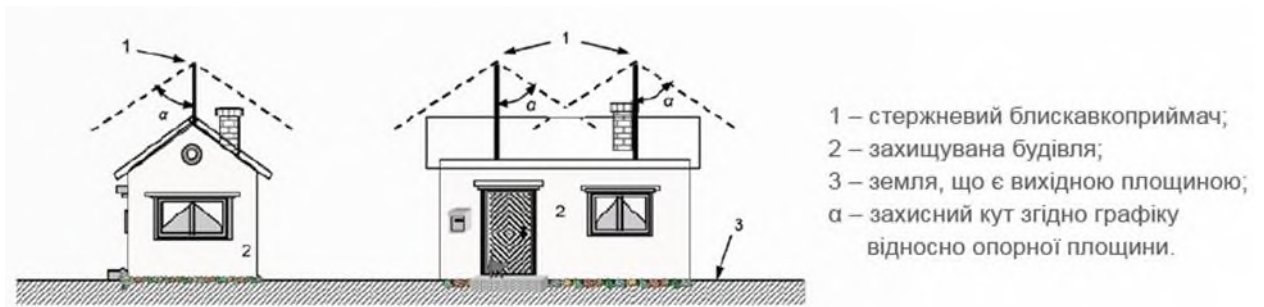


Рисунок 2.10 – Приклад захисту будівлі стрижневим блискавкоприймачем

Будівля на рис. 2.11 вважається захищеною, оскільки всі її елементи знаходяться всередині захисної зони, створеної двома блискавкоприймачами, що розміщені на її покрівлі. При цьому, будівлю потрібно розглядати з усіх боків, щоб переконатись, що жодна з частин будівлі не виступає поза межі захищеної зони.

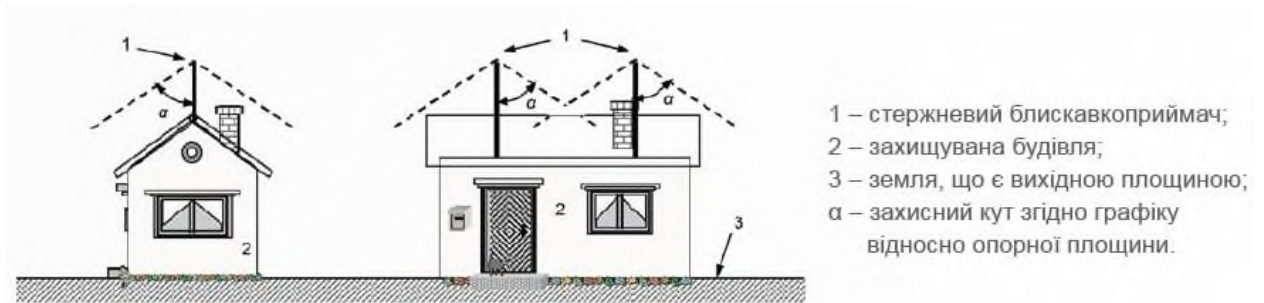


Рисунок 2.11 – Приклад захисту будівлі стрижневим блискавкоприймачем

Будівля на рисунку вище вважається захищеною, оскільки всі її елементи знаходяться всередині захисної зони, створеної провідником під кутом α , який прокладений по конику покрівлі.

Досить поширеною помилкою проєктувальників при зображенні блискавкоприймачів на плані покрівлі, які повинні захищати установки чи обладнання, є зазначення зон захисту блискавкоприймача відносно покрівлі, а не відносно висоти захищаного обладнання.

При проєктуванні захисту установок чи обладнання від вертикального блискавкоприймача за методом захисного кута, на плані покрівлі потрібно зазначати радіуси захисту на висоті захищеної установки

Радіус захисту R_x блискавкоприймача висотою $H_{\text{оп}}$ для установки висотою h_x можна розрахувати за формулою

$$R_x = (H_{\text{оп}} - h_x) \cdot \tan(\alpha) \quad (8.2)$$

На плані покрівлі при цьому потрібно зазначити радіус R_x та висоту

обладнання h_x , для якої розрахований радіус.

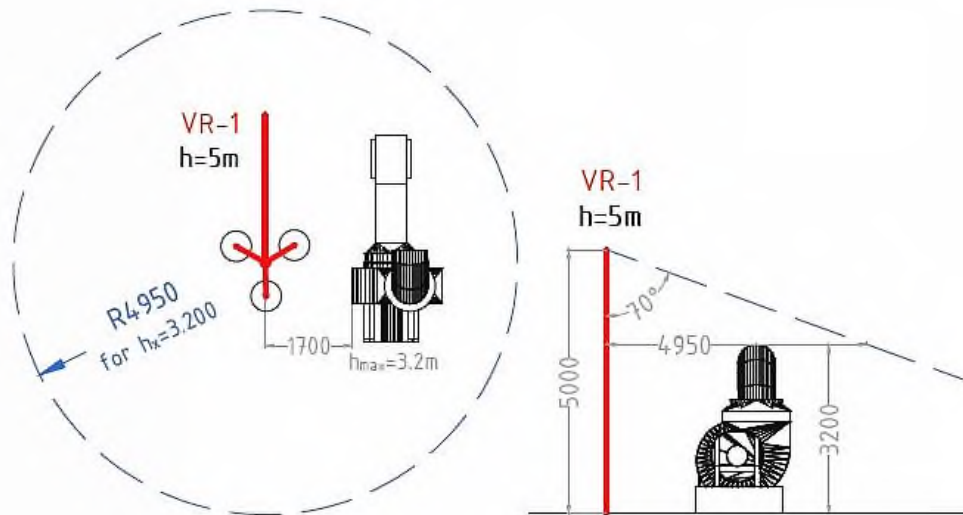
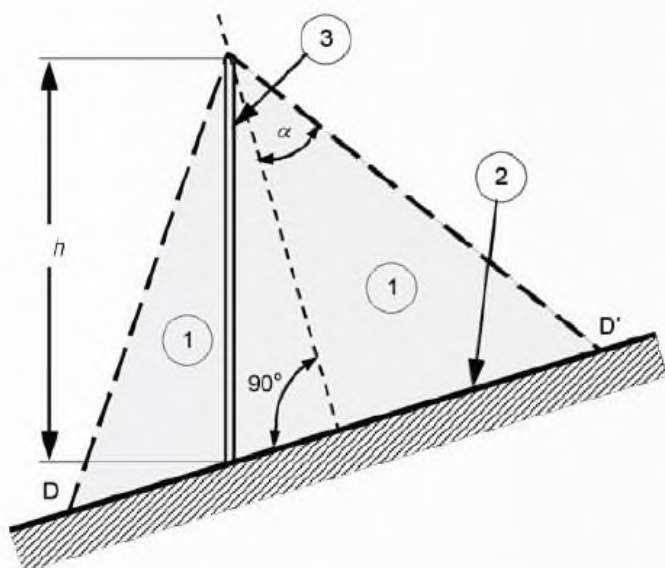


Рисунок 2.12 – Приклад захисту установок стрижневим блискавкоприймачем

Приклад: на об'єкті з LPL-III влаштовано вертикальний блискавкоприймач висотою $H_{\text{бп}} = 5$ м для захисту вентиляційної установки з найбільшою висотою $h_x = 3,2$ м. Захисний кут для блискавкоприймача висотою 6 м при LPL-III складає $\alpha = 70^\circ$. $R_x = (5 - 3,2) \cdot \tan(70) = 4,95$ м. Блискавкоприймач висотою 5 м забезпечуватиме захист установок висотою 3,2 м в радіусі 4,95 м (рис. 2.12).

Якщо поверхня, на якій встановлена система блискавкоприймача, є похилою, то вісь конуса, що утворює захисну зону, в такому випадку не буде стрижнем блискавкоприймача, а її потрібно відобразити перпендикулярно до поверхні, на якій знаходиться стрижень блискавкоприймача з вершиною конуса, що дорівнює вершині стрижня блискавкоприймача (рис. 2.13).



- 1 – зона захисту;
- 2 – похила поверхня;
- 3 – стрижневий блискавкоприймач висотою h ;
- α – захисний кут згідно графіку Таблиці 2 [3] відносно захищуваної площини;
- h – фізична висота блискавкоприймача над площиною;
- D, D' – межі зони захисту

Рисунок 2.13 – Приклад захисту установок стрижневим блискавкоприймачем для похилої поверхні

Для захисту будівлі та розміщених на ній установок і конструкцій можна використовувати одразу кілька методів захисту, наприклад, метод сітки для захисту поверхні покрівлі, методи захисного кута або сфери, що котиться, для захисту прибудов, терас чи розміщеного на будівлі обладнання.

Для захисту будівлі від прямого удару блискавки необхідно розмістити блискавкоприймачі (вертикальні щогли, блискавкоприймальну сітку та інші горизонтальні провідники, троси) таким чином, щоб при розрахунках за одним чи кількома методами захисту, вся будівля, її покрівля та всі конструкції, устаткування чи інші виступаючі над покрівлею частини будівлі, знаходились в зонах захисту, утворених внаслідок розміщення блискавкоприймачів.

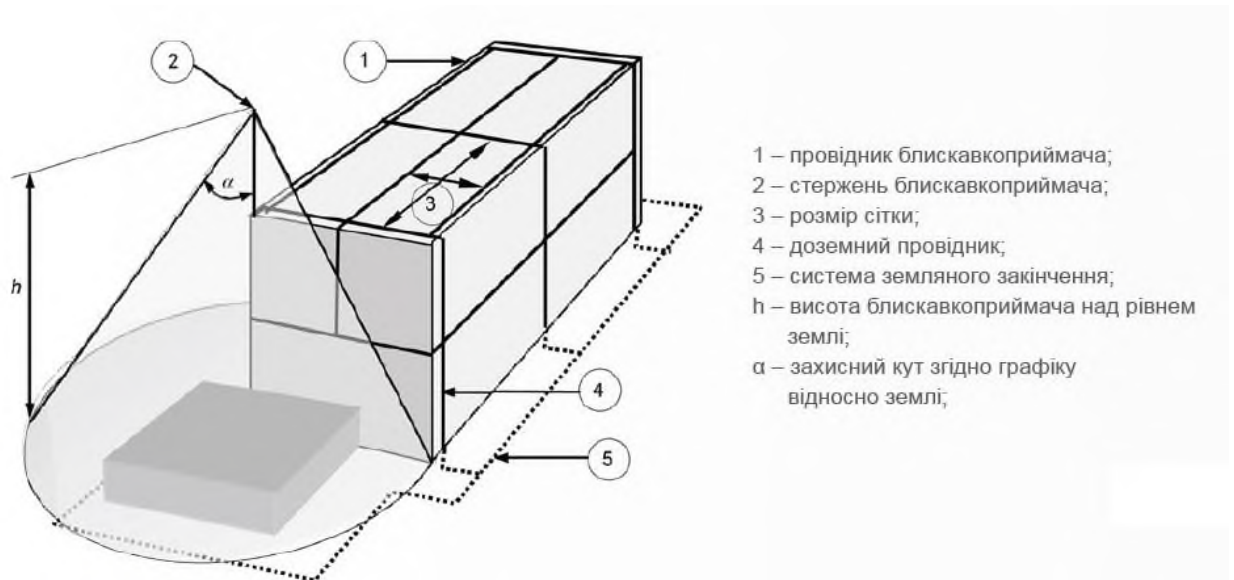


Рисунок 2.14 – Приклад захисту установок комбінованим способом

При цьому щогли, блискавкоприймальна сітка та інші елементи блискавкоприймачів повинні бути з'єднані між собою в одну систему, як показано на рис. 2.14.

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1. Загальні положення щодо проєктування LPS

У цьому розділі контрольної роботи здобувачі викладають основні положення щодо проєктування LPS, які наведено в розділі 2.1 цих методичних вказівок.

3.2. Визначення характеристик будівлі

В цьому пункті здобувач виписує характеристики будівлі із завдання (таблиця 1 додатку).

Проводить аналіз пожежовибухонебезпечних характеристик речовин, що обертаються в будівлі та, з урахуванням особливостей виробничого процесу, визначає клас зони за ПУЕ.

3.2. Визначення класу LPS

У відповідності до визначених у попередньому пункті характеристик та особливостей будівлі і у відповідності до викладеного матеріалу здобувач визначає клас LPS, який може бути запроектований.

3.3. Проєктування LPS методом захисної сітки

Для геометричних розмірів будівлі та у відповідності до максимальних значень розмірів комірки сітки в залежності від рівня LPS (табл. 2.2 методичних вказівок, таблиця 2 ДСТУ EN 62305-3:2021) провести розрахунок кількості та розмірів комірок блискавкоприймачів для проєктування LPS.

Приклад: для будівлі розмірами 12х12х6 м методом захисної сітки проєктується LPS I класу. Визначити геометричні розміри комірки та кількість блискавкоприймачів.

У відповідності до табл. 2.2 методичних вказівок (таблиця 2 ДСТУ EN 62305-3:2021) максимальний розмір комірки для LPS I класу становить 5х5 м.

Тоді кількість провідників буде становити:

$$n = \frac{a}{l} = \frac{12}{5} = 2,4 \approx 3 \text{ шт.}$$
$$n = \frac{b}{l} = \frac{12}{5} = 2,4 \approx 3 \text{ шт.}$$

де n – кількість провідників блискавкоприймальної сітки по одній із сторін будівлі;

$a(b)$ – довжина (ширина) будівлі;

l – максимальний розмір комірки блискавкоприймальної сітки.

Відповідно, розмір комірки блискавкоприймальної сітки буде становити:

$$a_c = \frac{a}{n} = \frac{12}{3} = 4 \text{ м.}$$

$$b_c = \frac{b}{n} = \frac{12}{3} = 4 \text{ м.}$$

У відповідності до розрахунків, розмір комірки блискавкоприймальної сітки становить 4х4 м (рис. 3.1).

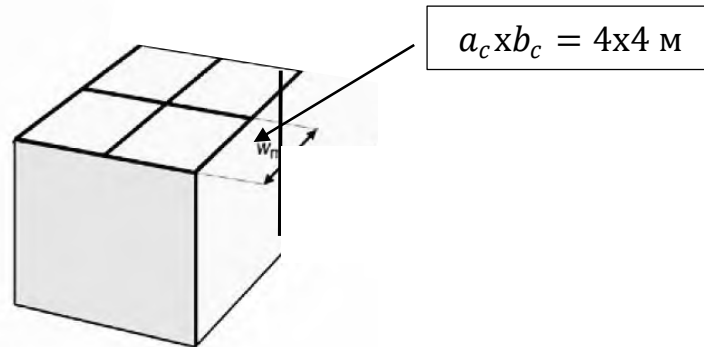


Рисунок 3.1 – Проектування блискавкоприймальної сітки

3.3. Проектування LPS методом захисних кутів

Приклад: будівля з розмірами 12х24х5 м в якій обертається вибухонебезпечний пил є об'єктом з ризиком вибуху. Тому застосовуємо LPS II-го класу.

Відповідно до таблиці 1 ДСТУ EN 62305-3 LPS II класу відповідає II-й рівень блискавкозахисту (LPL – lightning protection level).

У відповідності з завданням обираємо стрижньовий перехоплювач блискавки.

Відповідно п. 5.2.2 та додатку D ДСТУ EN 62305-3 компоненти перехоплювачів, встановлені на будівлі (споруді), має бути розміщено на кутах, виступних точках (особливо на найвищих рівнях всяких фасадів) – стрижньові перехоплювачі встановлюємо на даху будівлі у кутах. У випадку обмеження висоти блискавкоприймача та неможливості захисту всієї площі будівлі пропонуємо встановлення додаткових (проміжних) стрижнів.

Розрахунок зовнішньої LPS здійснюємо методом захисного кута. Об'єм, що захищається одним вертикальним стрижнем має форму прямого кругового конуса, вершина якого розташована на вісі перехоплювача, з половинним кутом при вершині α .

Відповідно до таблиці 2 ДСТУ EN 62305-3 для LPS II-го класу захисний кут α залежить від висоти перехоплювача блискавки h та визначається з графічної залежності з рисунку ДСТУ EN 62305-3 (приведена на рис. 2.8).

Приймаємо висоту перехоплювача блискавки від землі: $h_2 = 15 \text{ м.}$

Відповідно висота перехоплювача блискавки над дахом:

$$h_1 = h_2 - H = 15 - 5 = 10 \text{ м.}$$

У цьому випадку величини захисних кутів дорівнюють:

- $\alpha_1 \approx 58^\circ$,
- $\alpha_2 \approx 45^\circ$.

З геометричних міркувань захищений об'єм для одного стрижня має форму прямого кругового конуса з наступними розмірами:

- висота конусу над дахом – $h_1 = 10$ м,
- висота конусу від землі – $h_2 = 15$ м,
- радіус конусу на рівні землі – $r_2 = h_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = 15 \cdot \operatorname{tg} 57^\circ \approx 23$ м,
- радіус горизонтального перерізу на висоті будинку $H = 5$ м над будинком $r_1 = h_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = 10 \cdot \operatorname{tg} 58^\circ \approx 15,1$ м, над землею $r_3 = h_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = 10 \cdot \operatorname{tg} 57^\circ \approx 14,63$ м.

Також з геометричних міркувань (теорема Піфагора) на висоті $H = 5$ м конус захисту повинний мати радіус (половина довжини діагоналі даху будинку)

$$r_{\min} = \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{24}{2}\right)^2 + \left(\frac{12}{2}\right)^2} = 13,4 \text{ м} < r_1 = 15,1 \text{ м}$$

де A – довжина будинку,

B – ширина будинку,

H – висота будинку.

Тобто, будинок повністю захищається запропонованим перехоплювачем блискавки.

Графічна інтерпретація проєкту наведена на рис. 3.2.

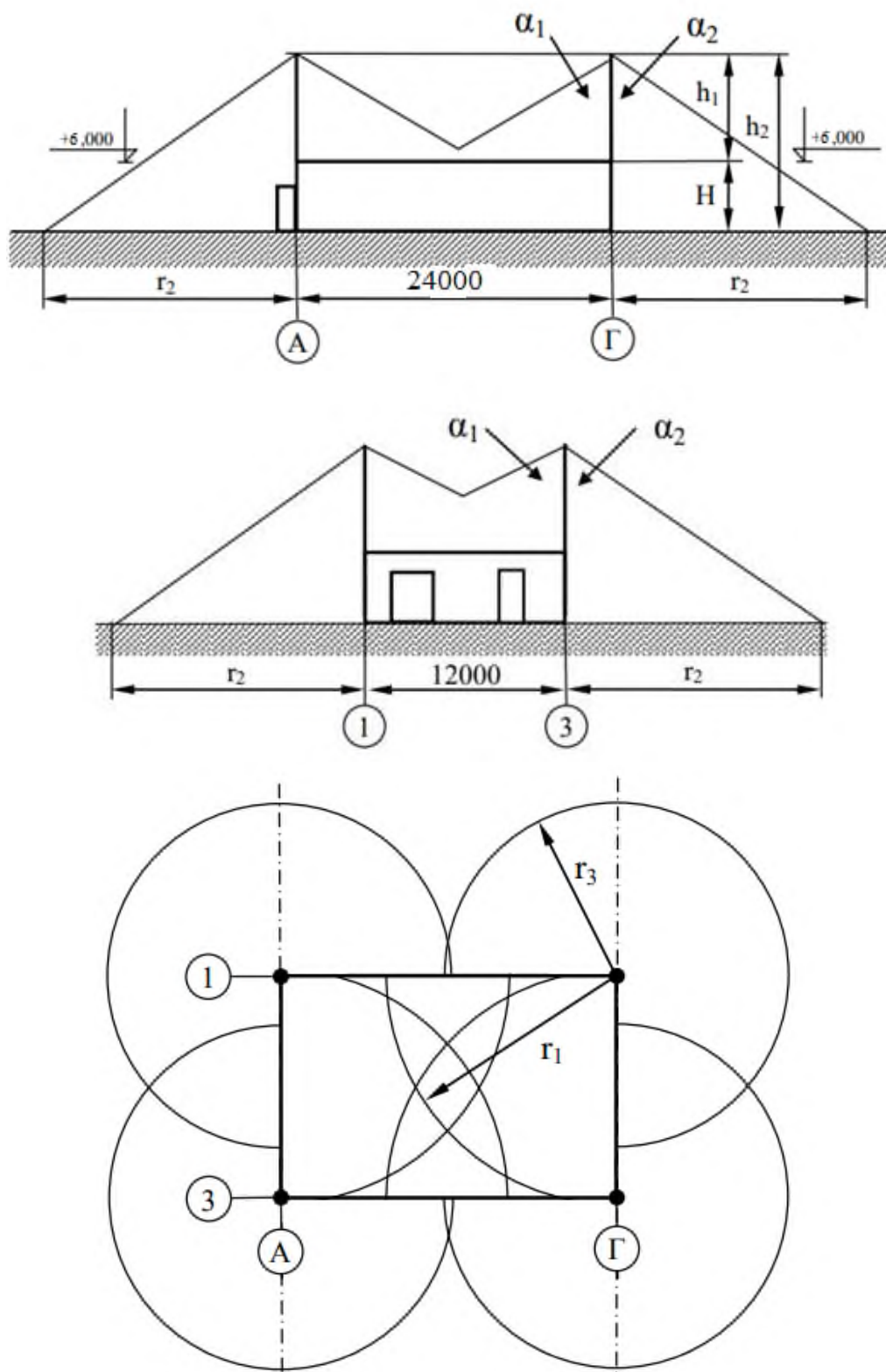


Рисунок 3.2. Проект зовнішньої системи блискавкозахисту методом захисного кута

3.4. Проектування LPS методом сфери, що котиться

З урахуванням запропонованих в попередньому пункті висот блискавкоприймачів провести розрахунок висоти захищаного обладнання, що може бути розташоване на даху будівлі, для якої проектується LPS.

Приклад: на плоскій покрівлі розміщені двигуни вентиляційного обладнання висотою 2,1 м. Для захисту вентиляційного обладнання по LPL-II за RSM влаштовано 4 вертикальних блискавкоприймачі (БП) висотою 4 м (як показано на рис. 3.3). Відстань між БП-1 і БП-3 по діагоналі – 18,87 м. Просідання сфери складає: $P = 30 - \left(302 - (18,87/2)^2\right)^{0,5} = 1,52$ м.

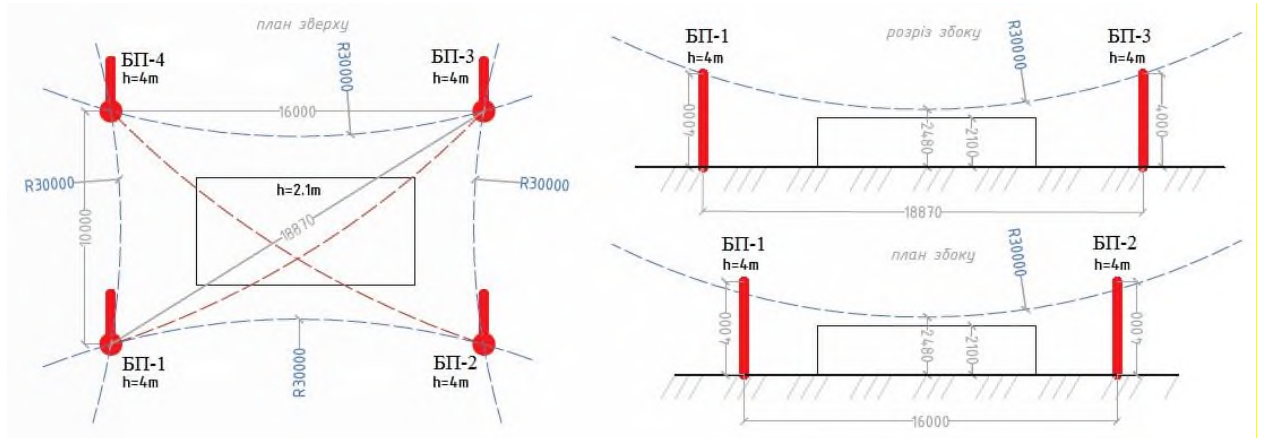


Рисунок 3.3. Графічне зображення глибини просідання сфери у разі захисту будівлі чи обладнання за допомогою 4-х вертикальних БП, розміщених на великій відстані один від одного (>10 м)

Отже 4 блискавкоприймачі висотою 4 м створюють зону захисту за RSM з врахуванням просідання сфери для установок висотою $h_x = h_{\text{бп}} - P = 4 - 1,52 = 2,48$ м. Обладнання висотою 2,1 м повністю знаходиться в зоні захисту за RSM.

Для зображення максимального просідання сфери за RSM (на прикладі: $R=30$ м для LPL II) на плані зверху вимірюємо найбільшу відстань між БП по діагоналі (між БП-1 та БП-3 висотою по 4 м, відстань по діагоналі 18,87 м). На розрізі на плані збоку накладаємо сферу з $R=30$ м, яка торкається верхівок блискавкоприймачів, та вимірюємо висоту зони захисту з врахуванням найбільшого просідання сфери h_x (на прикладі $h_x=2,48$ м).

ЛІТЕРАТУРА

1. Тищенко Є.О., Кальченко Я.Ю. Конспект лекцій. Аудит блискавкозахисту будівель і споруд. – Черкаси : НУЦЗУ, 2025. – 118 с.
2. Денис О., Степура Ю., Жарков В. Методичні рекомендації з розрахунку та проектування систем блискавкозахисту. Професійний блискавкозахист. – Львів: ТЗОВ «ФС блискавкозахист», 2023. – 118 с.
3. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи / «Пожежна безпека електроустановок». Розділ 2 «Пожежна безпека електроустановок» // О.В. Кулаков, О.М. Григоренко, А.М. Катунін, С.В. Гарбуз. - Харків: НУЦЗ України, 2017.
4. Кулаков О.В. Дослідження впливу параметрів електричної мережі на вибір апаратів захисту від короткого замикання електроустановок у вибухонебезпечних зонах / О.В. Кулаков, А.М. Катунін, О.О.Бодрик // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. Тр. НУЦЗ України. Вип. 46. – Харьков: Фолио, 2019.
5. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України від 30.12.2014 N 1417 зі змінами.
6. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненгерговугілля України, 2017.
7. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. – Київ: Укрархбудінформ, 2001.
8. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. - Київ: Держнаглядохоронпраці, 1998.
9. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-1:2012.
10. Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-2:2012.
11. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-3:2012.
12. Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-4:2012.
13. Кулаков О.В. Дослідження впливу параметрів електричної мережі на вибір апаратів захисту від короткого замикання електроустановок у вибухонебезпечних зонах / О.В. Кулаков, А.М. Катунін, Бодрик О.О. // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. Тр. НУЦЗ Украины. Вип. 46. – Харьков: Фолио, 2019. С. 86-89.
14. Oleg Kulakov, Albert Katunin, Yaroslav Kozhushko, Serhii Herasimov, Irina Vasil'eva, Olga Konovalenko. Definition of Accumulated Operation Time Distributions for a Cable Product Insulation Within the Defined Life Cycles // IEEE UKRCON-2019: IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and

Computer Engineering, Lviv, Ukraine, July 2-6, 2019 / Track 3: Industrial and Power Electronics & Energy Systems. P. 355-358.

15. Kostiantyn Afanasenko. Electrical ignition sources for critical infrastructure facilities. 3rd International Conference on Central European Critical Infrastructure Protection. November 15th 2021, Budapest, Hungary. P. 13.
16. Кальченко Я. Ю. Визначення параметрів електричних провідників при аварійному режимі роботи. / Кальченко Я. Ю., Афанасенко К. А., Липовий В.О., Пікалов М.В.// Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗ України, 2023. № 37. - С. 305-316.

Інформаційні ресурси

1. Кулаков О.В., Росоха В.О. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках: <http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/326/>
2. Електронний каталог НУЦЗУ: <http://books.nuczu.edu.ua/load.php>

Вихідні дані для виконання модульної контрольної роботи

№ з/п	Найменування виробничого приміщення	Розміри приміщення АхВхН, м
1	2	3
1.	Дільниця отримання бензолу із коксового газу	48х24х8
2.	Зернодробильне відділення кормоцеху сільгосппідприємства	18х12х6
3.	Дільниця приготування цукрової пудри	24х24х5
4.	Дільниця просочування обмоток електричних машин (розчинник толуол)	24х12х6
5.	Насосна станція з перекачування бензолу	12х12х3
6.	Комбікормовий цех	60х12х10(12)
7.	Механізований склад зберігання солідолу	120х24х10
8.	Машинний зал аміачної компресорної	36х18х5
9.	Фарбоприготувальна дільниця	24х12х6
10.	Воднева станція	20х10х3
11.	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки З)	24х24х5
12.	Ательє з виготовлення одягу	30х15х6
13.	Насосна станція з перекачування спирту етилового	24х12х10
14.	Дільниця подрібнення вугілля	120х24х10
15.	Дільниця отримання ацетилену	24х12х8
16.	Насосна станція з перекачування дизельного палива марки З	18х18х3
17.	Дільниця фарбування металевих виробів (фарба на оліфі)	48х12х6(8)
18.	Насосна станція з перекачування бензину	12х6х3(5)
19.	Котельня на природному газу	24х12х6
20.	Механізований склад зберігання в тарі уайт-спіриту	60х12х4(6)
21.	Лісопилна дільниця деревообробного комбінату	60х12х6(8)
22.	Дільниця фарбування двигунів (розчинник - сольвент)	48х24х8
23.	Олійна дільниця (отримання соняшникової олії з насіння віджиманням)	12х10х3
24.	Дільниця фарбування дерев'яних виробів (розчинник Р-5)	48х12х5(7)
25.	Дільниця приготування крохмалю	24х12х5

26.	Зарядна станція акумуляторів	12х6х6(7)
27.	Дільниця наповнення балонів скрапленими вуглеводневими газами	36х18х6(7)
28.	Відділення упаковки та зберігання сажі	36х24х10
29.	Механізоване книгосховище	90х48х11
30.	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки Л)	22х12х8(9)
31.	Дільниця отримання бензолу із коксового газу	12х24х8
32.	Зернодробильне відділення кормоцеху сільгосп підприємства	18х12х6
33.	Дільниця приготування цукрової пудри	24х24х5
34.	Дільниця просочування обмоток електричних машин (розчинник толуол)	24х12х6
35.	Насосна станція з перекачування бензолу	12х12х3
36.	Комбикормовий цех	60х24х10(12)
37.	Механізований склад зберігання солідолу	12х24х10
38.	Машинний зал аміачної компресорної	36х18х5
39.	Фарбоприготувальна дільниця	24х12х6
40.	Воднева станція	20х10х3
41.	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки З)	24х24х5
42.	Ательє з виготовлення одягу	30х15х6
43.	Насосна станція з перекачування спирту етилового	24х12х10
44.	Дільниця подрібнення вугілля	36х24х10
45.	Дільниця отримання ацетилену	24х12х8
46.	Насосна станція з перекачування дизельного палива марки З	18х12х3
47.	Дільниця фарбування металевих виробів (фарба на оліфі)	48х12х6(8)
48.	Насосна станція з перекачування бензину	12х6х3(5)
49.	Котельня на природному газу	24х12х6
50.	Механізований склад зберігання в тарі уайт-спіриту	30х12х4(6)
51.	Лісопилна дільниця деревообробного комбінату	60х12х6(8)
52.	Дільниця фарбування двигунів (розчинник - сольвент)	48х24х8
53.	Олійна дільниця (отримання соняшникової олії з насіння віджиманням)	12х24х3
54.	Дільниця фарбування дерев'яних виробів (розчинник Р-5)	24х12х5(7)
55.	Дільниця приготування крохмалю	24х12х5

56.	Зарядна станція акумуляторів	12x6x6(7)
57.	Дільниця наповнення балонів скрапленими вуглеводневими газами	36x18x6(7)
58.	Відділення упаковки та зберігання сажі	48x36x10
59.	Механізоване книгосховище	90x48x11
60.	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки Л)	24x12x8(9)
61.	Дільниця отримання бензолу із коксового газу	48x24x8
62.	Зернодробильне відділення кормоцеху сільгосппідприємства	18x12x6
63.	Дільниця приготування цукрової пудри	12x24x5
64.	Дільниця просочування обмоток електричних машин (розчинник толуол)	24x12x6
65.	Насосна станція з перекачування бензолу	12x12x3
66.	Комбикормовий цех	60x24x10(12)
67.	Механізований склад зберігання солідолу	60x24x10
68.	Машинний зал аміачної компресорної	36x18x5
69.	Фарбоприготувальна дільниця	24x12x6
70.	Воднева станція	20x10x3
71.	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки З)	24x24x5
72.	Ательє з виготовлення одягу	30x15x6
73.	Насосна станція з перекачування спирту етилового	24x12x10
74.	Дільниця подрібнення вугілля	36x24x10
75.	Дільниця отримання ацетилену	24x12x8
76.	Насосна станція з перекачування дизельного палива марки З	18x18x3
77.	Дільниця фарбування металевих виробів (фарба на оліфі)	48x12x6(8)
78.	Насосна станція з перекачування бензину	12x6x3(5)
79.	Котельня на природному газу	24x12x6
80.	Механізований склад зберігання в тарі уайт-спіриту	24x12x4(6)
81.	Лісопилна дільниця деревообробного комбінату	60x12x6(8)
82.	Дільниця фарбування двигунів (розчинник - сольвент)	48x24x8
83.	Олійна дільниця (отримання соняшникової олії з насіння віджиманням)	12x12x3
84.	Дільниця фарбування дерев'яних виробів (розчинник Р-5)	48x12x5(7)
85.	Дільниця приготування крохмалю	24x12x5

86.	Зарядна станція акумуляторів	12х6х6(7)
87.	Дільниця наповнення балонів скрапленими вуглеводневими газами	36х18х6(7)
88.	Відділення упаковки та зберігання сажі	48х36х10
89.	Механізоване книгосховище	90х48х11
90.	Дільниця знежирювання деталей (дизельне паливо марки Л)	24х12х8(9)
91.	Дільниця виробництва поліетилену (газ етилен)	36х12х12(13)
92.	Дільниця отримання бензолу із коксового газу	48х24х8
93.	Зернодробильне відділення кормоцеху сільгосппідприємства	18х12х6
94.	Зернодробильне відділення кормоцеху сільгосппідприємства	18х12х6
95.	Дільниця приготування цукрової пудри	24х24х5
96.	Дільниця просочування обмоток електричних машин (розчинник толуол)	24х12х6
97.	Механізований склад зберігання в тарі уайт-спіриту	12х36х4(6)
98.	Лісопилна дільниця деревообробного комбінату	30х18х6(8)
99.	Дільниця фарбування двигунів (розчинник - сольвент)	48х24х8
100.	Олійна дільниця (отримання соняшникової олії з насіння віджиманням)	12х12х3