

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА
БЕЗПЕКА» У КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ**

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Укладачі: Л.Д. Третьякова, Л.О. Мітюк

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2026

УДК 331.45(075.8)
331

Укладачі: *Третьякова Лариса Дмитрівна*, д-р. техн. наук., проф.
Мітюк Людмила Олексіївна, канд. техн. наук., доц.

Рецензент: *Ремез Н. С.*, д-р. техн. наук., проф, професор кафедри геоінженерії
НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор: *Арламов О.Ю.*, канд. техн. наук., доц. кафедри охорони
праці, промислової та цивільної безпеки НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря
Сікорського

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол №6 від 03.04.2026 р.)
за поданням вченої ради навчально-наукового інституту енергозбереження та
енергоменеджменту
(протокол № 8 від 26.03.2026р.)*

**О-92 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА» У
КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ [Електронний ресурс] :** навч. посіб. для здобувачів ступеня
бакалавра за освітньою програмою НН ІЕЕ, «Системи забезпечення споживачів
електричною енергією» спеціальності 141 – *Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка* / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л.Д. Третьякова, Л.О. Мітюк –
Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. – 58с.

В початковому посібнику викладена технічна інформація та розрахункові методи,
призначені для самостійної підготовки та виконання розділу «Охорона праці та пожежна безпека»
у кваліфікаційній роботі, приділено увагу моніторингу стану виробничого середовища та умов
праці за методом Елмері, що передбачає отримання інформації щодо всіх небезпек, включаючи
виробничі та професійні шкідливі чинники та дані стосовно результатів усіх видів контролю за
станом безпеки на виробництві.

Основні теоретичні положення і практичні приклади, наведені в навчальному посібнику,
дають змогу студенту оволодіти знаннями, творчо підійти до розроблення заходів з охорони праці,
які скеровано на покращення умов праці і безпеку на промислових підприємствах

Навчальний посібник призначений для здобувачів ступеня бакалаврів за спеціальністю 141
– *Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка* відповідних освітніх програм, буде
також корисним науковцям, інженерам та фахівцям з охорони праці та цивільного захисту.

УДК 331.45(075.8)

Реєстр. № НП 23/24-XXX. Обсяг 2,46 авт. арк.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026

Зміст

Вступ.....	5
Мета та завдання кваліфікаційної роботи	5
Загальні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи	5
Вимоги до структури та обсягу кваліфікаційної роботи	6
Вказівки до виконання розділу	6
1. Послідовність виконання розділу.....	6
1.1 Загальна характеристика об'єкта.....	7
1.2 Технічні характеристики ЕУ	8
1.3 Перелік робіт та склад бригади	10
2 Моніторинг стану виробничого середовища та умов праці за методом Елмарі	11
2.1 Послідовність процесу моніторингу	13
2.2 Визначення індексу Елмарі та оцінювання ефективності системи охорони праці	22
3. Оцінювання ризику на робочому місці	23
4 Вибір технічних засобів і заходів безпеки робіт в енергоустановках	25
4.1. Технічні заходи безпеки	25
4.2. Організаційні заходи безпеки	26
4.3 Засоби індивідуального захисту	27
4.4 Електрозахисті засоби	29
5. Пожежна безпека.....	30
5.1 Технічні заходи пожежної безпеки	30
5.2 Організаційні заходи пожежної безпеки	31
6. Розрахункове завдання	34

6.1 Рекомендовані розрахункові завдання.....	34
6.2 Оформлення розрахунку технічного заходу з обмеження ризику.....	34
Висновки	35
7 Глосарій основних понять, визначень і скорочень.....	35
Список рекомендованих джерел.....	38
1. Основна література	38
2. Державні стандарти та нормативно-правові документи.....	38
Додатки.....	41
Додаток А. Категорії приміщень і будівель за вибухо-пожежною і пожежною небезпекою. Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон	41
Додаток В. Методика розрахунку захисного заземлювального пристрою електроустановок напругою більш як 1 000 В.....	44
Додаток С. Методика розрахунку захисного заземлення теплоустановок та електроустановок напругою до 1 000 В з глухозаземленою нейтраллю ...	52
Додаток D. Розрахунок системи штучної вентиляції.....	56

Вступ

Розділ «Охорона праці та пожежна безпека» невід’ємно і логічно пов’язано з тематикою кваліфікаційних робіт (дипломних проєктів), які виконують здобувачі вищої освіти «бакалавр» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Безпечні методи роботи є головним складником виробничої діяльності електротехнічного працівника. Очікуваними результатами функціонування системи охорони здоров’я та безпеки праці (ОЗіБП). є запобігання травмам і шкоди для здоров’я працівників, а також реалізація безпечних і нешкідливих умов праці на робочому місці. У розділі «Охорона праці та пожежна безпека» визначають та розраховують завдання щодо вирішення питань, які скеровано на створення безпечних та нешкідливих умов праці на електроенергетичному об’єкті, який проєктують.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Мета виконання розділу «Охорона праці та пожежна безпека» у кваліфікаційній роботі – самостійна індивідуальна робота з вибору комплексу заходів і засобів зі зниження ризиків на робочих місцях, створення і підтримання безпечних умов праці.

Поставлену мету можна досягти під час вирішення таких завдань:

- надати загальну характеристику виробничого об’єкта, місце розташування, технічні характеристики електроустановок (ЕУ);
- проаналізувати професійні обов’язки електротехнічних працівників, тривалість виконання робіт та структуру робочих місць;
- визначити передбачувані небезпеки за результатами моніторингу виробничого середовища та умов праці на вибраному робочому місці;
- оцінити ризики виникнення нещасних випадків та надзвичайних ситуацій;
- запропонувати комплекс техніко-організаційних заходів відповідно до діючих нормативно-правових актів з охорони праці та пожежної безпеки.

Загальні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи

Розділ «Охорона праці та пожежна безпека» призначено для підвищення компетентності здобувачів щодо безпечних методів роботи та запобігання виникнення надзвичайних ситуацій. У ході розробки визначених завдань студент спирається на діючі державні стандарти та нормативно-правові акти. Система стандартів безпеки праці охоплює комплекс взаємозв’язаних документів, які містять вимоги, норми та правила, скеровані

на збереження життя, здоров'я та працездатність працівників під час трудової діяльності. До Державних стандартів України включені вітчизняні (ДСТУ), гармонізовані з європейськими (ДСТУ EN) і міжнародними стандартами (ДСТУ ISO) нормативно-правові документи.

Основні положення, визначення та скорочення наведено у Глосарії.

Вимоги до структури та обсягу кваліфікаційної роботи

Зміст розділу «Охорона праці та пожежна безпека» повинен повністю відповідати темі кваліфікаційної роботи. Виконання розділу дає можливість студенту підвищити рівень знань і навичок під час вирішення типових завдань з обов'язковим дотриманням вимог виробничої безпеки за стандартами з охорони праці.

Тематику питань, обсяг та зміст цього розділу *самостійно* визначає виконавець проєкту, погоджує з викладачем-керівником проєкту та викладачем-консультантом цього розділу.

Обсяг розділу становить до 10 % від загального обсягу дипломного проєкту (до 10 сторінок комп'ютерного тексту (Шрифт Times New Roman, 14, до 6000 знаків, інтервал 1,5). У розділі наводять потрібні таблиці, рисунки, схеми, які виконано відповідно до вимог державних стандартів [2.1–2.3].

Усі літературні джерела, на які посилається автор у тексті, мають відповідні посилання та нумерацію (наприклад, [15], [20]) та їх перелік у порядку появи посилань надається у кінці розділу. Бібліографічний опис джерел оформлюють відповідно до стандартів [2.3]. Перелік використаних у розділі державних нормативних документів і літературних джерел, рік видання яких не перевищує 10 років, надається для перевірки.

Викладач-консультант перевіряє підготовлений розділ. Розділ вважається виконаним за наявності підпису викладача-консультанта на першій сторінці розділу, на сторінці із завданням і темою кваліфікаційної роботи.

Вказівки до виконання розділу

1. Послідовність виконання розділу

Під час виконання розділу «Охорона праці та пожежна безпека» здобувачу потрібно показати вміння *самостійно* застосовувати набуті знання під час вирішення завдань впровадження способів безпечного монтажу або експлуатації нового енергоощадного устаткування чи модернізації застарілого енергетичного устаткування.

Відповідно до діючих стандартів розділ у загальному вигляді рекомендовано виконувати у такій послідовності:

1. Надати загальну характеристику об'єкта та технічні характеристики ЕУ. Обґрунтувати рішення щодо місця розміщення виробничого устаткування та електроустановок, його категорії з електробезпеки та пожежної безпеки, доцільність використання яких визначено у попередніх розділах проєкту;

2. Визначення обсягів і послідовності робіт, періоду та тривалість їх виконання, характеристик робочого місця, кількісного складу бригади та рівень кваліфікації (групу з електробезпеки) електротехнічних працівників;

3. Моніторинг стану виробничого середовища та умов праці за методом Елмері;

4. Розрахунок основних базових ризиків виникнення нещасного випадку чи аварійної ситуації на робочому місці під час робіт;

5. Розробка та розрахунок (одного технічного заходу) способів управління ризиками. Обґрунтування вибору технічних, організаційних заходів та засобів безпеки;

6. Вибір системи захисту від пожеж і вибухів на енергетичному об'єкті. Забезпечення захисту від наслідків проявів дії блискавки.

Наприкінці розділу сформулювати *висновки*, в яких подається перелік запропонованих заходів і пропозицій, а також рекомендацій щодо можливої їх практичної реалізації.

Розглянемо основні теоретичні положення щодо виконання кожного підрозділу

1.1 Загальна характеристика об'єкта

Практична реалізація проєктної роботи передбачає виріб енергетичного устаткування, яке реалізує теоретичні результати, отримані у попередніх розділах дипломного проєкту. Вибір майданчика для розміщення електричних установок (ЕУ) і теплоенергетичних установок (ТЕУ) відбувається після визначення основних технічних характеристик нового основного та допоміжного енергетичного устаткування. ЕУ та ТЕУ можуть бути зовнішнього чи внутрішнього розташування. Визначають розміри робочого місця або приміщення, встановлюють категорію приміщення щодо електробезпеки (3 категорії). Визначають категорії приміщень і будівель з вибухової та пожежної небезпеки (А, Б, В, Г, Д), класи пожежонебезпечних

(П-I, П-II, П-IIa, П-III) та вибухонебезпечних (0, 1, 2, 20, 21, 22) зон [2.8, 2.10] (Додаток А).

Показники загальної характеристики надають в *таблиці 1.1*.

Таблиця 1.1. Загальна характеристика об'єкту

Найменування ЕУ або ТЕУ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з пожежної безпеки
1	2	3	4	5
<i>Приклад заповнення</i>				
Вітрова станція	Відкрита ЕУ, за межами населеного пункту	Зовнішнє, на висоті від 0...120 м.	<i>особливо небезпечне приміщення</i>	—
Трансформаторна підстанція	Внутрішня ЕУ	Окреме приміщення на поверхні землі, (8х10х3) м	<i>приміщення з підвищеною небезпекою</i>	Категорія Д

Пояснення до таблиці 1.1.

У *графі 1* наводять вид ЕУ або ТЕУ, доцільність використання яких визначено у попередніх розділах проєкту: трансформатор, сонячний колектор, вітрова електростанція, сонячні електростанція, тепловий насос та інші.

У *графі 2* вказують вид розміщення: відкрита установка, внутрішня установка.

У *графі 3* вказують розміщення місця роботи та відповідні показники: окреме приміщення; приміщення житлового будинку на першому поверсі, на даху будинку на висоті 15 метрів, у підвальному приміщенні на глибині 5 м; на відкритій місцевості та інше.

У *графі 4* визначають категорію електроприміщення з електричної небезпеки: приміщення: без підвищеної небезпеки; приміщення з підвищеною небезпекою; особливо небезпечні приміщення.

У *графі 5* вказують категорії приміщень і будівель за вибуховою і пожежною небезпекою, які поділяються на п'ять категорій (А, Б, В, Г, Д) (Додаток А).

1.2 Технічні характеристики ЕУ

Вибрати сучасне устаткування, яке серійно випускається, та навести його технічні характеристики (потужність, напругу, масу, габаритні розміри та інше). Визначити вимоги до систем електропостачання, газопостачання, теплопостачання, власних потреб та інших допоміжних елементів. Вибрати способи та технічні засоби для доставки та монтажу нового устаткування.

У підрозділі використовують інформацію з інших розділів дипломного проєкту наприклад, площі трансформаторних підстанцій, потужність та номенклатуру енергоустаткування, системи енергопостачання, рівень напруги, режими роботи нейтралі тощо).

У підрозділі проєктант наводить технічні характеристики основного і допоміжного устаткування, вибирає відповідні місця розміщення устаткування, покриття підлог та сходів, проєктує проходи, встановлює потрібні загорожі та знаки безпеки. *Технічні характеристики* вибраних у попередніх розділах проєкту ЕУ і ТЕУ надають у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Показники технічних характеристик ЕУ чи ТЕУ

Найменування ЕУ і марка	Основні характеристики	Числове значення показника
1	2	3
<i>Приклад заповнення</i>		
Трансформатор ТМ-630	Напруга	10/0,4 кВ
	Потужність	630 кВА
	Маса	4 000 кг
	Габаритні розміри	250x1451x400 см
	Маса і марка масла	1 600 кг, МТК-60
	Маркування	ТР-1-10- 630-6
Повітряна лінія:	Марка проводів	АС-5х50
	Напруга	0,4 кВ
	Довжина	10 км
	Кількість фаз	Трифазна п'яти провідна
	Кількість опор	27
	Тип і кількість ізоляторів	2 СТТ-25, 108 шт
	Додаткові пристрої	Провід РЕ

Пояснення до таблиці 1.2.

У графі 1 наводять тип ЕУ або ТЕУ та марку, які вибрано у проєкті. Таблиця може містити інформацію про таке: трансформатор, повітряну лінію та її опори, кабельну лінію та способи прокладки, внутрішню проводку, системи автоматики та релейного захисту, систему АСКУЕ, конденсаторну установку, основне обладнання електричної станції та обладнання власних потреб, котли, насос, двигун, освітлювальні прилади, вентиляційні установки, системи опалення та інше устаткування.

У графі 2 вказують основні характеристики вибраного устаткування: напруга, потужність, маса, габаритні розміри, маса та марка масла, маркування, марка проводів і кабелів, довжина, кількість фаз, тип і кількість ізоляторів, додаткові пристрої та інше.

У графі 3 наводять числові значення показника: 10/0,4 кВ, 630 кВА, 4 000 кг, 2500x1450x4000 см, КУ-10-600-2.

1.3 Перелік робіт та склад бригади

Проектант повинен мати уявлення про перелік та обсяги робіт, які плануються до виконання. На підставі такої інформації проєктант визначає місце робіт, загальну кількість працівників у бригаді та вимоги щодо їхньої кваліфікації. Працівники, які обслуговують ЕУ, повинні мати відповідну групу з електробезпеки (ГЕ). Не дозволяється допуск до роботи працівників, які не пройшли навчання та перевірку знань з питань охорони праці та пожежної безпеки [2.9], а також у разі закінчення терміну дії попередніх періодичних перевірок знань або медичних оглядів.

Монтаж енергетичного устаткування зазвичай передбачає проведення *вантажно-розвантажувальних робіт* [2.11]. Вантажно-розвантажувальні роботи можна умовно поділити на три групи:

- ручні роботи щодо підймання та переміщення вантажу;
- підймання та перевезення вантажу за допомогою механічних пристосувань (лебідок, блоків, домкратів, візків, спусків);
- підймання та перевезення вантажів за допомогою спеціальних машин та механізмів (кранів, ліфтів, автотранспорту, конвеєрів, та електрокарів).

У підрозділі встановлюють кількість працівників до виконання робіт, обсяги та послідовність виконання робіт, період та тривалість їх виконання. На підставі таких вимог визначають способи доставки та розвантаження устаткування, кількісний склад бригади та рівень кваліфікації (групу з електробезпеки) електротехнічних працівників. Інформацію наводять у *таблиці 1.3*.

Таблиця 1.3. Послідовність виконання робіт

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання робіт і тривалість	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
1	2	3	4	5
Приклад заповнення				
Монтаж кабельної лінії 10 кВ	Транспорт, механічна розгрузка	Літній, 25 робочих днів	8 осіб	Не менш як IV

У *графі 1* наводять вид робіт та послідовність їх виконання.

У *графі 2* вказують способи доставки: залізниця, транспорт, вручну, та способи вантажно-розвантажувальних робіт.

У графі 3 вказують період року для запланованих робіт: періодично впродовж усього року, одноразово, сезонно. Визначають тривалість виконання робіт.

У графі 4 вказують кількісний склад бригади працівників.

У графі 5 визначають вимоги щодо кваліфікації з електробезпеки: роботи на ЕУ до 1000 В – не нижче III групи з електробезпеки; роботи на ЕУ більш як 1000 В – не нижче IV групи з електробезпеки.

2. Моніторинг стану виробничого середовища та умов праці за методом Елмері

Моніторинг стану виробничого середовища та умов праці передбачає отримання інформації щодо всіх небезпек, включаючи виробничі та професійні шкідливі чинники та дані стосовно результатів усіх видів контролю за станом охорони праці.

Проектант здійснює віртуальний моніторинг за методом Елмері, який використовують до оцінювання стану безпеки робочого місця в організації [1.1].

Розглянемо модифікований порядок моніторингу, адаптований до особливостей умов праці в Україні. Запропоновано виокремити найважливіші чинники умов праці та виробничого середовища і розглянути такі групи:

- безпека виробничого процесу;
- порядок і чистота;
- стан технічного обладнання;
- чинники виробничого середовища;
- шкідливі професійні і виробничі чинники;
- ергономічні показники умов праці та робочого місця;
- шляхи переміщення;
- заходи захисту у надзвичайних ситуаціях

Кожна група містить кілька пунктів, які позначають «позитивно», якщо він відповідає попередньо встановленому рівню, визначеному у нормативно-правових документах чи відомчих рекомендаціях. Пункт позначають «негативно» у разі невідповідності державним стандартам та вимогам. Графу анкети «відсутня» заповнюють, якщо виникають певні причини, які не дають змоги об'єктивно оцінити цей пункт (наприклад, відсутність навичок і компетенцій). Отримані результати записують в анкету (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Форма анкети до фіксації результатів спостереження

	Підприємство				
	Робоче місце				
Етап моніторингу	Дата		Виконавець	Прізвище	
	Об'єкти спостереження	Оцінка			
		Позитивна	Негативна	Відсутня	
Етап 1	1.1	+			
	1.2	+			
	1.3		–		
Етап 2	2.1	+			
	2.2				#
	2.3		–		
Етап 3	3.1	+			
	3.2	+			
	3.3		–		
	3.4		–		
Етап 4	4.1	+			
Етап 5	5.1	+			
	5.2	+			
Етап 6	6.1		–		
Етап 7	7.1	+			
Етап 8	8.1	+			
	8.2		–		
	8.3		–		
	8.4	+			
Загалом	19	11	7		1

У системі Елмері рівень безпеки на робочому місці, чи у підрозділі, а також система управління охороною праці на підприємстві оцінюється за «індексом безпеки» (індекс Елмері). За результатами заповнення анкети визначають Індекс Елмері (ІЕ) за формулою:

$$IE = \frac{\text{Кількість пунктів з оцінкою «Позитивно»}}{\text{загальна кількість пунктів}} \quad (1.1)$$

Якщо за результатами моніторингу Індекс Елмері перевищує 60% систему управління охороною праці можна вважати «задовільною».

2.1 Послідовність процесу моніторингу

Перед підготовкою моніторингу за методом Елмері потрібно врахувати особливості певного робочого місця та вибрати окремі відповідні пункти задля контролю у кожній з груп.

Етап 1. Визначення границь робочого місця

Попередньо встановлюють межі для одного чи групи однотипних робочих місць. Якщо у п. 1.1 передбачено розміщення ЕУ в приміщенні (внутрішня ЕУ), то доцільно визначити всю площу приміщення та додатково вказати які виробничі чинники (мікрокліматичні параметри, система освітлення, чистота повітря, шум на інші показники умов праці), виробниче обладнання віднесено до робочого місця, яке розглядають.

У разі виконання робіт у відкритих ЕУ, межі робочого місця визначено в наряді-допуску. Потрібно також визначити, які маршрути руху примикають до робочого місця, а також можливості для евакуації, порятунку і надання першої допомоги у разі виникнення надзвичайної ситуації (аварії).

Етап 2. Безпека виробничого процесу.

Безпеку виконання виробничих дій оцінюють в пунктах, які пов'язані з використанням ЗІЗ та виконанням організаційних заходів.

«Позитивно» можна оцінити такі дії працівника:

1. Працівник використовує попередньо визначені та отримані ЗІЗ впродовж вказаного часу. Наприклад, за попередньою оцінкою небезпек і шкідливих чинників встановлено потребу у використанні ЗІЗ очей, захисного одягу і рукавичок. Захисний одяг використовують упродовж всієї робочої зміни, діелектричні ЗІЗ очей і рукавички – під час виконання перемикачів.

2. Відповідність ЗІЗ ергономічним вимогам. Ергономічність та безпека використання ЗІЗ та діелектричних засобів захисту оцінюють за такими показниками:

- відповідність захисних характеристик ЗІЗ рівням небезпек;
- відповідність нормам перевірки та тривалості використання;
- відповідають ЗІЗ розмірним ознакам;
- чистота та зручність ЗІЗ у використанні;
- відсутність додаткових ризиків під час використання (підвищена маса, обмеження рухів, обмеження поля зору тощо).

3. Працівник не допускає порушень правил безпечної експлуатації. На робочому місці є інструкція з охорони праці.

4. Працівник не наражається на додаткові ризики, нехтуючи встановленими організаційними заходами та знаками безпеки.

Результати моніторингу документують у *табл. 2.2*.

Таблиця 2.2 – Форма для оцінка безпеки виробничого процесу

Об'єкт спостереження	Показники спостереження	Оцінка		Пояснення
		Позитивна	Негативна	
Робоче місце електротехнічного працівника				
	Використання ЗІЗ	+		
	Ергономічність ЗІЗ		-	
	Порушення правил з хорони праці	+		
	Можливість додаткових ризиків		—	
	Наявність інструкції з безпечних методів роботи	+		
	Дотримання порядку виконання робіт відповідно до наряду-допуску	+		
	Відповідність ГБ щодо допуску до виконання робіт	+		
Загалом		5	2	0,7

Етап 3. Порядок і чистота

Об'єктами спостереження під час моніторингу можуть бути до десяти показників: робочі площадки, робочі столи та верстати, полки, шафи та стелажі, комп'ютери та офісне обладнання, сміттеві контейнери, підлога та інше. Позитивну оцінку можна виставити для кожного об'єкту у разі встановлення відповідності таким вимогам:

- робочі поверхні (столи) та верстати у стравному стані, без зайвих предметів;
- полки та стелажі надійно закріплено, не перевантажено зайвими предметами;

- комп'ютеризоване робоче місце правильно розміщено та обладнано;
- вікна та двері мають пристрої регульовані, скло чисте (очищується не менш як два рази на рік), двері відкриваються назовні;
- поверхні додаткових засобів (шафи, підвіконня, столи, стільці) не містять зайвих предметів і шару пилу;
- сміттєві контейнери очищені та неперевантажені;
- підлога чиста, неструмопровідна, придатна для пересування та транспортування.

Результати спостереження документують в *табл. 2.3*.

Таблиця 2.3 – Форма для показників порядку і чистоти

Порядок і чистота			
Показники спостереження	Позитивна	Негативна	Загальна
Робочі поверхні		-	
Комп'ютеризоване робоче місце	+		
Поверхні шафи, столу і стільця	+		
Вікна, двері, проходи		-	
Підлога	+		
Сміттєві контейнери	+		
Загалом	4	2	0,7

Етап 4. Стан технічного обладнання

Під час аналізу безпеки праці з технічним і транспортним обладнанням аналізують стан справності окремих складників та елементів, оскільки порушення нормальних робочих режимів використання і функціонування може спричинити аварійну ситуацію. Наприклад, відсутність захисного заземлення, відсутність огорожі ЕУ або блокування, порушення цілісності робочого заземлення, обрив проводу, падіння ізолятора чи опори тощо. Незадовільний стан технічного та транспортного обладнанням відразу вимагає зупинки роботи.

Позитивну оцінку для окремих об'єктів можна зафіксувати у разі виконання таких положень:

1. Технічний стан електромеханічного обладнання:

- електроустановка, транспортний засіб та інше технічне робоче обладнання не мають пошкоджень;
- усі елементи з міцним і тривким закріпленням;
- відсутні гострі чи нагріті кути та краї поверхні, торкання до яких може призвести до механічних (порізи, проколи) чи теплових (опіки) травм;

- мають добре видимий знак безпеки;
 - рухомі та струмовідні частини установок розміщено всередині або встановлено пристрої захисту, які запобігають дотику (наприклад, корпус чи оболонку);
 - на корпусі нанесено маркування та відсутні ознаки тимчасового ремонту.
2. Пристрої керування та аварійні вимикачі:
- добре видимі та мають необхідні позначення;
 - їх розміщено відповідно до вимог безпеки та технологічного процесу;
 - систему управління змонтовано відповідно з логікою спрямування рухів працівника;
 - додатковий аварійний вимикач розташовано на видимому, легкодоступному місці з відповідним позначенням.
3. Пристрої захисту. Стан пристроїв захисту можна оцінити «позитивно», якщо вони:
- відповідають вимогам стандартів та технічним умовам;
 - встановлені у правильному місці;
 - справні, без механічних ушкоджень поверхонь, незаблоковані.
4. Переміщення вантажів. Застосовують безпечні стаціонарні площадки достатніх розмірів для обслуговування та підйому вантажів, зі сходами, які:
- до переміщення та підйому вантажів з масою більш як 10-12 кг використовують спеціальні машини та механізми;
 - під'єднано до площадки під кутом не більш як 45 градусів;
 - на площадках відсутні зайві предмети;
 - не використовуються тимчасові підставки.
5. Технічний стан транспортних засобів. Використовують справні транспортні засоби для перевезення та підйому працівників і вантажів. Транспортні засоби проходять регулярне технічне обслуговування, є в наявності відповідні дозвільні документи.
- Результати спостереження документують у *табл. 2.4*.

Таблиця 2.4 - Форма - стан технічного обладнання

Безпека технічного обладнання			
Показники спостереження	позитивна	негативна	загальна
Технічний стан електромеханічного обладнання	+		
Засоби захисту і керування		-	

Стационарні засоби для переміщення вантажів	+		
Технічний стан транспортних засобів	+		
Загалом	3	1	0,75

Етап 5. Чинники виробничого середовища

Перелік чинників, які контролюються, вибирають відповідно до особливостей виробничого процесу та устаткування. Під час моніторингу оцінка санітарно-гігієнічних показників виробничого середовища може базуватися на суб'єктивному розумінні проєктанта.

Рекомендований мінімальний перелік виробничих чинників на робочих місцях з електроустановками містить такі показники: мікроклімату чи кліматичні (для робіт назовні); шуму; штучного освітлення; чистоти повітря; хімічні речовини.

Оцінку «позитивно» можна надати у разі не перевищення чинниками виробничого середовища допустимих меж, які передбачено Державними санітарними нормами [2.13].

Розглянемо вимоги до позитивної оцінки кожного окремого чинника.

1. Мікроклімат. Температура в межах (17... 25) °С залежно від важкості роботи та періоду року; вологість повітря (60...80) %; вентиляція не створює протягів. Працівники мають відповідний захисний одяг, ЗІЗ рук, голови, захисне взуття, які запобігають процесам перегрівання чи переохолодження.

2. Шум. У виробничому приміщенні рівень шуму становить менш як 85 дБ(А); у кабіні керування або в диспетчерському залі рівень шуму – менш як 60 дБ(А), в офісних приміщеннях – менш як 40 дБ(А); відсутні шуми від ударної техніки (наприклад, пневматичних інструментів та обладнання). Застосування ЗІЗ органів слуху не вимагається, мова нормальної гучності, чутна на відстань одного метра [2.18].

3. Система штучного освітлення. Рівень освітленості відповідає вимогам стандартів; не засліплює та рівномірно розподілено за всією поверхнею робочого місця, світильники очищені, не створюють додаткових ризиків (шум, миготіння, запилення). Система освітлення енергоощадна, економічна, зручна у регулюванні [2.32].

4. Чистота повітря. На робочому місці відсутній пил, аерозолі з волокнами, гази, дим і біологічні випари або рівень таких забруднень не перевищує 10 % граничнодопустимих концентрацій, які встановлено у Державних санітарних нормах. Постійне використання ЗІЗ органів дихання не передбачено.

5. Хімічні речовини. Поблизу робочих місць, в шафах чи окремих приміщеннях знаходяться упаковки з назвою, маркуванням і знаками небезпеки. Відсутні ємності чи упакування, вміст яких не визначено. Усі речовини, суміші та предмети, які містять хімічні речовини, мають відповідне маркування.

Працівник пройшов навчання щодо правильного та безпечного поводження з хімічними речовинами. Відсутні будь-які подразнення шкіри та органів дихання у працівника. Під час контакту з хімічними речовинами працівник використовує відповідні ЗІЗ: ізолювальний захисний одяг, рукавички, ЗІЗ очей, органів дихання, обличчя.

Результати спостереження документують в *табл. 2.5*.

Таблиця 2.5. – Форма для чинників виробничого середовища

Чинники виробничого середовища			
Показники спостереження	позитивна	негативна	загальна
Мікроклімат		-	
Шум		-	
Система штучного освітлення	+		
Чистота повітря	+		
Хімічні речовини		-	
Загалом	2	3	0,4

Етап 6. Шкідливі професійні та виробничі чинники.

Наявність шкідливих чинників створює загрози для здоров'я працівників та призводить до ризиків виникнення нещасних випадків. Відповідно до прийнятої нині термінології в охороні праці під небезпекою розуміємо шкідливий чинник. Якщо в ході моніторингу встановлено, що працівник виконує роботи підвищеної небезпеки (зварювання, робота на висоті, під землею, в котлованах і траншеях та інші), під впливом чинників, які перевищують граничнодопустимі рівні (ГДР), такі показники фіксують в *табл. 2.6*.

Таблиця 2.6 - Шкідливі чинники

Шкідливі професійні і виробничі чинники			
Показники спостереження	Перевищення ГДР	Оцінка негативна	Загальна
Напруженість електричного поля	1,01 - 1,5	-	
Ультрафіолетове випромінювання	1,01 - 2,2	-	
Робота на висоті більш як 1,7 м		-	
Іонізуюче випромінювання		-	

Токсичний пил	11,0 - 1,8	-	
Загалом		5	0

Етап 7. Ергономічні показники умов праці та робочого місця

Ергономіка, як розділ охорони праці, передбачає оцінку відповідності праці, методів і засобів праці можливостям людини. Анкета з ергономіки охоплює показники напруженості і важкості праці. Показники ергономічності робочого місця передбачають оцінювання рівнів статичного і динамічного фізичного навантаження та пов'язаних з ними факторів: робочі положення тіла працівника, ручне переміщення вантажів, потреби у пішому переміщенні на території підприємства та інші. Напруженість праці оцінює психологічне перевантаження, яке спричинено надмірною, відповідальною, безперервною, у швидкому режимі роботою. Психологічні навантаження є частиною загального навантаження, зумовленого працею і є суттєвим фактором ризику, який підлягає оцінюванню.

Розглянемо вимоги до кожного об'єкту моніторингу.

1. Розміри робочого місця та робочі положення працівника. Об'єкт можна оцінити «позитивно» у разі можливості змінювати положення тіла під час роботи, приймаючи зручні положення, за потреби використовувати спинку або опору; робоче місце можна регулювати залежно від статури працівника та виконуваної роботи.
2. Рівень важкості праці. Позитивно можна оцінити робоче місце, якщо рівень важкості належить до першої чи другої категорії важкості.
3. Переміщення та підняття вантажів вручну. «Позитивно» можна оцінити об'єкт, у разі: вантаж має масу менш як 5 кг; підйом вантажів виконують у прямому положенні, близько до тіла, в достатньому просторі; тривалість роботи з підйому вантажів не перевищує однієї години впродовж робочої зміни та підіймання відбувається не частіше одного разу на п'ять хвилин.
4. Змінення робочих положень тіла впродовж робочої зміни. Визначити, які виробничі завдання працівник виконує впродовж робочої зміни. Позитивно оцінюється трудова діяльність, під час якої надана можливість змінення робочих фізичних станів: механічна робота, сидіння, стояння і рух. На цих підставах необхідно зробити висновок про достатність різноманіття фізичних станів.
5. Рівень напруженості праці. Позитивно можна оцінити робоче місце, якщо рівень напруженості характеризується такими показниками: тривалість

зосередженого спостереження впродовж робочого часу до 75 %; кількість виробничих об'єктів, що спостерігається одночасно до 25; одно або двозмінна робота; режим роботи – за встановленим графіком, без дефіциту часу на приймання рішень.

6. Режим роботи. Оптимальне чергування тривалості роботи та перерв можна оцінити позитивно. Загальну тривалість перерви для відпочинку встановлюють у відсотках до тривалості робочої зміни залежно від виду діяльності: фізична – (4...20)%, з нервовим навантаженням – (14...25)%, робота за комп'ютером – до (10...12)%.

Результати спостереження документують у *табл. 2.7*.

Таблиця 2.7 - Форма для ергономічних показників

Ергономічні показники умов праці та робочого місця			
Показники спостереження	позитивна	негативна	загальна
Розміри робочого місця		-	
Рівень важкості праці		-	
Переміщення і підняття вантажів вручну		-	
Змінення робочих положень тіла	+		
Рівень напруженості праці.	+		
Режим роботи.	+		
Загалом	3	3	0,5

Етап 8. Шляхи переміщення

Проходи, за якими можна дійти до робочого місця, оцінюють на відстані до 10 метрів. Під час оцінки проходів або проїздів звертають увагу на такі об'єкти спостереження: розміщення, позначення, захисні огороження; порядок і стан; видимість та рівень освітленості.

1. Розміщення, позначення, захисні огороження. Позитивну оцінку можна надати, коли виконані такі умови: ширину проходів правильно встановлено (від 0,8 м до 2 м); проходи позначено; пішохідні доріжки відокремлені від транспортних. Транспортні проїзди чітко відокремлені від решти поверхні підлоги. Для цього можна використати фарби або узвишся над рівнем підлоги, встановити огорожу та відповідні вказівні та застережні знаки безпеки.

2. Порядок і стан. Шляхи пересування не містять жодних зайвих предметів, їх поверхня для проходу чиста, струмонепровідна та неслизька – оцінка «позитивно».

3. Видимість і рівень освітлення. Потрібно забезпечити рівномірне, відповідно до діючих норм робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне

освітлення. Мінімальна освітленість робочих поверхонь для аварійного та евакуаційного освітлення повинна становити 5 % від нормованої освітленості робочого місця і бути не менше 2лк. Охоронне освітлення влаштовують уздовж меж території, яка охороняється в темний період доби. Найменшу освітленість (0,5 лк) потрібно забезпечити на рівні поверхні землі.

Результати спостереження документують у *табл. 2.8*.

Таблиця 2.8 – Форма - шляхи переміщення

Проходи та проїзди			
Показники спостереження	позитивна	негативна	загальна
Розміщення, позначення, захисні огороження		-	
Порядок і стан		-	
Видимість і рівень освітлення.	+		
Загалом	1	2	0,33

Етап 9. Заходи пожежної безпеки

Система цивільного захисту в Україні вимагає від роботодавців обладнати виробничі приміщення захисними протиаварійними заходами і створити умови для безпечної екстреної евакуації з робочих місць. На кожному підприємстві потрібно розробити письмовий план дій у надзвичайних ситуаціях, який повинен включати таку інформацію: як діяти у надзвичайних ситуаціях; де можна знаходитися; шляхи евакуації та визначені місця зустрічі; місця знаходження засобів порятунку; способи та системи оповіщення та інше.

Оцінювання можливостей евакуації та виконання рятувальних робіт в умовах надзвичайних ситуації відбувається під час обстеження таких об'єктів: розподільчі електричні щити; засоби до порятунку та надання першої допомоги; засоби пожежогасіння; шляхи евакуації. Розглянемо умови за яких можна позитивно оцінити об'єкти захисту.

1. Розподільчі електрощити. Електрощити розміщено у доступному місці з можливістю екстреного відключення від загальної електромережі. На дверях приміщення електрощитової вказано електричний знак безпеки та перед ними є вільний простір не менш як 0,8 м.

2. План евакуації та місця збору доведено до кожного працівника та представлено у графічному зображенні поряд з інформаційними знаками, які знаходяться в межах видимості з робочого місця навіть у разі аварійного освітлення. Шляхи евакуації вільні та мають чіткі позначення.

3. Засоби порятунку та надання першої допомоги є в кількості, яку визначено у нормативних документах, зберігаються у відповідних умовах, термін зберігання не перевищує гарантований. Їх потребу та перелік визначають відповідно до галузових рекомендацій та плану дій в надзвичайних ситуаціях. Працівники проінформовані про способи оповіщення, місця розміщення протиаварійних засобів, місця надавання першої допомоги, місця бомбосховищ.

4. Засоби пожежогасіння (вогнегасники, системи аварійного водопостачання, пожежні щити, сповіщувачі та інші прилади) мають необхідні позначення, розміщені в легкодоступних позначених місця у достатній кількості, підходи до них вільні, відсутні замкнуті двері. Результати спостереження документують у *табл. 2.9*.

Таблиця 2.9 - Форма для заходів пожежної безпеки захисту

Можливості порятунку у надзвичайних ситуаціях			
Показники спостереження	позитивна	негативна	загальна
Приміщення електрощитової	+		
Плани евакуації	+		
Засоби порятунку	+		
Засоби пожежогасіння	+		
Загалом	4	0	1

2.2 Визначення індексу Елмарі та оцінювання ефективності системи охорони праці

За результатами моніторингу, виконання усіх етапів і документування визначених попередньо пунктів, які стосуються характеристик умов праці на певному робочому місці, обчислюють індексом Елмарі (ІЕ).

За результати розрахунку ІЕ можна орієнтовно оцінити рівень управління охороною праці на окремих дільницях і загалом на підприємстві. Якщо ІЕ перевищує 85 %, роботу можна вважати «добра», якщо перевищує 60% - «задовільна», у разі менш як 60 % - «незадовільна».

Приклад

Розрахуємо за формулою (1.1) ІЕ за результатами документування, наведеними у таблицях 2.2 – 2.9

$$IE = \frac{\text{Кількість пунктів з оцінкою «Позитивно»}}{\text{загальна кількість пунктів}}$$

$$IE = 22/41 = 0,54$$

Індекс Елмері дорівнює 54 %.

На підставі моніторингу відбувається оцінка ризику і розроблюються заходи та засоби усунення або обмеження ризиків на робочому місці.

3. Оцінювання ризику на робочому місці

3.1 Приклад оцінювання ризиків

Завдання. Визначити ступінь базового ризику виникнення нещасного випадку електротехнічного працівника під час експлуатації фотоелектричної (сонячної) станції за результатами моніторингу небезпек.

Рішення. Ступінь базового ризику виникнення нещасного випадку чи i -тої небезпечної події (пожежі) на території підприємства визначаємо за формулою:

$$R = D_i \cdot B_i \cdot P_i \quad (3.1)$$

де R – ступінь ризику; D_i – важкість наслідків i -тої небезпечної події; B_i – можливість впливу i -тої небезпеки на працівників; P_i – імовірність виникнення i -тої небезпечної події.

Ступінь важкості та можливі наслідки небезпечної події (D) у числовому вигляді відтворенні у балах (табл. 3.1, стовпчик 3).

Таблиця 3.1. – Можливі наслідки небезпечної події (D)

Важкість наслідків		Бали до розрахунку
Ступінь важкості	Опис події	кількість
Катастрофічна	Груповий нещасний випадок (постраждало 2 чи більше працівника)	5 балів
Важка	Важкий нещасний випадок (тривала тимчасова непрацездатність, втрата працездатності)	4 бали
Суттєва	Серйозне поранення, хвороба з тимчасовою втратою працездатності	3 бали
Легка	Травма з втратою працездатності до 3 днів	2 бали
Мінімальна	Травма без втрати працездатності	1 бал

Важкість наслідків від ураження електричним струмом можна прийняти як катастрофічну – 5 балів.

Можливість впливу вказаних небезпек на працівників (*B*) визначаємо за допомогою числових значень у балах (*стовпчик 1, табл. 3.2*).

Таблиця 3.2 – Можливість наразитися на небезпеку (B)

Числове значення (бали)	Характеристика
1	2
3	Постійна можливість наразитися на небезпеку (щоденно, щозміни)
2	Нечаста можливість наразитися на небезпеку (один раз на місяць)
1	Мінімальна (один раз на рік)

Для електротехнічного працівника під час експлуатації сонячної станції можливість наразитися на небезпеку мінімальна – 1 бал, оскільки працівник має відповідну кваліфікацію, групу з електробезпеки, виконує усі організаційні заходи з безпеки експлуатації.

Імовірність (P_i) виникнення небезпечної події в числовому відтворенні у балах (*стовпчик 2, табл. 3.3*) визначається за статистичною інформацією з використанням експертної оцінки.

Таблиця 3.3 – Імовірності виникнення небезпечної події (P)

Умовне значення імовірності	Бали	Характеристика частоти виникнення події
1	2	3
Майже напевно	5	Подія, що спостерігається регулярно, Подія, що трапляється в більшості випадків
Досить ймовірно	4	Подія, що спостерігається періодично
Імовірно	3	Подія, що трапляється інколи
Малоймовірно	2	Подія, що спостерігається нечасто
Майже неймовірно	1	Подія, що трапляється лише за виняткового збігу обставин

Для електротехнічного працівника ймовірність ураження струмом імовірна – 3 бали.

Використовуючи формулу (3.1) та данні з табл.3.1– 3.3, визначено ступінь базового ризику виникнення небезпечної події.

$$R = 5 \times 1 \times 3 = 15$$

Розробка плану управління ризиками за результатами визначення базового ризику здійснюють відповідно до *табл. 3.4*.

Таблиця 3.4. – Рекомендовані заходи безпеки

Ступінь ризику	Розраховані бали	Рекомендовані заходи
Екстремальний (55–75)		Потребує невідкладних дій вищого керівника, обов'язкового складання плану

		заходів з керування ризиками та призначення відповідальних осіб.
Високий (25–54)		Потребує уваги вищого керівника. Терміново проінформувати працівників та їх безпосередніх керівників, керівника відповідного підрозділу та начальника служби охорони праці. Розробити заходи з обмеження ризику
Середній (10–24)		Проінформувати працівників та безпосередніх керівників, керівника відповідного підрозділу та начальника служби охорони праці. Вжити заходи щодо зменшення ризику
Низький (1–9)		Запроваджують організаційні заходи і контроль за їх виконанням. Зазвичай не потребуються додаткові матеріальні і фінансові ресурси

Як впливає з *таблиці 3.4*, виконаний розрахунок ризику ураження працівника електричним струмом відповідає *середньому рівню* ризику (10–24). Рекомендовані заходи зі зниження рівня ризику: потрібно щорічно перевіряти справність технічних заходів захисту від прямого і непрямого дотику, проводити навчання і тренінги з працівниками безпосередньо на робочому місці, перевіряти і використовувати відповідні електротехнічні засоби індивідуального захисту.

4 Вибір технічних засобів і заходів безпеки робіт в енергоустановках

Безпека праці на енергетичних підприємствах реалізується впровадженням трьох складників:

- технічні заходи і засоби;
- організаційні заходи;
- ЗІЗ, електроізолювальні та електровимірювальні засоби.

4.1. Технічні заходи безпеки

Технічні заходи в ЕУ залежать від:

- рівня напруги;
- режиму роботи нейтрального проводу в мережі;
- категорії приміщення щодо небезпеки ураження електричним струмом та характеру середовища у приміщенні (приміщення без підвищеної небезпеки, приміщення з підвищеною небезпекою, особливо небезпечні приміщення) [2.27].

Для запобігання ураженню електричним струмом під час *прямого дотику* впроваджують окремо або у поєднанні такі заходи і засоби захисту:

- ізоляція струмовідних частин (робоча, подвійна, посилена);
- загороджувальні засоби (огорожі, оболонки, бар'єри);
- розміщення струмовідних частин поза зоною досяжності (розміщення на недосяжній висоті чи у недоступному місці);
- блокувальні засоби (електричні, електромагнітні, механічні);
- способи орієнтації в ЕУ (маркування, знаки безпеки).

Для запобігання ураженню електричним струмом під час *непрямого дотику* та *напруги кроку* впроваджують окремо або у поєднанні такі заходи і засоби захисту:

- захисне заземлення ЕУ;
- захисне автоматичне вимикання;
- ізолювальні зони (підлога, стіни);
- системи наднизької (малої) напруги (напруга 48В, 36В, 18 В).

ТЕУ відповідно до вимог [2.28]. потрібно обладнати: вентилем, краном чи іншим пристроєм для контролю відсутності тиску перед її відкриванням; штуцерами для наповнення, зливу води і видалення повітря під час гідравлічних випробувань.

4.2. Організаційні заходи безпеки

Організаційні заходи передбачають:

- наявність відповідної кваліфікації у працівників;
- визначення категорії робіт: (зі зняттям напруги; без зняття напруги та поблизу струмовідних частин ЕУ, віддалік струмовідних частин ЕУ);
- порядок виконання робіт (за нарядом-допуском, розпорядженням або в поточній експлуатації) [1.2, 2.29–2.31].
- розміщення плакатів безпеки (заборонні, вказівні, застережні, настановні) та інше.

За наявності ризиків на робочих місцях потрібно визначити заходи безпеки, які усувають чи обмежують визначений ризик. Навести перелік технічних, організаційних заходів з безпеки виконання робіт (*табл. 4.1*).

Таблиця 4.1. Перелік технічних та організаційних заходів

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристики
1	2	3
Приклад заповнення		
Технічні заходи з електробезпеки		

Ізоляція	Робоча струмовідних частин	Полівінілхлорид. $R = 10^{15} \text{ Ом}$, $\text{tg} \delta = 0,02$
Огороджувальний засіб	Огорожа трансформатора	Сітчаста, висота 2 м, механічне блокування входу
Організаційні заходи з електробезпеки		
Категорія робіт щодо заходів безпеки	Роботи без напруги.	Наряд-допуск на 10 робочих днів
Технічні заходи щодо виключення інших небезпек		
Шум	Звукоізоляція приміщення	Плити з мінеральної вати, товщина 4 мм.
Очищення повітря	Загальна вентиляція припливно-витяжна	Марка «Icorkamet», $P = 1,5 \text{ кВт}$, висота установки 4 м.

Пояснення до таблиці 4.1.

Під час заповнення табл. 4.1 можна керуватися такими положеннями *Графа 1*. Записуємо вид технічних та організаційних заходів та засобів: з електробезпеки (технічні та організаційні); з безпеки експлуатації устаткування під тиском; з безпеки виконання вантажно-розвантажувальних робіт; з обмеження впливу шуму та інших шкідливих чинників.

Графа 2. Записуємо вибраний захід або засіб, місце його встановлення.

Графа 3. Надаються опис, показники та характеристики відповідно заходу або засобу.

4.3 Засоби індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту (захисний одяг, каска, захисне взуття, засоби захисту рук, обличчя, органів дихання, слуху, до роботи на висоті) вибирають залежно від переліку робіт, характеристик умов праці та рівня шкідливості виробничого середовища [1.1, 2.32–2.34].

Результати вибору потрібних ЗІЗ надати у вигляді *таблиці 4.2*.

Таблиця 4.2. Перелік засобів індивідуального захисту

Вид ЗІЗ	Призначення	Марка або маркування. Модель. Матеріал.	Гарантований термін використання	Технічні характеристики
1	2	3	4	5
Приклад заповнення				
Захисний одяг	Захист від знижених температур	ТВН «Морозко». Костюм.	2 роки використання	За температури повітря до мінус 25 °С
Захисне взуття	Захист від механічних ушкоджень	МЗ «Електра». Черевики.	6 місяців	Під час переміщення вантажів масою до 15 кг
Захист рук	Захист від механічних ушкоджень	Рукавички, поліестер з	5 робочих змін	Під час монтажних робіт

		бавовною.		
Захист голови	Захист від електричного струму	Каска від механічного впливу. Полікарбонат.	2 рока	Під час робіт з прокладання кабеля
Захист очей	Захист від електричної дуги ті ультра-фіолетового випромінювання	Закриті подвійні окуляри. Полікарбонат.	2 рока	Під час робіт в ЕУ
Захист органів слуху	Зниження рівня шуму на 10 дБА	«ДПЕ 30». Поліуретан.	12 місяців	Під час роботи з підвищеним звуковим навантаженням
Захист для роботи на висоті	Захист від падіння з висоти	ПН «Верхолаз».	До першого використання	Під час роботи на висоті більш як 1,3 м.

Пояснення до таблиці 4.2.

У графі 1 наводять види ЗІЗ, які потрібні до експлуатації в умовах впливу небезпек. Передбачається здійснити вибір серед таких ЗІЗ:

- захисний одяг: технологічний, від знижених або підвищених температур, ізолювальний, герметичний, електроізолювальний та інше;
- захисне взуття: чоботи і черевики шкіряні із захисними елементами, діелектричні, з полімерних матеріалів для захисту від хімічних речовин;
- засоби захисту рук: рукавички та рукавиці для захисту: від механічного впливу, підвищених температур, хімічних речовин, вібрацій, від електричної напруги тощо;
- засоби захисту голови: каски загального призначення, для захисту від механічного та електричного впливу;
- засоби захисту очей: окуляри для захисту від: механічних чинників – удар, пил, тверді частки, металеві осколки, пісок; хімічних – бризки і викиди хімічних рідин; випромінювання: термічного, електромагнітного тощо.
- засоби захисту органів дихання: респіратори протипилові або проти аерозольні; протигази з відповідними фільтрами;
- засоби для роботи на висоті: пояси.

У графі 2 вказують, для яких робіт застосовують ЗІЗ.

У графі 3 наводять марки відповідних ЗІЗ, матеріал виготовлення, модель та, конструкцію ЗІЗ.

У графі 4 надають терміни використання та інші показники.

У графі 5 вказують технічні характеристики ЗІЗ.

4.4 Електрозахисті засоби

У разі, якщо роботи здійснюються під напругою або працівники здійснюють включення або виключення діючих ЕУ, потрібно передбачити індивідуальні електрозахисні засоби (ЕЗЗ) [2.30]. До ЕЗЗ належать:

- діелектричний комплект (одяг, рукавички, каска) – роботи в ЕУ, які знаходяться під напругою;
- діелектричні рукавички – це основний електрозахисний засіб для ЕУ напругою до 1 кВ і додатковий – понад 1 кВ;
- діелектричне взуття – це додатковий електрозахисний засіб у закритих ЕУ;
- екрануючий комплект (костюм, рукавички, каптур) – для захисту від зовнішніх електромагнітних полів;
- контрольно-сигнальні прилади : ізолювальні штанги, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, показчики напруги, сигналізатори напруги;
- захисні пристосування – це захисні переносні заземлення, ізолюючі підставки, плакати безпеки.

Результати вибору потрібних ЕЗЗ надають у табл. 4.3.

Таблиця 4.3. Перелік електрозахисних засобів

Вид ЕЗЗ	Найменування	Технічні характеристики	Призначення і норми випробувань
1	2	3	4
Приклад заповнення			
Електрозахисний засіб індивідуального захисту	Діелектричні рукавички	Для робіт під напругою до 35 кВ	Підключення ЕУ після ремонту. Періодичні випробування - що 6 місяців
Контрольно-сигнальні прилади	Ізолювальні кліщі	Накладання муфт, заміна плавких вставок	0,4-35 кВ Раз у 24 місяці
Захисні пристосування	Захисне переносне заземлення, ізолюючі підставки, плакати безпеки.	Виконання робіт	0,4 – 10 Раз у 24 місяці

Пояснення до таблиці 4.3.

Графа 1. Записуємо види ЕЗЗ, які потрібно застосувати у ході виконання робіт. До ЕЗЗ засобів належать:

- індивідуальні (діелектричний комплект, екранувальний комплект, діелектричні рукавички, взуття, каска);

- контрольно-сигнальні прилади (ізолювальні штанги, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, показники напруги (контактні та безконтактні), сигналізатори напруги;
- захисні пристосування (Захисне переносне заземлення, ізолюючі підставки, плакати безпеки, освітлювальні прилади, переносні електроприлади та інше).

Графа 2. Наводимо допустиму напругу або струм та визначаємо до якої категорії належить ЕЗЗ засіб (основний або додатковий).

Графа 3. Пояснюємо коли є потреба у використанні. Наводимо інформацію про норми випробувань.

5. Пожежна безпека

5.1 Технічні заходи пожежної безпеки

Експлуатація енергетичних установок може призвести до виникнення пожеж. Основними причинами виникнення пожеж на енергетичних підприємствах є теплові прояви та недбале ставлення до заходів безпеки:

- теплові прояви електричної енергії – перевантаження та коротке замикання в електричних мережах та електричних машинах, великий перехідний опір; та атмосферної електрики, електричні іскри;
- розряди статичної електрики виникають під час подрібнення речовин, відносному переміщенні двох контактуючих речовин з різними діелектричними постійними ϵ , під час перемішуванні рідких та сипких матеріалів тощо. Іскрові розряди статичної електрики здатні запалити паро-, газо- та пило-повітряні суміші.
- блискавка, яка є електричним розрядом в атмосфері, маючи високу температуру і запас теплової енергії. Під час прямого удару може проплавляти металеві поверхні, перегрівати і руйнувати стіни будівель та зовнішні ЕУ, безпосередньо запалювати вибухонебезпечне середовище;
- електрична дуга та електричні іскри у вигляді крапель металу, що утворюються під час короткого замикання електропроводки, електрозварювання та розплавлення ниток розжарювання електричних ламп. Температура такої електричної іскри становить $1500...2500^{\circ}\text{C}$, а температура дуги може перевищувати $4\ 000^{\circ}\text{C}$;
- зниження температури нагрітих поверхонь (до $55...60^{\circ}\text{C}$).

На усіх енергетичних підприємствах облаштовують системи протипожежного та проти вибухового захисту [2.33].

Унеможливлення утворюванню джерел запалювання забезпечують такими засобами:

- улаштуванням блискавкозахисту та захисного заземлення ЕУ;
- підтриманням температури нагрівання поверхонь устаткування, нижче гранично допустимої, яка не повинна перевищувати 80 % температури самозаймання вибухонебезпечного середовища;
- унеможливлення появи іскрового розряду у вибухонебезпечному середовищі з енергією, яка дорівнює або перевищує мінімальну енергію запалювання;
- використанням ЕУ, які відповідають за своїм виконанням пожежонебезпечним та вибухонебезпечним зонам. Усі електричні машини, апарати і прилади, розподільчі пристрої, трансформатори і перетворювальні підстанції, елементи електропроводки, струмовідводи, світильники повинні мати виконання, яке відповідає класу зони з пожежної, вибухової небезпеки, тобто мати відповідний рівень IP, вид вибухознахисту або ступінь захисту оболонок згідно [2.33, 2.34].

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку працівники підприємства застосовують *первинні* засоби пожежогасіння. До них відносять: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати), пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Гасіння великих загорянь в електроприміщеннях відбувається із застосуванням автоматичної установки пожежогасіння. Автоматична установка містить:

- ємкість для зберігання вогнегасної речовини;
- устаткування для подачі та розпилення вогнегасної речовини;
- систему автоматичної пожежної сигналізації: пристрій вмикання подачі речовини та оповіщення про пожежу;
- пристрій виявлення пожежі (сповіщувач).

5.2 Організаційні заходи пожежної безпеки

Однією з основних вимог пожежної безпеки є побудова в будівлях необхідної кількості виходів, виїздів до евакуації людей і матеріальних цінностей.

Евакуаційними виходами називають проходи, двері, ворота, перехідні балкони, внутрішні переходи.

Своєчасна евакуація людей з будівель і приміщень під час виникнення пожежі є першочерговим завданням і його успішне здійснення потрібно реалізувати під час проєктування та реконструкції будівель і споруд.

Кількість евакуаційних виходів з будівель, приміщень і з кожного поверху визначають розрахунковим способом, але, зазвичай, встановлюють не менше *двох*, які мають бути розосереджені. З приміщень площею до 300 м², розташованих в підвалах і цокольних поверхах, з кількістю працівників не більше 5 осіб допускається один вихід.

Максимальна віддаль L між найбільш віддаленими один від одного евакуаційними виходами з приміщення визначається за формулою:

$$L = 1,5 \cdot P, \quad (5.1)$$

де P – периметр приміщення, м.

Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися в напрямку виходу. Допускається влаштування дверей з відчиненням усередину приміщення в разі одночасного перебування в ньому не більше 15 осіб.

Устрій дверей і турнікетів, що обертаються (розсувні і підйомні), а також гвинтових східців на шляхах евакуації **не дозволяється**.

За наявності людей у приміщенні, двері евакуаційних виходів можуть замикатися лише на внутрішні запори, які легко відмикаються.

Мінімальна ширина шляхів евакуації становить: проходи - не менш як 1 м, двері – не менш як 0,8 м.

Не допускається влаштовувати евакуаційні виходи через приміщення категорії А, Б та приміщення IV та V ступенів вогнестійкості.

Оцінка ризику виникнення пожежі є основним етапом ризик-орієнтованого підходу, оскільки від правильності, коректності та повноти виконання цього етапу залежить адекватність прийнятих заходів.

Несприятливі ризик-події від дії небезпечних чинників під час пожеж можуть мати такі наслідки:

- ймовірність виникнення пожежі;
- загибель людини на пожежі;
- травмування людини;
- матеріальні збитки для виробництва.

Моніторинг та управління ризиком передбачає постійний контроль за небезпечними виробничими чинниками та постійне впровадження заходів безпеки.

Організаційні заходи:

- план дій з попередження пожеж і вибухів за результатами оцінки ризиків;
- навчання і тренінги працівників заходам пожежної безпеки та евакуації:
- наявність ЗІЗ до використання у аварійних ситуаціях;
- правильно утворені шляхи евакуації;
- графічні плани евакуації біля кожного робочого місця з вказівкою розміщення первинних засобів пожежогасіння.

Результати вибору засобів і заходів пожежогасіння наводять у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
1	2	3
Технічні		
Вуглекислотний вогнегасник ВВ-2:	Пересувний, тривалість дії – 25с, довжина струмені – 5м	У приміщенні, розміщено в коридорах через 70 м.
Блискавкозахист	Сітчастий, на поверхні даху, з кроком 75 см.	II категорія, приміщення з нафтопродуктами
Організаційні		
План дій з попередження пожеж і вибухів	Вимоги до евакуаційних заходів, планів евакуації, забезпечення дотримання протипожежних вимог, виконання приписів і постанов органів державного пожежного нагляду	Відділ з охорони праці
ЗІЗ		
Захисний одяг водонепроникний	ВК «КОМБІ», комбінезон	Багаторазового використання. Термін зберігання – 6 років.
Протигаз	М98 «Scott» з фільтром ХС від монооксиду вуглецю.	Температура зберігання – від 30 °С до 170 °С. Термін зберігання – 15 років

Пояснення до таблиці 5.1.

У графі 1 вказують техніко-організаційні напрями:

- технічні засоби: первинні засобів до гасіння пожеж: вогнегасник, пожежний інвентар, кількість і місця розміщення; конструктивне виконання блискавкозахисту будівлі і місце розміщення; протипожежне водопостачання; автоматична система пожежогасіння та інші;

- організаційні заходи: підготовка плану дій з попередження пожеж і ліквідації їх наслідків; навчання та тренінги; перевірка горючих матеріалів, ізоляції, засоби пожежо гасіння та інше;
- ЗІЗ для добровільної команди з пожежного гасіння на енергетичному об'єкті: захисний одяг водонепроникний; захисний одяг від нафтопродуктів; захисний одяг від хімічно-активних речовин; саморятівники під час пожежі; протигаз з фільтром від монооксиду вуглецю.

У графі 2 наводять марку і технічні характеристики засобів для гасіння пожежі.

У графі 3 пояснюють способи застосування, потреби у використанні, місце розміщення, кількість, відповідальних виконавців та інші показники.

6. Розрахункове завдання

6.1 Рекомендовані розрахункові завдання

1. Розрахунок індексу Елмері та загального базового ризику на робочому місці електротехнічного працівника [1.4].
2. Захисне заземлення. Головний вид захисту від непрямого дотику у електричних мережах – захисне заземлення, яке використовується для всіх видів електроустановок [1.3]. Приклади розрахунків наведено у додатках В, С.
3. Система штучного освітлення у виробничих приміщеннях [1.5].
4. Система зовнішнього виробничого чи охоронного освітлення [1.5].
5. Вибір систем штучної вентиляції та опалення. Приклади вибору систем вентиляції наведено у додатку D.
6. Система блискавкозахисту. [1.3].

6.2 Оформлення розрахунку технічного заходу з обмеження ризику

Розрахунок виконують до одного технічного заходу або заходу із запобігання виникнення пожеж. Наводять вихідну інформацію до розрахунку. Формули нумерують. Окремо наводять числові данні розрахунку. У разі потреби наводять графічну частину.

Після виконання пунктів розділів 1-6 потрібно написати ВИСНОВКИ.

Висновки

Висновки – це стисле викладення результатів, отриманих під час виконання розділу. У висновку наводять основні результати, які отримано у ході виконання кожного підрозділу розділу. Відображають найбільш важливі результати, одержані в роботі: оцінка результатів щодо визначення категорії умов праці, перелік небезпек, вибору техніко-організаційних заходів і ЗІЗ з безпечного виконання робіт і пожежної безпеки та результати розрахунків, відповідно до завдань, які вирішено в розділі. У висновках необхідно наголосити на якісних та кількісних показниках здобутих результатів, обґрунтувати достовірність результатів.

7 Глосарій основних понять, визначень і скорочень

Назва, скорочення	Визначення
Електроустановка (ЕУ)	Енергетична установка, призначена до виробництва, перетворення, передавання, розподілення чи споживання електроенергії
Теплова енергетична установка (ТЕУ)	Енергетична установка, призначена до виробництва, перетворення чи споживання теплової енергії
Моніторинг	Спеціально організоване систематичне автоматизоване чи анкетне спостереження за показниками умов праці, технічного устаткування, технологічних процесів, виробничого і природного середовища, а також за діяльністю працівників з подальшим документуванням.
Небезпека	Характерна властивість або здатність об'єкта (наприклад, виробничих матеріалів, устаткування, технологій та практичних методів виробництва) спричинити шкоду, яка за певних умов здатна призвести до фізичного, психологічного або ментального ураження людини або забруднення довкілля.
Ризик	Кількісна або якісна оцінка небезпеки, яка може спричинити несприятливі наслідки.
Ризик-орієнтоване керування Управління ризиками	Ризик-орієнтоване керування скероване на запровадження найбільш важливих заходів зі зниження рівня ризику. Керування ризиками в сфері управління безпекою полягає у <i>порівнянні базового або залишкового ризику з прийнятним</i> , з розробленням на підставі цього відповідних висновків до виконання певних заходів.
Адміністративно-технічні працівники	Керівники підприємств, установ і організацій, їх заступники, начальники цехів, відділів, служб, районів, ділень, лабораторій та їх заступники, майстри,

	інженери та інші посадові особи, на яких покладено адміністративні функції.
Працівники електротехнічні	Працівники, посада або професія яких пов'язана з обслуговуванням електроустановок.
Працівники електротехнологічні	Працівники, посада або професія яких пов'язана з обслуговуванням технологічних процесів, які відбуваються з використанням електричної енергії, або з застосуванням електричного інструменту, переносних електричних машин, електрозварювального устаткування, тощо під час виконання робіт, але не пов'язана з ремонтом і технічним обслуговуванням електроустаткування
Працівники оперативні (чергові)	Працівники, які перебувають на чергуванні в зміні і допущені до оперативного управління та (або) оперативних перемикачів
Працівники виробничі (ремонтні)	Працівники, навчені і допущені до ремонту та обслуговування обладнання, пристроїв, вторинних кіл та пристроїв ЗДТК в електроустановках
Працівники оперативно-виробничі (ремонтні)	Виробничі працівники, спеціально навчені і підготовлені для оперативного обслуговування в затвердженому обсязі закріплених за ними електроустановок
Працівник з групою II, III тощо	Працівник, який має групу з електробезпеки не нижче II, III тощо
Бригада (за нарядом або розпорядженням)	Два і більше працівника, включно з керівником робіт або наглядачем
Оперативне обслуговування електроустановок	Комплекс робіт з: - впровадження нормального режиму роботи електроустановок; - здійснення перемикачів, оглядів обладнання; - підготовки до ремонту (підготовки робочого місця, допуск); - технічного обслуговування обладнання, що передбачено інструкціями підприємства
Оперативно-виїзна бригада (ОВБ)	Виїзна бригада оперативних чергових працівників, які мають потрібну групу допуску і допущені до виконання оперативних перемикачів та окремих видів ремонтних робіт, передбачених виробничими інструкціями
Робота під напругою	Робота, яка виконується з дотиком до струмовідних частин, що перебувають під робочою напругою або на відстанях до цих струмовідних частин, менших від допустимих
Роботи ремонтні (ремонт)	Комплекс робіт з відновлення справності і роботоздатності обладнання і пристроїв. До ремонтних робіт, окрім відновлювальних, належать різні види випробувань, налагоджувальні роботи й окремі види технічного обслуговування, що входять до складу

	регламентних робіт
Наряд-допуск (наряд)	Складене на спеціальному бланку завдання на безпечне виконання робіт, де визначено їхній зміст, місце, час початку і закінчення, необхідні заходи безпеки, склад бригади та осіб, відповідальних за безпечне виконання робіт
Нарядно-допускна система	Комплекс заходів, що забезпечує безпечне виконання робіт в електроустановках. Складається з організаційних і технічних заходів
Роботи, що виконуються в порядку поточної експлуатації	Виконання працівниками робіт на закріпленій за ними ділянці впродовж одного робочого дня, яке не потребує оформлення наряду або розпорядження
Розпорядження	Завдання впродовж одного робочого дня на безпечне виконання роботи, що реєструється в журналі, визначає її зміст, місце, тривалість, заходи безпеки й осіб, яким доручено її виконання
Небезпечні і шкідливі виробничі чинники (НШВЧ)	Небажане явище, яке супроводжує виробничий процес і вплив якого на працівника може призвести до погіршення самопочуття, зниження працездатності, виникнення виробничозумовленого чи професійного захворювання або втрати працездатності і навіть до раптової смерті
Підготовка робочого місця	Виконання до початку робіт технічних заходів для попередження дії на працівників працюючого НШВЧ на робочому місці
Ізоляція	Шар діелектричного матеріалу або конструкція, виконана з діелектричного матеріалу, за допомогою яких струмовідні частини відокремлюють одна від одної чи від інших струмопровідних конструктивних елементів обладнання
Пожежна безпека	Комплекс заходів та засобів, спрямованих на запобігання запалювань, пожеж та вибухів у виробничому середовищі, на обмеження наслідків, які утворюються в разі їх виникнення.
Електротехнічні засоби захисту	<i>Електрозахисні засоби</i> – це засоби, які убезпечують працівника від безпосереднього контактування зі струмовідними і струмопровідними частинами ЕУ та обмежують вплив електромагнітного поля. Електрозахисні засоби використовують під час виконання робіт під напругою

Список рекомендованих джерел

1. Основна література

- 1.1 Третьякова Л.Д. Охорона праці та цивільний захист. Курс лекцій. *Платформа Sikorsky, Moodle, курс xq24sm://do.ipk.kpi.ua*
- 1.2 Основи охорони праці : підручник / за ред. Желібо Є.П., Гандзюк М.П., - К. : Каравела, 2023. 384с.
- 1.3. Основи охорони праці : навчальний посібник / за ред. Р.Івах, Я.Бедрій., - К.: Кордон, 2025. 464с
- 1.4 Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О. Моніторинг стану виробничого середовища та умов праці на підприємствах : рекомендації до виконання індивідуального завдання: навч. посібник. Київ, НТТУ «КПІ ім. І. Сікорського». 2025. 48 с.
- 1.5 Третьякова Л.Д., Бориченко О.В., Мітюк Л.О. Системи штучного виробничого освітлення: безпека та енергоаудит: навч. посібник. Київ, НТТУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2023. 56 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63861>
- 1.6 Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О. Ризик-орієнтований підхід до вибору засобів індивідуального захисту органів зору: навч. посібник. Київ, НТТУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2023. 50 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63860>

2. Державні стандарти та нормативно-правові документи

- 2.1 ДСТУ 3008:2015. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 25 с.
- 2.2 ДСТУ ISO 80000-1:2016 Величини та одиниці. Частина 1. Загальні положення (ISO 80000-1:2009; ISO 80000-1:2009/Cor.1:2011, IDT)
- 2.3 ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 16 с.
- 2.4 ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.
- 2.5. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту.
- 2.6 НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. Правила пожежної безпеки в Україні. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2014. 45 с.
- 2.7 ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 33 с.
- 2.8 ДБН В.1.2-7:2021 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2021, 25 с.

- 2.9 НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці: наказ від 26.01.2005 р. № 15. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 2005. 15 с.
- 2.10 НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті: наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 27.03.2007 №62. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 2007. 25 с.
- 2.11 НПАОП 63.21-1.22-07. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 2007. 35 с.
- 2.12 ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2014. 26 с.
- 2.13 ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1999. 56 с.
- 2.14 НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями.
- 2.15 ГН 3.3.5-8-6.6.1-2014. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу: наказ від 08.04.2014.м. N 248. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 2014. 85 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>
- 2.16 ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 2002. 38 с.
- 2.17 ДСНіП 239-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 1996. 35 с.
- 2.18 ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 1996. 15 с.
- 2.19 ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 1999. 35 с.
- 2.20 Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України: Вид. офіц. Київ, МОЗ України, 2005. 40 с.
- 2.21 ДГН 6.6.1–6.5.001–98. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ–97). Державні гігієнічні нормативи. Вид. офіц. Київ: Комітет з питань гігієнічного регламентування. Національна комісія з радіаційного захисту населення України, 2000. 135 с.
- 2.22 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2018). Вид. офіц. Харків: Форт, 2018. 458 с.

- 2.23 ДНАОП 1.1.10-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів напругою до 500 кВ. Вид. офіц. Київ: Міністерство енергетики, 1998. 105 с.
- 2.24 ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів напругою до 220 кВ. Вид. офіц. Київ: Міністерство енергетики, 1998. 55 с.
- 2.25 ГКД 34.20.507-2003. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. Київ: Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики», 2009. 598 с.
- 2.26 ДСТУ EN 529:2006. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Рекомендації щодо вибору, використанню, догляду і обслуговуванню. Настанова EN 529:2005, IDT. Введено у дію 01.10.2007. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2006. 26 с.
- 2.27 ДСТУ ISO 13688:2001. Одяг захисний. Загальні вимоги. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2002. 6 с.
- 2.28 ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2011. 6 с.
- 2.29 ДНАОП 1.1.10-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів. Вид. офіц. Київ: Міністерство енергетики, 2002. 46 с.
- 2.30 ДБН В.2.5-23:2025 Проектування електроустановок житлових будинків та громадських будівель і споруд.
- 2.31 СНіП 2.04.05.91. Державні санітарні правила і норми. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря. II Вид. офіц. Київ: Міністерство енергетики, 2010. 76 с.
- 2.32 ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Наказ від 03.10.2018 № 264 Про затвердження ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Вид. офіц. Київ: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2018.
- 2.33 Правила пожежної безпеки на підприємствах енергетичної галузі. [Наказ Міненерговугілля від 26.09.2018 р. №491](#) чинний з 19.04.2019 р.
- 2.34 ДСТУ ISO 16732-1:2018 (ISO 16732-1:2012, IDT) Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. — Ч. 1. Загальні положення

Перелік посилань

Додатки

Додаток А. Категорії приміщень і будівель за вибухо-пожежною і пожежною небезпекою. Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон

Група горючості речовини. За цим показником всі речовини та матеріали поділяються на негорючі, важкогорючі та горючі.

Негорючі — речовини та матеріали не здатні до горіння на повітрі нормального складу. Це неорганічні матеріали, метали, гіпсові конструкції.

Важкогорючі — це речовини та матеріали, які здатні до займання в повітрі від джерела запалювання, однак після його вилучення не здатні до самостійного горіння. До них належать матеріали, які містять горючі та негорючі складові частини. Наприклад, асфальтобетон, фіброліт.

Горючі — речовини та матеріали, які здатні до самозаймання, а також займання від джерела запалювання і самостійного горіння після його вилучення.

До них належать всі органічні матеріали. В свою чергу горючі матеріали поділяються на легкозаймисті, тобто такі, які займаються від джерела запалювання незначної енергії (сірник, іскра) без попереднього нагрівання та важкозаймисті, які займаються від порівняно потужного джерела запалювання.

За температурою спалаху розрізняють:

- легкозаймисті рідини — рідини, які мають температуру спалаху, що не перевищує 61 °С у закритому тиглі (бензин, ацетон, етиловий спирт).
- горючі рідини — рідини, які мають температуру спалаху понад 61 °С у закритому тиглі або 66 °С у відкритому тиглі (мінеральні мастила, мазут, формалін).

Пожежна та вибухонебезпечність об'єкта
Категорії приміщень та будівель за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою (табл. 1А).

Відповідно до НАПБ Б.03.002 – 2007 приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою поділяються на п'ять категорій (А, Б, В, Г, Д).

Таблиця А1. Категорії приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) у приміщенні
1	2
А Вибухопожежо-небезпечна	Горючі гази (ГГ), легкозаймисті рідини (ЛЗР) з температурою спалаху не більше 28°C у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газопароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, який перевищує 5 кПа. Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа
Б Вибухопожежо-небезпечна	Горючий пил, волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C, горючі рідини (ГР) в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, що перевищує 5 кПа
В Пожежонебезпечна	Горючі гази (ГГ), легкозаймисті, горючі і важкогорючі рідини, а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти; горючий пил і волокна, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не відносяться до категорій А, Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м ² кожна перевищує 180 МДж/м ²
Г	Негорючі речовини і матеріали у гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я; горючі гази (ГГ), рідини та тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо
Д	Речовини і матеріали, що вказані вище для категорій приміщень А, Б, В (крім горючих газів) у такій кількості, що їх питома пожежна навантага для твердих і рідких горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м ² кожна не перевищує 180 МДж/м ² , а також, негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані, за умови, що приміщення, в яких знаходяться вищевказані речовини і матеріали, не відносяться до категорій А, Б і В

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

Головним заходом запобігання пожеж і вибухів від електрообладнання є правильний вибір і експлуатація обладнання у вибухо- і пожежонебезпечних приміщеннях. Згідно з ПУЕ, приміщення поділяються

на вибухонебезпечні (В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa) і пожежонебезпечні (П-I, П-II, П-IIa, П-III) зони.

Вибухонебезпечна зона – це простір, в якому є або можуть з'явитися вибухонебезпечні суміші.

Пожежонебезпечна зона – це простір, де можуть знаходитися горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при можливих його порушеннях.

Клас В-I – зони приміщень, в котрих виділяються горючі гази¹ і пари в такій кількості і з такими властивостями, що можуть створювати з повітрям або іншими окислювачами вибухонебезпечні суміші при нормальних нетривалих режимах роботи.

Клас В-Ia – зони приміщень, в котрих вибухонебезпечна концентрація газів і пари можлива лише внаслідок аварії або несправності.

Клас В-Iб – такі самі зони, що й класу В-Ia, але мають такі особливості:

- горючі гази мають високу нижню концентраційну межу поширення полум'я (15% і більше) та різкий запах;
- при аварії в цих зонах можливе утворення лише місцевої вибухонебезпечної концентрації, яка поширюється на об'єм, не більший 5% загального об'єму приміщення (зони);
- горючі гази і рідини використовуються у невеликих кількостях без застосування відкритого полум'я, у витяжних шафах або під витяжними зонтами.

Згідно з ПУЕ, якщо об'єм вибухонебезпечної суміші перевищує 5% вільного об'єму приміщення, то все приміщення належить до відповідного класу вибухової небезпеки. Якщо об'єм вибухонебезпечної суміші дорівнює або менший 5% вільного об'єму приміщення, то вибухонебезпечною вважається зона приміщення в межах до 5 м по горизонталі і вертикалі від технологічного апарата, від якого можливе виділення горючих газів або пари ЛЗР. Приміщення за межами вибухонебезпечної зони вважається вибухобезпечним, якщо немає інших факторів, які утворюють вибухонебезпечність.

Клас В-Iг — зовнішні установки, які містять вибухонебезпечні гази, пари, рідини, при цьому вибухонебезпечна концентрація може утворюватися лише внаслідок аварії або несправності.

Клас В-II — зони приміщень, де можливе утворення вибухонебезпечних концентрацій пилу або волокон з повітрям або іншим окислювачем при нормальних, нетривалих режимах роботи.

Клас В-Па — зони, аналогічні зонам класу В-П, де вибухонебезпечна концентрація пилу і волокон може утворюватися лише внаслідок аварії або несправності.

Клас П-I — зони приміщень, в котрих застосовуються або зберігаються горючі рідини з температурою спалаху вище 61 °С.

Клас П-II — зони приміщень, де виділяється горючий пил або волокна з нижньою концентраційною межею поширення полум'я понад 65 г/м³ об'єму повітря, або вибухонебезпечного пилу, вміст якого в повітрі приміщень не досягає вибухонебезпечних концентратів.

Клас П-Па — зони приміщень, в котрих є тверді або волокнисті горючі речовини. Горючий пил і волокна не виділяються.

Клас П-III — зовнішні установки, де застосовуються або зберігаються горючі рідини з температурою спалаху пари понад 61 °С, а також тверді горючі речовини.

Клас зони визначають технологи спільно з електриками проєктної або експлуатаційної організації, виходячи з характеристики навколишнього середовища.

Додаток В. Методика розрахунку захисного заземлювального пристрою електроустановок напругою більш як 1 000 В

1 Вихідні дані для розрахунку заземлювального пристрою

Вибір конструкції і розрахунок опору заземлювального пристрою (ЗП) виконують за наявності такої вихідної інформації:

- напруга електроустановки (ЕУ), що заземлюється;
- струм замикання на землю $I_{зз}$ або дані для його розрахунку (в ЕУ напругою більш як 1 кВ);
- сумарна потужність джерела живлення (ДЖ);
- план розміщення устаткування у мірилі з потрібними розмірами;
- відомості про ґрунти, де потрібно розміщувати заземлювачі (питомий опір, вид ґрунту);
- відомості про природні заземлювачі (вид, геометричні розміри, питомий опір ґрунту або опір природних заземлювачів);
- час вимкнення напруги релейним захистом (максимальний струмовий захист) $-t_c$ (в ЕУ напругою більш як 1 кВ з ефективно заземленою нейтраллю).

2 Попередні розрахунки

2.1 Визначення допустимого опору

Допустимий опір розтікання струму у ЗП $R_{\text{доп}}$ визначають за інформацією, наведеною у [4.2]. У розрахунках можна прийняти величину $R_{\text{доп}}$ залежно від напруги: у мережах з напругою 0,38 кВ – 10 Ом і 10 кВ – 4 Ом; у мережах з напругою 110 кВ – 0,5 Ом.

Визначення допустимого опору ЗП допускають за формулою:

$$R_{\text{доп}} \leq U_{\text{д}}(t_{\text{с}}) / (I_{\text{зз}} \cdot \alpha_1),$$

де $U_{\text{д}}$ – допустима напруга дотику (табл. В1); α_1 – коефіцієнт напруги дотику ($\alpha < 1$).

Таблиця В1. Допустимі значення напруги дотику в електроустановках з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю

Тривалість дії (не більш як), $t_{\text{с}}$, с	0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	1,0...5,0
Напруга дотику, $U_{\text{д}}$, В	500	400	200	130	100	65

2.2 Визначення опору природних заземлювачів

Як природні заземлювачі можна використовувати:

- металеві конструкції та арматуру залізобетонних конструкцій, котрі контактують із землею;
- прокладені у землі водогінні труби;
- обсадні труби артезіанських свердловин та колодязів.

Опір природних заземлювачів $R_{\text{пр}}$ визначають або за експериментальними даними або за формулами, наприклад, для природних заземлювачів круглого перерізу (кабель, трубопровід):

$$R_{\text{пр}} = \frac{\rho}{(2\pi l)} \cdot \ln(l^2 / (d \cdot t)),$$

де l – довжина заземлювача, м; d – діаметр заземлювача, м; t – глибина від поверхні землі до середини заземлювача, м.

Далі виконують співставлення опорів природних заземлювачів і допустимого, який визначають залежно від напруги і умов експлуатації ЕУ:

– якщо $R_{\text{пр}} \leq R_{\text{доп}}$, то штучні заземлювачі не потрібні (окрім спеціальних умов праці);

– якщо $R_{\text{пр}} > R_{\text{доп}}$, то потрібно встановлювати штучні заземлювачі $R_{\text{шт}}$ з опором:

$$R_{\text{шт}} = R_{\text{пр}} \cdot R_{\text{доп}} / (R_{\text{пр}} - R_{\text{доп}});$$

– якщо природні заземлювачі відсутні або їх не можна використовувати за вимогами безпеки експлуатації, то $R_{\text{шт}} \leq R_{\text{доп}}$.

У подальших розрахунках визначаємо опір штучного ЗП $R_{\text{шт}}$.

3 Вибір методу розрахунку штучних заземлювачів

Можна використовувати два методи розрахунку заземлювачів:

- метод коефіцієнта використання електродів, який застосовують під час розрахунку простих заземлювачів для ЕУ усіх рівнів напруги; приймають одношарову структуру ґрунту;
- метод наведених потенціалів, який застосовують для розрахунку складних заземлювачів з $R_{\text{шт}} < 2 \text{ Ом}$ для ЕУ з напругою більш як 1 кВ з великим $I_{\text{зз}}$; приймають двошарову структуру ґрунту.

4 Розрахунок заземлювального пристрою за методом коефіцієнта використання електродів

Розрахунок ЗП за методом коефіцієнта використання електродів виконують за таким алгоритмом (враховуючи, що пункти 1, 2 і 3 виконано).

4.1 Вибір виду і розміщення заземлювачів

Конструкцію ЗП створюють сукупністю вертикальних заземлювачів (ВЗ), які електрично з'єднані за допомогою горизонтального заземлювача (ГЗ). ВЗ розміщують у низку або у контурі на відстані 0,8...1 м від фундаменту ЕУ чи приміщення (рис. В1) або на деякій відстані від ЕУ (виносні ЗП).

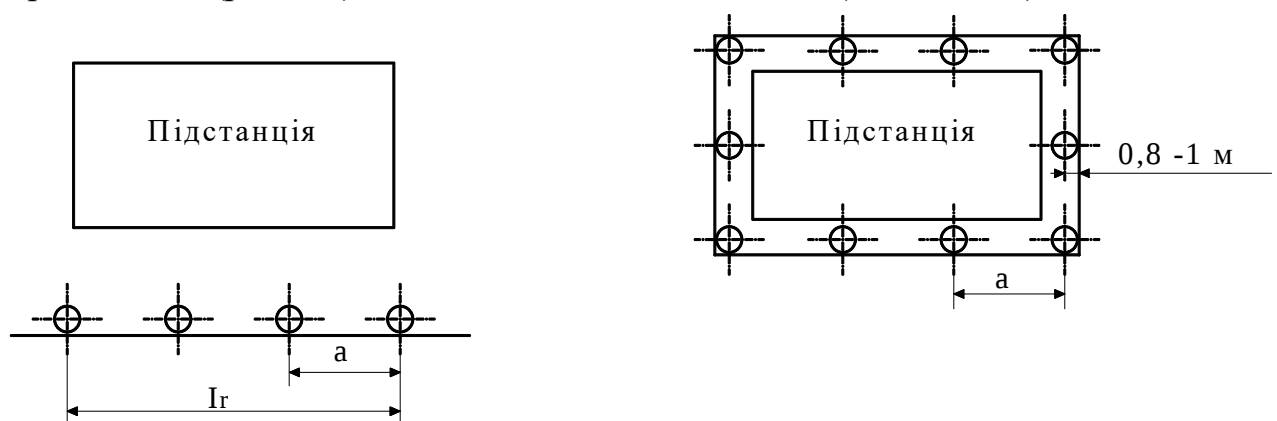


Рис. В1. План розміщення електродів заземлювача:

а – ВЗ розміщені у низці; б – ВЗ розміщені у контурі.

4.2 Вибір металоконструкції заземлювача

Як ВЗ виконують: сталеві труби діаметром 35 мм та 50 мм з товщиною стінок не менш як 3,5 мм і довжиною 2,5 або 3 м; пруті зі сталі круглого перерізу діаметром не менш як 10 мм, довжиною 3, 4 або 5 м; сталь у вигляді кутника (40х40, 60х60) з товщиною стінок не менш як 3,5 мм і довжиною 2,5 та 3 м.

Для з'єднання ВЗ застосовують ГЗ, які виконуються зі сталі круглого перерізу чи прямокутного перерізу з перетином (4х12) мм, довжиною від 10 до 50 м.

4.3 Визначення розрахункового питомого опору ґрунту

Розрахунковий питомий опір ґрунту $\rho_{\text{розр}}$ визначають у такій послідовності:

- якщо задано вид ґрунту, $\rho_{\text{табл}}$ вибираємо згідно з табл. А2;
- $\rho_{\text{розр}}$ визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{табл}} \cdot \psi_i,$$

де ψ_i – коефіцієнт сезонності (більше 1), залежить від вологості ґрунту і довжини електродів. Для ВЗ довжиною 3 або 5 м коефіцієнти сезонності наведено у табл. В2, для ГЗ коефіцієнти сезонності наведено у табл. В3.

Таблиця В2. Питомий опір ґрунту та коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів

Вид ґрунту	Питомий опір ґрунту, Ом·м		Коефіцієнт сезонності		
	Інтервальна оцінка	Рекомендоване значення до розрахунків	ψ_1	ψ_2	ψ_3
Глина	8...70	60	1,6	1,3	1,2
Гравій, щебінь	1600...2100	2000	1,6	1,3	1,2
Кам'янистий ґрунту	500...8000	4000	1,6	1,3	1,2
Лес	100...320	250	1,6	1,3	1,2
Пісок	400...2500	500	2,4	1,56	1,2
Садова земля	30...60	50	2,4	1,3	1,2
Скелястий ґрунт	$10^4...10^7$	10^7	2,4	1,3	1,2
Суглинок	40...150	100	2,0	1,5	1,4
Супісок	150...400	300	2,0	1,5	1,4
Торф	8...21	20	1,4	1,1	1
Чорнозем	10...55	30	1,4	1,3	1,2

Примітка: ψ_1 – за великої вологості ($>80\%$); ψ_2 – за середньої вологості ($40\dots80\%$); ψ_3 – за сухого ґрунту ($<40\%$).

Таблиця В3. Коефіцієнт сезонності для горизонтальних заземлювачів

Довжина електроду	Вологість ґрунту		
	Велика	Середня	Мала
10 м	5,9	3,5	2,5
50 м	4,8	3,0	2,4

4.4 Вибір розміщення заземлювачів відносно поверхні землі

Заземлювачі можна розміщувати біля поверхні землі (рис. В2). Такі заземлювачі рекомендують використовувати тільки як тимчасові і не рекомендують для стаціонарних через те, що верхній шар ґрунту на певну глибину взимку промерзає, а влітку підсихає. Збільшення питомого опору цього шару і частини ВЗ, яка знаходиться у цьому шарі ґрунту, та ГЗ, який повністю знаходиться у ґрунті з великим питомим опором, призводить до неефективного їх використання.

Заземлювачі можна заглибити глибше зони промерзання ґрунту, що становить $0,7\dots0,8$ м (рис. А2).

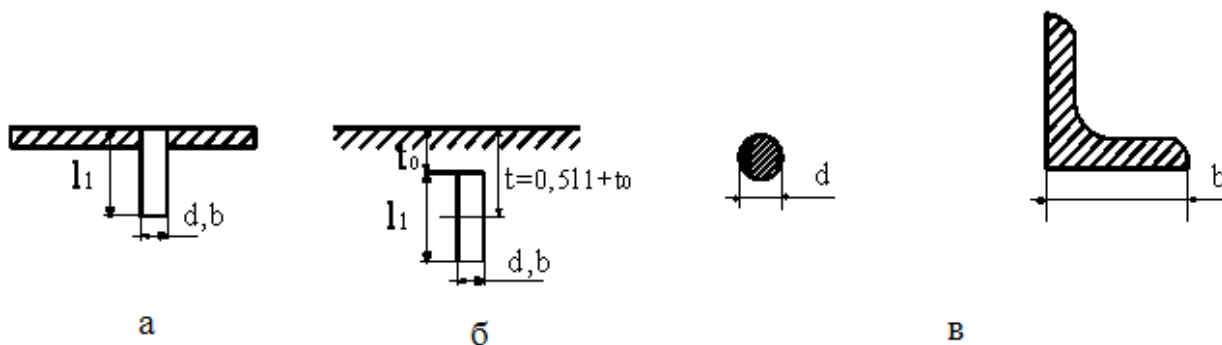


Рис. В2. Розміщення ВЗ у ґрунті (а, б), перерізи ВЗ (в):

l_1 – довжина вертикального заземлювача (стержня або труби); t_0 – глибина закладання вертикального заземлювача; t – відстань від поверхні ґрунту до середини вертикального заземлювача; d – діаметр вертикального заземлювача; b – розмір боку кутника.

Таке розміщення заземлювачів рекомендують для стаціонарних ЗП, тому що вся металоконструкція знаходиться у ґрунті з приблизно однаковим значенням питомого опору.

4.5 Розрахунок опору розтікання струму вертикального заземлювача

Опір розтікання струму одного ВЗ, який розміщено заглиблено, визначаємо за формулами:

– круглого перерізу

$$R_{B1} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot l_1} \left(\ln \frac{2 \cdot l_1}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_1}{4t - l_1} \right),$$

де $\rho_{\text{розр}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для ВЗ, Ом·м; l_1 – довжина ВЗ, м; d – діаметр, м; t – відстань від поверхні ґрунту до середини ВЗ, м, яку визначають за формулою:

$$t = t_0 + l_1 / 2,$$

де t_0 – відстань від поверхні ґрунту, м;

– кутникового перерізу

$$R_{B1} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot l_1} \left(\ln \frac{2,1 \cdot l_1}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t + l_1}{4,2t - l_1} \right).$$

Опір розтікання струму одного ВЗ, який розміщено біля поверхні ґрунту, визначаємо за формулами:

– круглого перерізу

$$R_{B1} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{(2\pi l_1)} \cdot \ln(4l_1 / d);$$

– кутникового перерізу

$$R_{B1} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{(2,1\pi l_1)} \cdot \ln(4,2l_1 / b).$$

У разі, якщо $R_{B1} \leq R_{\text{шт}}$, то достатньо одного електрода.

У разі, якщо $R_{B1} > R_{\text{шт}}$, то потрібно паралельно сполучити декілька ВЗ.

4.6 Визначення потрібної кількості вертикальних заземлювачів

Потрібну кількість ВЗ визначаємо за формулою:

$$n' = R_{B1} / (R_{\text{шт}} \eta_{\epsilon}),$$

де $\eta_{\epsilon} \leq 1$ – коефіцієнт екранування (використання) заземлювачів, який враховує взаємний вплив ВЗ залежно від їх кількості, способу їх розміщення (у низку чи у контурі) і густини розміщення, яка визначається співвідношенням (a/l_1) , де a – відстань між ВЗ, м.

У попередніх розрахунках приймаємо $a = 1$, а потім для отриманого значення n' за таблицею В4 вибираємо фактичне значення коефіцієнту екранування.

Таблиця В4. Коефіцієнт екранування ВЗ

Кількість заземлювачів	Відношення (a/l_1)					
	У низку			За контуром		
	1	2	3	1	2	3
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
3	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
4	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,57	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

Отриману кількість ВЗ n' округляють до цілого числа n і знаходять фактичний коефіцієнт екранування $\eta_{\text{еф}}$.

4.7 Визначення довжини горизонтального заземлювача

Визначаємо відстань між ВЗ з співвідношення (a/l_1), яке може дорівнювати 1, 2 або 3. За визначеного у п. 4.2 значення l_1 , розраховуємо величину a .

Довжину ГЗ l_{Γ} визначають залежно від умов розташування:

– у разі розміщення ВЗ у низку

$$l_{\Gamma} = a(n-1);$$

– у разі розміщення ВЗ у контурі

$$l_{\Gamma} = 2(L+D) \approx a \cdot n,$$

де L , D – довжина і ширина території, яка підлягає заземленню, м.

4.8 Визначення опору струму розтікання горизонтального заземлювача

Визначаємо опір струму розтікання ГЗ R_{Γ} , розміщеного у ґрунті круглого перерізу електроду

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{розр.г}}}{(2\pi l_{\Gamma})} \cdot \ln(l_{\Gamma}^2 / (d_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma})),$$

де $\rho_{\text{розр.г}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту ГЗ, Ом·м; t_{Γ} – відстань від поверхні ґрунту до середини ГЗ, м; d – діаметр ГЗ, м.

Розрахунковий питомий опір ґрунту ГЗ визначають за даними табл. В3.

4.9 Визначення еквівалентного опору струму розтікання штучного заземлювального пристрою

Еквівалентний опір струму розтікання штучного ЗП визначаємо як опір паралельно з'єднаних n ВЗ і ГЗ

$$R_{шт}' = \frac{R_{В1} \cdot R_{Г}}{(R_{В1} \cdot \eta_{Г\epsilon\phi} + R_{Г} \cdot n \cdot \eta_{В\epsilon\phi})};$$

де $\eta_{В\epsilon\phi}$ – фактичний коефіцієнт екранування ВЗ, який визначено у п. 4.7;

$\eta_{Г\epsilon\phi}$ – коефіцієнт використання ГЗ з урахуванням ВЗ (табл. В5).

Таблиця В5. Коефіцієнт екранування горизонтальних заземлювачів

Відношення a/l_1	Кількість ВЗ							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Землювачі розташовано у низку								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	-	-	-
2	0,94	0,80	0,84	0,75	0,56	-	-	-
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	-	-	-
Заземлювачі розташовано у контурі								
1	-	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2		0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3		0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,35	0,33

Отримане значення опору штучного ЗП не повинно перевищувати значення $R_{шт}$, яке визначено у п. 2.1.

$$R_{шт}' \leq R_{шт}.$$

Якщо $R_{шт}' > R_{шт}$, то потрібно змінити металоконструкцію ЗП і знову виконати розрахунок.

4.10 Визначення еквівалентного опору захисного заземлювального пристрою

Еквівалентний опір захисного ЗП загалом (з урахуванням природних і штучних заземлювачів) визначаємо як паралельно з'єднані опори штучного і природного заземлювачів за формулою:

$$R_3' = R_{шт}' R_{пр} / (R_{шт}' + R_{пр}).$$

Отримане значення R_3' не повинно перевищувати допустиме значення:

$$R_3' \leq R_{доп}.$$

4.11 Креслення загального виду захисного заземлення

Графічна частина розрахунку передбачає укладення плану захисного ЗП з прив'язкою до розмірів об'єкта проєктування, заземлювального устаткування, конструкції заземлювачів та їхнього розташування.

Додаток С. Методика розрахунку захисного заземлення теплоустановок та електроустановок напругою до 1 000 В з глухозаземленою нейтраллю

1 Вихідні дані для розрахунку заземлення

Алгоритм розрахунку заземлення у мережах напругою до 1 000 В з глухо заземленою нейтраллю (система TN) має таку послідовність:

- розрахунок на вимикаючу здатність ;
- розрахунок напруги на корпусі ЕУ за тривалістю спрацьовування пристрою максимального струмового захисту (МСЗ);
- розрахунок функціонального заземлення;
- розрахунок повторного заземлення.

Вибір конструкції і розрахунок опору захисного заземлення виконують за наявності такої вихідної інформації:

- напруга мережі;
- конструктивні параметри електричної мережі: вид ліній, матеріал провідників, довжина і площа перерізу провідників ділянок;
- дані про пристрої максимального струмового захисту: вид, $I_{\text{ном}}$;
- дані про трансформатор джерела живлення: вид, напруга, схема з'єднання обмоток, розрахунковий опір.

2 Розрахунок на вимикаючу здатність

Такий розрахунок передбачає розрахунок струму однофазного короткого замикання $I_{\text{кз}}$ і співставлення отриманої величини зі значенням номінального струму спрацьовування МСЗ.

Захисне заземлення застосовують у трифазних п'яти (чотири) проводних мережах напругою до 1 000 В з глухозаземленою нейтраллю. Призначення захисного проводу – створення для струму короткого замикання ланки з малим опором для швидкого вимкнення від мережі установки з порушеною ізоляцією. Вимкнення відбувається за умови:

- під час використання плавких вставок

$$I_{\text{кз}} \geq K_{\text{с.доп}} \cdot I_{\text{номМСЗ}} \geq 3I_{\text{пл.вст}}^{\text{ном}},$$

де $K_{\text{с.доп}}$ – допустима кратність струму однофазного короткого замикання;

$I_{\text{пл.вст}}^{\text{ном}}$ – номінальний струм плавкої вставки;

- під час використання автоматичного пристрою, який відмикає струм короткого замикання

$$I_{K3} \geq 1,25 I_{авт}^{ном},$$

де $I_{авт}^{ном}$ – номінальний струм автоматичного пристрою.

Розрахункова формула для визначення I_{K3} має вигляд:

– для системи електропостачання:

$$I_{K3} = U_{\phi} / \sqrt{(r_{\phi} + r_{PE} + r_{TP})^2 + (x_{\phi} + x_{PE} + x_{TP})^2},$$

де U_{ϕ} – фазна напруга, В; r_{ϕ} , r_n , r_{TP} – відповідно активний опір фазного, нульового проводів і трансформатора, Ом; x_{ϕ} , x_n , x_{TP} – відповідно реактивний опір фазного, нульового проводів і трансформатора; r_{PE} , x_{PE} – відповідно активний і реактивний опори захисного проводу.

– для повітряних мереж (ПЛ):

$$I_{K3} = U_{\phi} / \left(\sqrt{(r_{\phi} + r_{PE})^2 + (x_{\phi} + x_{PE} + x_{зв})^2} + Z_{TP} / 3 \right),$$

де $x_{зв}$ – зовнішній реактивний опір петлі фаза-нуль; Z_{TP} – повний опір трансформатора, Ом (табл. С1, С2);

– для кабельних мереж (КЛ):

$$I_{K3} = U_{\phi} / (r_{\phi} + r_{PE} + (r_{TP} / 3)).$$

Таблиця С1. Повний опір масляних трансформаторів

Потужність трансформатора, кВА	Z _{TP} при схемі з'єднання обмоток	
	зірка	трикутник
25	3,11	0,91
40	1,95	0,56
63	1,24	0,36
100	0,80	0,23
160	0,49	0,14
250	0,31	0,09
400	0,195	0,06
630	0,13	0,04
1000	0,08	0,03

Примітка: Первина напруга 6, 10 кВ, вторинна напруга 400/230 В.

Таблиця С2. Повний опір сухих трансформаторів

Потужність трансформатору, кВА	Z _{TP} при схемі з'єднання обмоток	
	зірка	трикутник
160	-	0,165
180	0,450	-
250	-	0,105
320	0,183	-
400	-	0,066
560	0,132	-

630	-	0,042
750	0,108	-
1000	-	0,027

Примітка: Первина напруга 6, 10 кВ, вторинна напруга 400/230 В; у разі використання трансформаторів з вторинною напругою U_{ϕ}' , яка відрізняється від 230 В, наведений розрахунковий опір необхідно помножити на коефіцієнт $(U_{\phi}'/230)^2$.

Активний і зовнішній реактивні опори фазного і захисного або нульового провідників, виконаних із кольорових металів, знаходять за величинами погонного опору r' і x'_z (табл. С3) і довжини – l , м: $r = r' l$; $x = x' l$. Активний опір фазного і захисного (нульового) провідників, виконаних з кольорових металів, визначають за формулою:

$$r = \sum_{i=1}^n (\rho_i \cdot l_i) / S_i,$$

де ρ_i – питомий опір матеріалу проводів (міді – 0,00175 (Ом·мм²)/м, алюмінію – 0,0028 (Ом·мм²)/м, сталі – 0,1 (Ом·мм²)/м); l_i – довжина ділянки проводу одного матеріалу та одного перерізу; S_i – площа поперечного перерізу проводу.

Таблиця С3. Активні та індуктивні опори повітряних і кабельних ліній

Площа перерізу, мм ²	Активний опір, Ом/км		Індуктивний опір ПЛ, Ом/км, за середньої відстані між проводами, мм					Індуктивний опір КЛ, Ом/км
	Cu	Al, ACl	800	1000	1500	2000	2500	
10	1,64	3,14	—	—	—	—	—	0,07
16	1,2	1,96	0,374	0,389	0,411	0,48	0,442	0,07
25	0,74	1,27	0,362	0,376	0,398	0,407	0,417	0,07
35	0,54	0,91	0,349	0,364	0,388	0,404	0,412	0,06
50	0,39	0,63	0,339	0,354	0,377	0,395	0,409	0,06
70	0,28	0,45	0,329	0,343	0,367	0,385	0,399	0,06
95	0,2	0,33	0,318	0,332	0,355	0,374	0,389	0,06
120	0,158	0,27	0,315	0,325	0,349	0,368	0,382	0,06
150	0,123	0,21	0,311	0,315	0,344	0,36	0,374	0,06
185	0,103	0,17	0,298	0,311	0,339	0,355	0,37	0,06
240	0,078	0,131	—	0,304	0,329	0,347	0,361	0,06
300	0,063	0,105	—	0,297	0,322	0,34	0,354	0,06

Примітка: Cu – провідники з міді; Al, ACl – провідники з алюмінію або сталі та алюмінію

Зовнішній індуктивний опір петлі фазний-захисний провідник (Ом/км) визначають за формулою:

$$x_{зв} = l \cdot 0,126 \ln(2D / d),$$

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

Для наближених розрахунків $x_{зв}$ можна приймати: для КЛ – 0,3 Ом/км; для ПЛ – 0,6 Ом/км.

Визначаємо кратність струму однофазного короткого замикання відносно номінального струму пристрою МСЗ, яка має бути не менш як допустима

$$K_c = I_{кз} / I_{номМСЗ} \geq K_{с.доп}.$$

У разі, якщо K_c менше допустимого значення, потрібно або змінити вид пристрою МСЗ (замість плавкої вставки встановити автомат з електромагнітним запобіжником) або збільшити величину струму короткого замикання, вибравши провідники з більшим перерізом, першочергово для нульового або захисного провідника.

Розрахунок напруги на корпусі електроустановки

Без повторного заземлення захисного провідника напруга на корпусі U_k ЕУ визначається за формулою:

$$U_k = I_{кз} \cdot Z_3 \leq U_d(t_c),$$

де $U_d(t_c)$ – допустима напруга дотику (табл. А1); Z_3 – повний опір захисного проводу:

$$\text{– для ПЛ } Z_3 = \sqrt{r_3^2 + x_3^2};$$

$$\text{– для КЛ } Z_3 = r_3.$$

Якщо умови нерівності не виконуються, тобто $U_k > U_d(t_c)$, потрібно:

- застосувати пристрій МСЗ з меншим часом спрацювання t_c ;
- зменшити Z_3 , збільшивши площу перерізу захисного проводу;
- застосувати повторне заземлення захисного проводу.

За наявності повторного заземлення (у повітряних лініях) захисного проводу напруга на корпусі ЕУ U_k визначають за формулою:

$$U_k = I_{кз} \cdot \frac{Z_3 \cdot r_{\Pi}}{r_{\Pi} + Z_3} \leq U_d(t_c),$$

де r_{Π} – еквівалентний опір усіх повторних заземлювачів.

Потрібний еквівалентний опір повторного заземлення:

$$r_{\Pi} \leq \frac{U_{\text{Д}} \cdot Z_3}{(I_{\text{КЗ}} Z_3 - U_{\text{Д}})}.$$

Повторне заземлення конструктивно виконують вертикальними заземлювачами, кількість яких визначають за формулою:

$$r_{\Pi} \leq R_{\text{ВЛ}} / n,$$

де n – кількість повторних заземлювачів.

Додаток Д. Розрахунок системи штучної вентиляції

1. Розрахунок потрібного повітрообміну за наявності надлишки тепла та шкідливих речовин

У разі, коли у виробничих приміщеннях виділяються надлишки тепла або вологи, а також шкідливі речовини у вигляді пару, газу, пилу, випаровувань, то розрахунок потрібного повітрообміну L_5 виконують згідно з [2.38].

Для приміщень з надлишками тепла потрібний повітрообміну L_1 визначають за формулою:

$$L_1 = L_{\text{р.з}} + \frac{3,6Q_{\text{над}} - 1,2L_{\text{р.з}}(t_{\text{р.з}} - t_{\text{п}})}{1,2(t_{\text{вид}} - t_{\text{п}})},$$

де $L_{\text{р.з}}$ – кількість повітря, що видаляється з робочої зони місцевими відсмоктувачами, загальнообмінною вентиляцією або на технологічні потреби, м³/год; густина повітря $\rho = 1,2$ кг/м³; $Q_{\text{над}}$ – надлишки наявного тепла, Дж/с або Вт; $t_{\text{р.з}}$ – температура повітря, яке видаляється з робочого місця місцевими відсмоктувачами, загальнообмінною вентиляцією або на технологічні потреби, °С; $t_{\text{п}}$ – температура повітря, яке подається у приміщення, °С; $t_{\text{вид}}$ – температура повітря, яке видаляється з приміщення за межі робочої зони, °С.

Для приміщень з надлишками вологи потрібний повітрообміну L_2 визначають за формулою:

$$L_2 = L_{\text{р.з}} + \frac{W - 1,2L_{\text{р.з}}(d_{\text{р.з}} - d_{\text{п}})}{1,2(d_{\text{вид}} - d_{\text{п}})},$$

де W – надлишки вологи, яка потрапляє у приміщення, г/год; $d_{\text{р.з}}$, $d_{\text{вид}}$, $d_{\text{п}}$ – відповідно вологовміст повітря робочої зони, а також повітря, яке видаляється з приміщення за межі робочої зони і повітря, яке подається у приміщення, г/кг.

Для приміщень, у яких фіксують підвищену кількістю шкідливих речовин, потрібний повітрообміну L_3 визначають за формулою:

$$L_3 = L_{p.з} + \frac{M - L_{p.з} (C_{p.з} - C_{п})}{(C_{вид} - C_{п})},$$

де M – кількість шкідливих речовин, яка надходить у приміщення, мг/год; $C_{p.з.}$, $C_{вид}$, $C_{п}$ – відповідно концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони, повітрі, яке видаляють і повітрі, яке надходить, мг/м³.

Якщо у повітря виробничого приміщення одночасно поступають тепло, волога та шкідливі речовини, то розрахунок здійснюють за всіма формулами для кожного з періодів року і приймають найбільшу з одержаних величин повітрообміну.

Відповідно до [2.13] рекомендується у розрахунках використовувати такі значення наведених параметрів:

$$t_{p.з.} = t_{норм}; \quad d_{p.з.} = d_{норм}; \quad C_{p.з.} = ГДК; \quad C_{п} \leq 0,3 ГДК$$

$$t_{вид} = t_{норм} + \Delta t(H - h),$$

де $t_{норм}$, $d_{норм}$ – допустима температура і вологовміст, які визначають за нормами, наведеними у [3.3]; ГДК – граничнодопустима концентрація шкідливої речовини; Δt – температурний градієнт за висотою приміщення, який становить $\Delta t = 1...5^{\circ}\text{C/м}$; H – відстань від підлоги до центру відсмоктувальних прорізів, м; h – висота робочої зони, яка становить $h = 1,6...2$ м.

За одночасного виділення у повітря робочої зони приміщення декількох шкідливих речовин не односпрямованої дії потрібний обсяг повітрообміну приймають за найбільшою розрахунковою величиною. За одночасного виділення декількох шкідливих речовин односпрямованої дії, потрібний обсяг повітрообміну визначають через підсумування повітрообмінів для кожної речовини.

За результатами розрахунку визначають кратності повітрообміну у виробничому приміщенні K . Кратність повітрообміну показує, скільки разів упродовж години потрібно фільтрувати повітря у приміщенні.

$$K = L_s / 0,8V,$$

де L_s – повітрообмін, м³/год; V – об'єм приміщення, м³. Зазвичай кратність повітрообміну приймається у межах $K = 1...10$ год⁻¹.

2. Вибір потужності електродвигуну вентилятора

Усталену потужність електродвигуну вентилятора загально обмінної вентиляції визначають за формулою:

$$P = L_s \cdot p \cdot k_z / 3600 \cdot 102 \cdot (\eta_B),$$

де P – усталена потужність електродвигуна, кВт; p – повний тиск вентилято-ра, кг/м². Повний тиск вентилятора приймають 20...60 кг/м² залежно від швидкості повітря на окремих ділянках системи повітропроводів; k_z – коефіцієнт запасу (табл. D1); η_B – коефіцієнт корисної дії вентилятора (0,5.. 0,6).

Таблиця D1. Коефіцієнт запасу потужності електродвигуну

Потужність електродвигуну, кВт	Тип вентилятора	
	Відцентрований	Осьовий
$P < 0,5$	1,5	1,2
0,51...1,0	1,3	1,15
1,01...2,0	1,2	1,10
2,01...5,0	1,15	1,05
$P > 5,0$	1,10	1,05

Отриману розрахункову потужність P округляють до цілого числа і за каталогами вентиляційних систем визначають типи електродвигуна і вентилятора, їх фактичну потужність та інші технічні характеристики.