

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ІНСТИТУТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

КАФЕДРА ОХОРОНИ ПРАЦІ, ПРОМИСЛОВОЇ ТА ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА У
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» У ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТІ**

(ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ЗА ОСВІТНЬО-
КВАЛІФІКАЦІЙНИМ РІВНЕМ «СПЕЦІАЛІСТ»)

Київ 2013

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ІНСТИТУТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

КАФЕДРА ОХОРОНИ ПРАЦІ, ПРОМИСЛОВОЇ ТА ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА У
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» У ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТІ

(ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ЗА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНИМ РІВНЕМ
«СПЕЦІАЛІСТ»)

Затверджено
на засіданні кафедри охорони праці,
промислової та цивільної безпеки
Протокол № 5 від 29.04.13 р.

Київ 2013

Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» у дипломному проекті для студентів енергетичних спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем «спеціаліст» / Укл.: Л. Д. Третьякова. – К.: НТУУ «КПІ», ІЕЕ, 2013. – 52 с.

Укладач Л. Д. Третьякова

Відповідальний редактор І.Д. Прокопенко

Рецензенти: Н. А. Праховник,
В.А. Попов

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ЗАГАЛЬНА НОРМАТИВНА БАЗА З ОХОРОНИ ПРАЦІ	7
2. ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ	10
3. ЗМІСТ РОЗДІЛУ	12
3.1 Аналіз умов праці.....	12
3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників.....	13
3.3 Вибір заходів і засобів з охорони праці.....	14
3.4 Розрахунок технічних заходів з охорони праці	17
3.5 Аналіз надзвичайних ситуацій.....	20
3.6 Заходи з унеможливлення і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та структура забезпечення пожежної безпеки	22
3.7 Висновки	25
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	25
Додаток А	31
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРУГОЮ БІЛЬШ ЯК 1 000 В.....	31
1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗАЗЕМЛЕННЯ.....	31
2. ПОПЕРЕДНІ РОЗРАХУНКИ	32
3. ВИБІР МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ШТУЧНОГО ЗАЗЕМЛЮВАЧА	33
4. РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЮВАЧА ЗА МЕТОДОМ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОДІВ.....	34
Додаток Б.....	43
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРУГОЮ ДО 1 000 В З ГЛУХОЗАЗЕМЛЕНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ	43
1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗАЗЕМЛЕННЯ	43
2. РОЗРАХУНОК НА ВИМИКАЮЧУ ЗДАТНІСТЬ.....	44
3. РОЗРАХУНОК НАПРУГИ НА КОРПУСІ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ	47
Додаток В	49
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАГАЛЬНОЇ ШТУЧНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ	49

1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ	49
2. РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОГО ПОВІТРООБМІНУ ЗА ВІДСУТНОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН	49
3. РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОГО ПОВІТРООБМІНУ ЗА НАЯВНОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН	50
4. ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНУ ВЕНТИЛЯТОРА.....	52

ВСТУП

Мета виконання розділу «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» у дипломному проекті – самостійна індивідуальна робота під час обґрунтування заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності з метою зменшення впливу небезпечних і шкідливих чинників на працівників і запобігання виникненню нещасних випадків на виробництві

Розділ «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» є обов'язковим розділом дипломного проекту для студентів енергетичних спеціальностей напрямів підготовки «Теплоенергетика», «Електротехніка та електротехнології» за освітньо-кваліфікаційним рівнем «спеціаліст», у якому розглядають заходи щодо запобігання або зменшення впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які виникають для визначених у дипломному проекті умовах праці. Завдання виконання розділу полягає у набутті студентами здатностей та компетенції в питаннях ефективного вирішення завдань професійної діяльності з обов'язковим урахуванням вимог з охорони праці.

Цей розділ невід'ємно і логічно пов'язаний з тематикою дипломного проекту, який виконують випускники під керівництвом консультанта з охорони праці (наказ МОН, МНС та Держгірпромнагляду від 21.10.2010 р. № 969/922/216). Кожен студент одержує індивідуальне завдання на кафедрі «Охорона праці, промислова та цивільна безпека». Студенти погоджують з викладачем-консультантом обсяг і тематику питань, які підлягають розробці.

Зміст завдання розділу «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» повинен повністю відповідати темі дипломного проекту, тому що розглядається як його складник. Завдання передбачає у кінцевому варіанті:

- розробку певних технічних та організаційних заходів з охорони праці, які пов'язано з низкою питань виробничої безпеки, гігієни праці, виробничої санітарії;
- вибір засобів індивідуального захисту і приладів контролю безпечного здійснення робіт;
- вибір заходів з унеможливлення і подолання негативних наслідків у надзвичайних ситуаціях, створених аварійною роботою устаткування, та пожежної безпеки у місцях виконання робіт.

1 ЗАГАЛЬНА НОРМАТИВНА БАЗА З ОХОРОНИ ПРАЦІ

У ході виконання розділу потрібно спиратися на законодавство України про охорону праці – систему взаємопов'язаних нормативно-правових актів, яка регулює відносини у сфері соціального захисту громадян у процесі трудової діяльності. Законодавство України складається з Законів України, державних нормативно-правових актів, нормативних документів та державних стандартів.

Усі завдання, які вирішують системи охорони праці на виробництві, спираються на закони України про охорону праці, які включають:

1. Закон України. Про охорону праці. – К.: Верховна Рада України, 1992. – 45 с.
2. Кодекс законів про працю в Україні.
3. Закон України. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання. – К.: Верховна Рада України, 1993. – 15 с.
4. Закон України. Про захист людини від іонізуючих випромінювання. – К.: Верховна Рада України, 1998. – 25 с.
5. Державні нормативно-правові акти.

У ході розробки визначених завдань студент спирається на діючі державні стандарти і нормативно-правові акти.

Нормативно-правові акти, які є обов'язковими до виконання, включають:

- нормативно-правові акти з охорони праці (код КВЕД 0.00);
- нормативно-правові акти з монтажу та експлуатації енергетичного устаткування (код КВЕД 40);
- нормативно-правові акти –НАПБ (Державний реєстр таких актів – «Реєстр НАПБ»).

В Україні видаються Державні реєстри нормативно-правових актів, які постійно оновлюються і поповнюються.

Положення з виробничої санітарії містять ДСТУ і державні санітарні норми. Наприклад:

1. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – К.: Держстандарт України, 1999. – 25 с.
2. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – К.: Держстандарт України, 1999. – 25 с.
3. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: Держстандарт України, 1999. – 25 с.
4. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. – К.: МОЗ України, 2005. – 40 с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ–97). Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1–6.5.001–98. – К.: Комітет з питань гігієнічного регламентування. Національна комісія з радіаційного захисту населення України, 2000. – 135 с.

Пожежна безпека забезпечується виконанням вимог таких документів:

1. НАПБ А.01001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні; – К.: Держстандарт України, 2004. – 45 с.

2. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: Держстандарт України, 2007. – 33 с.

3. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна небезпека об'єктів будівництва; – К.: Держстандарт України, 2002. – 25 с.

4. ДБН В.1.2-7-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – К.: Держстандарт України, 2008. – 25 с.

Система стандартів безпеки праці включає комплекс взаємозв'язаних документів, які містять вимоги, норми і правила, скеровані на збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Державні стандарти України включають вітчизняні (ДСТУ), гармонізовані з європейськими (ДСТУ EN) і міжнародними (ДСТУ ISO) та міжурядові у межах СНД (ДСТУ ГОСТ) стандарти. Діючі стандарти поділяють на шість підсистем:

0 – організаційно-методичні;

1 – вимоги і норми за видами небезпечних і шкідливих виробничих чинників;

2 – вимоги безпеки до виробничого устаткування;

3 – вимоги безпеки до виробничих процесів;

4 – вимоги безпеки до засобів захисту працівників;

5 – вимоги безпеки до будинків і споруд.

Наприклад:

1. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. – К.: Держнагляд охорони праці України. Затверджено 2005-01-26.

2. НПАОП 0.00-4.21-04. Типове положення про службу охорони праці. – К.: Держнагляд охорони праці України. Затверджено 2004-11-15.

3. НПАОП 0.00-8.24-05. Перелік робіт з підвищеною небезпекою. – К.: Держнагляд охорони праці України. Затверджено 2005-01-26.

4. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять – К.: Держстандарт України, 1999. – 26 с. – (Національний стандарт України).

5. ДСТУ 2293-99. Пожежна безпека. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1999. – 18 с. – (Національний стандарт України).

6. ДСТУ ISO 13688:2001. Одяг захисний. Загальні вимоги. – К.: Держстандарт України, 2002. – 6 с. – (Національний стандарт України).

7. 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. – К.: Держстандарт України, 2002. – 16 с. – (Національний стандарт України).

Склад і зміст завдань з охорони праці, їх відображення у проектно-технологічній документації, визначено такими документами:

1. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок.

2. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

3. НПАОП 40.1-1.02-01. Правила безпечної експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій і теплових мереж.

4. НПАОП 40.1-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів.

5. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Усі питання, які розглянуто у розділі, потрібно обґрунтовувати згідно з діючою нормативно-правовою базою.

2 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ

Розділ «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» у загальному вигляді включає такі підрозділи:

1. Аналіз умов праці на підприємстві, виробничому підрозділі, робочому місці, де здійснюють роботи з впровадження нового або модернізації старого устаткування, яке розглянуто у загальній і спеціальній частинах проекту.

2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників на робочих місцях або під час виконання певних робіт.

3. Вибір техніко-організаційних заходів і засобів індивідуального захисту для запобігання впливу на працівників шкідливих і небезпечних виробничих чинників.

4. Розрахунок найважливіших технічних заходів (систем захисного заземлення, робочого освітлення, опалення та вентиляції тощо), які передбачено до впровадження у п. 3 розділу.

5. Аналіз надзвичайних ситуацій, які виникають під час експлуатації устаткування, яке розглядається у загальній і спеціальній частинах проекту.

6. Заходи з унеможливлення і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та структура забезпечення пожежної безпеки.

7. Висновки.

Кількість підрозділів, обсяг та зміст кожного самостійно визначає дипломник і погоджує з керівником проекту та консультантом з розділу. У підрозділах використовують певну інформацію з інших розділів дипломної проекту (наприклад, площі трансформаторних підстанцій, потужність та номенклатуру енергоустаткування, системи напруг і режими роботи нейтралі тощо). Розділ надається у вигляді пояснювальної і розрахункової частин.

Обсяг розділу «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» становить до 10 % від загального обсягу дипломного проекту (15 сторінок комп'ютерного тексту (Шрифт Times New Roman, 14, інтервал 1,5). У розділі наводять необхідні таблиці, рисунки, схеми, які виконано відповідно до вимог державних стандартів:

1. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки.

2. ДСТУ 3651.1-97. Метрологія. Одиниці фізичних величин.
3. ДСТУ 4163-2003. Уніфікована система організаційно-розпорядчої документації. Вимоги до оформлювання документів.

Усі літературні джерела, на які посилається автор у тексті, мають відповідну нумерацію (наприклад [1], [2]) та їх перелік у порядку появи посилань у розділі надається у кінці розділу, оформлений відповідно до:

1. ДСТУ 7.1:2006. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання.
2. ДСТУ 3582-97. Інформація та документація. Скорочення слів.

Викладач-консультант перевіряє підготовлений розділ. Розділ вважається виконаним за наявності підпису викладача-консультанту на першій сторінці розділу та титульному аркуші з темою дипломного проекту.

3 ЗМІСТ РОЗДІЛУ

3.1 Аналіз умов праці

Наводять інформацію про загальні і локальні чинники, які визначають умови праці на робочому місці [5.1]. Визначають місця виконання робіт, рівень важкості і напруженості праці. На плані вказують розміщення основного електричного і теплового устаткування та допоміжного (система власних потреб, газо-, водопроводи, насоси, тощо). У разі проведення реконструкції потрібно охарактеризувати наявне устаткування, організацію робочих місць та обґрунтувати прийняті рішення після реконструкції з точки зору покращення та оздоровлення умов праці. Вказують характеристики системи енергопостачання, рівень напруги і потужність енергоустаткування, режими його роботи і споживання певних видів енергії на власні потреби. Вказують марки, паспортні дані, рік виготовлення і технічні характеристики устаткування: для електроустановок – напругу живлення (В), потужність (кВА), схему з'єднання обмоток. Для посудин, що працюють під тиском –

робочий і розрахунковий тиск (МПа), пробний тиск (МПа), допустимі робочі температури стінки, (°C), маса посудини, (кг). Аналізують стан робочого освітлення, повітряного виробничого середовища, наявність електростатичних і електромагнітних полів, параметри мікроклімату, потребу у роботі з хімічними речовинами певного класу небезпеки, нафтопродуктами та іншими твердими і рідкими речовинами, наявність пилу і аерозолями. Визначають категорію приміщень за умовами електробезпеки.

Оцінку важкості трудового процесу здійснюють на підставі обліку фізичного статичного і динамічного навантаження, маси вантажу, що піднімається і переміщується, загального числа стереотипних робочих рухів, робочої пози, ступеню нахилу корпусу, переміщень в просторі [5.1].

Оцінка напруженості трудового процесу здійснюють на підставі обліку факторів, які характеризують напруженість праці, а саме, інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності праці, режим роботи, необхідність у використанні комп'ютеру тощо [5.1].

3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників

Будь яка виробнича безпека пов'язана з наявністю певного комплексу небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

У підрозділі аналізують виробничі чинники, які впливають на працівників у ході експлуатації енергетичного устаткування, електричних і теплових мереж, трансформаторних підстанцій (відповідно до змісту загальної і спеціальної частини дипломного проекту) і встановлюють ступень їх небезпечності або шкідливості [5.2].

Ступінь шкідливості умов праці встановлюють за величиною і видом струму та напруги; за величиною перевищення граничнодопустимих рівнів електромагнітних полів та випромінювань; за параметрами радіаційного фактора відповідно до норм радіаційної безпеки; за показниками природного та штучного освітлення. Також залежно від особливостей основного

виробництва ступень шкідливості потрібно визначити за величиною перевищення граничнодопустимих концентрацій шкідливих речовин; класом та ступенем шкідливості чинників біологічного і хімічного походження; від величин перевищення нормативів шуму, вібрації, інфра- та ультразвуку; за показниками мікроклімату, який визначають з врахуванням категорії важкості праці за рівнем енергозатрат або за інтегральним показником теплового навантаження середовища. За результатами аналізу визначають клас умов праці (оптимальні, допустимі, шкідливі) відповідно до [3.14].

3.3 Вибір заходів і засобів з охорони праці

Заходи з охорони праці поділяють на технічні та організаційні. Серед *технічних* розглядають заходи, пов'язані з безпекою експлуатації енергетичного устаткування, систем освітлення, опалення, вентиляції, електричних мереж, трансформаторів і конденсаторних батарей та іншого устаткування, яке розглядають у проекті. Вказують відповідні державні стандарти, нормативні документи, технічну документацію та іншу нормативну літературу.

У дипломних проектах головну увагу приділяють безпеці експлуатації систем електроспоживання, електроустановок та теплового устаткування. Електроустановки поділяють за видом струму, частоти, потужності. Електричні мережі можуть бути однофазними, трифазними, трифазними чотири або п'яти провідними і відрізнятися режимом роботи нейтралі (ізольована, компенсована, заземлена, глухо заземлена). Технічні заходи в електроустановках залежать від категорії приміщення щодо небезпеки ураження електричним струмом та характеру середовища у приміщення [5.2]. Потрібно вибрати відповідні засоби захисту від прямого і непрямого дотику у нормальному режимах роботи електроустановок. Обґрунтувати доцільність запропонованих заходів (захисне заземлення, застосування малих напруг,

блокувальні пристрої тощо). Вибрати необхідний тип електропроводки, спосіб її прокладання для енергоустановок у приміщеннях. Здійснити відповідно до вимог [4.3–4.5] маркування всіх електроустановок і встановити відповідні знаки безпеки. Обґрунтувати заходи щодо зменшення напруги кроку та напруги дотику до електроустановок.

У теплорозподільчих системах використовують посудини, що працюють під тиском (парові і водогрійні котли, теплообмінники, апарати, трубопроводи пари і гарячої води). Основним нормативним документом, котрий регламентує вимоги безпеки до проектування, будови, виготовлення, монтажу, ремонту, реконструкції, налагодження та експлуатації посудин, що працюють під надлишковим тиском, є [3.30]. Відповідно до вимог кожна посудину потрібно обладнати: вентилям, краном чи іншим пристроєм для контролю відсутності тиску перед її відкриванням; штуцерами для наповнення, зливу води і видалення повітря під час гідравлічних випробувань.

Керування роботою і безпеку умов експлуатації посудини, залежно від їх призначення, забезпечують такі засоби:

- запірні і запірно-регулювальна арматура;
- прилади для вимірювання тиску, температури, рівня рідини;
- запобіжні прилади.

Запірну і запірно-регулювальну арматуру встановлюють на патрубках зовнішнього входу і виходу живлячих систем.

Усі посудини, що працюють під тиском, повинні мати манометри класу точності не менш як 1,5 або 2,5 за робочого тиску більш як 25 МПа і менш як 25 МПа відповідно. Розміщення манометра проектують на висоті не більш як три метри над рівнем площадки спостереження.

Посудини потрібно обладнати запобіжним пристроєм проти включення посудини під тиск за наявності відкритих швидко знімних пристроїв або у разі можливості відкривання пристрою за наявності тиску у посудині. З метою попередження підвищення тиску понад допустимий посудини

обладнують запобіжними клапанами (пружинними, важільно-вантажними, імпульсними непрямої дії, мембранними).

У підрозділі залежно від виду електроустановки або посудини, що працює під тиском, потрібно вибрати певні технічні запобіжні засоби і вказати відповідні марки, технічні характеристики, їх кількість і місця встановлення.

Організаційні заходи передбачають:

- наявність відповідної кваліфікації у працівників [4.3–4.5];
- проведення навчання та інструктажів з охорони праці [2.4, 3.10, 3.11, 3.21, 3.22];
- встановлення порядку виконання щоденних, монтажних, ремонтно-профілактичних робіт [3.23, 4.6–4.8];
- розробку програм з унеможливлення надзвичайних ситуацій, проведення аварійно-рятувальних робіт, додання наслідків аварійних ситуацій, з пожежної безпеки [2.7, 3.18, 4.9].

Засоби індивідуального захисту вибирають відповідно до [3.9, 3.13, 5.1]. Передбачається здійснити вибір відповідних індивідуальних засобів захисту:

- захисний одяг: технологічний, від знижених або підвищених температур, ізолювальний, герметичний, електроізолювальний;
- 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; випромінювань: термічних, електромагнітних тощо.

– засоби захисту органів дихання: респіратори протипилові і проти аерозольні; противаги з відповідними фільтрами;

– засоби для роботи на висоті: пояси.

У підрозділі наводять кількість і марки відповідних засобів, призначених для робіт, які визначено у підрозділі 3.1. Кількість і термін експлуатації засобів індивідуального захисту визначають відповідно до призначення, умов експлуатації, рекомендацій виробника.

У разі робіт під напругою або в електроустановках, які можуть опинитися під напругою у результаті помилкових дій персоналу, для працівників потрібно передбачити електроізолювальні засоби захисту і індивідуальні вимірювальні прилади (ізолювальні кліщі, покажчики напруги, інструмент з ізолювальним покриттям тощо), вказавши вид, марку і кількість засобів [4.6, 5.2].

3.4 Розрахунок технічних заходів з охорони праці

Наводять розрахунок певних технічних заходів, потреба у впровадженні яких визначена у підрозділі 3.3. Вибирають відповідне устаткування, конструкцію, режими роботи, граничні показники за шкідливістю технологічного процесу [5.2, 5.4].

Залежно від теми дипломного проекту рекомендовано виконувати такі розрахунки:

1. *Перевірочний розрахунок системи опалення виробничих та офісних приміщень.* Обґрунтувати вибір системи опалення, кількість і потужність опалювальних приладів [5.5]. Провести аналіз показників системи опалення з позицій санітарно-гігієнічної та протипожежної безпеки [3.3, 3.8, 3.18–3.20, 4.2]. Навести план розміщення опалювальних приладів у приміщеннях.

2. *Вибір і розрахунок технічних засобів безпеки* (захисні огорожі, запобіжні пристосування, блокувальні пристрої, засоби сигналізації та

індикації, засоби автоматизації та механізації). Обґрунтувати вибір відповідних заходів безпеки від прямого дотику. Навести принципову електричну схему пристрою та описати його роботу [5.5].

3. *Розрахунок заходів пожежної безпеки* (вогнестійких конструкцій будівель, шляхів евакуації, систем автоматизованого пожежотушіння). Обґрунтувати потребу у встановленні протипожежних перепон та перекриттів, вибір установок пожежогасіння. Розробити плани та конструктивні рішення шляхів евакуації. Визначити необхідну кількість та місця розташування первинних засобів пожежогасіння. Запропонувати протипожежне водопостачання у виробничі будівлі та інші питання пожежного захисту [5.5].

4. *Розрахунок системи кондиціонування повітря*. Аргументувати потребу у застосуванні кондиціонування повітря. Вибрати тип і марку кондиціонера. Розрахувати параметри мікроклімату під час застосування кондиціонера [5.5].

5. *Розрахунок вентиляції виробничого приміщення*. Визначити параметри мікроклімату, які потрібно забезпечити у виробничому приміщенні. Висвітлюють питання щодо вибору систем опалення (індивідуальне, центральне, електричне, акумуляційне) та устаткування припливно-витяжної загально обмінної вентиляції, різних типів місцевої припливної (повітряні душі, теплові завіси) та місцевої витяжної вентиляції (витяжні шафи, панелі). Обґрунтовують вибір систем вентиляції з санітарно-гігієнічної та протипожежної безпеки [5.2, 5.5]. Приклад розрахунку наведено у додатку В.

6. *Розрахунок штучного освітлення виробничого приміщення*. У проектуванні освітлювальних установок, дотримуючись норм та правил освітлення, обґрунтовують потребу у реконструкції або встановленні додаткових освітлювальних пристроїв. У ході розрахунку визначають світлотехнічні показники (освітленість, світловий потік та ін.), електричні характеристики (потужність, перетин живлячої мережі тощо), конструктивні

елементи (вид і тип джерел світла та світильників). Наводять план приміщення з раціональним розташування джерел світла [5.6].

7. *Перевірочний розрахунок природного освітлення.* У приміщеннях, де встановлено тимчасові робочі місця або не передбачено постійного персоналу, визначають потребу у достатності систем природного освітлення, передбачаючи достатню кількість та площу світлових отворів [5.2].

8. *Розрахунок зони захисту блискавковідводу.* Аналізують інтенсивність грозової діяльності у місцевості, де розташовано енергоукомплектування, належність будівель і споруд до відповідного класу за вибухопожежною небезпекою згідно до [4.2]. Визначають зону захисту А чи Б) та категорію блискавкозахисту (I, II, III), будівель та споруд, які планують захисти. Обґрунтовують вибір типу блискавковідводів, визначають висоту та зону їх захисту. Розраховують опір заземлювального пристрою блискавковідводу [5.4].

9. *Розрахунок звукоізоляції.* Визначають джерела шуму та розраховують сумарний очікуваний рівень шуму на робочих місцях. Обґрунтовують вибір певних технічних заходів. Технічні заходи дають змогу суттєво зменшити вплив шуму на працівників і поділяються на:

- заходи, котрі використовують у джерелі виникнення (конструктивні та технологічні);
- заходи, котрі ефективні на шляху розповсюдження звукової хвилі (звукоізоляція, звукопоглинання, глушники шуму, звукоізоляційні укриття);
- заходи, котрі захищають у зоні сприйняття (засоби індивідуального захисту).

Вибрати і розрахувати захисту дію найефективнішого технічного засобу [5.5].

10. *Оцінка ефективності акустичної обробки приміщення.* Провести розрахунок очікуваний рівень шуму на робочих місцях після впровадження певних технічних заходів на шляху розповсюдження (звукоізоляція, звукопоглинання, глушники шуму, звукоізоляційні укриття) звука.

Обґрунтувати доцільність здійснених заходів за санітарно-гігієнічними нормативами шумів та економічними показниками

11. *Розрахунок інтенсивності електромагнітних полів на робочому місці.* Визначають джерела електромагнітних полів, їх розташування у зоні робочого місця. Оцінюють їх рівні за показниками напруженості електричного і магнітного поля. Обґрунтовують потребу у застосуванні екранів та інших захисних засобів [5.2].

12. *Розрахунок захисного заземлення.* Головний вид захисту від непрямого дотику у електричних мережах – захисне заземлення, яке використовуються для всіх видів електроустановок. Приклади розрахунків наведено у додатках А, Б.

3.5 Аналіз надзвичайних ситуацій

Експлуатація енергоустановок може призвести до виникнення аварійних режимів, зумовлених:

- обривом проводів і кабелів;
- коротким замиканням між струмовідними частинами і землею;
- вибухами трубопроводів, посудин, що працюють під тиском, котлів, вибухонебезпечних речовин;
- розрядами статичної електрики;
- розливами води, радіоактивних і хімічно-активних речовин, нафти і нафтопродуктів;
- пожежами.

Небезпека експлуатації систем, що працюють під тиском, полягає у можливості їх розгерметизації і вибухів. Наслідками розгерметизації можуть бути отруєння людей та пожежі. Наслідками вибуху можуть бути виробничі травми (механічні пошкодження, опіки, отруєння), руйнування будівель і споруд, пожежі.

Можна виокремити такі причини аварій систем, що працюють під тиском:

- неправильна конструкція установки через помилки у розрахунках проектувальника, під час виготовлення або монтажу;
- порушення умов експлуатації через використання устаткування не за призначенням або не у таких умовах, які визначено у технічному паспорті;
- порушення технологічного режиму може відбутися під час експлуатації за підвищених значень тиску чи температури, які перевищують допустимі номінальні параметри;
- несправність арматури і контрольно-вимірювальних приладів;
- зменшення товщини стінок котлів і труб через корозію та інші фактори.

Аналізують можливості виникнення надзвичайних ситуацій та впроваджують технічні і організаційні заходи з метою їх унеможливлення або ліквідації [2.7]. Аналізують, які автоматизовані системи або прилади відключать енергоустановки у разі виникнення аварії. Розробляють програму дій персоналу у надзвичайних ситуаціях, яка передбачає здійснення робіт у три етапи:

- пошук і ліквідація місця виникнення аварії;
- ліквідація наслідків аварії;
- ліквідація після аварійних забруднень.

Кожен етап характеризується комплексним впливом шкідливих речовин, які відрізняються і за концентрацією і за своїм кількісним складом.

Етап пошуку та ліквідації в місцях аварій характеризується невизначеністю видів і рівнями дії шкідливих факторів. У зоні аварії може поєднуватися низка небезпечних факторів, наприклад: пожежа, радіонуклідний пил, рідинні або газоподібні хімічні речовини. Під час виконання робіт на цій стадії необхідно користуватись універсальними

засобами індивідуального захисту, з максимальними захисними рівнями, з автономними джерелами очищення та подачі повітря.

Друга стадія робіт – ліквідація наслідків аварії може характеризуватися такими явищами, як: висока концентрація парів токсичних речовин (оксиди азоту, сірки, ртуті, хлору та ін.); контактом з рідинними розливами хімічних речовин (води, нафти та нафтопродуктів, неорганічних кислот і лугів, органічних розчинників); довго тривалістю робіт. Для виконання таких робіт треба використовувати засоби індивідуального захисту спеціального призначення (протигази, респіратори, фільтрувальний та ізолювальний одяг і взуття).

Третя стадія робіт пов'язана з ліквідацією залишкових явищ, тобто очищенням території від забруднень, дезактивацією місцевості й устаткування, розбиранням завалів та ін. У виконанні таких видів робіт, ефективно використовувати разові засоби індивідуального захисту з відповідними захисними властивостями (одяг, рукавички, респіратори, взуття).

Вибирають засоби індивідуального захисту, котрі призначено для здійснення робіт на всіх стадіях аварії [5.1].

3.6 Заходи з унеможливлення і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та структура забезпечення пожежної безпеки

У підрозділі 3.1 наведено інформацію щодо видів енергії, яка споживається, матеріалів, з яких виготовлено устаткування та споруди. Така інформація дає можливість на стадії проектування передбачити заходи, які унеможливають виникнення пожеж, вибухів, руйнування будівель, а також розробити заходи та засоби щодо ліквідації пожеж і своєчасній безпечній евакуації працівників з робочого місця.

Визначення категорії приміщень і будівель за вибухово-пожежною і пожежною небезпекою є основою для встановлення нормативних вимог у розробці заходів з пожежної безпеки. Під час визначення категорії

приміщень за вибухово-пожежною небезпекою, відповідно до [3.18, 4.2], потрібно знати технологічний процес, ступінь вибуховості, температуру займання та спалаху речовин і матеріалів. Основним заходом попередження пожеж та вибухів під час експлуатації тепло- та електроустановок є їх установка у вибухово- і пожежобезпечних приміщеннях. У таких приміщеннях відповідно до їх площі і розташування устаткування визначають безпечні шляхи для евакуації працівників у разі виникнення пожежі. Шляхи евакуації задовольняють вимогам безпеки тільки за умови, що їхня ширина і граничні відстані до устаткування відповідають нормативним вимогам [3.18].

Пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно-технічних заходів.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також під час гасіння пожеж у початковій стадії розвитку працівники підприємства застосовують *первинні засоби* пожежогасіння. До них належать: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна або товсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, лопати), пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири тощо). Кожне приміщення, ділянка, цех, транспортні засоби забезпечують такими засобами відповідно до норм. Зазвичай первинні засоби пожежогасіння розміщують на пожежних щитах або стендах, які встановлюють на території об'єкта проектування, а саме: один щит (стенд) на площу до 5 000 м².

Швидке виявлення пожежі, своєчасний виклик пожежних підрозділів та оповіщення про пожежу працівників, котрі перебувають у зоні можливої небезпеки, дає змогу ефективно локалізувати осередків пожежі, здійснити евакуацію працівників та заходи щодо гасіння пожежі. Виконання усіх перелічених вище умов та заходів можливо реалізувати тільки у разі впровадження у приміщеннях підприємства системам автоматичної пожежної сигналізації та оповіщення. До складу будь-якої системи

автоматичної пожежної сигналізації входять пожежні сповіщувачи, приймально-контрольний прилади, оповіщувачи пожежної тривоги (речові, акустичні, акустично-світлові, електронні та інші) та автономне джерело електроживлення.

Розробку системи протипожежного захисту, вибір типу окремих елементів системи та алгоритмів їх функціонування виконують з урахуванням технологічних та архітектурно-будівельних особливостей об'єкта проектування та вимог пожежної безпеки.

Основними елементами *водяного устаткування* пожежогасіння на об'єктах є пожежні гідранти, пожежні крани, пожежні рукави, насоси та ін. Пожежні гідранти (спеціальні пожежні крани) використовують для відбору води із зовнішнього водопроводу. Вони можуть бути підземного чи наземного виконання. Зазвичай у населених пунктах і на території підприємств встановлюють підземні гідранти, які не замерзають зимою і не заважають руху транспорту та працівників. Пожежні гідранти розташовують уздовж автомобільних доріг на відстані 150...200 м один від одного, та не ближче як 5 м від зовнішніх стін будівель і не далі як 2,5 м від краю проїжджої частини дороги.

Для гасіння великих загорянь у приміщеннях категорій А, Б і В, застосовують *стаціонарні установки пожежогасіння*. Стаціонарні установки пожежогасіння мають апарати, трубопроводи та устаткування, які розміщують на постійних місцях і призначені для подачі вогнегасних речовин до місць займання. Такі установки поділяються на автоматичні, напівавтоматичні та ручні.

Нині найпоширене застосування мають автоматичні установки пожежогасіння, які призначено до: виявлення осередку пожежі; забезпечення подачі та розбризкування вогнегасної речовини всередині приміщення; оповіщення про пожежу.

Вказують основні *організаційні заходи*, щодо профілактики і навчання з питань пожежної безпеки, до яких належать: вдосконалення та координація

пожежно-профілактичної роботи, розробки комплексних заходів щодо організації пожежної безпеки, наявність разових засобів індивідуального захисту для саморятування під час пожежі і засобів індивідуального захисту багаторазового використання для тривалого знаходження у зоні задимлення або загазованості.

3.7 Висновки

У висновках наводять основні технічні та організаційні заходи з охорони праці і виробничої безпеки та перелік засобів індивідуального захисту, які проєктант запропонував до використання.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основні законодавчі акти

1.1 Закон України. Про охорону праці.

1.2 Кодекс законів про працю України.

1.3 Закон України. Основи законодавства України про охорону здоров'я.

1.4 Закон України. Про пожежну безпеку.

1.5 Закон України. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку.

1.6 Закон України. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення.

1.7 Закон України. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності.

1.8 Закон України. Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності.

1.9 Закон України. Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності.

2. Державні нормативно-правові акти

2.1 Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 р. № 1112.

2.2 НПАОП 0.00-4.03-04. Положення про Державний реєстр нормативно-правових актів з питань охорони праці. Наказ Держнагляддохоронпраці від 08.06.2004 р. № 151.

2.3 НПАОП 0.00-4.09-07. Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства. Наказ Держгірпромнагляду від 21.03.2007р. № 55.

2.3 НПАОП 0.00-4.11-07. Типове положення про діяльність уповноважених найманими працівниками осіб з питань охорони праці. Наказ Держгірпромнагляду від 21.03.2007 р. № 56.

2.4 НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Наказ Держнагляддохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15.

2.5 НПАОП 0.00-4.15-98. Положення про розробку інструкцій з охорони праці. Наказ Держнагляддохоронпраці від 29.01.1998 р. № 9.

2.6 НПАОП 0.00-4.21-04. Типове положення про службу охорони праці. Наказ Держнагляддохоронпраці від 15.11.2004 р. № 255.

2.7 НПАОП 0.00-4.33-99. Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій. Наказ Держнагляддохоронпраці від 17.06.1999 р. № 112.

2.8 НПАОП 0.00-6.03-93. Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві. Наказ Держнагляддохоронпраці від 21.12.1993 р. № 132.

2.9 НПАОП 0.00-6.13-05. Порядок організації державного нагляду за охороною праці та гірничого нагляду в системі Держнагляддохоронпраці України. Наказ Держнагляддохоронпраці від 30.03.2004 р. № 92.

3. Основні нормативні документи

- 3.1 ДБН В.2.5-28-2006. Державні будівельні норми. Природне і штучне освітлення.
- 3.2 ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.
- 3.3 ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 3.4 ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
- 3.5 ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
- 3.6 НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. Наказ Держгірпромнагляду від 26.03.2010р. № 65.
- 3.7 ДСанПіН 3.3.2.007–98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.
- 3.8 СНіП 2.04.05.91. Державні санітарні правила і норми. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря.
- 3.9 НПАОП 0.00-2.23-04. Перелік заходів та засобів з охорони праці, витрати на здійснення та придбання яких включаються до валових витрат. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 червня 2003 р. № 994.
- 3.10 НПАОП 0.00-8.24-05. Перелік робіт з підвищеною небезпекою. Наказ Держнагляддохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15.
- 3.11 Перелік робіт, де є потреба у професійному доборі. Наказ МОЗ України та Держнагляддохоронпраці України від 23.09.1994 р. № 263/121.
- 3.12 ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
- 3.13 ДСТУ 4676:2006. Засоби індивідуального захисту.
- 3.14 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості

трудового процесу. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 06 травня 2014 р. за N 472/25249.

3.15 ДБН 2.09.04-87. Державні будівельні норми. Адміністративні та побутові будівлі.

3.16 ДБН В.2.5-56:2010. Державні будівельні норми. Системи протипожежного захисту.

3.17 ДБН В.2.2-9-99. Державні будівельні норми. Громадські будинки і споруди. Основні положення.

3.18 ДБН В.2.2-15-2005. Державні будівельні норми. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.

3.19 Рекомендації щодо організації роботи кабінету промислової безпеки та охорони праці. Затверджені Головою Держгірпромнагляду 16.01.2008 р.

3.20 Рекомендації щодо побудови, впровадження та удосконалення системи управління охороною праці. Затверджені Головою Держгірпромнагляду 7.02.2008 р.

3.21 Перелік професій, виробництв та організацій, працівники яких підлягають обов'язковим профілактичним медичним оглядам. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 травня 2001 р. № 559.

3.22 Директива Ради Європейських Співтовариств 89/391/ЕЕС. Про впровадження заходів, що сприяють поліпшенню безпеки й гігієни праці працівників.

3.23 Конвенція МОП 187. Про основи, що сприяють безпеці й гігієні праці.

3.24 Міжнародний стандарт SA8000: 2001. Соціальна відповідальність. SAI SA8000: 2001 Social Accountability International.

3.25 Міжнародний стандарт ISO 26000:2010. Настанова по соціальній відповідальності. ISO 26000: 2010 (Draft) Guidance on Social Responsibility.

3.26 Міжнародний стандарт OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems – Requirements. Системи менеджменту охорони праці – Вимоги.

3.27 Міжнародний стандарт OHSAS 18002. Guidelines for the implementation of OHSAS 18001. Настанова по впровадженню OHSAS 18001.

3.28 ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови і безпечної експлуатації посудини, що працюють під тиском (зі змінами від 11.07.97р.).

4. Основні нормативні документи з електробезпеки

4.1 НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Цей документ затверджений Мінпраці України і включає деякі питання електричного освітлення та обладнання спеціальних установок зі змінами і доповненнями відповідно до чинних в Україні і міжнародних нормативних актів.

4.2 Правила улаштування електроустановок. Правила улаштування електроустановок.. Розділ 1.7. Заземлення і захисні заходи безпеки. (ПУЕ – 2006), введений з 1.01. 2007 р. – Харків: Форт, 2010. – 736 с.

4.3 НПАОП 40.1-1.01-97 (ДНАОП 1.1.10-1.01-97). Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Встановлено вимоги щодо безпечної експлуатації електроустановок напругою до 500 кВ.

4.4 ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Визначає вимоги з безпечної експлуатації електроустановок споживачів напругою до 220 кВ.

4.5 Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Визначає основні організаційні і технічні вимоги до експлуатації діючих електроустановок споживачів напругою до 150 кВ включно.

4.6 ДНАОП 1.1.10-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів. Встановлює вимоги до потрібного переліку електрозахисних засобів, до зберігання, випробування, перевірки стану та користування залежно від умов праці.

4.7 ДНАОП 0.00-8.19-99. Порядок проведення опосвідчення електроустановок споживачів.

4.8 ДНАОП 0.00-8.20-99. Порядок проведення експертизи електроустановок споживачів.

4.9 ДБН В. 1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

4.10 ДБН В.2.5-23-2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.

5. Основна література

5.1 Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. – К.: Лібра, 2008. – 317 с.

5.2 Ткачук К.Н. Охорона праці і промислова безпека / К.Н. Ткачук, В.В. Зацарний, М.Ф. Каштанов, Л.Д. Третьякова та ін. // К.: Лібра, 2010. – 425 с.

5.3 Энергетический менеджмент / А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко и др. // К.: ІЕЕ НТУУ КПІ, 2001. – 472 с.

5.4 Третьяков О.В. Охорона праці / О.В. Третьяков, В.В. Зацарний, В.Л. Безсонний // Харків, УЦЗУ, 2009. – 436 с.

5.5 Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін. – Л.: Афіша, 2000. – 348 с.

5.6 Третьякова Л.Д. Розрахунок штучного освітлення. Методичні вказівки до виконання розрахункових завдань на практичних заняттях з дисципліни «Основи охорони праці» / Л.Д. Третьякова, І.І. Чернушак, Т.Є. Луц. – Електронний ресурс. К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 76 с.

6. Інтернет-ресурси

6.1 <http://www.dnopr.kiev.ua> - Офіційний сайт Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду (Держгірпромнагляду).

6.2 <http://www.mon.gov.ua> - Офіційний сайт Міністерства освіти і науки, України.

6.3 <http://www.mns.gov.ua> - Офіційний сайт Міністерства надзвичайних ситуацій України.

6.4 <http://base.safework.ru/iloenc> - Енциклопедія по охроне и безопасности труда МОТ.

6.5 <http://base.safework.ru/safework> - Библиотека безопасного труда МОТ.

- 6.6 <http://www.nau.ua> - Інформаційно-пошукова правова система «Нормативні акти України (НАУ)».
- 6.7 <http://www.budinfo.com.ua> - Портал «Україна строительная: строительные компании Украины, строительные стандарты: ДБН ГОСТ ДСТУ».
- 6.8 <http://www.oxpaha.ru> - ОХРАНА. Интернет-газета о безопасности.
- 6.9 <http://www.tehdoc.ru> - Интернет-проект «Техдок.ру» - ресурс, посвященный вопросам охраны труда и промышленной безопасности.
- 6.10 <http://www.kodeks-luks.ru> - Нормативные документы в области охраны труда:
- 6.11 <http://www.gazeta.asot.ru> - Электронная версия газеты «Безопасность Труда и Жизни».
- 6.12 <http://www.dnopr.kiev.ua> - Офіційний сайт Державної служби Держгірпромнагляду.
- 6.13 2. <http://www.nau.ua> - Інформаційно-пошукова правова система «Нормативні акти України (НАУ)».
- 6.14 3. <http://opcb.kpi.ua> - Сайт кафедри ОППЦБ.

Додаток А

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЮВАЛЬНОГО ПРИБРОЮ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРУГОЮ БІЛЬШ ЯК 1 000 В

1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗАЗЕМЛЮВАЛЬНОГО ПРИБРОЮ

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 $R_{доп}$ визначають за інформацією, наведеною у [4.2]. У розрахунках можна прийняти величину $R_{доп}$ 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:

$$R_{доп} \leq U_d(t_c) / (I_{зз} \cdot \alpha_1),$$

де U_d – допустима напруга дотику (табл. А1); α_1 – коефіцієнт напруги дотику ($\alpha < 1$).

Таблиця А1. Допустимі значення напруги дотику в електроустановках з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю

Тривалість дії (не більш як), t_c, c	0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	1,0...5,0
Напруга дотику,	500	400	200	130	100	65

$U_d, В$						
----------	--	--	--	--	--	--

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 з для ЕУ усіх рівнів напруги; приймають одношарову структуру ґрунту;

– метод наведених потенціалів, який застосовують для розрахунку складних заземлювачів з $R_{шт} < 2$ Ом для ЕУ з напругою більш як 1 кВ з великим I_{33} ; приймають двошарову структура 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. А1) або на деякій відстані від ЕУ (виносні ЗП).

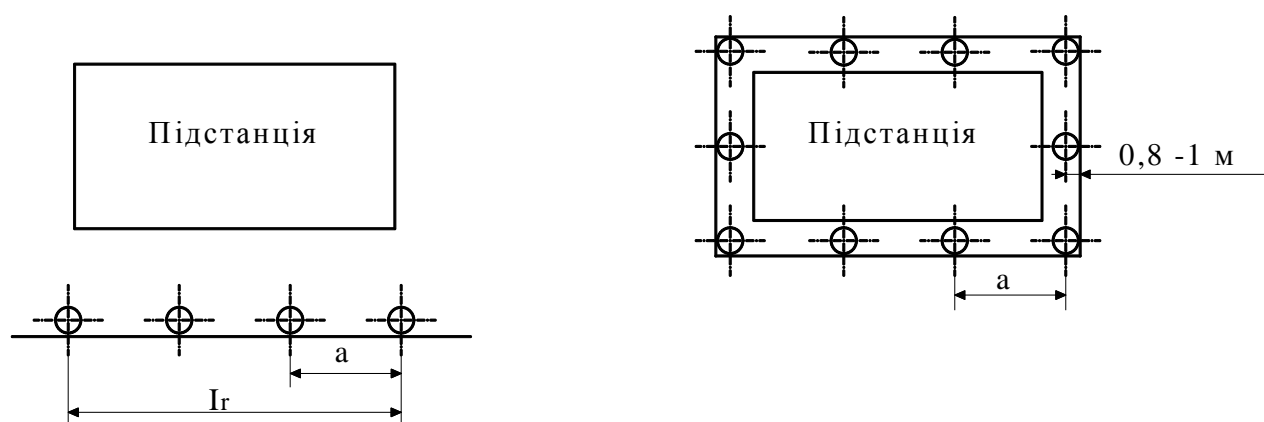


Рис. А1. План розміщення електродів заземлювача:

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; прутки зі сталі круглого перерізу діаметром не менш як 10 мм, довжиною 3, 4 або 5 м; сталь у вигляді кутника (40x40, 60x60) 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 (4x12) 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. А2, для ГЗ коефіцієнти сезонності наведено у табл. А3.

Таблиця А2. 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...80 %); ψ_3 – за сухого ґрунту (< 40 %).

Таблиця А3. 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. А2). 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...0,8 м (рис. А2).

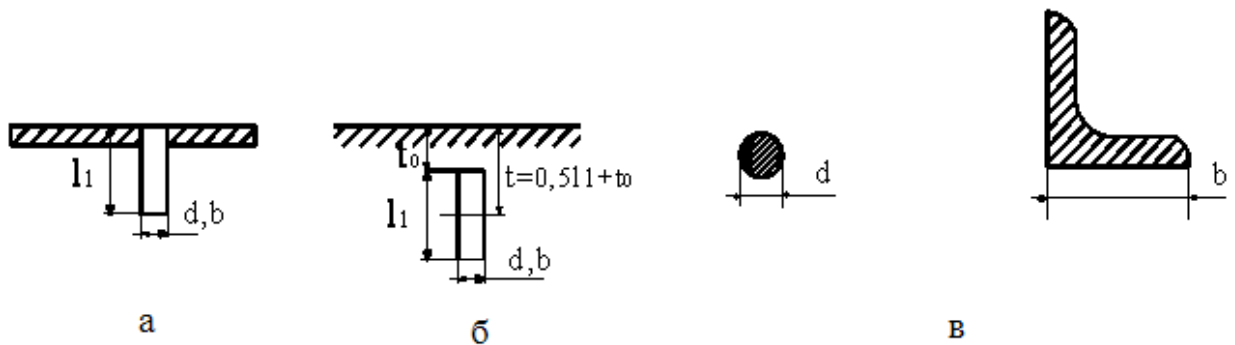


Рис. А2. Розміщення ВЗ у ґрунті (а, б), перерізи ВЗ (в):

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

$$R_{В1} = \frac{\rho_{розр}}{2 \cdot \pi \cdot l_1} \left(\ln \frac{2 \cdot l_1}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_1}{4t - l_1} \right);$$

де $\rho_{розр}$ – 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

$$R_{\text{В1}} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot l_1} \left(\ln \frac{2,1 \cdot l_1}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t + l_1}{4,2t - l_1} \right).$$

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

– круглого перерізу

$$R_{\text{В1}} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{(2\pi l_1)} \cdot \ln(4l_1 / d);$$

– кутникового перерізу

$$R_{\text{В1}} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{(2,1\pi l_1)} \cdot \ln(4,2l_1 / b).$$

У разі, якщо $R_{\text{В1}} \leq R_{\text{шт}}$, то достатньо одного електрода.

У разі, якщо $R_{\text{В1}} > R_{\text{шт}}$, то потрібно паралельно сполучити декілька ВЗ.

4.6 Визначення потрібної кількості вертикальних заземлювачів

Потрібну кількість ВЗ визначаємо за формулою:

$$n' = R_{\text{В1}} / (R_{\text{шт}} \eta_e),$$

де $\eta_e \leq 1$ – 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 А4 вибираємо фактичне значення коефіцієнту екранування.

Таблиця А4. 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 η_{ef} .

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. А3.

У разі виконання умов

$$l_{\Gamma} \geq 4t_{\Gamma},$$

$$l_{\Gamma} \geq d_{\Gamma},$$

опір струму розтікання ГЗ круглого перерізу можна визначити за формулою:

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

Опір струму розтікання ГЗ прямокутного перерізу

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

У разі виконання умов

$$l_{\Gamma} \geq 4t_{\Gamma}, \quad l_{\Gamma} \geq 4b_{\Gamma}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{(2\pi l_{\Gamma})} \cdot \ln(4l_{\Gamma} / b_{\Gamma}).$$

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

$$R_{\text{шт}}' = \frac{R_{\text{ВЗ}} \cdot R_{\Gamma}}{(R_{\text{ВЗ}} \cdot \eta_{\text{Геф}} + R_{\Gamma} \cdot n \cdot \eta_{\text{Веф}})},$$

де $\eta_{\text{Веф}}$ – фактичний коефіцієнт екранування ВЗ, який визначено у п. 4.7;

$\eta_{\text{Геф}}$ – коефіцієнт використання ГЗ з урахуванням ВЗ (табл. А5).

Таблиця А5. 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 проектування, заземлювального устаткування, конструкції заземлювачів та їхнього розташування.

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ
ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРУГОЮ ДО 1 000 В З
ГЛУХОЗАЗЕМЛЕНОЮ НЕЙТРАЛІЮ**

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 $I_{КЗ}$ 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

$$I_{КЗ} \geq \kappa_{С.ДОП} \cdot I_{НОММЗС} \geq 3I_{ПЛ.ВСТ}^{НОМ},$$

де $\kappa_{С.ДОП}$ – допустима кратність струму однофазного короткого замикання;
 $I_{ПЛ.ВСТ}^{НОМ}$ – номінальний струм плавкої вставки;

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

$$I_{КЗ} \geq 1,25I_{АВТ}^{НОМ},$$

де $I_{АВТ}^{НОМ}$ – номінальний струм автоматичного пристрою.

Розрахункова формула для визначення $I_{КЗ}$ має вигляд:

- для системи електропостачання:

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

де U_{Φ} – фазна напруга, В; r_{Φ} , $r_{н}$, r_{TP} – відповідно активний опір фазного, нульового проводів і трансформатора, Ом; x_{Φ} , $x_{н}$, 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):

$$I_{КЗ} = U_{\Phi} / \left(\sqrt{(r_{\Phi} + r_{PE})^2 + (x_{\Phi} + x_{PE} + x_{ЗВ})^2} + Z_{TP} / 3 \right),$$

де $x_{зв}$ – зовнішній реактивний опір петлі фаза-нуль; $Z_{тр}$ – повний опір трансформатора, Ом (табл. Б1, Б2);

– для кабельних мереж (КЛ):

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

Таблиця Б1. Повний опір масляних трансформаторів

Потужність трансформатору, кВА	$Z_{тр}$ 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 Б2. Повний опір сухих трансформаторів

Потужність трансформатору, кВА	$Z_{тр}$ 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_3' (табл. Б3) 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 Б3. 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

$$K_C = I_{\text{кз}} / I_{\text{номМЗС}} \geq K_{\text{С.ДОП.}}$$

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.

3 РОЗРАХУНОК НАПРУГИ НА КОРПУСІ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ

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

$$U_K = I_{\text{кз}} \cdot Z_3 \leq U_D(t_c),$$

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

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

– 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 спрацьовування t_c ;
- зменшити Z_3 , збільшивши площу перерізу захисного проводу;
- застосувати повторне заземлення захисного проводу.

За наявності повторного заземлення захисного проводу напруга на корпусі ЕУ U_K визначають за формулою:

$$U_K = I_{\text{кз}} \cdot \frac{Z_3 \cdot r_{\text{П}}}{r_{\text{П}} + Z_3} \leq U_D(t_c),$$

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:

$$r_{\Pi} \leq R_{\text{В1}} / n,$$

де n – кількість повторних заземлювачів.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАГАЛЬНОЇ ШТУЧНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ

Алгоритм розрахунку штучної вентиляції має таку послідовність:

- вибір типу вентиляції;
- визначення потрібного повітрообміну;
- визначення кратності повітрообміну;
- розрахунок потужності електродвигуну вентилятора;
- вибір технічних характеристик електродвигуну.

2 РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОГО ПОВІТРООБМІНУ ЗА ВІДСУТНОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

Визначення потрібного повітрообміну під час застосування загальнообмінної вентиляції залежить від певних показників умов праці.

Вентиляція у виробничих приміщеннях з малим виділенням шкідливих чинників (шкідливі речовини, волога, надлишки тепла) виконують як загальнообмінну [5.2]. Потрібний повітрообмін L_s визначають за формулою:

$$L_s = n \cdot L,$$

де n – кількість працівників у приміщенні; L – витрата повітря на одного працівника, м³/год.

Згідно з [3.17, 3.18] об'єм приміщення на одного працівника має бути не менш як 15 м³ – $V_{\text{п}} \geq 15 \text{ м}^3$, площа виробничого приміщення – не менш як 4,5 м² – $S_{\text{п}} \geq 4,5 \text{ м}^2$. За наявності у приміщенні комп'ютерної техніки згідно з [3.7] норми на одного працівника такі: $V_{\text{п}} \geq 20 \text{ м}^3$, $S_{\text{п}} \geq 6 \text{ м}^2$.

У разі, якщо об'єм приміщення на одного працівника знаходиться у межах $15 \leq V_{\Pi} \leq 20$, м³, то повітрообмін на одного працівника приймають у межах $30 \leq L \leq 40$, м³/год. Якщо об'єм приміщення на одного працівника перевищує 20 м³, то потрібно забезпечити повітрообмін на одного працівника у межах $20 \leq L \leq 30$, м³/год. У разі, якщо об'єм приміщення на одного працівника перевищує 40 м³ допускається використання тільки природної вентиляції.

3 РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОГО ПОВІТРООБМІНУ ЗА НАЯВНОСТІ 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_S виконують згідно з [3.8].

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

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

де $L_{p.з}$ – 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; $t_{p.з}$ – температура повітря, яке видаляється з робочого місця місцевими відсмоктувачами, загальнообмінною вентиляцією або на технологічні потреби, °С; t_{Π} – 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:

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

де W – надлишки вологи, яка потрапляє у приміщення, г/год; $d_{p.з}$, $d_{вид}$, $d_{п}$ – 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 кількість 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 [3.8] 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 $\Delta t = 1...5$ °С/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 $K = 1 \dots 10 \text{ год}^{-1}$.

4 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 вентилятора, кг/м². Повний тиск вентилятора приймають 20...60 кг/м²; k_z – коефіцієнт запасу (табл. В1); η_B – коефіцієнт корисної дії вентилятора (0,5.. 0,6).

Таблиця В1. Коефіцієнт запасу потужності електродвигуна

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

