

Є. А. Бондаренко, В. М. Кутін, П. Д. Лежнюк

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
ДО РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ»
В МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБОТАХ
для студентів спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Є. А. Бондаренко, В. М. Кутін, П. Д. Лежнюк

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
ДО РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ»
В МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБОТАХ**

*для студентів спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

Вінниця
ВНТУ
2018

УДК 614.8(075)

Б81

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 12 від 26.06.2018 р.)

Рецензенти:

А. Я. Кулик, доктор технічних наук, професор

В. Р. Сердюк, доктор технічних наук, професор

М. Й. Бурбело, доктор технічних наук, професор

Бондаренко, Є. А.

Б81 Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка : навч. посіб. / Бондаренко Є. А., Кутін В. М., Лежнюк П. Д. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 120 с.

У даному навчальному посібнику викладені загальні вимоги до побудови розділу охорони праці в магістерських кваліфікаційних роботах, зміст його окремих підрозділів. Наведені методики розрахунків технічних засобів з охорони праці для енергетичної галузі та необхідні довідкові дані для розрахункового обґрунтування рішень з питань охорони праці при їх опрацюванні.

Посібник розрахований на студентів закладів вищої освіти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при підготовці магістрів.

УДК 614.8(075)

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	5
1 МЕТОДИКА РОБОТИ НАД РОЗДІЛОМ «ОХОРОНА ПРАЦІ» В МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБОТАХ.....	6
2 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ»	7
2.1 Завдання в сфері охорони праці	7
2.2 Коротка характеристика об'єкта на вибраній ділянці для розробки заходів з охорони праці	8
2.3 Аналіз умов праці, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів на об'єкті проектування	8
2.4 Розробка організаційних заходів з охорони праці.....	8
2.5 Вибір та розрахунок параметрів колективних засобів захисту (методів захисту в електроустановках), підбір індивідуальних засобів захисту працівників.....	9
2.6 Забезпечення пожежної безпеки	10
3 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	11
3.1 Розрахунок вентиляції виробничих приміщень.....	11
3.2 Розрахунок виробничого освітлення	12
3.3 Розрахунок захисного заземлення.....	24
3.4 Розрахунок занулення.....	34
3.5 Розрахунок блискавкозахисту об'єктів	39
3.6 Розрахунок електромагнітного поля лінії надвисокої напруги	52
3.7 Розрахунок струму, що проходить через тіло людини, яка стоїть на землі, внаслідок дії електромагнітного поля лінії електро-передавання надвисокої напруги.....	60
3.8 Розрахунок потужності та енергії, що поглинається тілом людини, внаслідок дії електромагнітного поля лінії електропередавання надвисокої напруги.....	63
3.9 Розрахунок ємності акумуляторної батареї для пожежної сигналізації	68
4 ПРИБЛИЗНИЙ ПЕРЕЛІК РОЗРАХУНКІВ У МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБОТАХ.....	71
5 ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	72
6 ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ» МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	77
7 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ».....	79

Додаток А Індивідуальні завдання до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах	91
Додаток Б.....	94
Додаток В	95
Додаток Г	96
Додаток Д.....	97
Додаток Е	98
Додаток Ж.....	101
Додаток И.....	102
Додаток К	105
Додаток Л	107
Додаток М	108
Додаток Н.....	109
Додаток П	110
Додаток Р.....	111
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	117

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

При реалізації наукових, проектних і технічних рішень одним з важливих показників робочого місця є створення безпечних та нешкідливих умов праці. Для вміння реалізації цієї умови в майбутній практичній діяльності студентами протягом навчання в ВНТУ передбачено вивчення відповідних курсів: «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці» та «Охорона праці в галузі». Надбані знання студент-дипломник має реалізувати на етапі розробки й захисту магістерської кваліфікаційної роботи (МКР).

Метою посібника є подання для студентів-дипломників спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка електроенергетичного напрямку змісту й обсягу розділу «Охорона праці» магістерської кваліфікаційної роботи. Цей розділ як частина розрахунково-пояснювальної записки кваліфікаційної роботи має містити текстову частину, розрахунки, таблиці, схеми, перелік використаної літератури. Обсяг розділу орієнтовно становить 10...15 с. машинописного тексту. Завдання і конкретний зміст розділу «Охорона праці» встановлює консультант з охорони праці після одержання студентом завдання на розробку кваліфікаційної роботи, які узгоджуються з керівником.

Робота над розділом «Охорона праці» є творчою розробкою, яка в результаті має показати вміння студента-дипломника:

- аналізувати умови праці на конкретному виробничому об'єкті;
- виявляти небезпечні й шкідливі виробничі фактори;
- розробляти комплекс організаційних заходів і технічних засобів, реалізація яких забезпечить безпечні й нешкідливі виробничі умови праці.

Розробка положень розділу має бути підтверджена необхідними посиланнями на відповідні законодавчі чи нормативно-технічні документи, науково-технічну літературу чи обґрунтована розрахунками. В текстовій частині потрібно навести конкретні організаційні чи технічні рішення з охорони праці, прийняті на основі нормативної документації, без викладення загальних чи загальновідомих теоретичних положень.

Використану літературу вказують згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1.21006.

1 МЕТОДИКА РОБОТИ НАД РОЗДІЛОМ «ОХОРОНА ПРАЦІ» В МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБОТАХ

Виконання розділу «Охорона праці» починають після одержання студентом-дипломником завдання на кафедрі «Електричні станції та системи» (ЕСС). Завдання, як правило, відносять до конкретної частини об'єкта магістерської кваліфікаційної роботи (цеху, дільниці, технологічного процесу та ін.).

Під час роботи студент, керуючись цим навчальним посібником, виконує чорновий рукопис розділу, в який вносить теоретичний матеріал, конкретні розробки з охорони праці за завданням, розрахункові обґрунтування окремих рішень, запропонованих консультантом розділу. За необхідності виконані розрахункові рішення мають ілюструватися відповідними рисунками чи схемами.

У процесі роботи над розділом студент одержує необхідні консультації на кафедрі ЕСС. Згідно зі встановленими строками, чорновий варіант рукопису повністю виконаного розділу студент подає консультанту з розділу охорони праці кафедри ЕСС для рецензування. При виявленні помилок, недостатній проробці матеріалу розділу рукопис повертається студенту для доопрацювання. Якщо матеріал розділу відповідає встановленим вимогам, консультант підписує чорновий рукопис, а студент-дипломник оформляє його в чистовому варіанті. Після ознайомлення з правильністю оформлення розділу консультант підписує титульну сторінку і сторінку завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, які є складовими в пояснювальній записці.

При відсутності підпису консультанта на титульній сторінці чи сторінці завдання пояснювальної записки роботи студента не допускають до захисту.

2 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ»

Матеріал розділу «Охорона праці» має бути органічно пов'язаний з темою МКР. Структура розділу наведена на рис. 2.1.

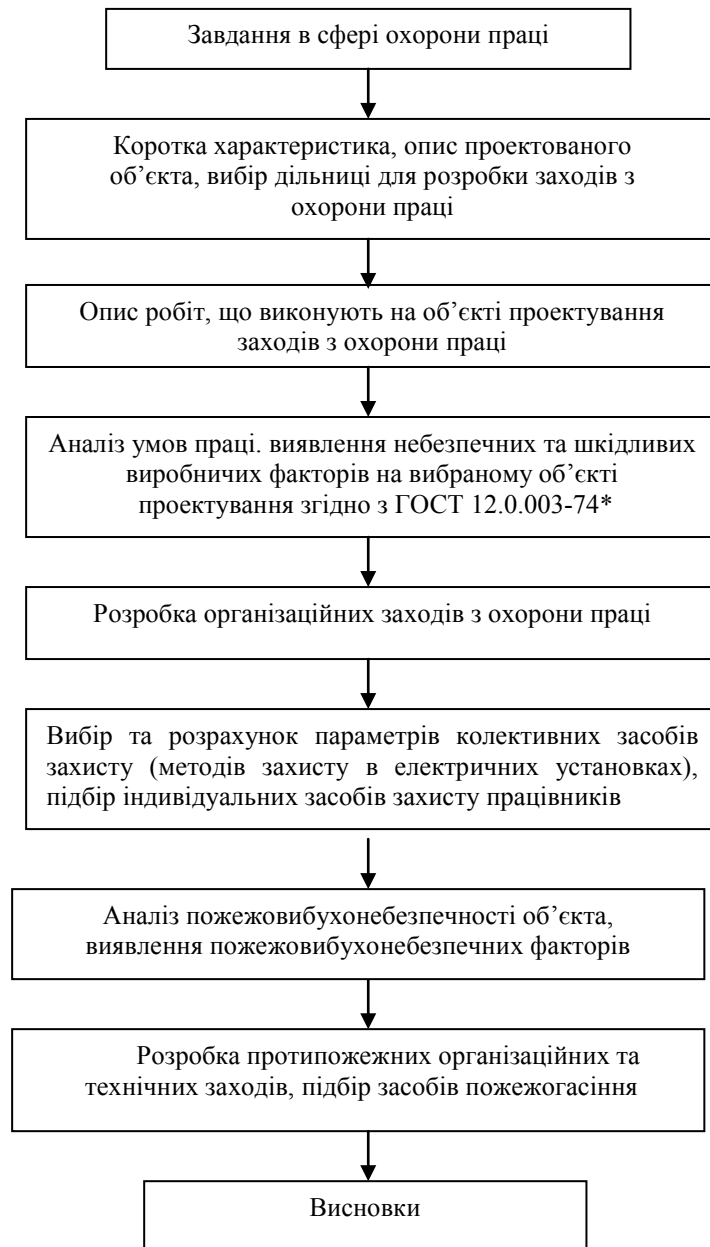


Рисунок 2.1 – структура розділу «Охорона праці» в МКР

2.1 Завдання в сфері охорони праці

У цьому підрозділі, базуючись на законодавчій та нормативно-технічній документації з охорони праці, коротко викладають загальні завдання, що стосуються реалізації охорони праці в енергетичній галузі. В

кінці підрозділу формулюють завдання розділу, яке поставлене консультантом. Приклади індивідуальних завдань до розділу «Охорона праці» наведено в додатку А.

2.2 Коротка характеристика об'єкта на вибраній ділянці для розробки заходів з охорони праці

Зміст цього підрозділу має містити в собі коротку технічну характеристику об'єкта проектування, особливості його розташування, експлуатації, кліматичні характеристики, специфічні вимоги, які необхідно враховувати при проектуванні заходів з охорони праці. Обґрунтування та визначення конкретної технологічної ділянки дипломного проекту як об'єкта проектування заходів з охорони праці.

В підрозділі «Опис робіт, що їх виконують на об'єкті проектування заходів з охорони праці», наводять опис робіт, операцій на обраному об'єкті. Описують характерні особливості робіт, що негативно впливають на умови праці.

2.3 Аналіз умов праці, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів на об'єкті проектування

У цьому підрозділі, на основі вищенаведеного опису робіт, проводять детальний аналіз виробничого процесу, виявляють небезпечні й шкідливі фактори, що можуть супроводжувати технологічні операції і тим самим негативно позначатися на формуванні умов праці, впливати на здоров'я працівників.

Негативні виробничі фактори виділяють на основі вивчення і порівняльного аналізу конкретних умов праці з небезпечними та шкідливими виробничими факторами згідно з класифікацією, наведеною у міжнародному ГОСТ 12.0.003-74* «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» (Витяг з вказаного ГОСТ наведений у додатку Б).

Виявлені негативні фактори, що можуть бути присутні у виробничому середовищі, виписують з вказаної класифікації, після назви кожного фактора дають обґрунтування причини його появи.

2.4. Розробка організаційних заходів з охорони праці

На основі переліку небезпечних і шкідливих виробничих факторів, про які йшла мова в підрозділі 2.3, у цьому підрозділі виконують творчу розробку комплексу необхідних організаційних заходів з охорони праці. В магістерських кваліфікаційних роботах студент має висвітлити причини, що

викликали необхідність застосування пропонованих ним організаційних заходів при виконанні робіт в електроустановках.

При цьому висвітлюють заходи, спрямовані на вирішення таких питань:

- забезпечення працівників на конкретному робочому місці необхідними знаннями з охорони праці;
- правильна організація безпечного і нешкідливого виконання робіт в електротехнічних установках;
- встановлення кваліфікаційних вимог до персоналу;
- перелік і правильне використання необхідних попереджувальних та заборонних надписів, плакатів і т. ін.

2.5 Вибір та розрахунок параметрів колективних засобів захисту (методів захисту в електроустановках), підбір індивідуальних засобів захисту працівників

Студенту необхідно описати принцип дії використовуваного методу захисту в електроустановках та обґрунтувати вибір методики розрахунку його параметрів.

У цьому підрозділі вирішують нижчевказані завдання.

1) Вибір необхідних колективних технічних заходів, застосування яких дає змогу створити безпечні й нешкідливі умови праці в електроустановках. Як правило, цей напрямок розробки містить обґрунтування, опис і розрахунок параметрів використовуваних колективних методів захисту працівників в електроустановках.

2) Підбір необхідних технічних засобів захисту кожного з працівників на конкретному робочому місці. До цієї категорії належать індивідуальні заходи і засоби захисту працівників, основні й допоміжні засоби захисту, необхідні при виконанні конкретних робіт, попереджувальні та заборонні плакати і надписи.

Основні технічні рішення, розроблені в цьому підрозділі, магістрант обґрунтовує відповідними розрахунками. Завдання з таких розрахунків видає консультант розділу дипломного проекту на кафедрі ЕСС. Розрахунку можуть підлягати параметри захисного заземлення, занулення електроустановок, систем штучного освітлення виробничих приміщень та ін.

В доповнення до основних вимог магістрант має описати використаний метод захисту в електроустановках та обґрунтувати вибір методики розрахунку його параметрів.

У кінці цього підрозділу наводять таблицю, що являє підсумки розробки з охорони праці, що описані в кожному з підрозділів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Заходи та засоби з охорони праці (назва робіт, технологічної ділянки, аналіз яких є завданням підрозділу «Охорона праці» дипломної роботи)

Небезпечний чи шкідливий фактор виробничого середовища	Місце дії небезпечного чи шкідливого виробничого фактора	Заходи і засоби захисту працівників

2.6 Забезпечення пожежної безпеки

Цей підрозділ будують за аналогією з підрозділами 2.3, 2.4 і 2.5. Як вихідні дані в підрозділі вказують ті елементи робочої зони, які потенційно можуть становити пожежну чи вибухову небезпечність. Це можуть бути речовини, матеріали, устаткування і т. ін. Вказують показники їх пожежо-небезпечних властивостей (температура спалаху, схильність до займання тощо). На основі цих даних визначають категорію виробничих приміщень, зон з пожежовибухонебезпеки, класи приміщень і виробничих зон з вибухо- та пожежонебезпеки.

Використовуючи таку інформацію, разом з аналізом виробничого процесу з точки зору вірогідності виникнення пожежі чи вибуху, визначають сукупність можливих пожежовибухонебезпечних факторів згідно з положеннями ГОСТ 12.1.004-91 (додаток В).

Одержану інформацію використовують для розробки організаційних і технічних протипожежних заходів. У підрозділі наводять технічні рішення систем запобігання пожеж і технічні рішення систем протипожежного захисту, виконують підбір типу та кількості необхідних первинних засобів пожежогасіння згідно з існуючими положеннями. Визначають шляхи евакуації людей при пожежі.

Особливу увагу приділяють забезпеченню пожежної безпеки у фарбувальних відділеннях, акумуляторних приміщеннях, технологічні процеси в яких відбуваються з використанням горючих і вибухонебезпечних речовин, джерел збільшеної теплової енергії, що супроводжуються виділенням пилу чи газу. В таких випадках обов'язковим є також вибір типу світильників для системи штучного освітлення виробничого приміщення, забезпечення належного рівня вентиляції й т. ін.

Для теоретичного та розрахункового обґрунтування рішень з питань охорони праці при їх опрацюванні у магістерській кваліфікаційній роботі використовують додатки Г, Д, Е, Ж, И, К, Л, М, Н, П, Р.

Висновки

У цьому підрозділі наводять підсумок з виконаних розробок у розділі «Охорона праці». Коротко вказують напрямок розробок, дають оцінку досягнутим результатам щодо забезпечення нешкідливих і безпечних умов праці, пожежної безпеки на об'єкті проектування.

3 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Розрахунок вентиляції виробничих приміщень

Для ефективної роботи системи вентиляції кількість припливного повітря $G_{\text{пр}}$ має відповідати кількості повітря $G_{\text{вд.}}$, що видаляється, різниця між ними має бути мінімальною.

В приміщеннях, повітря яких забруднено шкідливими парами, газами або пилом, кількість припливного повітря $C_{\text{пр}}$, $\text{м}^3/\text{год}$, необхідного для розбавлення шкідливих виділень до допустимих концентрацій, розраховують за формулою:

$$G_{\text{пр.}} = \frac{W}{C_{\text{вд.}} - C_{\text{п.}}},$$

де W – маса шкідливих виділень у приміщенні за одиницю часу, $\text{мг}/\text{год}$;

$C_{\text{вд.}}$, $C_{\text{пр.}}$ – концентрація шкідливих речовин в видаленому і припливному повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Об'єм повітря, що видаляється, при розрахунку місцевої витяжної вентиляції визначається з виразу:

$$G_{\text{м.}} = F \cdot v \cdot 3600,$$

де F – площа відкритого перерізу витяжного пристрою, м^2 ;

v – швидкість руху всмоктуваного повітря в цьому проймі. Залежно від токсичності і летючості газів та парів $v = 0,5 \div 1,7$ $\text{м}/\text{с}$.

При невеликій кількості шкідливих речовин, що виділяються, або якщо вона (кількість) важко визначається, розрахунок повітрообміну проводять за виразом:

$$K = \pm \frac{G}{V},$$

де K – кратність повітрообміну;

G – кількість повітря, що подається (+) за 1 годину в приміщення чи вилучається (–) з нього, $\text{м}^3/\text{год}$;

V – об'єм приміщення, м^3 .

Вибравши кратність з довідників з проектування промислових будівель, можна визначити G .

Приклад розрахунку 3.1

Визначити необхідний повітрообмін та його кратність для вентиляційної системи цеху, який має довжину 60 м, ширину 12 м, висоту 6 м. У повітряне середовище цеху виділяється пил в кількості $W = 120$ г/год (для даного виду пилу ГДК = 4 мг/м³, концентрація пилу у робочій зоні $C_{рз.} = 2,8$ мг/м³, в припливному повітрі $C_{п.} = 0,3$ мг/м³, концентрація пилу у повітрі, що видаляється з цеху, дорівнює концентрації її у робочій зоні ($C_{вд.} = C_{рз.}$), тобто пил рівномірно розподілений у повітрі).

Кількість повітря, яке відсмоктується з робочої зони місцевими відсмоктувачами, дорівнює $G_M = 1500$ м³/год.

Розв'язання

1. Визначаємо об'єм цеху:

$$V = 60 \cdot 12 \cdot 6 = 4320 \text{ м}^3.$$

2. Визначаємо необхідний повітрообмін:

$$G_{пр.} = G_{вд.} = G_M + \frac{W}{C_{рз.} - C_{п.}};$$
$$G_{пр.} = 1500 + \frac{120000}{2,8 - 0,3} = 49500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

3. Визначаємо кратність повітрообміну у цеху:

$$K = \pm \frac{G_{пр.}}{V} = \frac{49500}{4320} = 11,4 \text{ }^1/\text{год.}$$

Тобто, за одну годину повітря у цеху має обмінюватися 11,4 рази.

3.2 Розрахунок виробничого освітлення

У виробничих приміщеннях використовуються 3 види освітлення: природне, штучне та суміщене.

3.2.1 Природне освітлення

Цей розрахунок полягає у визначенні сумарної площі світлових прорізів, потрібної для забезпечення нормованого значення коефіцієнта природної освітленості на робочих місцях.

Розрахунок площі світлових прорізів при бічному (односторонньому) освітленні, тобто необхідна площа вікон, визначається за формулою 3.1

$$S_B = \frac{e_N \cdot K_3 \cdot \eta_B \cdot K_B \cdot S_{II.}}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

де S_B , $S_{II.}$ – площа вікон та площа підлоги відповідно, м^2 ;

e_N – нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО),% (з таблиць);

K_3 – коефіцієнт запасу (для виробничих приміщень $K_3=1,3-1,5$;

η_B – світлова характеристика вікон (визначається з таблиці);

K_B – коефіцієнт затінення вікон будівлями, що стоять навпроти (визначається з таблиці);

τ – загальний коефіцієнт світлопропускання віконного прорізу;

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення.

Значення коефіцієнта τ_1 визначається з таблиці залежно від параметрів приміщення та середнього коефіцієнта відбиття ρ_{CP} стелі, стін, підлоги, який визначається за формулою 3.2

$$\rho_{CP} = \frac{\rho_{стелі} \cdot S_{стелі} + \rho_{стін} \cdot S_{стін} + \rho_{підлоги} \cdot S_{підлоги}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{підлоги}}, \quad (3.2)$$

де $\rho_{стелі}$, $\rho_{стін}$, $\rho_{підлоги}$ – відповідні коефіцієнти відбиття;

$S_{стелі}$, $S_{стін}$, $S_{підлоги}$ – відповідні площі поверхонь.

$$\tau = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (3.3)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (для одинарного листа скла – 0,9; подвійного – 0,8; потрійного – 0,75);

τ_2 – коефіцієнт який враховує втрати світла в рамі світлопрорізу (для одинарних дерев'яних рам вікон і ліхтарів виробничих приміщень – 0,75);

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3 = 1$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (для штор і жалюзі, які прибираються і регулюються, – 1; для стаціонарних – 0,65...0,75; для горизонтальних козирків – 0,6– 0,9);

τ_5 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається таким, що дорівнює 0,9).

Приклад розрахунку 3.2

Розрахувати бокове одностороннє природне освітлення виробничої ділянки з розмірами: $A \cdot B = 3 \cdot 10 \text{ м}^2$ і висотою $H = 4,5 \text{ м}$, висота робочої поверхні $h_p = 0,7 \text{ м}$. Будівля знаходиться в місті Вінниця. Світлові отвори приміщення орієнтовані на схід. Протилежна будівля відсутня. Стіни і стеля приміщення пофарбовані в білий колір. У виробничій ділянці виконуються роботи середньої точності.

Розв'язання

Необхідна площа вікон визначається за формулою (3.1):

$$S_{B.} = \frac{e_N \cdot K_3 \cdot \eta_B \cdot K_B \cdot S_{II.}}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, \text{ м}^2$$

1. Визначимо нормоване значення КПО:

$$e_N = e_H \cdot m_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,275\%,$$

де e_H – значення КПО обирається за додатком Е залежно від характеристики зорових робіт (роботи середньої точності);

m_N – коефіцієнт світлового клімату обирається за додатком Ж (для м. Вінниці $m_N = 0,85$).

2. Приймаємо коефіцієнт запасу $K_3 = 1,4$.

3. Світлова характеристика вікон η_B визначається за табл. 3.1, знаючи відношення довжини приміщення (А) до його глибини (В) та відношення глибини приміщення (В) до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна (h) (рис. 3.1)

$$h = H - h_{II} - h_p = 4,5 - 1,6 - 0,7 = 2,2 \text{ м.}$$

Тоді
$$\frac{A}{B} = \frac{30}{10} = 3,$$

$$\frac{B}{h} = \frac{10}{2,2} = 4,5$$

і світлова характеристика вікон; $\eta_B = 10,5$.

Таблиця 3.1 – Значення світлової характеристики вікон (h_B) при боковому освітленні

Співвідношення довжини приміщення (А) до його глибини (В)	Співвідношення глибини приміщення (В) до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна (h)							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

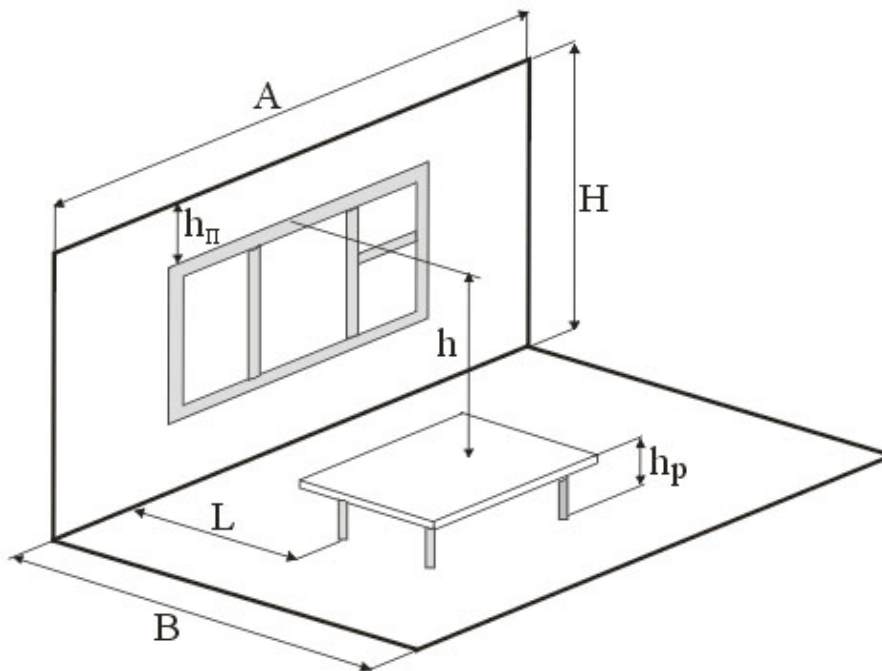


Рисунок 3.1 – Світлова характеристика вікна

4. Площа підлоги виробничої дільниці становить:

$$S_{\Pi} = A \cdot B = 30 \cdot 10 = 300 \text{ м}^2.$$

5. Оскільки вікна не мають світлозахисних пристроїв і виготовлені з підвісних дерев'яних рам, в яких встановлено віконне листове скло, то за знайденими в табл. 3.2 значеннями визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання вікон:

$$\tau = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48.$$

6. Визначаємо середній коефіцієнт відбиття приміщення:

$$\rho_{CP} = \frac{\rho_{стелі} S_{стелі} + \rho_{стін} S_{стін} + \rho_{підлоги} S_{підлоги}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{підлоги}},$$

$$\rho_{CP} = \frac{0,7 \cdot 300 + 0,5 \cdot 255 + 0,3 \cdot 300}{300 + 225 + 300} = 0,5.$$

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнтів τ_1, τ_2, τ_4

Різнovid світлопропускнуго матеріалу	Значення τ_1	Різнovid віконної рами	Значення τ_2	Сонцезахисні пристрої	Значення τ_4
<i>Скло віконне листовe:</i>		<i>Віконні рами для промислових будівель:</i>		<i>Регульовані жалюзі та штори (внутрішні, зовнішні)</i>	
одинарне	0,9	а) дерев'яні:		Стационарні жалюзі та екрани з захисним кутом не більше 45°:	
подвійне	0,8	одинарні	0,75	- горизонтальні	0,65
Потрійне	0,75	спарені	0,7	- вертикальні	0,75
<i>Скло листовe:</i>		подвійні окремі	0,6	Горизонтальні козирки:	
армоване	0,6	б) металеві:		- з захисним кутом не більше 30°:	0,8
з візерунком	0,65	одинарні (відкриваються)	0,75	- з захисним кутом від 15 до 45° (багатоступеневі)	0,6–0,9
сонцезахисне	0,65	одинарні (глухі)	0,9		
контрастне	0,75	подвійні (відкриваються)	0,6		
<i>Органічне скло:</i>		Подвійні (глухі)	0,8		
прозоре	0,9				
молочне	0,6				
<i>Пустотілі скляні блоки:</i>					
світлорозсіювальні	0,5				
прозорі	0,55				
склопакети	0,8				

7. Прорахувавши значення параметрів, що характеризують приміщення:

$$V/h = 10/2,2 = 4,5;$$

$$L/V = 5/10 = 0,5;$$

$$A/V = 30/10 = 3,$$

де L – відстань розрахункової точки до зовнішньої стіни, за табл. 3.3 визначаємо коефіцієнт r_1 . Значення $r_1 = 2,5$.

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнта g_1

В/h	l/B	Значення g_1 при боковому освітленні									Значення g_1 при боковому двосторонньому освітленні									
		Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{ср}$ стелі, стін, підлоги																		
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3			
		Відношення довжини приміщення L до його глибини B																		
		0,5	1	≥2	0,5	1	≥2	0,5	1	≥2	0,5	1	≥2	0,5	1	≥2	0,5	1	≥2	
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1	
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1	1,35	1,25	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
	1,0	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,15	1,25	1,15	1,1	
Більше 1,5 до 2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1	1,8	1,45	1,25	1,4	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	1,45	1,2	1,3	1,25	1,2	
	1,0	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,2	
Більше 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,1	
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,2	
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	
	1,0	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4	
Більше 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1	
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,15	
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,3	
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4	
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,5	
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	1,6	
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	1,7	
	1,0	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,9	

Примітка. **B** – глибина приміщення; **h** – висота від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна; **l** – відстань розрахункової точки до зовнішньої стіни.

8. Підставивши всі знайдені значення в формулу (3.3), визначаємо необхідну площу вікон приміщення:

$$S_B = \frac{1,275 \cdot 1,4 \cdot 10,5 \cdot 300}{100 + 0,48 + 2,5} = 53,8 \text{ м}^2.$$

9. Обираємо вікна з розміром $2,2 \cdot 1,7$ м, тоді площа одного вікна становитиме:

$$S'_B = 2,2 \cdot 1,7 = 3,74 \text{ м}^2$$

і визначаємо необхідну кількість вікон:

$$n = \frac{S_B}{S_B'} = \frac{53,8}{3,74} = 14,4. \text{ Приймаємо 14 вікон.}$$

Розташування вікон показано на рис. 3.2.

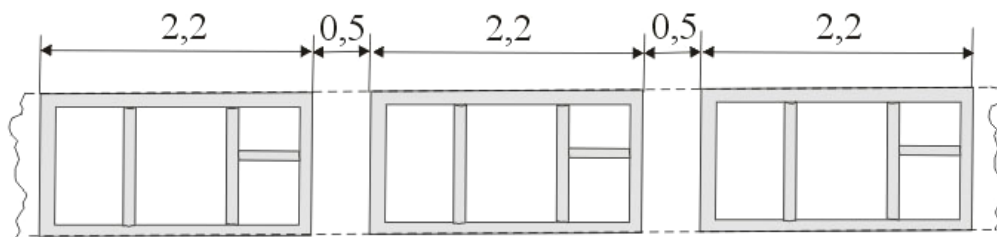


Рисунок 3.2 – Розташування вікон

3.2.2 Штучне освітлення

Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи:

- а) світлового потоку;
- б) точковий;
- в) питомої потужності.

Метод світлового потоку, як правило, використовують для розрахунку потужності освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення над горизонтальною площиною, коли відсутні крупногабаритні затінювальні предмети.

Основне розрахункове рівняння методу світлового потоку, за яким можна визначити світловий потік лампи світильника, має такий вигляд:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (3.4)$$

де E_H – нормована освітленість (додатки Е, Ж), лк;

S – площа приміщення, що освітлюється, м²;

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує значення освітленості в результаті забруднення та створення ламп (табл. 3.4);

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z=1,15$ для ламп розжарювання та дугових ртутних ламп – ДРЛ; $Z=1,1$ для люмінесцентних ламп, якщо відношення L/h не перевищує встановлених значень табл. 3.5);

N – кількість світильників;

n – кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Коефіцієнт η визначається за світлотехнічними таблицями (табл. 3.6, або 3.7) залежно від показника приміщення i , коефіцієнтів відбиття стін та стелі. Показник приміщення вираховується за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)}, \quad (3.5)$$

де A і B – довжина і ширина приміщення, м;

h – висота світильника над робочою поверхнею, м.

Визначивши світловий потік лампи $\Phi_{\text{Л}}$, за табл. 3.8 вибирають найближчу стандартну лампу.

Таблиця 3.4 – Значення коефіцієнта запасу K_3 залежно від характеристики приміщення

Характеристика приміщення	Приклади приміщень	Значення K_3 при освітленні лампами	
		газорозрядними	розжарювання
1. Робочі приміщення з повітряним середовищем, що містить в робочій зоні: а) більше 5 мг/м ³ пилю, диму, кіптяви	Агломераційні фабрики, цементні заводи, обрубні відділення ливарних цехів. Цехи ковальські, ливарні, мартенівські, зварювальні. збірного залізобетону.	2	1,7
	Цехи інструментальні, складальні, механічні, швейні, ткацькі деревообробні.	1,8	1,5
	Цехи хімічних заводів з виготовленням кислот, лугів, їдких хімічних реактивів, отрухохікаті, міндобрив; цехи гальванічних покриттів і гальванопластики різних галузей промисловості з застосуванням електролізу	1,5	1,3
	г) значні концентрації парів кислот, лугів, газів, які здатні при зіткненні з вологою утворювати слабкі розчини кислот, лугів, а також мають властивість викликати значну корозію.	1,8	1,5
2. Виробничі приміщення з особливим режимом за чистотою повітря при обслуговуванні світильників: а) з технічного поверху	-	1,3	1,15
	б) знизу приміщення	1,4	1,2
3. Приміщення громадських і житлових будівель.	Кабінети і робочі приміщення громадських будівель, житлові кімнати, навчальні приміщення, читальні зали, зали нарад, торговельні зали тощо.	1,5	1,3

Таблиця 3.5 – Рекомендовані та допустимі значення L/h для світильників з різними кривими силами світла (КСС)

Тип КСС світильника (ГОСТ 13828-74)	L/h	
	Рекомендовані значення	Найбільші допустимі значення
Концентрована (К)	0,4–0,7	0,9
Глибока (Г)	0,8–1,2	1,4
Косинусна (Д)	1,2–1,6	2,1
Рівномірна (М)	1,8–2,6	4, 3
Напівширока (Л)	1,4–2,0	2,3

Примітка. L – відстань між сусідніми світильниками (або рядами); h – висота розташування світильників над робочими поверхнями

Таблиця 3.6 – Коефіцієнт використання світлового потоку світильників з лампами розжарювання

Тип світильника	У; УПМ-15 «Астра-1,12»			Гс; ГсУ			ПО-21			НСП02; НСП03			ВЗГ100М		
	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
$\rho_{\text{стелі}}, \%$	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
$\rho_{\text{стін}}, \%$	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
<i>I</i>	Коефіцієнт використання, %														
0,5	22	20	17	55	50	48	23	20	17	10	7	5	13	8	6
0,6	32	26	23	59	54	51	28	25	20	15	10	7	17	12	9
0,7	39	34	30	62	59	54	31	29	25	19	14	10	20	16	13
0,8	44	38	34	66	62	58	38	34	30	21	16	12	23	19	16
0,9	47	41	37	68	64	61	39	36	33	24	18	15	24	20	17
1,0	49	43	39	70	66	63	42	38	34	26	20	17	25	21	18
1,1	50	45	41	72	67	65	43	39	35	27	21	18	26	22	19
1,25	52	47	43	74	70	67	46	41	37	28	23	19	28	23	20
1,5	55	50	46	77	73	71	49	44	39	31	25	21	29	24	22
1,75	58	53	48	79	76	74	52	46	41	33	27	22	30	26	24
2,0	60	55	51	82	80	76	54	48	44	35	29	23	31	28	25
2,25	62	57	53	83	81	77	56	50	45	37	30	25	32	29	26
2,5	64	59	55	85	82	79	58	51	47	39	32	27	33	30	28
3,0	66	62	58	86	83	80	60	53	50	43	35	29	35	33	31
3,5	68	64	61	88	85	82	62	56	52	45	37	31	37	34	33
4,0	70	66	62	88	86	83	63	57	53	47	39	32	38	36	34
5,0	73	69	64	89	86	84	65	58	56	50	42	35	39	37	35
$\Phi_{\text{н.п.}}, \%$	75			80			52			42			48		

Таблиця 3.7 – Коефіцієнт використання світлового потоку світильників з люмінесцентними лампами

Тип світильника	ПВЛМ-Р			ЛОУ			ШОД			ЛПО01			ЛСП01		
	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
$\rho_{\text{стелі}}, \%$	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
$\rho_{\text{стін}}, \%$	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
<i>I</i>	Коефіцієнт використання, %														
0,5	25	18	13	26	21	16	22	16	14	25	23	20	25	23	22
0,6	29	22	17	30	24	20	28	21	18	31	29	24	31	29	26
0,7	34	26	20	34	28	24	32	24	21	36	34	28	35	33	30
0,8	36	28	23	37	31	27	35	27	24	39	37	32	38	36	32
0,9	40	31	25	40	34	30	38	30	27	42	41	35	41	38	35
1,0	43	34	28	43	37	32	41	32	29	46	44	38	43	40	37
1,1	45	36	30	45	39	34	43	34	31	48	46	41	45	42	39
1,25	47	38	32	48	42	37	46	37	34	51	49	44	47	44	41
1,5	51	42	35	51	46	41	50	40	37	55	53	49	50	46	44
1,75	54	45	38	54	49	44	53	43	40	58	57	52	52	49	47
2,0	56	47	40	56	50	46	55	45	42	61	59	55	54	50	48
2,25	58	49	42	58	52	48	57	47	44	63	62	57	56	52	50
2,5	60	51	44	60	54	50	59	48	45	65	64	59	57	53	51
3,0	63	53	46	62	56	52	61	50	48	68	66	62	59	54	52
3,5	64	54	48	63	57	53	63	52	50	70	68	64	60	56	54
4,0	66	56	49	64	58	55	65	54	52	71	69	66	61	56	55
5,0	68	59	52	66	61	58	67	56	53	75	72	70	63	58	57
$\Phi_{\text{н.п.}}, \%$	54			62			40			74			53		

Якщо вже є відомим різновид світильника та кількість і тип ламп в ньому, розрахунок зводиться до визначення N з формули (3.4).

Визначаємо сумарну електричну потужність усіх світильників за формулою:

$$P_{св} = P_{л} \cdot N \cdot n, \quad (3.6)$$

де $P_{св}$, $P_{л}$ – відповідно, потужність усіх світильників та однієї лампи.
Визначаємо схему розташування світильників у приміщенні.

Приклад розрахунку 3.3

Розрахувати систему загального рівномірного освітлення люмінесцентними лампами виробничого приміщення з довжиною $A=30$ м, шириною $B=10$ м, висотою $H=4,5$ м. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $\rho_{СТЕЛИ} = 70\%$, $\rho_{СТІН} = 50\%$. Мінімальна освітленість за нормами $E_H=300$ лк. Висота робочих поверхонь (столів) $h_P = 0,7$ м. Використовуються лампи типу ЛБ потужністю 40 Вт та світильники типу ЛП001 (з двома лампами).

Розв'язання

1. Визначаємо висоту світильника над робочою поверхнею. Оскільки світильники кріпляться до стелі, то їх висота над підлогою майже дорівнює висоті приміщення.

$$h = H - h_P = 4,5 - 0,7 = 3,8 \text{ м.}$$

2. Визначаємо показник приміщення – i

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{30 \cdot 10}{3,8(30 + 10)} = 2.$$

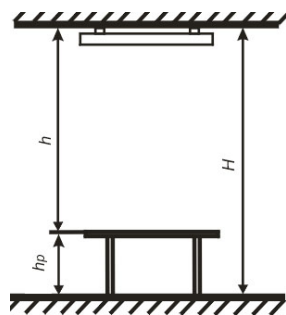


Рисунок 3.3. – Схема розташування світильника над робочою поверхнею

3. Визначаємо коефіцієнт використання світильників ЛП001 при $i = 2$, $\rho_{СТЕЛИ} = 70\%$, $\rho_{СТІН} = 50\%$ з табл. 3.7, коефіцієнт використання $\eta = 0,61$.

4. З табл. 3.6 визначаємо коефіцієнт запасу: $K_3 = 1,5$.

Приймаємо коефіцієнт нерівномірності освітлення $Z = 1,1$.

5. Для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь обираємо лампи ЛБ-40 (світловий потік однієї лампи становить $\Phi_{л} = 3200$ лм, табл. 3.8) і визначаємо необхідну кількість світильників з формули (3.4):

$$N = \frac{E_H SK_3 Z}{2 \cdot \Phi_L \cdot \eta} = \frac{250 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 3200 \cdot 0,61} = 32.$$

Отже, для забезпечення рівномірності освітлення даного приміщення необхідно 32 світильника, які потрібно розташувати в три ряди. Приймаємо 33 світильника по 11 світильників в ряду.

Таблиця 3.8 – Технічні дані окремих ламп розжарювання та люмінесцентних ламп

Лампи розжарювання							люмінесцентні лампи загального призначення			
загального призначення (U=220 В)			місцевого освітлення							
Потужність, Вт	Тип лампи	Світловий потік, лм.	Потужність, Вт	Тип лампи	Напруга, В	Світловий потік, лм.	Потужність, Вт	Тип лампи	Світловий потік, лм.	Довжина лампи, м.
25	В	220	15	МО	12	200	20	ЛДЦ	850	0,6
40	Б	400	25	МО	12	380	20	ЛД	1000	0,6
40	БК	460	40	МО	12	620	20	ЛБ	1200	0,6
60	Б	715	60	МО	12	850	30	ЛДЦ	1500	0,9
60	БК	790	25	МО	36	300	30	ЛД	1800	0,9
100	Б	1350	40	МО	36	600	30	ЛБ	2180	0,9
100	БК	1450	60	МО	36	800	40	ЛДЦ	2200	1,2
150	Г	2000	100	МО	36	1550	40	ЛД	2500	1,2
150	Б	2100	40	МОЗ	12	400	40	ЛБ	3200	1,2
200	Г	2800	60	МОЗ	12	660	80	ЛДЦ	3800	1,5
200	Б	2920	60	МОЗ	36	650	80	ЛД	4300	1,5
300	Г	4600	100	МОЗ	36	1200	80	ЛБ	5400	1,5

6. Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні: $св = P_{л} \cdot N \cdot n = 40 \cdot 33 \cdot 2 = 2640$ Вт.

Розташування світильників зображено на рис. 3.4.

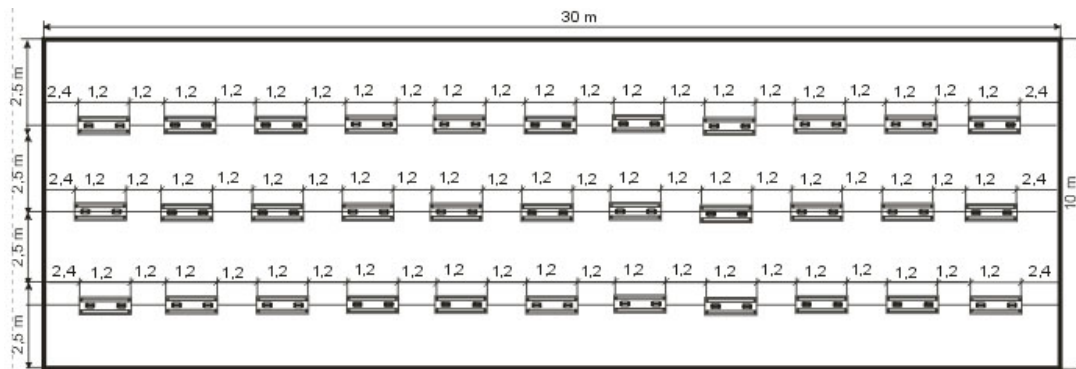


Рисунок 3.4 – Схема розташування світильників ЛП001 у приміщенні

Приклад виконання розрахунку штучного освітлення в програмі Mathcad

Умова задачі згідно з прикладом розрахунку штучного освітлення п.°3.2.2, рис. 3.3.

Вводимо початкові дані:

Довжина приміщення, м: $a := 10$

Ширина приміщення, м: $b := 30$

Висота приміщення, м: $H := 2.7$

Висота робочої поверхні, м: $h_p := 0.8$

Обираємо з таблиць $K_z := 1.5$ та $Z := 1.1$

Розрахунок

1 Накреслимо схему розташування світильників у приміщенні (див. рис. 3.3).

2 Обчислюємо площу приміщення, кв. м:

$$S := a \cdot b = 300$$

3 Обчислюємо розрахункову висоту підвішування світильників, м:

$$h := H - h_p = 1.9$$

4 Вибираємо нормоване значення освітленості на робочому місці за ДБН В.2.5.-28-2006, лк:

$$E_n := 150.$$

5 Визначаємо показник приміщення i .

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)} = \frac{30 \cdot 10}{2,7(30+10)} = 3.947.$$

6 Виходячи з показника приміщення (i), типу світильників, коефіцієнтів відбиття стелі та стін (ρ_c, ρ_{st}), визначте коефіцієнт використання світлового потоку η

$$\eta := 0.85$$

7 Виходячи з типу і потужності ламп визначте світловий потік, який випромінює світильник, F , лм.

$F = Fl \cdot n$, де Fl – світловий потік однієї лампи, а n – кількість ламп у світильнику

$$n := 2 \quad Fl := 960 \quad F_c := Fl \cdot n = 1.92 \times 10^3$$

8 Розраховуємо кількість світильників N_c , шт., за формулою

$$N_c := \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_z}{F_c \cdot \eta} = 45.496$$

9 Приймаємо фактичне значення світильників, шт.: $N_f := 46$

10 Визначаємо фактичне значення освітленості E_f , лк.

$$E_f := \frac{F_c \cdot N_f \cdot \eta}{S \cdot K_z \cdot Z} = 151.661$$

3.3 Розрахунок захисного заземлення

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), для захисту людини від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції може бути застосований один з таких захисних засобів: мала напруга, вирівнювання потенціалів, подвійна ізоляція, роздільне живлення, захисне вимикання, захисне заземлення (занулення). Із захисних засобів, перелік яких дається, кожний може бути використаний окремо (бути самостійним захисним засобом) або поєднуватись з іншими в деяку комбінацію. Найбільш поширеними технічними засобами захисту є захисне заземлення та занулення, які мають чітку сферу застосування, тоді як сфера застосування інших захисних засобів або обмежена, або має рекомендаційний характер, або ж дуже вузьку сферу обов'язкового застосування. Захисному заземленню або зануленню підлягають металеві частини електроустановок, які доступні дотику людини і не мають інших засобів захисту, які забезпечують електробезпеку.

3.3.1 Загальні відомості

Заземлення – виконання електричного з'єднання певних частин електроустановки або обладнання з заземлювальним пристроєм.

Захисне заземлення – заземлення, яке виконується з метою забезпечення електробезпеки.

Мета розрахунку захисного заземлення – визначення кількості електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі, при яких опір заземлювального пристрою розтіканню струму або напруга дотику при замиканні фази на заземлені частини електроустановок не перевищують допустимих значень.

Розрахунок, як правило, виконується за умов однорідності ґрунту.

Заземлювальний пристрій складається із заземлювача і з'єднувальної смуги. Розрізняють заземлювачі штучні, які призначені тільки для цілей заземлення, і природні (металеві конструкції і комунікації іншого призначення, які знаходяться у землі).

Як штучні заземлювачі використовують сталеві труби діаметром 35–50°мм і кутову сталь (40×40...60×60 мм з товщиною стінок не менше 3,5 мм і довжиною 2,5–3 м); пруткову сталь діаметром не менше 10 мм; сталеві шини перерізом 100 мм². Вертикальні заземлювачі з'єднують у контур смугою зі сталі перерізу не менше 6 мм за допомогою зварювання.

Розрахунок заземлення робиться з урахуванням заданих допустимих значень опору R_d заземлювального пристрою, допустимої напруги дотику та кроку.

Загальні вимоги щодо значень R_d захисного заземлення електроустановок викладені у міждержавному стандарті ГОСТ 12.1.030-81 «Захисне заземлення. Занулення» та ПУЕ.

3.3.2 Послідовність розрахунку

1. Визначається розрахунковий струм замикання на землю I_3 , А і допустимий опір розтікання струму в заземлювальному пристрої $R_{\text{д}}$, Ом згідно з ПУЕ залежно від напруги, режиму нейтралі, потужності електроустановок.

2. Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту залежно від коефіцієнта сезонності для відповідної кліматичної зони:

$$\gamma_{\text{розрах.}} = \gamma_{\text{табл.}} \cdot K_c, \quad (3.7)$$

де $\gamma_{\text{табл.}}$ – приблизне табличне значення питомого опору ґрунту, яке рекомендується для розрахунку, табл. 3.9;

K_c – коефіцієнт сезонності, табл. 3.10.

3. Визначається H – відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (рис. 3.5):

$H = H_0 + l/2$, де l – довжина заземлювача, м.; H_0 – глибина закладення заземлювача, м.

4. Визначається опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі, Ом:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{розрах.}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right), \quad (3.8)$$

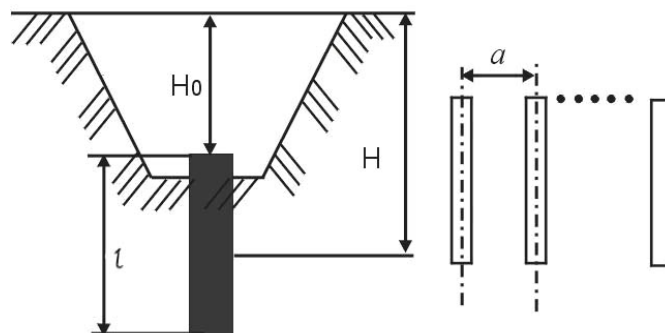


Рисунок 3.5 – Схема розміщення заземлювача в ґрунті

5. Визначається орієнтована кількість $n_{\text{ор.}}$ вертикальних заземлювачів за формулою:

$$n_{\text{ор.}} = \frac{R_B}{R_{\text{д}} \cdot \eta_B} \quad (3.9)$$

де η_B – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів,

при $\eta_B = 1$, $n_{\text{ор.}} = \frac{R_B}{R_{\text{д}}}$.

Таблиця 3.9 – Приблизні значення питомих електричних опорів різних ґрунтів та води, Ом • м

Ґрунт, вода	Можливі межі коливань, ρ	При вологості 10-20% до маси ґрунту	Рекомендоване значення для приблизних розрахунків
Глина	8–70	40	40
Суглинок	40–150	100	100
Чернозем	9–530	200	200
Торф	10–30	20	20
Садова земля	30–60	40	40
Супісок	150–400	300	300
Пісок	400–700	700	700
Кам'янистий	500–800	–	–
Скелястий	10 ⁴ –10 ⁷	–	–
Вода:			
морська	0,2–1,0	–	1,0
річкова	10–100	–	80
водоймищ	40–50	–	50
струмкова	10–60	–	60
ґрунтова	20–70	–	50

6. Знаючи орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів n_{OP} , їх розташування (у ряд чи по контуру) і відношення відстані між заземлювачами до їх довжини a/l , визначають за табл. 3.11 або 3.12 коефіцієнт використання η_B вертикальних заземлювачів.

Таблиця 3.10 – Коефіцієнт сезонності $K_{с.в.}$ для однорідної землі при вимірюванні її опору

Кліматична зона	Вологість землі при вимірюванні		
	підвищена	Нормальна	Мала
К с.в. для електрода довжиною $L_B = 3$ м			
I	1,9	1,7	1,5
II	1,7	1,5	1,3
III	1,5	1,3	1,2
IV	1,3	1,1	1,0
К с.в. для електрода довжиною $L_B = 5$ м			
I	1,5	1,4	1,3
II	1,4	1,3	1,2
III	1,3	1,2	1,1
IV	1,2	1,1	1,0

7. Визначається необхідна кількість n_B вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання з формули (3.9):

$$n_B = \frac{R_B}{R_D \cdot \eta_B} = \frac{n_{OP}}{\eta_B}.$$

Таблиця 3.11 – Значення коефіцієнта використання вертикальних заземлювачів h_B , розташованих у ряду

Відношення відстані між електродами до їх довжини a/l	Кількість заземлювачів n									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,86	0,81	0,77	0,74	0,72	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60
2	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73
3	0,97	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,85	0,83	0,82	0,81

Таблиця 3.12 – Значення коефіцієнта використання вертикальних заземлювачів h_B , розташованих по контуру

Відношення відстані між електродами до їх довжини a/l	Кількість заземлювачів n							
	4	8	12	16	20	40	60	100
1	0,66	0,56	0,50	0,47	0,44	0,41	0,39	0,36
2	0,76	0,68	0,65	0,63	0,61	0,58	0,55	0,52
3	0,84	0,77	0,73	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62

8. Визначається $R_{\text{розр.в.}}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при n_B без врахування з'єднувальної смужки.

Приймаємо, що всі вертикальні заземлювачі з'єднані паралельно.

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{R_B}{n_B \cdot \eta_B} \quad (3.10)$$

9. Визначається довжина з'єднувальної смужки L_c за формулою:

$$L_c = 1,05 \cdot a(n_B - 1). \quad (3.11)$$

10. Визначається опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальної смужці), R_Γ :

$$R_\Gamma = 0,366 \frac{\rho_{\text{розр.в.}}}{L_c} \ln \frac{2L_c^2}{H_0 \cdot B_c}, \quad (3.12)$$

де B_c – ширина смужки.

11. Визначаємо η_Γ – коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при розташуванні вертикальних заземлювачів відповідно до вихідних даних (в ряд, або по контуру) з табл. 3.13 або 3.14.

Таблиця 3.13 – Значення коефіцієнта використання горизонтального стрічкового електрода h_Γ , що з'єднує вертикальні заземлювачі, розташовані у ряд

a/l	Кількість заземлювачів n									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,84	0,76	0,71	0,67	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,55
2	0,90	0,85	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71
3	0,93	0,90	0,87	0,85	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78

Таблиця 3.14 – Значення коефіцієнта використання горизонтального стрічкового електрода h_{Γ} , що з'єднує вертикальні заземлювачі, розташовані по контуру

a/l	Кількість заземлювачів n									
	4	6	8	10	12	16	20	40	60	100
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,32	0,30	0,27	0,22	0,20	0,19
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,38	0,35	0,32	0,29	0,27	0,23
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,54	0,50	0,45	0,39	0,36	0,33

12. Визначаємо $R_{\text{РОЗР.}\Gamma}$ – розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній смузі) з урахуванням η_{Γ} :

$$R_{\text{РОЗР.}\Gamma} = R_{\Gamma} / \eta_{\Gamma}.$$

13. Визначається $R_{\text{РОЗР}}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах, якій має бути не більше $R_{\text{Д}}$:

$$R_{\text{РОЗР}} = \frac{R_{\text{РОЗР.В}} \cdot R_{\text{РОЗР.}\Gamma}}{R_{\text{РОЗР.В}} + R_{\text{РОЗР.}\Gamma}} \leq R_{\text{Д}}.$$

14. Обирається матеріал та переріз з'єднувальних проводів і магістральної шини.

Приклад розрахунку 3.4

Розрахунок штучного заземлювального пристрою при відсутності природних заземлювачів.

Початкові дані

1. Захисту підлягає електрообладнання цеху.
2. Виконання мережі – з ізольованою нейтраллю. Напруга мережі – 380/220 В.
3. Тип заземлювального пристрою – вертикальні сталеві труби з розмірами:

$l_{\text{В}} = 3$ м; $d_{\text{В}} = 0,035$ м; товщина стінки $\delta = 3,5$ мм; відстань між вертикальними заземлювачами $a = 3$ м, тобто $a/l_{\text{В}} = 1$. Глибина закладання заземлювачів $H_0 = 0,7$ м, $V_{\text{с}} = 35$ мм.

4. Ґрунт – глина; склад – однорідний; вологість – мала. Кліматична зона – III.

Розв'язання

1. Визначаємо $R_{\text{Д}}$ – допустиме (нормативне) значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої.

Згідно з ПУЕ для напруги до 1 кВ, $R_{\text{Д}} \leq 4$ Ом.

2. Визначаємо розрахунковий питомий опір глини для III кліматичної зони

$$\rho_{\text{РОЗР}} = \rho_{\text{ТАБЛ}} \cdot K_{\text{С}}$$

$$\rho_{ТАБЛ} = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (\text{табл. 3.9});$$

$$K_c = 1,5, \quad (\text{табл. 3.10}).$$

$$\rho_{РОЗР} = 60 \cdot 1,5 = 90 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

3. Визначаємо H – відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (див. рис. 3.5):

$$H = H_0 + \frac{l_B}{2} = 0,7 + \frac{3}{2} = 2,2 \text{ м}.$$

4. Визначаємо опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі:

$$R_B = 0,366 \frac{\rho_{РОЗР}}{l_B} \left(\ln \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l_B}{4H - l_B} \right);$$

$$R_B = 0,366 \frac{90}{3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,035} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right);$$

$$R_B = 29,2 \text{ Ом}.$$

5. Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів при $\eta_B = 1$

$$n_{OP} = \frac{R_B}{n_B \cdot \eta_B} = \frac{29,2}{4 \cdot 1} = 7,3; \text{ приймаємо } n_{OP} = 7 \text{ шт.}$$

6. Визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_B з табл. 3.12, заземлювачі розташовані в ряд, $a/l_B = 1$, $n=7$. Приймаємо $\eta_B = 0,7$.

7. Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання

$$n_B = n_{OP} / \eta_B = 7 / 0,7 = 9,9.$$

Приймаємо $n_B = 10$ шт.

8. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $n_B = 10$ без урахування з'єднувальної смуги

$$R_{РОЗР.В.} = \frac{R_B}{n_B \cdot \eta_B} = \frac{26,4}{10 \cdot 0,7} = 3,8 \text{ Ом}.$$

9. Визначаємо довжину з'єднувальної смуги

$$L_c = 1,05 \cdot a (n-1) = 1,05 \cdot 3 \cdot 10 = 31,5 \text{ м}.$$

10. За формулою (3.12) для горизонтальних електродів, розташованих в ґрунті, визначаємо опір розтікання струму

$$R_{\Gamma} = 0,366 \frac{90}{31,5} \ln \frac{2 \cdot (31,5)^2}{0,7 \cdot 0,04} = 5,48 \text{ Ом.}$$

11. Визначаємо за табл. 3.13 коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при $a/l=1$, $n=10$. Приймаємо $\eta_{\Gamma}=0,56$.

12. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі з урахуванням η_{Γ} :

$$R_{\text{РОЗР.}\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}} = \frac{5,48}{0,56} = 9,8 \text{ Ом.}$$

13. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму заземлювально-го пристрою

$$R_{\text{РОЗР.}} = \frac{R_{\text{РОЗР.В}} \cdot R_{\text{РОЗР.}\Gamma}}{R_{\text{РОЗР.В}} + R_{\text{РОЗР.}\Gamma}} = \frac{3,8 \cdot 9,8}{3,8 + 9,8} = 2,7 \text{ Ом.}$$

Отриманий розрахунковий опір розтікання струму відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕ та ПТБ.

14. Вибираємо матеріал та поперечний переріз з'єднувальних проводів і магістральної шини за табл. 1.7.5, 1.7.6 [47].

Приймаємо сталеву шину товщиною $\delta = 4$ мм і перерізом 100 мм^2 .

Схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм наведена на рис. 3.6

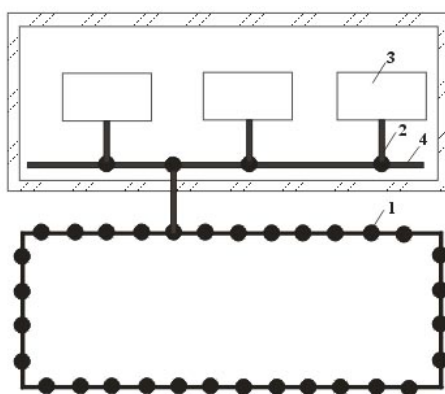


Рисунок 3.6 – Схема захисного заземлення:

1 – заземлювальний пристрій; 2 – заземлювальні провідники;
3 – заземлюване обладнання; 4 – внутрішня магістраль заземлення

Приклад розрахунку 3.5

Розрахунок штучного заземлювального пристрою з використанням природних заземлювачів.

Початкові дані

1. Захисту підлягає електрообладнання механічного цеху.
2. Мережа з глухозаземленою нейтраллю. Напряга мережі $U = 380$ В.
3. Вимірний опір розтікання струму в природному заземлювачі $R_{П.З} = 14$ Ом. Тип додаткового штучного заземлення – кутова сталь 40×40 мм довжиною $l_B = 3$ м. Глибина закладання заземлювачів $H_0 = 0,8$ м. З'єднувальна смуга шириною $B_C = 0,04$ м.
4. Ґрунт – пісок; склад однорідний; вологість нормальна. Кліматична зона – III.

Розв'язання

1. Визначаємо допустиме (нормативне) значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої. Згідно з ПУЕ $R_D \leq 4$ Ом.
2. Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту для III кліматичної зони, вологість нормальна

$$\rho_{РОЗР} = \rho_{ТАБЛ} \cdot K_C,$$

$$\text{де } \rho_{ТАБЛ} = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (\text{табл. 3.9}),$$

$$K_C = 1,3, \quad (\text{табл. 3.10}),$$

$$\rho_{РОЗР} = 300 \cdot 1,3 = 390 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

3. Визначаємо H – відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача:

$$H = H_0 + l_B / 2 = 0,8 + 3/2 = 2,2 \text{ м}.$$

4. Визначаємо опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі:

$$R_B = \frac{\rho_{РОЗР}}{2\pi l_B} \left(\ln \frac{2l_B}{d_{ЕКВ}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l_B}{4H - l_B} \right);$$

$$d_{ЕКВ} = 0,95 \cdot B_C = 0,95 \cdot 0,04 = 0,038 \text{ м}.$$

$$R_B = \frac{390}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,038} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 126,6 \text{ Ом}.$$

5. Визначаємо опір розтікання струму штучного заземлення, якщо врахувати, що штучні і природні заземлювачі з'єднані паралельно та їх загальний опір не перевищує $R_D = 4$ Ом

$$R_D = \frac{R_{П.З} \cdot R_{Ш}}{R_{П.З} + R_{Ш}}$$

$$\text{Тоді } R_{Ш} = \frac{R_D \cdot R_{П.З}}{R_{П.З} - R_D} = \frac{4 \cdot 14}{14 - 4} = 5,6 \text{ Ом.}$$

6. Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів при $\eta_B = 1$

$$n_{OP} = \frac{R_B}{R_{Ш} \cdot \eta_B} = \frac{126,6}{5,6 \cdot 1} = 22 \text{ шт.}$$

7. Визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_B з табл. 3.12. Заземлювачі розташовані по контуру; $a / L = 1$. $n = 22$.

$$\text{Тоді } \eta_B = 0,44.$$

8. Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з врахуванням η_B

$$n_B = n_{OP} / \eta_B = 22 / 0,44 = 45.$$

Приймаємо $n = 45$ шт.

9. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $n = 45$ шт.

$$R_{POЗP.B.} = \frac{R_B}{n \cdot \eta_B} = \frac{122}{45 \cdot 0,44} = 5,7 \text{ Ом.}$$

10. Визначаємо довжину з'єднувальної смуги:

$$L_c = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 3 \cdot 45 = 142 \text{ м.}$$

11. Визначаємо опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{POЗP}}{2\pi l_C} \ln \frac{2\pi l_C^2}{H_0 \cdot B_C} = \frac{390}{2 \cdot 3,14 \cdot 142} \ln \frac{2 \cdot (142)^2}{0,8 \cdot 0,04};$$

$$R_{\Gamma} = 6 \text{ Ом.}$$

12. Визначаємо коефіцієнт використання горизонтального заземлювача.

За табл. 3.14 при $a / l = 1$, $n_B = 45$ отримуємо $\eta_{\Gamma} = 0,22$.

13. Визначаємо опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі з врахуванням η_{Γ} :

$$R_{POЗP.\Gamma.} = \frac{R_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}} = \frac{6}{0,22} = 27,3 \text{ Ом.}$$

14. Визначаємо опір розтікання струму в горизонтальних та вертикальних заземлювачах

$$R_{\text{ПОЗР}} = \frac{R_{\text{ПОЗР.В}} \cdot R_{\text{ПОЗР.Г}}}{R_{\text{ПОЗР.В}} + R_{\text{ПОЗР.Г}}} = \frac{5,7 \cdot 27,3}{5,7 + 27,3} = 4,4 \text{ Ом.}$$

15. Визначаємо загальний опір розтікання струму в штучному та природному заземлювачах

$$R_{\text{ЗАГ.}} = \frac{R_{\text{ПЗ.}} \cdot R_{\text{ПОЗР.}}}{R_{\text{ПЗ.}} + R_{\text{ПОЗР.}}} = \frac{14 \cdot 4,4}{14 + 4,4} = 2,6 \text{ Ом.}$$

$$R_{\text{ЗАГ.}} < R_{\text{ДОП}}$$

Отримане загальнорозрахункове значення опору розтікання струму в природному та штучному заземлювачах відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕ та ПТБ.

Схема заземлення наведена на рис. 3.6.

Приклад виконання розрахунку пристрою захисного заземлення в програмі Mathcad

Умова задачі відповідно до прикладу п 3.3.2

Вводимо початкові дані

Довжина вертикального заземлювача, м $l := 3$

Діаметр вертикального заземлювача, м $d := 0.035$

Відстань між заземлювачами, м $a := 3$

Визначаємо величину (нормативне) значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої, Ом $R_n := 4$

Сезонний кліматичний коефіцієнт $K_c := 1.3$

$V_c := 0.035$; $L_p := 10$

Коефіцієнт використання заземлювачів $\eta := 0.7$

Розрахунок

1 Накреслимо схему розміщення заземлювача в ґрунті (див. рис. 3.5) – розташування вертикальних заземлювачів.

2 Визначаємо розрахунковий питомий опір глини, ρ_c для III кліматичної зони Ом*м (визначається з таблиці 3.9)

$$\rho_c := \rho \cdot K_c = 390$$

3 Визначаємо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача, м

$$H := H_0 + \frac{l}{2} = 2.2$$

4 Визначаємо опір струму розтікання в одному вертикальному заземлювачі, Ом

$$R_v := \frac{\rho_c}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \left(\frac{2l}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4H+1}{4H-1} \right) \right) = 126.564$$

5 Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів, шт.

$$N_v := R_v \cdot K_c \div R_n = 41.133$$

7 Опір струму розтікання горизонтального заземлювача (смуга, пруток), Ом

$$R_g := \frac{\rho c}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot L_p^2}{Bc \cdot H} \right) = 162.671$$

8 Знаходимо довжину горизонтального заземлювача (смуга, пруток), м

$$L_g := \frac{l \cdot (N_v - 1)}{2} = 60.2$$

$$L_{gk} := \frac{l}{2} N_v = 61.7$$

9 Опір вертикальних заземлювачів з урахуванням горизонтальних заземлювачів, Ом

$$R_v := R_g \cdot R_v \div (R_g - R_v) = 570.199$$

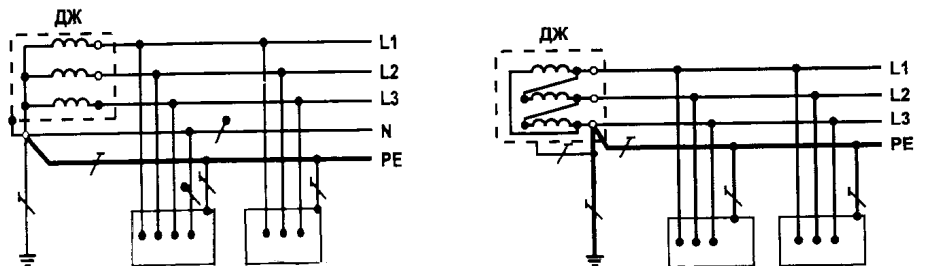
10 Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів, шт.

$$N_v := R_v \div R_n \cdot \eta = 99.785$$

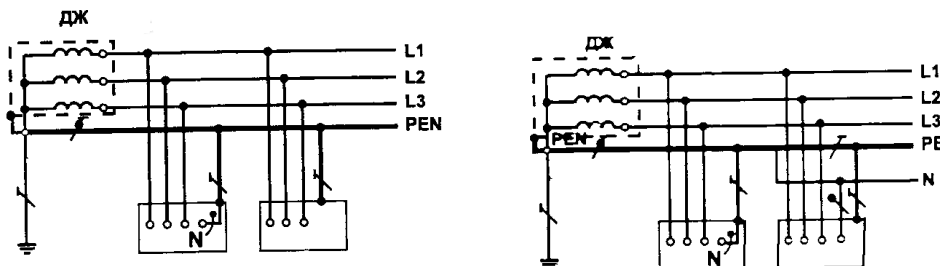
3.4 Розрахунок занулення

3.4.1 Загальні відомості

Занулення – умисне електричне з'єднання відкритих провідних частин електрообладнання з заземленою нейтраллю джерела трифазного струму за допомогою PEN-проводу (система TN-C) або PE-проводу (система TN-S) (рис. 3.7).



а) Система TN-S



б) Система TN-C

в) Система TN-C-S

Рисунок 3.7 – Приклади виконання систем TN-S, TN-C та TN-C-S в трифазних електроустановках змінного струму

На рисунку 3.7 а), б) і в) прийняті такі умовні позначення:

 – N-провід;  – PE-провід;  – PEN-провід.

Принцип дії занулення полягає в тому, що воно, умисно виконане за допомогою РЕ- та PEN-проводів, здійснює зв'язок корпусів із заземленою нейтраллю джерела живлення (з заземленою середньою точкою, з заземленим виводом); будь-яке замикання на корпус перетворює його в однофазне коротке замикання з наступним струмовим захистом (автоматичним вимикачем, запобіжником, який автоматично вимикає аварійну ділянку (електроприймач) від мережі). Крім того, занулення в аварійний період, тобто з моменту замикання до автоматичного вимикання, працює як захисне заземлення і зменшує напругу на корпусі відносно землі.

Нульовий захисний провід (РЕ-провід) використовують для з'єднання відкритих провідних частин електрообладнання з заземленою нейтраллю джерела живлення, а нульовий робочий провідник (N-провід) – для живлення електроприймачів фазною напругою.

Мета розрахунку – перевірити правильність вибору елементів занулення заданої електроустановки.

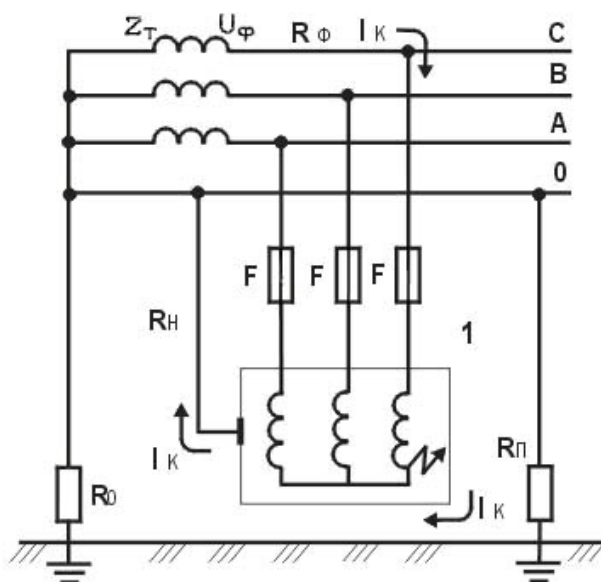


Рисунок 3.8 – Принципова схема занулення:

1 – корпус електроустановки; z_T – опір обмотки трансформатора;
 R_0 – опір заземлення нейтралі (нульової точки трансформатора);
 R_{Π} – опір повторного заземлення нейтралі; I_K – струм короткого замикання;
 R_{Φ} – опір фазного проводу; R_H – опір нульового проводу; U_{Φ} – фазна напруга

При пробиванні на корпус у колі короткого замикання виникає великий струм короткого замикання I_K , котрий забезпечує швидке перегорання плавких вставок F, або відключення пошкоджених фаз автоматичними пристроями, які реагують на струм короткого замикання за 1–2 с.

Для надійного спрацьовування захисту при однофазному короткому замиканні має виконуватись умова:

$$I_K \geq K \cdot I_{НОМ}, \quad (3.12)$$

де $I_{НОМ}$ – номінальний струм плавкої вставки або струм спрацювання автомата;

K – коефіцієнт кратності струму (для плавкої вставки $K \geq 3$, для автомата $K \geq 1,25$).

Струм короткого замикання I_K визначається фазною напругою U_ϕ та опором ланки короткого замикання:

$$I_K = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + Z_{II}} \quad (3.13)$$

де Z_T – опір обмотки трансформатора;

Z_{II} – опір петлі фаза – нуль, який визначається залежністю:

$$Z_{II} = \sqrt{(R_\phi + R_H)^2 + (X_\phi + X_H + X_3)^2} \quad (3.14)$$

де R_ϕ, R_H – активні опори нульового та фазного проводів;

X_ϕ, X_H – внутрішні індуктивні опори нульового та фазного проводів;

X_3 – зовнішній індуктивний опір петлі фаза – нуль.

Для розрахунку активних опорів R_ϕ та R_H вибираємо переріз, довжину, матеріал фазного та нульового проводів. Опір проводів, виготовлених з кольорових металів, можна визначити за формулою:

$$R = \gamma \frac{l}{S}, \quad (3.16)$$

де γ – питомий опір проводу: для міді $\gamma = 0,018$, для алюмінію $\gamma = 0,028 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$, l – довжина проводу, м; S – площа поперечного перерізу проводу, мм^2 .

Значення X_ϕ і X_H для мідних і алюмінієвих проводів малі (близько 0,0156 Ом/км).

Зовнішній індуктивний опір петлі фаза – нуль визначається:

$$X_3 = \omega L = 0,1256 \ln \frac{2D}{d},$$

де D і d – відстань між проводами і діаметр проводу відповідно.


При малих значеннях D , сумірних з діаметром проводу d , опір X_3 незначний (не більше 0,1 Ом/км) і ним можна знехтувати.

Для розрахунку занулення задаються такі вихідні дані: потужність трансформатора, P_T ; фазна напруга, U_ϕ ; тип проводки і запобіжників; матеріал

і перерізи фазних і нульових провідників; номінальний струм плавкої вставки або спрацьовування автомата, I_H ; допустиму напругу дотику на корпусі електроустановки, $U_{ГР,ДОП}$ та ін.

Розрахункові повні опори Z_T , Ом масляних трансформаторів наведені в табл. 3.15.

Таблиця 3.15 – Розрахункові повні опори Z_T , Ом масляних трансформаторів

Потужність трансформатора	Z_T , при схемі з'єднання	
	зіркою 	трикутником Δ
25	3,11	0,906
40	1,949	0,562
63	1,237	0,36
100	0,799	0,226
160	0,487	0,141
250	0,312	0,09
400	0,195	0,056
630	0,129	0,042
1000	0,081	0,027

3.4.2 Порядок розрахунку

1. Визначають струм однофазного короткого замикання за формулою (3.13).

Значення опору трансформатора Z_T обирається з довідкових таблиць залежно від потужності трансформатора, напруги та схеми з'єднання.

2. Визначають розрахункову кратність струму замикання $K = \frac{I_K}{I_H}$, яка має бути більша за гранично допустиму K_d . Якщо K виходить меншою за допустиме значення, необхідно збільшити переріз проводки (в першу чергу нульового проводу) до виконання умови $K \geq K_d$.

3. Визначають максимальну напругу на корпусі електроустановки, яка не має перевищувати допустиму напругу дотику 42 В, а в особливо небезпечних приміщеннях – 12 В:

$$U_{K,MAX} = I_K \cdot R_H \leq U_{ГР,ДОП}, \quad (3.17)$$

де R_H – опір нульового провідника, Ом;

I_K – струм короткого замикання, А.

Якщо умова (3.17) не виконується, то для зниження $U_{K,MAX}$ необхідно зменшувати опір нульового проводу (збільшивши його переріз чи проклавши паралельно декілька проводів).

Приклад розрахунку 3.6

Розрахувати систему занулення при потужності трансформатора $P_T = 560$ кВА. З'єднання обмоток трансформатора – зіркою. $U_\Phi = 380$ В. Матеріал фазного проводу – мідь, $L_\Phi = 20$ м, $S_\Phi = 5$ мм², матеріал нульового проводу – алюміній, $L_H = 20$ м, $S_H = 5$ мм². Зовнішній індуктивний опір петлі фаза – нуль $X_3 = 1$ Ом. Допустима напруга дотику $U_{ГР.ДОП} = 42$ В. Номінальний струм спрацьовування автомата $I_H = 100$ А.

Розв'язання

1. Визначаємо струм однофазного короткого замикання

$$I_K = \frac{U_\Phi}{\frac{Z_T}{3} + \sqrt{(R_\Phi + R_H)^2 + X_3^2}}$$

За табл. 3.15, $Z_T = 0,129$ Ом.

2. Визначаємо активні опори фазного та нульового проводів

$$R_\Phi = r_\Phi \frac{l_\Phi}{S_\Phi} = \frac{0,018 \cdot 20}{5} = 0,072 \text{ Ом};$$

$$R_H = r_H \frac{l_H}{S_H} = \frac{0,028 \cdot 20}{5} = 0,112 \text{ Ом}.$$

$$\text{Тоді } I_K = \frac{380}{\frac{0,129}{3} + \sqrt{(0,0172 + 0,112)^2 + 1^2}}. \quad I_K = 353 \text{ А}.$$

3. Визначаємо розрахункову кратність струму замикання

$$K = \frac{I_K}{I_H} = \frac{353}{100} = 3,53; \quad K = 3,53.$$

Оскільки допустимий коефіцієнт кратності струму короткого замикання для автомата $K_d = 1,25$, то виконуються умови $K \geq K_d$ ($3,53 > 1,25$).

4. Визначаємо максимальну напругу на корпусі електроустановки

$$U_{K.MAX} = I_K \cdot R_H = 353 \cdot 0,112. \quad U_{K.MAX} = 39,5 \text{ В}.$$

Тобто, $U_{K.MAX} \leq U_{ГР.ДОП}$ ($39,5 < 42$).

Умови виконуються.

3.5 Розрахунок блискавкозахисту об'єктів

3.5.1 Загальні відомості

Блискавкозахистом називається комплекс захисних пристроїв, які призначені для забезпечення безпеки людей, захисту будівель і споруд, приладів і матеріалів від вибухів, загорянь і руйнування. Для приймання електричного розряду блискавок і відведення струмів блискавки в землю служать спеціальні пристрої – блискавковідводи. Блискавковідводи складаються з несучої частини (опори); блискавкоприймача, який безпосередньо сприймає удари блискавки; струмовідводу (спуску), що з'єднує блискавкоприймач з заземлювачем, і заземлювача для відведення струму в землю.

Блискавковідводи поділяють на стрижневі, тросові і сітчасті. За кількістю діючих блискавкоприймачів їх поділяють на поодинокі (окремі), подвійні і багатократні (три і більше).

Захисна дія блискавковідводів заснована на властивості блискавки вражати найбільш високі і добре заземлені металеві споруди. Завдяки цьому більш низькі за висотою будинки, які входять у зону захисту даного блискавковідводу, не будуть уражені блискавкою.

3.5.2 Порядок обґрунтування і розрахунку блискавкозахисту

1. Визначають очікувану на рік кількість уражень блискавкою будівель, не обладнаних блискавко захистом, за формулою

$$N = [(A + 6H_M)(B + 6H_M) - 7,7H_M^2] \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (3.18)$$

де B і A – відповідно, ширина і довжина будівлі, що має в площі прямокутну форму, м;

H_M – найбільша висота будівлі (споруди), м;

n – середньорічна кількість ударів блискавки на 1 км² земної поверхні в місці розташування будівлі (табл. 3.19).

Середньорічна кількість ударів блискавки на 1 км² земної поверхні (n) залежить від інтенсивності грозової діяльності K (табл. 3.18).

2. Встановлюється категорія захисту об'єкта (табл. 3.20).

Залежно від характеру необхідних заходів щодо блискавкозахисту, всі будинки і споруди поділяються на три категорії. До I категорії відносять промислові будинки і споруди з вибухонебезпечними зонами класів В-I і В-II, розташовані на всій території України. До II категорії відносять промислові будинки і споруди класів В-Ia, В-Iб і В-IIa, розташовані у місцевості з середньою грозовою діяльністю K , що дорівнює десяти і більше годинам на рік. До III категорії відносять інші виробничі, сільськогосподарські, житлові і громадські будинки, споруди та склади, об'єкти класів П-I, П-II, П-IIa.

Блискавкозахист I і II категорії передбачає захист будівель і споруд від

прямих влучень блискавок, від електростатичної та електромагнітної індукції і занесення високих потенціалів через надземні та підземні металеві конструкції і комунікації.

3. Обирається тип і конструкції блискавковідводів.

Для об'єктів з блискавкозахистом I категорії блискавковідводи на спорудах не встановлюються, а стрижневий блискавковідвід має мати діелектричний стояк (частину його) висотою не менше 8 м над спорудою, при опорі заземлення не більше 10 Ом.

Відстань струмовідведення від споруд має бути не менше 8 м.

Допустима відстань від стрижневого блискавковідводу або від тросового стояка до споруди – не менше 4 м. При цьому висота троса над спорудою приймається в межах 3–7 м (при висоті тросового стояка від 65 до 150 м відповідно). Потрібно також враховувати і провисання тросу.

Захист від прямого удару блискавки будівель та споруд, які належать до II та III категорій, може бути здійснений або за допомогою окремих неізолюваних стрижневих чи тросових блискавковідводів, що встановлюються на будівлях або ж шляхом заземлення металеві покрівлі, чи влаштуванням блискавкоприймача з металеві сітки зі сталевого дроту діаметром 6–8 мм (з чарункою 6×6 м і 12×12 м для II і III категорій відповідно).

4. Визначається зона захисту блискавковідводу.

Зона захисту блискавковідводу – це частина простору, всередині якого будівля або споруда захищені від прямих ударів блискавок з певним ступенем надійності.

Зона захисту типу А має ступінь надійності 99,5% і вище, а зона захисту типу Б – 95% і вище.

Для об'єктів, які належать до I категорії блискавкозахисту, передбачають блискавковідводи із зонами захисту тільки типу А.

Зона захисту для окремого стрижневого блискавковідводу показана на рис. 3.9.

Зона захисту являє собою круговий конус висотою H_0 з радіусом основи R_0 . Для зони А – вузчий і нижчий, для зони Б – ширший і вищий (при одній і тій же висоті блискавковідводу H).

Співвідношення, що характеризують зони А і Б у окремого стрижневого блискавковідводу висотою $H < 150$ м такі:

Зона А

Вершина зони $H_0 = 0,85 H$.

Радіус кола на рівні землі $R_0 = (1,1 - 0,002H)H$.

Радіус R_x кола горизонтального перерізу зони захисту на висоті H_x дорівнює:

$$R_x = (1,1 - 0,002H)(H - H_x/0,85) . \quad (3.19)$$

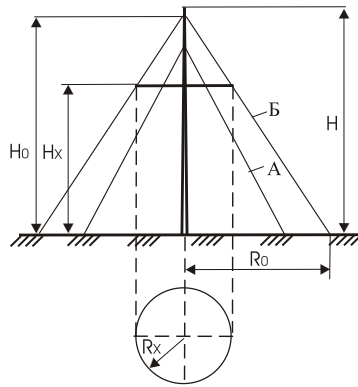


Рисунок 3.9 – Зони захисту А і Б окремого стрижневого блискавковідводу:
 H_x – висота об’єкта (будинку); R_x – радіус кола горизонтального перерізу на висоті H_x ; H – висота блискавковідводу

Зона Б

$$H_0 = 0,92 H.$$

$$R_0 = 1,5H.$$

$$R_x = 1,5(H - H_x/0,92). \quad (3.20)$$

Знаючи висоту блискавкоприймача H , можна визначити габарити зони захисту, або, знаючи H_x – висоту будинку і R_x , можна визначити висоту блискавковідводу.

Для зони А з рівняння (3.19)

$$H_{1,2} = \frac{v \pm \sqrt{v^2 - 0,008c}}{0,004}, \quad (3.21)$$

де $v = 1,1 + 0,00235 H_x$; $c = R_x + 1,294 H_x$.

З двох коренів H приймаємо той, що має більш прийнятне значення.

Для зони Б з рівняння (3.20)

$$H = \frac{R_x + 1,63H_x}{1,5}. \quad (3.22)$$

Побудова зони захисту Б окремого стрижневого блискавковідводу висотою $H < 150$ м (рис. 3.10) виконується нижчеописаним способом.

Від основи блискавковідводу (точка О) у протилежні боки відкладаються два відрізки ОА і ОВ, які дорівнюють $1,5 H$, на блискавковідводі відкладається відрізок $OC = 0,92H$. Точки А і В з’єднують з точкою С. Конус АСВ з вершиною в точці С і твірними АС і ВС, радіусом основи R_0 і є зоною захисту, яку забезпечує даний блискавковідвід.

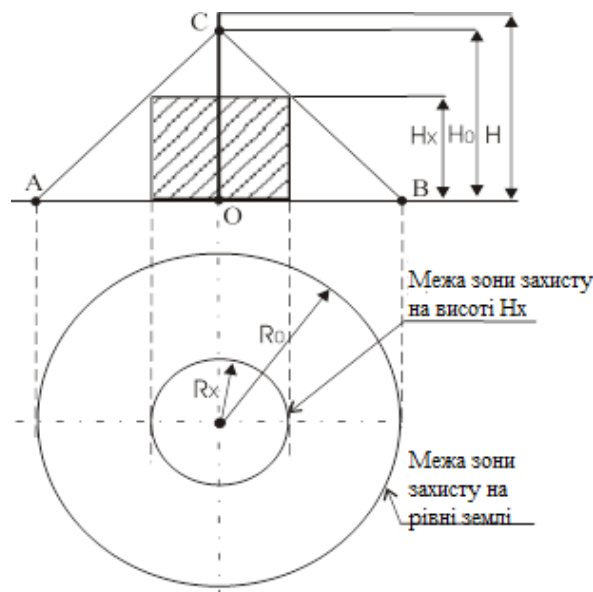


Рисунок 3.10 – Зона захисту одинарного блискавковідводу

Для визначення величини радіуса захисту R_x на будь-якій висоті H_x зони захисту використовується формула (3.20)

$$R_x = 1,5 \left(H - \frac{H_x}{0,92} \right).$$

Зона захисту двох стрижневих блискавковідводів однакової висоти при $H < 150$ м, зображена на рис. 3.11.

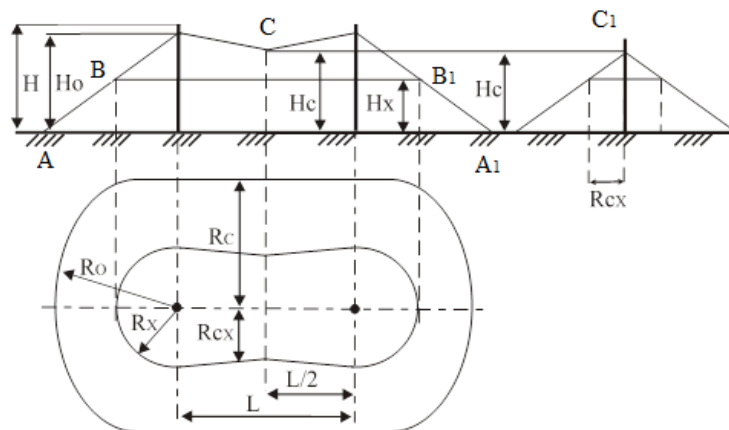


Рисунок 3.11 – Зона захисту подвійного стрижневого блискавковідводу при $L > H$

Величина H_x приймається такою, що дорівнює висоті споруди, а R_x – з розрахунку перекривання зоною захисту половини споруди на рівні її висоти H_x .

Два стрижневі блискавковідводи доцільно застосовувати при розмірах споруди в плані в межах від 1:1,5 до 1:3. Блискавковідводи розташовують-

ся в торцях споруди.

Розміри зони захисту між блискавковідводами (H_c , R_c , R_{cx} , R_{co}) визначають так:

Зона А:

$$\text{а) При } L < H, \quad H_c = H_0; \quad R_{cx} = R_x; \quad R_{co} = R_0; \quad (3.23)$$

$$\text{б) При } H < L < 2H, \quad R_{xc} = H_0 - (0,17+3 \cdot 10^{-4}H)(L-H); \quad (3.24)$$

$$R_{cx} = \frac{H_c - H_x}{H_c} R_0; \quad (3.25)$$

$$R_c = R_0; \quad (3.26)$$

$$\text{в) При } 2H < L < 4H, \quad H_c = H_0 - (0,17+3 \cdot 10^{-4}H)(L-H); \quad (3.27)$$

$$R_{cx} = \frac{H_c - H_x}{H_c} R_0; \quad (3.28)$$

$$R_c = R_0 \left[1 - \frac{0,2(L-2H)}{H} \right], \quad (3.29)$$

де L – відстань між блискавковідводами.

Зона Б:

$$\text{а) При } L < H, \quad H_c = H_0; \quad R_{cx} = R_x; \quad R_{co} = R_0; \quad (3.30)$$

$$\text{б) При } H < L < 6H, \quad H_c = H_0 - 0,14(L-H); \quad (3.31)$$

$$R_{cx} = \frac{H_c - H_x}{H_c} R_0; \quad (3.32)$$

$$R_{co} = R_0. \quad (3.33)$$

Зона захисту тросового блискавковідводу висотою $H < 150$ м зображена на рис. 3.12, де H – висота троса в точці найбільшого провисання. З урахуванням стріли провисання висота опори $H_{оп} = H + 3$ м при $L = 120 - 150$ м, або $H_{оп} = H + 2$ м при $L = 120$ м.

Тросовий блискавковідвід доцільно застосовувати при співвідношенні сторін споруди більший, ніж 1:3.

Зона захисту тросових блискавковідводів має габарити:

Зона А:

$$H_0 = 0,85H;$$

$$R_0 = (1,35 - 0,0025H)H;$$

$$R_x = (1,35 - 0,0025H) \left(H - \frac{H_x}{0,85} \right). \quad (3.34)$$

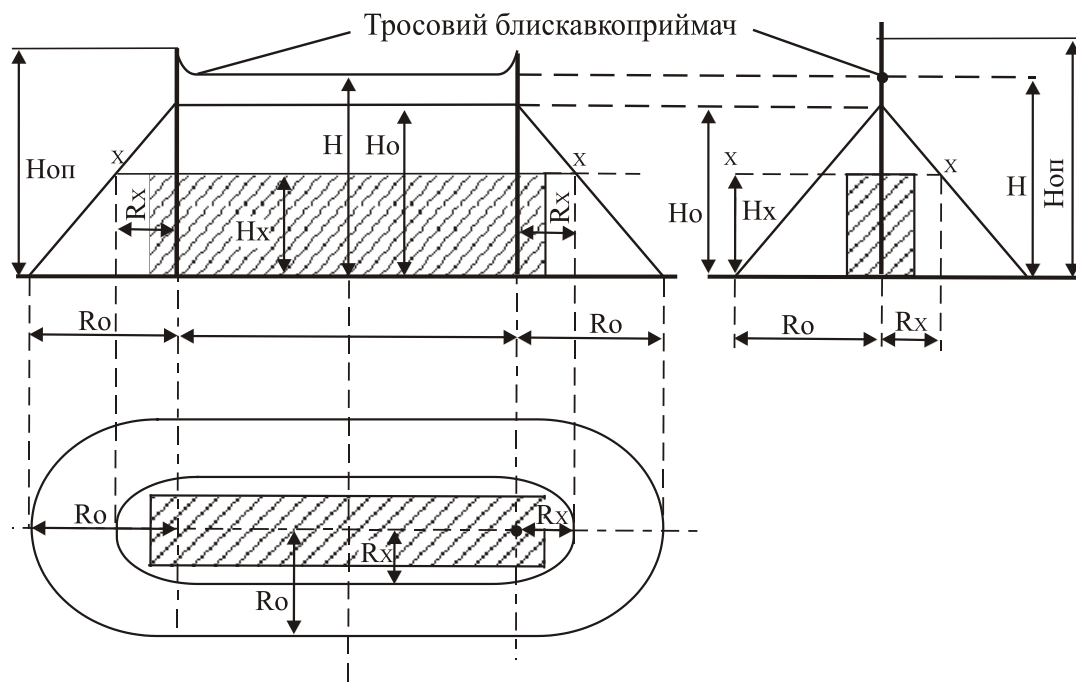


Рисунок 3.12 – Зона захисту тросового блискавковідводу

При розрахунках зони захисту підбирають висоту H , або значення H_x та R_x приймаються як відомі. При цьому R_x , як і у випадку зі стрижневим блискавковідводом, визначається графічно, виходячи з споруди на рівні її висоти H_x . Знаючи H_x та R_x , можемо знайти H , розв'язуючи квадратне рівняння

$$H_{1,2} = \frac{v \pm \sqrt{v^2 - 0,01c}}{0,005}, \quad (3.35)$$

де $v = 1,35 + 0,00294 H_x$; $c = 1,59 H_x + R_x$.

З двох коренів H обирається той, чиє значення більш додатне.

Для об'єктів першої категорії блискавкозахисту при визначенні величини H враховується мінімальна висота тросу над спорудою.

Зона Б:

$$H_o = 0,92H;$$

$$R_o = 1,7 H;$$

$$R_x = 1,7 \cdot \left(H - \frac{H_x}{0,92} \right). \quad (3.36)$$

При відомих величинах H_x та R_x висота H для зони Б може бути визначена за формулою:

$$H = \frac{R_x + 1,58 H_x}{1,7}. \quad (3.37)$$

3.5.3 Вибір і розрахунок заземлювачів блискавковідводів

Заземлювальний пристрій блискавковідводів можна розраховувати за методикою, викладеною в прикладі 3.3 даного посібника, чи підібрати за табл. 3.3 [3], виходячи з питомого опору ґрунту і необхідних допустимих імпульсних опорів R_i в нижчевикладеній послідовності.

1. За табл. 3.16 визначається величина імпульсного опору заземлювача R_i залежно від категорійності захищуваного об'єкта та питомого опору ґрунту.

2. За табл. 3.17 знаходимо величину опору струму розтікання промислової частоти заземлювача R_{50} залежно від величини R_i і питомого опору ґрунту.

3. За 3.3 [3], обираємо форму заземлювача, який має опір струму розтікання, близький до шуканого R_{50} .

Таблиця 3.16 – Величини імпульсних опорів заземлювачів R_i залежності від категорійності об'єктів під захистом

При питомому опорі ґрунтів ρ , Ом * см.	Величини R_i , Ом		
	I категорія	II категорія	III категорія
менше $5 \cdot 10^4$	Не більше 10	Не більше 10	Не більше 20
Більше $5 \cdot 10^4$	Не більше 40	Не більше 40	Не більше 40

Таблиця 3.17 – Перерахунок імпульсних опорів заземлювачів на опори розтікання струму промислової частоти

Величини імпульсних опорів заземлювачів R_i , Ом	Величини опорів струму розтікання промислової частоти (R_{50}) в Ом залежно від питомого опору (ρ) ґрунту в Ом * см			
	до 10^4	до $5 \cdot 10^4$	10^5	Більше 10^5
5	5	7,5	10	15
10	10	15	20	30
20	20	30	40	60
30	30	45	60	90
40	40	60	80	120
50	50	75	100	150

Приклад розрахунку 3.7

Розрахувати і побудувати блискавкозахист димової труби, висота якої $H_{тр} = 25$ м, зовнішній діаметр її верхнього отвору $D_v = 1$ м, зовнішній діаметр нижнього отвору $D_n = 2$ м, розташована в місцевості з середньорічною тривалістю гроз від 40 до 60 год. Питомий опір ґрунту $\rho = 0,8 \cdot 10^4$ Ом·см.

Розв'язання

1. Визначаємо очікувану кількість влучень блискавкою в рік за формулою (3.18); значення n беремо з табл. 3.18 ($n=4$).

$$N = \frac{\left[(1 + 6 \cdot 25)(1 + 6 \cdot 25) - 7,7 \cdot 25^2 \right] \cdot 4}{10^6} = 0,093 \text{ раз на рік,}$$

оскільки $A=B=Дв$.

2. Встановлюємо категорію блискавкозахисту і тип зони захисту.

Із табл. 3.20 випливає, що димова труба висотою $Д$ більше 15 м у місцевості з середньорічною тривалістю гроз понад 20 год/рік належить до III категорії блискавкозахисту. Тип зони захисту – зона Б.

3. Обираємо одинарний чи окремих стрижневий блискавковідвід і визначаємо його висоту за формулою (3.22):

$$H = \frac{1 + 1,63 \cdot 25}{1,5} = 27,8 \text{ м,}$$

оскільки $R_x = D_n/2 = 1 \text{ м}$.

Висота блискавкоприймача H_m дорівнює:

$$H_m = H - H_{тр} = 27,8 - 25 = 2,8 \text{ м.}$$

Переріз сталевого блискавкоприймача та переріз струмовідводу приймаємо такими, що дорівнюють 100 мм^2 .

4. Побудову зони блискавкозахисту виконуємо в такій послідовності. Через блискавкоприймач проводимо осьову лінію, на якій відкладаємо відрізок $OA = 0,92H = 25,6 \text{ м}$ (рис. 3.13). Від основи труби (точка O) відкладаємо відрізки OB і OB_1 , що дорівнюють $1,5H = 39,5 \text{ м}$. Точку A з'єднуємо з точками B і B_1 . Отримуємо зону захисту димової труби у вигляді конусу з основою BB_1 і твірними AB і AB_1 .

5. Заземлювальний пристрій обираємо за табл. 3.22, керуючись нижчезагаданим.

Для III категорії блискавкозахисту і $\rho = 0,8 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ припустимий імпульсний опір R_i не більше 20 Ом (див. табл. 3.16). Із табл. 3.17 знаходимо величину опору струму розтікання промислової частоти заземлювача R_{50} для ґрунту з питомим опором $\rho = 0,8 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$. Він дорівнює 14 Ом.

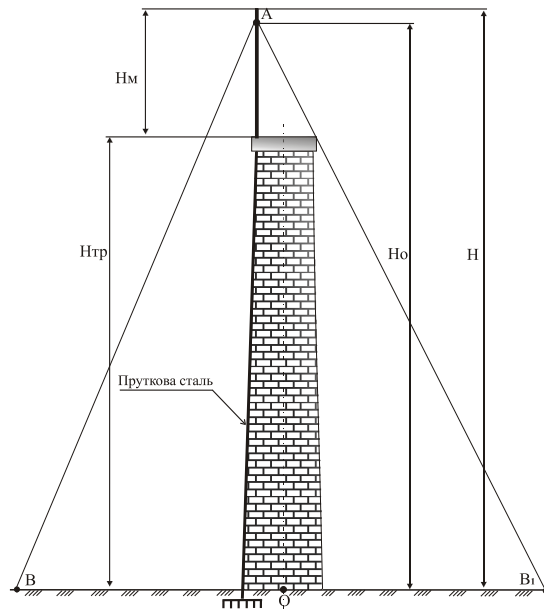


Рисунок 3.13 – Побудова зони захисту блискавковідводу

Потім за табл. 3.3 [3] обираємо форму заземлювача, який має опір, близький до шуканого. Такий опір має заземлювач з порядковим номером 5, а саме: заземлювач двострижневий з труби діаметром 50 мм, заглиблений на 0,8 м. Висота електродів $L = 2,5$ м, відстань між ними $C = 3$ м.

Приклад розрахунку 3.8

Розрахувати і побудувати блискавкозахист виробничого приміщення, яке належить, за ПУЕ, до класу В-I; має розміри: довжина $A = 50$ м, ширина $B = 20$ м і висота $h = 10$ м. Будинок розташований у Кропивницькій області. Питомий опір ґрунту $\rho = 0,8 \cdot 10^4$ Ом•см.

Розв'язання

1. Із табл. 3.18 знаходимо середньорічну грозову діяльність $K = 60\text{--}80$ год.

2. Із табл. 3.19 визначаємо очікувану середньорічну кількість ударів блискавки в 1 км^2 земної поверхні, $n = 5,5$.

3. За формулою (3.18) визначаємо очікувану кількість уражень блискавкою за рік:

$$N = \left[(20 + 6 \cdot 10)(50 + 6 \cdot 10) - 7,7 \cdot 10^2 \right] \cdot 5,5 \cdot 10^{-6}, \quad N = 0,044 \text{ раза.}$$

4. За табл. 3.20 визначаємо, що приміщення належить до I категорії захисту, зона А. Відношення $A/B = 50/20 = 2,5 < 3$, тож доцільно застосувати два стрижневі блискавковідводи.

5. Приймаємо відстань від стрижневого блискавковідводу до споруди $S_B = 4$ м. (рис. 3.14).

Визначаємо відстань між двома окремими блискавковідводами.

$$L=2S_{\text{В}}+A=2\cdot 4+50=58 \text{ м.}$$

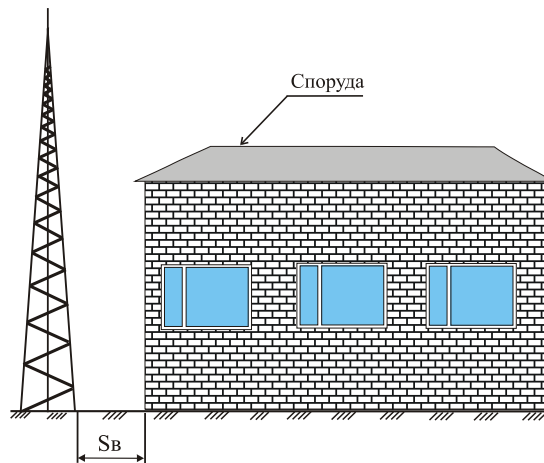


Рисунок 3.14 – Відстань $S_{\text{В}}$ від стрижневого блискавковідводу до споруди

6. Для забезпечення потрібного блискавкозахисту необхідно, щоб будинок перекривався зонами захисту, утвореними кожним блискавковідводом. Тому приймаємо радіус захисту $R_x = 20 \text{ м}$.

7. Визначимо висоту кожного блискавковідводу для зони А за формулою (3.21), приймаючи $H_x = h = 10 \text{ м}$, $R_x = 20 \text{ м}$, $v = 1,12235$; $C = 32,94$.

Тоді

$$H_{1,2} = \frac{1,12235 \pm \sqrt{1,2589 - 0,2635}}{0,04},$$

$$H_{1,2} \cong \frac{1,12235 \pm 1}{0,04},$$

$$H_1 = 530,5 \text{ м}, \quad H_2 = 30,5 \text{ м.}$$

З двох коренів приймається $H = 30,5 \text{ м}$.

8. В даному випадку $H < L < 2H$, тобто $30,5 < 58 < 61$.

Тоді H_c , R_{cx} і R_{co} обчислюються відповідно за формулами (3.24), (3.25) і (3.26).

$$H_c = H_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} H) \cdot (L - H) = 0,85 \cdot 30,5 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}) \cdot (58 - 30,5) \cong 21 \text{ м.}$$

$$R_{cx} = \frac{H_c - H_x}{H_c} R_0;$$

$$R_o = R_c = (1,1 - 0,002 H) \cdot H = (1,1 - 0,002 \cdot 30,5) \cdot 30,5; \quad R_o = R_c = 31,72 \text{ м.}$$

Тоді
$$R_{cx} = \frac{21-10}{21} \cdot 31,72 = 16,5 \text{ м.}$$

9. Побудова меж зони захисту блискавковідводу.

Від основи кожного блискавковідводу точки O і O_1 у різні боки відкладаємо по два відрізки величиною $R_O = 31,7 \text{ м}$. На осьових лініях блискавкоприймачів відкладаємо відрізки, які дорівнюють $H_O = 0,85H = 25,92 \text{ м}$. Отримані точки A і A_1 з'єднуємо з точками B і B_1 .

Із точки C , яка знаходиться посередині відстані між блискавкоприймачами, проводимо перпендикуляр до лінії BB_1 і відкладаємо відрізок CC_1 , який дорівнює $H_c = 21 \text{ м}$. Отримуємо фігуру $BAC_1A_1B_1$, яка у фронтальному перерізі буде зоною захисту (див. рис. 3.11).

У плані вона буде подана зонами захисту кожного блискавковідводу.

Посередині між блискавковідводами ширина захисту буде визначатися на рівні землі величиною $R_c = R_O = 31,72 \text{ м}$, а на висоті H_x – величиною $R_{cx} = 16,5 \text{ м}$.

10. Вибір заземлювача виконується за принципом, викладеним в прикладі 3.1.

Приклад розрахунку 3.9

Потрібно захистити будинок тросовим блискавковідводом, опори якого передбачається зміцнити по торцях будинку на відстані $R_x = 3 \text{ м}$.

Будинок прямокутний у плані з розмірами $A \times B = 38 \times 6 \text{ м}$. Висота стіни (краю даху) $H = 4 \text{ м}$. Висота гребеня даху над землею однакова для всього будинку і дорівнює $H_k = 5 \text{ м}$.

Визначити висоту опори тросового блискавкоприймача. Зона захисту будинку – зона Б.

Розв'язання

1. Визначимо висоту тросового блискавковідводу за формулою (3.37)

$$H = \frac{(3 + 1,58 \cdot 4)}{1,7} = 6,13 \text{ м.}$$

2. Визначимо висоту опори блискавкоприймача. Оскільки $L < 120 \text{ м}$, то $H_{оп} = H + 2 \text{ м}$.

$$H_{оп} = 6,13 + 2 = 8,13 \text{ м.}$$

Опори піднімаються над гребенем даху на відстань

$$H_{оп} - H_k = 8,13 - 5 = 3,13 \text{ м.}$$

Таблиця 3.18 – Очікувана середньорічна кількість ударів блискавки в 1°км² земної поверхні п залежно від інтенсивності грозової діяльності К

Інтенсивність грозової діяльності К	Очікуване середньорічне число ударів блискавки п
10–20	1
20–40	2
40–60	4
60–80	5,5
80–100	7,0
100 і більше	8,5

Таблиця 3.19 – Середньорічна грозова діяльність, К

Області	Середньорічна грозова діяльність, К
1. Крим	40–60
2. Закарпатська, Запорізька, Донецька	80–100
3. Інші області України	60–80

Таблиця 3.20 – Категорії пристроїв блискавкозахисту та типи зон захисту

Класи будівель та споруд за ПУЕ	Місце розташув.	Тип зони захисту	Категорія пристроїв захисту
1. В-I, В-II	на всій території України	зона А	I
2. В-16, В-Ia	при $K \geq 10$	При $N < 1$ - зона Б	II
2. Зовнішні об'єкти класу В-Iг	на всій території України	зона Б	II
4. П-I, П-II, П-IIIa	при $K \geq 20$	Для будівель та споруд I та II ступенів вогнестійкості при $0,1 < N < 2$ і для III, IV та V ступенів вогнестійкості при $0,02 < N < 2$ – зона Б; при $N < 2$ – зона А	III
5. Зовнішні об'єкти класів II та III	при $K \geq 20$	при $0,1 < N < 2$ - зона Б при $N > 2$ - зона А	III
6. Об'єкти III – V ступенів вогнестійкості, котрі за ПУЕ не класифікуються	при $K \geq 20$	при $0,1 < N < 2$ - зона Б при $N > 2$ - зона А	III
7. Труби, щогли, вежі висотою понад 15 м	при $K \geq 20$	зона Б	III
8. Окремо розташовані будівлі висотою понад 30 м. віддалені від інших будівель більше ніж на 400 м.	при $K \geq 20$	зона Б	III

Примітка. К – середня грозова діяльність у годинах за рік; N – очікувана кількість уражень блискавкою за рік будівель та споруд, що не обладнані блискавкозахистом $N = [(S+6h)(L+6h) - 7,7h^2]n \cdot 10^{-6}$; для башт, вишок, димових труб $N = 9ph^2n \cdot 10^{-6}$, де S і L – відповідно, ширина і довжина будівлі, що має в плані прямокутну форму, м; h – найбільша висота будівлі (споруди), м; n – середньорічне число ударів блискавки в 1 км² земної поверхні в місці розташування будівлі (табл. 3.18).

Приклад виконання розрахунку одинарного стрижневого блискавкозахисту в програмі Mathcad

Порядок розрахунку.

1. Вводимо початкові дані:

Довжина будинку, м: $A := 50$

Ширина будинку, м: $B := 20$

Висота, м: $h := 10$

2. Із таблиці 3.9 обираємо питомий опір для ґрунту супісок, Ом•м

$$\rho := 300$$

Регіон: **Вінницька область**

3. Із таблиці 3.20 знаходимо середньорічну грозову діяльність для Вінницької області

$K=40-60$ год.

Із таблиці 3.18 знаходимо очікувану середньорічну кількість ударів блискавки в 1 км^2 земної поверхні

$$n := 4$$

4. Визначаємо очікувану кількість уражень блискавкою за рік

$$N := [(A + 6 \cdot h) \cdot (B + 6 \cdot h) - 7.7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6} = 0.032$$

5. За таблицею 3.20 визначаємо тип зони захисту.

Приміщення належить до I категорії захисту, зона А.

Відношення

$$\frac{A}{B} = 2.5$$

Приймаємо відстань від стрижневого блискавковідводу до споруди, м

$$L1 := 4$$

6. Визначаємо відстань між двома окремими блискавковідводами, м

$$L2 := 2 \cdot L1 + A = 58$$

Для забезпечення потрібного блискавкозахисту необхідно, щоб будинок перекривався зонами захисту, які утворені кожним блискавковідводом. Тому приймаємо радіус захисту, м:

$$R_x := 20$$

$$H_x := h = 10$$

7. Визначимо висоту H_1 та H_2 , м, кожного блискавковідводу для зони А

$$b := 1.12235$$

$$C := 32.94$$

$$H_1 := \frac{b + \sqrt{b^2 - 0.008 \cdot C}}{0.004} = 530.106$$

$$H_2 := \frac{b - \sqrt{b^2 - 0.008 \cdot C}}{0.004} = 31.069$$

З двох коренів приймаємо висоту блискавкозахисту

$$H := H_2 = 31.069$$

8. За умови $H < L < 2H$, тобто $31.069 < 58 < 62.14$, визначаємо розміри зони захисту (в м) типу А стрижневого блискавкозахисту (див. рис. 3.10)

$$H_0 := 0.85 \cdot H = 26.409$$

$$R_0 := (1.1 - 0.002 \cdot H) \cdot H = 32.245$$

$$R_x := (1.1 - 0.002H)(H - H_x \div 0.85) = 20.035$$

3.6 Розрахунок електромагнітного поля лінії надвисокої напруги

Електромагнітне поле, яке створюється повітряними лініями надвисокої напруги (ПЛ НВН), визначає умови проведення різних робіт: як безпосередньо під проводами, так і на відносно великих відстанях від них. Для визначення умов безпеки проведення робіт в електроустановках НВН потрібен електромагнітний моніторинг.

Традиційно проблема електромагнітного моніторингу вирішується за допомогою таких основних підходів:

- розрахункове прогнозування електромагнітного поля (ЕМП);
- інструментальний контроль електромагнітної обстановки на стадії експлуатації об'єктів та їх комплексів;
- розробка заходів та рекомендацій щодо захисту від ЕМП і нормалізації електромагнітної обстановки.

Електроустановки надвисокої напруги є одним з основних джерел електромагнітних випромінювань при виконанні робіт у відкритих розподільчих пристроях, лініях НВН, тому не можна не враховувати дії створюваних ними шкідливих чинників електромагнітного поля промислової частоти на електротехнічний персонал.

Електромагнітне поле являє собою сукупність двох взаємопов'язаних полів – електричного та магнітного, які утворюються електромагнітними хвилями, що змінюються в часі і за певних умов здатні породжувати одне одного.

ЕМП у просторі характеризується вектором електричної напруженості \mathbf{E} в В/м та вектором магнітної напруженості \mathbf{H} в А/м, які пов'язані між собою диференціальними рівняннями Максвелла, які мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot}\mathbf{H} &= \gamma\mathbf{E} + \frac{\partial\varepsilon\mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{j}; \\ \operatorname{rot}\mathbf{E} &= \frac{\partial\mu\mathbf{H}}{\partial t}; \\ \operatorname{div}\varepsilon\mathbf{E} &= \rho; \\ \operatorname{div}\mu\mathbf{H} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (3.38)$$

де \mathbf{E} і \mathbf{H} – вектори напруженості електричного і магнітного полів;
 γ , μ і ε – електрична провідність, магнітна і діелектрична проникність середовища;

\mathbf{j} – густина струму, що збуджена джерелом випромінювання;

ρ – густина електричного заряду.

Вектори напруженості електричного \mathbf{E} та магнітного \mathbf{H} полів перпендикулярні між собою, а також перпендикулярні до напрямку розповсюдження електромагнітної хвилі.

Електромагнітні хвилі здатні виконувати різні дії завдяки перенесенню певної енергії.

При частоті електричного струму $f = 50$ Гц довжина хвилі електромагнітного випромінювання становить

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{50} = 0,6 \times 10^7 \text{ м} = 6000 \text{ км.}$$

Оскільки в цьому випадку виконується умова квазістаціонарності, тобто довжина хвилі значно більша загальної довжини розглянутих провідників, то розподіл амплітуди струму в усьому колі в будь-який момент часу можна вважати рівномірним.

У рівняннях Максвелла за виразом (3.38), похідними $\frac{\partial\varepsilon\mathbf{E}}{\partial t}$ і $\frac{\partial\mu\mathbf{H}}{\partial t}$ можна знехтувати внаслідок малості, оскільки поля змінюються в часі відносно повільно. Тоді рівняння Максвелла набуде вигляду:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot}\mathbf{H} &= \mathbf{j}; \\ \operatorname{rot}\mathbf{E} &= 0; \\ \operatorname{div}\varepsilon\mathbf{E} &= \rho; \\ \operatorname{div}\mu\mathbf{H} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3.39)$$

Електричне та магнітне поля в умовах задачі даного типу можна розглядати як незалежні одна від одної функції і вважати, що електромагнітні хвилі не випромінюються.

Для аналізу напруженості електричного поля, що створюється проводами повітряної лінії НВН, скористаємося методикою СОУ-НЕС 20.179:2008, яка визначена в Україні як базова для розрахунку електрично-

го і магнітного полів лінії електропостачання ПЧ при визначенні можливих впливів на людину при її експлуатації.

Розглянемо модель прямолінійної ділянки кола електропостачання для обчислення електричного поля ЛЕП, конфігурація проводів якої відповідає типовій опорі П750 з горизонтальним розташуванням фаз, розміщеній в декартовій системі координат і зображеній на рис. 3.15.

Для спрощення приймаємо, що повітряна лінія НВН не має блискавкозахисних тросів, внаслідок чого троси не впливають на електричне поле проводів.

Оскільки напруга в мережі не залежить від навантаження, електричне поле також виявляється незалежним від споживаного струму. Обчислення електричного поля, з урахуванням перерахованих припущень і обмежень, зводиться до розв'язання двовимірного квазістатичного завдання методом суперпозиції. Згідно з ним величину впливу системи заряджених тіл або проводів зі струмами в заданій точці простору обчислюють як векторну суму впливів, що утворюються кожним із заряджених тіл або проводів. Вплив поверхні землі враховано введенням дзеркального зображення провідників, при цьому робиться припущення про металевий характер електропровідності ґрунту.

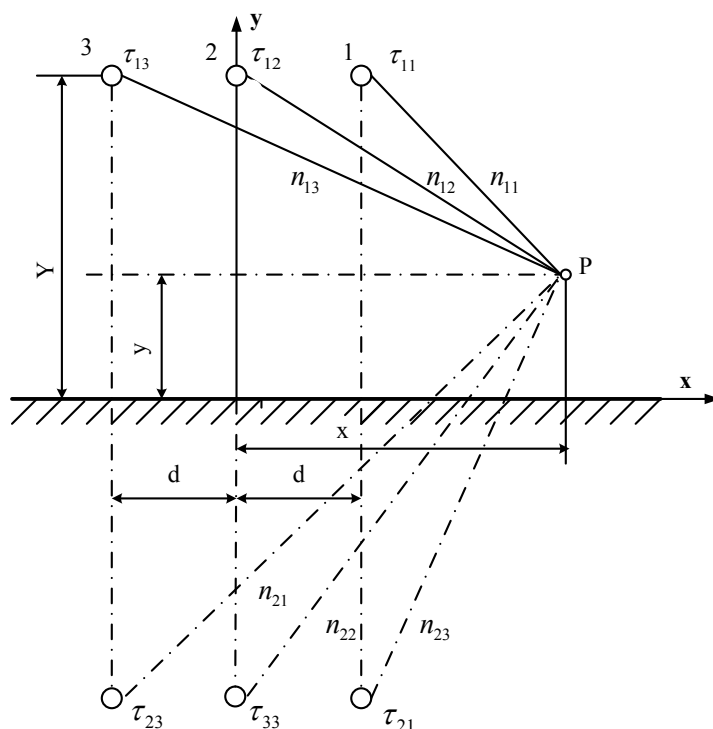


Рисунок 3.15 – До розрахунку електричного поля поблизу повітряної лінії НВН

Якщо прийняти, що лінійні заряди (див. рис. 3.15), які відповідають проводам лінії (віднесені до одиниці довжини), визначаються таким чином

$$\tau_1 = C_1 \cdot U_\phi, \quad \tau_2 = C_2 \cdot U_\phi \cdot e^{-j\Delta}, \quad \tau_3 = C_3 \cdot U_\phi \cdot e^{j\Delta}, \quad (3.39)$$

де U_ϕ – клас напруги ЛЕП, кВ, $\Delta = 120^\circ = 2\pi / 3$ – фазовий зсув;

j – уявна одиниця;

C_i – погонна ємність електричної системи провід – земля, для лінії з горизонтальним розташуванням проводів $C_1 = C_2 = C_3 = C$.

А електричне поле системи проводів протяжної ЛЕП визначається геометричним підсумовуванням полів, які створені кожним із провідників окремо:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n (\vec{E}_i + \vec{E}'_i). \quad (3.40)$$

Вираз, що стоїть під знаком суми в (3.40), визначає електричне поле, що створене i -ою системою провід – дзеркальне відображення. Первинне поле i -го проводу над поверхнею землі визначається відомим з курсу електротехніки виразом для напруженості електричного поля відокремленого нескінченно довгого прямолінійного провідника, зарядженого рівномірно по довжині:

$$E_i = \frac{\tau_i}{2\pi\epsilon_0 n_i}, \quad (3.41)$$

де τ_i – лінійна густина проводу;

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$, ф/м – діелектрична стала (враховано, що поле визначається в повітрі);

n_i – найкоротша відстань від проводу до точки, в якій визначається напруженість, м.

Тоді напруженість електричного поля, кВ/м трифазної ПЛ електропередачі з горизонтальним розташуванням проводів визначається рівнянням:

$$E = \frac{CU_\phi}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sqrt{(2k_1 - k_3 - k_5)^2 + 3(k_3 - k_5)^2 + (2k_2 - k_4 - k_6)^2 + 3(k_4 - k_6)^2}. \quad (3.42)$$

Коефіцієнти k мають такі значення:

$$k_1 = \frac{x+d}{n_{13}^2} - \frac{x+d}{n_{23}^2}; \quad k_2 = \frac{Y-y}{n_{13}^2} + \frac{Y+y}{n_{23}^2};$$

$$k_3 = \frac{x}{n_{12}^2} - \frac{x}{n_{22}^2}; \quad k_4 = \frac{Y-y}{n_{12}^2} + \frac{Y+y}{n_{22}^2};$$

$$k_5 = \frac{x-d}{n_{11}^2} - \frac{x-d}{n_{21}^2}; \quad k_6 = \frac{Y-y}{n_{11}^2} + \frac{Y+y}{n_{21}^2}.$$

Відрізки n є гіпотенузами відповідних прямокутних трикутників (див. рис. 3.15) і визначаються такими рівняннями, м:

$$\begin{aligned} n_{13} &= \sqrt{(x+d)^2 + (Y-y)^2}; & n_{23} &= \sqrt{(x+d)^2 + (Y+y)^2}; \\ n_{12} &= \sqrt{x^2 + (Y-y)^2}; & n_{22} &= \sqrt{x^2 + (Y+y)^2}; \\ n_{11} &= \sqrt{(x-d)^2 + (Y-y)^2}; & n_{21} &= \sqrt{(x-d)^2 + (Y+y)^2}. \end{aligned}$$

Ємність фази трифазної лінії з горизонтальним розташуванням проводів відносно землі на одиницю довжини лінії, C , ф/м визначається за відомим виразом:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \left[\frac{2Y_c \cdot d}{r \cdot \sqrt[3]{(4Y_c^2 + d^2)} \cdot \sqrt{Y_c^2 + d^2}} \right]}, \quad (3.43)$$

де Y_c – середня висота проводів над поверхнею землі, м:

$$Y_c = Y_p - 2f/3 = (Y_p - 2Y_0)/3,$$

де Y_p – висота кріплення проводу на опорі, м (рис. 3.16);

Y_0 – габарит лінії (найкоротша відстань від проводів до землі), м;

f – стріла провисання проводу, м;

l – довжина прогону лінії, м.

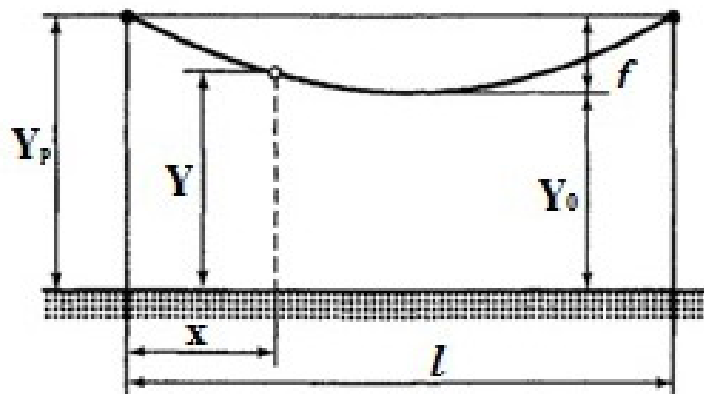


Рисунок 3.16 – До визначення висоти розміщення проводу Y над землею на різних відстанях від опори

Зваживши на те, що висота підвішування проводів ЛЕП значна, тобто $Y_c \gg d$, можна одержати спрощений вираз, Ф/м

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{d\sqrt[3]{2}}{r}}, \quad (3.44)$$

де r – радіус проводу, м.

При розщеплених фазах, що складаються з n проводів радіусом r_0 кожен, при відстані між ними (крок розщеплення) a , м, замість r у вирази (3.43) та (3.44) потрібно підставити еквівалентний радіус r_e , м

$$r_e = p \cdot \sqrt[n]{r_0 \cdot a^{n-1}}, \quad (3.45)$$

де p – поправковий коефіцієнт.

При $n = 2$ і $n = 3$ коефіцієнт $p = 1$ і $p = 1,09$ при $n = 4$.

Приклад розрахунку 3.10

Визначити напруженість електричного поля на висоті $h = 2$ м від землі на різних відстанях від осі лінії 500 кВ в середині проміжного прогону. Лінія має горизонтальне розташування проводів з відстанню між ними $d = 10,5$ м; фази – розщеплені, складаються з трьох проводів АСО-500 радіусом $r_0 = 0,0151$ м з кроком розщеплення $a = 0,40$ м. Висота проводів на опорі $H_{\text{п}} = 22$ м, габарит лінії $H_0 = 8,65$ м, середня висота підвісу проводів над землею $h_{\text{ср}} = 13,1$ м. Грозозахисні троси ізолювані від опор, тому вплив їх на електричне поле проводів не враховуємо.

Розв'язання

Попередньо визначаємо ємність фази щодо землі за (3.43):

$$C = \frac{2\pi \cdot 8,65 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 13,1 \cdot 10,5} = 12 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

$$\ln \sqrt[3]{0,0151 \cdot 0,4^2} \cdot \sqrt[3]{4 \cdot 13,1^2 + 10,5^2} \cdot \sqrt{13,1^2 + 10,5^2}$$

Тепер за рівнянням (3.42) знаходимо напруженість поля в цікавих для нас точках. При цьому, оскільки напруженість поля потрібно визначити в середині прогону, висоту H приймаємо такою, що дорівнює габариту лінії, тобто $E = 8,65$ м.

Спочатку обчислимо напруженість E в точці, що знаходиться під середньою фазою на висоті 2 м від землі (див. рис. 3.16). Для цієї точки $x = 0$ (див. також рис. 3.15), відрізки m і n рівні

$$m_A = m_C = \sqrt{(8,65 - 2)^2 + 10,5^2} = \sqrt{131,9} \text{ м};$$

$$n_A = n_C = \sqrt{(8,65 + 2)^2 + 10,5^2} = \sqrt{223,6} \text{ м};$$

$$m_B = 8,65 - 2 = 6,65 \text{ м}; \quad n_B = 8,65 + 2 = 10,65 \text{ м}.$$

Коефіцієнти k для розрахункової точки дорівнюють

$$k_1 = 10,5 / 131,9 - 10,5 / 223,6 = 3,28 \cdot 10^{-2};$$

$$k_2 = 6,65 / 131,9 + 10,65 / 223,6 = 9,8 \cdot 10^{-2};$$

$$k_3 = 0;$$

$$k_4 = 6,65 / 6,652 + 10,65 / 10,652 = 24,42 \cdot 10^{-2};$$

$$k_5 = -10,5 / 131,9 - (-10,5) / 223,6 = -3,28 \cdot 10^{-2};$$

$$k_6 = 6,65 / 131,9 + 10,65 / 223,6 = 9,8 \cdot 10^{-2}.$$

Підставивши чисельні значення величин, що входять у вираз (3.42), отримаємо значення напруженості електричного поля в розрахунковій точці

$$E = \frac{12 \cdot 10^{-12} \cdot 500 \cdot 10^3}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{3}} \cdot \sqrt{10^4 \cdot [(2 \cdot 3,28 + 3,28)^2 + 3 \cdot 3,28^2 + (2 \cdot 9,8 - 24,42 - 9,8)^2 + 3(24,42 + 9,8)^2]} =$$

$$= 9700 \text{ В/м}$$

Аналогічним шляхом визначаємо напруженість поля в інших точках (при різних значеннях x).

Приклад виконання розрахунку електричного поля поблизу повітряної лінії 750 кВ в програмі Mathcad

Умова задачі згідно з прикладом 3.10 (див. рис. 3.15).

Вводимо початкові дані:

Напруга повітряної лінії, кВ:	U := 750
висота проводу над поверхнею землі, м:	y := 4
відстань між осями фаз, м:	d := 18
висота проводу на стояку, м:	h1 := 22
габарит ПЛ, м:	h2 := 24.5
радіус проводу, м:	r1 := 0.0174
кількість розщеплених фаз	n := 4
крок розщеплення	a := 0.40
поправковий коефіцієнт	p := 1.09
відстань від опори до стріли	
провисання проводу фази, м:	x := 18

Розрахунок

1 Визначаємо середню висоту підвішування проводу над землею

$$h1 - \frac{2}{3} \cdot (h1 - h2)$$

$$Y := h2$$

2 Обчислюємо еквівалентний радіус фази ПЛ, м:

$$r := p \cdot \sqrt[n]{r1 \cdot a^{n-1}} = 0.153$$

3 Визначаємо ємність фази ПЛ відносно землі, Ф:

$$C1 := \frac{(2 \cdot \pi \cdot 8.854 \cdot 10^{-12})}{\ln \left[\frac{2 \cdot Y \cdot d}{r \cdot \sqrt[3]{(4 \cdot Y^2 + d^2)} \cdot \sqrt{Y^2 + d^2}} \right]} = 1.139 \times 10^{-11}$$

4 Знаходимо відрізки n в метрах

$$n13 := \sqrt{(x + d)^2 + (Y - y)^2} = 41.428$$

$$n23 := \sqrt{(x + d)^2 + (Y + y)^2} = 45.916$$

$$n12 := \sqrt{x^2 + (Y - y)^2} = 27.281$$

$$n22 := \sqrt{x^2 + (Y + y)^2} = 33.708$$

$$n11 := \sqrt{(x - d)^2 + (Y - y)^2} = 20.5$$

$$n21 := \sqrt{(x - d)^2 + (Y + y)^2} = 28.5$$

5 Обчислюємо коефіцієнти k

$$k1 := \frac{x + d}{n13^2} - \frac{x + d}{n23^2} = 3.9 \times 10^{-3}$$

$$k2 := \frac{Y - y}{n13^2} + \frac{Y + y}{n23^2} = 0.025$$

$$k3 := \frac{x}{n12^2} - \frac{x}{n22^2} = 8.344 \times 10^{-3}$$

$$k4 := \frac{Y - y}{n12^2} + \frac{Y + y}{n22^2} = 0.053$$

$$k5 := \frac{x - d}{n11^2} - \frac{x - d}{n21^2} = 0$$

$$k6 := \frac{Y - y}{n11^2} + \frac{Y + y}{n21^2} = 0.084$$

6 Визначаємо значення напруженості електричного поля, кВ\м:

$$E1 := \frac{C1 \cdot U}{4 \cdot \pi \cdot (8.854 \cdot 10^{-12}) \cdot \sqrt{3}} \cdot \sqrt{(2k1 - k3 - k5)^2 + 3 \cdot (k3 - k5)^2 + (2k2 - k4 - k6)^2 + 3 \cdot (k4 - k6)^2} = 4.535$$

3.7 Розрахунок струму, що проходить через тіло людини, яка стоїть на землі, внаслідок дії електромагнітного поля лінії електропередавання надвисокої напруги

При розрахунку струму, що проходить через тіло людини, яка стоїть на поверхні землі в струмопровідному взутті, її тіло замінюють рівною йому за висотою та об'ємом половиною еліпсоїда обертання з півосями a та b (рис. 3.17) та роблять припущення: півеліпсоїд має провідність, яка дорівнює середній провідності тіла людини, а поле до внесення до нього півеліпсоїда – однорідне, вектор напруженості електричного поля E вважається направленим вертикально, тобто по великій півосі еліпсоїда a .

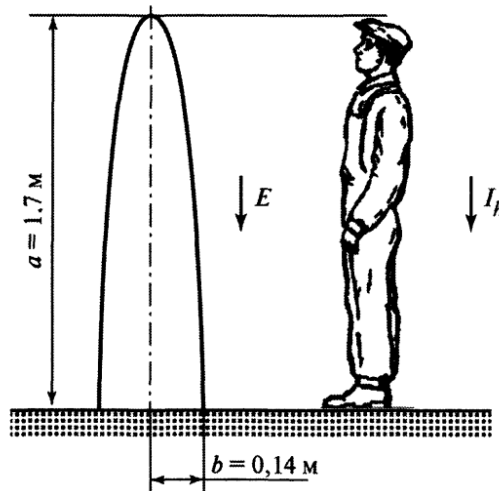


Рисунок 3.17– До визначення струму, що проходить через тіло людини, яка знаходиться в електричному полі

За цих умов величина діючого значення заряду провідного півеліпсоїда дорівнює:

$$Q_h = \frac{\pi b^2 \varepsilon_0 E}{N_a} \quad (3.46)$$

де $S = \pi b^2$ – площа поверхні півеліпсоїда, м²;

N_a – коефіцієнт деполаризації еліпсоїда обертання вздовж осі обертання;

b – довжина малої півосі еліпсоїда обертання, м.

Диференціюючи миттєве значення заряду $g = Q_m \cos \omega t$ за часом, знаходимо миттєве значення струму i , що стікає в землю через основу півеліпсоїда:

$$i = \frac{dg}{dt} = Q_m \omega \sin \omega t, \quad (3.47)$$

де Q_m – максимальне значення заряду, Кл;

ω – кутова частота, с⁻¹; t – час, с.

З урахуванням рівняння (3.46) діюче значення ємнісного струму, що проходить крізь тіло людини, яка стоїть безпосередньо на землі, визначається за виразом

$$I_h = \frac{\omega \pi b^2 \varepsilon_0}{N_a} E = \frac{\pi b^2 \omega \varepsilon_0}{N_a a} \varphi, \quad (3.48)$$

де $\varphi = aE$ – потенціал електричного поля на висоті зросту людини, В. Для людини середнього зросту можна прийняти $a = 1,7$ м, $b = 0,14$ м. Підставивши значення величин, отримаємо:

$$I_h = 11,4 \cdot 10^{-9} E, \text{ А}$$

де E – діюче значення напруженості ЕП ПЧ на висоті зросту людини, кВ/м.

Виміряні значення струмів, що проходять крізь тіло людини, яка знаходиться в різних місцях відкритої розподільної установки (ВРУ) і має контакт з землею чи з заземленим предметом, мають для ВРУ 500 кВ максимальне значення 250 мкА, а середнє – 130 мкА; для ВРУ 750 кВ максимальний струм досягає 350 мкА, а середнє значення 180 мкА. При підніманні на опорі лінії електропостачання величина струму, що проходить крізь тіло людини, також змінюється. При знаходженні людини на опорі лінії 500 кВ на рівні проводу або безпосередньо на траверсі під крайнім проводом, значення струму, що проходить крізь тіло людини, сягає близько 500–600 мкА.

Приклад розрахунку 3.11

Людина знаходиться поблизу діючої електроустановки і виявляється в зоні створеного електричного поля, яке, за певної інтенсивності, шкідливо для здоров'я. Разом з тим, електричне поле обумовлює виникнення електричного струму, який стікає в землю крізь тіло людини і також є негативним чинником.

Шкідливий вплив на здоров'я людей визначається гранично допустимими рівнями напруженості електричного поля. У той же час, для оцінювання ступеня впливу електричного поля також проводять розрахунок струму, що проходить крізь тіло людини.

Дано: зріст людини $a = 1,2$ м; маса тіла $G = 43$ кг; щільність тіла людини (середнє значення) $\rho_{\text{ч}} = 1,05$ г / см.

Потрібно визначити значення струму, що стікає в землю крізь тіло людини (підлітка), яка знаходиться поблизу повітряної лінії електропередачі (ПЛ) надвисокої напруги, де напруженість електричного поля на рівні зросту цієї людини досягає $E = 15$ кВ/м, використовуючи точне і наближене значення коефіцієнта деполаризації еліпсоїда N_a (отримати два значення струму, що проходить через тіло людини – I_{h1} і I_{h2}).

Припущення

1) тіло людини, яка стоїть на землі поблизу ПЛ, замінюють рівною йому за висотою та об'ємом половиною витягнутого еліпсоїда обертання з півосями a і b так, що більша його піввісь перпендикулярна до поверхні землі;

2) матеріал еліпсоїда вважається однорідним з електричною провідністю, що дорівнює середній електричній провідності тіла людини. Однак спочатку слід вважати, що півеліпсоїд виконаний з непровідного матеріалу з відносною діелектричною проникністю ϵ_r ;

3) вважаємо, що електричне поле до внесення в нього півеліпсоїда було однорідним, тому підсумкове поле всередині непровідного півеліпсоїда також буде однорідним;

4) вважаємо, що вектор напруженості зовнішнього електричного поля E спрямований вертикально, тобто по великій півосі еліпсоїда.

Розв'язання

В першу чергу визначимо розміри еліпсоїда. Розміри половини еліпсоїда, еквівалентного тілу людини, знайдемо, знаючи висоту і об'єм тіла людини,

$$V_h = \frac{2}{3} \pi a b^2; \quad b = \sqrt{\frac{3}{2} \pi a b^2};$$

$$V_h = \frac{G}{\rho_h} = \frac{43}{1,05 \cdot 10^3} = 4,09 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3;$$

$$b = \sqrt{\frac{3 \cdot 4,09 \cdot 10^{-2}}{2\pi \cdot 1,2}} = 0,127 \text{ м};$$

Як відомо з основ електротехніки, при цих умовах напруженість поля всередині діелектрика (півеліпсоїда) E_r , В/м визначається як

$$E_r = E - \frac{P_r N_a}{\epsilon_0};$$

де E_r – поляризованість діелектрика, Кл/м

$$P_r = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1) E_r;$$

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ – діелектрична постійна, Ф / м; N_a – коефіцієнт деполяризації еліпсоїда обертання уздовж осі обертання (тобто осі a), визначається з виразу

$$N_a = \left[\frac{\frac{k}{\sqrt{k^2 - 1}} \ln(k + \sqrt{k^2 - 1}) - 1}{k^2 - 1} \right],$$

де $k = a/b = 1,2/0,127 = 9,45$ – відношення півосей еліпсоїда.

$$N_a = \frac{\left[\frac{9,45}{\sqrt{9,45^2 - 1}} \ln(9,45 + \sqrt{9,45^2 - 1}) - 1 \right]}{9,45^2 - 1} = 0,0223.$$

При великому значенні k (в нашому випадку $k > 10$) можна прийняти

$$\sqrt{k^2 - 1} = k.$$

Тоді значно спроститься

$$N_a = \frac{0,127^2}{1,2^2} \left(\ln \frac{2 \cdot 1,2}{0,127} - 1 \right) = 0,0219 - \text{найближче значення коефіцієнта деполяризації.}$$

ляризації.

$$Q_h = \oint_s \frac{E \varepsilon_0}{\frac{1}{\varepsilon_r} + N_a \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_r}\right)} dS,$$

Оскільки для провідного матеріалу можна прийняти $\varepsilon_r \rightarrow \infty$, то після інтегрування по площі півеліпсоїда $S = \pi b^2$, маємо

$$Q_h = E \varepsilon_0 \frac{\pi b^2}{N_a},$$

З урахуванням виразу (3.47), отримаємо вираз для струму, що проходить через людину, A ,

$$I_h = E \varepsilon_0 \frac{\pi b^2 \omega}{N_a}.$$

Підставивши в вираз точне і наближене значення коефіцієнта деполяризації отримаємо два значення струму, що проходить через тіло людини (I_{h1} і I_{h2}), A :

$$I_{h2} = 15 \cdot 10^3 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\pi \cdot 0,127^2 \cdot 314}{0,127} = 95,57 \cdot 10^{-6}.$$

$$I_{h1} = 95,72 \cdot \text{мкА}.$$

3.8 Розрахунок потужності та енергії, що поглинається тілом людини внаслідок дії електромагнітного поля лінії електропередавання надвисокої напруги

З виразу (3.48) можна також отримати значення для потужності електричного поля P_h , Вт та електричної енергії W_h , Дж, що поглинається половиною еліпсоїда обертання з півосями a та b , еквівалентною тілу людини, рівною йому за висотою та об'ємом.

$$P_h = j^2 \cdot V_h \cdot \rho_h, \quad (3.49)$$

де $j = I_h / S_{\text{осн}}$ – густина струму в півеліпсоїді, еквівалентному тілу людини, A/m^2 ;

$$V_h = 2/3 \cdot \pi a b^2 - \text{його об'єм, м}^3;$$

ρ_h – питомий опір тіла людини, Ом·м.

З урахуванням (3.48) та (3.49) отримаємо відомий вираз для потужності, поглинутої тілом людини, у ватах (людина знаходиться в електричному полі ПЧ електроустановок НВН)

$$P_h = \frac{2a\rho_h}{3\pi v^2} I_h^2 = \frac{2\pi a v^2 \rho_h \omega^2 \varepsilon_0^2 E^2}{3N_a^2}. \quad (3.50)$$

Значення для електричної енергії W_h , Дж, що поглинається половиною еліпсоїда обертання з півсями a та b , еквівалентного тілу людини, рівною йому за висотою та об'ємом, знаходиться з виразу

$$W_h = P_h \cdot t, \quad (3.51)$$

де t – час знаходження людини в електричному полі промислової частоти, год.

Ступінь негативного впливу електричного поля промислової частоти на організм людини можна оцінити за значеннями напруженості поля в місці, де знаходиться людина, також за струмом, що проходить крізь людину в землю, і, нарешті, за кількістю поглинання тілом людини енергії електричного поля. Всі ці величини пов'язані між собою математичними залежностями, що необхідно враховувати при визначенні умов електробезпеки дії електромагнітного поля промислової частоти на персонал.

Гігієнічні норми часу перебування людини без засобів захисту в електричному полі електроустановок промислової частоти встановлені чинними правилами залежно від напруженості поля в зоні, де буде знаходитися людина, тобто від напруженості поля, не спотвореного присутністю людини.

В сімдесятих роках минулого століття, на підставі результатів медико-біологічних досліджень впливу ЕППЧ, були введені в практику перші норми (ГОСТ 12.1.002–75), що регламентують тривалість перебування персоналу, який обслуговує електроустановки частотою 50 Гц в електричних полях різної напруженості.

В 1986 році замість ГОСТ 12.1.002–75 введені в дію норми електромагнітної безпеки промислової частоти – ГОСТ 12.1.002–84, які чинні до теперішнього часу в Україні і лягли в основу ДСанПіН 3.3.6.096-2002.

Стандарт ГОСТ 12.1.002–84 установлює гранично допустимі рівні напруженості електричного поля (ЕП) частотою 50 Гц для персоналу, який обслуговує електроустановки і знаходиться у зоні впливу ЕП, залежно від часу опромінювання.

Гранично допустимий рівень напруженості ЕП встановлюється у 25 кВ/м. Перебування в ЕП напруженістю більше 25 кВ/м без застосування засобів захисту не допускається.

Перебування в ЕП напруженістю до 5 кВ/м включно допускається протягом робочого дня (8 годин).

Допустимий час перебування в ЕП напруженістю від 5 до 20 кВ/м включно обчислюють за формулою:

$$T = \frac{50}{E} - 2, \quad (3.52)$$

де T – допустимий час перебування в ЕП при відповідному рівні напруженості, год;

E – напруженість ЕП в зоні, що контролюється, кВ/м.

При напруженості ЕП від 20 до 25 кВ/м час перебування персоналу в ЕП не має перевищувати 10 хвилин.

Допустимий час перебування в ЕП може бути реалізований одноразово або частинами протягом робочого дня. Решту робочого часу напруженість ЕП не має перевищувати 5 кВ/м.

При знаходженні персоналу протягом робочого дня в зонах із різною напруженістю ЕП, час перебування обчислюють за формулою

$$T_{np} = 8 \left(\frac{t_1}{T_1} + \frac{t_2}{T_2} + \dots + \frac{t_n}{T_n} \right), \quad (3.53)$$

де T_{np} – наведений час еквівалентний за біологічним ефектом перебуванню в ЕП нижньої межі нормованої напруженості, год;

t_1, t_2, \dots, t_n – час перебування в контрольованих зонах при напруженості E_1, E_2, \dots, E_n , год;

T_1, T_2, \dots, T_n – допустимий час перебування в ЕП для відповідних контрольованих зон. Наведений час не має перевищувати 8 год.

Кількість контрольованих зон визначається перепадом рівнів напруженості ЕП на робочому місці. Різниця у рівнях напруженості ЕП контрольованих зон встановлюється в 1 кВ/м.

ГДР ЕППЧ, які створюються, складають:

- 5 кВ/м у населеній місцевості за межами житлової забудови;
- 1 кВ/м у населеній місцевості всередині зони житлової забудови;
- 0,5 кВ/м усередині житлових будинків.

Для умов виконання робіт під напругою на ПЛІ встановлені такі орієнтовні безпечні рівні магнітних полів промислової частоти: 4 мТл (3,2 кА/м) – при дії на тіло, що працює, і 6,5 мТл (5,2 кА/м) – для локальної дії на кінцівки (ОБУВ № 5060–89). При цьому загальний час щоденної роботи під напругою не має перевищувати 50% загальної тривалості робочого дня. Проведений комплекс досліджень (охоплюючи епідеміологічні) дозволив обґрунтувати пропозицію про диференціацію ГДР для виробничих умов за часом від 100 мкТл (80 А/м) – при перебуванні протягом всього робочого дня – до 2 мТл (1600 А/м) – при короткочасному перебуванні (до 1 год за робочий день) (СанПіН 2.2.4.723–98).

Для контролю рівнів електромагнітного поля використовують розрахункові та вимірвальні методи. При цьому існуючі розрахункові методи використовуються, в основному, при проектуванні нових чи реконструкції енергетичних об'єктів НВН.

Для діючих об'єктів контроль здійснюється переважно за допомогою інструментальних вимірювань. Вимірювання параметрів ЕМВ потрібно виконувати не рідше одного разу на рік, а також під час введення в дію нового устаткування, внесення змін у конструкцію, розміщення чи режим роботи устаткування, при організації нових робочих місць та при внесенні змін у засоби захисту від дії електромагнітного випромінювання.

Вимірювання рівнів проводяться: на етапі попереджувального санітарного нагляду – при здачі в експлуатацію об'єктів, що є джерелом поля; на етапі поточного санітарного нагляду – при появі нових будівель, місць перебування людей і тому подібне; після проведення захисних заходів; в порядку планових контрольних вимірювань.

Вимірювання напруженості ЕП і МП на робочих місцях електротехнічного персоналу здійснюються на висоті 1,8; 1,5 і 0,5 м від поверхні землі (підлоги) або майданчика, що обслуговується, і 0,5 м від деталей устаткування. З метою усунення спотворення ЕП тілом людини відстань між тілом і точкою вимірювання має бути не менша зросту людини. Вимірювання напруженості ЕП мають проводитися при найбільшій робочій напрузі електроустановки. Результати змін напруженості МП перераховуються на номінальний (максимальний) робочий струм електроустановки.

За результатами вимірювань складаються протокол і ситуаційний план із зазначенням місць вимірювань, найближчої забудови та інших характерних місцевих предметів, що забезпечують прив'язку плану на місцевості.

Для вирішення питань усунення несприятливого впливу на людину поля використовуються три основні принципи, прийняті в гігієнічній практиці: захист відстанню, захист часом і захист за допомогою використання колективних або індивідуальних засобів захисту. Крім того, проводяться попередні і щорічні періодичні медичні огляди персоналу, що обслуговує електроустановки НВН, для забезпечення профілактики несприятливого впливу ЕМП на стан здоров'я.

За необхідності знаходження людей в електричному полі напруженістю E вище допустимого значення або більшої тривалості, ніж передбачено нормами, потрібне застосування захисних засобів, а саме: екранувальних костюмів та ін.

Приклад розрахунку 3.12

Визначити енергію електричного поля промислової частоти (50 Гц), поглинену тілом людини, яка працювала у ВРУ протягом $t = 4$ год, стоячи безпосередньо на землі у струмопровідному взутті без яких-небудь засобів захисту від впливу електричного поля. При цьому напруженість електричного поля на рівні висоти її зросту становила 5 кВ/м.

Дано: зріст людини $a = 1,8$ м, маса його тіла $G = 97$ кг, щільність тіла $\rho_{\text{т}} = 1,05$ г/см³; питомий електричний опір тіла людини $\rho = 200$ Ом м.

Вказівка. Потрібно замінити тіло людини рівною йому за висотою та об'ємом половиною еліпсоїда обертання з півосями a і b , розміщеного так, що більша його піввісь a перпендикулярна до поверхні землі.

Розв'язання. Знайдемо розміри половини еліпсоїда, еквівалентної тілу людини

$$V_h = \frac{G}{\rho_h} = \frac{97}{1,05 \cdot 10^3} = 92,38 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3 \text{ (об'єм тіла людини).}$$

Довжина великої півосі a , згідно з прийнятим допущенням, дорівнює 1,8 м. Довжина малої півосі b визначається з формули для об'єму половини еліпсоїда обертання

$$V_h = \frac{2}{3} \pi a b^2; \quad b = \sqrt{\frac{3}{2} \pi a V_h};$$

$$b = \sqrt{\frac{3 \cdot 9,24 \cdot 10^{-2}}{2 \pi \cdot 1,8}} = 0,157 \text{ м.}$$

За виразом (3.50) визначаємо числове значення потужності електричного поля промислової частоти, поглиненої тілом людини, Вт,

$$P_h = \frac{2a\rho_h}{3\pi v^2} I_h^2 = \frac{2\pi a v^2 \rho_h \omega^2 \varepsilon_0^2 E^2}{3N_a^2}.$$

Отже, значення поглиненої тілом людини потужності, Вт, дорівнює

$$P_h = \frac{2\pi a v^2 \rho_h \omega^2 \varepsilon_0^2 E^2}{3N_a^2} = 8,144 \cdot 10^{-6}.$$

Енергія, поглинена тілом людини за час роботи $t = 4$ год; 14100 с.

$$V_h = \frac{G}{\rho_h} = \frac{97}{1,05 \cdot 10^3} = 92,38 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3;$$

$$W_h = P_h \cdot t = P_h \cdot 14400 = 9,842 \text{ Дж.}$$

Порядок виконання розрахунку енергії електричного поля за прикладом 3.12 в програмі Mathcad

Умова задачі відповідно до прикладу 3.12

Вводимо початкові дані:

Зріст людини, м

$a := 1.8$

Маса тіла людини, кг
Об'єм тіла людини, м³

$$G := 97$$

$$V_h := \frac{G}{1.05 \cdot 10^3} = 0.092$$

Довжина малої півосі b , м

$$b := \sqrt{\frac{3 \cdot V_h}{2 \cdot \pi \cdot a}} = 0.157$$

$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314.159$$

$$\xi := 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м;}$$

$$\rho := 200 \text{ Ом м;}$$

$$E := 5 \cdot 10^3 \text{ В/м;}$$

$$T := 4 \text{ год.}$$

Визначаємо значення коефіцієнта деполяризації N_a еліпсоїда обертання уздовж осі обертання

$$N_a := \frac{b^2}{a^2} \cdot \ln\left(2 \frac{a}{b} - 1\right) = 0.023$$

Відповідно до виразу (3.50) знаходимо значення потужності (у ватах), поглинутої тілом людини, яка знаходиться в електричному полі ПЧ електроустановок НВН, Вт:

$$P_h := \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot b^2 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot \xi^2 \cdot E^2}{3 \cdot 0.021^2} = 8.144 \times 10^{-6}$$

Відповідно до виразу (3.51) знаходимо значення електричної енергії (у ватах), поглинутої тілом людини, яка знаходиться в електричному полі ПЧ електроустановок НВН, Дж:

$$W_h := P_h \cdot T = 3.258 \times 10^{-5}$$

3.9 Розрахунок ємності акумуляторної батареї для пожежної сигналізації

Відповідно до нормативного документа СП5.13130.2009 (зміни внесено від 01.06.2011 р.) у пункті 15.3 відмічено, що при наявності одного джерела електроживлення (на об'єктах 3-ої категорії надійності електропостачання) допускається використовувати як резервне джерело живлення електропостачання системи автоматичної пожежної сигналізації (АПС) акуму-

ляторні батареї (АКБ) або блоки безперебійного живлення, для живлення зазначених електроприймачів в черговому режимі протягом 24 годин плюс 1 годину в тривожному режимі.

За нормативним документом НПБ 88-2001 (дата введення в дію 1 січня 2002 р.), який був прийнятий взамін СНІП 2.04.09-84, НПБ 21-98, НПБ 22-96, НПБ 56-86, то – відповідно до пункту 14.3 – безперебійне живлення електроприймачів для АПС має забезпечуватися в черговому режимі протягом 24 годин плюс 3 години при тривожному режимі.

Приймаємо, що блоки АКБ для живлення автоматичної пожежної сигналізації мають забезпечити безперебійне живлення в черговому режимі протягом 24 годин плюс 1 годину в тривожному режимі. Збільшення часу роботи АКБ до 3 годин у тривожному режимі, призводить до завищення ємності акумуляторної батареї і відповідно до її подорожчання.

Для розрахунку ємності акумуляторної батареї для АПС використовуємо вираз

$$C = K_{cm} \cdot (\sum I_{H1} \cdot 24 + \sum I_{H2} \cdot 1), \quad (3.54)$$

де I_{H1} , А – струм, що споживається елементами установки пожежної сигналізації в черговому режимі;

I_{H2} , А – струм, що споживається елементами установки пожежної сигналізації в режимі тривоги;

$K_{cm} = 1,25$ – коефіцієнт старіння акумуляторної батареї (цей коефіцієнт узагальнений, для більш точного визначення цього коефіцієнта потрібно використовувати графік залежності ємності акумуляторної батареї від терміну служби. Дана інформація є в описі на обрану акумуляторну батарею).

Приклад розрахунку 3.13

Визначіть ємність акумуляторної батареї типу DELTA (рис. 3.18) за початковими даними, наведеними у табл. 3.21.



Рисунок 3.18 – Акумуляторна батареї типу DELTA

Таблиця 3.21 – початкові дані до прикладу 3.13

Найменування приладу	Кількість шт.	Струм у «Черговому режимі», мА	Струм у «Режимі тривоги», мА	Сумарний струм у «Черговому режимі», мА	Сумарний струм у «Режимі тривоги», мА
С2000-КДЛ з підключеними сповіщувачами ДИП-34А-01-02 у кількості 109 шт.	1	80+54,5	80+54,5	134,5	134,5
С2000-4	1	170	240	170	240
ТС-2 СВТ 1048.51 150	4	25	25	100	100
МАЯК-12-К	10	22	22	220	220

Розв'язання

1. Вибираємо коефіцієнт старіння акумуляторної батареї з графіка залежності ємності акумуляторної батареї від терміну служби (рис. 3.19).

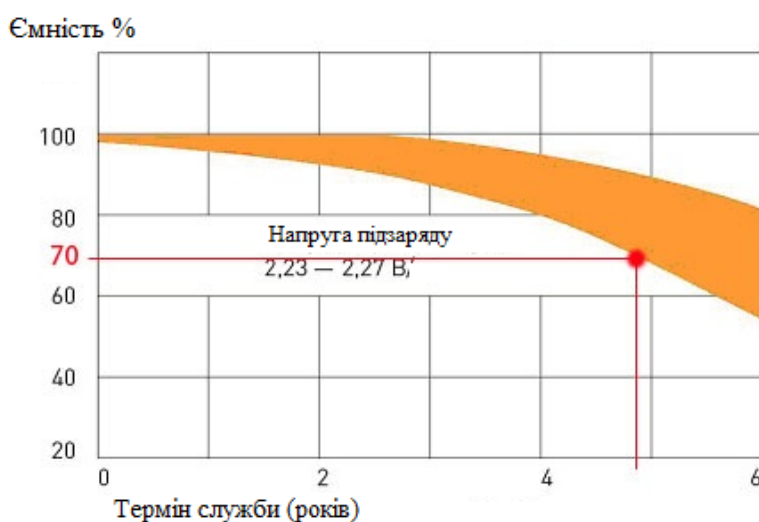


Рисунок 3.19 – Графік залежності терміну служби акумуляторної батареї від її ємності

Згідно з графіком, після 5 років служби у акумуляторної батареї залишиться 70% ємності від початкової, відповідно, коефіцієнт старіння у нас складе $100/70 = 1,43$. (Термін служби даної акумуляторної . батареї становить 5 років).

2. Визначаємо необхідну ємність акумуляторної батареї для живлення приладів в черговому режимі 24 години плюс 1 година (згідно з СП5.13130.2009 змін.1)

$$C = K_{ст} \cdot (\sum I_{H1} \cdot 24 + \sum I_{H2} \cdot 1) = 1,43 \cdot (624,5 \cdot 24 + 694,5 \cdot 1) \approx 22426 \text{ мА} \cdot \text{год.}$$

Результат. Вибираємо акумуляторну батарею ємністю 26 А•год типу DELTA DTM 1226

4 ПРИБЛИЗНИЙ ПЕРЕЛІК РОЗРАХУНКІВ У МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБОТАХ

1. Розрахунок систем механічної вентиляції різного призначення.
2. Розрахунок природного освітлення.
3. Розрахунок систем штучного освітлення.
4. Розрахунок захисного заземлення.
5. Розрахунок занулення.
6. Розрахунок електромагнітного поля лінії електропередавання надвисокої напруги.
7. Розрахунок потужності та енергії, що поглинається тілом людини внаслідок дії електромагнітного поля лінії електропередавання надвисокої напруги.
8. Розрахунок блискавкозахисту.
9. Розрахунок ємності акумуляторної батареї для пожежної сигналізації.

5 ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Задача № 1

Визначити потрібний повітрообмін і його кратність для вентиляційної системи цеху, яка має довжину **A**, ширину **B**, висоту **H**. У повітряне середовище цеху виділяються пил (газ, пара) в кількості **W**, концентрація пилу в робочій зоні **Ср.з.**, концентрація пилу у припливному повітрі **Сп**, концентрація пилу у повітрі, що видаляється з цеху, дорівнює концентрації пилу в робочій зоні (**Суд.** = **Ср.з.**), тобто, пил рівномірно розподілений в повітрі. Кількість повітря, забраного з робочої зони місцевими відсмоктувачами, дорівнює **Gм**.

Таблиця 5.1 – Варіанти умов до задачі № 1

№ варі-анга	Розміри цеху, м			W, г/год	Gм, м ³ /год	Концентрація пилу, мг/м ³		№ варі-анга	Розміри цеху, м			W, г/год	Gм, м ³ /год	Концентрація пилу, мг/м ³	
	A	B	H			Ср.з.	Сп		A	B	H			Ср.з.	Сп
1	30	12	6	100	0	3,0	0,1	11	20	8	6	30	0	2,0	0,1
2	36	10	6	80	50	2,9	0,2	12	25	8	6	40	50	2,1	0,2
3	40	10	5	110	100	2,8	0,3	13	30	10	5	50	100	2,2	0,3
4	50	10	6	90	500	2,7	0,1	14	35	10	5	60	500	2,3	0,3
5	60	12	6	120	1500	2,8	0,3	15	40	12	6	150	1500	2,1	0,2
6	80	20	6	130	1000	2,9	0,2	16	45	12	6	80	1000	2,4	0,1
7	25	10	6	50	500	3,0	0,3	17	50	12	5	90	500	2,5	0,2
8	25	10	5	60	0	4,0	0,1	18	55	12	5	100	0	2,6	0,3
9	20	15	5	40	1000	2,0	0,2	19	60	20	5	110	1000	2,7	0,2
10	15	10	5	30	800	2,0	0,3	20	70	20	6	120	800	2,8	0,3

Задача № 2

Розрахувати бокове одностороннє природне освітлення для виробничої ділянки з розмірами: довжина **A**, ширина **B**, висота **H**. Висота робочої поверхні **h_p**. Будівля знаходиться в м. Кіровоград (IV світловий пояс) і навпроти вікон ділянки, що зорієнтовані на захід, немає об'єктів затінення. У виробничій діяльності виконуються роботи середньої точності.

Таблиця 5.2 – Варіанти умов до задачі № 2

варі-анг	Розмір ділянки, м			h _p , м	Характеристика зорових робіт	варі-анг	Розмір ділянки, м			h _p , м	Характеристика зорових робіт
	A	B	H				A	B	H		
1	50	10	3	0,7	Середньої точності	11	108	9	3,2	0,7	Середньої точності
2	60	20	4,5	0,8	-/-	12	60	9	3,5	0,8	-/-
3	70	30	5	1,0	-/-	13	80	12	4,5	1,0	-/-
4	80	20	4,5	0,7	-/-	14	90	15	5,0	0,7	-/-
5	90	30	5	0,8	Високої точності	15	100	10	4,5	1,0	Високої точності
6	100	20	6	1,0	-/-	16	120	20	5,0	0,7	-/-
7	120	30	4,5	0,7	-/-	17	130	40	4,5	0,8	-/-
8	140	30	5,0	0,8	-/-	18	150	30	5,0	1,0	-/-
9	160	40	6,0	1,0	-/-	19	110	20	6,0	0,7	-/-
10	200	50	4,5	1,0	-/-	20	120	40	4,0	0,8	-/-

Задача № 3

Розрахувати систему загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для виробничого приміщення, в якому виконуються зорові роботи середньої або високої точності. Розміри приміщення: довжина **A**, ширина **B**, висота **H**. Висота робочої поверхні **h_p**. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15; коефіцієнт відбиття від стелі – $\rho_{\text{стелі}}$, %; коефіцієнт відбиття від стін $\rho_{\text{стін}}$, %. Світильники підвішуються до стелі, відстань від світильника до стелі **h_c**. Мінімальна освітленість за нормами **E**.

Таблиця 5.3 – Варіанти умов до задачі № 3

№ варіанта	Розмір ділянки, м			h _p , м	h _c , м	Коефіцієнт відбиття, %		E, лк
	A	B	H			$\rho_{\text{стелі}}$	$\rho_{\text{стін}}$	
2	12	5	3,2	0,8	0,5	50	30	200
3	15	5	3,2	0,7	0,5	30	10	150
4	20	4	3,5	0,8	0,7	70	50	200
5	24	6	4,0	0,7	0,7	50	30	300
6	10	4	3,2	0,8	0,5	30	10	300
7	12	5	3,5	0,1	0,7	70	50	200
8	15	6	4,0	0,1	0,8	50	30	150
9	20	5	4,0	0,8	0,8	70	50	200
10	24	5	3,5	0,8	0,7	70	50	300

Задача № 4

Розрахувати систему загального рівномірного освітлення з люмінесцентними лампами для тих же умов, що й у задачі № 3. Тип світильника ЛП001.

Таблиця 5.4 – Варіанти умов до задачі № 4

№ варіанта	Розмір ділянки, м			h _p , м	h _c , м	Коефіцієнт відбиття, %		E, лк
	A	B	H			$\rho_{\text{стелі}}$	$\rho_{\text{стін}}$	
2	12	5	3,2	0,8	0,2	50	30	200
3	15	5	3,2	0,7	0,1	30	10	150
4	20	4	3,5	0,7	0,1	70	50	200
5	50	10	4,0	0,8	0,2	50	30	300
6	60	20	4,5	0,7	0,1	30	10	300
7	70	30	5,0	1,0	0,1	70	50	200
8	80	20	4,5	1,0	0,1	50	30	150
9	100	20	6,0	0,8	0,2	70	50	200
10	120	30	4,5	0,8	0,2	70	50	300

Задача № 5

Розрахувати захисне заземлення електрообладнання в електричній мережі напругою 220/380 В з ізолюваною нейтраллю. Електрообладнання розміщено в електромеханічному цеху, кліматична зона III. Склад ґрунту – однорідний. Тип заземлювального пристрою – сталеві вертикальні труби діаметром d_B , або кутова сталь з шириною сторін B_K . Довжина вертикальних заземлювачів L_B . Відстань між вертикальними заземлювачами a . Глибина закладання вертикальних заземлювачів H_0 . З'єднувальна стрічка – смуга шириною B_C . Опір розтіканню струму в природному заземлювачі $R_{П.З}$. Опір розтіканню струму заземлювального пристрою має бути не більше $R_{Доп}$.

Таблиця 5.5 – Варіанти умов до задачі № 5

№ варіанта	Параметри вертикальних заземлювачів				H_0 , м	B_C , мм	Опір розтіканню струму		Ґрунт
	d_B , мм	B_K , мм	L_B , м	a , м			$R_{П.З}$, Ом	$R_{Доп}$, Ом	
1	-	40×40	2,5	2,5	0,7	40×4	-	2	Глина
2	40	-	3,0	3,0	0,8	40×4	14	3	Чорнозем
3	35	-	2,5	2,5	0,6	35×4	-	4	Суглинок
4	45	-	3,0	3,0	0,7	45×4	15	8	Пісок
5	50	-	2,5	5,0	0,8	50×4	17	10	Супісок
6	-	50×50	2,5	5,0	0,7	20×4	12	2	Глина
7	-	60×60	3,0	3,0	0,7	30×4	10	3	Суглинок
8	-	45×45	2,5	5,0	0,8	40×4	-	4	Чорнозем
9	35	-	3,0	3,0	0,6	12×4	-	4	Чорнозем
10	40	-	2,5	5,0	0,6	15×4	10	4	Пісок
11	45	-	2,5	5,0	0,7	20×4	14	2	Глина
12	50	-	3,0	3,0	0,8	25×4	15	4	Чорнозем

Задача № 6

Розрахувати занулення на від'єднувальну здатність для чотирипроводнової лінії і забезпечення безпеки дотику людини до зануленого корпусу в аварійний період. Потужність трансформаторної підстанції – $P_{тр}$. Номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника або автомата, які вимикають напругу, – $I_{ном}$. Напруга фазного проводу – $U_{ф}$; матеріал фазного проводу – мідь або алюміній, матеріал нульового проводу – алюміній; довжина фазного проводу – $L_{ф}$; довжина нульового проводу – $L_{н}$; площа поперечного перерізу фазного проводу – $S_{ф}$; площа поперечного перерізу нульового проводу – $S_{н}$. Зовнішній індуктивний опір фаза – нуль – X_3 . Гранична допустима напруга дотику до корпусу електроустановки – $U_{гр.доп}$.

Таблиця 5.6 – Варіанти умов до задачі № 6

№ варіанта	P _{гр} , кВ·А	I _{ном} , А	U _ф , В	Матеріал про- водів		Довжини про- водів, м		Перерізи про- водів, мм ²		X _с , Ом	U _{гр.доп} , В
				фазних	нульових	Фазних L _ф	Нульових L _н	S _ф	S _н		
1	25	25	220	Cu	Al	20	20	2,5	2,5	0,5	12
2	40	35	220	Cu	Al	30	30	3,0	3,0	0,6	42
3	63	60	220	Al	Al	10	10	3,5	3,5	0,7	12
4	100	80	380	Al	Al	15	15	4,0	4,0	0,8	42
5	160	100	380	Cu	Al	40	40	5,0	5,0	0,9	42
6	250	120	220	Al	Al	50	50	4,0	6,0	1	12
7	400	150	380	Cu	Al	10	10	4,0	6,0	0,3	12
8	630	200	220	Al	Al	20	20	5,0	5,0	0,4	42
9	100	120	220	Cu	Al	30	30	3,0	3,0	0,5	12
10	100	150	220	Al	Al	40	40	2,0	2,0	0,6	42
11	560	100	380	Cu	Al	20	20	5,0	5,5	1	42
12	1000	250	380	Cu	Al	40	40	2,5	2,5	0,7	42
13	160	120	380	Cu	Al	50	50	3,0	3,5	0,8	12

Задача № 7

Розрахувати і побудувати блискавкозахисний об'єкт, який має розміри: довжина – А; ширина – В; висота – Н. Розрахунок виконати за умови блискавкозахисту одинарним чи подвійним стрижньовим блискавковідводом.

Таблиця 5.7 – Варіанти умов до задачі № 7

№ варіанта	Середньорічна тривалість гроз, год.	Характеристика захищуваного об'єкта			Розмір об'єкта, м				
		Клас вибухоне- безпеки	Ступінь вогнестійкості	Тип об'єкта	А	В	Н	Зовнішній діаметр	Питомий опір грунту, ρ·10 ⁴ Ом·см
1	20–40	-	V	житловий будинок	6	4	4	-	2.5
2	40–80	-	IV	цех	16	8	6	-	1.5
3	60–80	B-1	-	цех	20	8	6	-	1.2
4	80–100	-	IV	їдальня	18	6	6	-	1.5
5	Понад 100	-	III	цех	24	8	8	-	2.2
6	20–40	-	I	водонапірна башта	-	-	15	2.0	1.8
7	40–60	-	III	цех	50	20	10	-	1.8
8	40–60	-	I	димова труба	-	-	20	1.2	1.8
9	60–80	-	I	димова труба	-	-	25	1.3	2.2
10	80–100	-	V	житловий будинок	10	4	4	-	30
11	60–80	B-1	-	Цех	24	8	6	-	25
12	20–40	B-1	-	Цех	28	10	8	-	20
13	40–60	-	V	пожежна вежа	-	-	18	2.0	5
14	80–100	-	III	Цех	50	18	18	-	15
15	Понад 100	-	-	Цех	50	18	6	-	1.8

Задача № 8

Розрахувати і побудувати блискавкозахист об'єкта за допомогою трозового блискавковідводу.

Таблиця 5.8 – Варіанти умов до задачі № 8

№ варіанта	Середньорічна тривалість гроз, год	Характеристика захищуваного об'єкта			Розмір об'єкта, м			Питомий опір ґрунту, $\rho \cdot 10^4$ Ом·см
		Клас вибухо-небезпеки	Ступінь вогне-стійкості	Тип об'єкта	А	В	Н	
1	20-40	В-1	-	цех	70	6	6	30
2	20-40	В-II	-	цех	115	12	8	25
3	20-40	В-II	-	цех	110	20	12	18
4	40-60	В-II	-	цех	80	10	10	40
5	40-60	В-1	-	цех	112	14	8	35
6	40-60	-	III	цех	100	8	8	15
7	40-60	-	III	цех	85	12	6	20
8	60-80	-	III	будинок	110	12	8	20
9	60-80	-	I	цех	140	18	12	20
10	20-40	-	-	цех	150	18	10	35
11	20-40	-	-	цех	90	12	8	2,8
12	40-60	-	-	цех	110	12	6	2,4
13	40-60	-	-	цех	130	18	12	2,2
14	60-80	-	IV	цех	145	18	12	1,8
15	80 - 100	В-1	-	цех	80	10	12	1,5
16	Понад-100	-	III	цех	120	14	10	2,2

Задача № 9

Визначити напруженість електричного поля на висоті h , м від землі на різних відстанях від осі лінії напругою, U , кВ в середині проміжного прогону. Лінія має горизонтальне розташування проводів з відстанню між ними d , м; фази – розщеплені, складаються з n проводів АС радіусом r_0 , м, з кроком розщеплення $a = 0,40$ м. Висота підвісу проводів на опорі $H_{п}$, м, габарит лінії H_0 , м, середня висота підвісу проводів над землею $h_{ср}$.

Таблиця 5.9 – Варіанти умов до задачі № 9

№ варіанта	Напруга лінії U , кВ	Характеристика лінії електропостачання						Висота від землі h , м, на якій визначається E , кВ/м
		Відстань між проводами, м	Кількість проводів у фазі n	Радіус проводів, r_0 , м	Марка проводу	Габарит лінії H_0 , м	Висота підвісу проводів $H_{п}$, м	
1	750	7	5	0,255	АС 240\56	16	6	2
2	500	5,8	3	0,23	АС 500\64	12	8	3
3	330	3,5	2	0,2	АС 300\39	10	12	4
4	750	В-II	4	0,42	АС 400\93	18	10	5
5	500	5,8	3	0,23	АС 500\64	14	8	6
6	330	3,5	2	0,2	АС 300\39	8	8	7
7	750	7	5	0,255	АС 240\56	18	6	8
8	500	5,8	3	0,23	АС 500\64	12	8	9
9	330	3,5	2	0,2	АС 300\39	9	12	10
10	750	7	4	0,42	АС 400\93	21	10	12
11	500	5,8	3	0,23	АС 500\64	16	8	11
12	330	3,5	2	0,2	АС 300\39	12	6	7
13	750	7	5	0,255	АС 240\56	16	12	5
14	500	5,8	3	0,23	АС 500\64	14	12	4
15	330	3,5	2	0,2	АС 300\39	10	12	3
16	750	7	4	0,42	АС 400\93	22	10	14

6 ПИТАННЯ ДО РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ» МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Законодавча та нормативна бази України про охорону праці (ОП).
2. Державне управління охороною праці та організація охорони праці на виробництві.
3. Навчання з питань охорони праці, інструктажі з питань ОП.
4. Державний нагляд і громадський контроль за охороною праці.
5. Розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві.
6. Відповідальність за порушення законодавства про охорону праці.
7. Аналіз прогнозування, профілактика травматизму та професійної захворюваності на виробництві.
8. Основні положення Закону України «Про охорону праці».
9. Мікроклімат виробничих приміщень, нормалізація параметрів мікроклімату. Визначення параметрів мікроклімату ДСН 3.3.6.042-99.
10. Забруднення повітря виробничих приміщень. Нормування шкідливих речовин. Захист від шкідливих речовин на виробництві.
11. Вентиляція виробничих приміщень, методи розрахунку систем штучної вентиляції.
12. Освітлення виробничих приміщень. Види виробничого освітлення. Основні вимоги до виробничого освітлення. Методи розрахунку природного та штучного освітлення проектування систем штучного освітлення.
13. Шум, нормування шумів за ДСН 3.3.6.037-99. Дія шуму на організм людини. Методи та засоби захисту від шуму.
14. Інфразвук та ультразвук. Допустимі рівні інфразвуку та ультразвуку. Методи захисту від інфразвуку та ультразвуку.
15. Іонізуючі випромінювання, їх класифікація. Вплив іонізуючих випромінювань на організм людини. Допустимі рівні іонізуючого випромінювання. Захист від іонізуючих випромінювань.
16. Електромагнітні поля та електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, їх вплив на людину. Нормування електромагнітних полів та електромагнітних випромінювань. Захист від електромагнітних випромінювань.
17. Електробезпека, фактори, що впливають на наслідки ураження електричною енергією. Причини летальних наслідків від дії електричної енергії.
18. Класифікація приміщень за ступенем ураження електричним струмом. Причини електротравм.
19. Небезпека мереж однофазного струму, небезпека трифазних електричних мереж з ізольованою нейтраллю, небезпека трифазних мереж з глухо заземленою нейтраллю.
20. Напруга дотику, крокова напруга. Заходи та засоби усунення їх не-

безпечної дії.

21. Системи засобів і заходів безпечної експлуатації електроустановок.

22. Технічні засоби безпечної експлуатації електроустановок при переході напруги на металеві частини, які при нормальному режимі не знаходяться під напругою: захисне заземлення, занулення, захисне вимкнення.

23. Вимоги до персоналу, котрий обслуговує електроустановки. Групи з електробезпеки персоналу, який обслуговує електроустановки.

24. Захисне заземлення: призначення, схема захисного заземлення, принцип дії. Вимоги Правил до опорів захисних заземлювачів. Розрахунок захисного заземлення електроустановок.

25. Занулення електроустановок. Призначення, принцип дії. Розрахунок занулення електроустановок.

26. Захисне вимкнення електроустановки, схема захисного вимкнення. Електрозахисті засоби.

27. Перевірка справності захисного заземлення, методика перевірки та прилади.

28. Безпека при експлуатації систем під тиском. Загальні вимоги до посудин, що працюють під тиском. Безпека при експлуатації балонів, компресорних установок та трубопроводів.

29. Безпека при вантажно-розвантажувальних роботах. Безпека підіймального транспортного обладнання. Реєстрація, періодичні випробування підіймального транспортного обладнання.

30. Пожежна безпека, основні причини пожеж. Категорії приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Система проти-пожежного захисту. Способи та засоби пожежогасіння.

31. Класифікація вибухо- та пожежонебезпечних приміщень (зон) відповідно до правил улаштування електроустановок (ПУЕ).

32. Захист від атмосферної електрики. Визначення категорії та типу зони блискавкозахисту.

33. Конструктивні особливості блискавковідводів. Розрахунок захисту блискавковідводів.

34. Безпека праці користувачів комп'ютерів. Нормативні документи, які регламентують безпеку праці для користувачів комп'ютерів.

7 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ « ОХОРОНА ПРАЦІ»

7.1 Задачі розділу

Конституція України гарантує право всіх громадян України на належні безпечні та здорові умови праці. Відповідно до Закону України «Про охорону праці» реалізація конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, належні безпечні та здорові умови праці має бути забезпечена на кожному робочому місці. Це стосується і робіт, пов'язаних з монтажем вітряків, які працюють у складі електроенергетичної системи України.

Коли плануються роботи з розташування, встановлення та експлуатації вітряка в першу чергу необхідно подумати про забезпечення безпеки. Ніколи не слід забувати про небезпеки, які пов'язані з механічними й електричними пристроями та з лопатями ротора. Обертіві лопаті вітрогенератора (вітряка) є основним механічним джерелом небезпеки. Лопаті ротора вітряка виготовлені з міцного термопласту. Швидкість руху кінцевих точок лопатей може перевищувати 400 км/год. При такій швидкості край лопатей майже невидимий і може завдати серйозної травми працівнику при його знаходженні поблизу рухомих лопатей ротора.

Оскільки роботи з монтажу вітряка проводяться на значній висоті та відкритій місцевості, то при їх монтажі або обслуговуванні необхідно дотримуватися правил охорони праці щодо робіт на висоті, враховувати мікрокліматичні умови виробничого середовища, санітарно-гігієнічні параметри, що характеризують виробничий шум, освітлення, вібрацію та ін.

Вітряк обладнаний складними електронними пристроями, при розробці та монтажі яких необхідно забезпечити захист працівника від електричних джерел небезпеки, пов'язаних з ризиком дії надмірної величини електричної енергії та параметрів, що її характеризують, на працівника.

Внаслідок протікання надмірного струму по проводах з недостатнім перерізом або через погані контакти металевих з'єднань можливе надмірне виділення тепла в системах електротехнічного монтажу, що часто стає результатом пожеж вітряків (рис. 7.1). Також ризик виникнення пожеж на вітряках відбувається у разі короткого замикання в проводах, що йдуть від акумулятора.

Наведене вище обґрунтовує актуальність проблеми, що полягає у розвитку питань охорони праці при виконанні робіт, пов'язаних з монтажем вітряків, які працюють у складі електроенергетичної системи України, з урахуванням сучасних знань, системного та ризик-орієнтованого підходів про природу небезпеки.



Рисунок 7.1 – Фото пожежі на вітрогенераторі з причини короткого замикання в проводах

Враховуючи те, що для мінімізації ризику професійного захворювання та травматизму працівників при виконанні робіт, пов'язаних з монтажем вітряків, потребується вирішення цілого комплексу питань з охорони праці, а обсяг даного розділу МКР обмежений, то сформулюємо основні задачі охорони праці за темою МКР.

1. Провести аналіз умов праці при виконанні робіт, пов'язаних з монтажем вітряків, які працюють у складі електроенергетичної системи України, за міждержавним ГОСТ12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

2. Розробити організаційно-технічні рішення з охорони праці при електричному монтажі вітрогенератора. Розрахувати параметри заземлювального пристрою вітрогенератора.

3. Описати основні заходи протипожежного захисту вітроелектричних установок.

Початкові дані для вирішення поставлених задач охорони праці використовуємо з попередніх розділів та підрозділів МКР (указати розділи та підрозділи МКР).

7.2 Аналіз умов праці при виконанні робіт, пов'язаних з монтажем вітряків, які працюють у складі електроенергетичної системи України

На основі аналізу літературних джерел [1–3] та викладеного у підрозділі 7.1 матеріалу при проектуванні і виконанні монтажних робіт вітряків мають бути враховані небезпечні і шкідливі виробничі фактори з урахуванням міждержавного нормативного документа з охорони праці ГОСТ 12.0.003-74 (додаток В).

Фізичні небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- небезпечні рівні напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі (підлоги);
- гострі крайки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів, устаткування;
- рухомі частини виробничого устаткування;
- вироби, що пересуваються, заготівки, матеріали;
- підвищена і знижена температури повітря робочої зони;
- підвищена вологість повітря;
- підвищений чи знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різка зміна;
- підвищена чи знижена рухомість повітря;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність чи нестача природного світла;
- підвищена яскравість світла; прямий і відбитий блиск;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні;
- підвищений рівень статичної електрики.

Додатково мають бути враховані такі фізичні небезпечні виробничі фактори:

- несправність вантажопідіймальних засобів;
- підвищений рівень електричної енергії;
- підвищена пожежна небезпека: відкритий вогонь, токсичні продукти згорання, іскри, дим;
- підвищена вибухонебезпечність.

Психофізіологічні небезпечні й шкідливі фактори:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психологічні – втрата самовладання, порушення координації рухів, необережні дії, недбале виконання своєї роботи.

Джерелами (носіями) небезпеки є:

- рухомі машини і механізми;
- електрообладнання;
- природне середовище;
- людина.

7.3 Розробка організаційно-технічних рішень з охорони праці при електричному монтажі вітряка

7.3.1 Організаційно-технічні рішення з охорони праці за стандартами України з вітроенергетики

За умовами МКР розробка організаційно-технічних рішень з охорони праці проводиться для вітряка (вказати тип, марку), наведеного на рис. 7.2.

Для розробки рішень з охорони праці при електричному монтажі вітряка заданих технологічних параметрів за темою МКР мають бути проаналізовані Державні стандарти з вітроенергетики України (табл. 7.1) та Галузеві керівні документи:

ГКД 3-001-2000 Вітроенергетика. Установки електричні вітряні. Порядок проведення приймальних випробувань дослідних зразків;

ГКД 3-002-2000 Київ 2001. Вітрові електричні установки. Основні положення щодо складання та монтажу. Цей документ (ГКД) поширюється на горизонтально- та вертикально-осьові вітроелектричні установки (ВЕУ) і встановлює порядок та основні положення щодо складання, монтажу, випробування, пуску, комплексної перевірки та обкатки ВЕУ на місці експлуатації.

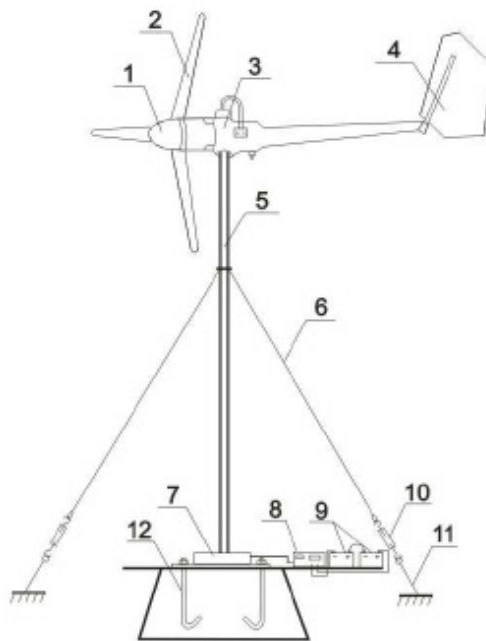


Рисунок 7.2 – Загальна схема вітрогенератора (вітряка)

- 1 – обтічник; 2 – лопаті; 3 – корпус генератора; 4 – механізм спрямування «за вітром»; 5 – щогла; 6 – відтягнення; 7 – база; 8 – контролер; 9 – блок АБ; 10 – стяжний болт; 11, 12 – анкерні болти

Аналіз нормативно-технічної літератури дозволив виділити ряд однотипних операцій при монтажі вітрогенератора: підготовчі роботи, безпосередньо монтаж вітряка та завершення роботи.

Таблиця 7.1 – Державні стандарти України з вітроенергетики

1	ДСТУ ІЕС WT 01:2007	Системи ІЕС перевіряння відповідності та сертифікації вітряних турбін. Правила і процедури (ІЕС WT 01:2001, IDT)	чинний
2	ДСТУ 2275-93	Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Терміни та визначення	чинний
3	ДСТУ 3569-97 (ГОСТ 30514-97)	Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Основні положення	чинний
4	ДСТУ 3896-99	Вітроенергетика. Вітроенергетичні установки та вітроелектричні станції. Терміни та визначення	замінений
5	ДСТУ 3896:2007	Вітроенергетика. Вітроенергетичні установки та вітроелектричні станції. Терміни та визначення понять	чинний
6	ДСТУ 4037-2001	Вітроенергетика. Установки електричні вітряні. Загальні технічні вимоги	чинний
7	ДСТУ 4051-2001	Вітроенергетика. Станції електричні вітряні. Загальні технічні вимоги	чинний
8	ДСТУ 4225:2003	Вітроенергетика. Установки електричні вітряні. Методи випробування	чинний
9	ДСТУ 4407:2005	Вітроенергетика. Установки вітронасосні. Загальні технічні вимоги	чинний
10	ДСТУ 4859:2007	Вітроенергетика. Установки електричні вітряні малої потужності. Загальні технічні вимоги	чинний
11	ДСТУ 7337:2013	Вітроенергетика. Установки електричні вітряні. Параметричний ряд	ще не введений в дію
12	ДСТУ 7338:2013	Вітроенергетика. Установки електричні вітряні малої потужності. Методи випробування	ще не введений в дію
13	ДСТУ ІЕС 61400-1-2001	Системи турбогенераторні вітряні. Частина 1. Вимоги безпеки (ІЕС 61400-1:1999, IDT)	чинний
14	ДСТУ ІЕС 61400-2-2001	Системи турбогенераторні вітрові. Частина 2. Безпечність малих вітрових турбін (ІЕС 61400-2:1996, IDT)	чинний
15	ДСТУ ІЕС 61400-11:2002	Системи турбогенераторні вітряні. Частина 11. Методика вимірювання акустичного шуму (ІЕС 61400-11:1997, IDT)	замінений

Продовження таблиці 7.1

16	ДСТУ ІЕС 61400-11:2010	Системи турбогенераторні вітряні. Частина 11. Методика вимірювання акустичного шуму (ІЕС 61400-11:2006, IDT)	чинний
17	ДСТУ ІЕС 61400-12-2001	Системи турбогенераторні вітряні. Частина 12. Випробування вітряних турбін для визначення енергетичних характеристик (ІЕС 61400-12:1998, IDT)	чинний
18	ДСТУ ІЕС/TS 61400-13-2003	Системи турбогенераторні вітряні. Частина 13. Вимірювання механічних навантажень (ІЕС TS 61400-13:2001, IDT)	чинний

Підготовчі роботи охоплюють: визначення кліматичних умов на місці проведення робіт; підготовку робочого майданчика; перевірку справності інструментів та пристосувань, опорних конструкцій, лопатей і системи монтажу оснащення, ізоляції системи, використовуваних підйомних механізмів та окремих елементів; інструктаж та перевірку знань з безпеки праці персоналу.

Кліматичні умови визначаються шляхом вимірювання температури, відносної вологості та швидкості руху повітря. Відповідно до [4] ці показники не мають виходити за межі встановлених допустимих значень:

- температура повітря в теплу пору року не більше плюс 28 °С;
- швидкість вітру 0,2–0,6 м/с;
- відносна вологість не більше 75 %.

Забороняється проведення робіт при опадах у вигляді дощу та снігу, туману та інею, зледенінні на опорах і проводах, наближенні грози.

За [5] роботи з монтажу вітряка потрібно проводити в світлий час доби, значення освітленості на робочому місці монтажника має бути не менше 200 лк.

Підготовка робочого майданчика полягає в розчищенні місця, де розстилають брезент, на який в певному порядку розкладають приладдя та інструмент. Ретельно перевіряють їх цілісність і відсутність дефектів, терміни випробування і придатність ізолювальних засобів. Перевіряють і одягають комплект одягу. Одягають захисні каски і запобіжні пояси.

Монтаж вітрогенератора проводиться відповідно до технологічної карти робіт за відповідною монтажною схемою (рис. 7.3), подача всіх приладів і інструментів забезпечується за допомогою ізолювальних канатів.

За безпекою виконання всіх технологічних операцій стежить керівник робіт. В процесі робіт здійснюється постійний нагляд за всіма членами бригади. Керівник робіт не може безпосередньо брати участь в роботах і має знаходитися внизу, а виконавець може знаходитися на висоті. При виконанні робіт на висоті необхідно дотримуватися правил охорони праці при роботі на висоті [6].

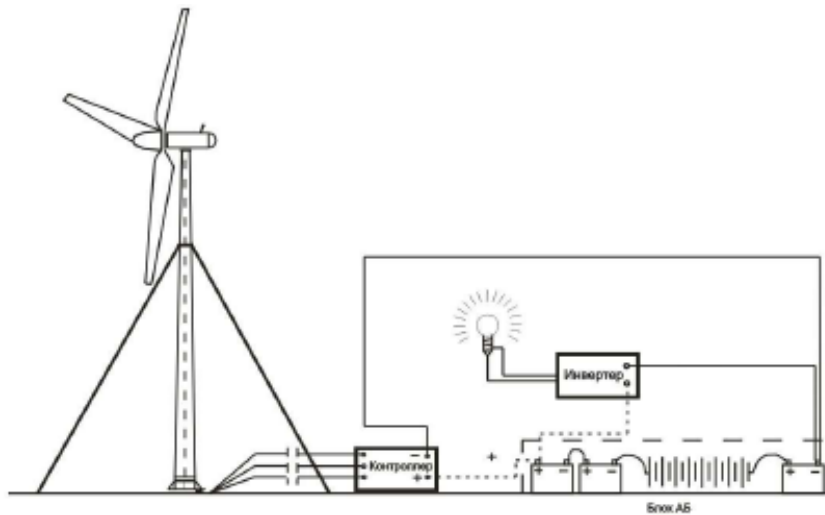


Рисунок 7.3 – Монтажна схема системи вітряка

В процесі встановлення вітряка для мінімізації ризику травматизму необхідно дотримуватися нижчевикладених організаційно-технічних вимог до техніки безпеки та виробничої санітарії:

- виконання електромонтажних робіт доручається особам, що пройшли медичний огляд і спеціальне навчання для роботи на електроустановках;
- монтаж вітряка краще проводити в безвітряний день;
- встановлювати турбіну необхідно таким чином, щоб ніщо не могло би опинитися на шляху її лопатей;
- основні операції встановлення генератора мають проводитися на рівні землі;
- при проведенні робіт на висоті мають встановлюватися захисні огороження і позначатися в установленому порядку межі небезпечних зон;
- при неможливості облаштування огорожень монтажні роботи мають виконуватися із застосуванням запобіжного пояса і страхувального каната;
- електричні з'єднання мають проводитися за розробленою монтажною схемою системи, приклад якої наведено на рис. 7.3.
- в електричних колах, підключених до акумулятора, потрібно встановити плавкі запобіжники або автоматичні вимикачі відповідного номіналу;
- протягом встановлення вітряка акумуляторні батареї мають бути під'єднані;
- до під'єднання акумулятора вихідні проводи вітротурбіни потрібно з'єднати між собою;
- забороняється наближатися до турбіни, коли вона працює, на відстань, що може бути небезпечною;
- не слід поєднувати при контактних електричних з'єднаннях разом різні метали (наприклад, мідь і алюміній);

- всі електричні кабелі електроживлення мають мати надійну ізоляцію та відповідати технологічним вимогам;
- для захисту людей від ураження електричним струмом потрібно виконати заземлення.

7.3.2 Розрахунок параметрів заземлювального пристрою вітрогенератора

Правильне заземлення турбіни має важливе значення для захисту електронних пристроїв, турбіни генератора та персоналу при довгостроковій експлуатації вітряка. Важливо заземлити ті металеві частини електрообладнання, які можуть опинитися під напругою від грозових розрядів, коротких замикань і від статичної електрики. Належне заземлення підвищує також рівень безпеки турбінної системи вітряка, зменшує ризик виникнення пожежі та ризик ураження персоналу електричною енергією.

Для обґрунтування параметрів заземлювального пристрою, який використовується в схемі заземлення вітряка, проведемо розрахунок за загальноприйнятою методикою [7].

При розрахунку заземлювального пристрою вітрогенератора використано програмне забезпечення Mathcad (додаток А) (відповідно до прикладу розрахунку 3.5).

1. Захисту підлягає вітрогенератор.
2. Виконання мережі – з ізолюваною нейтраллю. Напруга мережі – 380/220 В.
3. Тип заземлювального пристрою – вертикальні сталеві труби з розмірами:
 $l_B = 3$ м; $d_B = 0,035$ м; товщина стінки $\delta = 3,5$ мм; відстань між вертикальними заземлювачами $a = 3$ м, тобто $a/l_B = 1$. Глибина закладання заземлювачів $H_0 = 0,7$ м, $V_c = 40$ мм.
4. Ґрунт – глина; склад – однорідний; вологість – мала. Кліматична зона – III.

Розв'язання

1. Визначаємо R_d – допустиме (нормативне) значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої.

Згідно з ПУЕ, $R_d \leq 4$ Ом.

2. Визначаємо розрахунковий питомий опір глини для III кліматичної зони:

$$\rho_{РОЗР} = \rho_{ТАБЛ} \cdot K_c;$$

$$\rho_{ТАБЛ} = 60 \text{ Ом} \cdot \text{М}; \quad (\text{див. табл. 3.9}).$$

$$K_c = 1,5; \quad (\text{див. табл. 3.10}).$$

$$\rho_{РОЗР} = 60 \cdot 1,5 = 90 \text{ Ом} \cdot \text{М}.$$

3. Визначаємо H – відстань від поверхні землі до середини вертикаль-

ного заземлювача (рис. 7.4).

$$H = H_0 + \frac{l_B}{2} = 0,7 + \frac{3}{2} = 2,2 \text{ м.}$$

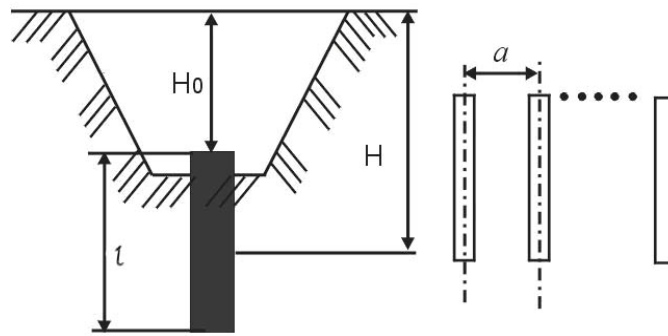


Рис. 7.4 – Схема розміщення заземлювача в ґрунті

4. Визначаємо опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі:

$$R_B = 0,366 \frac{\rho_{\text{розр}}}{l_B} \left(\ln \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l_B}{4H - l_B} \right);$$

$$R_B = 0,366 \frac{90}{3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,035} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right);$$

$$R_B = 126,6 \text{ Ом.}$$

5. Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів при $\eta_B = 1$:

$$n_{\text{ОР}} = \frac{R_B}{R_{\text{д}} \cdot \eta_B} = \frac{26,4}{4 \cdot 1} = 6,6; \text{ приймаємо } n_{\text{ОР}} = 7 \text{ шт.}$$

6. Визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_B з табл. 3.12, заземлювачі розташовані в ряд, $a/l_B = 1$, $n=7$. Приймаємо $\eta_B = 0,7$.

7. Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання:

$$n_B = n_{\text{ОР}} / \eta_B = 7 / 0,7 = 9,9. \text{ Приймаємо } n = 10 \text{ шт.}$$

8. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $n_B = 10$, без врахування з'єднувальної стрічки

$$R_{\text{розр.В.}} = \frac{R_B}{n_B \cdot \eta_B} = \frac{26,4}{10 \cdot 0,7} = 3,8 \text{ Ом.}$$

9. Визначаємо довжину з'єднувальної стрічки:

$$L_c = 1,05 \cdot a (n-1) = 1,05 \cdot 3 \cdot 10 = 31,5 \text{ м.}$$

10. Визначаємо опір розтікання струму для горизонтальних елект-

родів, розташованих в ґрунті:

$$R_{\Gamma} = 0,366 \frac{\rho_{\text{POЗP}}}{Lc} \ln \frac{2Lc^2}{H_0 \cdot Bc},$$
$$R_{\Gamma} = 0,366 \frac{90}{31,5} \ln \frac{2 \cdot (31,5)^2}{0,7 \cdot 0,04} = 5,48 \text{ Ом.}$$

11. Визначаємо за табл. 3. 13 коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при $a/l=1$, $n=10$. Приймаємо $\eta_{\Gamma}=0,56$.

12. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі з урахуванням η_{Γ}

$$R_{\text{POЗP.}\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}} = \frac{5,48}{0,56} = 9,8 \text{ Ом.}$$

13. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму заземлювального пристрою:

$$R_{\text{POЗP.}} = \frac{R_{\text{POЗP.В}} \cdot R_{\text{POЗP.}\Gamma}}{R_{\text{POЗP.В}} + R_{\text{POЗP.}\Gamma}} = \frac{3,8 \cdot 9,8}{3,8 + 9,8} = 2,7 \text{ Ом.}$$

Отриманий розрахунковий опір розтікання струму відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕ та ПТБ.

14. Вибираємо матеріал та поперечний переріз з'єднувальних проводів і магістральної шини за табл. 1.7.5, 1.7.6 [47].

Приймаємо сталеву шину товщиною $\delta = 4$ мм і перерізом 100 мм^2 .

Відповідно до проведених розрахунків для системи заземлення вітряка доцільно використати 10 вертикальних сталевих труб довжиною 3 м та діаметром 35 мм, розташованих в ряд і заглиблених у землю на 0,7 м. Сталеві труби з'єднуються між собою зварюванням сталеву шину товщиною 4 мм і перерізом 100 мм^2 .

Розрахунок параметрів заземлювального пристрою вітрогенератора в програмі Mathcad наведено у додатку А.

7.4 Протипожежний захист вітроелектричних установок

На жаль, поки що в Україні відсутні будь-які нормативні документи щодо протипожежного захисту такого роду об'єктів, які є пожежонебезпечними, тому основні рекомендації щодо протипожежного захисту вітроелектричних установок наведено з урахуванням чинного в Німеччині й у деяких країнах Європи стандарті VdS 3523 «Вітроелектричні установки» (ВЕУ); Настанови з пожежної безпеки», який було введено у дію в липні 2008 року та чинних нормативів з пожежної безпеки України [8].

Відповідно до типових ризиків, а також основних цілей захисту, у настановах наведені заходи пожежної безпеки у рамках загальної концепції протипожежного захисту, які добре зарекомендували себе для захисту будівель та інших інженерних конструкцій. Для захисту ВЕУ потрібно використовувати протипожежні заходи, що пристосовані до особливих умов застосування у електроустановках (клас пожеж Е); використовувати первинні засоби пожежогасіння та засоби автоматичної системи пожежної сигналізації. Організація пожежної сигналізації і пожежогасіння добре зарекомендувала себе при захисті об'єктів з підвищеною пожежною небезпекою.

Як показує досвід, будівельні та інженерно-технічні заходи пожежної безпеки можуть надійно виконувати свої функції протягом періоду експлуатації, якщо було вжито необхідних заходів для забезпечення якісного проектування, реалізації проекту і при відповідальному експлуатуванні. До таких заходів відносять:

- застосування визнаних технічних стандартів як основи при проектуванні;
- застосування професійних проектувальних організацій і кваліфікованих виконавців робіт;
- застосування матеріалів і систем, які були випробувані і сертифіковані акредитованими органами, як, наприклад, VdS Schadenverhütung GmbH для систем пожежної безпеки, що також охоплює аудит системи управління якістю;
- виконання робіт персоналом, що пройшов навчання;
- приймальні випробування і періодичний технічний нагляд атестованим технічним експертом, наприклад, спеціалістом VdS з систем пожежної безпеки;
- регулярне обслуговування згідно з інструкціями, яке проводиться спеціалізованими організаціями і навченим персоналом власного підприємства;
- контроль за проведенням сервісних робіт (обслуговування, перевірка та підтримка функціонального стану) і документування за допомогою журналу перевірок.

Такі заходи можуть проводитися також в рамках типових випробувань або сертифікації ВЕУ.

Для нових турбін потрібний короткочасний період обкатки (60–100 годин експлуатації) при нормальній швидкості вітру (приблизно 6–9 м/с), і лише після цього можна досягнути пікової ефективності. Під час обкатки проводи вітряка мають бути ізольовані один від одного.

Висновки

Проведений аналіз літератури та нормативної документації з охорони праці та виконані розрахунки дозволили:

- провести аналіз умов праці при виконанні робіт, пов'язаних з монтажем вітряків, які працюють у складі електроенергетичної системи України;
- розробити організаційно-технічні рішення з охорони праці при електричному монтажі вітрогенератора;
- запропонувати параметри заземлювального пристрою для конкретних умов експлуатації вітрогенератора;
- описати основні заходи протипожежного захисту вітроелектричних установок.

Урахування та виконання запропонованих заходів з охорони праці дозволяє мінімізувати ризик травматизму та професійного захворювання при виконанні робіт при експлуатації та електричному монтажі вітряка.

Список використаної літератури

1. Відновлювані джерела в розподільних електричних мережах : монографія / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 204 с.
2. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підруч. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямками підготов. «Електротехніка та електротехнології» та «Електромеханіка» / С. О. Кудря; Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 489 с.
3. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : навч. посіб. / І.°О.°Сінчук [та ін.]; під ред. д-ра техн. наук, проф. Сінчука О. М. – Кременчук : Щербатих О. В., 2013. – 192 с.
4. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.
5. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5.-28-2006. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
6. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. Затверджені 27.03.2007 № 62/ Державний комітет України з промислової безпеки з охорони праці та гірничого нагляду.
7. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / Долин П. А. – М. : Энергоатомиздат, 1983.
8. Бондаренко Є. А. Пожежна безпека : навч. посіб./ Бондаренко Є. А. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 109 с.

Додаток А

Індивідуальні завдання до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах

Завдання 1. Організація безпечних і нешкідливих умов праці на технологічній ділянці електричної станції.

Характеристика основного та допоміжного обладнання. Аналіз умов праці і виявлення небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища. Розрахунок параметрів системи захисного заземлення чи занулення, системи штучного рівномірного освітлення. Розробка локальної інструкції з безпеки праці для конкретного виду робіт.

Завдання 2. Організація праці при виконанні робіт у диспетчерській системі електропостачання.

Умови праці, що впливають на самопочуття і працездатність диспетчера. Визначення класу зорових робіт. Організація робочого місця, забезпечення нормативних умов праці. Нормування параметрів мікроклімату. Розрахунок системи занулення чи системи комбінованого штучного освітлення робочої зони. Розробка локальної інструкції з охорони праці при виконанні робіт у диспетчерській.

Завдання 3. Організація безпечних умов праці при монтажі силового трансформатора підстанції.

Вибір механізмів, необхідних для монтажу силового трансформатора, визначення небезпечної зони. Врахування мікрокліматичних параметрів робочої зони для забезпечення допустимих умов праці монтажників. Вимоги до персоналу. Роботи на висоті. Охорона праці при випробуванні силового трансформатора. Розрахунок захисного заземлення чи грозозахисту підстанції. Розробка локальної інструкції з охорони праці для монтажників силового трансформатора.

Завдання 4. Організація безпечного виконання робіт при прокладанні кабельних ліній.

Переміщення вантажів. Механізми, що їх використовують при прокладанні кабелів у ґрунті. Врахування параметрів зовнішнього середовища для забезпечення допустимих умов праці. Випробування кабелів. Розрахунок захисного заземлювального пристрою. Розробка локальної інструкції з охорони праці при прокладанні кабельних ліній.

Завдання 5. Організація безпечного виконання робіт при ремонті ізоляції електричних машин.

Мікрокліматичні параметри робочої зони. Вибір методу виявлення ушкодження ізоляції. Вимоги електробезпеки при ремонті ізоляції електричних машин. Розрахунки виконують згідно з завданням консультанта розділу «Охорона праці» МКР. Розробка локальної інструкції з охорони праці при ремонті ізоляції електричних машин.

Завдання 6. Організація безпечного виконання робіт при дослідженні особливих режимів роботи гідрогенераторів та турбогенераторів.

Шкідливі речовини при виконанні робіт. Вимоги виробничої санітарії при виконанні робіт з дослідження особливих режимів роботи гідрогенераторів і турбогенераторів. Розрахунки здійснюють згідно з завданням консультанта розділу «Охорона праці» МКР.

Завдання 7. Виконання робіт в розподільних електричних мережах.

Вимоги виробничої санітарії та електробезпеки при виконанні робіт в розподільних електричних мережах. Класифікація робочої зони за небезпечністю ураження людини електричним струмом. Безпечна величина напруги. Розрахунок системи захисного заземлення. Розробка локальної інструкції з охорони праці при виконанні робіт в розподільних електричних мережах.

Завдання 8. Охорона праці при виконанні робіт з використанням комп'ютерної техніки.

Організація робочого місця. Забезпечення нормативних умов праці при виконанні робіт з використанням комп'ютерної техніки. Параметри мікроклімату робочої зони. Освітлення робочого місця. Характеристика приміщення за електробезпекою. Пожежна безпека. Розрахунки виконують згідно з завданням консультанта розділу МКР.

Завдання 9. Охорона праці при монтажі вітроустановок в складі електроенергетичної системи.

Аналіз умов праці робіт, пов'язаних з монтажем вітряків, які працюють в складі електроенергетичної системи України. Організаційно-технічні рішення з охорони праці за стандартами України з вітроенергетики. Розрахунок параметрів заземлювального пристрою вітрогенератора. Протипожежний захист вітроелектричних установок.

Завдання 10. Організація безпечних і нешкідливих умов праці на технологічній ділянці дослідженням особливостей експлуатації електродвигунів власних потреб.

Характеристика основного та допоміжного обладнання. Аналіз умов праці та виявлення небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища. Розрахунок параметрів системи захисного заземлення чи системи штучного рівномірного освітлення. Розробка локальної інструкції з безпеки праці для конкретного виду робіт.

Завдання 11. Організація праці при монтажі фотовольтаїчних панелей.

Умови праці, що впливають на самопочуття і працездатність монтажника фотовольтаїчних панелей. Роботи на висоті. Організація робочого місця, забезпечення нормативних умов праці. Розробка локальної інструкції з охорони праці при виконанні робіт у диспетчерській. Розрахунки виконують згідно з завданням консультанта МКР.

Завдання 12. Організація безпечних умов при дослідженні особливостей трансформаторів поперечного регулювання.

Забезпечення нормативних умов охорони праці при дослідженні особливостей трансформаторів поперечного регулювання. Вимоги до персоналу. Охорона праці при випробуванні силового трансформатора. Розрахунки виконують згідно з завданням консультанта МКР.

Розробка локальної інструкції з охорони праці для монтажників силового трансформатора.

Завдання 13. Організація безпечного виконання робіт при визначенні технічного стану вимикачів.

Переміщення вантажів. Механізми, що їх використовують при визначенні технічного стану оливних вимикачів. Забезпечення нормативних умов охорони праці при випробуванні технічного стану оливних вимикачів. Розробка локальної інструкції з охорони праці при монтажі вимикачів. Розрахунок виконують згідно з завданням консультанта розділу «Охорона праці» МКР.

Завдання 14. Організація безпечного виконання робіт при проектуванні сонячної електричної станції з оптимізацією роботи електричної мережі.

Параметри мікроклімату робочої зони. Виявлення ушкодження ізоляції. Вимоги електробезпеки при виконанні ремонтних робіт в електричній мережі. Розрахунок системи штучного рівномірного освітлення при проектуванні сонячної електричної станції з оптимізацією роботи електричної мережі.

Завдання 15. Організація безпечного виконання робіт при дослідженні блискавкозахисту ВРП.

Шкідливі речовини при виконанні робіт. Параметри мікроклімату робочої зони. Вимоги виробничої санітарії при виконанні робіт. Розрахунок блискавкозахисту.

Завдання 16. Виконання робіт в електричних мережах надвисоких класів напруги.

Параметри виробничого середовища робочої зони. Класифікація робочої зони за небезпечністю ураження людини електричним струмом. Безпечна величина напруги. Вимоги виробничої санітарії та електробезпеки при виконанні робіт в електричних мережах надвисоких класів напруги. Розрахунок системи захисту від електромагнітного випромінювання. Розробка локальної інструкції з охорони праці при виконанні робіт в електричних мережах.

Завдання 17. Охорона праці при обмеженні внутрішніх перенапруг в електропередачах 750 кВ.

Аналіз умов праці і виявлення небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища при обмеженні внутрішніх перенапруг в електропередачах 750 кВ. Вимоги виробничої санітарії та електробезпеки при виконанні робіт в електричних мережах надвисоких класів напруги. Розрахунок системи захисту від електромагнітного випромінювання в електропередачах 750 кВ.

Додаток Б

ГОСТ 12.0.003-74*. ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ

1. Фізично небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини та механізми;
- рухомі частини виробничого устаткування;
- гострі краї, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів, устаткування;
- пересувні вироби, заготівки, матеріали;
- руйнівні конструкції;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації; інфразвукових коливань; ультразвуку;
- підвищений чи знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різка зміна;
- підвищена чи знижена вологість повітря;
- підвищена чи знижена рухомість повітря;
- підвищена, чи знижена іонізація повітря;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена напруженість електричного поля;
- підвищена напруженість магнітного поля;
- відсутність чи нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- пряма і відбита;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової радіації;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі (підлоги);
 - підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися крізь тіло людини.

2 Хімічно небезпечні й шкідливі виробничі фактори

Група підрозділяється на дві підгрупи.

2.1 за характером впливу на організм людини:

- загальнотоксичні (окис вуглецю, сірководень, метиловий спирт, сурикові фарби, етилований бензин та ін.);

- дратівні (хлор, аміак, скипидар, вапно та ін.);
- сенсibiliзувальні – діють як алергени (різні розчинники на основі нітросполук та ін.);
- канцерогенні – викликають ракові захворювання (нікель і його сполуки, окисли хрому, азбест, нафтові бітуми, кам'яновугільні смоли та ін.);
- мутагенні, що приводять до зміни спадкоємної інформації (свинець, марганець, радіоактивні речовини та ін.).

2.2 за шляхом проникнення в організм людини:

- через дихальні шляхи;
- травний тракт;
- шкіру.

3. Біологічно небезпечні й шкідливі виробничі фактори

Ця група містить об'єкти, вплив яких викликає травми чи захворювання:

- мікроорганізми (бактерії, віруси, спірохети, гриби, найпростіші);
- макроорганізми (рослини, тварини).

4. Психофізіологічні небезпечні й шкідливі фактори:

- фізичні перевантаження (статичні, динамічні, гіподинамічні);
- нервово-психічні перевантаження (розумове перевантаження, перевантаження аналізаторів, монотонність праці та емоційні перевантаження).

Додаток В

ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНІ ФАКТОРИ

- відкритий вогонь та іскри;
- підвищена температура повітря, предметів, обладнання;
- токсичність продуктів згорання;
- дим;
- знижена концентрація кисню;
- вибух.

Додаток Г

Таблиця Г.1 – Параметри мікроклімату, що нормуються за ДСН 3.3.6.042-99, в робочій зоні виробничих приміщень

Період-року	Категорія робіт	Температура, °C			Відносна вологість		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальна	Допустима на робочих місцях		Оптимальна	Допустима на постійних та непостійних робочих місцях	Оптимальна	Допустима на постійних та непостійних робочих місцях
			постійних	непостійних				
Холодний	Легка:							
	Ia	22–24	21–25	18–26	40–60	75	0,1	не більше 0,1
	Iб	21–23	20–24	17–25	40–60	75	0,1	не більше 0,2
	Середньої важкості:							
	IIa	19–20	17–23	15–24	40–60	75	0,2	не більше 0,3
IIб	17–19	15–21	13–23	40–60	75	0,2	не більше 0,4	
	Важка III:	16–18	13–19	12–20	40–60	75	0,3	не більше 0,5
Теплий	Легка:							
	Ia	23–25	22–28	20–30	40–60	55 при 28 °C	0,1	0,1–0,2
	Iб	22–24	21–28	19–30	40–60	55 при 27 °C	0,2	0,1–0,3
	Середньої важкості:							
	IIa	21–23	18–27	17–29	40–60	65 при 26 °C	0,3	0,2–0,4
IIб	20–22	16–27	15–29	40–60	70 при 25 °C	0,3	0,2–0,5	
	Важка III:	18–20	15–26	13–28	40–60	75 при 24 °C і нижче	0,4	0,2–0,6

Додаток Д

Таблиця Д.1 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери (ГДК)

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпеки
	Максимально разова	Середньо-добова	
Азоту двоокис NO ₂	0,085	0,085	2
Ангідрид сірчаний SO ₂	0,5	0,05	3
Ангідрид оцетний	0,1	0,03	3
Ангідрид фосфорний	0,15	0,05	2
Ацетон	0,35	0,35	4
Бензин (нафтовий, малосірчаний)	5	1,5	4
Бензин (сланцевий)	0,05	0,05	4
Бензол	1,5	0,8	2
Бутан	200	-	4
Бутилацетат	0,1	0,1	4
Завислі речовини (крім аерозолей металів)	0,5	0,05	3
Водень хлористий (соляна кислота Н)	0,2	0,2	2
Гексан	60	-	4
Дихлорфторметан (фреон)	100	10	4
Кислота азотна HNO ₃	0,4	0,4	2
Кислота сірчана H ₂ SO ₄	0,8	0,1	2
Кислота оцетова	0,2	0,06	3
Ксилол	0,2	0,2	3
Марганець і його сполуки	-	0,01	2
Мідь (окис)	-	0,02	2
Нафталін	0,003	0,003	4
Нікель (розчинні солі)	-	0,0002	1
Озон	0,16	0,03	4
Перхлоретилен	-	0,06	2
Ртуть металева	-	0,0003	1
Сажа	0,15	0,05	3
Свинець і його сполуки	-	0,0003	1
Свинець сірчаний (P _b S)	-	0,0017	1
Сірководень (H ₂ S)	0,008	0,008	2
Спирт бутиловий	0,1	0,1	3
Спирт ізобутиловий	0,1	0,1	4
Спирт метиловий	1,0	0,5	3
Спирт етиловий	5	5	4
Сірковуглець (CS)	0,03	0,005	2
Стірол	0,003	0,003	3
Вуглець (окис СО)	3	1	4
Толуол	0,6	0,6	3
Трихлорфторметан	100	10	4
Фенол	0,01	0,01	3
Формальдегід	0,035	0,003	2
Хлор	0,1	0,03	2
Цинк (окис)	-	0,05	3
Цемент	0,3	0,1	3
Вапняк	6	6	4
Пил (зерновий)	4	4	4
Пил рослинного і тваринного походження:			
- з вмістом діоксиду кремнію 10%	2	2	4
- те ж, від 2 до 10%	4	4	4
- те ж, до 2% (пил борошна, бавовняно-паперовий, деревини)	6	6	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Додаток Е

Таблиця Е.1 – Норми освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях за ДБН В. 2.5-28-2006

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне освітлення	
						Освітленість, лк		КПО e_n , %	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або комбіноване	Бокове
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Найвищої точності	Менше 0,15	I	а	Малий	Темний	5000 4500	—	—	—
			б	Малий Середній	Середній Темний	4000 3500	1200 1000		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	2500 2000	750 600		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	1500 1250	400 300		
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	а	Малий	Темний	4000 3500	—	—	—
			б	Малий Середній	Середній Темний	3000 2500	750 600		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	2000 1500	500 400		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	1000 750	300 200		

Продовження таблиці Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Високої точності	Від 0,3 до 0,5	III	а	Малий	Темний	2000 1500	500 400	—	—
			б	Малий Середній	Середній Темний	1000 750	300 200		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	750 600	300 200		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	400	200		
Середньої точності	Більше 0,5 до 1,0	IV	а	Малий	Темний	750	300	4	1,5
			б	Малий Середній	Середній Темний	500	200		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	400	200		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	—	200		
Малої точності	Від 1,0 до 5	V	а	Малий	Темний	400	300	3	1
			б	Малий Середній	Середній Темний	—	200		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	—	200		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	—	200		
Груба	Більше 5	VI		Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном	—	200	3	1	
Робота з матеріалами, які світяться, і виробами в гарячих цехах	Більше 5	VII		Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном	—	200	3	1	

Продовження таблиці Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: - постійне - періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні - періодичне при періодичному перебуванні людей у приміщенні - загальне спостереження за інженерними комунікаціями		VIII	а	Те саме		—	200	3	1
			б	- « -		—	100	1	0,3
			в	- « -		—	50	0,7	0,2
			г	- « -		—	20	03	0,1

Примітки:

1. Освітленість при застосуванні ламп розжарювання потрібно знижувати за шкалою освітленості:

а) на один ступінь при системі комбінованого освітлення, якщо нормована освітленість складає 750 лк і більше;

б) те саме, загального освітлення для розрядів I–V, VI;

в) на два ступені при системі загального освітлення для розрядів VI і VIII.

2. В приміщеннях, спеціально призначених для роботи або виробничого навчання підлітків, нормоване значення КПО збільшується на один розряд за гр. 3 і має бути не менше ніж 1,0%.

Додаток Ж

Таблиця Ж.1 – Значення коефіцієнта світлового клімату за ДБН В. 2.5-28-2006

Світлові отвори	Орієнтація світлових отворів за сторонами горизонту	Коефіцієнт світлового клімату, <i>m</i>	
		Автономна республіка Крим, Одеська обл.	Решта території України
В зовнішніх стінах будинків	ПН	0,85	0,90
	ПНС, ПНЗ	0,85	0,90
	З, С	0,80	0,85
	ПДС, ПДЗ	0,80	0,85
	ПД	0,75	0,85
В прямокутних і трапецієподібних ліхтарях	ПН – ПД	0,80	0,80
	ПНС – ПДЗ ПДЗ – ПНЗ	0,75	0,80
	С – З	0,70	0,75
В ліхтарях типу «Шед»	ПН	0,80	0,80
В зенітних ліхтарях	—	0,70	0,80
<p>Примітка. ПН – північ; ПНС – північ – схід; ПНЗ – північ – захід; С – схід; З – захід; ПН – ПД – північ – південь; С – З – схід – захід; ПД – південь; ПДС – південь – схід; ПДЗ – південь – захід.</p>			

Додаток И

Таблиця И.1 – Нормовані показники освітлення основних приміщень громадських, житлових, допоміжних будинків за ДБН В. 2.5-28-2006

Приміщення	Площина (Г – горизонтальна, R – вертикальна)	Розряд підзряд зорової роботи	Штучне освітлення						Природне освітлення		Сумісне освітлення	
			Освітленість при комбінованому освітленні	при загальному освітленні	циліндрична освітлення	показник дисконт-фактору	коєфіцієнт світлості	при верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	КПО e_n , %	КПО e_n , %	при верхньому або комбінованому освітленні
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Адміністративні будинки (міністерства, відомства, комітети, префектури, муніципалітети, управління, конструкторські та проектні організації, науково-дослідні установи тощо)												
1. Кабінети й робочі кімнати	Г-0,8	Б-1	400/200	300	—	40	15	3,0	1,0	1,8	0,6	
2. Проектні зали і кімнати, конструкторські, креслярські бюро	Г-0,8	А-1	600/400	500	—	40	10	4,0	1,5	2,4	0,9	
3. Книгосховища й архиви, приміщення фонду відкритого доступу	В-1,0 на стелажах	—	75	—	—	—	—	—	—	—	—	
4. Макетні, столярні й ремонтні майстерні	Г-0,8 на верстаках і робочих столах	Шв	750/200	300	—	40 ¹⁾	15/20	—	—	3,0	1,2	
5. Приміщення для роботи з дисплеями й відотерміналами, дисплейні зали	В-1,2 на екрані дисплея, Г-0,8 на робочих столах	Б-2	—	200	—	—	—	—	—	—	—	
		А-2	500/300	400	—	15	10	3,5	1,2	2,1	0,7	

Продовження таблиці И.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6. Лабораторії: органічної й неорганічної хімії, термічні, фізичні, спектрографічні, стиліометричні, фотометричні, мікроскопічні, рентгено-структурного аналізу, механічні та радіовимірвальні, електронних пристроїв, препараторські	Г-0,8	A-2	500/300	400	—	40	10	3,5	1,2	2,1	0,7
7. Аналітичні лабораторії	Г-0,8	A-1	600/400	500	—	40	10	4,0	1,5	2,4	0,9
Банківські та страхові установи											
8. Операційний зал, кредитна група, касовий зал, приміщення для перерахування грошей	Г-0,8 на робочих столах	A-2	500/300	400	—	15	10	3,5	1,2	2,1	0,7
Установи загальної освіти, початкової, середньої та вищої спеціальної освіти											
9. Класні кімнати, аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії, загальноосвітніх шкіл, шкіль-інтернатів, спеціальних і професійно-технічних установ	В-1,5 на середині дошки	A-1	—	500	—	—	10	—	—	—	—
	Г-0,8 на робочих столах і партах	A-2	—	400	—	40	10	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
10. Аудиторії навчальні кабінети, лабораторії в технікумах і вищих навчальних закладах	Г-0,8 на робочих столах і партах	A-2	—	400	—	40	10	3,5	1,2	2,1	0,7
11. Кабінети інформатики і обчислювальної техніки	В-1,0 на екрані дисплея	4Б-2	—	200	—	—	—	—	—	—	—
	Г-0,8 на робочих столах і партах	Б-2	500/300	400	—	15	10	3,5	1,2	2,1	0,7

Продовження таблиці И.1

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12. Майстерні з обробки металів та деревини	Г-0,8 на верстаках і робочих столах	ШБ	1000/200	300	—	40 ¹⁾	15	—	—	3,0	1,2
13. Кабінети обслуговуючих видів праці для дівчат	Г-0,8	А-2	—	400	—	40	10	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
14. Спортивні зали	Підлога, Г-0,0	Б-2	—	200	—	60	20	2,5 ²⁾	0,7 ²⁾	1,5	0,4
	В - на рівні 2,0 м від підлоги з обох сторін на поздовжній осі приміщення	—	—	75	—	—	—	—	—	—	—
15. Криті басейни	Г - поверхня води	В-1	—	150	—	60	20	2,0	0,5	1,5	0,4
16. Актіві зали, кіноаудиторії	Г-0,0	Д	—	200	75	90	—	—	—	—	—
17. Кабінети й кімнати викладачів	Г-0,8	Б-1	—	300	—	40	15	3,0	1,0	1,8	0,6

Примітки:

1. Наявність нормованих значень освітленості в графах обох систем штучного освітлення вказує на можливість застосування однієї з цих систем.
2. При дробовому позначенні освітленості, наведеної в графі 4 таблиці, у чисельнику показана норма освітленості від загального місцевого освітлення на робочому місці, а в знаменнику – освітленості від загального освітлення приміщення.
3. При дробовому позначенні показника дискомфорту, наведеного в графі 7 таблиці, у чисельнику показана норма для загального освітлення у системі комбінованого освітлення, а в знаменнику – освітленість від загального освітлення приміщення.
4. При дробовому позначенні коефіцієнта пульсації, наведеного в графі 8 таблиці, у чисельнику показана норма для місцевого освітлення або тільки загального освітлення, а в знаменнику – для загального освітлення у системі комбінованого.

Додаток К

Таблиця К.1 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні рівням звуку на робочих місцях (ДСН 3.3.6.037-99)

	Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньогомеетричними частотами, Гц										Рівні шуму та еквівалентні рівні шуму, дБА, дБА _{екв}
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
		Підприємства, установи, організації										
1.	Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання та проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльність; робочі місця у приміщеннях – дирекції, проектно-конструкторських бюро, розраховувачів, програмістів обчислювальних машин, у лабораторіях для теоретичних робіт та обробки даних, прийому хворих у медпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	
2.	Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні та аналітичні роботи у лабораторії; ро-бочі місця у приміщеннях цехового керівного апарату, контор, лабораторій	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	
3.	Робота, що виконується з вказівками та акустичними сигналами, які часто надходять; робота, що потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота: робочі місця у приміщеннях диспетчерської служби, кабінетах і приміщеннях спостереження та дистанційного керування з мовним зв'язком телефоном, друкарських бюро, на дільницях точного складання, на телефонних та телеграфних станціях, у приміщеннях майстрів, у залах обробки інформації на обчислювальних машинах без дисплея та в приміщеннях операторів акустиків	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	

Продовження таблиці К.1

4.	Робота, що вимагає зосередження, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами: робочі місця за пультами у кабінетах нагляду та дистанційного керування без мовного зв'язку телефоном; у приміщеннях лабораторій з шумовим устаткуванням, агрегатами обчислювальних машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5.	Виконання всіх видів робіт (крім перелічених у пп. 1–4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Додаток Л

Таблиця Л.1 – Категорії приміщень і будівель за вибухо- та пожежо-небезпекою (ОНТП 24– 86)

Категорія приміщення	Характеристика речовин та матеріалів, що знаходяться у приміщенні
А (вибухо-небезпечна)	Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні суміші, при займанні яких розвивається тиск вибуху, що перевищує 5 кПа, а також речовини, що здатні вибухнути і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним в такій кількості, що розрахунковий тиск перевищує 5 кПа.
Б (вибухо-пожежо-небезпечна)	Горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28 °С, горючі рідини у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні суміші, при займанні яких виникає розрахунковий тиск вибуху, що перевищує 5 кПа.
В (пожежо-небезпечна)	Легкозаймисті, горючі і важкогорючі рідини, тверді горючі і важкогорючі речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним лише горіти за умови, що це приміщення не належить до категорій А чи Б.
Г	Негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я, а також горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються у вигляді палива.
Д	Негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Додаток М

Таблиця М.1 – Ступінь вогнестійкості будівель і споруд (ДБН В.1.1-7–2002)

Ступінь вогнестійкості	Конструктивні характеристики
I	Будівлі з несучими й захисними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону з використанням листових і плитних негорючих матеріалів
II	Те саме. В покриттях будівель допускається використовувати незахищені сталеві конструкції
III	Будівлі з несучими та захисними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону. Для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також плитними матеріалами. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо меж вогнестійкості та меж поширення вогню, при цьому елементи горищних покриттів з деревини піддаються вогнезахисній обробці
IIIa	Будівлі переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – зі сталевих незахищених конструкцій. захисні конструкції зі сталевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів а важкогорючим утеплювачем
IIIб	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з цільної або клеєної деревини, піддані вогнезахисній обробці, яка забезпечує потрібну межу поширення вогню. захисні конструкції – з панелей або поелементного складання, що зроблені з використанням деревини або матеріалів на її основі. Деревина й інші горючі матеріали захисних конструкцій мають бути піддані вогнезахисному обробленню або бути захищені від впливу вогню та високих температур таким чином, щоб забезпечити потрібну межу поширення вогню
IV	Будівлі з несучими та захисними конструкціями з цільної або клеєної деревини та інших горючих та важкогорючих матеріалів, захищених від впливу вогню та високих температур штукатуркою та іншими листовими й плитними матеріалами. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо меж вогнестійкості та меж поширення полум'я, при цьому елементи горищних перекриттів з деревини піддаються вогнезахисній обробці
IVa	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – зі сталевих незахищених конструкцій. Захисні конструкції — зі сталевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з горючим утеплювачем
V	Будівлі, до несучих та захисних конструкцій яких не висуваються вимоги щодо меж вогнестійкості та меж поширення вогню

Додаток Н

Таблиця Н.1 – Клас приміщень і зон за вибуховою та пожежною небезпекою (ПБЕ)

Клас приміщень, зон	Фактори вибухо- та пожежонебезпеки, інші умови
Вибухонебезпечні приміщення і зони	
0	Простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу (може мати тільки в межах корпусів технологічного обладнання).
1	Простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи.
2	Простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості), не мають розглядатись під час проектування електроустановок.
20	Простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини.
21	Простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.
22	Простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися нечасто та існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії.
Пожежонебезпечні приміщення і зони	
П-I	Зони в приміщеннях, де застосовуються горючі рідини з температурою спалаху $> 61^{\circ}\text{C}$.
П-II	Зони в приміщеннях, де виділяється горючий пил чи волокна з нижньою концентраційною межею (НКТ) спалахування $> 65 \text{ г/м}^3$ до об'єму повітря
П-Ia	Зони в приміщеннях, де є тверді горючі речовини чи матеріали
П-III	Зони за межами приміщення, в якому використовуються горючі рідини з температурою спалаху $> 61^{\circ}\text{C}$ або тверді горючі речовини, горючий пил, волокна.

Додаток П

Таблиця П.1 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см) для різних ступенів вогнестійкості будівель (СНиП 2.01.02-85)

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, марші сходових кліток	Плити, настили, (з утеплювачем), інші несучі конструкції перекриттів	Елементи перекриттів	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогоони	Балки, ферми, арки, рами
I	$\frac{2.5}{0}$	$\frac{1.25}{0}$	$\frac{0.5}{0}$	$\frac{0.5}{0}$	$\frac{2.5}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.5}{0}$	$\frac{0.5}{0}$
II	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.75}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$
III	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.25}{0}$ $\frac{0.5}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.75}{0}$	$\frac{0.25}{\text{н.н.}}$	$\frac{\text{н.н.}}{\text{н.н.}}$
III а	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.5}{0}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{25}$	$\frac{0.25}{0}$
III б	1	0.5	$\frac{0.25}{0}$ $\frac{0.5}{40}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{0.75}{0}$	$\frac{0.75}{25}$	$\frac{0.25}{0}$ $\frac{0.5}{25/40}$	$\frac{0.75}{25/40}$
IV	$\frac{0.5}{40}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.5}{40}$	$\frac{0.5}{25}$	$\frac{0.25}{25}$	$\frac{0.25}{\text{н.н.}}$	$\frac{\text{н.н.}}{\text{н.н.}}$
IV а	$\frac{0.5}{40}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.25}{\text{н.н.}}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{\text{н.н.}}$	$\frac{0.25}{0}$
V	Не нормується								

1) У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику – межі розповсюдження полум'я по них.

2) У дужках знаменника вказуються межі розповсюдження полум'я для вертикальних ділянок конструкцій.

3) Скорочення «н.н.» означає, що показник не нормується.

Додаток Р

До Правил пожежної безпеки в Україні,
введених в дію наказом Міністерства
внутрішніх справ України від 22.06.95 р.
№ 400

Рекомендації щодо оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння

1. До первинних засобів пожежогасіння відносять: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

2. Для визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння потрібно враховувати фізико-хімічні та пожежонебезпечні властивості горючих речовин, їх взаємодію з вогнегасними речовинами, а також розміри площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок.

3. Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення, а також етажерок відкритих установок.

Якщо в одному приміщенні знаходяться декілька різних за пожежною небезпекою виробництв, не відділених одне від одного протипожежними стінами, усі ці приміщення забезпечують вогнегасниками, пожежним інвентарем та іншими видами засобів пожежогасіння за нормами найбільш небезпечного виробництва.

4. Покривала (з матеріалів, вказаних у п. 1 цього додатка) повинні мати розмір не менш як 1 м × 1 м. Вони призначені для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання ЛЗР та ГР розміри покривал можуть бути збільшені до величин: 2 м × 1,5 м, 2 м × 2 м. Покривала можна застосовувати для гасіння пожеж класів А, В, D, (E).

5. Бочки з водою встановлюються у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водогону та за наявності горючих матеріалів, а також на території об'єктів, у садибах індивідуальних жилих будинків, дачних будиночків тощо. Їх кількість у приміщеннях визначається з розрахунку встановлення однієї бочки на 250–300 м² захищеної площі.

6. Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 мають мати місткість не менше 0,2 м³ і бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 0,008 м³.

7. Пожежні щити (стенди) встановлюють на території об'єкта з розра-

хунку один щит (стенд) на площу 5000 м².

До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на ньому, мають входити: вогнегасники – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2°м × 2°м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

8. Ящики для піску мають бути місткістю 0.5, 1.0 або 3.0м³ та бути укомплектованими совковою лопатою.

Вмістилища для піску, що є елементом конструкції пожежного стенда, мають бути місткістю не менше 0.1 м³. Конструкція ящика (вмістилища) має забезпечувати зручність діставання піску та унеможливити потрапляння опадів.

9. Склади лісу, тари та волокнистих матеріалів потрібно забезпечувати збільшеною кількістю пожежних щитів з набором первинних засобів пожежогасіння, виходячи з місцевих умов.

10. Будівлі та споруди, які заводяться та реконструюються, мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння з розрахунку:

- на 200 м² площі підлоги – один вогнегасник (якщо площа поверху менша 200 м², – два вогнегасники на поверх), бочка з водою, ящик з піском;

- на кожні 20 м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (але не менше двох на поверсі), а на кожні 100 м довжини риштування – бочка з водою;

- на 200 м² площі покриття з горючим утеплювачем або горючими покрівлями – один вогнегасник, бочка з водою, ящик з піском;

- на кожну люльку агрегата для будівництва градирень – по два вогнегасники;

- у місці встановлення теплогенераторів, калориферів – два вогнегасники та ящик з піском на кожний агрегат.

У вищезазначених місцях потрібно застосовувати вогнегасники пінні чи водяні місткістю 10 л або порошкові місткістю не менше 5 л. Місткість бочок з водою та ящиків з піском, а також їх укомплектованість інвентарем (відрами, лопатами) мають відповідати вимогам пунктів 6 та 8 цього додатка.

На території будівництва в місцях розташування тимчасових будівель, складів, майстерень встановлюються пожежні щити (стенди) та бочки з водою.

Вибір та визначення необхідної кількості вогнегасників

1. Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється згідно з таблицями Р.1 або Р.2 залежно від їх вогнегасної спроможності, граничної площі, класу пожежі горючих речовин та матеріалів у захищуваному приміщенні або на об'єкті (стандарт ISO №3941-77):

- клас А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);

- клас В – пожежі горючих рідин або твердих речовин, які розтоплюються;
- клас С – пожежі газів;
- клас D – пожежі металів та їх сплавів;
- клас (E) – пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Крім перерахованих параметрів береться до уваги також категорія приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

2. Вибір типу вогнегасника (пересувний чи переносний) обумовлений розмірами можливих осередків пожеж; у разі збільшення їх розмірів рекомендується використовувати пересувні вогнегасники.

Для гасіння великих площ горіння, коли застосування ручних та пересувних вогнегасників є недостатнім, на об'єкті мають бути передбачені додатково ефективні засоби пожежогасіння.

3. У таблицях Р.1 та Р.2 знаком «++» позначені вогнегасники, рекомендовані до оснащення об'єктів, знаком «+» – вогнегасники, застосування яких дозволяється в разі відсутності рекомендованих вогнегасників та за наявності відповідного обґрунтування; знаком «-» – вогнегасники, котрі не допускаються до оснащення об'єктів.

4. Необхідно враховувати кліматичні умови експлуатації будівель та споруд, вибираючи вогнегасник з відповідною температурною межею використання.

5. Якщо на об'єкті можливі комбіновані осередки пожеж, то перевага у виборі вогнегасника віддається більш універсальному щодо сфери застосування.

6. Для граничної площі приміщень різних категорій (максимальної площі – захищеної одним або групою вогнегасників) необхідно передбачити кількість вогнегасників, зазначену в таблицях Р.1 та Р.2 перед знаками «++» або «+».

7. Громадські будівлі та споруди мають мати на кожному поверсі не менше двох переносних вогнегасників.

8. Комплектування технологічного устаткування вогнегасниками здійснюється відповідно до вимог технічних умов (паспортів) на це устаткування або відповідних галузевих правил пожежної безпеки, затверджених у встановленому порядку.

9. Комплектування імпортного устаткування вогнегасниками здійснюється згідно з умовами договору на його поставку.

10. У місцях зосередження цінної апаратури й устаткування кількість засобів пожежогасіння може бути збільшена.

11. Коли від пожежі захищаються приміщення з ЕОМ, телефонних станцій, музеїв, архівів тощо, слід враховувати специфіку вогнегасних речовин у вогнегасниках, які під час гасіння призводять до псування обладнання. Ці приміщення рекомендується оснащувати вуглекислотними вогнегасниками з урахуванням гранично допустимої концентрації вогнегасної речовини.

12. Виробничі приміщення категорії Д, а також такі, що мають негорючі речовини й матеріали, можуть не оснащуватись вогнегасниками, якщо їх площа не перевищує 100 м². Необхідність установлення вогнегасників у таких приміщеннях визначають керівники підприємств.

13. Відстань від можливого осередку пожежі до місця розташування не має перевищувати 20 м для громадських будівель та споруд; 30 м – для приміщень категорій А, Б, В (горючі гази та рідини); 40 м – для приміщень категорій В, Г; 70 м – для приміщень категорії Д.

14. За наявності декількох невеликих приміщень з однаковим рівнем пожежонебезпеки кількість необхідних вогнегасників визначається згідно з п.10 та таблицями Р.1 або Р.2 з урахуванням сумарної площі цих приміщень.

15. Окремі пожежонебезпечні виробничі установки (фарбувальні камери, загартовувальні ванни, випробувальні стенди, установки для миття та знежирювання деталей, сушильні камери тощо) обладнуються не менше ніж двома вогнегасниками кожна, або однією стандартною установкою пожежогасіння.

16. Окремо розташовані відкриті ректифікаційні, адсорбційні колони та інші технологічні установки забезпечуються вогнегасниками, покривалами, ящиками з піском, паровими шлангами. Їх кількість визначається адміністрацією об'єкта залежно від потужності установок і кількості горючих та легкозаймистих рідин і газів, які містяться в апаратах.

17. У місцях наявності великої кількості ЛЗР, ГР та легкогорючих матеріалів (каучук, гума тощо) доцільно встановлювати стаціонарні або пересувні вогнегасники типу ВВП (вогнегасник водопінний) – 100, ВВК (вогнегасник вуглекислотний) – 25, ВВК – 80, ВП (вогнегасник порошковий) – ВП, ВП – 100, ВП – 250 тощо.

18. Приміщення, обладнані автоматичними стаціонарними установками пожежогасіння, забезпечуються вогнегасниками на 50%, виходячи з їх розрахункової кількості.

19. Приклади визначення кількості та типу вогнегасників за таблицями Р.1 і Р.2 з урахуванням вимог п.13: має захищатися п'ятьма порошковими вогнегасниками типу ОП – 10 згідно з таблицею Р.1. Відстань між вогнегасниками та місцями можливого загоряння становить не більше 30 м;

- приміщення категорії Д площею 1200 м² захищається двома вогнегасниками типу ОУ – 5 (для гасіння електродвигунів верстатів) (таблиця Р.1). Відстань між вогнегасниками та місцями можливого загоряння не має перевищувати 70 м.

Таблиця Р.1 – Рекомендації щодо оснащення приміщень переносними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична захищувана площа, м ²	Клас пожежі	Пінні та водні вогнегасники місткістю 10 л	Порошкові вогнегасники місткістю, л			Хладонні вогнегасники місткістю 2(3) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2(3)	5(8)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А, Б (горючі газу і рідини)	200	А	2+	-	2+	+	-	-	-
		В	4+	-	2+	+	4+	-	-
		С	-	-	2+	+	4+	-	-
		Д	-	-	2+	+	-	-	-
		(Е)	-	-	2+	+	-	-	2++
В	400	А	2+	1+	2++	1+	-	-	2+
		Д	-	1+	2+	1++	-	-	-
		(Е)	-	1+	2++	1+	2+	4+	2++
Г	800	В	2+	-	2++	1+	-	-	-
		С	-	4+	2++	1+	-	-	-
Г,Д	1800	А	2++	4+	2++	1+	-	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		(Е)	-	2+	2++	1+	2+	4+	2++
Громадські будівлі та споруди	800	А	4++	8+	4++	2+	-	-	4+
		(Е)	-	-	4++	2+	4+	4+	2++

Примітки:

1. Максимальна площа можливих осередків пожеж класів А та В у приміщеннях, в яких передбачається використання вогнегасників, не має перевищувати вогнегасної спроможності застосовуваних вогнегасників.

2. Для гасіння осередків пожеж різних класів порошкові вогнегасники повинні мати відповідні заряди: для класу А – порошок АВС(Е); для класів В,С та (Е) – ВС(Е) або АВС(Е) та класу Д – Д.

3. Значення знаків «++», «+», «-» наведено в п.3 цього додатка.

Таблиця Р.2 – Рекомендації щодо оснащення приміщень пересувними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична захищувана площа, м ²	Клас пожежі	Повітропінні вогнегасники місткістю 100 л	Комбіновані вогнегасники місткістю (піна порошок) 100 л	Порошкові вогнегасники місткістю 50(100) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
						25 (40)	80
1	2	3	4	5	6	7	8
А, Б, В (горючі гази і рідини)	500	А	1++	1++	1++	-	3+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		(Е)	-	-	1+	2+	1++
В (крім горючих газів та рідин)	800	А	1++	1++	1++	4+	2+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		(Е)	-	-	1+	1+	1+

Примітки:

1. Максимальна площа можливих осередків пожеж класів А та В у приміщеннях, в яких передбачається використання вогнегасників, не має перевищувати вогнегасної спроможності використовуваних пересувних вогнегасників.

2. Для гасіння осередків пожеж різних класів порошкові та комбіновані вогнегасники мають мати відповідні заряди: для класу А – порошок АВС(Е); для класів В,С та (Е) – ВС(Е) або АВС(Е) та класу Д – Д.

3. Значення знаків «++», «+», «-» наведено в п.3 цього додатка.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Бібліографічний запис. Загальні вимоги та правила складання: (з метод. рекомендацій з впровадження / Укл.: Галевич О. К., Штогрин І. М. – Львів, 2008.
2. Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів у 4-х томах. – К. : Основа, 1995.
3. Основи охорони праці : підруч. / [К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін.]. ; за ред. К. Ткачука і М. Халімовського. – К. : Основа, 2006. – 448 с.
4. Гажаман В. І. Електробезпека на виробництві / Гажаман В. І. – К. : Редакція журналу «Охорона праці», 2002. – 272 с.
5. Бондаренко Є. А. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. / Є. А. Бондаренко, А. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 160 с.
6. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці./ В. Ц. Жидецький, В.°С. Джигирей та ін. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с.
7. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / Долин П. А. – М. : Энергоатомиздат, 1983.
8. Князевский Б. А. Охрана труда в электроустановках / Князевский°Б.°А. – М. : Энергоатомиздат, 1983.
9. Бондаренко Є. А. Пожежна безпека : навч. посіб./ Бондаренко Є. А. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 109 с.
10. Бондаренко Є. А. Використання нормативних актів про охорону праці користувачів ЕОМ : довідник / Бондаренко Є. А. – Вінниця : ВНТУ, 2003. – 100 с.
11. Бондаренко Є. А. Освітлення виробничих приміщень : довідник / Є.°А.°Бондаренко, В. О. Дрончак – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 61 с.
12. Методичні вказівки до контрольної роботи з дисципліни «Основи охорони праці» / Є. А. Бондаренко – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 50 с.
13. Методичні вказівки, захисні заходи електробезпеки та розрахунок занулення для самостійної роботи студентів всіх спеціальностей / Уклад. Є. А. Бондаренко, В. О. Дрончак – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 31 с.
14. Кутін В. М. Принцип управління енергобезпекою при організації робіт в електроустановках надвисокої напруги / В. М. Кутін, Є. А. Бондаренко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка та енергетика» – 2013. – № 1(14). – С. 138–143.
15. Bondarenko Y. A. Evaluation of the risk of occupation a diseases caused by electromagnetic field generated by extra-highvoltage electric installations / Yevgeni A. Bondarenko, Vasyl M. Kutin, Maryna V. Kutina, Assel Mussabekova, Konrad Gromaszek // SMAILOVA3PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 93 NR 5 – 2017.– P. 118–121. <http://pe.org.pl/articles/2017/5/24.pdf>
16. Бондаренко Є. А. Професійний ризик електротравматизму в електроустановках надвисокої напруги : монографія / Бондаренко Є. А. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 216 с.

17. Відновлювані джерела в розподільних електричних мережах : монографія / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 204 с.
18. Електричні апарати : підр. / В. О. Бржезицький, В. Ц. Зелінський, П.°Д., Лежнюк, О. Є. Рубаненко – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – 602 с.
19. СН245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. – М. 1971.
20. ДСанПіН 3.3-2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. – Київ, 1999. – 18 с.
21. ДСанПіН 5.5.6.009-98 Державні санітарні правила і норми влаштування і обладнання кабінетів комп'ютерної техніки в навчальних закладах та режиму праці учнів на персональних комп'ютерах
22. ДНАОП 0.00-1.28 -10. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин.
23. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5.-28-2006. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
24. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.
25. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М., 1988.
26. ДНАОП 003-3.06-80. Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень № 2152-80 – М., 1980.
27. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
28. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М., 1983.
29. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ, 2000.
30. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – Київ, 2000.
31. ГОСТ12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М., 1990.
32. ГОСТ 12.1.028-80. ССБТ. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума. Ориентировочный метод (СТ СЭВ 1413-78). – М., 1980.
33. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (СТ СЭВ 1928-79). – М., 1980.
34. ДСТУ 2300-93. Вібрація. Терміни та визначення. – М., 1993.
35. ДСТУ 3010-95. Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Методи визначення шумових характеристик кондиціонерів. – М., 1995.

36. Борьба с шумом на производстве : справочник / под общ. ред. Е.°Я.°Юдина – М. : Машиностроение, 1985. – 400 с.
37. ДНАОП 0.03-3.30-96. Державні стандартні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань.
38. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (СТ СЭВ 5801 -86).
39. ГОСТ 12.2.006-87. ССБТ. Безопасность аппаратуры электронной сетевой и сходных с ней устройств, предназначенных для бытового и аналогового общего применения. Общие требования и методы испытаний.
40. ГОСТ 12.2.091-94. ССБТ. Требования безопасности для показывающих и регистрирующих электроизмерительных приборов и вспомогательных частей к ним.
41. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
42. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
43. ДНАОП 0.00-1.29-97. Правила захисту від статичної електрики.
44. ДНАОП 0.00-8.02-93. Перелік робіт з підвищеною небезпекою.
45. Старовертов И. Г. Справочник проектировщика. Часть II. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Старовертов И. Г. – М. : Стройиздат, 1988. – 510 с.
46. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12.2.137-96). Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.
47. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України. – Х. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
48. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
49. ДНАОП 1.1.10-1.01-00. Правила безпечної експлуатації електроустановок. – К., 2000.
50. ДНАОП 1.1.10-1.07-01 Правила експлуатації електрозахисних засобів. – К., 2001.
51. НОП 1.1.10-1.04-85 Правила безпеки при роботі з інструментом і пристосуваннями. – К., 2000.
52. ГКД 34.20.507-2003 Правила технічної експлуатація електричних станцій і мереж. 2003 р.
53. ДНАОП 0.01-1.01-95. Правила пожежної безпеки в Україні.
54. ДНАОП 0.05-8.04-92. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці.
55. ДНАОП 0.03-8.03-97. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.
56. Пожежна безпека. Нормативні акти та інші документи. У 4-х томах. – К. : Основа, 1997–1998.

Навчальне видання

**Бондаренко Євгеній Аркадійович
Кутін Василь Михайлович
Лежнюк Петро Дем'янович**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
ДО РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ»
В МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБОТАХ
для студентів спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Навчальний посібник

Рукопис оформив Є. Бондаренко

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет виготовив О. Ткачук

Підписано до друку 14.11.2018.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 7,2.
Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2018-201.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.