

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

УЛАШТУВАННЯ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Методичні рекомендації
до виконання розрахунково-графічної роботи
та індивідуальних завдань з охорони праці
для студентів будівельних спеціальностей
усіх форм навчання

Київ 2021

УДК 699.83:551.594.2

У47

Укладачі: О. Г. Вільсон, канд. техн. наук, доцент
В. Г. Дзюбенко канд. техн. наук, доцент
І. В. Клімова канд. техн. наук, доцент
В. Т. Кравчук канд. техн. наук, доцент
В. С. Федоренко канд. техн. наук, доцент
Л. О. Василенко канд. техн. наук, доцент

Рецензент: О. М. Гунченко, канд. техн. наук, професор

Відповідальний за випуск: О. С. Волошкіна, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри ОП і НС, протокол № 12
від 24 червня 2020 року.*

Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд :
У47 методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи
та індивідуальних завдань з охорони праці / уклад: О.Г.Вільсон
та ін. – Київ : КНУБА, 2020. – 36 с.

Розглянуто методику розрахунку систем захисту об'єктів від первинної дії блискавки – прямого удару, як найбільш небезпечного її прояву. Принципи блискавкозахисту об'єктів та методи розрахунку зони блискавкозахисту наведено згідно з ДСТУ Б В.2.5-38:2019 (ІЕС 62305:2012, NEQ) «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд». Основні поняття і визначення, наведені в цих методичних вказівках, базуються на положеннях ДСТУ Б В.2.5-38:2019

Призначено для студентів будівельних спеціальностей усіх форм навчання.

© КНУБА, 2021

ЗМІСТ

Загальні положення	4
Короткі теоретичні відомості	4
Класифікація та рівень блискавкозахисту об'єктів	4
Конструктивні особливості блискавковідводів	9
Розрахунок зони захисту об'єкта	12
Одиночний стрижньовий блискавковідвід.....	12
Приклад розрахунку одиночного блискавковідводу	13
Подвійний стрижньовий блискавковідвід	17
Одиничний тросовий блискавковідвід.....	18
Рекомендована література	21
<i>Додаток 1.</i>	22
<i>Додаток 2.</i>	23
<i>Додаток 3.</i>	25

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Роль і значення дисципліни в підготовці фахівців.

Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд є розділом дисципліни “Основи охорони праці”. Вивчення дисципліни дозволяє фахівцеві створювати безпечні умови праці людей на різних об’єктах, зокрема уникнути небезпеки враження блискавкою.

Місце курсу серед інших дисциплін. Дисципліна базується на вивченні дисциплін “Фізика” і “Хімія”.

Метою вивчення дисципліни є надання знань, умінь, здатностей (компетенцій) для здійснення ефективної професійної діяльності шляхом забезпечення оптимального управління охороною праці на підприємствах (об’єктах господарської, економічної та науково-освітньої діяльності), формування у студентів відповідальності за особисту та колективну безпеку і усвідомлення необхідності обов’язкового виконання в повному обсязі всіх заходів гарантування безпеки праці на робочих місцях.

Завдання вивчення дисципліни полягає в набутті студентами знань, умінь і здатностей (компетенцій) ефективно вирішувати завдання професійної діяльності з обов’язковим урахуванням вимог охорони праці та гарантуванням збереження життя, здоров’я та працездатності працівників у різних сферах професійної діяльності.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Класифікація та рівень блискавкозахисту об’єктів

Класифікація об’єктів визначається за небезпекою ударів блискавки для самого об’єкта і його оточення. Рівень цієї небезпеки визначається класифікацією, яка наведена в правилах улаштування електроустановок (ПУЕ-17).

Необхідність виконання блискавкозахисту об’єкта від ПУБ (Прямий удар блискавки) і його РБЗ (Рівень блискавкозахисту) визначаються за таблицею Додатка 1 залежно від можливої очікуваної кількості вражень

об'єкта блискавкою за рік N і суспільного значення і тяжкості наслідків від дії блискавки.

Щодо блискавкозахисту об'єкти поділяються на звичайні та спеціальні. Звичайні об'єкти (промислові підприємства, тваринницькі і птахівничі будівлі і споруди, житлові й адміністративні будівлі, супермаркети, банки, страхові компанії, дошкільні установи, школи, лікарні, притулки для старих, музеї та археологічні пам'ятники, спортивні споруди тощо).

Блискавкозахист складається з систем:

- перехоплення;
- дозмених провідників
- уземленого закінчення
- еквіпотенційних споруджень

Термін експлуатації систем блискавкозахисту (LPS) 20-25 років.

Спеціальні об'єкти – це об'єкти, що становлять небезпеку для безпосереднього оточення (нафтопереробні підприємства, заправні станції, підприємства з виробництвом і зберіганням вибухових речовин), об'єкти, що становлять небезпеку для навколишнього середовища (хімічні заводи, атомні електростанції, біохімічні фабрики і лабораторії), об'єкти з обмеженою небезпекою (пожежонебезпечні підприємства, електростанції, підстанції і лінії електропередавання, засоби зв'язку), будівлі заввишки понад 60 м, об'єкти, що будуються.

Головний чинник, що визначає блискавкозахист, – характеристика місцевості за грозовою активністю. Вона залежить від рельєфу, клімату, характеристик ґрунту, рослинності тощо. Для розрахунку блискавкозахисту треба мати дані про грозову активність у районі розміщення об'єкта. На метеостанціях можна отримати кількість годин грозової активності на рік n_0 , год/рік. Від цієї активності залежить кількість уражень блискавкою на 1 км^2 поверхні. Якщо дані спостережень на метеостанції відсутні, то цю кількість можна приблизно розрахувати за формулою, $\text{км}^{-2} \text{ рік}^{-1}$,

$$n = 6,7 T_{ep}/100, \quad (1)$$

де T_{ep} - середня тривалість гроз, год, визначена за картами інтенсивності грозової діяльності (Додаток 1) або за середніми багаторічними (не менш 10 р.) даними метеостанції, найближчої до місця знаходження об'єкта.

Очікувана кількість ударів блискавки за рік по об'єкту, рік⁻¹:

- прямокутної форми завширшки S , м, завдовжки L , м, і заввишки $h_{об}$, м,

$$N = [(S + 6 h_{об})(L + 6 h_{об}) - 7,7 \cdot h_{об}^2] n \cdot 10^{-6}; \quad (2)$$

- для зосередженого висотного об'єкту (башта, труба, вишка) заввишки $h_{об}$, м,

$$N = 9 \pi h_{об}^2 n \cdot 10^{-6}; \quad (3)$$

- для протяжного об'єкта завдовжки L , м (лінії електропередавання, зв'язку і т.п),

$$N = 6 L h_{об} n \cdot 10^{-6}. \quad (4)$$

Залежно від класифікації споруди за ПУЕ та від кількості очікуваних ударів блискавкою N вибирають тип зони (LPZ) та рівень блискавкозахисту (LPL) об'єкта.

ДСТУ ІЕС 62305-2:2012 визначають чотири рівні блискавкозахисту:

- I та II рівень – об'єкти, які треба захищати від прямих ударів, вторинних проявів та занесення високого потенціалу через надземні і підземні комунікації;
- III рівень – будинки і споруди, які треба захищати від прямого удару та занесення високого потенціалу через надземні і наземні комунікації.
- IV рівень – невеликі нежитлові об'єкти, розташовані у сільській місцевості

Надійність захисту від прямого удару блискавки P_3 :

0,99 ÷ 0,999 – для об'єктів I рівня блискавкозахисту;

0,95 ÷ 0,99 – для об'єктів II визначають очікувану кількість

ударів блискавки за рік по об'єкту: рівня блискавкозахисту;

0,9 ÷ 0,95 – для об'єктів III рівня блискавкозахисту;

не нижче ніж **0,85** – для об'єктів IV рівня блискавкозахисту.

Необхідність і рівень блискавкозахисту визначаються за табл. 1.

Таблиця 1

Визначення необхідності та рівня блискавкозахисту об'єкта від прямого удару блискавки

№ з/п	Об'єкт	Очікувана кількість уражень об'єкта за рік, за якою виконується блискавкозахист N , уражень/рік	Рівень блискавкозахисту
1	2	3	4
1	Будівлі і споруди або їхні частини, приміщення яких згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) відносяться до зон класів 1 і 20	Незалежно від N	I
2	Будівлі і споруди або їхні частини, приміщення яких згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) відносяться до зон класів 2 і 21	$N > 1$	I
		$N \leq 1$	II
3	Зовнішні установки, що створюють згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) зону класу 1	Незалежно від N	II
4	Будівлі і споруди або їхні частини, приміщення яких згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIa	Для будівель і споруд I і II ступеня вогнестійкості в разі $0,1 < N \leq 2$ і для III÷V ступеня вогнестійкості у разі $0,02 < N \leq 2$	II, III
		те саме, але у разі $N > 2$	II

Продовження табл. 1

1	2	3	4
5	Розташовані в сільській місцевості невеликі будівлі III — V ступенів вогнестійкості, приміщення яких згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIa	$N < 0,02$	IV
6	Зовнішні установки і відкриті склади, що створюють згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) зону класів П-III	$0,1 < N \leq 2$	III
		$N > 2$	II
7	Будівлі і споруди III, IIIa, IIIб, IV, V ступенів вогнестійкості, у яких відсутні приміщення, віднесені за НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) до зон вибухо- й пожежонебезпечних класів	$0,1 < N \leq 2$	III
		$N > 2$	II
8	Будівлі і споруди з легких металевих конструкцій з горючим утеплювачем (IVa ступеню вогнестійкості), у яких відсутні приміщення, віднесені за НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів	$0,02 < N \leq 2$	III
		$N > 2$	II
9	Невеликі будівлі III — V ступенів вогнестійкості, розташовані в сільській місцевості, у яких відсутні приміщення, що відносяться за НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів	Для III, IIIa, IIIб, IV, V ступеня вогнестійкості в разі $N < 0,1$ і для IVa ступеня вогнестійкості в разі $N < 0,02$	IV

Продовження табл. 1

1	2	3	4
10	Будівлі обчислювальних центрів, а також будівлі, у яких встановлено обладнання інформаційних технологій або будь-яке інше електронне обладнання, чутливе до атмосферних перешкод	Незалежно від <i>N</i>	I, II
11	Тваринницькі і птахівничі будівлі і споруди III—V ступенів вогнестійкості: для великої рогатої худоби і свиней на 100 і більше голів, для овець на 500 голів і більше, для птахів на 1000 голів і більше, для коней на 40 голів і більше	Незалежно від <i>N</i>	II, III
12	Димові та інші труби підприємств і котелень, башти й вежі всіх призначень заввишки 15 м і більше	Незалежно від <i>N</i>	III
13	Житлові і громадські будівлі, висота яких на 25 м і більше перевищує середню висоту навколишніх будівель у радіусі 400 м, а також окремі будівлі заввишки понад 30 м, що віддалені від інших будівель більше ніж на 400 м	Незалежно від <i>N</i>	III
14	Окремо житлові й громадські будівлі в сільській місцевості заввишки понад 30 м	Незалежно від <i>N</i>	III
15	Громадські будівлі III—V ступенів вогнестійкості такого призначення: дитячі дошкільні установи, школи і школи-інтернати, стаціонари лікувальних установ, спальні корпуси та їдальні установ охорони здоров'я і відпочинку, культурно-освітні й видовищні установи, адміністративні будівлі, вокзали, готелі, мотелі, кемпінги	Незалежно від <i>N</i>	III

1	2	3	4
16	Відкриті видовищні установи (зали для глядачів відкритих кінотеатрів, трибуни відкритих стадіонів тощо)	Незалежно від <i>N</i>	III
17	Будівлі і споруди, що є пам'ятниками історії, архітектури і культури (скульптури, обеліски тощо)	Незалежно від <i>N</i>	III

Конструктивні особливості блискавковідводів

Існує три основні види блискавкозахисту від прямого удару: стрижневий, тросовий і сітчастий. У цій роботі розглядаються переважно стрижневі блискавковідводи. Інші види розглядаються в ДСТУ ІЕС 62305-2:2012.

Блискавковідвід – пристрій, який сприймає удар блискавки і відводить її струм у землю. **Блискавковідвід, що стоїть окремо** – блискавковідвід, розташований таким чином, що шлях струму блискавки не має контакту з об'єктом, який він захищає.

Блискавковідводи складаються з блискавкоприймача на опорі, струмовідводу та заземлювача. З'єднання цих окремих частин блискавковідводу слід виконувати лише зварюванням і, як виняток, для III рівня захисту допускається болтове з'єднання.

Опори стрижньових блискавковідводів розраховуються на вітрове навантаження як конструкції, що вільно стоять, а опори тросових блискавковідводів – з урахуванням натягу троса і дії на нього навантаження вітру та ожеледиці. Їх можна виконувати зі сталі будь-якої марки, залізобетону або дерева відповідно до проведених розрахунків.

Блискавкоприймач – частина блискавковідводу, призначена для перехоплення блискавок. Блискавкоприймачі можуть бути спеціально встановленими, у тому числі на об'єкті, або їхні функції виконують конструктивні елементи об'єкта, що захищається. В останньому випадку вони називаються **природними блискавкоприймачами**.

Для звичайних об'єктів як природні блискавкоприймачі можуть розглядатися конструктивні елементи будівель і споруд (металеві покрівлі захищуваних об'єктів, металеві конструкції даху, металеві елементи типу водостічних труб чи прикрас, металеві огорожі по краю даху,

технологічні визначають очікувану кількість ударів блискавки за рік по об'єкту: металеві труби і резервуари) за умови, що їхній переріз не менший значень, визначених для звичайних блискавкоприймачів.

Спеціально встановлені блискавкоприймачі можуть складатися з довільної комбінації таких елементів: стрижнів, натягнутих дротів (тросів), сітчастих провідників (сіток). У разі спеціального виготовлення їхній матеріал і розміри повинні задовольняти вимогам табл. 2.

Таблиця 2

Матеріал і мінімальні перерізи блискавкоприймачів

Рівень захисту	Матеріал	Переріз блискавкоприймача, мм ²
I-IV	Сталь	50
I-IV	Алюміній	70
I-IV	Мідь	35

Указані значення можуть бути збільшені залежно від підвищеної корозії або механічних дій.

Довжина блискавкоприймача має бути не меншою за 200 мм. Його захищають від корозії оцинкуванням, лудінням тощо. При влаштуванні тросового захисту переріз троса становить не менше 35 мм²

Струмовідвід – частина блискавковідводу, призначена для відведення струму блискавки від блискавкоприймача до заземлювача. Виконується зі сталевого дроту круглого перерізу з мінімальною площею 50 мм², діаметром не менше 8 мм або прямокутним профілем (смугою) розміром 4 x 12 мм.

Заземлювач – провідна частина або сукупність з'єднаних між собою провідних частин, які перебувають в електричному контакті з землею безпосередньо або через проміжне провідне середовище, наприклад, бетон.

Заземлювачі є підземним закінченням системи і бувають природними та штучними. В усіх випадках рекомендується застосовувати природні заземлювачі. **Природні заземлювачі** - металеві і залізобетонні конструкції будівель, споруд, зовнішніх установок, опор блискавковідводів, що стоять окремо, тощо, які перебувають у контакті з землею, серед яких залізобетонні фундаменти в неагресивних, слабоагресивних і середньоагресивних середовищах за умови забезпечення неперервного електричного зв'язку по їхній арматурі і приєднання її до закладних деталей за допомогою зварювання.

Штучні заземлювачі застосовуються, якщо неможливе застосування природних заземлювачів. При цьому штучний заземлювач не розраховується, а виконується зі стандартної конструкції.

Штучні заземлювачі поділяються на:(10)

- **заглиблені** – зі стрічкової чи круглої сталі, укладеної на дно фундаментів уздовж периметру;

- **вертикальні** – загвинчені стрижні завдовжки 2,5 м і діаметром 12-20 мм (мінімальний переріз 100 мм²), або кутникова сталь 40x40 мм;

- **горизонтальні** – з круглої чи штабової сталі перерізом не менше 160 мм² і завдовжки 2-40 м, укладені на глибині 0,6-0,8 м.

Для блискавковідводів, що стоять окремо, використовуються такі штучні заземлювачі:

- для I і II рівня блискавкозахисту – заземлювач, який складається з трьох і більше вертикальних електродів завдовжки не менше 3 м, об'єднаних горизонтальним електродом, і відстанню між ними не менше 3 м;

- для III рівня блискавкозахисту – заземлювач, який складається мінімум з двох вертикальних електродів завдовжки не менше 3 м, об'єднаних горизонтальним електродом, і відстанню між ними не менше 3 м;

- для IV рівня блискавкозахисту – заземлювач, який складається з одного вертикального або горизонтального електрода завдовжки 2-3 м, прокладеним на глибині не менше 0,5 м.

Штучний заземлювач перевіряється щорічно перед початком грозового сезону. Опір заземлювачів блискавкозахисту не повинен перевищувати результати відповідних вимірів під час приймання блискавкозахисту в експлуатацію більш ніж у 5 разів.

Розміри і конструкція блискавковідводів залежать від вибраного рівня захисту об'єкта.

Зона захисту блискавковідводу – простір, усередині якого будівельна конструкція захищена від прямого удару блискавки з надійністю не нижче ніж:

для об'єктів I рівня блискавкозахисту – 99,0 % і вище;

для об'єктів II рівня блискавкозахисту – 95 - 99 %;

для об'єктів III рівня блискавкозахисту – 90 - 95 %;

для об'єктів IV рівня блискавкозахисту – не нижче 85 %.

РОЗРАХУНОК ЗОНИ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТА

Вибір типу і висоти блискавковідводів виконується відповідно до значень необхідної надійності P_3 . Об'єкт вважається захищеним, якщо сукупність всіх його блискавковідводів забезпечує надійність захисту не менше P_3 .

Якщо захист об'єкта забезпечується найпростішими блискавковідводами (одиничним чи подвійним стрижньовим, одиничним чи подвійним тросовим, замкнутим тросовим), їхні розміри можна визначати за зонами захисту блискавковідводів, які відповідають заданому значенню P_3 .

За інших рівних умов висоту блискавковідводів можна знизити, якщо замість стрижньових конструкцій застосовувати тросові, особливо при підвішуванні їх уздовж зовнішнього периметру об'єкта.

Одиночний стрижньовий блискавковідвід

Стандартною зоною захисту одиничного стрижньового блискавковідводу заввишки h , м, є круговий конус заввишки $h_0 < h$, м, вершина якого збігається з вертикальною віссю блискавковідводу.

Габарити зони визначаються двома параметрами: висотою конуса h_0 , м, і радіусом конуса на рівні землі r_0 , м, (рис. 1). З рисунку видно, що блискавковідвід, розміщений посередині будівлі, більш ефективно захищає її від прямих ударів блискавки (ПУБ).

Наведені нижче розрахункові формули (табл. 3) придатні для блискавковідводів заввишки до 150 м. При більш високих блискавковідводах слід користуватися спеціальною методикою розрахунку.

Для зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу радіус горизонтального перерізу r_x , м, на висоті h_x , м, визначається формулою

$$r_x = r_0 (h_0 - h_x) / h_0. \quad (5)$$

Тому при розрахунку параметрів стрижньового блискавковідводу залежно від типу зони захисту користуються співвідношеннями у табл. 4 і 5).

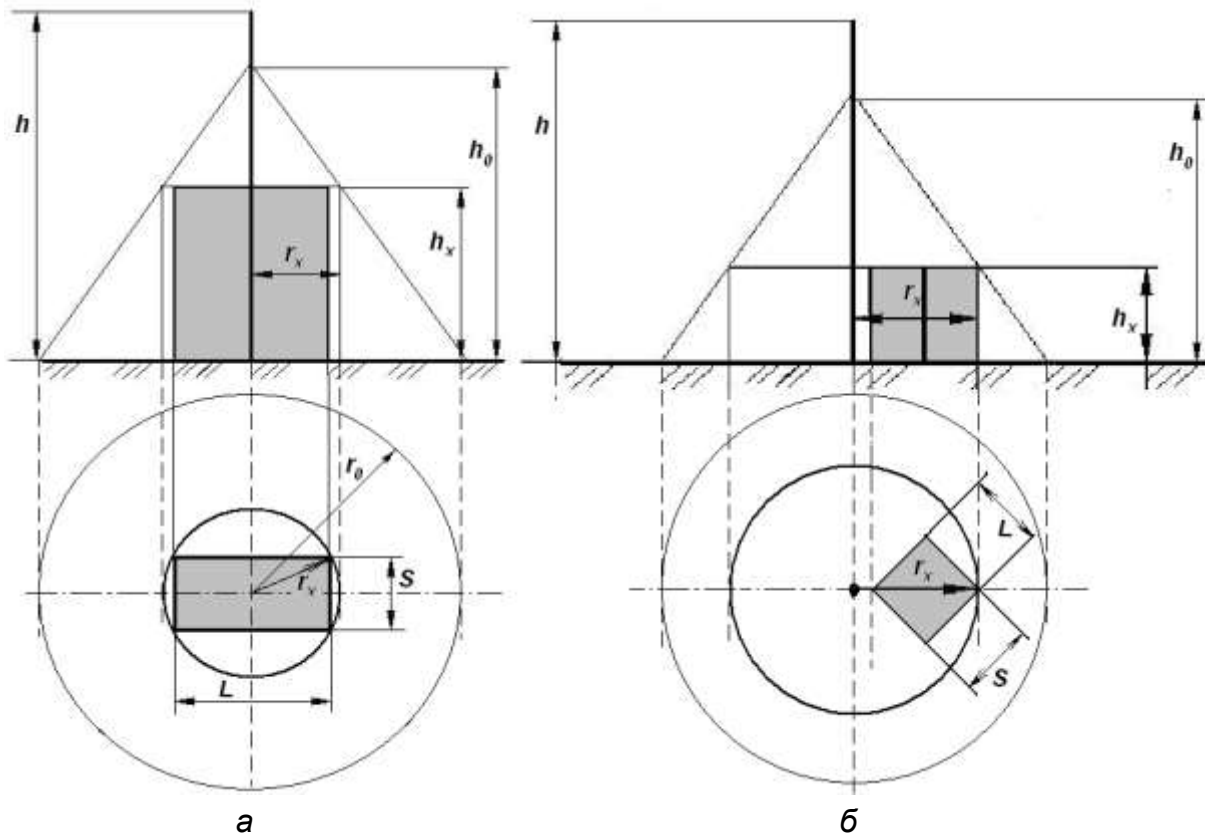


Рис 1. Зона захисту одиночного стрижньового блискавковідводу:
а – розміщеного на перетині діагоналей покрівлі будинку; **б** – розміщеного поза будівлею: h – висота блискавковідводу, м; h_0 – максимальна висота зони захисту безпосередньо біля блискавковідводу, м; h_x – висота зони захисту об'єкта (максимальна висота будівлі), м; r_0 – радіус конуса захисту на поверхні землі, м; r_x – радіус зони захисту в горизонтальному перерізі на висоті h_x

Приклад розрахунку одиночного блискавковідводу

Варіант 30

Дано: промисловий об'єкт - деревообробний цех (пил) у м. Львів, розміри споруди в плані 18х12 м, висота 12 м.

1. Об'єкт за блискавкозахистом: звичайний.
2. Кількість годин грозової активності на рік (для Львову $T_{ap} = 70$ год за додатком 2)

$$n = 6,7 T_{ap}/100 = 6,7 \cdot 70/100 = 4,7 \approx 5.$$

Тоді очікувана кількість ударів блискавки за рік по об'єкту

$$N = [(S + 6 h_{об})(L + 6 h_{об}) - 7,7 h_{об}^2] n \cdot 10^{-6} = \\ = [(12 + 6 \cdot 12)(18 + 6 \cdot 12) - 7,7 \cdot 12^2] \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 0,032 \text{ рік}^{-1}.$$

Таблиця 3

Розрахунок зони захисту одиночного стрижневого блискавковідводу

Надійність захисту P_3	Рівень зони захисту	Висота блискавковідводу h , м	Висота конуса захисту h_o , м	Радіус конуса r_o , м
0,9	III	від 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
		від 100 до 150	$0,85h$	$[1,2-10^{-3}(h-100)]h$
0,99	II	від 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
		від 30 до 100	$0,8h$	$[0,8-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)] h$
		від 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$0,7h$
0,999	I	від 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
		від 30 до 100	$[0,7-7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6-1,43 \cdot 10^{-3} (h-30)] h$
		від 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3} (h - 100)]h$

Таблиця 4

Параметри зони захисту об'єкта від прямого удару блискавки при висоті блискавковідводу до 30 м

Параметр	Зона I (99,0-99,5%)	Зона II (95-99 %)
r_x (перетин діагоналей будівлі), м	$(S^2+L^2)^{0,5}/2$	$(S^2+L^2)^{0,5}/2$
r_x (поза межами будівлі, рис 2 б), м	Визначити за геометричними співвідношеннями	
h_x	H_6 (висота об'єкта)	H_6 (висота об'єкта)
h	$r_x/0,6+ h_x/0,7$	$(r_x+ h_x)/0,8$
h_o	$0,7 h$	$0,8 h$
r_o	$0,6 h$	$0,8 h$

3. Будівля з легких металевих конструкцій з горючим утеплювачем (IVa ступеню вогнестійкості), в яких відсутні приміщення, віднесені за НПАОП 0.00-1.32-01 і НАПБ В.01.056-2005/111 до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів.

4. За додатком 1 при $0,02 < N = 0,032 \leq 2$ будівля відноситься до III категорії рівня блискавкозахисту.

Таблиця 5

Параметри зони захисту об'єкта при висоті блискавковідводу від 30 до 100 м

Параметр	Зона I (99,0-99,5%)	Зона II (95-99 %)
r_x (перетин діагоналей будівлі), м	$(S^2 + L^2)^{0,5}/2$	$(S^2 + L^2)^{0,5}/2$
r_x (поза межами будівлі), м	Визначити за геометричними співвідношеннями	
h_x	H_6 (висота об'єкта)	H_6 (висота об'єкта)
h	З кубічного рівняння $h^3 - 1459,97h^2 + (699,3r_x + 1400,56h_x + 454253)h - (706568r_x + 629664h_x) = 0$, див. примітку	$h = (-p - (p^2 - 4q)^{0,5})/2$, де $p = (589,44 + 1,25h_x)$, $q = (736,8h_x + 699,3r_x)$
h_o	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$0,8h$
r_o	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$

Примітка. Кубічне рівняння для зони I отримано підставленням до формули (5) залежностей з табл. 3, виділених жирним шрифтом. Рівняння розв'язується за формулою Кардано чи тригонометричною формулою Вієта або чисельним методом. Наприклад, у безкоштовній системі з відкритим кодом SciLab (скачати можна з офіційного сайту www.scilab.org) достатньо виконати команди:

```
rx=<значення r_x>;
hx=<значення h_x>;
roots(poly([-706568*rx-629664*hx, 699.3*rx+...
1400.56*hx+454253, -1459.97, 1], 'h', 'coeff'))
```

З усіх дійсних додатних коренів слід обрати найменший, більший за h_x .

5. Обираємо вид блискавкоприймача (природний або спеціально встановлений) та тип блискавковідводу (чи групи блискавковідводів) і його розташування на території чи об'єкті. Прийнято спеціально встановлений блискавкоприймач та його тип – одиничний стрижньовий блискавковідвід.
6. Розрахунок:
радіус будівлі

$$r_x = (S^2 + L^2)^{0,5} / 2 = (12^2 + 18^2)^{0,5} / 2 = 10,81 \text{ м};$$

висота будівлі

$$h_x = h = 12 \text{ м};$$

приймаємо висоту блискавковідводу $h < 30$ м, тоді

$$h = (r_x + h_x) / 0,8 = (10,81 + 12) / 0,8 = 28,5 < 30 \text{ м}$$

(якщо буде отримано $h > 30$ м, використовуємо відповідне рівняння);

h_0 і r_0 розраховуються за відповідними формулами:

$$h_0 = 0,8 h = 28,5 \cdot 0,8 = 22,8 \text{ м.}$$

$$r_0 = 0,8 r_x = 28,5 \cdot 0,8 = 22,8 \text{ м.}$$

Результати розрахунку наведено на рис. 2.

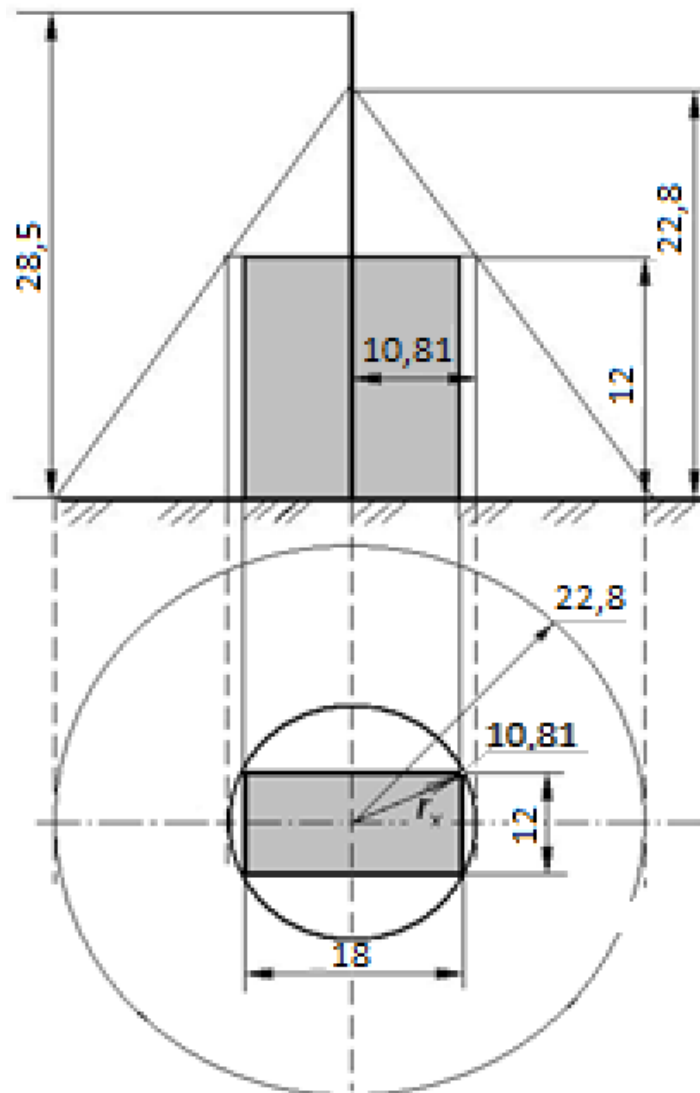


Рис. 2. Зона захисту одиничного стрижньового блискавковідводу розміщеного на перетині діагоналей покрівлі будинку

Подвійний стрижньовий блискавковідвід

Блискавковідвід вважається подвійним, коли відстань між стрижньовими блискавкоприймачами L , м, не перевищує граничної величини L_{max} , м. В іншому випадку обидва блискавковідводи розглядаються як одиничні.

Конфігурація вертикальних і горизонтальних перерізів стандартних зон захисту подвійного стрижньового блискавковідводу заввишки h , м, і відстанню L , м, між блискавковідводами наведена на рис. 3.

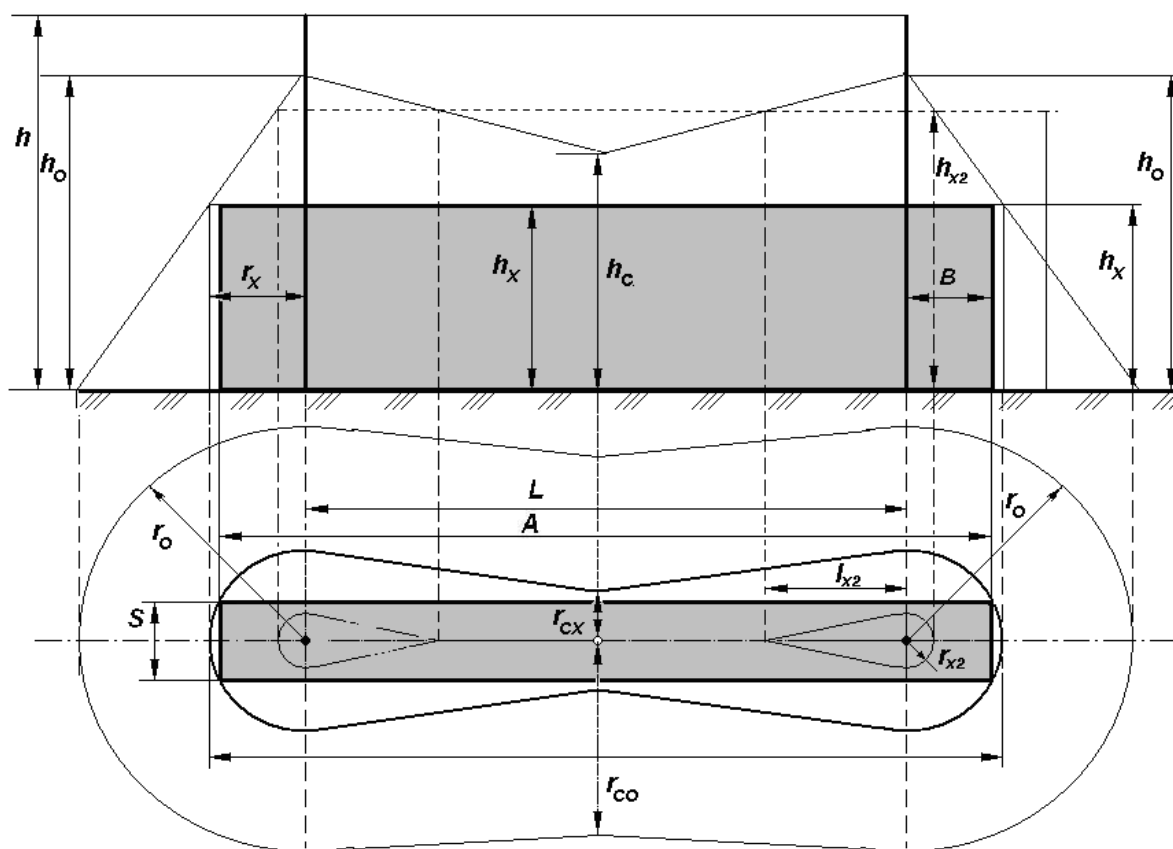


Рис 3. Зона захисту подвійного стрижньового блискавковідводу:

L – відстань між блискавковідводами, м; h – висота блискавковідводу, м;
 h_o – максимальна висота зони захисту безпосередньо біля блискавковідводу, м;
 r_o – радіус конуса захисту (торцева частина зони захисту), м; r_x – максимальна напівширина, м, зони в горизонтальному перерізі на висоті h_x , м; h_c – мінімальна висота зони захисту посередині між блискавковідводами, м; r_{cx} – напівширина горизонтального перерізу в центрі між блискавковідводами, м

Побудова зовнішніх областей зон подвійного блискавковідводу (напівконусів з габаритами, м, h_o , r_o) виконується за формулами табл. 3, 4 і 5 для одиничних стрижньових блискавковідводів.

Розміри внутрішніх областей визначаються параметрами:

- максимальною висотою h_o , м, зони безпосередньо біля блискавковідводів;
- мінімальною висотою h_c , м, зони посередині між блискавковідводами (практично вона не повинна бути меншою від висоти об'єкту захисту).

При відстані між блискавковідводами $L \leq L_c$ межа зони не має провисання:

$$h_c = h_o, \text{ м.} \quad (6)$$

Для відстані $L_c \leq L \leq L_{max}$ висота h_c визначається за формулою, м,

$$h_c = h_o (L_{max} - L) / (L_{max} - L_c). \quad (7)$$

Граничні відстані L_{max} і L_c для блискавковідводів заввишки до 150 м обчислюються за емпіричними формулами табл. 6. При більшій висоті блискавковідводів слід користуватися спеціальним програмним забезпеченням. Розміри горизонтальних перерізів зони обчислюються за формулами, спільними для всіх рівнів надійності захисту:

- максимальна напівширина зони r_x в горизонтальному перерізі на висоті h_x , м, визначається за формулою, м:

$$r_x = r_o (h_o - h_x) / h_o, \quad (8)$$

- довжина горизонтального перерізу l_{x2} , м, на висоті $h_{x2} \geq h_c$, м

$$l_x = L (h_o - h_{x2}) / (2 (h_o - h_c)) \text{ при } h_x \geq h_c; \quad (9)$$

$$l_x = L/2 \text{ при } h_x < h_c. \quad (10)$$

- ширина горизонтального перерізу в центрі між блискавковідводами $2r_{cx}$ на висоті $h_x \leq h_c$, м,

$$2r_{cx} = 2r_o (h_c - h_x) / h_c. \quad (11)$$

При значенні мінімальної висоти зони захисту посередині між блискавковідводами $h_c = h_x$ ширина горизонтального перерізу в центрі між блискавковідводами $2r_{cx}$ стає рівною нулю, тобто $r_{cx} = 0$.

Одиничний тросовий блискавковідвід

Стандартні зони захисту одиничного тросового блискавковідводу заввишки h обмежені симетричними двосхилими поверхнями, що створюють у вертикальному перерізі рівнобедрений трикутник з вершиною на висоті $h_o < h$, м, і основою на рівні землі $2r_o$, м (рис. 4).

Таблиця 6

Розрахунок параметрів зони захисту подвійного стрижньового блискавковідводу

Надійність захисту P_3	Висота блискавковідводу h , м	L_{max} , м	L_c , м
0,9	від 0 до 30	$5,75 h$	$2,5h$
	від 30 до 100	$[5,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] h$	$2,5h$
	від 100 до 150	$5,5h$	$2,5h$
0,99	від 0 до 30	$4,75h$	$2,25h$
	від 30 до 100	$[4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] h$	$[2,25 - 0,01007(h - 30)] h$
	від 100 до 150	$4,5h$	$1,5h$
0,999	від 0 до 30	$4,25h$	$2,25h$
	від 30 до 100	$[4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] h$	$[2,25 - 0,01007(h - 30)] h$
	від 100 до 150	$4,0h$	$1,5h$

Розрахункові формули в табл. 7 придатні для блискавковідводів заввишки до 150 м. При більшій висоті слід користуватися спеціальним програмним забезпеченням. Тут і далі під h розуміється мінімальна висота троса над рівнем землі (з урахуванням провисання), м. Пів ширина r_x , м, зони захисту необхідної надійності одиничного тросового блискавковідводу на висоті h_x , м, від поверхні землі становить

$$r_x = r_o (h_o - h_x) / h_o. \quad (12)$$

За необхідності розширити об'єм, що захищається, до торців зони захисту власне тросового блискавковідводу можуть додаватися зони захисту несучих опор, які розраховуються за формулами одиничних стрижньових блискавковідводів. У разі великих провисань тросів, наприклад, на повітряних лініях електропередавання, рекомендується розраховувати забезпечувану ймовірність прориву блискавки програмними методами, оскільки побудова зон захисту за мінімальною висотою троса в прогоні може призвести до невиправданих витрат матеріалів і коштів.

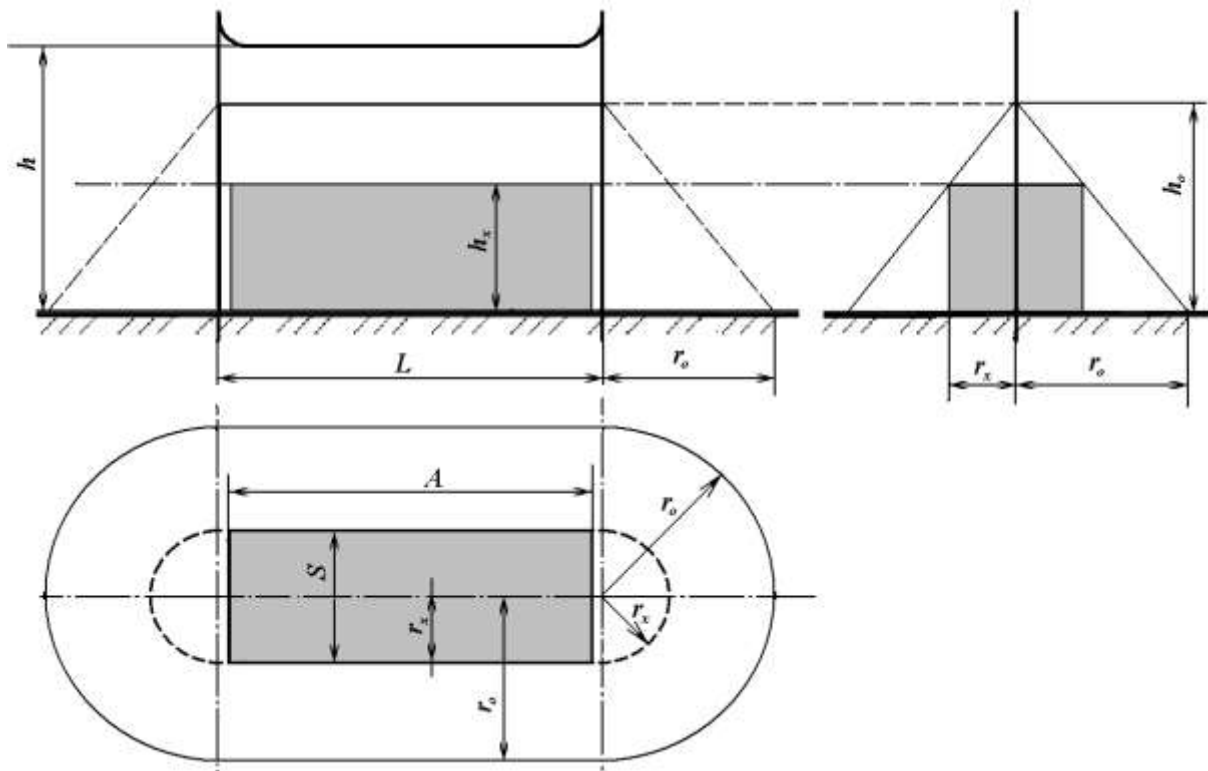


Рис 4. Зона захисту одиночного тросового блискавковідводу:

h – мінімальна висота тросу над рівнем землі, м; h_0 – висота зони захисту, м; r_0 – напівширина зони захисту на поверхні землі, м; L – відстань між точками підвісу тросів, м; r_x – напівширина зони захисту на висоті h_x від поверхні землі, м

Таблиця 7

Розрахунок зони захисту одиночного тросового блискавковідводу

Надій- ність за- хисту P_3	Висота блис- кавковідводу h , м	Висота зони захисту h_0 , м	Пів ширина зони за- хисту r_0 , м
0,9	від 0 до 150	$0,87 h$	$1,5 h$
0,99	від 0 до 30	$0,8 h$	$0,95 h$
	від 30 до 100	$0,8 h$	$[0,95 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)] h$
	від 100 до 150	$0,8 h$	$[0,9 - 10^{-3}(h-100)] h$
0,999	від 0 до 30	$0,75 h$	$0,7 h$
	від 30 до 100	$[0,75 - 4,28 \cdot 10^{-4}(h-30)] h$	$[0,7 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)] h$
	від 100 до 150	$[0,72 - 10^{-3}(h-100)] h$	$[0,6 - 10^{-3}(h-100)] h$

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

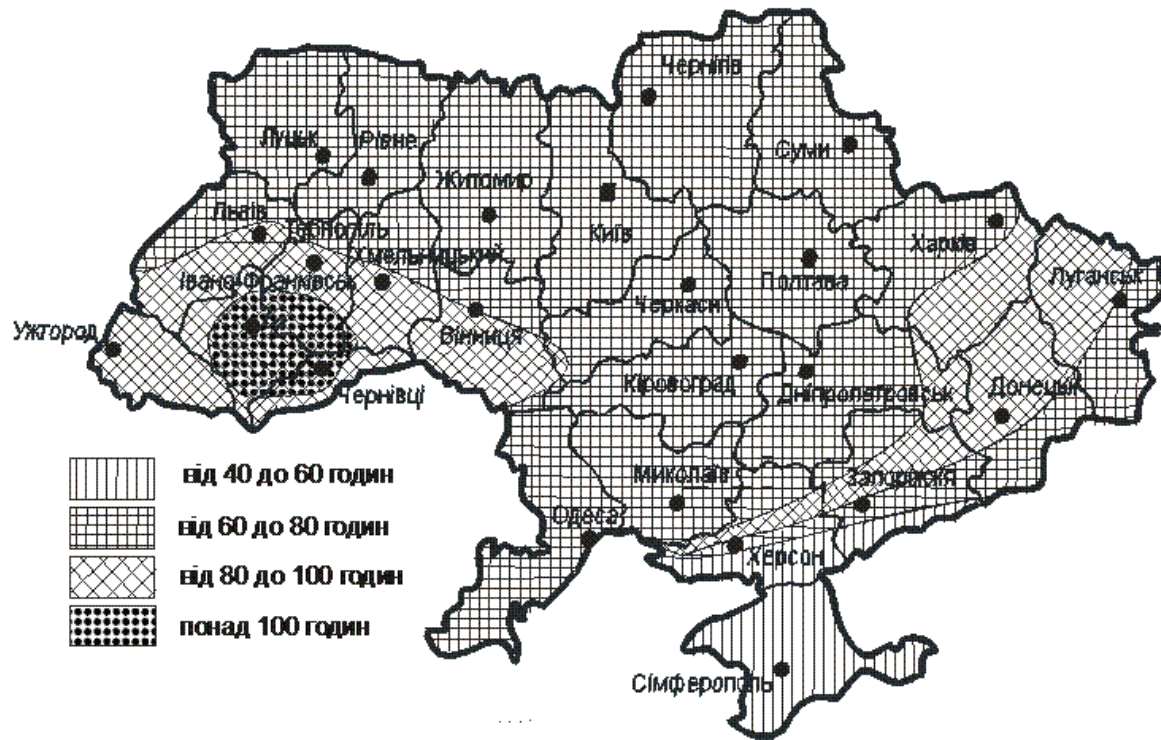
1. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно - будівельних спеціальностей. Навчальний посібник / За редакцією В.В.Сафонова. - Київ: Основа, 2011. -438 с.
2. Охрана труда в строительстве. Инженерные решения. Справочник / В. И. Русин, Г. Г. Орлов., Н. М. Неделько и др.- К.: Будівельник. 1990.-208 с.
3. НПАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [чинні з 10.02.1998].
4. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) / Міненерговугілля України [Чинні з 21.07.2017]. - Київ, 2017. - 617 с.
5. ДСТУ 1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будівель, та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [чинний з 01.01.2017].
6. ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинні з 01.06.2017].
7. ДБН В.1.2.7-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. [Чинні з 01.10.2008].
8. НАПБ А.01-001-2014. Правила пожежної безпеки України [Чинні з 05.03.2015].
9. ДСТУ EN 62305-1:2012 Блискавкозахист. Загальні принципи / МЕК (IEC). Чинні з 01.08.2012.
10. ДСТУ EN 62305-2:2012 Блискавкозахист. Управління ризиками / МЕК (IEC). Чинні з 01.08.2012.
11. ДСТУ EN 62305-3:2012 Блискавкозахист. Фізичне руйнування споруд та небезпека для людей / МЕК (IEC). Чинні з 01.08.2012.
12. ДСТУ EN 62305-4:2012 Блискавкозахист. Електричні та електронні системи розташовані в будинках і спорудах / МЕК (IEC). Чинні з 01.08.2012.
13. ДСТУ EN 62561-1:2019 Компоненти системи блискавкозахисту LPSC. Вимоги до з'єднувальних компонентів (EN 62561-1:2017, IDT; IEC 62561-1:2017, IDT) / МЕК (IEC). Чинні з 01.07.2020.
14. ДСТУ EN 62561-2:2019 Компоненти системи блискавкозахисту LPSC. Вимоги до провідників та уземлювальних електродів (EN 62561-2:2018, IDT; IEC 62561-2:2018, IDT) / МЕК (IEC). Чинні з 01.07.2020.

15. ДСТУ EN 1090-1:2019 Компоненти системи блискавкозахисту LPSC. Вимоги до провідників та уземлювальних електродів (EN 62561-2:2018, IDT; IEC 62561-2:2018, IDT) / МЕК (IEC). Чинні з 01.07.2020.

16. ДСТУ EN 1090-2:2019 Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Технічні вимоги до сталевих конструкцій. (EN 1090-2:2018, IDT). Чинні з 01.07.2020.

17. ДСТУ EN 1090-4:2019 Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Технічні вимоги до холодноформованих сталевих будівельних елементів та конструкцій для покрівель, стель, підлог і стін. (EN 1090-4:2018, IDT). Чинні з 01.07.2020.

Карта середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України



Завдання

Варианти	Висота приміщення <i>H</i> , м	Розміри приміщення <i>L</i> × <i>S</i> , м	Місцевість	Захищений промисловий об'єкт	Рекомендований тип блискавки відводу
1	2	3	4	5	6
1	6	12 x 12	Крим	Металообробний цех	одинарний
2	6	18 x 6	Львів	Виробництво легкозаймистих рідин	одинарний
3	6	12 x 12	Київ	Деревообробний цех (пил)	одинарний
4	6	12 x 6	Крим	Компресорна природного газу	одинарний
5	12	18 x 12	Одеса	Металообробний цех	одинарний
6	9	18 x 36	Львів	Деревообробний цех (пил)	подвійний
7	10	18 x 36	Київ	Виробництво легкозаймистих рідин	подвійний
8	7	12 x 28	Крим	Будівля, віднесена до зони класу 2 за НАПБ	подвійний
9	6	18 x 12	Одеса	Склад легкозаймистих рідин	одинарний
10	12	24 x 36	Львів	Тваринницька будівля V ступеню вогнестійкості	подвійний
11	6	12 x 6x	Київ	Металообробний цех	одинарний
12	6	18 x 12	Крим	Компресорна природного газу	одинарний
13	6	12 x 36	Одеса	Деревообробний цех (пил)	подвійний
14	6	18 x 36	Львів	Трансформаторна підстанція	подвійний
15	12	24 x 28	Київ	Зовнішня установка (зона класу 1 за НАПБ)	подвійний
16	9	18 x 12	Львів	Металообробний цех	одинарний
17	10	24 x 36	Одеса	Нафтопереробне виробництво	одинарний

Закінчення дод. 2

1	2	3	4	5	6
18	7	12 x 36	Київ	Будівля, віднесена до зони класу 2 за НАПБ	подвійний
19	6	18 x 12	Крим	Деревообробний цех (пил)	одинарний
20	12	18 x 36	Львів	Тваринницька будівля V ступеню вогнестійкості	подвійний
21	6	18 x 36	Одеса	Зовнішня установка (зона класу 1 за НАПБ)	подвійний
22	6	24 x 28	Київ	Трансформаторна підстанція	подвійний
23	6	18 x 12	Київ	Зовнішня установка (зона класу 1 за НАПБ)	одинарний
24	6	16 x 36	Крим	Виробництво легкозаймистих рідин	подвійний
25	12	12 x 6	Львів	Обчислювальний центр	одинарний
26	9	18 x 12	Крим	Металообробний цех	одинарний
27	10	18 x 36	Одеса	Обчислювальний центр	одинарний
28	7	18 x 36	Львів	Зовнішня установка (зона класу 1 за НАПБ)	подвійний
29	6	24 x 28	Київ	Металообробний цех	подвійний
30	12	18 x 12	Львів	Деревообробний цех (пил)	одинарний
31	7	24 x 36	Крим	Трансформаторна підстанція	подвійний
32	6	18 x 52	Одеса	Тваринницька будівля V ступеню вогнестійкості	подвійний

Приклади виконання блискавкозахисту різних об'єктів

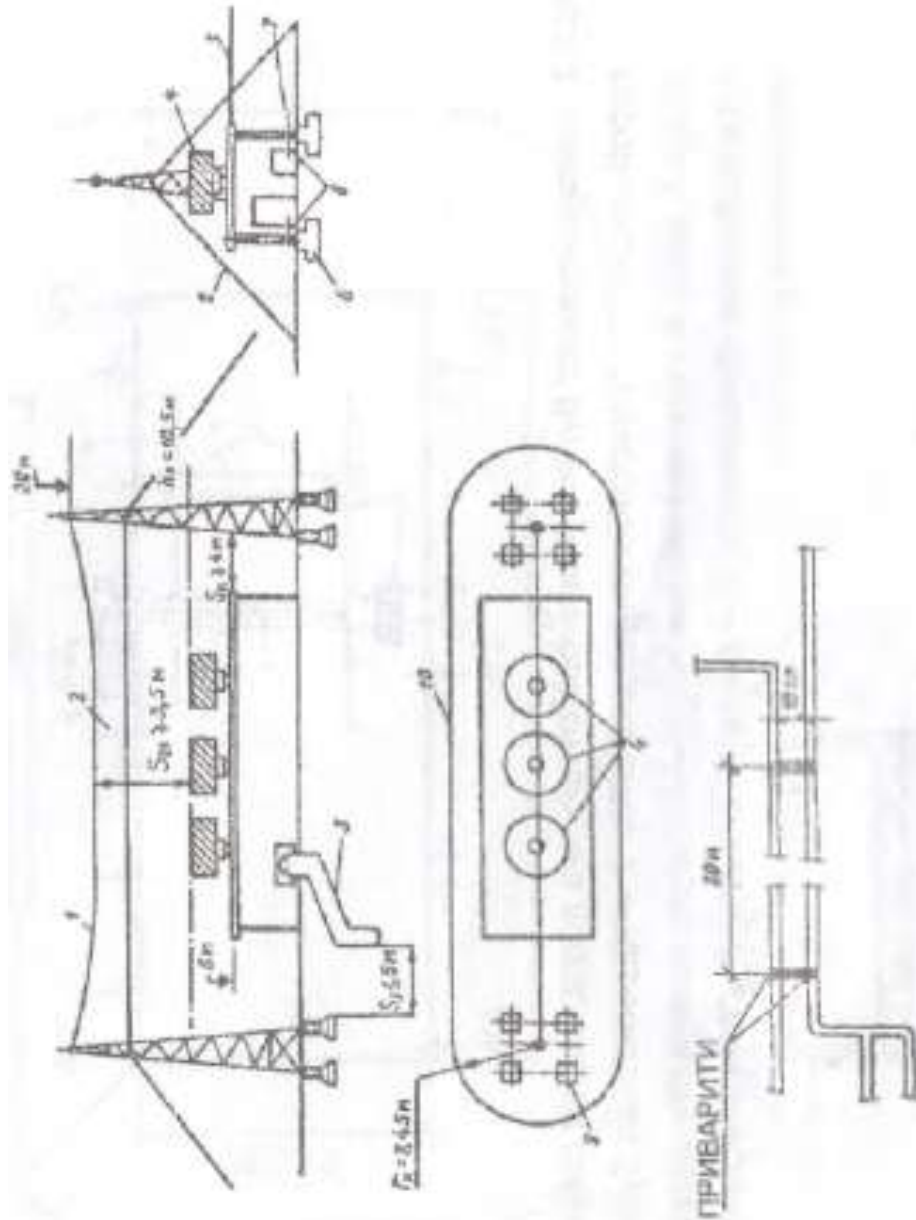


Рис 3.1. Блискавкозахист будівлі I категорії окремо розташованим блискавковідводом ($\rho = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $S_R \leq 4 \text{ м}$, $S_3 \leq 6 \text{ м}$, $S_{D1} \leq 3,5 \text{ м}$); 1 – трос; 2 – границі зони захисту; 3 – ввід підземного трубопроводу; 4 – границя розповсюдження вибухонебезпечної концентрації; 5 – з'єднання арматури, що виконується зварюванням; 6 – залізобетонний фундамент; 7 – закладні елементи для приєднання обладнання; 8 – заземлюючий провідник зі сталі 4x40мм; 9 – заземлювачі – залізобетонні підножки; 10 – границя зони захисту на відмітці 10,5 м.

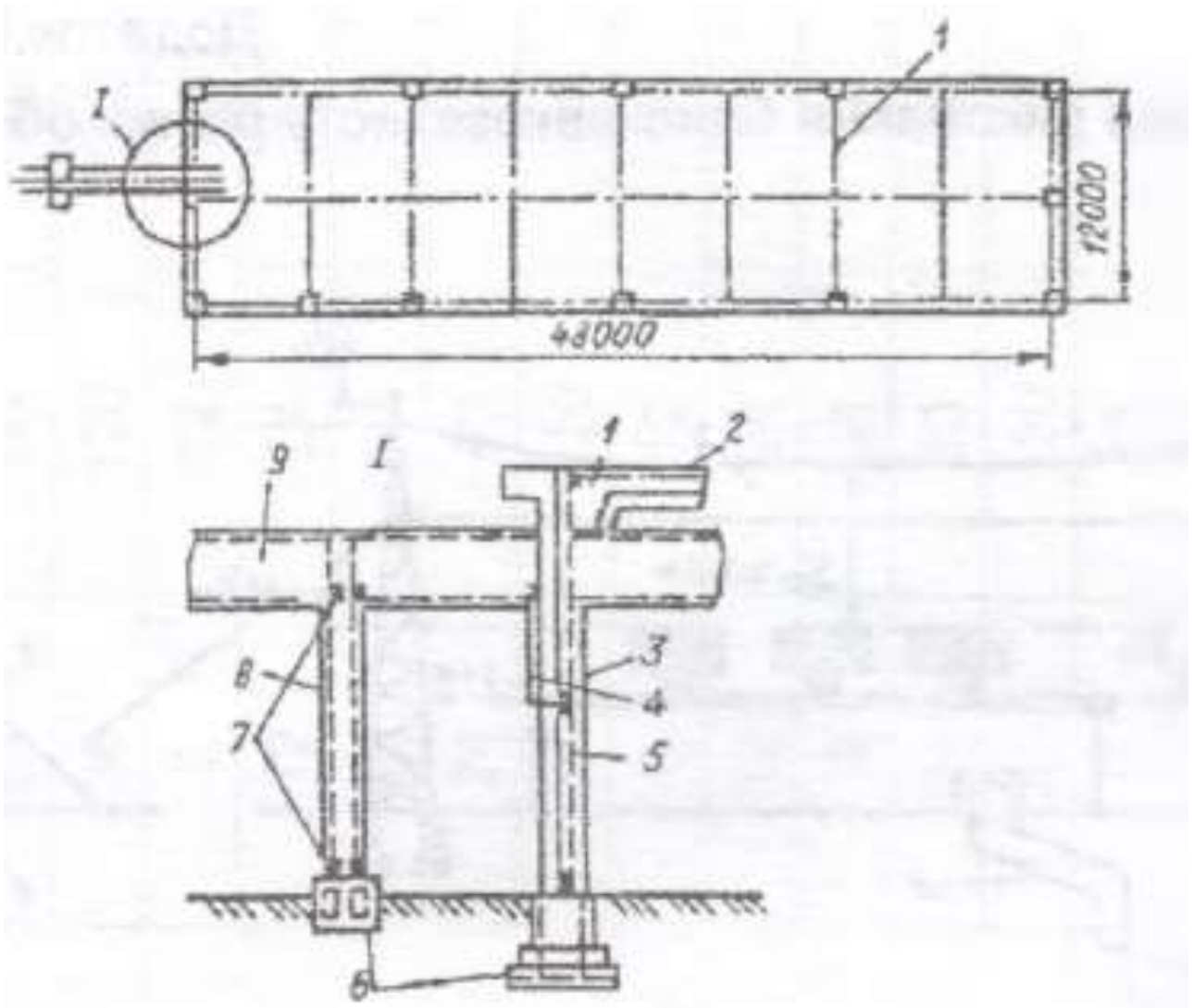


Рис. 3.2. Блискавкозахист будівлі II категорії сіткою,
яка покладена на покрівлю під гідроізоляцію:

1 – блискавкоприймальна сітка; 2 – гідроізоляція будівлі; 3 – опора будівлі;
4 – сталева перемичка; 5 – арматура колони; 6 – заземлювачі - залізобетонні
фундаменти; 7 – закладна деталь; 8 – опора естакади; 9 – технологічна естакада

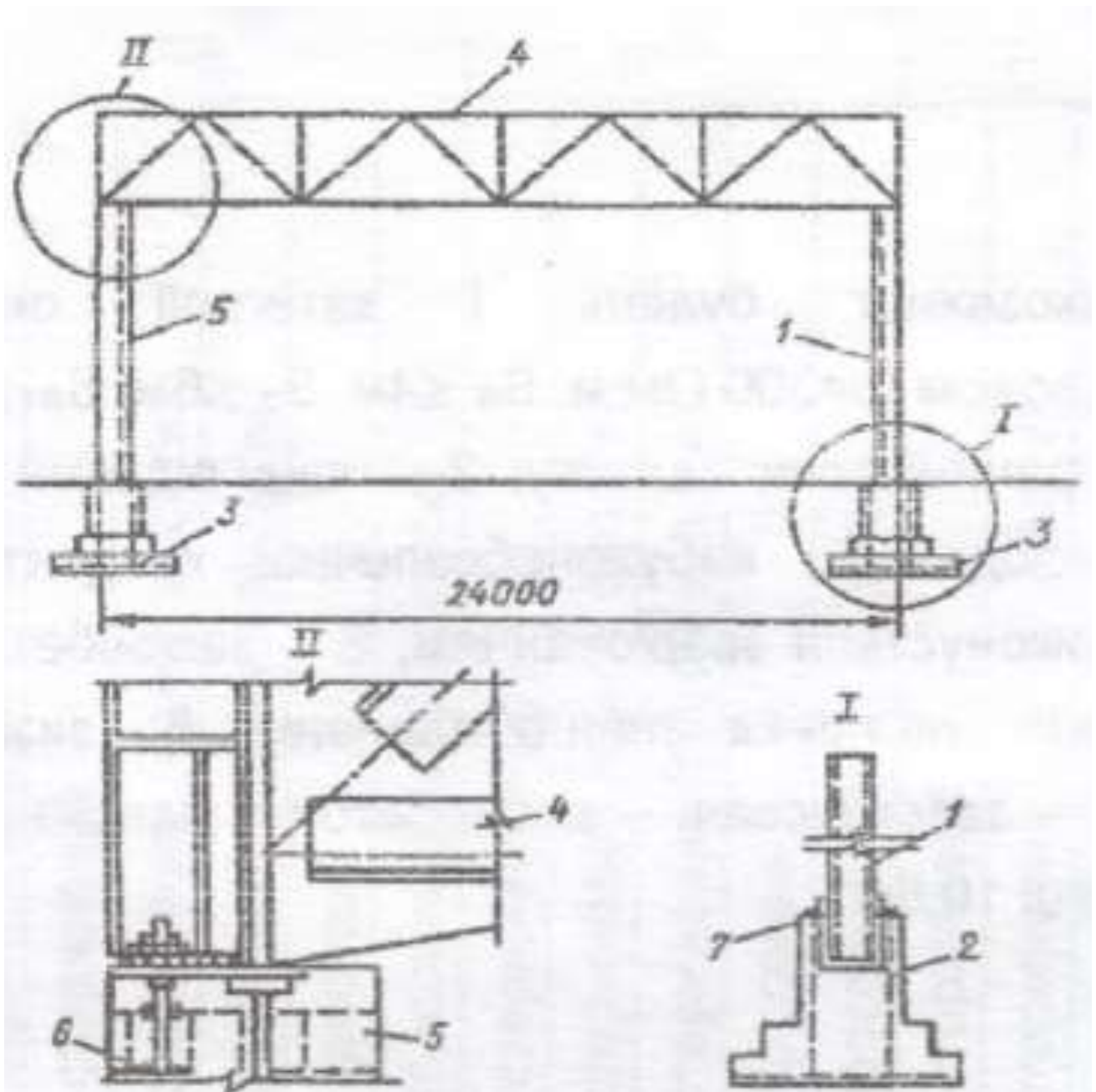


Рис. 3.3. Блискавкозахист будівлі II категорії з металевими фермами (струмовідводами і уземлювачами є арматура залізобетонних колон і фундаментів): 1 – арматура колони; 2 – арматура фундаменту; 3 – уземлювач; 4 – металева ферма; 5 – залізобетонна колона; 6 – анкерні болти, які приварюються до арматури; 7 – закладна деталь

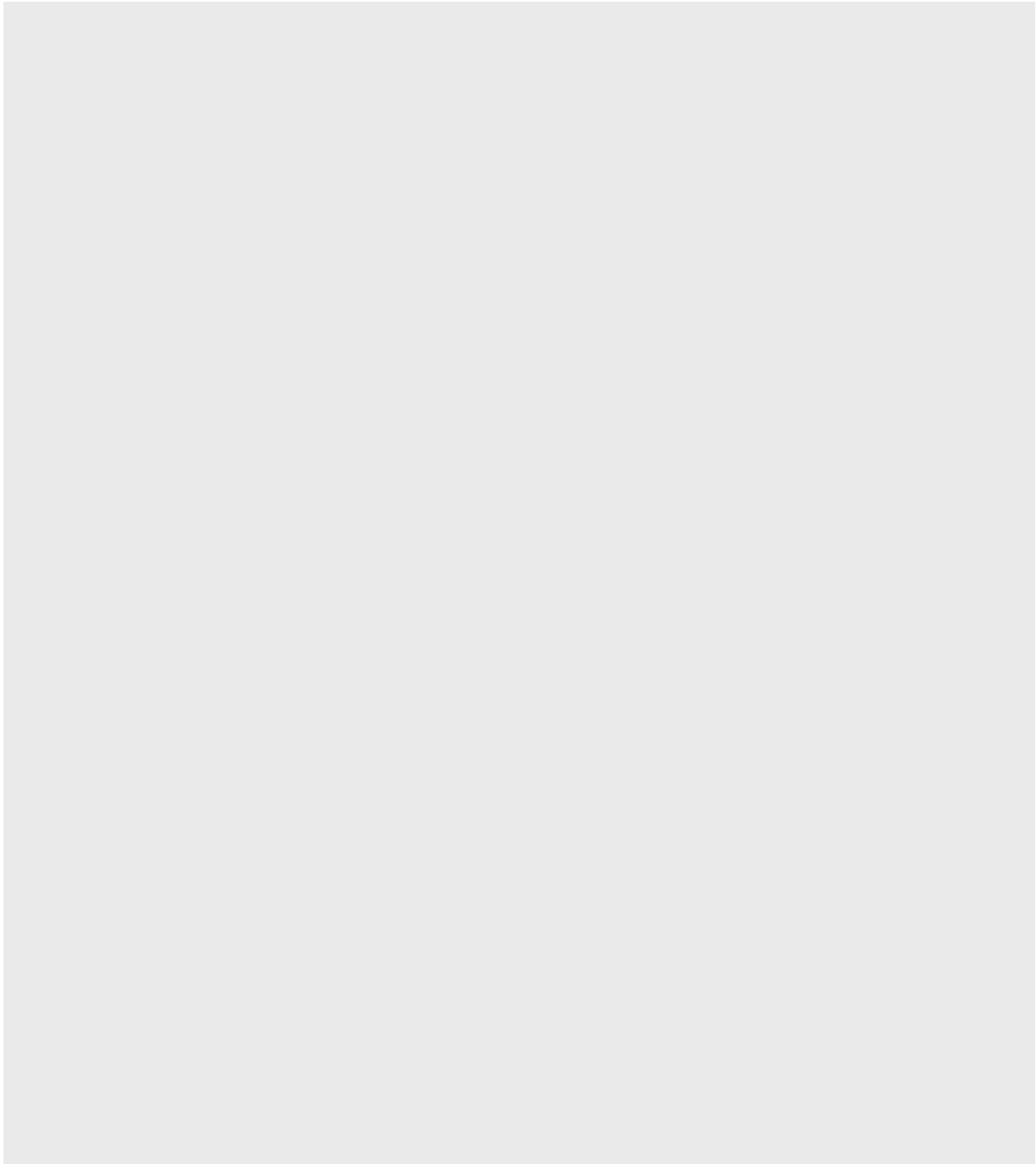


Рис.3.4. План цеху компресії азотоводнової суміші (відноситься до вибухонебезпечних будівель із зоною класу П-Іа):

- ▲ – стержневий блискавковідвід (№ 1-6); - - - - - струмовідвідна металева смуга;
- – газовідвідні труби для відводу в атмосферу газів невибухонебезпечних концентрацій, ● – газовідвідні труби для відводу в атмосферу газів вибухонебезпечних концентрацій

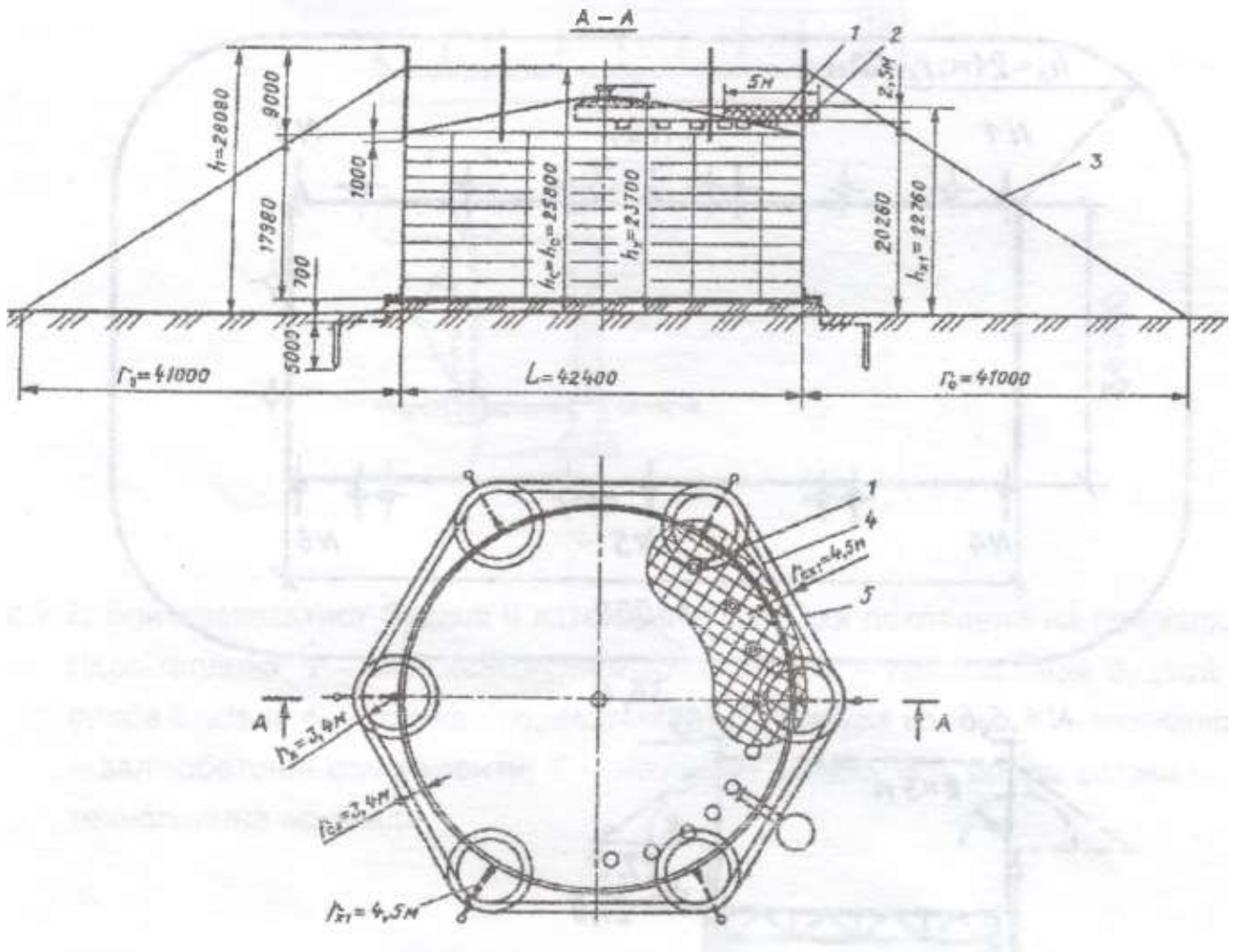


Рис. 3.5. Блискавкозахист металевго резервуара місткістю 20 тис.м³
із сферичним дахом:

- 1 – клапан аварійного викиду газів; 2 – область викиду газів вибухонебезпечної концентрації; 3 – границі зони захисту; 4 – зона захисту на висоті $h_x = 23,7$ м; 5 – зона захисту на висоті $h_x = 22,76$ м

Продовження дод. 3

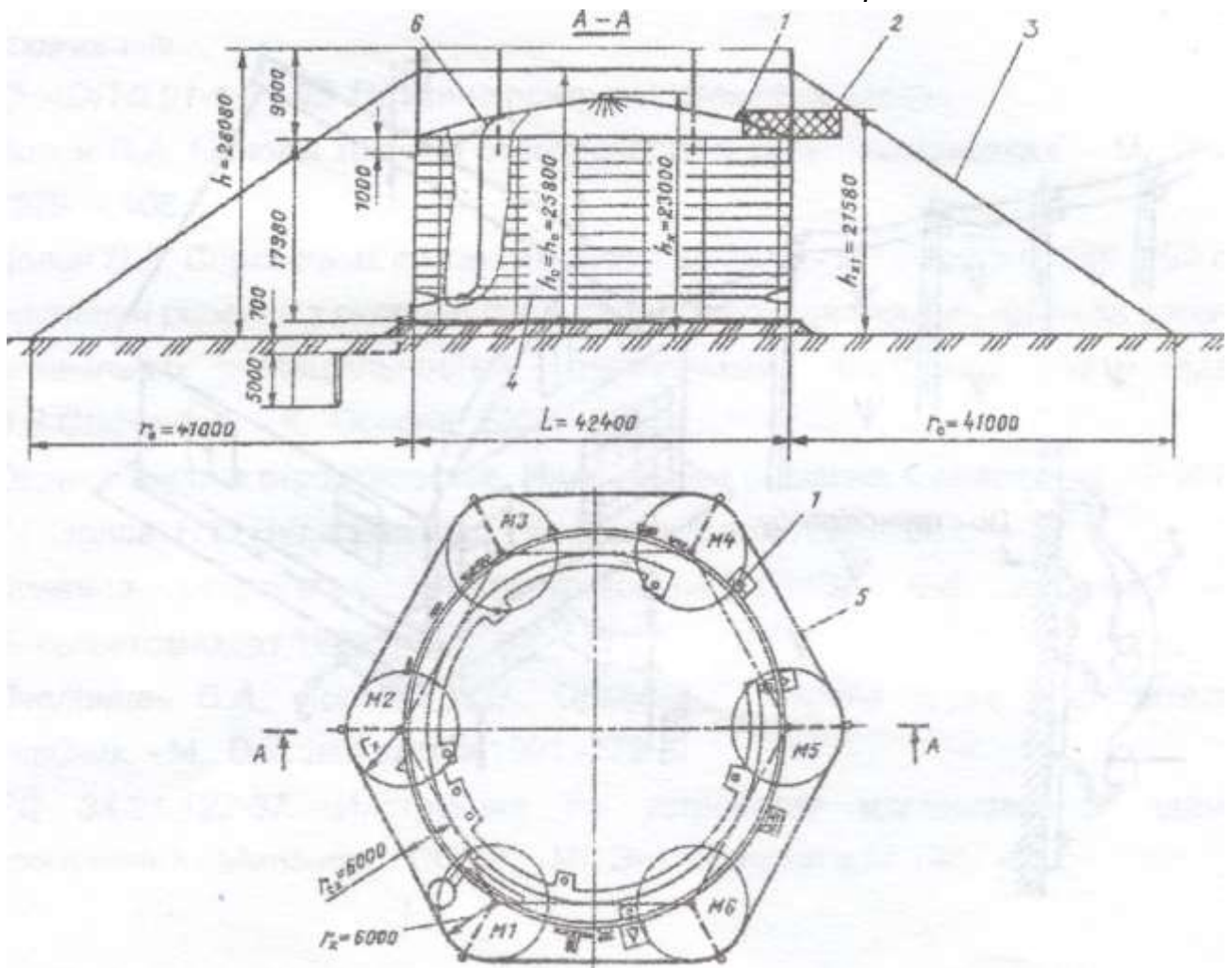


Рис. 3.6. Блискавкозахист металевго резервуара місткістю 20 тис.м³ із сферичним дахом і понтоном: 1 – клапан аварійного викиду газів; 2 – область викиду газів вибухонебезпечної концентрації; 3 – границі зони захисту; 4 – понтон; 5 – зона захисту на висоті $h_x = 23$ м; 6 – гнучкий кабель

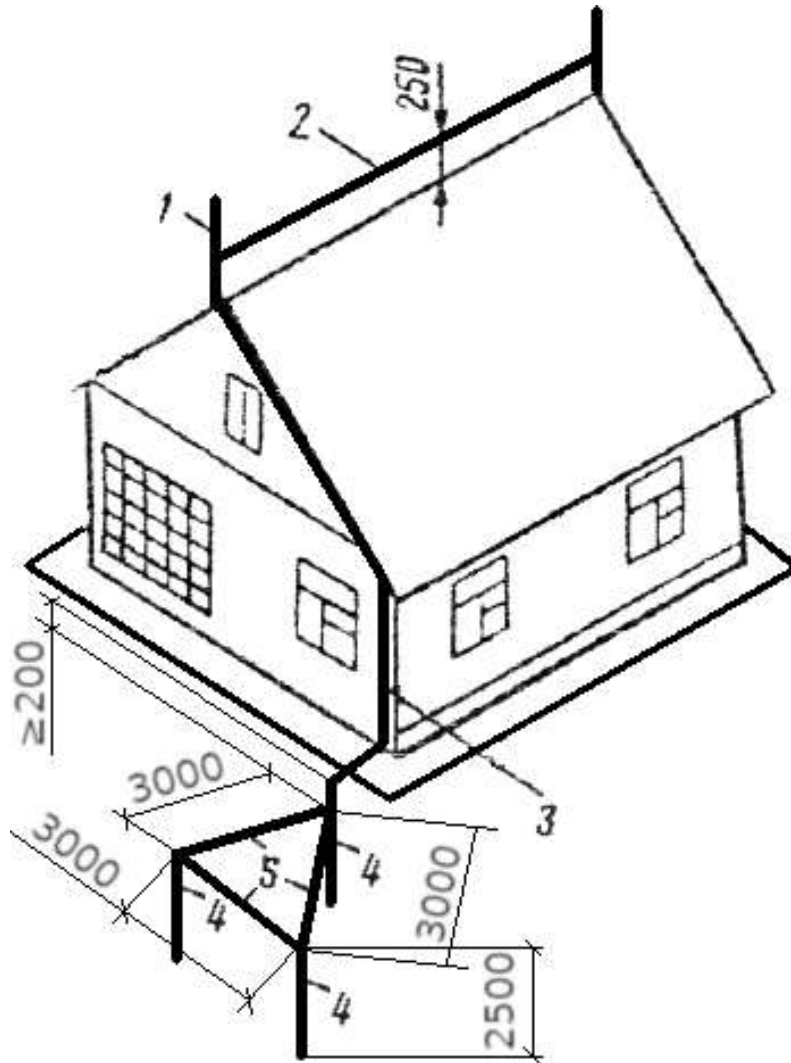


Рис. 3.7. Блискавкозахист сільського будинку тросовим блискавковідводом, встановленим на даху з трикутною системою заземлення:

1 – блискавколриймач; 2 – трос-перемичка; 3 – струмовідвід; 4 – стрижень-заземлювач завдовжки 2,5 м діаметром 12...14 мм; 5 – плоскі з'єднувальна стрічка завдовжки 3000 мм завширшки 40 мм завтовшки 20 мм; відстань від найближчого заземлювача до будинку не менше 1 м.

Примітки. Категорично забороняється поєднувати заземлення електромережі будинку з системою блискавкозахисту. Для електромережі повинно бути окреме заземлення. Категорично забороняється самовільне заземлення будь-яких приладів на систему блискавкозахисту. При утепленні будинків категорично забороняється залишати струмопроводи блискавкозахисту під шаром теплоізоляції.

Для нотаток

Для нотаток

Навчально-методичне видання

УЛАШТУВАННЯ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Методичні рекомендації
до виконання розрахунково-графічної роботи
та індивідуальних завдань з охорони праці
для студентів будівельних спеціальностей
усіх форм навчання

Укладачі: ВІЛЬСОН Олександр Георгійович;
ДЗЮБЕНКО Володимир Григорович;
КЛІМОВА Ірина Володимирівна та інш.

Випусковий редактор *В.С. Сасько*.
Комп'ютерне верстання *Р.В. Шушпанової*

Підписано до друку 10.03. 2021. Формат 60 × 84 ^{1/16}
Ум. друк. арк. 2,09. Обл.-вид. арк 2,25.
Вид. № 4/IV-21. Зам. №8/1-21.

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.