

Міністерство освіти і науки України
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів
спеціальності
152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Затверджено на засіданні кафедри хімії, протикорозійного захисту та безпеки життєдіяльності протокол № 11 від 28.02.2020 р.

Чернігів ЧНТУ 2020

Основи охорони праці: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка / Укл.: Гуменюк О.Л., – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – 38 с.

Укладачі: Гуменюк Оксана Леонідівна, кандидат хімічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: Хребтань Олена Борисівна, завідувач кафедри харчових технологій, кандидат технічних наук

Рецензент: Костенко І.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій Чернігівського національного технологічного університету

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП..... | 4 |
| МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ..... | 5 |
| РОЗДІЛ 1. ВИБІР ЗАВДАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ | 6 |
| 1.1 Перелік питань до реферативної частини розрахунково-графічної роботи..... | 6 |
| 1.2 Вибір варіанту для розрахунково-графічної роботи | 8 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНІ ЗАВДАННЯ..... | 9 |
| 2.1 Аналіз виробничого травматизму. | 9 |
| 2.2 Служба охорони праці..... | 10 |
| 2.3. Мікроклімат виробничих приміщень..... | 11 |
| 2.3.1 Розрахунок необхідного повітрообміну | 12 |
| 2.4. Освітлення виробничих приміщень | 14 |
| 2.4.1 Розрахунок природного освітлення | 14 |
| 2.4.2 Розрахунок штучного освітлення..... | 20 |
| 2.5. Захист від виробничого шуму..... | 25 |
| 2.5.1 Визначення рівня звукового тиску при одночасно працюючих джерелах шуму..... | 25 |
| 2.5.2 Розрахунок звукоізоляції..... | 27 |
| 2.7. Електробезпека..... | 29 |
| 2.7.1 Схеми включення людини в електричні мережі. Величина струму через людину | 29 |
| 2.7.2 Напруга дотику та кроку | 34 |
| ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ | 38 |
| Законодавчі та інші нормативні акти про охорону праці | 38 |
| Навчальна література | 38 |
| Допоміжна література для виконання розрахункової частини роботи..... | 38 |

Вступ

За будь-якої діяльності людини існує ризик отримати травму чи набути професійне захворювання. Під *виробничим ризиком* розуміють ймовірність ушкодження здоров'я працівника під час виконання ним трудових обов'язків, що зумовлена ступенем шкідливості та/або небезпечності умов праці та науково-технічним станом виробництва. Працівник, який володіє професійними навичками та знаннями правил безпеки, враховує цей ризик і застосовує заходи, які його зменшують або зовсім виключають.

Шкідливими і небезпечними виробничими чинниками, що можуть впливати на працюючих на робочих місцях можуть бути електромагнітні поля; оптичні види випромінювання та випромінювання, близьке до ультрафіолетового та інфрачервоного діапазонів; шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони; шум на робочих місцях; небезпека ураження електричним струмом; пожежна небезпека; значне зорове навантаження; вимушена робоча поза і виконання дрібних стереотипних рухів, що призводить до кістково-м'язового дискомфорту тощо.

Значно знизити наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів можна шляхом забезпечення гігієнічних й ергономічних вимог щодо організації робочих приміщень, робочого середовища, робочих місць, режиму праці і відпочинку. Всі ці питання включає в себе охорона праці.

Система забезпечення безпеки життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності називається *охороною праці*, вона включає в себе комплекс заходів, що мають міцне нормативно-правове забезпечення. До таких заходів належать соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні та реабілітаційні.

Охорона праці вирішує питання створення технічних засобів захисту від дії шкідливих і небезпечних факторів, розробляє заходи для попередження нещасних випадків та профілактики професійних захворювань

Нормативна дисципліна "Охорона праці" вивчається з метою формування у майбутніх фахівців з вищою освітою необхідного в їхній подальшій професійній діяльності рівня знань та умінь з правових і організаційних питань охорони праці, з питань гігієни праці, виробничої санітарії, техніки безпеки та пожежної безпеки, визначеного відповідними державними стандартами освіти.

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи

Об'єктом запропонованої розрахунково-графічної роботи (РГР) є організаційні питання охорони праці, питання гігієни праці, виробничої санітарії, техніки безпеки та пожежної безпеки. Мета виконання РГР – застосування теоретичних знань для вирішення практичних завдань, уміння користуватися довідковою літературою, стандартами, нормами тощо.

Розрахунково-графічна робота складається з двох розділів: реферативної частини і безпосередньо розрахунково-графічної частини. **Варіант завдання вказується викладачем за таблицею 1.1. Данні для розрахунку задач обираються за останнім номером залікової книжки.**

Виконуючи розрахункову частину, необхідно навести теоретичні відомості з тематики завдання. **Розрахунки та відповіді на питання повинні супроводжуватися необхідними схемами, ескізами, графіками, таблицями тощо. Розрахунки повинні мати обов'язкову розшифровку параметрів, що входять до формул, із зазначенням розмірності в системі СІ.**

Скорочення слів, словосполучень – відповідно до чинних стандартів бібліотечної та видавничої справи.

Розрахунково-графічна робота має бути оформлена відповідно до ДСТУ 3008-95 на одній стороні аркуша формату А 4 (поля: верхнє, нижнє, ліве – 20 мм; праве – 10 мм) чорнилом або пастою. *Номер сторінки* проставляють арабськими цифрами у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці. Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок. Розділи, підрозділи, пункти, підпункти нумеруються арабськими літерами. *Посилання* в тексті на джерела зазначають порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками. В роботі має бути використано не менше 10 джерел. Оформлення посилання повинно відповідати його бібліографічному опису згідно із чинними стандартами бібліотечної та видавничої справи. *Зміст* роботи розташовують на окремій сторінці після титульного аркуша.

РОЗДІЛ 1. Вибір завдання для розрахунково-графічної роботи

1.1 Перелік питань до реферативної частини розрахунково-графічної роботи

1. Закон України «Про охорону праці»: права працівників на охорону праці під час роботи.
2. Закон України «Про охорону праці»: право працівників на пільги і компенсації за важкі та шкідливі умови праці
3. Закон України «Про охорону праці»: забезпечення працівників спецодягом, іншими засобами індивідуального захисту, мийними та знешкоджувальними засобами
4. Закон України «Про охорону праці» та Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування»: відшкодування шкоди у разі ушкодження здоров'я працівників або у разі їх смерті
5. Закон України «Про охорону праці»: охорона праці жінок, інвалідів та неповнолітніх.
6. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування»: умови надання допомоги по тимчасовій непрацездатності та тривалість її виплати; підстави для відмови в наданні допомоги такої допомоги та її розмір.
7. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування»: щомісячні страхові виплати та інші витрати на відшкодування шкоди
8. Закон України «Про охорону праці»: управління охороною праці та обов'язки роботодавця
9. Закон України «Про охорону праці»: обов'язки працівника щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці
10. Закон України «Про охорону праці»: служба охорони праці на підприємстві
11. Закон України «Про охорону праці»: обов'язкові медичні огляди працівників певних категорій
12. Закон України «Про охорону праці»: органи державного нагляду за охороною праці; права і відповідальність посадових осіб центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці
13. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці: організація навчання і перевірки знань з питань охорони праці на підприємстві
14. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці: організація проведення інструктажів з питань охорони праці
15. Типове положення про службу охорони праці: основні завдання та функції служби охорони праці
16. Нормативно-правова база України з охорони праці. Нормативно-правові акти з охорони праці: визначення, класифікація, реєстр НПАОП.
17. Дисципліна праці. Дисциплінарна, адміністративна та кримінальна відповідальність за правопорушення в сфері охорони праці

18. КЗПп: про робочий час і час відпочинку. Особливості регулювання праці окремих категорій працівників

19. Закон України «Про відпустки»: види відпусток та їх тривалість. Порядок відкликання з відпустки та її перенесення

20. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві (остання редакція): організація розслідування нещасних випадків та/або гострих професійних захворювань (скласти схему розслідування).

21. Положення про розробку інструкцій з охорони праці (остання редакція): зміст і побудова інструкцій

22. Психофізіологічні фактори трудової діяльності. Особливості фізичної (важкість) та розумової (напруженість) праці. Втома і перевтома, стрес.

23. Мобінг як несприятливий соціальний фактор, його різновиди, причини, наслідки та методи боротьби.

24. Мікроклімат робочої зони (визначення згідно з ДСН 3.3.6.042-99). Нормування параметрів мікроклімату відповідно до ДСН 3.3.6.042-99. Вимірювання параметрів мікроклімату.

25. Шляхи проникнення шкідливих речовин в організм людини. Класифікація шкідливих речовин за ступенем небезпеки і за характером впливу на організм людини. Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Методи вимірювання концентрацій шкідливих речовин.

26. Види вентиляції виробничих приміщень, їх переваги та недоліки.

27. Дія шуму на організм людини. Методи та засоби колективного та індивідуального захисту від шуму.

28. Звукоізоляція. Звукоізолюючі матеріали. Звукопоглинання. Звукопоглинальні матеріали.

29. Вібрація. Класифікація; фізичні характеристики, нормування. Методи захисту від виробничої вібрації.

30. Класифікація видів і систем освітлення. Природне і штучне освітлення. Особливості нормування штучного та природного освітлення згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Природне й штучне освітлення».

31. Характеристика та вибір джерел штучного освітлення згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Природне й штучне освітлення».

32. Види електротравм. Безпечні методи звільнення потерпілого від дії електричного струму. Термічна, електрична та біологічна дія електричного струму на організм людини.

33. Небезпечні величини електроструму, напруги. Залежність дії електроструму на людину від тривалості дії, умов середовища, метеорологічних факторів, фізичного стану людини.

34. Поняття напруги кроку та дотику, засоби та заходи захисту від них.

35. Охоронні зони електромереж до та понад 1000 В. Допустимі (безпечні) відстані до струмопровідних частин діючого обладнання, що перебувають під напругою. Класифікація виробничих приміщень щодо небезпеки ураження працівників електричним струмом.

36. Шкідливі фактори виробничого середовища і трудового процесу, їх гігієнічна оцінка. Критерії і показники умов праці (Гігієнічна класифікація праці).

37. Засоби індивідуального захисту (класифікація за призначенням). Вимоги (порядок, норми) працівникам спецодягу, спецвзуття, інших засобів індивідуального захисту.

38. Захисне заземлення. Захисне відключення електроустановок.

39. Призначення та місцезнаходження на об'єкті засобів пожежогасіння, протипожежного обладнання та інвентарю (вогнегасники, внутрішні пожежні крани, бочки з водою, ящики з піском, стаціонарні установки пожежогасіння).

40. Загальні уявлення про спринклерне і дренчерне обладнання, автоматичну пожежну сигналізацію, вуглекислотні, порошкові, газові та інші установки пожежогасіння.

41. Опіки, їх класифікація. Домедична допомога при хімічних та термічних опіках, при опіку очей.

42. Домедична допомога при тепловому та сонячному ударах.

43. Домедична допомога при отруєнні газами. Симптоми отруєнь. Вплив різних газів на організм людини і його наслідки.

44. Правила надання домедичної допомоги потерпілим від ураження електричним струмом.

1.2 Вибір варіанту для розрахунково-графічної роботи

Таблиця 1.1 – Варіанти завдань розрахунково-графічної роботи

| № Варіанта | Номер питання | Номер завдання |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 1, 11, 22,41 | 2.1; 2.10 |
| 2 | 2, 12, 23,42 | 2.2; 2.9 |
| 3 | 3, 13, 23, 43 | 2.1; 2.8 |
| 4 | 4, 14, 24, 44 | 2.2; 2.7 |
| 5 | 5, 15, 25, 41 | 2.1; 2.6 |
| 6 | 6, 16, 26, 42 | 2.2; 2.5 |
| 7 | 7, 17, 27, 43 | 2.1; 2.4 |
| 8 | 8, 18, 28, 44 | 2.2; 2.3 |
| 9 | 9, 19, 29, 41 | 2.1; 2.10 |
| 10 | 10, 20, 30, 42 | 2.2; 2.9 |
| 11 | 11, 21, 31, 43 | 2.1; 2.8 |
| 12 | 1, 12, 32, 44 | 2.2; 2.7 |
| 13 | 2, 13, 33, 41 | 2.1; 2.6 |
| 14 | 3, 14, 34, 42 | 2.2; 2.5 |
| 15 | 4, 15, 35, 43 | 2.1; 2.4 |
| 16 | 5, 16, 36, 44 | 2.2; 2.3 |
| 17 | 6, 17, 37, 41 | 2.1; 2.10 |
| 18 | 7, 18, 38, 42 | 2.2; 2.9 |
| 19 | 8, 19, 39, 43 | 2.1; 2.8 |
| 20 | 9, 20, 40, 44 | 2.2; 2.7 |

Розділ 2. Розрахунково-графічні завдання

2.1 Аналіз виробничого травматизму.

Аналіз травматизму і профзахворюваності проводиться з метою визначення закономірності їх виникнення. Це, в свою чергу, дозволяє розробити заходи та засоби попередження травм і профзахворювань.

Причини виробничого травматизму поділяються на організаційні, технічні, психофізіологічні.

Організаційні причини – відсутність або неякісне проведення інструктажів і навчання, відсутність контролю, порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів, законодавства, невідповідності нормам освітлення, мікроклімату тощо.

Технічні причини – невідповідність вимогам безпеки праці або несправність виробничого обладнання, інструменту і засобів захисту, конструктивні недоліки обладнання.

Психофізіологічні причини – помилкові дії внаслідок втоми людини через надмірну важкість і напруженість роботи, монотонність праці, хворобливий стан людини, необережність.

Методи аналізу виробничого травматизму

Для аналізу виробничого травматизму і професійної захворюваності застосовуються кілька методів.

Найчастіше застосовується статистичний метод, який ґрунтується на вивченні кількісної залежності нещасних випадків та професійних захворювань від впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на базі відповідних актів розслідування (Н-1).

Аналіз виконується методом математичної статистики, а результати оформлюються у вигляді графіків, картограм тощо. Основні показники, які застосовуються у цьому методі:

– *коефіцієнт частоти* травматизму – $K_q = T \cdot 10^3 / N$, де T – кількість травмованих за проаналізований період; N – середньоспискова кількість працюючих;

– *коефіцієнт тяжкості* травматизму – $K_T = D / T$, де D – загальне число днів непрацездатності за проаналізований період;

– *коефіцієнт частоти захворюваності* – $K_z = Z \cdot 100 / N$, де Z – число захворювань за проаналізований період;

– *коефіцієнт тяжкості захворювань* – $K_{Tz} = D_z / Z$, де D_z – загальне число днів непрацездатності.

Використовуючи груповий метод аналізу, акти за формою Н-1 групують за певною ознакою: за віком, статтю, стажем роботи, видом обладнання, часу доби тощо. Так встановлено, що частота травматизму жінок дещо менша ніж чоловіків, що працюють в однакових умовах; після вихідних і святкових днів частота травматизму збільшується. Якщо аналізувати залежність травматизму від часу доби, то здебільшого час травмування припадає на 3 – 5 годину ранку, що пояснюється біологічними особливостями організму людини.

Топографічний метод полягає у вивченні причин нещасних випадків за місцем їх випадку. При цьому на плані розміщення обладнання в цеху, на ділянці відмічаються місця випадків травматизму. Це дозволяє виявити найбільш травмонебезпечні зони і прийняти відповідні заходи.

Монографічний метод аналізу травматизму і профзахворюваності полягає в детальному дослідженні виробничого устаткування, технологічного процесу, усього виробничого середовища, психологічного клімату, обставин нещасних випадків тощо з метою виявлення небезпечних і шкідливих чинників. При цьому можливе виявлення потенційної небезпеки.

Економічний метод аналізу полягає у визначенні втрат на компенсацію за непрацездатність, ліквідацію наслідків аварій тощо і визначенні соціально-економічної ефективності заходів, спрямованих на запобігання нещасних випадків.

Завдання 2.1 Оцінити рівень травматизму на підприємстві харчової промисловості, розрахувавши коефіцієнти частоти ($K_{\text{ч}}$) та тяжкості травматизму ($K_{\text{т}}$). Вихідні дані наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до завдання 2.1

| Вихідні дані | Данні для розрахунку | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| N | 5100 | 2212 | 2300 | 384 | 227 | 450 | 584 | 102 | 201 | 90 |
| T | 30 | 12 | 24 | 4 | 1 | 5 | 6 | 1 | 2 | 2 |
| D | 140 | 460 | 400 | 33 | 17 | 140 | 143 | 16 | 30 | 28 |

2.2 Служба охорони праці

Згідно до закону України “Про охорону праці” (ст. 23) служба охорони праці створюється власником або уповноваженим ним органом на підприємствах, в установах, організаціях незалежно від форм власності та видів їх діяльності для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасних випадків, професійних захворювань і аварій в процесі праці.

Служба охорони праці створюється на підприємствах, у виробничих і науково-виробничих об’єднаннях, корпораціях, колективних та інших організаціях виробничої сфери з числом працюючих 50 і більше чоловік. Якщо працюючих менше, функції цієї служби можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які пройшли перевірку знань з охорони праці.

Від 50 до 500 чоловік працюючих служба охорони праці підприємства складається з 1 чоловіка. В установах, організаціях невиробничої сфери та в навчальних закладах власниками також створюються служби охорони праці.

Розрахунок чисельності працівників служби охорони праці в залежності від небезпечності та шкідливості виробництва на підприємствах з числом працюючих більше 500 чоловік здійснюється за формулами:

$$M = 2 + \frac{P_{\text{ср}} \cdot K_{\text{в}}}{\Phi}, \quad (2.1)$$

де M – чисельний склад служби охорони праці підприємства; Φ – ефективний річний фонд робочого часу спеціаліста з охорони праці; $\Phi = 1820$ годин, що враховує витрати робочого часу на можливі хвороби, відпустку тощо;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує шкідливість та небезпечність виробництва

$$K_{\text{в}} = 1 + \frac{P_{\text{в}} + P_{\text{а}}}{P_{\text{ср}}}, \quad (2.2)$$

де $P_{\text{в}}$ – чисельність працюючих зі шкідливими речовинами; $P_{\text{а}}$ – чисельність працюючих на роботах підвищеної небезпеки, що підлягають щорічній атестації з охорони праці; $P_{\text{ср}}$ – середньосписочна чисельність працюючих на підприємстві. $K_{\text{в}}$ максимально може дорівнювати трьом, у разі, коли всі робітники працюють зі шкідливими речовинами і всі вони підлягають щорічній атестації з охорони праці, тобто $P_{\text{в}} + P_{\text{а}} = 2P_{\text{ср}}$.

Завдання 2.2 Визначити чисельність служби охорони праці на підприємстві в залежності від небезпечності та шкідливості виробництва. Вихідні дані наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані до завдання 2.2.

| Вихідні дані | Данні для розрахунку | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------|------|-------|-------|-----|-----|------|-----|------|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $P_{\text{ср}}$ | 700 | 1600 | 10000 | 20000 | 600 | 700 | 1000 | 900 | 1000 | 600 |
| $P_{\text{в}}$ | 400 | 300 | 5000 | 15000 | 200 | 700 | 1000 | 100 | 200 | 300 |
| $P_{\text{а}}$ | 300 | 200 | 3000 | 1000 | 400 | 700 | 1000 | 200 | 100 | 300 |

2.3. Мікроклімат виробничих приміщень

*Мікроклімат виробничих приміщень*¹ – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Показниками, що характеризують мікроклімат, є: температура повітря (°C), відносна вологість повітря (%), швидкість руху повітря (м/сек.), інтенсивність теплового випромінювання (Вт/м²).

Для створення здорових і безпечних умов праці на робочому місці, крім підтримання встановлених санітарними нормами оптимальних або допустимих значень температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, необхідно також забезпечити чистоту повітря робочої зони. Для цього необхідно мати гігієнічне нормування шкідливих речовин, надійні способи визначення їх конче-

¹ *Виробниче приміщення* – замкнутий простір в спеціально призначених будинках та спорудах, в яких постійно (за змінами) або періодично (протягом частини робочого дня) здійснюється трудова діяльність людей.

нтрації у повітрі і сучасне технічне та організаційне забезпечення їх знешкодження.

Отруєння шкідливими речовинами можливе тільки за їх концентрації в повітрі робочої зони, що перевищує певну межу – *гранично допустиму концентрацію* (ГДК). Вимірюється ГДК у $\text{мг}/\text{м}^3$. Перелік ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони наводиться у ГК 3.3.5-8-6.6.1 2002 “Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

У разі одночасного знаходження в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованої дії, близьких за хімічним складом і характером біологічної дії на організм людини, для визначення можливості працювати в цій зоні користуються такою залежністю:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (2.3)$$

де C_n – концентрації шкідливих речовин у повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$; $ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації відповідних шкідливих речовин, $\text{мг}/\text{м}^3$.

2.3.1 Розрахунок необхідного повітрообміну

Визначення необхідного повітрообміну у випадку загальнообмінної вентиляції в залежності від конкретних умов може бути визначений різними способами.

Розрахунок необхідного повітрообміну за відсутності шкідливих речовин (шкідливі речовини, волога, надлишки тепла) проводиться за формулою:

$$L_s = n \cdot L \quad (2.4)$$

де n – кількість працюючих; L – витрата повітря на одного працюючого.

За об’єму приміщення на одного працюючого² $V < 20 \text{ м}^3$, необхідний повітрообмін повинен становити $L \geq 30 \text{ м}^3/\text{год}$ на одного працюючого; якщо $V > 20 \text{ м}^3$ – $L \geq 20 \text{ м}^3/\text{год}$; за $V > 40 \text{ м}^3$ допускається природна вентиляція.

Якщо в приміщення виділяються шкідливі речовини у вигляді пари, газу, пилу, то розрахунок повітрообміну $L_z \text{ м}^3/\text{год}$, за формулами:

– за кількістю шкідливих речовин

$$L_z = L_{p.z.} + \frac{M - L_{p.z.} (C_{p.z.} - C_n)}{C_{вид} - C_n}, \quad (2.5)$$

де $L_{p.z.}$ – кількість повітря, що видаляється із робочої зони місцевими відсмоктувачами, загально-обмінною вентиляцією або на технологічні потреби $\text{м}^3/\text{год}$; за густини повітря $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$; M – кількість шкідливих речовин, що надходить в приміщення, $\text{мг}/\text{год}$; $C_{p.z.}$, $C_{вид}$, C_n – концентрації шкідливих речовин, $\text{мг}/\text{м}^3$, відповідно $C_{p.z.}$ – в повітрі робочої зони ($C_{p.z.} = ГДК$); $C_{вид}$ – в повітрі, що видаляється; C_n – в повітрі, що подається ($C_n \leq 0,3 ГДК^3$).

² Об’єм приміщення на одного працюючого має бути $V \geq 15 \text{ м}^3$, а площа виробничого приміщення $S \geq 4,5 \text{ м}^2$. Для користувачів комп’ютерної техніки згідно з ДСанПіН 3.3.2.007–98: $V \geq 20 \text{ м}^3$, $S \geq 6 \text{ м}^2$.

³ Вміст шкідливих речовин в повітрі, яке надходить у виробниче приміщення не повинен перевищувати 0,3 ГДК.

Якщо $L_{вид} = 0$, тобто з робочої зони не відсмоктується повітря, то наведена формул 2.10 спрощуються і тоді повітрообмін за кількістю шкідливих речовин можна розрахувати за формулою:

$$L_3 = \frac{M}{C_{p.з.} - C_n} \quad (2.6)$$

Якщо врахувати, що вміст шкідливих речовин в повітрі, яке надходить у виробниче приміщення не повинен перевищувати 0,3 ГДК формула 2.6 після спрощення матиме такий вигляд:

$$L_3 = \frac{M}{0,7 \text{ ГДК}}$$

У випадку одночасного виділення кількох шкідливих речовин односпрямованої дії⁴, розраховані повітрообміни, необхідні для розбавлення кожної речовини до його ГДК, додають.

У разі одночасного виділення у повітря робочої зони кількох шкідливих речовин неодноспрямованої дії повітрообмін приймають за тією шкідливою речовиною, для якої за розрахунком, необхідний більший повітрообмін.

За одержаними даними проводиться розрахунок *кратності повітрообміну*, год⁻¹:

$$K = L / V_e, \quad (2.7)$$

де L – повітрообмін, м³/год; V_e – внутрішній вільний об'єм приміщення, $V_e \approx 0,8V$, де V – об'єм приміщення, м³.

Кратність повітрообміну показує, скільки разів протягом години обмінюється повітря у приміщенні. Звичайно, $K = 1 \dots 10$.

Завдання 2.3 В складському приміщенні зберігаються розчинники (Р-4, НП-А та інші). Газоаналізатором УГ-2 визначена наявність в повітрі робочої зони наступних речовин, що входять до складу розчинників: толуол, ксилол, ацетон, бутил-ацетат та ін. Визначити кількість повітря, яку необхідно ввести в приміщення, щоб концентрація парів цих речовин у повітрі не перевищувала гранично допустиму концентрацію (ГДК), розрахувати кратність повітрообміну. Вважати, що концентрація парів шкідливих речовин в припливному повітрі, що подається у приміщення, не перевищує 0,1 ГДК. Вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблиці 2.3.

Пояснення до розв'язування задачі. У зв'язку з тим, що в повітря одночасно надходять пари декількох шкідливих речовин, необхідно врахувати, що якщо ці речовини неодноспрямованої дії, то кількість повітря, яку необхідно подати у приміщення, приймають за тією шкідливою речовиною, яка потребує більшого об'єму повітря для розбавлення до ГДК. Тобто, необхідно провести розрахунок кількості повітря (L) за кожною забруднюючою речовиною і вибрати максимальну цифру для розрахунку кратності повітрообміну (K). Якщо ре-

⁴ До шкідливих речовин односпрямованої дії відносяться шкідливі речовини, які схожі за хімічною будовою та характером впливу на організм людини.

човини односпрямованої дії⁵, то необхідно підсумувати значення L , розраховані для кожної окремої речовини і кратність повітрообміну розраховувати за сумарним значенням L .

Таблиця 2.3 – Вихідні дані до завдання 2.3

| Шкідливі речовини | ГДК, мг/м ³ | Кількість шкідливих виділень, г/год | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ацетон | 200 | 0,20 | 0,40 | 0,10 | 0,20 | 0,50 | 0,40 | 0,20 | 0,30 | 0,10 | 0,60 |
| Бензин-розчинник | 300 | - | 0,30 | 0,40 | 0,10 | 0,50 | 0,20 | 0,10 | 0,50 | 0,60 | 0,40 |
| Бутилацетат | 200 | 0,20 | - | 0,50 | 0,40 | - | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,10 | 0,15 |
| Толуол | 50 | 0,04 | 0,01 | - | 0,02 | 0,01 | - | 0,04 | - | 0,05 | 0,01 |
| Ксилол | 50 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,03 | 0,08 | - | 0,06 | 0,05 | 0,02 |
| Об'єм приміщення, м ³ | - | 50 | 40 | 60 | 30 | 40 | 80 | 50 | 30 | 60 | 100 |

2.4. Освітлення виробничих приміщень

2.4.1 Розрахунок природного освітлення

Основним нормативним документом, що визначає вимоги до організації освітлення в Україні є ДБН В. 2.5–28–2018 “Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення”.

В залежності від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним – створюється електричними джерелами світла; суміщеним – недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє – через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване – поєднання верхнього та бокового освітлення.

Попередній розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових прорізів за формулю:

$$S_{\text{в}} = (D_{\text{н}} \times K_{\text{бюд}} \times K_3 \times \eta_{\text{в}} \times S_{\text{н}}) / (m \times \tau_0 \times r_1 \times 100); \quad (2.8)$$

де $S_{\text{в}}$ – площа вікон, м²;

m – коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу (за таблицею 2.4, рисунком 2.1);

$D_{\text{н}}$ – нормоване значення КПО, % визначається за таблицею 2.5;

$S_{\text{н}}$ – площа підлоги, м²;

$K_{\text{бюд}}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон напроти стоячими будівлями, приймається в межах 1...1,5;

K_3 – коефіцієнт запасу, приймається 1,5...2;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання

$$\tau_0 = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3 \times \tau_4 \times \tau_5, \quad (2.9)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (визначається за табл. 2.6);

⁵ Вважати речовинами односпрямованої дії речовини, які відносяться до одного класу небезпеки.

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі (визначається за табл. 2.6);

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (у випадку бокового освітлення $\tau_3=1$; верхнього – $\tau_3=0,8-0,9$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (визначається за табл. 2.7);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається рівним 0,9).

r – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок відбиття світла від стелі, стін і підлоги;

Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{ср}$ стелі, стін, підлоги визначається за формулою:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_{стелі} \times S_{стелі} + \rho_{стін} \times S_{стін} + \rho_{підлоги} \times S_{підлоги}}{S_{стелі} + S_{стін} + S_{підлоги}}, \quad (2.10)$$

де $\rho_{стелі}$, $\rho_{стін}$, $\rho_{підлоги}$ – відповідні коефіцієнти відбиття (табл.2.7); $S_{стелі}$, $S_{стін}$, $S_{підлоги}$ – відповідні площі поверхонь.

η_6 – світлова характеристика вікна (вибирається із таблиці 2.8);

Значення коефіцієнта r визначається за таблицею 2.9 в залежності від параметрів приміщення та $\rho_{ср}$.

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнта світлового клімату

| Світло-кліматичний район (рис. Л.1) | Значення t для світлопрорізів | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|
| | Вертикальних, орієнтованих на: | | | | | | | | орієнтованих на зеніт |
| | Пн | ПнС | С | ПдС | Пд | ПдЗ | З | ПнЗ | |
| I | 1,93 | 0,96 | 1,00 | 1,02 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 0,96 | 0,99 |
| II | 1,05 | 1,09 | 1,14 | 1,16 | 1,18 | 1,17 | 1,15 | 1,09 | 1,12 |
| III | 1,07 | 1,12 | 1,18 | 1,22 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,12 | 1,17 |
| IV | 1,15 | 1,21 | 1,28 | 1,32 | 1,33 | 1,32 | 1,29 | 1,21 | 1,26 |

Примітка 1. При розташуванні світлопрорізів у площинах, нахилених до горизонту під кутом α , град, значення t визначається за формулою

$$t = \frac{m_1 \alpha + m_2(90 - \alpha)}{90},$$

де m_1 – коефіцієнт світлового клімату для вертикального світлопрорізу відповідного типу та орієнтації у даному районі світлового клімату; m_2 – коефіцієнт світлового клімату для світлового прорізу, орієнтованого на зеніт, у даному районі.

Примітка 2. Орієнтація світлопрорізів визначається азимутом A – кутом в плані між напрямом на північ та вектором, спрямованим зсередини приміщення назовні, перпендикулярно до площини світлопрорізу; відраховується від напрямку на північ за годинниковою стрілкою: Пн – північна ($0 < A \leq 22,5^\circ$; $337,5 < A \leq 360^\circ$); ПнС – північно-східна ($22,5 < A \leq 67,5^\circ$); С – східна ($67,5 < A \leq 112,5^\circ$); ПдС – південно-східна ($112,5 < A \leq 157,5^\circ$); Пд – південна ($157,5 < A \leq 202,5^\circ$); ПдЗ – південно-західна ($202,5 < A \leq 247,5^\circ$); З – західна ($247,5 < A \leq 292,5^\circ$); ПнЗ – північно-західна ($292,5 < A \leq 337,5^\circ$).

Примітка 3. Коефіцієнт t для фасадів протилежних будинків визначається аналогічно в залежності від азимута A фасаду.

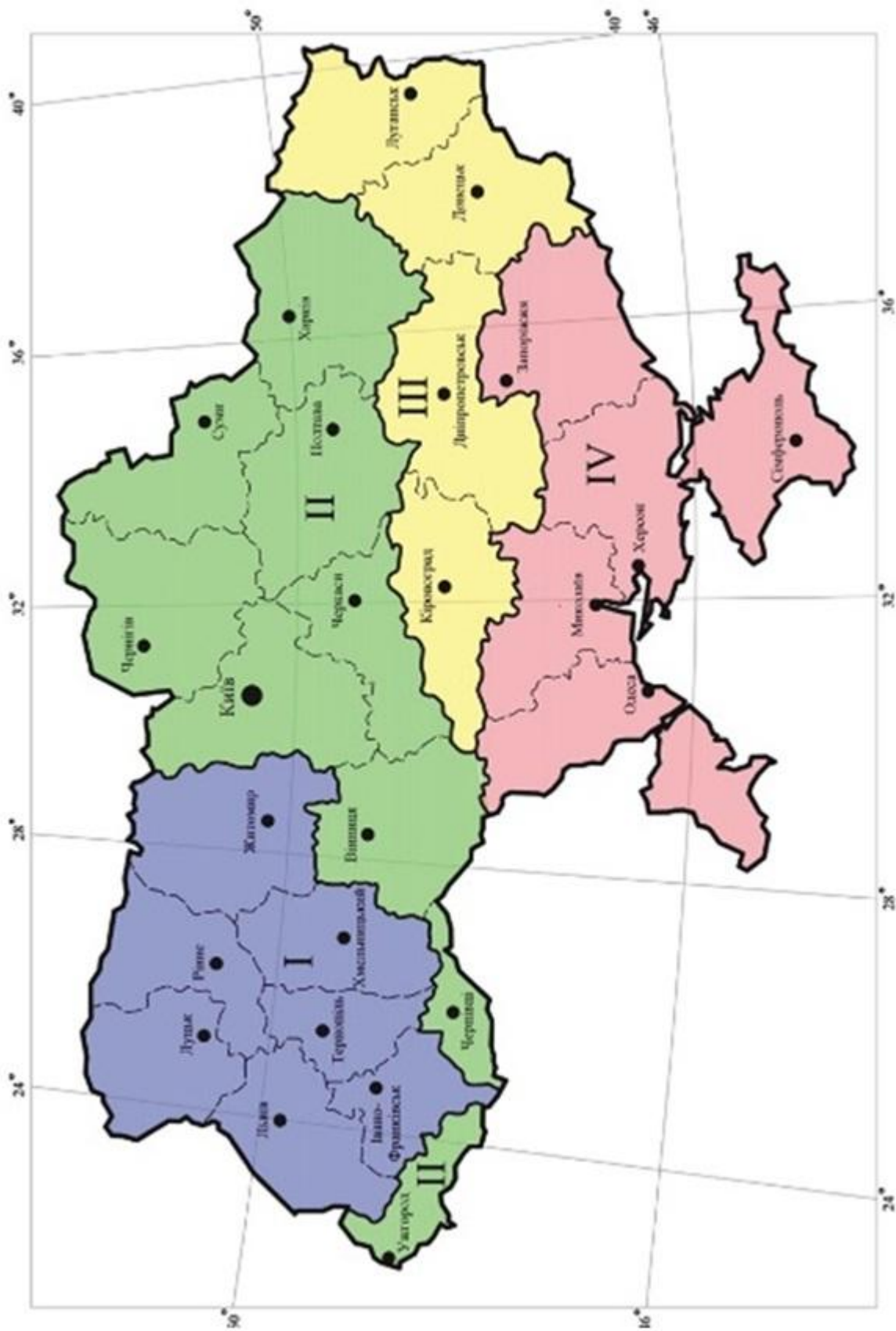


Рисунок 2.1– Карта світлокліматичного районування України

Таблиця 2.5 – Норми штучного та природного освітлення виробничих приміщень (витяг з ДБН В. 2.5–28–2018)

| Характеристика зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Під-розряд зорової роботи | Контраст об'єкта з фоном | Характеристика фону | Штучне освітлення | | | | Природне освітлення | | | Суміщене освітлення | | | |
|-------------------------------|--|-----------------------|---------------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|----------------|-------|---------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|
| | | | | | | Освітленість, лк | | при системі комбінованого освітлення | при системі загального освітлення | сукупність нормованих величин показника засвітленості і коефіцієнта пульсації | КПО, D_n , % | | | | | |
| | | | | | | всього | У т.ч. від загального | | | | Р | Кл, % | | середнє $D_{сер}^{н пр}$ | міні-мальне $D_{мін}^{н пр}$ | середнє $D_{сер}^{н сум}$ |
| | | | | | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | |
| Середньої точності | Від 0,5 до 1,0 включно | IV | а б в г | 5 5 5 5 | 6 6 6 6 | 750 | 200 | 300 | 40 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| | | | | | | 500 | 200 | 200 | 40 | 40 | 10 | | | | | |
| | | | | | | 400 | 200 | 200 | 40 | 40 | 10 | 4 | 1.5 | 2.4 | 0.9 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Малої точності | Від 1,0 до 5 включно | V | а б в г | 5 5 5 5 | 6 6 6 6 | 400 | 200 | 300 | 40 | 10 | 10 | | | | | |
| | | | | | | | | | 40 | 40 | 10 | | | | | |
| | | | | | | | | | 40 | 40 | 10 | 3 | 1 | 1.8 | 0.6 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Груба (дуже малої точності) | Більше ніж 5 | VI | | Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном | | | 200 | 40 | 10 | | 3,0 | 1,0 | 1,8 | 0,6 | | |

Таблиця 2.6 – Значення коефіцієнтів τ_1 τ_2 τ_4

| Вид світлопрозорого матеріалу | τ_1 | Вид віконної рами | τ_2 | Сонцезахисні пристрої | τ_4 |
|---------------------------------------|----------|---|----------|--|-----------|
| Скло безкольорове за- втовшки, мм: | | Віконні рами для проми- слових будівель: | | Регульовані жалюзі та штори (внутрішні, зовнішні) | 1 |
| 2 | 0,899 | а) дерев'яні: | | | |
| 3 | 0,88 | – одинарні | 0,7 | | |
| 4 | 0,87 | – спарені | 0,7 | Стаціонарні жалюзі та екрани з захисним кутом не більше 45°: | |
| 5 | 0,860 | | | | |
| 6 | 0,85 | | | | |
| 8 | 0,83 | | | | |
| 10 | 0,81 | | | | |
| 12 | 0,79 | | | | |
| 15 | 0,76 | | | | |
| 19 | 0,72 | | | | |
| 25 | 0,67 | | | | |
| Скло листове: | | – подвійні окремі | 0,6 | | |
| – армоване | 0,6 | б) металеві: | | – горизонтальні | 0,65 |
| – з візерунком | 0,65 | одинарні (відкриваються) | 0,7 | – вертикальні | 0,75 |
| – сонцезахисне | 0,65 | одинарні (глухі) | 0,9 | Горизонтальні козирки: | |
| – спектрально- селективне | 0,75 | подвійні (відкриваються) | 0,6 | - з захисним кутом не більше 30 | 0,8 |
| Органічне скло: | | подвійні (глухі) | 0,8 | | |
| – прозоре | 0,9 | | | | |
| – молочне | 0,6 | | | - з захисним кутом від 15 до 45° (багатос- тупеневі) | 0.6- 0 |
| Пустотілі скляні блоки: | | | | | |
| – світлорозсіюючі | 0,5 | | | | |
| – прозорі | 0,55 | | | | |
| Склопакети | 0,8 | | | | |

Таблиця 2.7. – Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття стелі ($\rho_{стелі}$) та стін ($\rho_{стін}$)

| Стан стелі | $\rho_{стелі}$, % | Стан стін | $\rho_{стін}$, % |
|--------------------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------|
| Свіжовибілена | 80–65 | Свіжовибілені з вікнами, закритими | |
| Побілена в сирих приміщеннях | 65–40 | білими шторами | 75–65 |
| Бетонна чиста | 55–45 | Свіжовибілені з вікнами без штор | 55–45 |
| Бетонна брудна | 35–25 | Бетонні з вікнами | 35–25 |
| Світла дерев'яна (полакована) | 60–45 | Обклеєні світлими шпалерами | 40–25 |
| Темна дерев'яна (нефарбована) | 30–25 | Обклеєні темними шпалерами | 15–5 |
| Брудна (кузні, склади вугілля) | 20–10 | Цегляні не штукатурені | 15–10 |

Таблиця 2.8 – Значення світлової характеристики вікон η_B (бокове освітлення)

| Відношення довжини приміщен- ня (L) до його глибини (B) | Відношення глибини приміщення (B) до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна (h) | | | | | | | |
|--|---|------|-----|------|------|----|------|------|
| | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7,5 | 10 |
| 4 і більше | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12,5 |
| 3 | 7,5 | 8 | 8,5 | 9,6 | 10 | 11 | 12,5 | 14 |
| 2 | 8,5 | 9 | 9,5 | 10,5 | 11,5 | 13 | 15 | 17 |
| 1,5 | 9,5 | 10,5 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 |
| 1 | 11 | 15 | 16 | 18 | 21 | 23 | 26,5 | 29 |

| | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 0,5 | 18 | 23 | 31 | 37 | 45 | 54 | 66 | – |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|---|

Таблиця 2.9 – Значення коефіцієнта r

| В/н | $l*/B$ (* $l = B - 1m$) | Значення r при боковому освітленні | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------|--|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| | | Середній коефіцієнт відбиття ρ_{cp} стелі, стін і підлоги | | | | | | | | |
| | | 0,5 | | | 0,4 | | | 0,3 | | |
| | | Відношення довжини приміщення L до його глибини B | | | | | | | | |
| | | 0,5 | 1 | 2 і > | 0,5 | 1 | 2 і > | 0,5 | 1 | 2 і > |
| Від 1 до 1,5 | 0,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1 | 1,05 | 1 | 1 |
| | 0,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |
| | 1,0 | 2,1 | 1,9 | 1,5 | 1,8 | 1,6 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| > 1,5 до 2,5 | 0,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1 | 1 |
| | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,15 | 1,1 | 1,05 |
| | 0,5 | 1,85 | 1,6 | 1,3 | 1,5 | 1,35 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| | 0,7 | 2,25 | 2 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,3 | 1,55 | 1,35 | 1,2 |
| | 1,0 | 3,8 | 3,3 | 2,4 | 2,8 | 2,4 | 1,8 | 2 | 1,8 | 1,5 |
| > 2,5 до 3,5 | 0,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 0,3 | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,15 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,05 |
| | 0,5 | 1,6 | 1,45 | 1,3 | 1,35 | 1,25 | 1,2 | 1,25 | 1,15 | 1,1 |
| | 0,7 | 2,6 | 2,2 | 1,7 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 1,6 | 1,5 | 1,3 |
| | 0,9 | 5,3 | 4,2 | 3 | 2,9 | 2,45 | 1,9 | 2,2 | 1,85 | 1,5 |
| | 1,0 | 7,2 | 5,4 | 4,3 | 3,6 | 3,1 | 2,4 | 2,6 | 2,2 | 1,7 |
| > 3,5 | 0,1 | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1 |
| | 0,2 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 |
| | 0,3 | 1,75 | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,25 | 1,2 | 1,1 |
| | 0,4 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| | 0,5 | 3,4 | 2,9 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,5 | 1,7 | 1,5 | 1,3 |
| | 0,6 | 4,6 | 3,8 | 3,1 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 2 | 1,8 | 1,5 |
| | 0,7 | 6 | 4,7 | 3,7 | 2,9 | 2,6 | 2,1 | 2,3 | 2 | 1,7 |
| | 0,8 | 7,4 | 5,8 | 4,7 | 3,4 | 2,9 | 2,4 | 2,6 | 2,3 | 1,9 |
| | 0,9 | 9 | 7,1 | 5,6 | 4,3 | 3,6 | 3 | 3 | 2,6 | 2,1 |
| | 1,0 | 10 | 7,3 | 5,7 | 5 | 4,1 | 3,5 | 3,5 | 3 | 2,5 |

Завдання 2.4 Розрахувати бокове одностороннє природне освітлення (площу вікон) для виробничого приміщення. Будівля знаходиться в місті Чернігові і навпроти вікон будівлі немає об'єктів, що їх затіняють. Необхідні вихідні дані наведені в таблиці 2.10. Вікна мають такі характеристики: скло подвійне, віконні рами – дерев'яні спарені, тип сонцезахисних пристроїв задати самостійно. Висоту робочої поверхні прийняти за $h_p = 0,8$ м.

Таблиця 2.10 – Вихідні дані до завдання 2.4

| Варіант | Види приміщень | Розміри приміщень $L \times B \times H$, м | Розмір об'єкта розрізнення, мм | Коефіцієнти відбиття, % $\rho_{стелі}/\rho_{стін}/\rho_{підлоги}$ | Спрямування вікон |
|---------|----------------------|---|--------------------------------|--|-------------------|
| 0 | Читальний зал | 15×8×4,0 | 0,5 | 70/65/30 | ПДС |
| 1 | Конференц-зал | 30×12×5,0 | 2 | 75/65/35 | ПДЗ |
| 2 | Конструкторське бюро | 10×8×4,0 | 0,8 | 80/75/40 | ПД |
| 3 | Машинописне бюро | 8×6×3,5 | 0,9 | 80/70/30 | ПДЗ |
| 4 | Навчальна аудиторія | 15×8×4,5 | 1 | 70/55/30 | С |

| Варіант | Види приміщень | Розміри приміщень $L \times B \times H$, м | Розмір об'єкта розрізнення, мм | Коефіцієнти відбиття, % $\rho_{\text{стелі}}/\rho_{\text{стін}}/\rho_{\text{підлоги}}$ | Спрямування вікон |
|---------|----------------------------|--|--------------------------------|---|-------------------|
| 5 | Зал засідань | 12×10×5,0 | 2 | 70/65/30 | ПНС |
| 6 | Приміщення офісу (кабінет) | 6×10×3,0 | 0,9 | 70/50/40 | С |
| 7 | Актовий зал | 20×12×5,0 | 3 | 50/50/30 | ПН |
| 8 | Приміщення офісу (кабінет) | 12×6×3,0 | 1 | 70/65/30 | ПНС |
| 9 | Торговий зал | 15×8×4,5 | 4 | 65/45/30 | ПНЗ |

*Примітка: L – довжина, B – глибина, H – висота приміщення, м

2.4.2 Розрахунок штучного освітлення

За призначенням штучне освітлення буває *робоче, аварійне, охоронне*.

Робоче освітлення – це освітлення, яке забезпечує нормовані умови освітлення (освітленість, якість освітлення) в приміщеннях і в місцях виконання робіт поза будівлями.

Аварійне освітлення призначене для використання при порушенні живлення електропостачання робочого освітлення.

Аварійне освітлення підключається до джерела живлення, не залежно від джерела живлення робочого освітлення.

Аварійне освітлення поділяється на:

– евакуаційне освітлення (освітлення шляхів евакуації, антипанічне і освітлення зон підвищеної небезпеки);

– резервне освітлення.

Евакуаційне освітлення – та частина аварійного освітлення, яка забезпечує гарантію ефективного розпізнавання і використання шляхів евакуації.

Освітлення шляхів евакуації має забезпечувати протягом однієї години:

– 50% нормованої освітленості через 5 с після порушення живлення робочого освітлення;

– 100% нормованої освітленості через 60 с.

Норми евакуаційного освітлення від 0,5 лк до 15 лк в залежності від виду та об'єкту евакуаційного освітлення.

Антипанічне освітлення (освітлення площ приміщень розміром понад 60 м², в яких може бути 30 та більше людей) – вид евакуаційного освітлення для запобігання паніки та безпечного підходу до шляхів евакуації.

Антипанічне освітлення має забезпечувати протягом однієї години:

– 50% нормованої освітленості через 5 с після порушення живлення робочого освітлення;

– 100% нормованої освітленості через 60 с.

Резервне освітлення – це та частина аварійного освітлення, яка дає можливість продовження звичайної діяльності без суттєвих змін.

Значення освітленості резервного освітлення повинно бути не менше 30% значення нормованої освітленості для загального робочого освітлення.

Резервне освітлення має забезпечувати протягом однієї години:

– 50% нормованої освітленості через 5 с після порушення живлення робочого освітлення;

– 100% нормованої освітленості через 60 с.

Для аварійного освітлення слід застосовувати:

– світлодіодні джерела світла

– люмінесцентні лампи;

– розрядні лампи високого тиску.

Охоронне освітлення – це освітлення вздовж межі території, що охороняється (в нічний час), освітленість на рівні землі повинна бути не нижче ніж 0,5 лк

Область застосування, величини освітленості, рівномірність та вимоги до якості чергового освітлення не нормуються.

Розрізняють дві системи штучного освітлення:

Загальне освітлення – це освітлення, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення) або локалізовано відносно розміщення обладнання (загальне локалізоване).

Таким, чином, загальне освітлення ділиться на загальне рівномірне і загальне локалізоване (виконується з врахуванням розташування, обладнання).

Комбіноване освітлення – це штучне освітлення, яке застосовується для створення високих рівнів освітленості на робочих поверхнях завдяки одночасному використанню загального освітлення та місцевого.

Місьцеве освітлення обладнують на окремих робочих машинах, щитах і пультах керування.

Для загального штучного освітлення доцільно використовувати розрядні та світлодіодні джерела світла, які за однакової потужності з тепловими джерелами (світлодіодні лампи) мають більшу світловіддачу та більший термін експлуатації.

Для розрахунку загального рівномірного штучного освітлення приміщень застосовується *метод коефіцієнта використання світлового потоку*, за допомогою якого визначають кількість світильників для даного приміщення.

Порядок проведення розрахунків:

1. Вибрати тип лампи і тип світильника відповідно до варіанту.

2. За допомогою розрахунків аргументувати необхідний світловий потік однієї лампи. Світловий потік однієї лампи світильника Φ визначають за формулою:

$$\Phi = (E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_3) / (N \cdot n \cdot \eta), \quad (2.11)$$

де E_n – нормована освітленість, лк, визначається за таблицею 2.5 для відповідного розряду зорової роботи (ДБН В.2.5-28-2018);

S – площа приміщення, що освітлюється, м²;

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп, визначається за довідником (для кабінетів, робочих приміщень громадських будівель, торговельних залів тощо $K_3 = 1,5$ при освітленні газорозрядними лампами, $K_3 = 1,3$);

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп);

n – кількість ламп в світильнику (для світильників з газорозрядними лампами, прийняти тип світильника ЛПО-01 із кількістю ламп $n = 2$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку, визначається за світлотехнічною таблицею 2.11 в залежності від індексу приміщення, коефіцієнтів відбиття стелі, стін для світильників з люмінесцентними лампами; значення η визначають в залежності від індексу приміщення і:

$$i = (A \cdot B) / (H_p \cdot (A + B)), \quad (2.12)$$

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

(у формулу 2.11 коефіцієнт η підставляють у частках одиниці, а не в відсотках);

H_p – висота підвісу світильників над рівнем робочої поверхні, м:

$$H_p = H - h_p, \quad (2.13)$$

h_p – висота робочої поверхні над підлогою (прийняти 0,8 м);

N – кількість світильників, розрахована попередньо за формулою:

$$N = (A \cdot B) / L^2 \quad (2.14)$$

де L – відстань між рядами світильників; оптимальна відстань між світильником, м, у випадку багаторядного розташування визначається як $L = 1,5 \cdot H_p$.

3. Визначивши світловий потік лампи Φ , за таблицею 2.12 вибирають найближчу стандартну лампу, враховуючи, що її світловий потік не повинен відрізнятись від розрахункового більше ніж на (-10) – (+20) %.

4. Розраховують необхідну кількість світильників у приміщенні N_H за формулою:

$$N_H = E_p \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / (\Phi \cdot n \cdot \eta) \quad (2.15)$$

5. Розраховують очікувану освітленість у приміщенні E_p за необхідної кількості світильників N_H і відомих всіх інших значеннях за формулою:

$$E_p = (\Phi \cdot N \cdot n \cdot \eta) / (S \cdot Z \cdot K_3) \quad (2.16)$$

Таблиця 2.11 – Коефіцієнти використання світлового потоку (η) світильників з газорозрядними лампами

| Тип світильника | ЛПО-01 | | |
|-----------------|--------------------------------------|----|----|
| | ρ стелі, % | 70 | 50 |
| ρ стін, % | 50 | 50 | 30 |
| i | Коефіцієнти використання, η , % | | |
| 0,5 | 25 | 23 | 20 |
| 0,6 | 31 | 29 | 24 |
| 0,7 | 36 | 34 | 28 |
| 0,8 | 39 | 37 | 32 |
| 0,9 | 42 | 41 | 35 |
| 1,0 | 46 | 44 | 38 |
| 1,1 | 48 | 46 | 41 |
| 1,25 | 51 | 49 | 44 |
| 1,5 | 55 | 53 | 49 |
| 1,75 | 58 | 57 | 52 |
| 2,0 | 61 | 59 | 55 |
| 2,25 | 63 | 62 | 57 |
| 2,5 | 65 | 64 | 59 |
| 3,0 | 68 | 66 | 62 |
| 3,5 | 70 | 68 | 64 |
| 4,0 | 71 | 69 | 66 |
| 5,0 | 75 | 72 | 70 |

Таблиця 2.12 – Технічні дані деяких люмінесцентних ламп

| Люмінесцентні лампи загального призначення | | | |
|--|------------|---------------------|------------------|
| Потужність, Вт | Тип лампи* | Світловий потік, лм | Довжина лампи, м |
| 20 | ЛДЦ | 850 | 0,6 |
| 20 | ЛД | 1000 | 0,6 |
| 20 | ЛБ | 1200 | 0,6 |
| 30 | ЛДЦ | 1500 | 0,9 |
| 30 | ЛД | 1800 | 0,9 |
| 30 | ЛБ | 2180 | 0,9 |
| 40 | ЛДЦ | 2200 | 1,2 |
| 40 | ЛД | 2500 | 1,2 |
| 40 | ЛБ | 3200 | 1,2 |
| 80 | ЛДЦ | 3800 | 1,5 |
| 80 | ЛД | 4300 | 1,5 |
| 80 | ЛБ | 5400 | 1,5 |

Примітка*: ЛДЦ – денного світла з покращеним відтворенням кольору, ЛД – денного світла, ЛБ – білого світла.

Завдання 2.5 За допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку розрахувати систему загального рівномірного освітлення для приміщення з розмірами відповідно до варіанту завдання (таблиця 2.13). Тип світильників – ЛПО-01⁶. Лампи для світильників за технічними характеристиками обрати самостійно (виходячи із розрахованого приблизного значення світлового потоку однієї лампи). Інші вихідні дані наведені в таблиці 2.14. Накреслити схему розташування світильників у приміщенні.

Таблиця 2.13 – Вихідні дані до завдання 2.5

| Варіант | Тип ламп | Коефіцієнти відбиття, ρ : | | Розряд і підрозряд робіт | Розмір приміщення, м |
|---------|----------|--------------------------------|------|--------------------------|----------------------|
| | | стелі | стін | | |
| 0 | ЛД | 70 | 60 | IV б | 20×10 |
| 1 | ЛБ | 70 | 50 | IV б | 10×8 |
| 2 | ЛДЦ | 50 | 30 | V а | 8×6 |
| 3 | ЛД | 30 | 10 | IV в | 15×10 |
| 4 | ЛД | 50 | 30 | V б | 12×10 |
| 5 | ЛБ | 70 | 60 | V в | 12×8 |
| 6 | ЛД | 70 | 50 | IV г | 10×10 |
| 7 | ЛДЦ | 50 | 30 | V г | 15×10 |
| 8 | ЛБ | 70 | 50 | IV г | 10×8 |
| 9 | ЛД | 30 | 10 | VI | 8×7 |

⁶ ЛПО-01 – двохлампові світильники з люмінесцентними лампами. Люмінесцентне освітлення в приміщеннях з постійним перебуванням людей для боротьби з явищем пульсації світлового потоку вимагає число ламп в одному світильнику, кратне 2, тобто $n=2$, $n=4$, $n=6$ тощо. У приміщеннях з постійним перебуванням людей категорично забороняється застосовувати однолампові люмінесцентні світильники, що живляться від змінного струму і не мають спеціальних засобів боротьби із пульсацією.

2.5. Захист від виробничого шуму

Експлуатація переважної більшості технологічного обладнання, енергетичних установок, машин та механізмів пов'язана з виникненням шумів та вібрації різної частоти та інтенсивності, які справляють негативний вплив на організм людини.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіологічні та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття.

Шум не лише погіршує самопочуття людини і знижує продуктивність праці на 10 – 15%, але нерідко призводить до професійних захворювань.

Матеріальні збитки від цих захворювань значно більші, ніж від інших професійних захворювань. У зв'язку з цим боротьба з шумом має не лише санітарно-гігієнічне, але й техніко-економічне значення, вказує на необхідність розробки комплексу інженерно-технічних та організаційних заходів щодо зниження шуму до нормативних значень.

Під *шумом* розуміють несприятливе поєднання звуків різної інтенсивності, частоти і тиску, які впливають на організм людини, заважають відпочивати і працювати. З фізіологічної точки зору шум – це будь-який небажаний звук, що сприймається органом слуху людини.

Параметрами постійного шуму на робочих місцях, що нормуються, є рівні звукових тисків в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц в децибелах.

Шум на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих рівнів згідно ДСН 3.3.6.037-99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

Зони з рівнем звуку вище 85 дБА повинні бути позначені знаками небезпеки. Працюючих в цих зонах адміністрація зобов'язана забезпечити засобами індивідуального захисту.

2.5.1 Визначення рівня звукового тиску при одночасно працюючих джерелах шуму

Сумарний рівень звукового тиску від декількох джерел шуму визначається за формулою:

$$L_s = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i} \quad (2.17)$$

де L_i – октавний рівень звукового тиску відповідного джерела, дБ; i – номер джерела; n – загальна кількість джерел в приміщенні.

В разі n однакових джерел шуму формула має вигляд:

$$L_s = L_i + 10 \cdot \lg n \quad (2.18)$$

де L_i – октавний рівень звукового тиску одного джерела, n – кількість джерел.

За двох різних джерел шуму $L_1 > L_2$:

$$L_s = L_1 + \Delta L \quad (2.19)$$

де ΔL – добавка, визначається із таблиці 2.15 в залежності від різниці $L_1 - L_2$.

Якщо кількість джерел $n > 2$, то користуючись таблицею 2.14 необхідно послідовно додавати рівні, починаючи із максимального. Додавання рівнів за таблицею проводять у такому порядку:

- 1) обчислюють різницю рівнів, що додаються;
- 2) визначають додаток до більш високого рівня відповідно до таблиці;
- 3) додають додаток до більш високого рівня;

Наприклад: рівні звукового тиску від шести джерел шуму становлять відповідно 81, 83, 85, 87, 90, 91, для того, щоб знайти сумарний рівень звукового тиску L_s спочатку знаходимо різницю між значенням звукового тиску найбільш інтенсивного джерела і джерела із наступною інтенсивністю: $L_{різн1} = 91 - 90 = 1$; із таблиці вибираємо $\Delta L_{дод1} = 2,5$. Знаходимо сумарний рівень звукового тиску для двох джерел L_{s1} , додаючи ΔL_1 до значення звукового тиску найбільш інтенсивного джерела: $L_{s1} = 91 + 2,5 = 93,5$ дБ. Далі шукаємо різницю між знайденим $L_{різн2}$ двох джерел із наступним значенням звукового тиску: $L_{різн2} = 93,5 - 87 = 6,5$, отже $\Delta L_2 = 0,9$, тоді $L_{s2} = 93,5 + 0,9 = 94,4$ дБ.

Продовжуємо у наступній послідовності:

$$L_{різн3} = 94,4 - 85 = 9,4; \Delta L_3 = 0,5; L_{s3} = 94,4 + 0,5 = 94,9 \text{ дБ};$$

$$L_{різн4} = 94,9 - 83 = 11,9; \Delta L_4 = 0,3; L_{s4} = 94,9 + 0,3 = 95,2 \text{ дБ}$$

$$L_{різн5} = 95,2 - 81 = 14,2; \Delta L_5 = 0,2; L_{s5} = 95,2 + 0,2 = 95,4 \text{ дБ}$$

Знаходимо сумарний рівень звукового тиску від даних п'яти джерел за формулою 2.17.

$$L_s = 10 \cdot \lg(10^{0,181} + 10^{0,183} + 10^{0,185} + 10^{0,187} + 10^{0,190} + 10^{0,191}) = 95,3$$

Таблиця 2.14 – Додавання рівнів звукового тиску

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Різниця двох додаваних рівнів | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 | 20 |
| Добавка ΔL до більш високого рівня | 3 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0 |

Завдання 2.6 В офісному приміщенні одночасно працюють три установки (варіанти завдань вибрати із таблиці 2.15). Рівні звукового тиску, що випромінюються кожним джерелом наведені в таблиці 2.16. Визначити сумарні октавні рівні звукового тиску одночасно працюючих джерел послідовним сумуванням (формула 2.19) і за формулою 2.17. Порівняти отримані результати.

Таблиця 2.15 – Вихідні дані до завдання 2.6

| Рівень джерела шуму, дБА | Варіанти | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| А, 80 | + | - | + | - | + | - | - | - | + | - |
| Б, 84 | - | + | - | - | + | + | - | + | - | + |
| В, 81 | + | + | + | - | + | - | + | - | - | - |
| Г, 92 | - | + | + | + | - | + | + | + | - | - |
| Д, 95 | + | - | - | + | - | - | - | + | + | + |
| Е, 96 | - | - | - | + | - | + | + | - | + | + |

2.5.2 Розрахунок звукоізоляції

Для боротьби з шумом застосовують методи і засоби колективного та індивідуального захисту. На підприємствах, в першу чергу, необхідно застосувати засоби колективного захисту. Методи колективного захисту поділяють на: архітектурно-планувальні, інженерні, організаційні та акустичні.

Серед *акустичних методів* захисту найбільш поширеним методом є застосування *звукоізоляції* у вигляді кожухів, екранів, огорожень, кабін спостереження (у випадку дистанційного керування).

В основу методу звукоізоляції покладений принцип відбиття – більша частина звукової енергії I , що падає на перегородку відбивається і тільки незначна її частка (близько 0,001) проникає через перегородку. Ефективність звукоізоляції R , дБ характеризується коефіцієнтом звукопровідності τ і розраховується за формулою:

$$R = 10 \lg (1/\tau), \quad (2.20)$$

де $\tau = E_{\text{прон}}/E_{\text{пад}}$ – коефіцієнт звукопровідності перешкоди, де $E_{\text{прон}}$ – енергія звукової хвилі, що проникла через звукоогороджувальну конструкцію, Вт; $E_{\text{пад}}$ – енергія звукової хвилі, що падала на звукоогороджувальну конструкцію, Вт.

Розрахунок звукоізоляції для одношарової плоскої перегородки. Таку перегородку під час розрахунку звукоізоляції приймають за одну тонку пластину, що шарнірно обперта по контуру і здійснює лише згинальні коливання. Кожна пластина має нескінченну кількість частот власних коливань. В частотній характеристиці звукоізоляції R такої перегородки (рисунк 2.2 а) можна виділити декілька ділянок, на яких звукоізоляція підкоряється певним закономірностям.

На ділянках резонансних частот, що знаходяться, як правило, в низькочастотному діапазоні (до 20 – 45 Гц), звукоізоляція залежить від внутрішнього тертя в матеріалі перегородки. Оскільки цей діапазон знаходиться нижче нормованих частот, то зазвичай, в розрахунках звукоізоляції він не враховується. На частотах вище перших двох-трьох резонансних частот звукоізоляція підкоряється так званому закону маси, коли звукоізоляція R залежить тільки від поверхневої густини m_n , кг/м² (маса в кг 1 м² перегородки) та частоти звуку f , Гц (зі збільшенням m_n або f в два рази звукоізоляція зростає на 6 дБ)

$$R = 20 \lg(m_n \times f) - 47,5 \quad (2.21)$$

Звукоізоляція плоскої одношарової перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ). Розміщення шару звукопоглинального матеріалу на перегородці забезпечує, по-перше, зниження інтенсивності відбитого звуку і, як наслідок, зменшення шуму в приміщеннях і, по-друге, збільшення звукоізоляції R_C такої перегородки за рахунок затухання звуку в шарі і збільшення маси перегородки. Розрахунок звукоізоляції плоскої одношарової перегородки із шаром ЗПМ проводиться у восьми октавних смугах частот.

Загальна звукоізоляція перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ) R_c визначається за формулою:

$$R_c = R + \Delta R \quad (2.22)$$

де R – звукоізоляція перегородки без шару ЗПМ, дБ (вибирається із таблиці 2.16 в залежності від матеріалу перегородки); ΔR – додаткова звукоізоляція, що вноситься шаром ЗПМ, дБ:

$$\Delta R = 8,7 \times \beta \times \delta + 20 \times \lg \times [(m_n + m_{\text{ши}}) / m_n] \quad (2.23)$$

де β – коефіцієнт затухання, 1/м, значення якого для деяких матеріалів подані у таблиці 2.17; δ – товщина шару ЗПМ, м; m_n – поверхнева густина матеріалу перегородки, кг/м² (вибирається із таблиці 2.18; $m_{\text{ши}}$ – поверхнева густина шару ЗПМ, кг/м² :

$$m_{\text{ши}} = \rho \delta, \quad (2.24)$$

де, ρ – об'ємна густина ЗПМ (у розрахунках прийняти $\rho = 20$ кг/м³); δ – товщина шару ЗПМ, м.

Таблиця 2.16 – Звукоізоляція стін і перегородок, дБ

| Конструкція | Товщина, мм | Поверхнева густина, кг/м ² | Середньогометрична частота октавної смуги, Гц | | | | | | | |
|----------------------|-------------|---------------------------------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | | | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Цегляна кладка | 140 | 220 | 32 | 39 | 40 | 42 | 48 | 54 | 60 | 60 |
| | 270 | 420 | 36 | 41 | 44 | 51 | 58 | 64 | 65 | 65 |
| | 410 | 620 | 41 | 44 | 48 | 55 | 61 | 65 | 62 | 65 |
| Залізобетонна панель | 100 | 250 | 38 | 38 | 38 | 44 | 50 | 58 | 60 | 60 |
| | 160 | 400 | 43 | 43 | 43 | 51 | 60 | 63 | 63 | 63 |
| | 200 | 500 | 40 | 42 | 44 | 51 | 59 | 65 | 65 | 65 |
| | 300 | 750 | 44 | 44 | 50 | 58 | 65 | 69 | 69 | 69 |
| Гіпсобетонна панель | 80 | 115 | 32 | 32 | 33 | 39 | 47 | 54 | 60 | 60 |
| Шлакобетонна панель | 140 | 250 | 39 | 39 | 39 | 46 | 53 | 60 | 60 | 60 |
| | 250 | 400 | 42 | 42 | 42 | 50 | 59 | 64 | 64 | 64 |

Таблиця 2.17 – Коефіцієнти затухання β , 1/м

| Звуопоглинаючий матеріал | Середньогометрична частота октавної смуги, Гц | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Полотно із супертонкого скловолокна | 3 | 5 | 6 | 9 | 14 | 24 | 34 | 45 |
| Полотно із супертонкого базальтового волокна | 3 | 6 | 8 | 11 | 25 | 34 | 37 | 38 |

Найбільший ефект шар ЗПМ забезпечує на високих частотах, на яких значення коефіцієнта затухання β є максимальним, і найменший ефект – на низьких частотах. Товщина шару ЗПМ частіше складає 50 – 100 мм.

Завдання 2.7 Розрахувати звукоізоляцію перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ). Матеріал для перегородки і ЗПМ вибрати відповідно до варіанту із таблиці 2.18. Отримані дані занести в таблицю і побудувати за ними графік залежності звукоізоляції перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу і без нього від октавних смуг частот.

Таблиця 2.18 – Вихідні дані до завдання 2.7

| Вихідні дані | Варіанти | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----|-----|----------------------|-----|--|-----|----------------------|---------------------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Матеріал перегородки | Цегляна кладка | | | Залізобетонна панель | | | | Гіпсо-бетонна панель | Шлакобетонна панель | |
| Товщина перегородки, мм | 140 | 270 | 410 | 100 | 160 | 200 | 300 | 80 | 140 | 250 |
| ЗПМ | Полотно із супертонкого скловолокна | | | | | Полотно із супертонкого базальтового волокна | | | | |
| Товщина шару ЗПМ, мм | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 50 | 60 | 70 | 80 |

2.7. Електробезпека

2.7.1 Схеми включення людини в електричні мережі. Величина струму через людину

Наслідки ураження людини електричним струмом у випадку дотику її до металоконструкцій, які опинилися під напругою залежать від конструкційних особливостей мережі живлення, а саме, від кількості фаз і режиму нейтралі – ізольованої чи глухозаземленої.

В промисловості, в основному, використовуються трифазні мережі:

– з ізольованою нейтраллю (застосовуються в тих випадках, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції проводів, а ємність мережі відносно землі незначна);

– з глухо заземленою нейтраллю (застосовують там, де неможливо забезпечити якісну ізоляцію проводів).

Нейтраль, або нейтральна точка обмотки джерела електричного живлення, – це точка, напруга якої відносно всіх зовнішніх виводів обмотки однакова за абсолютним значенням.

Схеми включення людини в електричні мережі багатоваріантні, але найбільш розповсюдженими і ймовірними схемами в мережі трифазного перемінного струму є:

- між проводом і землею (однофазне);
- між двома проводами (двофазне);
- між двома проводами і землею одночасно (двох- і однофазне);
- між двома точками землі (напруга кроку).

Найбільшу небезпеку для людини становить двофазний (двополюсний) дотик до електричного кола, тому що в цьому випадку людина опиняється під лінійною напругою мережі. Лінійною напругою називається та напруга, яка існує між лінійними провідниками трифазної системи змінного струму. Номінальна величина лінійної (U_L) напруги в Україні дорівнює 380 В.

$$U_L = \sqrt{3}U_{\phi},$$

де U_ϕ – фазна напруга. Фазна напруга - напруга, яка існує між одним з лінійних провідників і нейтраллю. В Україні її номінальне значення дорівнює 220 В.

Тяжкість ураження людини у всіх перерахованих вище випадках визначається величиною струму, що проходить через її тіло. Величина струму через людину, в свою чергу, залежить від напруги під яку потрапляє людина, від опору тіла людини, від опору ізоляції фазних проводів відносно землі, від ємнісної складової мережі а також від конструкційних особливостей мережі живлення.

Трифазна мережа, ізольована від землі. У разі однофазного дотику людини в трифазній мережі, ізольованій від землі, струм через людину визначається за формулою 2.27 (рисунок 2.3 а):

$$I_l = \frac{U_\phi}{R_l \sqrt{1 + \frac{r_{i3}^2 (\epsilon_{i3} + 6R_l)}{9R_l (\epsilon_{i3} + r_{i3}^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2)}}}, A \quad (2.27)$$

де U_ϕ – фазна напруга мережі, В; R_l – опір людини, Ом; r_{i3} – опір ізоляції проводів А, В і С відносно землі, Ом, ω – кутова частота мережі, Гц ($\omega = 2\pi f$, де $f = 50$ Гц – частота промислового струму); C – ємність проводів відносно землі, Ф.

У випадку відсутності ємнісної складової струму, величина струму, що проходить через людину, визначиться виразом 2.28

$$I_l = \frac{3U_\phi}{3R_l + r_{i3}}, A \quad (2.28)$$

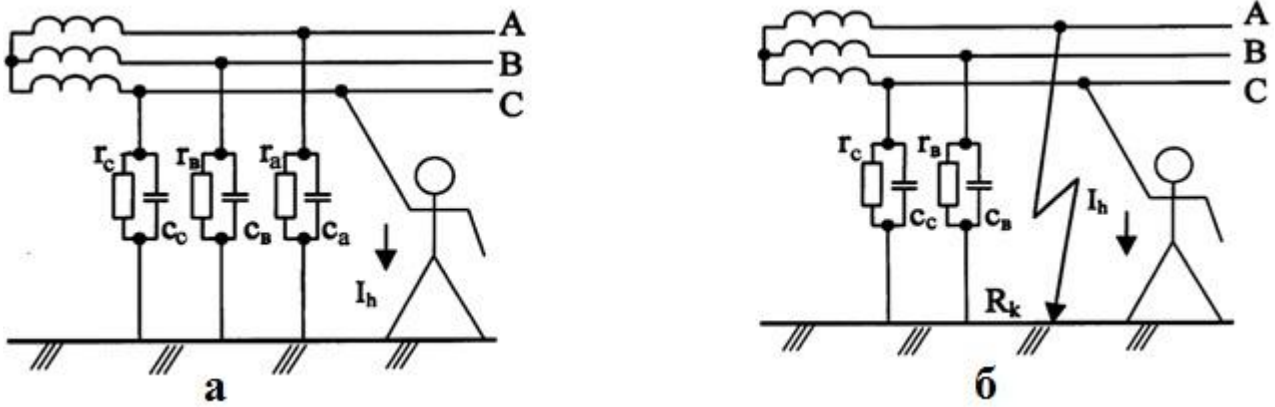
де U_ϕ – фазна напруга мережі, В; R_l – опір людини, Ом; r_{i3} – опір ізоляції проводів А, В і С відносно землі, Ом.

Порівнюючи вираз (2.28) для величини струму, що проходить через людину, в нормальному режимі роботи електроустановки в однофазній мережі і вираз (2.29), бачимо, що в трифазній мережі I_l практично, в три рази більше.

У випадку однофазного дотику людини в аварійному режимі роботи мережі з ізольованою нейтраллю, тобто, коли один із фазних проводів замкнутий на землю (рисунок 2.3 б), струм через людину визначається за формулою:

$$I_l = \frac{U_l}{R_T}, A \quad (2.29)$$

де U_l – лінійна напруга мережі, В; R_T – опір тіла людини.



а – нормальний режим роботи мережі (відсутність замикань на землю фазних проводів);
 б – аварійний режим роботи мережі

Рисунок – 2.3. Схема включення людини під напругу у випадку однофазного дотику в мережі з ізолюваною нейтраллю

Трифазна чотирипровідна мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Струм через людину у випадку однофазного дотику до фазного проводу за непошкодженої ізоляції інших фазних проводів (рисунок 2.4 а) визначиться виразом 2.30:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л} + R_0}, A, \quad (2.30)$$

де R_0 – опір заземлення, Ом.

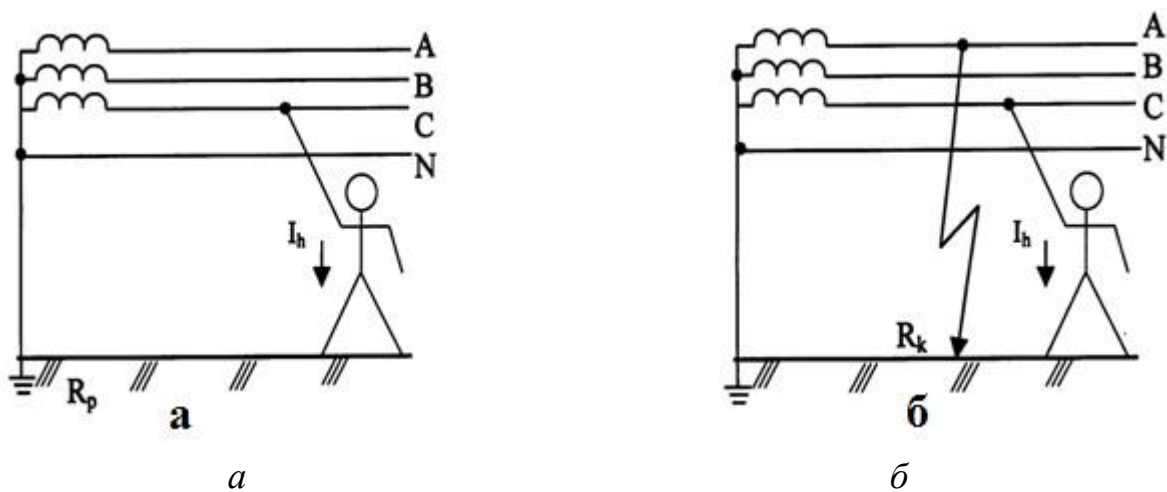
У цій мережі найбільший опір має елемент “людина” – 1000 Ом. Опір інших елементів проходженню струму знаходиться в межах 10 Ом. Тому можна вважати, що людина попадає, практично, під фазну напругу ($U_{\text{дот}} = U_{\phi}$) а величина струму залежить, в основному, від $R_{л}$.

Тому величина струму через людину у випадку її однофазного дотику до неізольованих струмовідних частин, які знаходяться під напругою, в мережах із глухозаземленою нейтраллю має бути на два порядки більшою, ніж в мережах, ізольованих від землі за нормального стану ізоляції.

В аварійному режимі роботи мережі із глухозаземленою нейтраллю (рисунок 2.4 б), струм через людину у випадку її однофазного дотику визначиться за формулою:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_T}, A \quad (2.31)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі, В; R_T – опір тіла людини.



а – нормальний режим роботи мережі (відсутність замикань на землю фазних проводів);
 б – аварійний режим роботи мережі

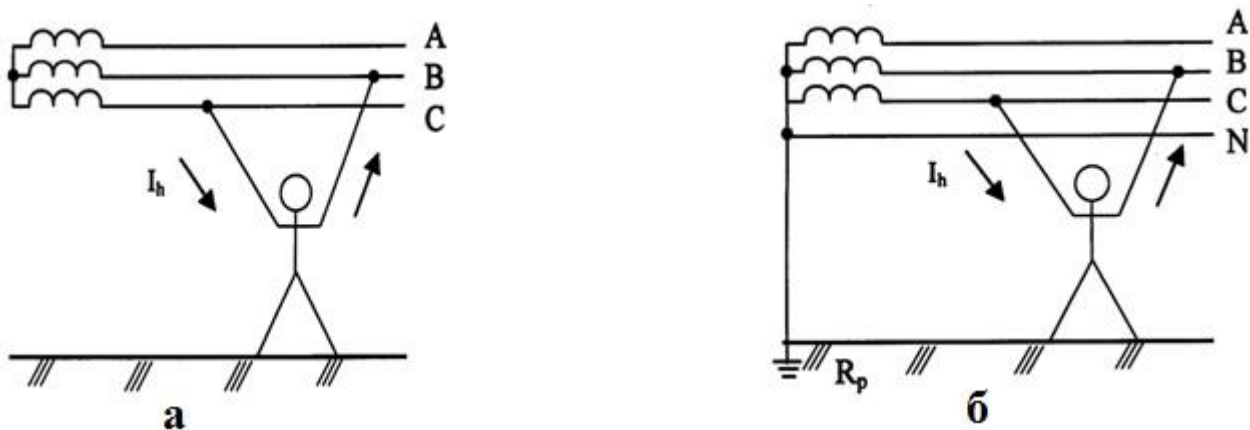
Рисунок 2.4 – Схема включення людини під напругу у випадку однофазного дотику в трифазній чотирипровідній мережі з глухозаземленою нейтраллю

У випадку двофазного дотику людини незалежно від режиму нейтралі трансформатора (рисунок 2.5) основна частина струму проходить шляхом «рука-рука».

Величина струму, який пройде через людину визначиться виразом:

$$I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{T}}, A \quad (2.32)$$

де $U_{ф}$ – фазна лінійна мережі, В; R_{T} – опір тіла людини.



а – мережа з ізолюваною нейтраллю; б – мережа з глухозаземленою нейтраллю

Рисунок 2.5 – Схема включення людини під напругу у випадку двофазного дотику в трифазній чотирипровідній мережі з глухозаземленою нейтраллю

На виробництві і в побуті найчастіше застосовуються мережі із глухозаземленою нейтраллю. І тільки в гірничодобувній промисловості і на торфорозробках, відповідно до вимог електробезпеки, обов'язковим є застосування мереж, ізолюваних від землі.

Такий підхід до вибору режиму нейтралі електричної мережі обумовлений такими обставинами:

– в умовах виробничих підприємств, громадських установ, житлового сектора і т. ін. забезпечення необхідного опору ізоляції у випадку застосування мереж, ізольованих від землі, пов'язано з певними технічними і економічними проблемами;

– в мережах із глухозаземленою нейтраллю можливо забезпечити більш ефективний захист у випадку пошкодження ізоляції і переході напруги на неструмовідні частини електроустановок.

Завдання 2.8 Визначити силу струму, що протікає через тіло людини у випадку її однофазного дотику до оголеного проводу трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю в а) нормальному і б) аварійному режимі роботи.

Напруга живлячого трансформатора $U = 380/220$ В. Інші вихідні дані: опір тіла людини $R_{тіла}$, кОм, опір підлоги $R_{підлоги}$, кОм, опір ізоляції $r_{із}$, кОм і опір взуття $R_{взуття}$, кОм наведені в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Вихідні дані до завдання 2.8

| Вихідні дані | Варіанти | | | | | | | | | |
|---------------------|----------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $R_{тіла}$, кОм | 1,0 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 0,95 | 1,05 | 0,8 | 1,15 | 0,85 |
| $R_{підлоги}$, кОм | 1,4 | 50 | 22 | 97 | 15 | 1,5 | 3,0 | 10 | 2,5 | 99 |
| $r_{із}$, кОм | 500 | 700 | 600 | 300 | 100 | 800 | 900 | 200 | 400 | 1000 |
| $R_{взуття}$, кОм | 1,5 | 7,5 | 0,5 | 900 | 25 | 2,0 | 1,0 | 700 | 0,7 | 80 |

Завдання 2.9 Визначити силу струму, що протікає через тіло людини у випадку її однофазного дотику (в нормальному і аварійному режимах) до струмопровідної частини електроустановки в мережі з ізольованою нейтраллю трансформатора. Оцінити небезпеку таких включень для людини, порівняти отримані значення з допустимими. Для розрахунку задані: лінійна напруга мережі U_L , кВ, опір ізоляції фазних проводів ($r_A = r_B = r_C = r_{із}$), ємність фазних проводів відносно землі ($C_A = C_B = C_C = C$), перехідний опір в місці замикання на землю R_K , Ом, опір тіла людини $R_{тіла}$, кОм, матеріал підшви взуття і матеріал опорної поверхні ніг (підлоги). Вихідні дані наведені в таблиці 2.20 – 2.22.

Таблиця 2.20 – Вихідні дані* до завдання 2.9

| Варіант | U_L , кВ | $r_{із}$, кОм | C , мкФ | $R_{тіла}$, кОм | Матеріал підшви взуття | Матеріал опорної поверхні ніг |
|---------|------------|----------------|-----------|------------------|------------------------|-------------------------------|
| 1 | 6 | 50 | 0,050 | 2,0 | Шкіра с. | Цегла с. |
| 2 | 6 | 60 | 0,055 | 1,0 | Шкіра в. | Цегла в. |
| 3 | 6 | 70 | 0,060 | 1,8 | Шкірозамінник с. | Дерево с. |
| 4 | 6 | 80 | 0,065 | 1,7 | Шкірозамінник в. | Дерево в. |
| 5 | 6 | 90 | 0,070 | 1,6 | Шкіра с. | Лінолеум с. |
| 6 | 10 | 100 | 0,075 | 1,5 | Шкіра в. | Лінолеум в. |
| 7 | 10 | 110 | 0,080 | 1,4 | Гума с. | Бетон с. |
| 8 | 10 | 120 | 0,085 | 1,3 | Гума в. | Бетон в. |
| 9 | 10 | 130 | 0,090 | 1,2 | Шкірозамінник с. | Метал. |
| 10 | 10 | 140 | 0,095 | 1,1 | Шкірозамінник в. | Метал. |

Примітка*. В таблиці прийняті скорочення: “с” – сухий, “в” – вологий.

Таблиця 2.21 – Значення опору взуття

| Приміщення | Матеріал підшви | Опір $R_{\text{взуття}}$, кОм | | | |
|---------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| | | Напруга U , В | | | |
| | | $U < 65$ | $U \approx 127$ | $U \approx 220$ | $U > 220$ |
| Сухе | Шкіра | 200 | 150 | 100 | 50 |
| | Шкірозамінник | 150 | 100 | 50 | 25 |
| | Гума | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Сире і вологе | Шкіра | 1,6 | 1,8 | 0,5 | 0,2 |
| | Шкірозамінник | 2,0 | 1,0 | 0,7 | 0,5 |
| | Гума | 2,0 | 1,8 | 1,5 | 1,0 |

Таблиця 2.22 – Значення опору підлоги

| Матеріал підлоги | Опір підлоги, $R_{\text{підлоги}}$, кОм | | |
|------------------|--|----------------|---------------|
| | Підлога суха | Підлога волога | Підлога мокра |
| Бетон | 2000 | 0,9 | 0,1 |
| Дерево | 30 | 3,0 | 0,3 |
| Цегла | 10 | 1,5 | 0,8 |
| Лінолеум | 1500 | 50 | 4,0 |
| Метал | 0,01 | 0 | 0 |

2.7.2 Напруга дотику та кроку

Напруга кроку. У випадку обриву проводів ліній електропередач і їх контакті з землею, пробі кабелів на землю, замиканні на неструмоведучі елементи електроустановок, що мають контакт з землею, доторканні людини, яка стоїть на землі, до струмоведучих частин під напругою тощо земля стає елементом електричної мережі замикання на землю.

Коли струм проходить по землі, на її поверхні виникає специфічне поле потенціалів, характер якого визначається конструкцією заземлювача, властивостями ґрунту тощо.

Закон розподілу потенціалів на поверхні ґрунту залежить від геометричної форми електрода і для різних заземлювачів наведені у довідниках.

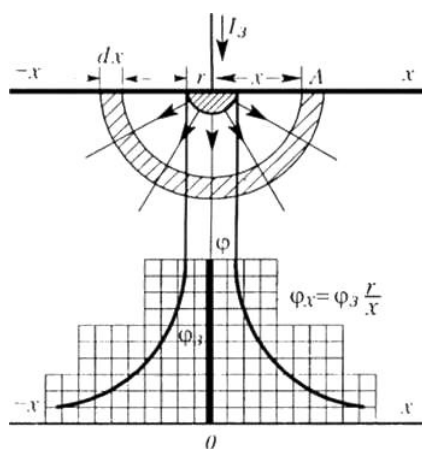


Рисунок 2.6 – Розподіл потенціалів на поверхні землі навколо напівсферичного заземлювача

Для напівсферичного заземлювача, який знаходиться на поверхні землі (рисунок 2.6) за умови однорідності і електричної ізотропності ґрунту можна вважати, що струм у всіх напрямках буде розтікатися рівномірно – як показано стрілками на рисунку 2.6, і буде дорівнювати I_3 .

Розподіл потенціалів на поверхні землі навколо напівсферичного заземлювача відповідає рівнянню гіперболи, а значення потенціалів змінюється від свого максимального значення φ_3 до нуля при віддаленні від заземлювача (рисунок 2.6).

Практично зона підвищених потенціалів на поверхні землі відносно її нульового потенці-

алу при замиканні на землю через напівсферичний заземлювач і однорідному ґрунті обмежується колом із радіусом близько 20 м. Переміщуючись в цій зоні, людина попадає під так звану *напругу кроку* – напругу між двома точками на поверхні землі, які знаходяться одна від одної на відстані кроку і на яких одночасно стоїть людина.

З наближенням до заземлювача величина крокової напруги зростає і при напрузі мережі живлення 0,4 кВ вона може бути небезпечною для людини. Тому “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів” за наявності замикання на землю забороняють наближатися до місця замикання ближче 8 м поза приміщенням і 4 м в приміщенні без застосування засобів захисту – діелектричні боти, калоші, суха дошка тощо.

В загальному вигляді величина напруги кроку може бути визначена як різниця між φ_x та φ_{x+a} , де a – величина кроку, м (0,8 м), відповідно до чого

$$U_k = I \frac{\rho}{2\pi x} - I \frac{\rho}{2\pi(x+a)} = I \frac{\rho \cdot a}{2\pi x(x+a)}, \quad (2.33)$$

тобто величина напруги кроку прямо пропорційна силі струму замикання на землю, питомому опору провідника та величині кроку і обернено пропорційна відстані від заземлювача.

У цілому, заходи захисту людини від дії напруги кроку зводяться до розірвання мережі струму через людину по петлі “нога-нога”, або до різкого збільшення опору в цій петлі зі рахунок використання різних підручних засобів. За необхідності невідкладного входу в зону небезпечної напруги кроку для надання допомоги потерпілим і т.ін. та за відсутності засобів захисту, доцільно переміщуватись в цій зоні обережно, пересуваючи ступні по землі так, щоб вони постійно торкалися одна одної.

Напруга дотику. Дотик людини до корпусу ушкодженого обладнання або до корпусу обладнання, з’єднаного з ушкодженим загальним колом заземлення, зумовлює потрапляння людини під напругу дотику. *Напруга дотику* – це напруга між двома точками кола електричного струму, яких одночасно торкається людина, і дорівнює різниці потенціалів корпусу і точок поверхні ґрунту, де знаходяться ноги людини:

$$U_{\text{дот}} = \varphi_k - \varphi_x, \quad (2.34)$$

де φ_k – потенціал корпусу електроустановки, якої торкається людина; φ_x – потенціал в точці на поверхні ґрунту, де знаходяться ноги людини.

Напруга дотику, на відміну від напруги кроку, збільшується при віддаленні від заземлювача і за межами зони розтікання струму вона дорівнює напрузі на корпусі обладнання відносно землі. Захист від напруги дотику – вирівнювання потенціалів (встановлення електропровідної підлоги).

Таким чином, згідно з зазначеним вище, до основних факторів, які впливають на тяжкість ураження електричним струмом (на $I_{\text{л}}$) при попаданні людини під напругу, можна віднести:

- величину напруги мережі живлення, U , В;
- величину напруги дотику $U_{\text{дот}}$, В;

- конструкційні особливості мережі живлення – кількість фаз і режим нейтралі;
- величину опору і стан ізоляції – перш за все в мережах живлення, ізольованих від землі;
- протяжність і розгалуженість мережі живлення, які впливають на r_{i3} і ємність відносно землі.

Завдання 2.10 Визначити напругу кроку при переміщенні людини в зоні розтікання струму з напівсферичного заземлювача для різної відстані від заземлювача. Ширина кроку 0,8 м. За одержаними даними побудуйте залежність $U_{кр}=f(x)$, зробіть висновки. Необхідні вихідні дані: струм замикання на землю I_3 , А, вид ґрунту, відстань від заземлювача x , м наведені в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Вихідні дані до завдання 2.10

| Варіант | I_3, A | Ґрунт | $x_1, м$ | $x_2, м$ | $x_3, м$ | $x_4, м$ | $x_5, м$ |
|---------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 160 | Пісок | 1,2 | 3,2 | 7,2 | 13,7 | 20,7 |
| 2 | 170 | Пісок | 1,0 | 3,0 | 7,0 | 13,5 | 20,5 |
| 3 | 180 | Супісок | 0,9 | 2,9 | 6,9 | 13,4 | 20,4 |
| 4 | 190 | Супісок | 1,1 | 3,1 | 7,1 | 13,6 | 20,6 |
| 5 | 200 | Суглинок | 1,6 | 3,6 | 7,4 | 14,1 | 20,1 |
| 6 | 210 | Суглинок | 1,3 | 3,3 | 7,3 | 13,8 | 20,8 |
| 7 | 220 | Ґлина | 0,7 | 2,7 | 6,7 | 13,2 | 20,2 |
| 8 | 230 | Ґлина | 0,8 | 2,8 | 6,8 | 13,3 | 20,3 |
| 9 | 240 | Садова земля | 1,4 | 3,4 | 7,4 | 13,9 | 20,9 |
| 10 | 250 | Садова земля | 1,1 | 3,1 | 7,1 | 13,6 | 20,6 |

Напругу кроку розраховують за формулою:

$$\varphi_{кр} = \varphi_x - \varphi_{x+a} \quad (2.35)$$

де $a = 0,8$ м – ширина кроку.

Для напівсферичного заземлювача формула потенційної кривої:

$$\varphi_x = I_3 \times \rho / (2\pi \times x), \quad (2.36)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом \times м, взяти з таблиці 2.24.

Для пошуку відповідей на питання реферативної частини:

- 1 – 15 варто звернутися до законодавчих та нормативних актів [1 – 13];
- 16 – 44 – до літературного джерела [14].

Для пошуку методик розрахунків до розрахункової частини – [15]

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

Законодавчі та інші нормативні акти про охорону праці

1. **Законодавство** України про охорону праці. / Електронний доступ <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
2. Кодекс законів про працю. / Електронний доступ <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>
3. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування/ Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14>
4. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці./ Електронний доступ <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05>
5. Типове положення про службу охорони праці / Електронний доступ <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1526-04>
6. Закон України «Про відпустки»/ Електронний доступ: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/504/96-%D0%B2%D1%80>
7. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві / Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/337-2019-%D0%BF>
8. **Гігієнічна класифікація праці** за показниками шкідливості і небезпечності факторів виробничого середовища, важкості і напруженості трудового процесу. / Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>
9. **Граничні нормами** піднімання і переміщення важких речей жінками. / Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0194-93>.
10. **Державні будівельні норми України:** ДБН В.2.5-28-2018 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. / Електронний доступ: http://new.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/DBN_Osvitlennya-ostatochna.pdf
11. **Правила улаштування електроустановок.** / Електронний доступ <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/%D0%9F%D0%A3%D0%95.pdf>
12. **Державні санітарні норми:** ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>
13. **Державні санітарні норми:** ДСН 3.3.6.037-99: Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99>
14. **Правила** технічної експлуатації електроустановок споживачів/ Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06>

Навчальна література

15. Безпека праці та промислова санітарія: курс охорони праці для студентів інженерно-економічного напрямку підготовки / [К.Н. Ткачук, О.Л. Гуменюк, Бивойно Т.П., Денисова Н.М. та інші]; За редакцією К.Н. Ткачука і О.Л. Гуменюк – Чернігів: ЧДТУ, 2010. Електронний доступ: <https://cro.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/index.html>
16. **Допоміжна література для виконання розрахункової частини роботи**
16. Практикум із охорони праці /В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.