

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

методичні вказівки до лабораторних робіт
для студентів всіх спеціальностей

Затверджено на засіданні кафедри
харчових технологій
протокол № 11 від 28 лютого 2020 р.

Чернігів ЧНТУ 2020

Основи охорони праці: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів всіх спеціальностей /Укл.: Гуменюк О.Л – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – 82 с.

Укладачі: Гуменюк Оксана Леонідівна, кандидат хімічних наук, доцент

Відповідальний за випуск:

Хребтань О.Б., 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
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ЗВУКОВОГО ТИСКУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ	14
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ РОБОЧИХ МІСЦЬ.....	23
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ	37
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУГИ ДОТИКУ ТА КРОКУ	43
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЗАЗЕМЛЕННЯ МЕТОДОМ АМПЕРМЕТРА-ВОЛЬТМЕТРА.....	48
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ В МЕРЕЖАХ ТРИФАЗНОГО СТРУМУ НАПРУГОЮ ДО 1000 В.....	55
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ.....	60
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛАХУ ГОРЮЧИХ РІДИН. ВИВЧЕННЯ ТИПІВ ПОЖЕЖНИХ ОПОВІСНИКИ ТА ВОГНЕГАСНИКІВ	66
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	82

Вступ

Охорона праці – нормативна дисципліна, яка 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.

Запропонований практикум включає лабораторні роботи з основних розділів дисципліни: гігієна праці, промислова санітарія, техніка безпеки та пожежна безпека. Метою виконання лабораторних робіт є – оволодіння навичками визначення параметрів шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, що включає в себе вміння працювати з вимірювальними приладами (психрометр, анемометр, люксметр, шумомір тощо) а також вміння робити висновки щодо стану електро- і пожежної безпеки на робочих місцях.

Лабораторна робота №1

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

1.1 Мета: визначити основні параметри мікроклімату на робочому місці, оцінити їх відповідність санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень.

1.2 Короткі теоретичні відомості

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

Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які за тривалого та систематичного впливу на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Оптимальні параметри мікроклімату повинні підтримуватись в приміщеннях, пов'язаних з виконанням нервово-емоційних робіт, що потребують підвищеної уваги (диспетчерські, приміщення, де працюють із комп'ютерами, кабінети діагностики, пульти управління технологічними процесами, хімічні лабораторії, бухгалтерії, конструкторські бюро і т.д.). Для таких робіт оптимальна температура повітря – $+22 - +24^{\circ}\text{C}$; його відносна вологість – 40 – 60%; швидкість руху – не більше 0,1 м/сек. Перелік інших виробничих приміщень, у яких повинні вимагатись оптимальні норми мікроклімату, визначається галузевими документами, погодженими із органами санітарного нагляду у встановленому порядку.

У випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною недосяжністю та економічно обґрунтованою недоцільністю, для виробничих приміщень встановлюються *допустимі параметри мікроклімату*.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які за тривалого та систематичного впливу на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатись дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Нормування параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях відбувається у відповідності до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042–99) в залежності від періоду року та категорії робіт за енерговитратами (таблиця 1.1, 1.2).

Для нормування параметрів мікроклімату календарний рік поділяється на два періоди:

– *холодний період* – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення нижча за +10°C;

– *теплий* – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення становить +10°C і вище.

За важкістю та енерговитратами роботи класифікують на такі категорії:

I категорія – легка, роботи, що виконуються сидячи (I а), стоячи, або пов'язані із ходьбою, але не потребують систематичного напруження або піднімання та перенесення вантажів (I б); енерговитрати за таких робіт відповідно складають 105...140 Дж/с (I а) та 138...174 Дж/с (I б). Це роботи користувачів комп'ютерів, основні процеси точного приладобудування.

II категорія – роботи середньої важкості, що виконуються сидячи, стоячи, або пов'язані із ходьбою, але не потребують перенесення вантажів (II а) та роботи, пов'язані із ходьбою і перенесенням вантажів вагою до 10 кг (II б); енерговитрати відповідно складають 175...232 Дж/с (II а) та 232...290 Дж/с (II б). Це роботи у механоскладальних, механічних цехах.

III категорія – важкі роботи, пов'язані з перенесенням вантажів, вагою понад 10 кг і систематичним напруженням; енерговитрати – більше 290 Дж/с. Це роботи у ковальських цехах з ручною ковкою, немеханізовані роботи у ливарних цехах тощо.

Таблиця 1.1 – Оптимальні величини параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний період	Легка Ia	22-24	40-60	0,1
	Легка Ib	21-23	40-60	0,1
	Середньої важкості IIa	19-21	40-60	0,2
	Середньої важкості IIб	17-19	40-60	0,2
	Важка III	16-28	40-60	0,3
Теплий період	Легка Ia	23-25	40-60	0,1
	Легка Ib	22-24	40-60	0,2
	Середньої важкості IIa	21-23	40-60	0,3
	Середньої важкості IIб	20-22	40-60	0,3
	Важка III	18-20	40-60	0,4

Таблиця 1.2 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С						Відносна вологість (%) на постійних і непостійних робочих місцях	Швидкість руху повітря (м/с) на постійних і непостійних робочих місцях
		Верхня межа		Нижня межа					
		на постійних робочих місцях*	на непостійних робочих місцях*	на постійних робочих місцях*	на непостійних робочих місцях*				
Холодний період	Легка Іа	25	26	21	18	75	не більше 0,1		
	Легка Іб	24	25	20	17	75	не більше 0,2		
	Середньої важкості Іа	23	24	17	15	75	не більше 0,3		
	Середньої важкості Іб	21	23	15	13	75	не більше 0,4		
	Важка ІІІ	19	20	13	12	75	не більше 0,5		
	Легка Іа	28	30	22	20	55 при 28 °С	0,1-0,2		
Теплий період	Легка Іб	28	30	21	19	60 при 27 °С	0,1-0,3		
	Середньої важкості Іа	27	29	18	17	65 при 26 °С	0,2-0,4		
	Середньої важкості Іб	27	29	15	15	70 при 25 °С	0,2-0,5		
	Важка ІІІ	26	28	15	13	75 при 24 °С	0,5-0,6		

* / Постійне робоче місце – місце, на якому працюючий знаходиться понад 50% робочого часу або більше 2-х годин безперервно. Якщо при цьому робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, то вся ця зона вважається постійним робочим місцем.

Непостійне робоче місце – місце, на якому працюючий знаходиться менше 50% робочого часу або менше 2-х годин безперервно.

Під час проведення вимірювання в холодний період року температура зовнішнього повітря не повинна бути вищою за середню розрахункову температуру, в теплий період – не нижчою за середню розрахункову температуру, що приймається для опалення та кондиціонування за оптимальними та допустимими параметрами.

Вимірювання параметрів мікроклімату на робочих місцях проводяться на висоті 1,0 м (для сидячих робіт) і 1,5 м (для стоячих робіт) від підлоги, або робочого майданчика.

За наявності кількох джерел інфрачервоного випромінювання або джерел великої площі вимірювання інфрачервоного випромінювання на робочому місці проводиться у напрямку максимуму потоку від джерела. Вимірювання здійснюється через кожні 30 – 40° навколо робочого місця для визначення максимального опромінення (приймач приладу розташовують перпендикулярно падаючому потоку енергії).

Параметри оцінюються:

– як *оптимальні*, якщо середнє значення та результати не менше 2/3 вимірювань знаходяться в межах оптимальних величин (таблиця 1.1);

– як *допустимі*, якщо середнє значення та результати не менше 2/3 вимірювань знаходяться в межах допустимих величин (таблиця 1.2);

– як такі, що не відповідають Санітарним нормам, якщо середнє значення та результати більше 2/3 вимірювань не відповідають значенням таблиць 1.1, 1.2.

Температура та відносна вологість повітря вимірюються приладами, дія яких ґрунтується на психрометричних принципах. Можливе використання тижневих і добових термографів і гігрографів.

Вимірювання температури повітря у виробничому приміщенні здійснюється звичайними ртутними термометрами. За наявності джерела теплового випромінювання застосовують парний термометр – два термометри, у яких резервуар одного затемнений, а другого – посріблений. Дійсну температуру повітря в цьому випадку визначають за формулою:

$$T = T_C - K(T_C - T_3) \quad (1.1)$$

де T_C – показник посрібленого термометра, °С; T_3 – показник затемненого термометра, °С; K – константа приладу (наводиться у паспорті або інструкції до приладу).

Температура поверхонь огорожувальних конструкцій (стін, стелі, підлоги) або обладнань (екранів і т.ін.), зовнішніх поверхонь технологічного устаткування вимірюються приладами, що діють за принципом термоелектричного ефекту.

Інтенсивність теплового опромінення вимірюється приладами з чутливістю в інфрачервоному діапазоні, що діють за принципами термо-, фотоелектричного та інших ефектів, або визначається розрахунковим методом за температурою джерела.

Повітря у виробничому приміщенні може мати різний вміст водяної пари. Вологість повітря має такі визначення: абсолютна вологість, вологомісткість, відносна вологість.

Абсолютна вологість – маса водяної пари в кг, яка міститься в 1 м³ повітря; *вологомісткість* – маса водяної пари в кг, що міститься в 1 кг повітря; *відносна вологість* – це виражене у відсотках відношення наявної в повітрі кількості водяної пари, до максимально можливої її кількості за даної температури.

Вимірювання відносної вологості повітря здійснюється психрометрами.

Швидкість руху повітря вимірюється *анемометрами ротаційної дії*. Малі величини швидкості руху повітря (менше 0,3 м/сек.), особливо за наявності різноспрямованих потоків, вимірюються електроанемометрами, циліндричними або кульовими кататермометрами.

Вимірювання атмосферного тиску здійснюють *барометром-анероїдом*. Дія його заснована на здатності мембранної анероїдної коробки деформуватися при зміні атмосферного тиску. Лінійні переміщення мембрани перетворюються передаючим важільним механізмом у кутові переміщення стрілки приладу. Шкала градуйована у міліметрах ртутного стовпчика або у Па.



Рисунок 1.1 – Прилади для вимірювання параметрів мікроклімату

Чашковий анемометр “Atmos” (рисунок 1.1 а) призначений для визначення швидкості вітру, температури, коефіцієнта охолодження вітром, відносної вологості, точки роси.

Портативна метеостанція (рисунок 1.1 б) розрахована для використання в суворих умовах, вологостійка, містить повний набір метеоданих із записом значень і можливістю передачі на комп’ютер.

Сигнальна система (рисунок 1.1 в) на основі точного термо-гігро-анемометра призначена для оповіщення звуковими і візуальними сигналами у випадку, якщо з один параметрів температури (°C і F) і вологості повітря (% г) вийде з діапазону заданих мінімальних і максимальних значень або у випадку, коли швидкість вітру (км/год, м/сек) досягне одного з двох виставлених рівнів.



**Рисунок 1.2 –
Аспіраційний
психрометр**



**Рисунок 1.3 –
Гігрометр
психрометричний**

Найпростіший *психрометр* (рисунок 1.2) складається з двох окремих термодатчиків, один із яких використовується як сухий термометр, а іншої – як вологий (обгорнутий бавовняною тканиною, змоченою в посудині з водою). Повітряний потік призводить до випаровування вологи і поверхня зволоженого термодатчика охолоджується. Одночасно вимірюється температура оточуючого повітря за допомогою іншого термодатчика (температура сухого термометра). Отримана в такий спосіб різниця температур є значенням відносної вологості повітря.

Сучасні психрометри можна розділити на три категорії: стаціонарні (термометри закріплені на спеціальному штативі в метеорологічній будці), аспіраційні (термометри розташовані в спеціальній оправі, що захищає їх від ушкоджень і теплового впливу прямих сонячних променів, і в якій обдуваються за допомогою вентилятора потоком досліджуваного повітря з постійною швидкістю близько 2 м/сек) та дистанційні.

Гігрометр психрометричний (рисунок 1.3) призначений для виміру відносної вологості і температури повітря в приміщенні. Являє собою прилад, зібраний на підставці з фенопласту або інших матеріалів з аналогічними властивостями. До підставки кріпляться два термометри зі шкалою, психрометрична таблиця, скляний резервуар, заповнений дистильованою водою. Термометра під написом "Зволожений" зволожується з резервуару за допомогою гнота з батисту шифону.

Найпростіший барометр для вимірювання атмосферного тиску зображений на рисунку 1.4.

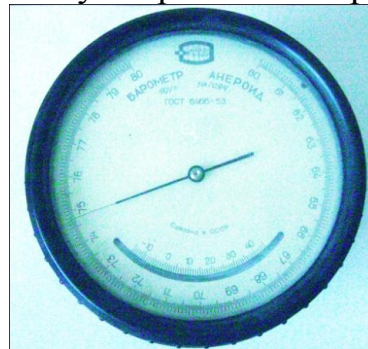


Рисунок 1.4 – Барометр

Діапазон вимірювання та допустима похибка приладів повинна відповідати вимогам таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вимоги до вимірювальних приладів

Вимірювані величини	Діапазон вимірювань	Допустима похибка	Рекомендовані прилади
Температура повітря, °С	-30...+ 5	±0,1	Аспіраційний психрометр із ртутними термометрами
Відносна вологість повітря, %	15...100, %	±5,0	Ті ж самі та записуючі вологість гігрографи
Температура поверхні, °С	-30...100	±1,0	Електротермометри, термопари і т.ін.
Швидкість руху повітря, м/сек.	від 0,1...0,5 до 0,6...5,0	±0,2 ±0,1	Анемометри ротаційної дії
Інтенсивність інфрачервоного опромінення	10,0...20000	±10%	Актинометри, термостовбці болометри, радіометри зі спектральною чутливістю в діапазоні 0,30 – 20,0 мкм

1.3. Експериментальна частина

1.3.1 Виміряйте температуру повітря в приміщенні. Результати вимірів занесіть до таблиці 1.4.

1.3.2 Визначте відносну вологість повітря за допомогою психрометра та гігрометра.

Для визначення вологості повітря за допомогою гігрометра необхідно зволожити марлю, якою обмотана ртутна кулька вологого термометру, і зачекати поки значення температури стануть постійними. Зафіксуйте показники температури t_b вологого та t_c сухого термометрів. Визначте різницю в показниках $\Delta t = t_c - t_b$, °С. Користуючись таблицею, що знаходиться на панелі гігрометра, за значенням t_b (температура вологого термометра) і Δt знайдіть відносну вологість повітря.

Для визначення вологості повітря (R) за аспіраційним психрометром необхідно підвісити його на кронштейн, піпеткою змочити водою марлю вологого (лівого) термометру і завести пружину вентилятора до упору. Коли вентилятор зупинить свій рух (7...8 хв), зняти показники з обох термометрів і визначити відносну вологість за психрометричним графіком (рисунок 1.4). Вентилятор аспіраційного психрометра може приводитись до руху не за допомогою механічної пружини, а від електричної мережі. В цьому випадку психрометр після зволоження марлі вмикають в розетку на 7...8 хв, потім вимикають і роблять виміри.

1.3.3 Виміряйте швидкість руху повітря (рух повітря створюється настільним вентилятором) за допомогою чашкового анемометру. Для цього спочатку запишіть початкові показники за шкалою “тисячі”, “сотні” та “одиниці” анемометру. Встановіть анемометр на відстані 30...40 см від вентилятора і увімкніть вентилятор. Через 10...15 с, коли чашки анемометру

почнуть обертатися з постійною швидкістю, увімкніть одночасно анемометр і секундомір.

Вимір здійснюють протягом 100 с, потім анемометр вимикають і записують кінцеві показники за всіма шкалами анемометру. Розрахуйте різницю Δn між кінцевим і початковим показником. Заміри виконують тричі. Отримані значення Δn трьох замірів сумують і ділять на сумарний час вимірів (300 с). За отриманим значенням, користуючись графіком (рисунок 1.5), визначають швидкість руху повітря у приміщенні. Всі отримані результати заносять до таблиці 1.4.

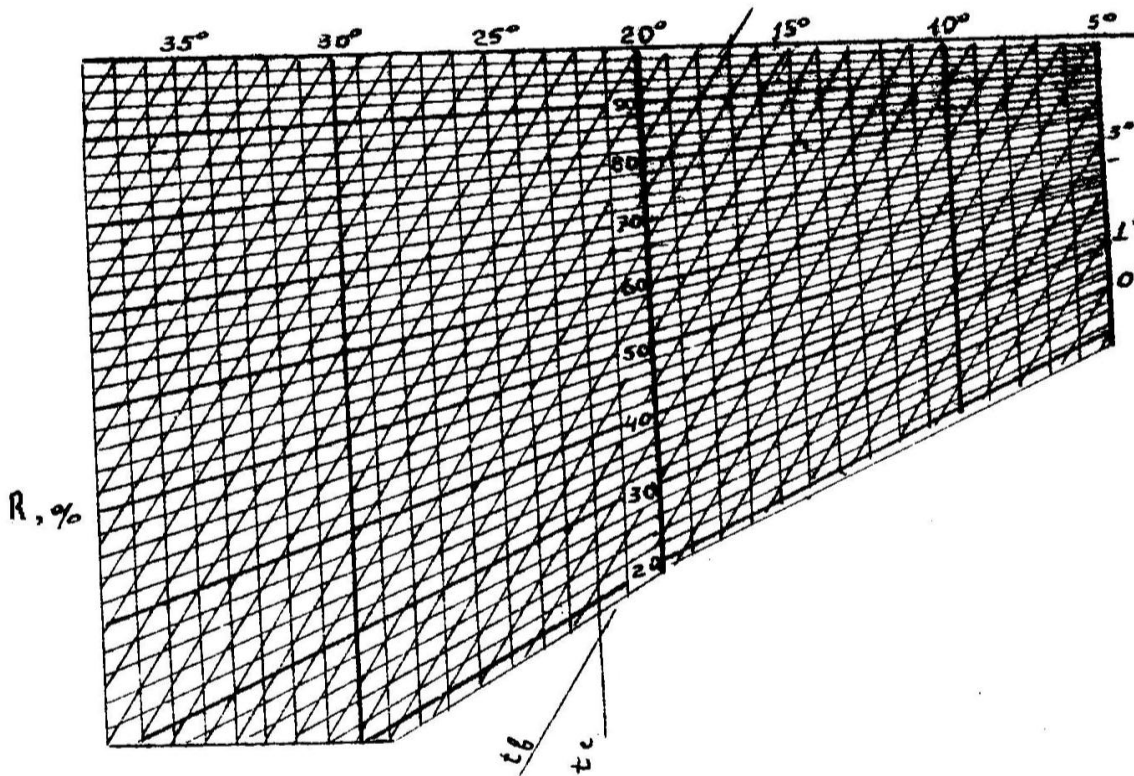


Рисунок 1.4 – Психрометричний графік для визначення відносної вологості

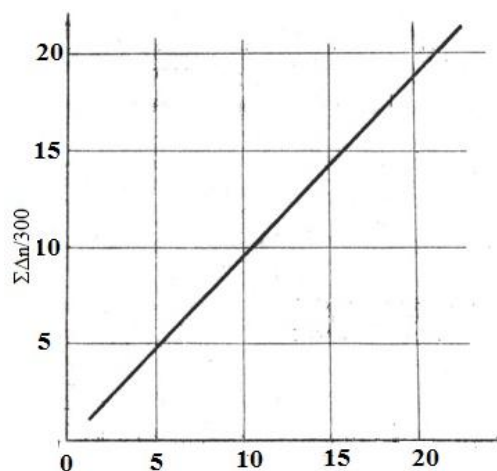


Рисунок 1.5 – Графік для визначення швидкості руху повітря в залежності від показників анемометра

1.3.4 Визначте атмосферний тиск у приміщенні у кПа та мм.рт.ст., користуючись барометрами-анероїдами. Результати занесіть до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Протокол експерименту

№ п/п	Найменування параметрів	Згідно з нормами	Результат
1	Характер приміщення, де виконується робота –		
2	Період року –		
3	Категорія робіт, що виконуються –		
4	Температура повітря, °С		
5	Відносна вологість повітря, % за: психрометром Августа: показники вологого термометру, °С – показники сухого термометру, °С – аспіраційним психрометром Ассмана: показники вологого термометру, °С – показники сухого термометру, °С –		
6	Швидкість руху повітря (час заміру 100 с), м/с		
	номер заміру	початкові показники	кінцеві показники
			різниця, Δn
			ΣΔn 300 с
	замір 1		
	замір 2		
	замір 3		
7	Барометричний тиск, мм рт. ст. – Барометричний тиск, кПа –		

1.4 Висновки.

Студент, порівнюючи результати замірів з нормами метеорологічних умов, робить висновок, чи відповідають параметри мікроклімату категорії робіт, що виконуються у приміщенні.

1.5 Контрольні запитання

- 1) Які параметри повітря визначають метеорологічні умови?
- 2) З якою метою нормуються метеорологічні умови?
- 3) В залежності від яких факторів нормуються метеорологічні умови?
- 4) Яким документом нормуються параметри мікроклімату у виробничому приміщенні?
- 5) Що називають оптимальними, допустимими параметрами мікроклімату? Коли в приміщенні можна встановлювати допустимі параметри?
- 6) Що називають відносною вологістю повітря?
- 7) Якими приладами визначають параметри мікроклімату у приміщенні?

Лабораторна робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ЗВУКОВОГО ТИСКУ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

2.1 Мета: визначити рівень звукового тиску на робочому місці, оцінити його відповідність санітарним нормам виробничого шуму. Визначити необхідне зниження шуму на робочому місці, запропонувати засоби захисту, за допомогою яких можна досягти потрібного зниження шуму.

2.2 Короткі теоретичні відомості

Експлуатація переважної більшості технологічного обладнання, енергетичних установок, машин та механізмів пов'язана з виникненням шумів та вібрації різної частоти та інтенсивності, котрі справляють несприятливий 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.

Шум – хаотичне сполучення звуків, різної частоти та інтенсивності (сили). Він характеризується суцільним спектром (енергія загасаючих коливань безперервно розподілена в деякій області частот).

Звук – коливання частинок повітря або іншого пружного середовища, які розповсюджуються у вигляді хвиль. Звук характеризується лінійчатим спектром (виділяються окремі частотні групи), такий спектр мають музичні звуки.

Людина сприймає звук у діапазоні частот від 16 до 20000 Гц. Звук з частотою менше 16 Гц називається інфразвуком, більше 20000 Гц – ультразвуком.

За характером спектра шуми слід поділяти на:

- широкосмугові, з безперервним спектром шириною більш ніж одна октава;
- вузькосмугові або тональні, в спектрі яких є виражені дискретні тони.

За часовими характеристиками шуми слід поділяти на: постійні і непостійні.

Постійний шум – шум, рівень якого за повний робочий день при роботі технологічного обладнання змінюється не більш ніж на 5 дБА при вимірюваннях на часовій характеристиці "повільно" шумоміра за шкалою "А".

Непостійний шум – шум, рівень якого за повний робочий день при роботі технологічного обладнання змінюється більш ніж на 5 дБА при вимірюваннях за часовою характеристикою "повільно" шумоміра за шкалою "А". Непостійні шуми поділяються на:

- мінливі, рівень яких безперервно змінюється у часі;
- переривчасті, рівень шуму яких змінюється ступінчасто на 5 дБА і більше при вимірюваннях на часовій характеристиці "повільно" шумоміра за шкалою "А", при цьому довжина інтервалів, під час яких рівень залишається сталим, становить 1 с і більше;
- імпульсні, які складаються з одного або декількох звукових сигналів, кожен з яких довжиною менше 1 с, при цьому, рівні шуму у дБА, виміряні на часових характеристиках "імпульс" та "повільно" шумоміра, відрізняються не менш ніж на 7 дБ.

Параметри шуму, що нормуються.

Параметри постійного шуму на робочих місцях, що нормуються, є рівнями звукових тисків у октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц в децибелах, які визначаються за формулою:

$$L = 20 \lg P/P_o \quad (2.1)$$

де P – середньоквадратичне значення звукового тиску у кожній октавній смузі, Па; P_o – вихідне значення звукового тиску у повітрі, що дорівнює $2 \cdot 10^5$ Па.

Для орієнтовної гігієнічної оцінки параметрів постійного широкопasmового шуму на робочих місцях (табл. 2.1), що нормуються, дозволяється застосовувати рівень шуму в дБА, виміряний за шкалою "А" часової характеристики "повільно" шумоміру та визначений за формулою:

$$L_A = 20 \lg P_A / P_o \quad (2.2)$$

де P_A – ефективне значення звукового тиску з урахуванням корекції "А" шумоміра, Па.

Корекція необхідна, щоб наблизити результат об'єктивних вимірювань до суб'єктивного сприйняття шуму людиною. Стандартні значення корекції такі:

Частота, Гц	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL , дБ	80	42	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	1,1

Параметрами непостійного шуму (що коливається в часі та переривається) на робочих місцях, які нормуються, є інтегральний рівень – еквівалентний (за енергією) та максимальний рівень шуму у дБА.

Еквівалентний рівень – це рівень постійного шуму, дія якого відповідає дії фактичного шуму із змінними рівнями за той же час, виміряного за шкалою "А" шумоміра.

Нормування шуму за рівнем звуку в дБА засновано на вимірюваннях за шкалою А шумоміра, який імітує чутливість органу слуху до шуму різної гучності. Рівень звуку в дБА використовується для орієнтовної оцінки постійного і непостійного шуму, бо при цьому не враховується його спектр.

Таблиця 2.1 – Допустимі рівні звукового тиску (L_{don}) в октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку (L_A) на робочих місцях

Робочі місця	Рівні звукового тиску, дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, кГц								L_A , дБА
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	
1. Творча діяльн., керівна роб. з підвищеними вимогами, наукова діяльн., конструювання та проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльн.; роб. місц. у приміщеннях - дирекції, проектноконстр. бюро, розраховувачів, програмістів еом у лаборат. для теорет. робіт та обробки даних, прийому хворих у медпунктах	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльн., вимірювальні та аналітичні роботи у лабораторії: роб. місц. в приміщ. цехового керівного апарату, контор, лабораторій	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3.Робота, що виконується за вказівками та акустичними сигналами, робота, що потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетч. робота: роб. місця у приміщ. диспетчерської служби, кабінетах та приміщ. спостереження та дист. керування з мовним зв'язком по телефону, друкарських бюро, на дільницях точного складання, на телефонних та телеграфних станціях, у приміщ. майстрів, у залах обробки інформації на еом без дисплея та у приміщ. операторів-акустиків	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Робота, що вимагає зосередження, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дист. керування виробничими циклами: робочі місця за пультами у кабінах нагляду та дист. керування без мовного зв'язку по телефону; у приміщ. лабораторій з шумним устаткуванням, шумними агрегатами еом	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Виконання всіх видів робіт (крім перелічених у пп. 1 - 4 та аналогічних їм) на постійних роб. місцях у виробн. приміщ. та території підприємств	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Шум на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих рівнів згідно ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (таблиця 2.1).

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

Необхідне зниження шуму на робочому місці в приміщенні, де знаходиться одно із джерел шуму, визначається за формулою:

$$\Delta L_{\text{необ.}} = L - L_{\text{доп.}}, \text{ дБ} \quad (2.3)$$

де L – октавний рівень звукового тиску, дБ або рівень звуку, дБА, створений джерелом на робочому місці (вимірюється шумоміром); $L_{\text{доп.}}$ – допустимий октавний рівень звукового тиску, дБ або допустимий рівень звуку, дБА (визначається за таблицею 2.1).

Вимірювання шуму

Вимірювання шуму в октавних смугах або рівня шуму проводиться за допомогою шумомірів (рисунок 2.1, 2.2): наприклад, ВШВ-1 – вимірювач шуму і вібрації; Ш-71 – шумомір з октавними фільтрами і т.п., які відповідають діючим вимогам Держстандарту України і мають посвідчення про перевірку.



Рисунок 2.1 – Прилад для вимірювання шуму та вібрації ВШВ-1

Вимірювання еквівалентних рівнів шуму слід проводити інтегруючими шумомірами та шумоінтеграторами. Допускається використовувати індивідуальні дозиметри шуму з параметром еквівалентності $q = 3$ – число децибел, що додаються до рівня шуму, при зменшенні часу його дії у 2 рази для збереження тієї ж дози шуму.

Звичайний шумомір складається із мікрофону, підсилювача, фільтрів (корегувальних, октавних), та приладу, що показує. Звук, що сприймається мікрофоном, перетворюється на електричні коливання, які підсилюються, проходячи крізь корегувальні фільтри і випрямник, а потім реєструється самописним приладом або зі стрілкою.

Всі прилади повинні бути перевірені в органах Держстандарту. До та після вимірювань проводять акустичну або електричну калібровку вимірювальних приладів. Різниця в калібровці не повинна перевищувати 1 дБ. Порядок вимірювання рівнів звуку шумомірами та розрахунок еквівалентного рівня регламентується ДСН 3.3.6.037-99.

При проведенні вимірювань мікрофон слід розташовувати на висоті 1,5 м над рівнем підлоги чи робочого майданчика (якщо робота виконується стоячи) чи на висоті і відстані 15 см від вуха людини, на яку діє шум (якщо робота виконується сидячи чи лежачи). Мікрофон повинен бути зорієнтований у напрямку максимального рівня шуму та віддалений не менш ніж на 0,5 м від оператора, який проводить вимірювання. При швидкості руху повітря більш ніж 1 м/с на місці, де проводяться виміри, мікрофон має бути захищений протиповітряним пристроєм.

При проведенні *вимірювань октавних рівнів звукового тиску* перемикач частотної характеристики пристрою встановлюють в положенні “фільтр”. Октавні рівні звукового тиску вимірюють у смугах з середньгеометричними частотами 31,5 – 8000 Гц.

При проведенні *вимірювань рівнів звуку та еквівалентних рівнів звуку*, дБА, дБАекв. перемикач частотної характеристики пристрою встановлюють у положенні “А” (за допомогою відповідних фільтрів знижена чутливість на низьких та високих частотах) чи “Аекв”.

При проведенні *вимірювань рівнів шуму та октавних рівнів звукового тиску постійного шуму* перемикач часової характеристики пристрою встановлюють в положення “повільно”. Значення рівнів приймають за середніми показниками при коливанні стрілки пристрою. Значення рівнів шуму та октавних рівнів звукового тиску зчитують зі шкали пристрою з точністю до 1 дБА, дБ. Вимірювання рівнів шуму та октавних рівнів звукового тиску постійного шуму повинні бути проведені у кожній точці не менше трьох разів.

При проведенні *вимірювань еквівалентних рівнів шуму*, що коливаються в часі, для визначення еквівалентного (за енергією) рівня шуму перемикач часової характеристики пристрою встановлюють в положенні “повільно”. Значення рівнів шуму приймають за показниками стрілки пристрою у момент відліку.

При проведенні *вимірювань максимальних рівнів імпульсного шуму* перемикач часової характеристики пристрою встановлюють в положенні “імпульс”. Значення рівнів приймають за максимальним показником пристрою.

Вимірювання шуму проводиться на постійних робочих місцях у приміщеннях, на території підприємств, на промислових спорудах та машинах

(в кабінах, на пультах управління і т.п.). Результати вимірювань повинні характеризувати шумовий вплив за час робочої зміни (робочого дня).

Встановлюється така тривалість вимірювання непостійного шуму:

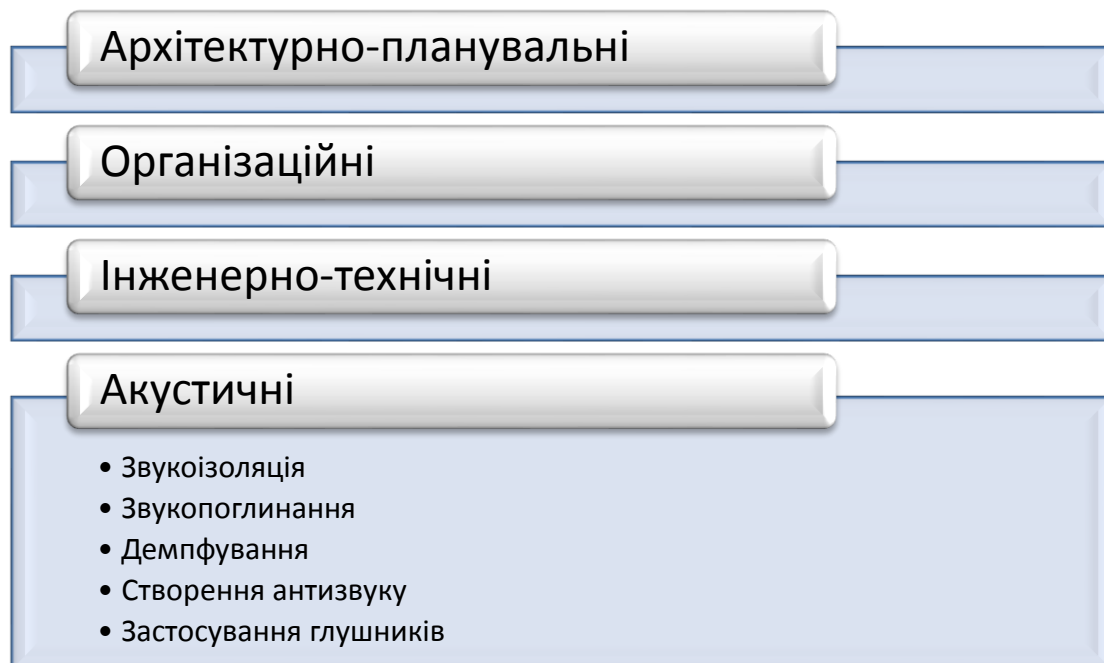
– для переривчастого шуму, за час повного робочого циклу з урахуванням сумарної тривалості перерв з рівнем фонового шуму;

– для шуму, що коливається у часі, допускається загальна тривалість вимірювання – 30хвилин безперервно або вимірювання складається з трьох циклів, по 10 хв. кожний;

– для імпульсного шуму тривалість вимірювання – 30 хвилин.

Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 2.10.

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:

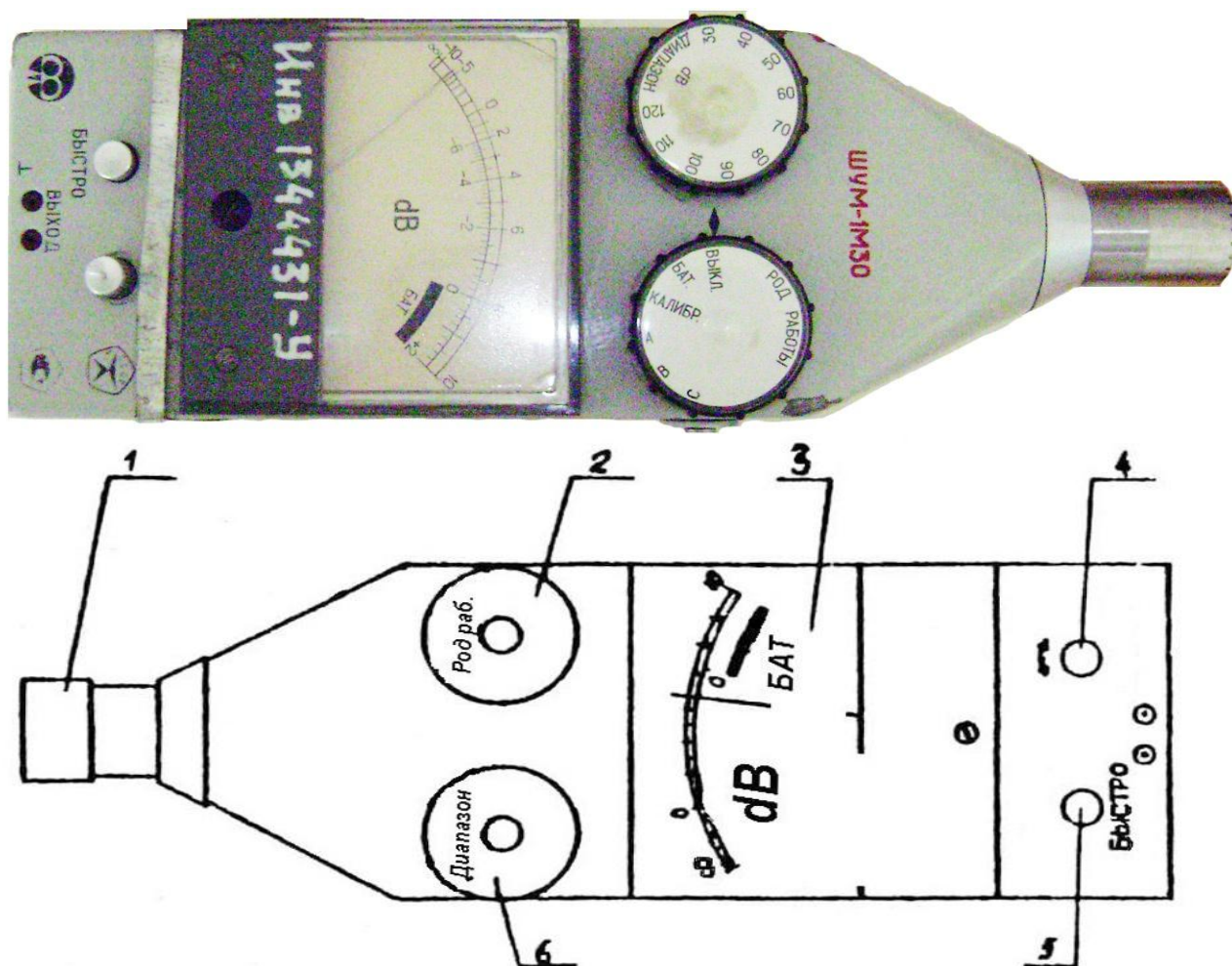


Зниження шуму можливо досягти розробкою шумонебезпечної техніки, застосуванням засобів та методів захисту від шуму.

Зниження шуму на робочому місці можна досягти, наприклад, звукоізолюючим кожухом. Під звукоізоляцією кожуха розуміється зниження звукової потужності шуму, випроміненого джерелом в оточуючий простір, в результаті установки на джерело звукоізолюючого кожуха. Кожух дозволяє суттєво знизити шум безпосередньо близько від працюючого обладнання на найближчих до джерела робочих місцях, що неможливо зробити іншими акустичними засобами. Кожух може закривати повністю джерело шуму і встановлюватися на підлогу приміщення, а може закривати лише найбільш шумну частину машини, через особливість експлуатації і обслуговування джерела шуму, і кріпитися до стінки через віброізолювальні прокладки.

2.3. Експериментальна частина

2.3.1 За допомогою приладу ШУМ-1М30 (рисунок 2.2) виміряти рівень звуку на робочому місці від вказаного викладачем джерела шуму за відсутності засобів захисту від шуму і за наявності звукоізолюючого кожуха.



1 – мікрофон; 2 – перемикач “РОД РАБОТЫ”; 3 – табло приладу; 4 – установка нуля; 5 – перемикач часової характеристики; 6 – перемикач діапазону вимірювання

Рисунок 2.2 – Шумомір-1М30

Під час роботи з шумоміром необхідно кнопку 5 “Быстро” – натиснути, а перемикач 2 перевести в положення “Батарея”, якщо стрілка вимірювача 3 встановилась в секторі з написом БАТ, то батарея придатна до роботи і можна проводити підготовку приладу, для чого перемикач 2 перевести в положення “КАЛИБР” і поворотом ручки 4 стрілку встановити на нуль нижньої шкали.

Для вимірювання рівня звуку прилад розташовують на відстані 1 м від джерела шуму.

Під час вимірювання рівня звуку в дБА перемикач 2 встановлюють в положення А. Якщо вимірюється постійний шум, то перемикач 5 необхідно натиснути в положення “повільно” (кнопка відтиснута). Перемикач діапазону вимірювань 6 треба поставити в положення 100 дБА та при вимірюванні

перемикає на менші рівні до тих пір, поки стрілка приладу не буде знаходитись між значеннями 0 та 10 верхньої шкали.

Рівень шуму визначають як суму значення діапазону вимірювання, на якому встановлено перемикач 6 та значення, що показує вимірювальний прилад. Наприклад, перемикач 6 стоїть на діапазоні 60 дБ, а стрілка показує на ділення 4, тоді рівень шуму складає 64 дБ.

Результати вимірювань занесіть до таблиці 2.2.

2.3.2 За допомогою приладу ВШВ-003-М2 виміряти октавні рівні звукового тиску на робочому місці при ввімкненому джерелі шуму за відсутності засобів захисту від шуму і за наявності звукоізолюючого кожуха.

Порядок роботи з приладом ВШВ-003-М2:

- встановити перемикач приладу “РОД РАБОТЫ” в положення S;
- встановити перемикач приладу “ДЛТ 1, дВ” в положення 80;
- встановити перемикач приладу “ДЛТ 2, дВ” в положення 50, при цьому світиться індикатор 130 дВ;
- встановити перемикач приладу “ФЛТ,Hz” в положення ОКТ;
- за допомогою перемикача “ФЛТ ОКТ” вибрати необхідний октавний фільтр, при цьому для шкали в Гц (36,5 Гц, 63 Гц) кнопка кHz/Hz повинна бути натиснута, а для шкали в кГц (0,125 кГц, 0,25 кГц, 0,5 кГц, 1 кГц і т.д.) – відтиснута;
- провести вимірювання октавних рівнів звукового тиску, при цьому капсуль ВПМ-101, за допомогою якого вимірюють шум, необхідно тримати на витягнутій руці в напрямку джерела шуму;
- якщо при вимірюванні стрілка приладу знаходиться на початку шкали, її слід ввести в сектор 6-10 дБ спочатку перемикачем ДЛТ 1, а потім перемикачем ДЛТ 2, якщо при роботі з перемикачем ДЛТ 1 загорається і не згасає індикатор ПРГ, то необхідно перевести перемикач ДЛТ 1 на більш високий рівень (вправо) поки не згасне індикатор ПРГ, і потім працювати з перемикачем ДЛТ 2;
- для визначення результату вимірювань необхідно додати показник за верхньою шкалою приладу, дВ, що відповідає індикатору, який світиться, і показання стрілки приладу;
- після закінчення вимірювань, необхідно всі перемикачі виставити у вихідний стан, а перемикач “РОД РАБОТЫ” в положення О.

Всі отримані результати занесіть до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати вимірювань

Найменування показника, який визначається	Рівень звуку, дБА (за ШУМ-1М30)	Октавні рівні звукового тиску, дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц (за ВШВ-003-М2)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Без засобів захисту від шуму, L									
Допустимий, L _{доп.} (табл. 2.1)									
Необхідне зниження шуму, L _{необ.}									
Із засобами захисту від шуму, L _{кож.}									
Фактичне зниження шуму, L – L _{кож.}									
Потрібна звукоізоляція засобу захисту від шуму, L – L _{доп.} +5									

2.4 Висновки

Студент робить висновок про відповідність виміряних октавних рівнів звукового тиску і рівня звуку, дБА, санітарним нормам виробничого шуму на робочих місцях ДСН 3.3.6.037-99. Чи досягається необхідне зниження шуму у випадку використання звукоізолювального кожуха? Запропонуйте, у разі необхідності, додаткові засоби захисту від шуму на робочому місці.

2.5 Контрольні запитання

- 1) Шум, фізіологічні характеристики шуму.
- 2) Класифікації шуму.
- 3) Нормування виробничого шуму: параметри, які нормуються, основні нормативні документи.
- 4) Засоби захисту від шуму.
- 5) Призначення звукоізолюючого кожуха.
- 6) Прилад та методика вимірювання рівня звуку, дБА.
- 7) Прилад та методика вимірювання октавних рівнів звукового тиску, дБ.

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ РОБОЧИХ МІСЦЬ

3.1 Мета: навчитися вимірювати природну освітленість, потрібну для виконання різних видів зорової роботи, розраховувати необхідну площу світлових прорізів для забезпечення нормованої освітленості.

3.2 Короткі теоретичні відомості

Організація раціонального природного освітлення на робочих місцях – одна з умов забезпечення нормальної виробничої діяльності людини. Недостатня освітленість робочого місця може спричинити професійне захворювання або виробничий травматизм. Нормативний документ Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення (на заміну ДБН В.2.5-28-2006).

Приміщення з постійним перебуванням людей (торгівельні зали, виробничі приміщення тощо) повинні мати природне освітлення, яке забезпечується бічним, верхнім та комбінованим світлом.

Природне – це освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить крізь світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях.

Природне освітлення може бути організоване різними способами (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Системи природного освітлення

Бокове одностороннє або двостороннє – освітлення приміщень крізь світлові прорізи (вікна) у зовнішніх стінах (в одній – одностороннє, в двох – двостороннє)



Одностороннє



Двостороннє

Верхнє – освітлення приміщень крізь ліхтарі, світлові прорізи в стінах у місцях перепаду висот будівлі;

Комбіноване – поєднання верхнього і бокового освітлення



Верхнє освітлення



Комбіноване освітлення

Транспортоване - освітлення, що потрапляє у приміщення за допомогою інженерної системи на основі *світловодів*, та використовується для освітлення глибинного або підземного внутрішнього простору будівель і споруд

Акумуляоване – освітлення за допомогою світильників, що акумулюють в денний час доби енергію від небосхилу та використовують її для нічного освітлення



Коефіцієнт природної освітленості $D, \%$ (застар. *КПО*, або *e*) – це відношення освітленості, що утворюється в точці на заданій площині світлом, одержаним безпосередньо або опосередковано від неба, до одночасної освітленості на горизонтальній площині внаслідок освітлення всією півсферою небосхилу.

Простіше: D , % – виражене в відсотках відношення освітленості в даній точці всередині приміщення $E_{вн}$ до одночасної освітленості зовні приміщення $E_{зовн}$ у горизонтальній площині за відкритого небосхилу.

$$D = \frac{E_{вн}}{E_3} \cdot 100, \quad (3.1)$$

де $E_{вн}$ – освітленість, створювана в розрахунковій точці робочої площини (площини, на якій лежить об'єкт зорової роботи) усередині приміщення природним світлом, що пройшло через світлопрорізи, лк);

E_3 – зовнішня горизонтальна освітленість під цілком відкритим небосхилом, заміряна у той же момент часу, що й $E_{вн}$, лк.

Коефіцієнт природної освітленості D оцінює не величину освітленості, а ту частку світла, що потрапляє до приміщення через світлопрорізи, від загальної кількості світла, випромінюваного небосхилом.

За умови суцільної хмарності у світлий час доби величина D практично буде незмінною та буде визначатися:

- площею, орієнтацією, розташуванням світлопрорізів, видом та чистотою їхнього заповнення;
- наявністю і характеристиками сусідніх будинків (що частково затіняють небосхил);
- сонцезахисних пристроїв, сніжного покриву;
- колірною обробкою інтер'єра, тобто параметрами, якими може керувати архітектор, або величинами, що можуть бути враховані ним у процесі проектування.

Нормування коефіцієнта природної освітленості (D_n)

Нормування КПО залежить від:

- розміру об'єкта розрізнення (таблиця 3.1)
- системи природного освітлення: верхнє, бокове, комбіноване (рисунок 3.1)
- коефіцієнта світлового клімату світлопрорізів¹ (таблиця 3.2, рисунок 3.2)

Нормовані значення КПО (таблиця 3.3) залежать від розряду зорової роботи окремо для бокового освітлення і для верхнього або комбінованого. Розряд зорових робіт залежить від найменшого розміру об'єкта розрізнення. Всього 8 розрядів (таблиця 3.1).

Об'єкт розрізнення – предмет, що розглядається, окрема його частина або дефект, які треба розрізнити в процесі освітлення.

Розмір об'єкта розрізнення – найменший розмір, який має чітко розрізняти око під час виконання конкретної роботи (наприклад, товщина ліній шрифту під час читання тексту чи товщина ліній креслення під час його виконання, тощо).

¹ **Коефіцієнт світлового клімату прорізів m** – коефіцієнт, який враховує особливості світлового клімату для даної орієнтації світлопрорізу чи фасаду протилежного будинку.

Крім того встановлені ще підрозряди зорової роботи –а, б, в, г в залежності від контрасту об’єкта з фоном (малий, середній та великий) та характеристики фону (світлий, середній темний).

Для кожного підрозряду встановлено рівень освітленості робочої поверхні E_n у люксах для штучного освітлення.

Робоча поверхня – це поверхня на якій виконується зорова робота. Аналогічні розряди та підрозряди існують для приміщень громадського призначення. Розряди –А, Б, В, Г, Д, Е; підрозряди –1, 2.

Нормоване значення КПО, $D_n, \%$, визначається за таблицями ДБН (таблиця 3.3).

Таблиця 3.1 – Розряди зорової роботи

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об’єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи
Найвищої точності	Менше 0,15	I
Дуже високої точності	Більше 0,15 до 0,3	II
Високої точності	Більше 0,3 до 0,5	III
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV
Малої точності	Більше 1 до 5	V
Груба (дуже малої точності)	Більше 5	VI
Робота з матеріалами, що світяться	Більше 5	VII
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу	–	VIII

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта світлового клімату

Світло-кліматичний район (рис. Л.1)	Значення m 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 m визначається за формулою

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

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 m для фасадів протилежних будинків визначається аналогічно в залежності від азимута A фасаду.

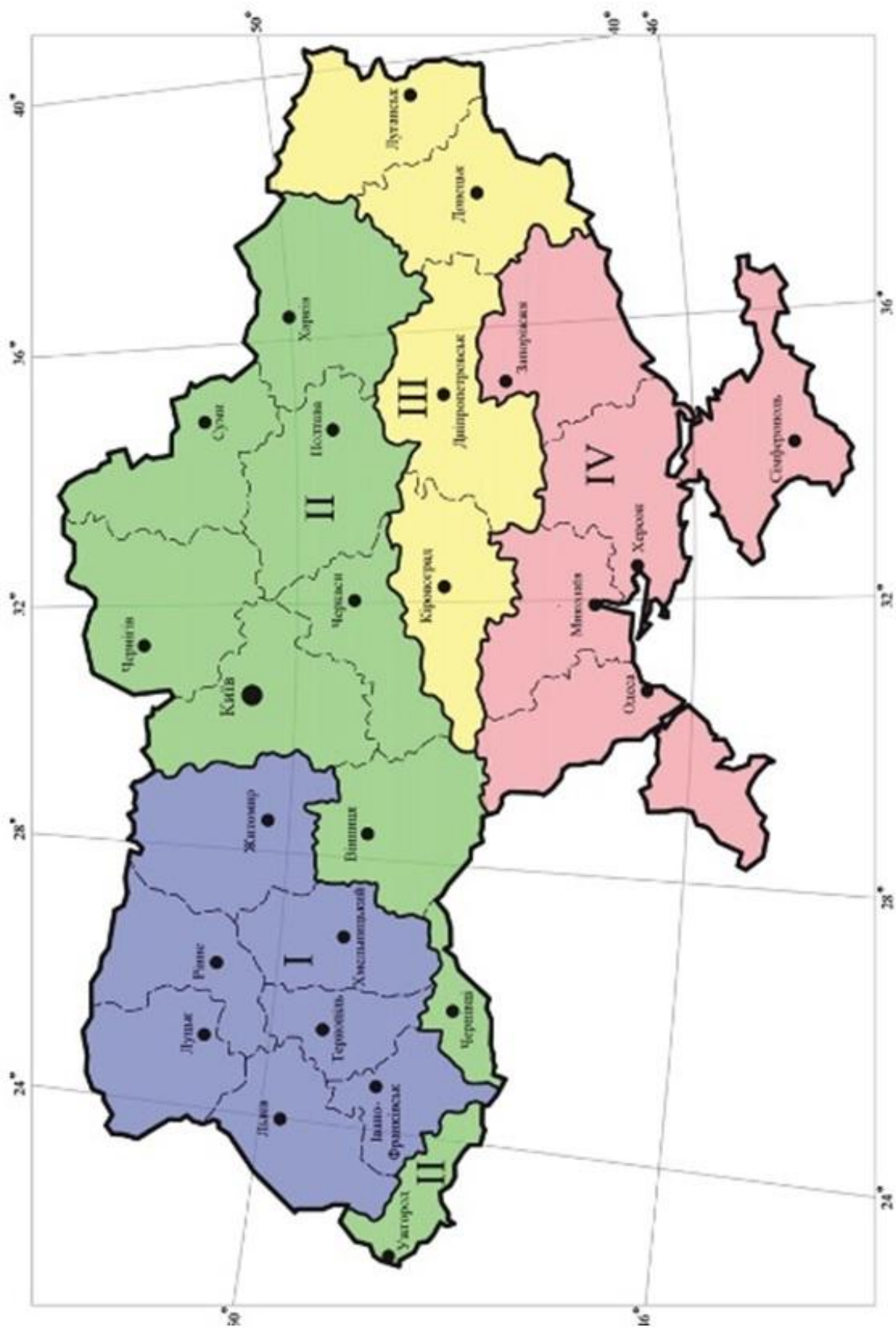


Рисунок 3.2 – Карта світлокліматичного районування України

Таблиця 3.3 – 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			сукупність нормованих величин показника засвітленості і коефіцієнта пульсації	КПО, $D_{н, \%}$						
						при системі комбінованого освітлення	при системі загального освітлення	при системі освітлення		середнє $D_{сер}^{н пр}$	мінімальне $D_{мін}^{н пр}$	максимальне $D_{макс}^{н пр}$	середнє $D_{сер}^{н сум}$	мінімальне $D_{мін}^{н сум}$		
																всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	а	малий	темний	750	200	300	40	10						
						500	200	200	40	10						
						400	200	200	40	10	4	1,5	2,4	0,9		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	а	малий	темний	400	200	300	40	10						
								200	40	10						
									40	10	3	1	1,8	0,6		
Груба (дуже малої точності)	Більше ніж 5	VI	г	середній великий	світлий			200	40	10						
									40	10						

Значення *нормованого КПО* (D_n) повинні бути забезпечені на робочій поверхні в найбільш *несприятливій точці*.

Для найбільш несприятливої точки робочої поверхні значення D_n розраховується за формулою:

$$D_n = \frac{E_v}{E_3} \cdot 100 = \frac{E_n}{E_{кр}} \cdot 100 \quad (3.2)$$

де E_n – нормативна величина освітленості робочої поверхні у приміщенні з відповідним розрядом зорових робіт;

$E_{кр}$ – критична освітленість, яка залежить від економічних чинників, від призначення приміщення, від властивостей зору корінних жителів.

- Економічні чинники – тепловтрати та теплонадходження через вікна.
- Призначення – характер зорової роботи (розмір об'єкта розрізнення).
- Властивість зору – африканець, чи житель похмурого Альбіону.

В Україні критична освітленість $E_{кр}$ дорівнює:

- для житлових приміщень – 30000 лк;
- для аудиторій ВНЗ – 33000 лк;
- для класів шкіл – 26670 лк.

При цьому, нормативна величина освітленості робочої поверхні у цих приміщеннях E_n дорівнює:

- для житлових приміщень – 150 лк;
- для аудиторій ВНЗ – 400 лк;
- для класів шкіл – 400 лк.

Наприклад, для аудиторій ВНЗ $E_{кр} = 33000$ лк, а $E_n = 400$ лк, тоді за формулою 3.2:

$$D_n = \frac{400}{33000} \times 100\% = 1,2\%$$

Розподіл освітленості в залежності від системи природного освітлення показано на рисунку 3.3.

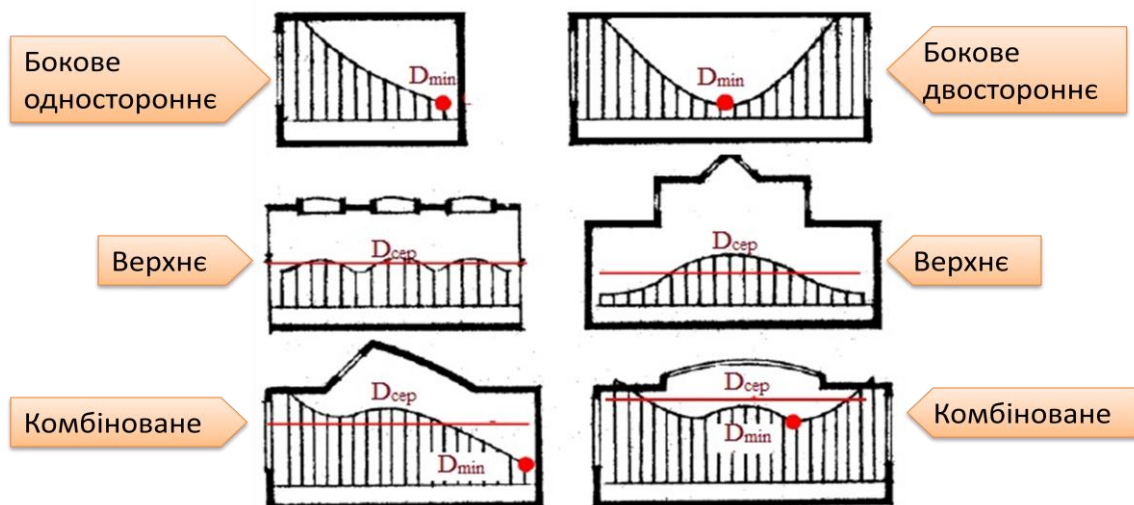


Рисунок 3.3 – Розподіл освітленості в залежності від системи природного освітлення

Визначення несприятливої точки (розрахункової точки)

При боковому односторонньому освітленні розрахункова точка (D_{\min}) знаходиться на перетині робочої поверхні² та площини характерного розрізу³ приміщення на відстані 1 м від стіни, протилежної вікнам (рисунок 3.4 а).

При боковому двосторонньому освітленні приміщень та однакових вікнах з обох сторін дозволяється за розрахункову точку приймати точку, розташовану в центрі приміщення на перетині вертикальної площини характерного розрізу і робочої поверхні (рисунок 3.4 б).

При верхньому і комбінованому освітленні нормується середнє значення КПО ($D_{\text{ср}}$). Розрахункових точок повинно бути не менше п'яти. Перша і остання точки приймаються на відстані 1 м від внутрішніх поверхонь стін (перегородок) або осей колон (рисунок 3.4 в, г).

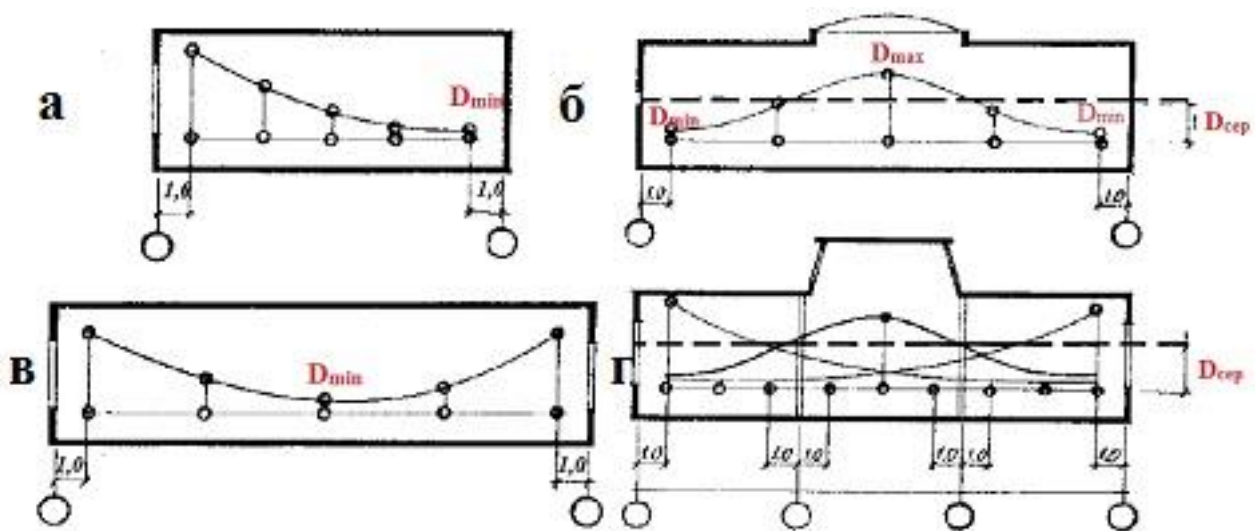


Рисунок 3.4 – Визначення розрахункової точки при боковому односторонньому (а), двосторонньому (б), комбінованому (в, г) природному освітленні

Нерівномірність природного освітлення – відношення середнього значення КПО до його найменшого значення у межах даного приміщення.

Нерівномірність природного освітлення виробничих приміщень не повинна перевищувати 3:1. Нерівномірність природного освітлення не нормується для приміщень з бічним освітленням, у разі виконання робіт VII і VIII розрядів при верхньому або комбінованому освітленні та для допоміжних приміщень.

² *Робоча поверхня* – поверхня, на якій проводиться робота та нормується або вимірюється освітленість. *Умовна робоча поверхня* – умовно прийнята горизонтальна поверхня, розташована на висоті 0,8 м від рівня підлоги.

³ *Характерний розріз приміщення* – поперечний розріз, площина якого перпендикулярна до площини світлових прорізів або до поздовжньої осі приміщення.

3.3. Експериментальна частина

Для вимірювання освітленості використовуються переносні фотоелектричні люксометри. Принцип їх дії заснований на явищі фотоелектричного ефекту. Під час виконання даної лабораторної роботи використовується люксометр Ю116 (рисунок 3.5).

Люксометр Ю116 складається з вимірника та селенового фотоелемента з насадками, який за допомогою шнура приєднується до корпусу вимірника.

Вимірник має дві шкали: 0...100 і 0...30, кнопки для перемикання шкал, над якими зазначені діапазони шкали. Слід користуватися такими діапазонами шкал:

“—“	0...30	0...100 – без конусної насадки і світлофільтру;
К,М	0...300	0...1000 – з конусною насадкою і світлофільтром М;
К,Р	$0...3 \cdot 10^3$	$0...1 \cdot 10^4$ – з конусною насадкою і світлофільтром Р;
К,Т	$0...3 \cdot 10^4$	$0...1 \cdot 10^5$ – з конусною насадкою і світлофільтром Т.

Селеновий фотоелемент міститься в пластмасовому корпусі і має світлочутливу поверхню 30см^2 . Для зменшення косинусної похибки використовується напівсферична насадка К разом з однією із трьох інших насадок (світлофільтрів) М, Р або Т (мітка М, Р або Т зазначена на світлофільтрі).



Рисунок 3.5 – Люксометр Ю116

Порядок проведення вимірювань:

– покласти фотоелемент з потрібною комбінацією насадок на робочу поверхню;

– коректором відрегулювати положення стрілки приладу на нульовій поділці шкали;

– за невідомого рівня вимірюваної освітленості, пошуки чутливості приладу починають з установлення на фотоелемент насадок у послідовності КТ→КР→КМ та перемикання по черзі двох шкал 0...100 і 0...30 на кожній комбінації насадок;

– приєднати фотоелемент до вимірника і розпочати вимірювання. Показання приладу фіксують, враховуючи діапазон, або показання приладу в поділках шкали за діапазоном 0...30, 0...100 помножують на коефіцієнт поглинання світлофільтра. Цей коефіцієнт зазначений на світофільтрі: для насадки М коефіцієнт дорівнює 10, для Р – 100, для Т – 1000. Наприклад, якщо стрілка вимірника показує 5 і використовується світлофільтр М, остаточне значення вимірника $5 \cdot 10 = 50$ лк;

– після закінчення вимірювань від'єднати фотоелемент від вимірника, надіти на нього насадку Т, покласти в футляр.

3.3.1 Дослідження умов зорової роботи при бічному природному освітленні

– виділити 5...6 умовних робочих місць у площині характерного розрізу приміщення лабораторії на рівні умовної робочої поверхні, наприклад, на поверхні парт на відстані 1, 2, 3, 4 і т.д. метрів від віконного прорізу;

– люксометром Ю116 виміряти освітленість виділених робочих місць;

– розрахувати коефіцієнт природної освітленості на робочих місцях за формулою 3.1 (значення $E_{ЗОВ}$ вимірюється на вулиці);

– за таблицею 3.3 визначити нормовану природну освітленість на робочих місцях;

– результати вимірювань та розрахунків занести в таблицю 3.4;

– побудувати графік залежності КПО від розташування робочого місця відносно віконного прорізу, відмітити на графіку на яких умовних робочих місцях можна виконувати навчальну роботу (вивчення методичних вказівок, складання звіту про виконання лабораторних робіт, проведення розрахунків з використанням мікрокалькуляторів та ін.).

Таблиця 3.4 – Результати вимірювання природної освітленості

Номер умовного робочого місця	Освітленість всередині приміщення E , лк	Зовнішня освітленість E , лк	Коефіцієнт природної освітленості e , %	Нормоване значення e_n^{IV} , %
1				
2				
3				
4				
5				

3.3.2 Розрахунок площі світлових прорізів в лабораторії при бічному природному освітленні через вікна

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

$$S_6 = (D_H \times K_{\text{буд}} \times K_3 \times \eta_6 \times S_n) / (t \times \tau_0 \times r_1 \times 100); \quad (3.3)$$

де S_6 – площа вікон, м^2 ;

D_H – нормоване значення КПО, % визначається за таблицею 3.3.

t – коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу, визначається за таблицею 3.2;

S_n – площа підлоги, м^2 ;

$K_{\text{буд}}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон напроти стоячими будівлями, визначається за таблицею 3.5 (інакше, приймається в межах 1...1,5);

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

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання

$$\tau_0 = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3 \times \tau_4 \times \tau_5, \quad (3.4)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (визначається за таблицею 3.5);

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі (визначається за таблицею 3.5);

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 таблицею 3.5);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається рівним 0,9, за відсутності сітки - 1).

η_6 – світлова характеристика вікна (вибирається із таблиці 3.7);

r – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок відбиття світла від стелі, стін і підлоги (таблиця 3.9);

Таблиця 3.5 – Значення коефіцієнта $K_{\text{буд}}$

Відношення відстані між будинками P до висоти $H_{\text{буд}}$ розташування карнизу протилежного будинку над підвіконням приміщення, що розраховується	$K_{\text{буд}}$
0,5	1,7
1	1,4
1,5	1,2
2	1,1
3 і більше	1

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

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{стелі}} \times S_{\text{стелі}} + \rho_{\text{стін}} \times S_{\text{стін}} + \rho_{\text{підлоги}} \times S_{\text{підлоги}}}{S_{\text{стелі}} + S_{\text{стін}} + S_{\text{підлоги}}}, \quad (3.5)$$

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

Таблиця 3.6 – Значення коефіцієнтів τ_1 τ_2 τ_4

Вид світлопрозорого матеріалу	τ_1	Вид віконної рами	τ_2	Сонцезахисні пристрої	τ_4
Скло безкольорове завтовшки, мм:		Віконні рами для промислових будівель:		Регульовані жалюзі та штори (внутрішні, зовнішні)	1
2	0,89	а) дерев'яні:			
3	0,88	– одинарні	0,7		
4	0,87	– спарені	0,7		
5	0,86			Стационарні жалюзі та екрани з захисним кутом не більше 45°:	
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	0,7	– вертикальні	0,75
– сонцезахисне	0,65	одинарні (глухі)	0,9	Горизонтальні	
– 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° (багатоступеневі)	0,6-0,9
Пустотілі скляні блоки:					
– світлорозсіюючі	0,5				
– прозорі	0,55				
Склопакети	0,8				

Таблиця 3.7 – Значення світлової активності вікон η_B (бокове освітлення)

Відношення довжини приміщення (L) до його ширини (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	–

Розрахункові значення коефіцієнта світловідбивання внутрішніх поверхонь приміщення слід приймати на підставі прийнятої в проекті архітектурної обробки поверхонь (таблиця 3.8), але не більше 0,5 – у приміщеннях цивільних будівель та кухнях житлових будинків, а також у виробничих приміщеннях зі світлою характеристикою фону; не більше 0,4 – у житлових кімнатах житлових

будинків та у виробничих приміщеннях із середньою характеристикою фону; не більше 0,30 – у виробничих приміщеннях з темною характеристикою фону.

Значення коефіцієнта γ визначається за таблицею 3.9 в залежності від параметрів приміщення та $\rho_{\text{ср}}$.

Таблиця 3.8. – Значення коефіцієнтів відбиття стелі ($\rho_{\text{стелі}}$) та стін ($\rho_{\text{стін}}$)

Стан стелі	$\rho_{\text{стелі}}$, %	Стан стін	$\rho_{\text{стін}}$, %
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 3.9 – Значення коефіцієнта γ

В/г	l^*/B (* $l = B - 1\text{м}$)	Значення γ при боковому освітленні								
		Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{ср}}$ 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
> 2,5 до 3,5	1,0	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
	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
> 3,5	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
	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	

Порядок роботи

Виміряти довжину **L** ширину **B** та висоту **H** приміщення лабораторії

Виміряти висоту **h** від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна та визначити глибину **B** приміщення (відстань від стіни з світловими прорізами до стіни навпроти).

Розрахувати площу вікон за наведеною вище методикою.

Виміряти наявну площу вікон в приміщенні.

Результати вимірювань та розрахунків занести в таблицю 3.10.

Визначені за допомогою розрахунку розміри світлових прорізів допускається змінювати на (+5), (-10)%.

Таблиця 3.10 – Результати розрахунку бічного природного освітлення в лабораторії

Площа підлоги, $S_{п}, м^2$	$D_n, \%$	$n_{пв}$	K_3	$K_{б\text{уд}}$	Коефіцієнт світлопропускання						τ	Розрахована площа світлових прорізів, $S_{в}, м^2$	Виміряна площа світлових прорізів у приміщенні, $\Sigma S_{в}, м^2$	
					τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ				

3.4 Висновки

Студент робить висновок про відповідність природного освітлення на робочих місцях встановленим нормам, а також про відповідність площі світлових прорізів в лабораторії розрахованим значенням. У разі невідповідності вимірних значень нормам та розрахункам, вносить пропозиції щодо поліпшення освітленості робочих місць.

3.5 Контрольні запитання

- 1) Що називається природним освітленням?
- 2) Що таке освітленість? У яких одиницях вона вимірюється?
- 3) Як визначити нормоване значення КПО для різних поясів світлового клімату?
- 4) Які види природного освітлення вам відомі?
- 5) Що називається нерівномірністю природного освітлення?
- 6) Що таке розряд зорової роботи?
- 7) Як обчислити коефіцієнт природної освітленості?
- 8) Як нормується КПО при бічному природному освітленні?
- 9) Як нормується КПО при верхньому природному освітленні?
- 10) Як нормується КПО при комбінованому природному освітленні?
- 11) Як влаштований люксометр. Принцип його роботи?
- 12) Як розрахувати природне бічне освітлення?

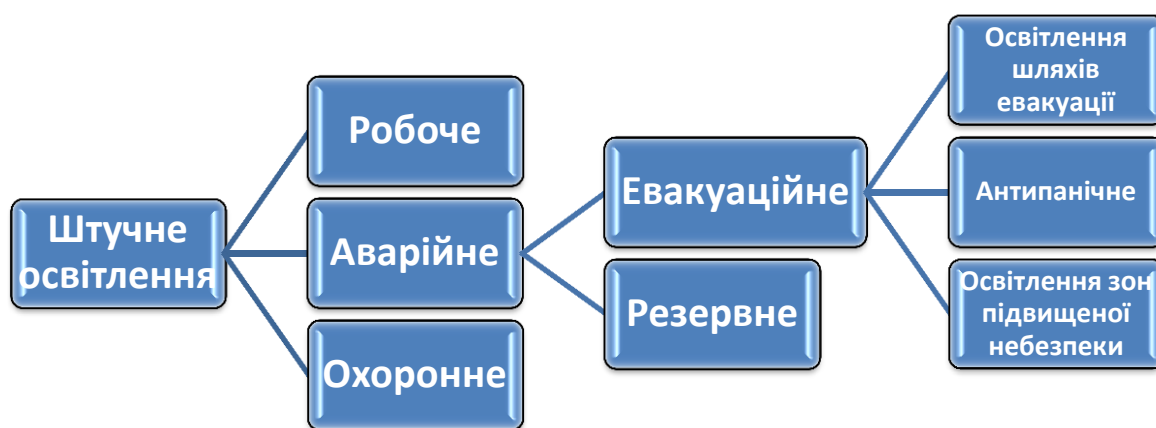
Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ

4.1 Мета: ознайомитися з принципами нормування штучного освітлення виробничих приміщень, методом коефіцієнта використання світлового потоку розрахувати освітленість в робочому приміщенні або за заданим рівнем освітленості – потрібну кількість світильників.

4.2 Короткі теоретичні відомості

За призначенням штучне освітлення буває *робоче, аварійне, охоронне, чергове*:



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.

Місцеве 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.

Проектування та розрахунок штучного освітлення виробничих приміщень

1. Обирається система освітлення.

2. Штучне освітлення проектується двох систем: загальне та комбіноване Система загального освітлення застосовується у виробничих приміщеннях з невисоким рівнем освітленості (до 150 лк, V – VIII розряд зорових робіт).

3. В приміщеннях з I-IV розрядом зорових робіт слід застосовувати, як правило, систему комбінованого освітлення. Передбачати для них систему загального освітлення допускається при технічній неможливості або недоцільності місцевого освітлення.

4. Обираються нормовані параметри освітлення (освітленість, якісні показники освітлення: коефіцієнт пульсації, коефіцієнт нерівномірності освітлення) згідно з ДБН.

5. Обирається тип джерела світла та тип світильника

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

4.3 Експериментальна частина

Порядок виконання роботи.

1. Виміряти довжину A , глибину B приміщення, висоту підвішування світильників над рівнем робочої поверхні H_p (рівень робочої поверхні – див. лаб. роб. № 3);

Розрахувати приблизну кількість світильників загального освітлення у приміщенні $N_{прибл}$:

$$N_{прибл} = (A \times B) / L^2 \quad (4.1)$$

де A і B – довжина і глибина приміщення, м; L – відстань між рядами світильників; оптимальна відстань між світильником, м, у випадку багаторядного розташування визначається як $L = 1,5 \times H_p$.

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

$$H_p = H - h_p \quad (4.2)$$

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

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

$$\Phi = (E_H \cdot S \cdot Z \cdot K_3) / (N \cdot n \cdot \eta), \quad (4.3)$$

де E_H – нормована освітленість, лк, визначається за таблицею 3.2 для відповідного розряду зорової роботи (ДБН В.2.5-28-2018);

S – площа приміщення, що освітлюється, м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, що враховує дію віддалених світильників, $Z = 1,1 \dots 1,5$. $Z = 1,1 \dots 1,5$. Приймається для ламп розжарювання і ртутних газорозрядних ламп – 1,15; для цокольних люмінесцентних (т.зв. енергозберігаючих) і світлодіодних – 1,1).

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3 = 1,2 \dots 1,7$), який враховує старіння ламп і запиленість приміщення, приймається 1,2 – для газорозрядних ламп і 1,1 – для звичайних ламп розжарювання і галогенних; 1,0 – для світлодіодних 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 4.1 в залежності від індексу приміщення, коефіцієнтів відбиття стелі, стін для світильників з люмінесцентними лампами; значення η визначають в залежності від індексу приміщення i :

$$i = (A \times B) / (H_p \times (A + B)), \quad (4.4)$$

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

(у формулу 4.3 коефіцієнт η підставляють у частках одиниці, а не в відсотках);

N – кількість світильників, розрахована попередньо за формулою 4.1.

3. Визначивши світловий потік лампи Φ , за таблицею 4.2 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:

$$N_H = E_n \times S \times K_3 \times Z / (\Phi \times n \times \eta) \quad (4.5)$$

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

$$E_p = (\Phi \times N \times n \times \eta) / (S \times Z \times K_3) \quad (4.6)$$

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти використання світлового потоку (η) світильників з газорозрядними лампами

Тип світильника	ЛПО-01		
	$\rho_{\text{стелі}}, \%$	70	50
$\rho_{\text{стін}}, \%$	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 4.2 – 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.

Таблиця 4.3 – Результати виконання роботи

№	Основні вихідні дані	Результати вибору, розрахунку або вимірювання
1	Висота підвісу світильників H_p , м	
2	Довжина приміщення, L , м	
3	Глибина приміщення B , м	
4	Вибраний для освітлення тип лампи (таблиця 4.2)	
5	Світловий потік однієї лампи Φ , лм	
6	Вибраний тип світильників	
7	Кількість ламп у одному світильнику, n	
8	Розряд зорових робіт, які виконуються у приміщенні	
9	Нормована освітленість E_H , лк	
10	Індекс приміщення i	
11	Коефіцієнт відбиття $\rho_{стелі}$ та $\rho_{стін}$ (таблиця 4.1),	
12	Коефіцієнт використання світлового потоку η	
13	Коефіцієнт запасу K_3	
14	Коефіцієнт нерівномірності освітлення Z	
15	Необхідна кількість світильників у приміщенні N_H	
16	Очікувана освітленість у приміщенні, E_p , лк	

4.4 Висновки

Студент повинен оцінити відповідність фактичного освітлення нормам, зіставити фактичну та необхідну кількість світильників у приміщенні, зробити висновок про потребу внесення змін в наявну систему загального освітлення в приміщенні.

4.5 Контрольні запитання

- 1) Як класифікується штучне освітлення за призначенням?
- 2) Від яких факторів залежить освітленість робочої поверхні або об'єкта, що розглядається?
- 3) Що означає поняття "розмір об'єкта розрізнення"?
- 4) Основне рівняння методу розрахунку за коефіцієнтом використання світлового потоку?
- 5) Для чого вводяться коефіцієнти запасу та нерівномірності для джерел штучного освітлення?
- 6) Як нормується штучне освітлення?
- 7) Якими приладами вимірюється освітленість?
- 8) Які Ви знаєте типи ламп, що використовуються як джерела штучного освітлення?

Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУГИ ДОТИКУ ТА КРОКУ

5.1 Мета: визначити величини напруги кроку в зоні розтікання струму та напруги дотику до заземлених неструмоведучих частин обладнання, які опинилися під напругою.

5.2 Короткі теоретичні відомості

У разі обриву проводів ліній електропередач та їх контакту з землею, пробоя кабельних ліній на землю, замикання на неструмоведучі елементи електроустановок, що мають контакт з землею, доторкання людини, яка стоїть на землі, до струмоведучих частин під напругою тощо земля стає елементом електричної мережі замикання на землю. У випадку проходження струму по землі на її поверхні виникає специфічне поле потенціалів, характер якого визначається конструкцією заземлювача, властивостями ґрунту тощо.

Практично зона підвищених потенціалів на поверхні землі відносно її нульового потенціалу 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 (рисунок 5.1).

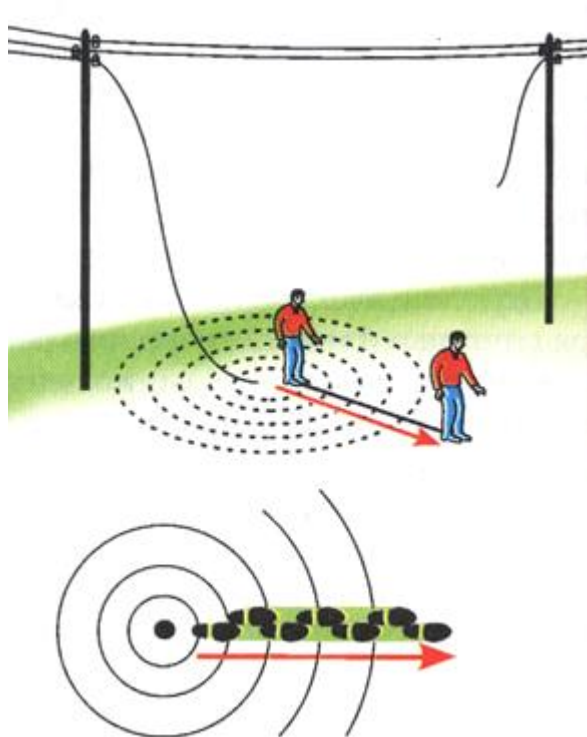


Рисунок 5.1. – Безпечний спосіб виходу із зони крокової напруги

Напруга кроку – напруга 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.

Напруга кроку дорівнює нулю, якщо обидві ноги людини знаходяться на так званій екіпотенціальній лінії – лінія з однаковими значеннями потенціалу (рисунок 5.1).

Напруга кроку значно зменшиться і зведеться до безпечної величини, якщо виконано вирівнювання потенціалів поблизу електрообладнання. Якщо не прийняти заходів по вирівнюванню потенціалів, може виникнути круте спадання потенціальної кривої і небезпечні крокові напруги. Для зниження небезпечних крокових напруг за межами країв контуру заземлення, в першу чергу в місцях проходів і проїздів в цехах, вкладаються в землю на різній глибині додаткові сталеві смуги.

Дотик людини до корпусу ушкодженого обладнання або до корпусу обладнання, з’єднаного з ушкодженим загальним колом заземлення, зумовлює потрапляння людини під напругу дотику. Під напругу дотику людина потрапляє, коли стоїть на ґрунті і торкається заземленого корпусу обладнання, який опинився під напругою. Напруга дотику дорівнює різниці між потенціалом корпусу, якого торкається людина, і потенціалом ґрунту в точці, де стоїть людина.

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.

В міру віддалення від заземлювача напруга дотику збільшується і на відстані більше 20 м вона дорівнює напрузі відносно землі, тому що людина стоїть в точці, потенціал якої дорівнює нулю.

5.3 Експериментальна частина

Стенд (рисунок 5.2) дозволяє моделювати замикання на землю при контакті між струмоведучими частинами і заземленими корпусами 1 – 3. Струм стікає в землю через одиночний заземлювач R_3 . Максимальне віддалення від заземлювача точки ґрунту, потенціал якої можна виміряти на стенді, складає 42 см, що відповідає 20 м в реальних умовах.

Вид ґрунту і значення його питомого опору встановлюється шляхом утримування в натиснутому стані відповідної кнопки (таблиця 5.1).

Порядок виконання роботи

1. Отримати у викладача варіант завдання (таблиця 5.2).
2. Встановити перемикач “ U сети” в положення, яке відповідає варіанту завдання.
3. Увімкнути на стенді тумблер “Сеть”, а на вертикальній панелі натиснути кнопку “Сеть”. Про готовність стенда до роботи сигналізує зелений світлодіод.
4. Увімкнути на вертикальній панелі тумблер “Замыкание”. Про появу напруги на корпусі електродвигуна свідчить загорання червоного світлодіоду.

5. Натиснути і утримувати кнопку "ρ ґрунту" відповідно до варіанту завдання (таблиця 5.2).

6. За міліамперметром визначити стікаючий через заземлювач в землю струм.

7. Значення напруги мережі U і струму замикання I_з, занести до таблиці 5.3.

8. Розрахувати загальний опір заземлювального пристрою за формулою:

$$R_3 = U_{\text{мережі}} / I_3 \quad (5.1)$$

Дані занести до таблиці 5.3.

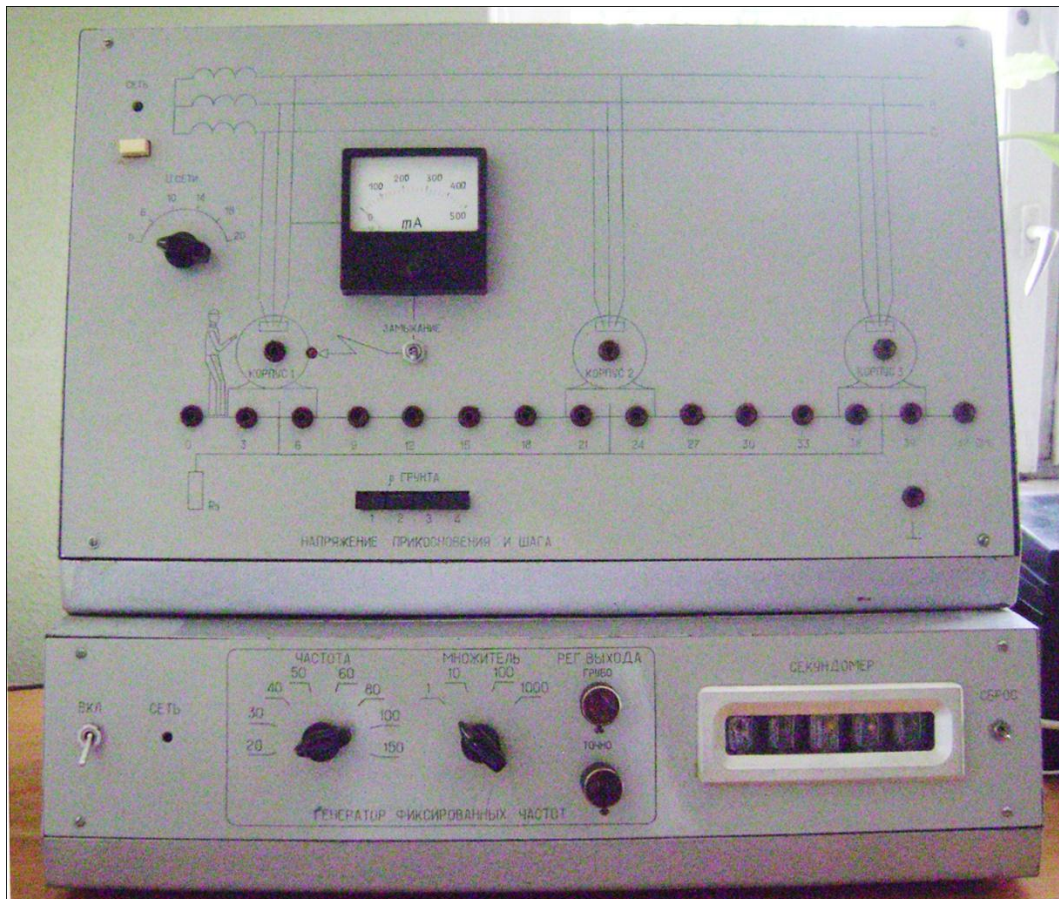


Рисунок 5.2 – Стенд для визначення напруги дотику та кроку

Таблиця 5.1 – Значення питомих опорів ґрунтів

Номер кнопки	Ґрунт	Питомий опір, Ом · м
1	Пісок	700
2	Суглинок	100
3	Ґлина	40
4	Чорнозем	20

Таблиця 5.2 – Варіанти завдання

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U мережі, В	20	18	14	10	6	20	18	14	10	20	18	14
Номер кнопки ρ ґрунту	1	2	3	4	4	2	3	4	3	3	4	2
U _р , В	380	440	520	660	820	480	540	380	720	220	380	440

Таблиця 5.3 – Результати вимірювання

U мережі, В	I ₃ , А	R ₃ , Ом

9. Визначення напруги кроку:

- натиснути і утримувати кнопку “ρ ґрунту”;
- зняти залежність величини дослідного потенціалу точки ґрунту φ_д від відстані цієї точки до заземлювача “R₃”, для чого за допомогою вольтметра виміряти потенціал точок 0, 3, 6, ... 42 відносно точки землі з нульовим потенціалом „⊥”, а результати вимірювання занести до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Залежність величини потенціалу ґрунту від відстані до заземлювача

Відстань L _д , см	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
φ _д , В															
L _р , м	0	1,4	2,8	4,3	5,7	7,1	8,6	10	11,4	12,8	14,3	15,7	17,1	18,6	20
φ _р , В															

10. Розрахувати значення потенціалів в реальних умовах:

$$\varphi_p = (U_p/U_{\text{мережі}}) \cdot \varphi_d; \quad (5.2)$$

де φ_р – потенціал і-ої точки в реальних умовах, В; φ_д – потенціал і-тої точки в досліді, В; U_р – напруга заземлювача в реальних умовах (відповідно до варіанту завдання, таблиця 5.2), В; U_{мережі} – дослідна напруга заземлювача згідно варіанту, В.

Дані розрахунків занести в таблицю 5.4.

11. За даними таблиці 5.4 побудувати графіки: φ_д = f(L_д), φ_р = f(L_р).

12. За графіком φ_р = f(L_р), визначити потенціали ніг людини (φ_{н1} і φ_{н2}), якщо ширина кроку 0,8 м, отримані дані занести в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Значення напруги кроку

Номер кроку	1	2	3	4	5
Відстань ніг від заземлення, м	ближня нога 0; дальня нога 0,8	б. н. 0,8; д. н. 1,6	б. н. 1,6; д. н. 2,4	б. н. 2,4; д. н. 3,2	б. н. 3,2; д. н. 4,0
Потенціал ближньої ноги φ _{н1} , В					
Потенціал дальньої ноги φ _{н2} , В					
Напруга кроку, В U=φ _{н1} -φ _{н2}					

13. Побудувати графік залежності U_{кр} = f(L_р). Визначити і позначити на графіку величину небезпечної зони в реальних умовах (допустиму величину напруги кроку прийняти рівною 25 В).

14. Визначення напруги дотику:

- натиснути і утримувати кнопку “ ρ ґрунту”;
- за допомогою вольтметра виміряти напругу дотику, приєднуючи вольтметр до гнізда одного з корпусів 1 – 3 та по чергово до гнізд точок 0, 3, 6, ... 42. Результати вимірювання занести до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Залежність напруги дотику від відстані до заземлювача

Відстань L_d , см	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
$U_{д.д.}$, В															
L_p , м	0	1,4	2,8	4,3	5,7	7,1	8,6	10	11,4	12,8	14,3	15,7	17,1	18,6	20
$U_{д.р.}$, В															

15. Розрахувати значення напруги дотику $U_{д.р}$ в реальних умовах:

$$U_{д.р} = (U_p/U_{мережі}) \cdot U_{д.д.} \quad (5.3)$$

де $U_{д.р}$ – реальна напруга дотику при знаходженні людини в i -ій точці, В; U_p – напруга заземлювача в реальних умовах (відповідно до варіанту завдання, таблиця 5.2), В; $U_{мережі}$ – дослідна напруга заземлювача згідно варіанту, В; $U_{д.д.}$ – напруга дотику в досліді при знаходженні людини в i -ій точці, В.

Дані розрахунків занести в таблицю 5.6.

16. За даними таблиці 5.6 побудувати залежність $U_{д.р.} = f(L_p)$.

5.4 Висновок

Студент робить висновок про зміну напруги кроку в зоні розтікання струму при віддаленні від заземлювача, а також про зміну напруги дотику при збільшенні відстані від заземлювального пристрою.

5.5 Контрольні запитання

- 1) Дайте визначення напрузі дотику?
- 2) Що називають напругою кроку? Як вона виникає?
- 3) Як змінюється напруга кроку при віддаленні від заземлювача?
- 4) Як змінюється напруга дотику при віддаленні від заземлювача?
- 5) Як треба виходити із зони розтікання струму, щоб не потрапити під крокову напругу?
- 6) На яку відстань можна наближуватись на відкритих місцевостях і в приміщеннях до місця обриву проводу?

Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЗАЗЕМЛЕННЯ МЕТОДОМ АМПЕРМЕТРА-ВОЛЬТМЕТРА

6.1 Мета: навчитися розраховувати і контролювати стан захисного заземлення.

6.2 Короткі теоретичні відомості

Для створення безпечних умов при роботі з електроустановками повинні бути збудовані пристрої для заземлення та заземлені металеві частини електрообладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції. Можливий струм замикання на землю і, відповідно, небезпечність ураження, залежить від напруги джерела струму і його потужності. Найбільш допустимі опори заземлювального пристрою наведені в таблиці 6.1.

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмовідних (в нормальному режимі роботи) частин, які можуть опинитись під напругою внаслідок пошкодження ізоляції електроустановки.

Конструктивно заземлення виконується у вигляді декількох вертикальних стержньових заземлювачів, які занурені в землю на певну глибину і з'єднані горизонтальною з'єднувальною смугою. Заземлювальні провідники з'єднують частини електричної установки, які можуть опинитися під напругою в аварійному стані, зі з'єднувальною смугою.

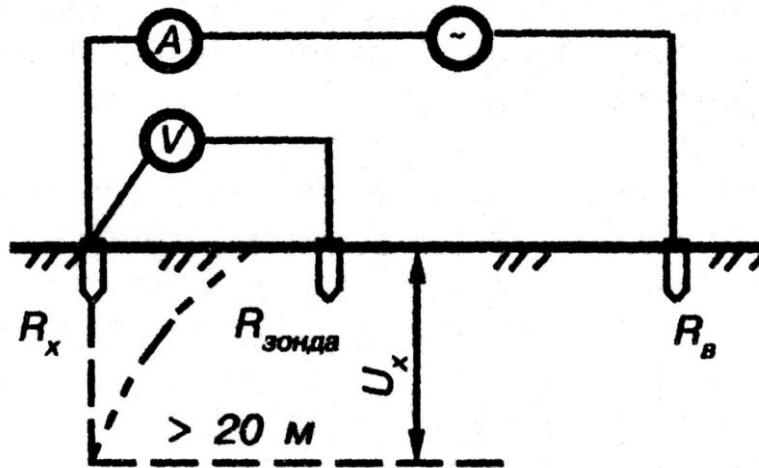
Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту ρ , Ом·м. Питомий опір ґрунту залежить від характеру ґрунту, а також від пори року. Найбільшу величину він має в холодний період у північних районах при промерзанні ґрунту або в теплий період в південних районах, коли ґрунт найбільш сухий.

Таблиця 6.1 – Допустимі опори заземлювального пристрою

Характеристика установок	Потужність трансформатора	Допустимий опір заземлювального пристрою, Ом
Електроустановки напругою до 1000 В	Установки з ізольованою нейтраллю: – потужності генераторів та трансформаторів 100 кВт і менше;	10 Ом
	– потужності генераторів та трансформаторів більше 100 кВт	4 Ом

Опір заземлення необхідно періодично контролювати, так як з причини корозії заземлювачів або через їх механічне пошкодження він може перевищити допустиму величину. Контроль заземлювальних пристроїв проводять перед введенням в експлуатацію і періодично кожного року (при найбільшому підсиханні і найбільшому промерзанні ґрунту).

Вимірювання опору заземлювачів може бути проведене різними способами. Найбільш поширеним є метод амперметра-вольтметра (рисунок 6.1).



R_x – опір заземлення, $R_{\text{зонда}}$ – опір зонда, R_B – опір допоміжного електроду

Рисунок 6.1 – Принципова схема метода амперметра-вольтметра

$$R_x = \frac{U}{I}, \quad (6.1)$$

де R_x – опір заземлення, Ом; U – напруга, яку показує вольтметр, В; I – сила струму за амперметром, А.

Допоміжний заземлювач (В) і зонд (З) встановлюються на такій відстані один від одного і від досліджуваного заземлювача (R_x), щоб їхні поля розтікання не накладалися. Падіння напруги на R_x вимірюється вольтметром (V), який увімкнений між R_x і зондом, сила струму в ланцюзі – амперметром (A). Схема розміщення електродів для випадку одиночного заземлювача або зосередженого пристрою заземлення наведена на рисунку 6.2.

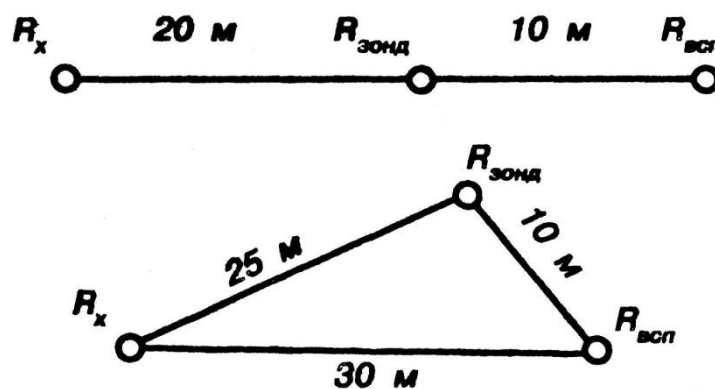


Рисунок 6.2 – Мінімальні відстані між досліджуваним заземленням R_x , зондом та допоміжним електродом

6.3 Експериментальна частина

6.3.1 Розрахунок системи захисного заземлення

Мета розрахунку захисного заземлення – визначення кількості електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі.

Розрахунок проводять за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача η – це відношення діючої провідності цього заземлювача до найбільш можливої його провідності за нескінченно великих відстаней між його електродами.

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_v в залежності від розміщення заземлювачів та їх кількості знаходиться в межах 0,4...0,99. Взаємну екрануючу дію горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги) враховують за допомогою коефіцієнта використання горизонтального заземлювача η_g .

Вихідними даними для розрахунку системи захисного заземлення є: напруга установки, що заземлюється; режим нейтралі мережі; питомий опір ґрунту; план розміщення обладнання, що заземлюється (згідно з варіантом, таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – Варіанти розрахункового завдання

Варіант завдання	Найменування ґрунту	Кліматична зона	Потужність трансформатора
1	Чорнозем	I	Установка з ізолюваною нейтраллю, потужності трансформатора менше 100 кВт
2	Глина	II	
3	Суглинок	III	
4	Глина	IV	Установка з ізолюваною нейтраллю, потужності генератора більше 100 кВт
5	Суглинок	I	
6	Чорнозем	III	Установка з ізолюваною нейтраллю, потужності генератора менше 100 кВт
7	Суглинок	II	
8	Глина	I	
9	Чорнозем	II	Установка з ізолюваною нейтраллю, потужності генератора більше 100 кВт
10	Глина	III	
11	Суглинок	IV	
12	Чорнозем	I	

Порядок розрахунку:

1. Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м, відповідно до заданого варіанту завдання

$$\rho_{\text{розр}} = \psi \rho \quad (6.2)$$

де ψ – коефіцієнт сезонності (таблиця 6.3); ρ – табличне значення питомого опору ґрунту, Ом·м (таблиця 6.4).

Таблиця 6.3 – Ознаки кліматичних зон і коефіцієнти сезонності

Характеристика кліматичної зони	Кліматична зона			
	I	II	III	IV
Середня багаторічна низька температура, °С	від -20 до -15	від -14 до -10	від -10 до 0	від 0 до +5
Тривалість замерзання вод, днів	190-170	150	100	0
Коефіцієнт сезонності для вертикального електроду довжиною 3 м	1,7	1,5	1,3	1,1

Таблиця 6.4 – Значення питомого електричного опору різних ґрунтів

Ґрунт	Значення ρ , Ом · м
Глина	40
Суглинок	100
Чорнозем	20

2. Розраховується опір розтікання поодинокого трубчастого заземлювача за формулою

$$R_o = \frac{\rho_{розр}}{2\pi \times l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (6.3)$$

де l – довжина заземлювача, $l = 3$ м; d – діаметр труби або стержня, $d = 0,05$ м; t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача (глибину закладання заземлювачів h_B прийняти рівній 0,8 м);

$$t = h_B + \frac{l}{2} \quad (6.4)$$

3. Визначається $n_{м.в.}$ – теоретична кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання η_B , шт.

$$n_{м.в.} = \frac{R_o}{R_d}, \quad (6.5)$$

де R_d – найбільший допустимий опір заземлювального пристрою, Ом, (таблиця 6.1).

4. Визначається η_B – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні їх в ряд (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5 – Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_B при розташуванні їх в ряд

Кількість заземлювачів, $n_{м.в.}$				
2	3	4	10	20
Коефіцієнт використання, η_B				
0,85	0,73	0,65	0,59	0,48

5. Розраховується необхідна кількість паралельно з'єднаних одиночних заземлювачів, яка необхідна для отримання допустимих значень опору заземлення за наближеною формулою без врахування опору з'єднуючої смуги

$$n = \frac{R_o}{R_d \cdot \eta_B}; \quad (6.6)$$

6. Розраховується довжину горизонтальної з'єднуючої смуги,

$$l_c = a \times (n - 1) \quad (6.7)$$

де n – необхідна кількість вертикальних заземлювачів; a – відстань між вертикальними заземлювачами, $a = 3\text{ м}$.

7. Розраховується опір з'єднувальної смуги за формулою

$$R_n = \frac{\rho_{розр}}{2\pi \times l_n} \ln \frac{l_n}{d \cdot h_B} \quad (6.8)$$

де d – еквівалентний діаметр смуги шириною b , $d = 0,95b$, $b = 15\text{ см}$.

8. Розраховується результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги

$$R_3 = \frac{R_o \cdot R_n}{R_o \eta_n + R_n \eta_B} \leq R_d, \quad (6.9)$$

де η_n - коефіцієнт використання (таблиця 6.6) з'єднувальної смуги.

Таблиця 6.6 – Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги η_n .

Кількість заземлювачів				
2	3	4	10	20
Заземлювачі розташовані в ряд				
0,85	0,77	0,72	0,62	0,42

6.3.2 Контроль стану захисного заземлення методом амперметра-вольтметра

Опис лабораторної установки

Стенд (рисунок 6.3) дозволяє:

– моделювати вимірювання опору заземлювального пристрою методом амперметра-вольтметра: тумблер R_x моделює опір заземлювального пристрою, а його положення 1; 2; 3; 4 відповідають різним значенням опору R_x ;

– досліджувати вплив взаємного розміщення електродів на результати вимірювань шляхом переміщення штекера з гнізда „ R_3 ” в гніздо „ $R_3^{//}$ ” та „ $R_3^{//}$ ”.

Опір заземлювального пристрою методом амперметра-вольтметра вимірюють за наступного початкового стану лабораторного стенда:

– тумблер „Сеть” універсального лабораторного стенда в нижньому положенні;

– кнопка „Сеть” лабораторного стенда відтиснута;

– перемикач „ R_x ” в положенні 1.

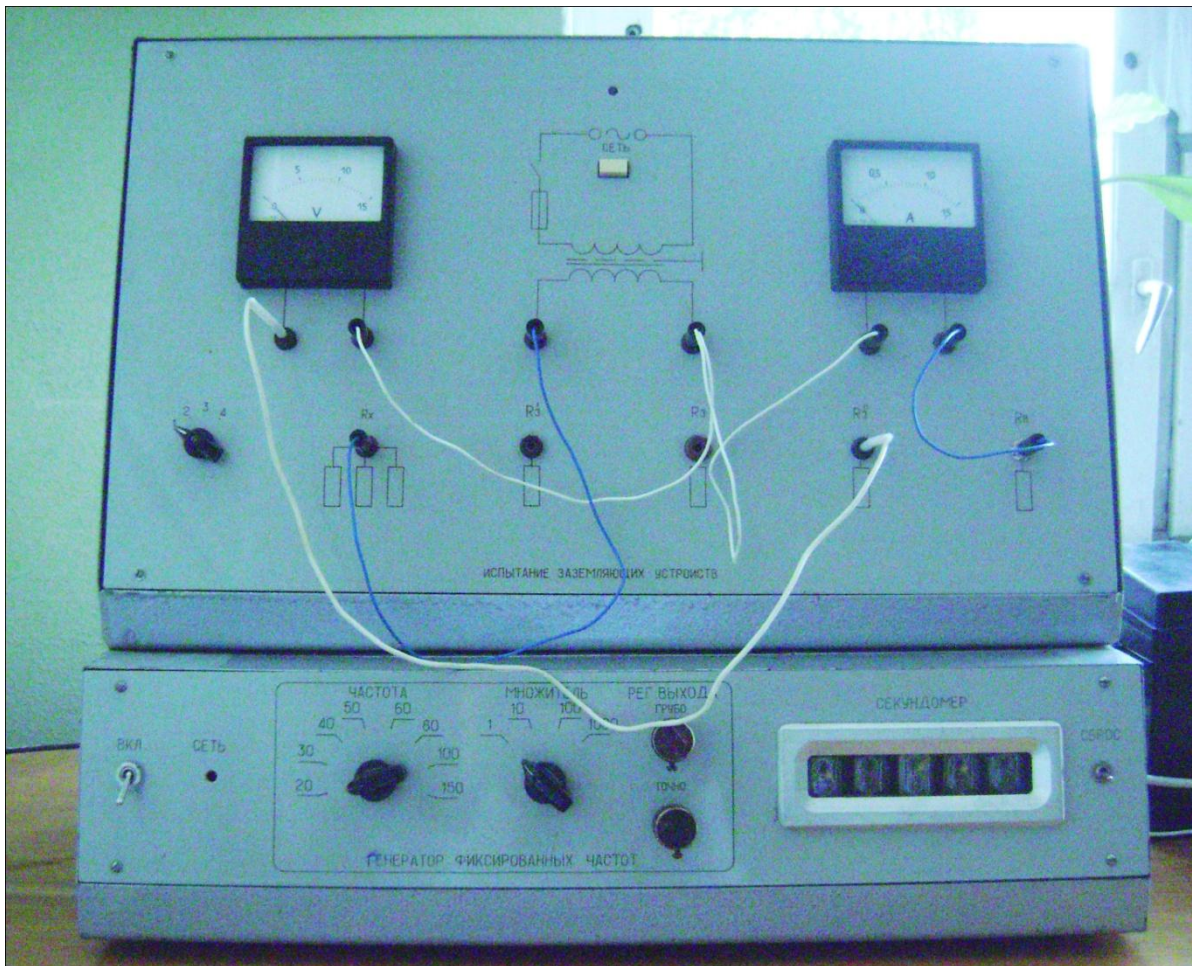


Рисунок 6.3 – Стенд для вимірювання опору заземлення методом амперметра-вольтметра

Провести вимірювання за методом амперметра-вольтметра, для чого виконати наступні операції:

- тумблер „Сеть” універсального лабораторного блока перевести у верхнє положення;
- натиснути кнопку „Сеть” лабораторного стенду;
- перемикач „ R_x ” установити в необхідне положення 1;
- штекер вольтметра встановити в гніздо „ R_3 ”;
- зафіксувати в таблиці 6.7 показання амперметра і вольтметра;
- штекер, що з’єднує вольтметр із гніздом „ R_3 ” переставити у гніздо „ R_3^{\wedge} ” та зафіксувати показання амперметра і вольтметра;
- перенести зазначений штекер у гніздо „ $R_3^{//}$ ”, зафіксувати показання амперметра і вольтметра;
- перемикач „ R_x ” установити в необхідне положення 2; 3 а потім 4 і повторити вимірювання.

Привести лабораторний стенд в початкове положення.

За результатами вимірювання обрахувати значення $R = U/I$ (таблиця 6.7)

Таблиця 6.7 – Результати експерименту

Положення перемикача R_x	Положення штекера	Показання вольтметра, В	Показання амперметра, А	Опір заземлення R , Ом
1	R_3			
	R_3'			
	R_3''			
2	R_3			
	R_3'			
	R_3''			
3	R_3			
	R_3'			
	R_3''			
4	R_3			
	R_3'			
	R_3''			

6.4 Висновки

Студент робить висновок:

– про відповідність нормам розрахованого результативного опору заземлювального електроду та експериментальних даних вимірювання опору заземлювального пристрою методом амперметра-вольтметра;

– про можливість експлуатації електроустановки з даним опором заземлення.

6.5 Контрольні запитання

- 1) Призначення захисного заземлення.
- 2) Конструктивне виконання захисного заземлення.
- 3) Які матеріали використовують для заземлювачів?
- 4) Яким методом можна здійснити контроль заземлення? Сутність методу.
- 5) Коли проводиться перевірка опору заземлювального пристрою, і з якою періодичністю?

Лабораторна робота № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ В МЕРЕЖАХ ТРИФАЗНОГО СТРУМУ НАПРУГОЮ ДО 1000 В

7.1 Мета: вивчити вплив різних факторів і параметрів мережі на наслідки ураження людини електричним струмом в мережах з ізольованою і глухозаземленою нейтраллю.

7.2 Короткі теоретичні відомості

У випадку дотику до струмовідних або до металевих неструмовідних частин корпусу електроустановки, що випадково опинилася під напругою в результаті пошкодження ізоляції, величина струму, що протікає через тіло людини, і відповідно, наслідки ураження залежать від режиму нейтралі мережі, умов дотику і параметрів електричної мережі. Найбільш поширеними на практиці є мережі: трифазні з ізольованою нейтраллю (рисунок 7.1 а); чотирьохпровідні з глухозаземленою нейтраллю (рисунок 7.1 б)

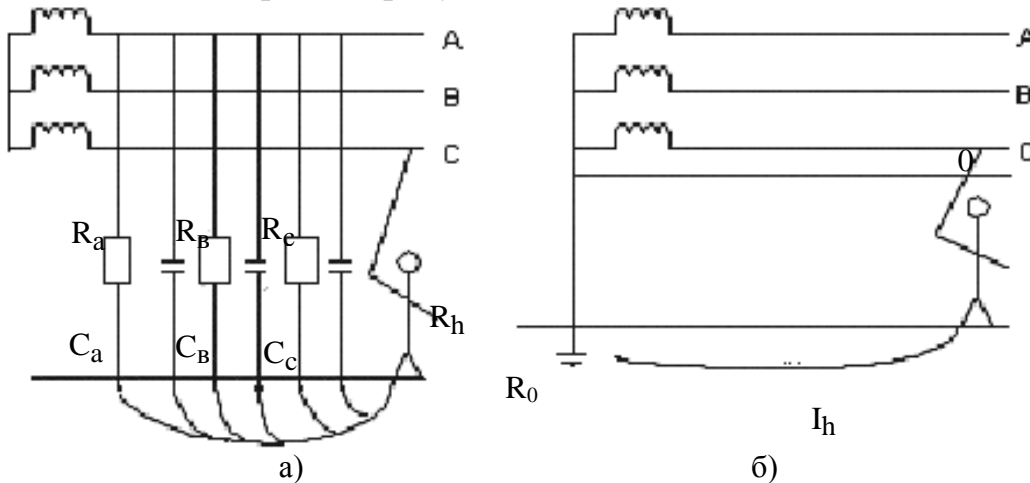


Рисунок 7.1 – Мережа з ізольованою (а) і глухозаземленою нейтраллю (б)

Характеристикою цих мереж з точки зору електробезпеки є величина струму, що протікає через людину, при дотику її до однієї з двох фаз. Такий дотик виникає набагато частіше, ніж двополусне (двофазне) включення.

Струм, що протікає через тіло людини, у випадку її дотику до однієї з фаз трифазної мережі з *ізольованою нейтраллю*, можна визначити за формулою:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + Z_{\text{м}}}, \quad (7.1)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга, В (в промислових мережах 220 В); $Z_{\text{м}}$ – повний опір ізоляції мережі по відношенню до землі, Ом; $R_{\text{л}}$ – опір людини, Ом.

Якщо ємністю фаз знехтувати (а це можна зробити для коротких мереж напругою до 1000 В) і прийняти, що опір фази дорівнює активному опору (r), величину струму, що протікає через тіло людини, можна визначити з виразу:

$$I_{\text{л}} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{\text{л}} + r} \quad (7.2)$$

За великих значень ємності фаз (протяжні мережі) струм, що протікає через тіло людини, можна визначити за формулою:

$$I_h = \frac{3U_\phi}{\sqrt{9R_h^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}, \quad (7.3)$$

де C – ємність фаз, Φ ; $\omega = 2\pi h$, $h = 50$ Гц.

Вираз (7.2) показує, що в мережі з ізольованою нейтраллю за ємності фаз рівній або близькій до 0, струм, що протікає через тіло людини при однополюсному дотику, залежить, в основному, від величини r , оскільки $r \gg R_h$. З (7.3) випливає, що навіть при хорошій ізоляції ($r \rightarrow \infty$) фазних проводів величина струму, що протікає через тіло людини, при наявності ємності (C) між фазами і землею може досягати значень, небезпечних для життя.

Варто зазначити, що в мережах з ізольованою нейтраллю у випадку глухого замикання однієї з фаз на землю небезпека ураження різко зростає. В такому випадку напруга ушкодженої фази відносно землі складає лише незначну частину від фазної напруги, а напруга справних фаз зростає майже до лінійної напруги. Таким чином, струм, що протікає через тіло людини у разі її дотику до справної фази, може бути визначений з виразу 7.4.

$$I_l \approx \frac{\sqrt{3}U_\phi}{R_l} \quad (7.4)$$

Струм, що протікає через тіло людини, у випадку її дотику до однієї з фаз трифазної мережі з *глухозаземленою нейтраллю* можна визначити з виразу

$$I_l = \frac{U_\phi}{R_l + R_0} \quad (7.5)$$

Опір заземлення нейтралі (R_0) в мережі з глухозаземленою нейтраллю складає декілька Ом, що значно менше опору ізоляції фаз відносно землі тому в (7.5) можна знехтувати опором заземлення нейтралі (R_0), тому що він не перевищує 10 Ом, а опір людини (R_h) не нижче 1000 Ом. Тоді

$$I_h \approx \frac{U_\phi}{R_h} \quad (7.6),$$

тобто людина підпадає під фазну напругу, причому струм, що протікає через тіло людини, не залежить ні від опору ізоляції, ні від ємності мережі відносно землі, а визначається величиною опору тіла людини і може досягати величини, небезпечної для життя.

7.3. Експериментальна частина

Робота проводиться на універсальному лабораторному стенді (рисунк 7.2) шляхом моделювання основних параметрів досліджуваної мережі і визначення величини струму, що протікає через тіло людини, і напруги при дотику її до металевого корпусу електроустановки. На стенді замість існуючих розподілених параметрів ізоляції фаз відносно землі застосовані зосереджені

опори і ємності, які можна змінювати за величиною. Опір тіла людини моделюється активним опором.

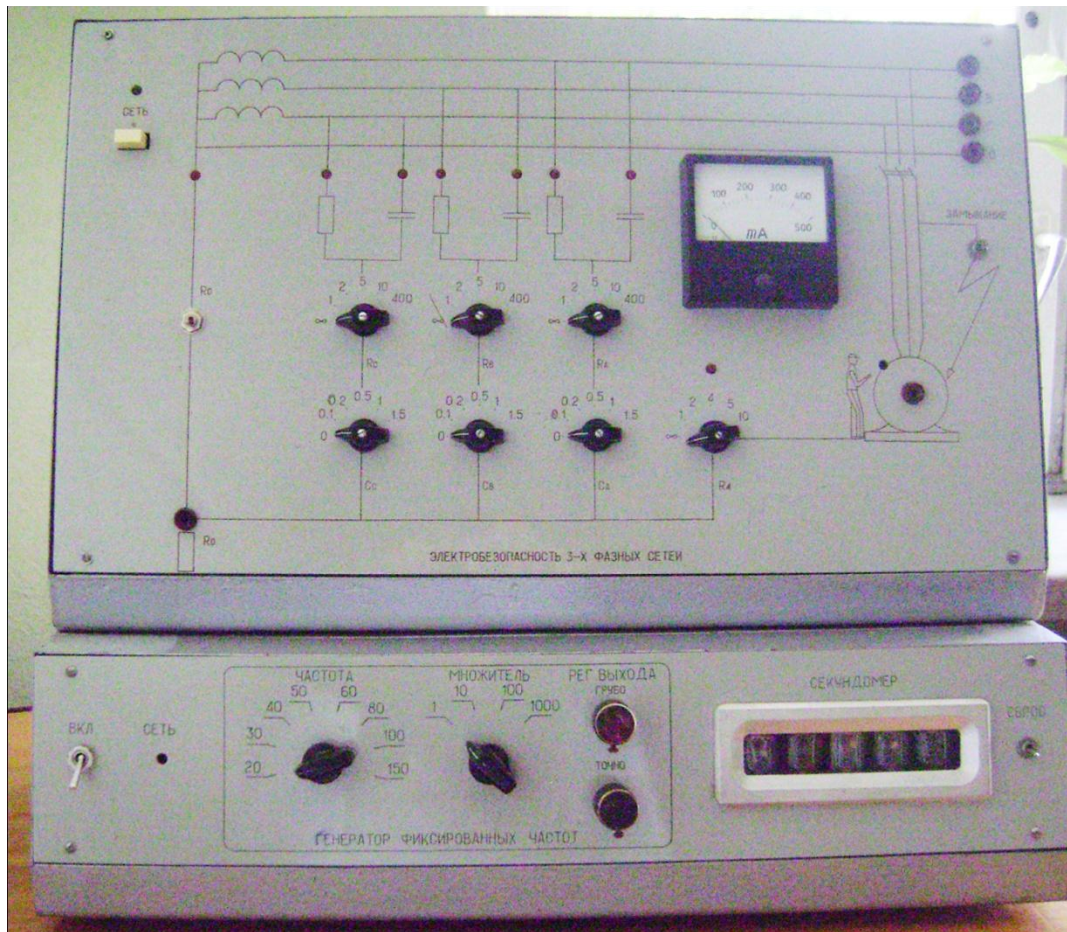


Рисунок 7.2 – Стенд для дослідження трифазних мереж з ізольованою та глухозаземленою нейтраллю

Порядок виконання роботи

7.3.1 Мережа з ізольованою нейтраллю:

Розрахувати за формулами (7.2) або (7.3) струм, що протікає через тіло людини при однополюсному дотику. Дані для розрахунку вибрати з таблиці 7.1 за вказівкою викладача.

Таблиця 7.1 – Варіанти завдань

Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
r , кОм	∞	10	50	∞	20	10	∞	400	10	∞	20	50	∞	10	∞	400
C , мкФ	0,1	0	0	0,2	0	0	0,5	0	0	1,0	0	0	1,5	0	0,5	0

Поставити перемикачі “ R_A ”; “ R_B ”; “ R_C ”; “ R_h ” в положення “ ∞ ”, а перемикачі “ C_A ”; “ C_B ”; “ C_C ” – в положення “0”. Тумблер “ R_0 ” в положення “Вykl.”.

Ввімкнути на стенді тумблер “Сеть”, а на вертикальній панелі натиснути кнопку “Сеть”. Про готовність стенду до роботи сигналізує на вертикальній панелі світлодіод.

Виміряти за допомогою вольтметра лінійні напруги $U_{\text{л}}$ мережі. Показання вольтметра помножити на десять. Результати вимірів занести до таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Значення лінійних напруг

$U_{AB}, \text{В}$	$U_{AC}, \text{В}$	$U_{BC}, \text{В}$

Ввімкнути на вертикальній панелі тумблер «Замыкание». Про появу напруги на корпусі електродвигуна свідчить спалахування світлодіода.

Зняти залежність величини струму I_h , що протікає через тіло людини, та напруги дотику $U_{\text{дот}}$ від наступних величин:

– величини опору $R_A=R_B=R_C=r$ ізоляції фаз $I_h = f(r)$ і $U_{\text{дот}} = f(r)$ при $C_A=C_B=C_C=C = \text{const}$ та $R_h = \text{const}$.

– величини ємності $C_A = C_B = C_C = C$ фаз відносно землі $I_h = f(C)$ і $U_{\text{дот}} = f(C)$ при $R_A=R_B=R_C=r=\text{const}$ та $R_h = \text{const}$. Результати вимірювань занести в таблицю 7.4.

7.3. Напруга дотику вимірюється між корпусом і землею. Значення C та R_h задаються довільно за допомогою тумблерів $C_A=C_B=C_C$ та R_h .

Значення r та R_h задаються довільно за допомогою тумблерів $R_A=R_B=R_C$ та R_h .

Побудувати за результатами таблиць 7.3 та 7.4 графіки залежності:

– $I_h = f(r)$ і $U_{\text{дот}} = f(r)$ при $C_A = C_B = C_C = C = \text{const}$, $R_h = \text{const}$.

– $I_h = f(C)$ і $U_{\text{дот}} = f(C)$ при $R_A=R_B=R_C=r=\text{const}$, $R_h = \text{const}$.

Таблиця 7.3 – Залежність величини струму і напруги дотику від опору ізоляції фаз

$r, \text{кОм}$			1	2	5	10	400	∞
$I_h, \text{мА}$	$C =$	$R_h =$						
$U_{\text{дот}}, \text{В}$								
$I_h, \text{мА}$	$C =$	$R_h =$						
$U_{\text{дот}}, \text{В}$								

Таблиця 7.4 – Залежність величини струму і напруги дотику від величини ємності фаз

$C, \text{мкФ}$			0	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5
$I_h, \text{мА}$	$r =$	$R_h =$						
$U_{\text{дот}}, \text{В}$								
$I_h, \text{мА}$	$r =$	$R_h =$						
$U_{\text{дот}}, \text{В}$								

7.3.2 Мережа з глухозаземленою нейтраллю

Перевести перемикач на вертикальній панелі “ R_0 ” в положення «Вкл».

Виміряти за допомогою вольтметра напругу (показання вольтметра помножувати на десять) U_{ϕ} і U_L мережі. Результати вимірювань занести в таблицю 7.5.

Таблиця 7.5 – Значення лінійних та фазних напруг

$U_{A0}, \text{В}$	$U_{B0}, \text{В}$	$U_{C0}, \text{В}$	$U_{AB}, \text{В}$	$U_{AC}, \text{В}$	$U_{BC}, \text{В}$

Вімкнути тумблер “Замыкание”. При цьому на корпусі електродвигуна спалахує світлодіод.

Зняти залежність величини струму, що протікає через тіло людини $I_h = f(R_h)$ і напруги дотику $U_{\text{дот}} = f(R_h)$ при $C_A = C_B = C_C = C = \text{const}$, $R_A = R_B = R_C = r = \text{const}$. Результати вимірювань занести до таблиці 7.6. Значення C та r задаються довільно за допомогою тумблерів $C_A = C_B = C_C$ та $R_A = R_B = R_C$.

Таблиця 7.6 – Залежність величини струму і напруги дотику від опору тіла людини

$R_h, \text{кОм}$			1	2	4	5	10	∞
$I_h, \text{мА}$	C =	r =						
$U_{\text{дот}}, \text{В}$								
$I_h, \text{мА}$	C =	r =						
$U_{\text{дот}}, \text{В}$								

Вімкнути тумблер “Замыкание”.

Вімкнути стенд.

Побудувати за результатами таблиці 7.6 графіки залежності:

$I_h = f(R_h)$ і $U_{\text{дот}} = f(R_h)$ при $C_A = C_B = C_C = C = \text{const}$, $R_A = R_B = R_C = r = \text{const}$.

7.4 Висновки

Студент робить висновок на підставі отриманих результатів про ступінь небезпеки дотику людини до корпусу електроустановки за різних режимів нейтралі мережі.

7.5 Контрольні запитання

- 1) Дайте визначення мережі з ізолюваною нейтраллю.
- 2) Від яких параметрів мережі з ізолюваною нейтраллю залежать наслідки ураження людини електричним струмом?
- 3) Дайте визначення мережі з глухозаземленою нейтраллю.
- 4) Якими параметрами визначаються наслідки ураження людини електричним струмом в мережах з глухозаземленою нейтраллю?
- 5) Дайте порівняльну оцінку небезпеки мереж з ізолюваною і глухозаземленою нейтраллю при нормальному стані ізоляції та при її пошкодженні.
- 6) Призначення захисного заземлення.

Лабораторна робота № 8

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ

8.1 Мета: навчитись вимірювати опір ізоляції за допомогою мегаометру, здійснювати контроль стану ізоляції в трифазних мережах методом трьох вольтметрів.

8.2 Короткі теоретичні відомості

Згідно з ГОСТ 12.1.009-76 “ССБТ. Електробезопасность. Термины и определения” *робоча ізоляція* – це електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, яка забезпечує її нормальну роботу і захист від ураження струмом.

Стан ізоляції в значній мірі визначає ступінь безпеки електричних мереж. Опір ізоляції в мережах з ізольованою нейтраллю визначає величину струму замикання на землю, а тобто і струму, який протікає через тіло людини:

$$I_{л} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{л} + r_{із}} \quad (8.1)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі, В; $R_{л}$ – опір людини, Ом; $r_{із}$ – опір ізоляції проводів А, В і С відносно землі, Ом.

В мережах із заземленою нейтраллю струм замикання на землю і струм, що протікає через тіло людини, не залежить від величини опору ізоляції:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л}} \quad (8.2)$$

Проте за поганого стану ізоляції часто відбуваються її пошкодження, що призводить до глухих замикань на землю (корпус) і до коротких замикань. У разі замикання на корпус виникає загроза ураження людей струмом, тому що неструмовідні частини, з якими людина нормально має контакт, опиняються під напругою.

В процесі експлуатації електричних мереж і електроустановок ізоляція може пошкоджуватись (механічно, хімічно, під дією тепла і ін.), а також старіє, в результаті чого погіршуються її властивості (в основному активний опір). Для виявлення дефектів проводиться контроль ізоляції, який полягає у вимірюванні її активного опору.

Розрізняють приймально-здавальний, періодичний і постійний контроль ізоляції. Приймально-здавальний проводиться при введенні у експлуатацію тільки що змонтованих або тих, що вийшли з ремонту, електричних мереж і електроустановок. Періодичний контроль ізоляції полягає у вимірюванні її опору у діючій електричній мережі або електроустановках періодично, у строки, установлені ПБЕ (Правилами будови електроустановок), або у разі виявлення дефектів. Опір ізоляції кожної ділянки в мережі напругою до 1000 В, згідно ПБЕ, повинен бути не нижче 0,5 МОм на фазу. Для періодичного контролю використовують мегаомметри типу Ф4101 (Ф4102), розраховані на напругу 100, 500 і 1000 В і МС-06 – на напругу 2500 В.

Вимірювання згідно ПУЕ повинно проводитися на відключеній електроустановці або ділянці мережі. Вимірюють опір ізоляції кожної фази відносно землі і між фазами на кожній ділянці між двома послідовно встановленими запобіжниками, апаратами захисту і іншими пристроями або за останнім запобіжником.

Для того, щоб отримати уявлення про величину опору ізоляції всієї мережі, вимірювання необхідно проводити під робочою напругою з підключеними споживачами. Найпростішою схемою є схема трьох вольтметрів (рисунок 8.1), які включаються у зірку із заземленою нейтральною точкою.

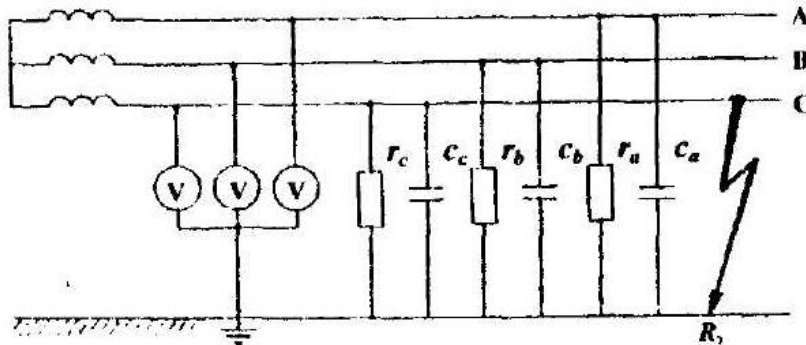


Рисунок 8.1 – Схема трьох вольтметрів

Кожний вольтметр показує напругу відносно землі тієї фази, до якої він підключений. Провідність справної ізоляції приблизно симетрична $V_A \approx V_B \approx V_C \approx V$, тому напруга зміщення нейтралі невелика, а напруги фаз відносно землі, які показують вольтметри, приблизно рівні фазним напругам джерела.

У випадку глухого замикання на землю однієї із фаз (наприклад фази C) напруга пошкодженої фази C (рис. 8.1) відносно землі визначиться з виразу

$$U_{C3} = 3U \frac{R_3}{Z} \rightarrow 0, \quad (8.3)$$

так як $|Z| \gg R_3$,

де U_{C3} – напруга фази C, яка замкнула; U – фазна напруга джерела; Z – повний опір ізоляції інших фаз; R_3 – опір замикання.

Напруга справних фаз більша фазної і наближається до лінійної:

$$U_A \approx U_B \approx \sqrt{3}U \quad (8.4)$$

У випадку справної ізоляції вольтметри показують напругу, приблизно рівну фазній, при глухому замиканні на землю один з них показує нуль, а два інших – лінійну напругу.

Така схема здійснює самоконтроль, так як несправний вольтметр показує нуль, а два інших – лінійну напругу.

За показаннями вольтметрів можна судити тільки про наявність або відсутність замикань на землю, а не про величину опору ізоляції. При симетричному зниженні опору майже до короткого замикання вольтметри будуть показувати напруги, рівні фазній.

8.3. Експериментальна частина

8.3.1 Дослідження стану ізоляції методом трьох вольтметрів

Стенд (рисунок 8.2) дозволяє імітувати трифазну трипровідну мережу з ізольованою нейтраллю і дослідити деякі методи контролю ізоляції мережі. Електрична ємність мережі відносно землі при дослідженні на макеті не враховується.



Рисунок 8.2 – Стенд для контролю ізоляції методом трьох вольтметрів

Перемикачами “Утечка” (“ Z_A ”, “ Z_B ”, “ Z_C ”) проводиться імітація витоку в різних фазах мережі і підключення вольтметрів до цих фаз.

Початковий стан лабораторного стенду:

- тумблер “Сеть” універсального блоку у нижньому положенні;
- кнопки “Сеть”, “Утечка”, “Утечка АВС” лабораторного стенда у віджатому положенні;
- перемикачі “ r_a ”, “ r_b ”, “ r_c ” в положенні “1”;
- перемикач “ r_{ABC} ” в положенні “0”.

Дослідити погіршення ізоляції однієї із фаз за варіантом, що заданий викладачем (таблиця 8.1) для чого виконати наступні дії:

- тумблер “Сеть” блока перевести у верхнє положення;
- натиснути кнопку “Сеть” лабораторного стенду;
- імітувати витік в ізоляції однієї із фаз натисканням відповідної кнопки „Утечка” і перемиканням відповідного перемикача опору ізоляції фаз Z послідовно в положення „1”, „2”, „3”, „4”, „5” (у відповідності з варіантом завдання). Показання вольтметрів занести в таблицю 8.2;
- відновити початкове положення лабораторного стенда.

Дослідити симетричне зниження опору ізоляції трьох фаз, для чого виконати наступні операції:

- тумблер “Сеть” універсального блока перевести у верхнє положення;
- натиснути кнопку “Сеть” лабораторного стенда;
- імітувати одночасний витік в ізоляції трьох фаз натиском кнопки “Утечка АВС” і послідовним перемиканням перемикача Z_{ABC} положення “1”, “2”, “3”, “4”, “5”. Показання вольтметра занести в таблицю 8.3.
- відновити початкове положення лабораторного стенда.

Таблиця 8.1 – Варіанти завдання

Номер варіанта завдання	Виток	Положення перемикачів		
		Z_A	Z_B	Z_C
1	ФА	1,3,5	1	1
2	ФА	1,2,5	1	1
3	ФА	2,3,5	1	1
4	ФА	2,4,5	1	1
5	ФВ	1	2,4,5	1
6	ФВ	1	2,3,5	1
7	ФВ	1	1,2,5	1
8	ФВ	1	1,3,5	1
9	ФС	1	1	1,3,5
10	ФС	1	1	2,3,5
11	ФС	1	1	1,2,5
12	ФС	1	1	2,4,5

Таблиця 8.2 – Показання вольтметрів при зміні опору ізоляції однієї із фаз

Номер варіанта	Положення перемикачів			Показання вольтметра, В		
	Z_A	Z_B	Z_C	V_A	V_B	V_C

Таблиця 8.3 – Показання вольтметрів при зміні опору ізоляції трьох фаз

Положення перемикача Z_{ABC}	Показання вольтметра, В		
	V_A	V_B	V_C
1			
2			
3			
4			
5			

8.3.2 Вимірювання опору ізоляції ділянки мережі мегаометром (рисунок 8.3)

Вихідне положення лабораторного стенду таке ж, що і в завданні 8.3.1.

Увага! Не приступайте до вимірювання, не переконавшись у відсутності напруги на тій ділянці мережі, що перевіряється!

Перевірити за допомогою вольтметра відсутність напруги на ділянці мережі, для чого підключити вольтметр по черзі до кожної фази відносно землі (гнізда „А”, „В”, „С”) і переконавшись у відсутності напруги на ділянці мережі.

Перемикачі " Z_a ", " Z_b ", " Z_c " поставити у положення відповідно до варіанту, заданого викладачем (таблиця 8.4).

Увага! При роботі з мегаометром не доторкайтесь до з'єднувальних проводів, струмоведучих елементів мегаомметра і до ділянки мережі, що вимірюється.



Рисунок 8.3 – Мегаометр Ф-4102/1

Виміряти мегаометром Ф-4102/1 опір ізоляції ділянки мережі: фаз відносно землі і між фазами, для чого виконати наступні операції:

- увімкнути мегаометр в мережу на 220 В;
- встановити перемикач робочих напруг на 500В;
- натиснути кнопку „ИЗМЕРЕНИЕ I”, встановити ручкою “УСТАНОВКА ∞” стрілку шкали на відмітку "∞". При виконанні цієї операції металічні контакти вимірювальних електродів мегаомметра „ r_x ” і “-” не повинні торкатися між собою;
- замкнути металічні контакти вимірювальних електродів мегаомметра „ r_x ” і “-” між собою, натиснути кнопку “ИЗМЕРЕНИЕ I”, встановити ручкою “УСТАНОВКА 0” стрілку шкали на відмітку "0";
- підключити електроди „ r_x ” і “-” до однієї з фаз та землі (гніздо ⊥) лабораторного стенду;
- для запобігання перевантаження мегомметра вимірювання починати спочатку з грубої шкали I, для цього натискають кнопку ”ИЗМЕРЕНИЕ I”, тим самим на дільницю подаємо високу напругу;
- уточнюємо вимірювання за точною шкалою II, для цього не відпускаючи палець із кнопки “ИЗМЕРЕНИЕ I” натискаємо другим пальцем кнопку

“ИЗМЕРЕНИЕ II”; робимо відрахування опору ізоляції фази по відношенню до землі, помножуючи одержаний результат на 5;

- після закінчення вимірювання відпустити обидві кнопки ”ИЗМЕРЕНИЕ”;
- аналогічно виконуємо вимірювання опору ізоляції інших фаз по відношенню до землі та опору ізоляції між фазами;

Увага! Після відпускання кнопки “ИЗМЕРЕНИЕ” напруга на контактах r_x і “–”, знижується до безпечної величини за 5... 10 с.

- результати вимірювань занести в таблицю 8.5;
- вимкнути мегаомметр;
- відновити початкове положення лабораторного стенда.

Таблиця 8.4 – Варіанти завдання

Номер варіанта	Положення перемикачів		
	Z_A	Z_B	Z_C
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	2	4	5
7	5	2	3
8	2	3	4
9	3	4	5
10	3	4	2
11	5	2	4
12	1	5	4

Таблиця 8.5 – Результати вимірювань

Номер варіанту	Положення перемикачів			Опір ізоляції, МОм					
				між фазами і землею			між фазами		
	Z_A	Z_B	Z_C	A	B	C	A-B	A-C	B-C

8.4 Висновок: студент робить висновок про відповідність результатів вимірювань опору ізоляції нормам, зазначає виявлені переваги та недоліки використаних методів контролю.

8.5 Контрольні запитання

- 1) Яке значення для електробезпеки має стан ізоляції мережі?
- 2) Які причини погіршення ізоляції?
- 3) Якими методами проводять проводиться контроль наявності замикань на землю?
- 4) Яким повинен бути мінімальний опір ізоляції?
- 5) Основні заходи безпеки при вимірюванні опору ізоляції мегаомтром.
- 6) Яким способом проводиться вимірювання опору ізоляції?

Лабораторна робота № 9

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛАХУ ГОРЮЧИХ РІДИН. ВИВЧЕННЯ ТИПІВ ПОЖЕЖНИХ ОПОВІСНИКИ ТА ВОГНЕГАСНИКІВ

9.1 Мета: визначити температуру спалаху горючої рідини, розглянути основні типи пожежних оповісники та вогнегасників, вивчити принцип їх дії.

9.2 Короткі теоретичні відомості

З метою оцінки пожежо- і вибухонебезпечності речовин, які, наприклад, зберігаються на складах, транспортуються тощо, необхідно знати показники їх пожежо- і вибухонебезпечності. Одним з таких найбільш важливих показників є температура спалаху.

Температура спалаху – найнижча температура горючої речовини, при якій в умовах спеціальних іспитів над її поверхнею утворюються пари або газу, здатні спалахувати від зовнішнього джерела запалювання.

При температурі спалаху ще не виникає стійке горіння речовини, тому що час спалаху недостатній для прогріву поверхневого шару речовини до необхідної температури і виділення такої кількості пари, яка може забезпечити стабільне горіння.

Згідно із ГОСТ 12.1.004-91 в залежності від температури спалаху рідини поділяють на горючі /ГР/ і легкозаймісті /ЛЗР/. ГР – це рідини, що мають температуру спалаху вище 61°C в закритому або вище 66 °C у відкритому тиглі. ЛЗР – це рідини, що мають температуру спалаху не вище 61°C в закритому або не вище 65°C у відкритому тиглі. До ЛЗР належать, наприклад, бензин, гас, ацетон, бензол, етиловий спирт і ін., до ГР – мінеральні і рослинні олії тощо.

Легкозаймісті рідини розділяють на три розряди:

I – дуже небезпечні ЛЗР: до них належать легкозаймісті рідини з температурою спалаху від -18°C і нижче в закритому тиглі та від -13°C і нижче у відкритому тиглі;

II – постійно небезпечні ЛЗР: до них належать легкозаймісті рідини з температурою спалаху від -18 до +23°C в закритому тиглі або від -13 до +27°C у відкритому тиглі;

III – ЛЗР небезпечні при підвищеній температурі повітря: до них належать легкозаймісті рідини з температурою спалаху від +23 до +61°C в закритому тиглі або від +27 до +66°C у відкритому тиглі.

Температура спалаху деяких речовин: діетиловий етер -41, бензол -12°C, толуол +6,5°, гас +28°C, бензин авіаційний -38°C.

Температура спалаху залежить від атмосферного тиску: зменшення тиску на I мм рт. ст. змінює температуру спалаху приблизно на 0,035-0,036°C.

Експериментально температуру спалаху визначають у закритому або у відкритому тиглі.

За температуру спалаху приймають приведену до тиску 760 мм рт. ст. температуру рідини, при якій спостерігається прояв першого швидко згасаючого полум'я над її поверхнею при піднесенні джерела запалювання.

Зв'язок між температурою спалаху при нормальному тиску T_{760} і температурою спалаху при іншому тиску T_p виражається емпіричною формулою:

$$T_{760} = T_p + 0,00012 (760 - P)(273 + T_p) \quad (9.1)$$

де P – атмосферний тиск у момент дослідження, мм рт. ст.

В силу відомих причин повністю виключити виникнення пожежі неможливо. Якщо пожежа виникла, то її розвиток є нерівномірним. Спочатку інтенсивність горіння невелика, але потім вона зростає і настає лавиноподібний процес. Тому, чим раніше виявлена пожежа, тим менше збитки від неї. Протипожежний захист будинків, споруд, людей, які в них перебувають зокрема досягається застосуванням установок автоматичної пожежної сигналізації (ДСТУ 3960–2000 “Системи тривожної сигналізації. Системи охоронної та охоронно-пожежної сигналізації. Терміни та визначення”; ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту).

Відповідно до ДСТУ 2273-93 “Пожежна техніка. Терміни та визначення” під “установкою пожежної сигналізації” розуміється сукупність технічних засобів, установлених на об'єкті, що захищається, для виявлення пожежі, оброблення, подавання в заданому вигляді повідомлення про пожежу на цьому об'єкті, спеціальної інформації та (чи) подавання команд на включення автоматичних установок пожежогасіння та технічних обладнань.

Запуск системам пожежної сигналізації може здійснюватись автоматично або вручну. Система пожежної сигналізації повинна швидко виявляти місця виникнення пожежі, надійно передавати сигнал на приймально-контрольний прилад і до пункту прийому сигналів про пожежу, перетворювати сигнал про пожежу у сприйнятливий для персоналу об'єкту, який захищають, форму, вмикати існуючі стаціонарні системи пожежогасіння, забезпечувати самоконтроль функціонування.

До складу будь-якої системи пожежної сигналізації входять пожежні оповісники (рисунк 9.1), приймальний прилад та автономне джерело електроживлення.

Пожежний оповісник – це пристрій для формування сигналу про пожежу. В залежності від способу формування сигналу ПО бувають ручні та автоматичні.

Ручний оповісники представляє собою технічний пристрій (кнопка, тумблер тощо), за допомогою якого особа, яка виявила пожежу, може подати повідомлення на приймальний прилад або пульт пожежної сигналізації. Ручні оповісники встановлюються всередині приміщень на відстані 50 м, а поза межами приміщень – на відстані 150 м один від одного.

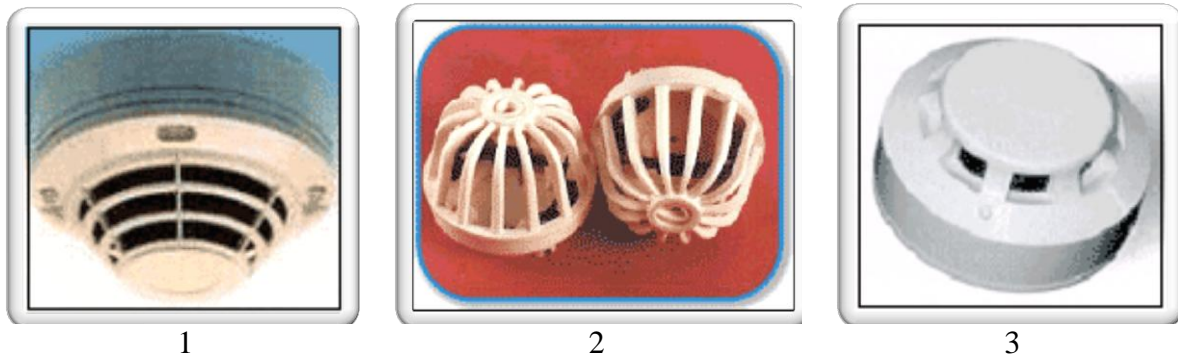
Автоматичний пожежний оповісник системи пожежної сигналізації встановлюється в зоні, яка охороняється, та автоматично подає сигнал тривоги на приймальний прилад (пульт) при виникненні одного або кількох ознак

пожежі: підвищенні температури, появи диму або полум'я, появи значних теплових випромінювань.

Оповісники за видом контролюваного параметра поділяються на: теплові; димові; полум'яневі (світлові); комбіновані.

За видом зони, автоматичні оповісники поділяються на точкові (найбільш чисельна група) та лінійні.

Точкові оповісники контролюють ситуацію в місці розташування оповісника і, таким чином, сигнали від них є адресними, з точним визначенням місця пожежі.



1 – тепловий максимально-диференційований оповісник; 2 – оповісники пожежні теплові магнітні; 3 – оповісник пожежний димовий оптико-електронний.

Рисунок 9.1 – Типи пожежних оповісників

Лінійні ПО реагують на виникнення фактора пожежі впродовж певної безперервної лінії, при цьому спрацювання будь-якого *ПО* у шлейфі не дає інформацію про конкретне місце пожежі.

За видом вихідного сигналу оповісники поділяються на дискретні та аналогові.

Дискретні ПО у більшості випадків можуть бути в одному з двох станів: у черговому режимі (нормальний режим) та в режимі “Тривога” (в деяких ПС є також стан “Несправність”, наприклад, в лінійних активних оповісниках). До такої групи належить більшість оповісників.

Аналоговий ПО – це перетворювач, вихідний сигнал якого є безперервною монотонною функцією параметра, що контролюється. Такі оповісники у відповідності з визначенням *ПО* не є функціонально завершеним вузлом і може працювати тільки зі станцією пожежної сигналізації, яка приймає вихідний сигнал аналогового *ПО* і, після порівняння його з певним, програмно встановленим пороговим значенням, приймає рішення про визначення або не визначення фактора, що контролюється, пожежонебезпечним.

За кількістю можливих спрацювань *ПО* поділяють на одноразові та багаторазові більшість *ПО*, що випускається, є багаторазовим.

Одноразові ПО в наш час застосовуються у виключних випадках, наприклад, як запобіжники, що вимикають подачу живлення на певну установку у разі виникнення пожежі.

ПО за способом реагування на параметри, що контролюються, поділяються на максимальні та диференційні.

Оповісники *максимального типу* формує сповіщення про пожежу у разі перевищення за певний період часу встановленого значення контрольованого параметра.

Пожежний оповісник *диференційного типу* формує оповіщення про пожежу у разі перевищення за певний період часу встановленого значення швидкості зміни контрольованого параметра.

Приймально-контрольні прилади пожежної та охоронно-пожежної сигналізації – це складова частина засобів пожежної та охоронно-пожежної сигналізації, то призначена для прийому інформації та пожежних (охоронних) оповісників, перетворення та оцінки цих сигналів, видачі повідомлень для безпосереднього сприймання людиною, подальшої передачі повідомлень на пульт централізованого спостереження (ПЦО), видані команд на включення оповісників і приладів керування системи пожежогасіння і димовидалення, забезпечення перемикання на резервні джерела живлення у разі відмови основного джерела. Вибір типу окремих елементів, розробка алгоритмів і функції системи пожежної) сигналізації виконується з урахуванням пожежної небезпеки та архітектурно-планувальних особливостей об'єкта.

Способи і засоби гасіння пожеж. Комплекс заходів, спрямованих на ліквідацію пожежі що виникла, називається *пожежогасінням*. Основою пожежогасіння є примусове припинення процесу горіння. На практиці використовують декілька способів припинення горіння:

- припинити доступ окисника (O_2 , F_2 , Cl_2) або його зниження до величин, при яких горіння неможливе;
- охолодження зони горіння нижче температури запалення;
- розведення горючих речовин негорючими (досягається введенням інертних газів та пари ззовні);
- інтенсивне гальмування швидкості хімічної реакції у полум'ї (вводяться галоїдно-похідні речовини, які припиняють екзотермічну реакцію, наприклад, бромистий етил, фреон та ін.);
- механічне відривання полум'я потужним струменем газу або води;
- створення вогнеперешкоди (створення умов, за яких полум'я не поширюється через вузькі канали, переріз яких менше критичного).

Реалізація способів припинення горіння досягається *використанням вогнегасних* речовин та технічних засобів. До вогнегасних належать речовини, що мають фізико-хімічні властивості, які дозволяють створювати умови для припинення горіння. Серед них найпоширенішими є вода, водяна пара, піна, газові вогнегасні суміші, порошки, пісок, пожежестійкі тканини, тощо. Кожному способу припинення горіння відповідає конкретний вид вогнегасних засобів. Наприклад, для охолодження використовують воду, водні розчини, снігоподібну вуглекислоту; для розбавлення горючого середовища – діоксид вуглецю, інертні гази, водяну пару; для ізоляції вогнища – піну, пісок; хімічне

гальмування горіння здійснюється за допомогою брометилу, хладону, спеціальних порошків.



Вода є найбільш розповсюдженим засобом припинення горіння. Вона має порівняно малу в'язкість, легко просочується в щілини та шпарини горючої речовини. При цьому вода поглинає велику кількість тепла завдяки випаровуванню (для випаровування 1 кг води витрачається 2258,5 кДж тепла) і утворює парову хмару, що в свою чергу перешкоджає доступу кисню до речовини, що горить. Крім того, перетворюючись на пару, вода збільшується в об'ємі приблизно у 1700 разів. Змішуючись із горючими газами, що виділяються при горінні, пара розводить їх, утворюючи суміш, не здатну до горіння. У вигляді потужних струменів, воду можна також застосовувати для механічного збиття полум'я. Завдяки високій технологічній стійкості води (розкладання на кисень та водень відбувається за температури 1700°C) її можна використовувати для гасіння більшості горючих матеріалів та рідин. Застосування розчинів змочувачів, які зменшують поверхневий натяг води, дає можливість зменшити її витрати на гасіння деяких матеріалів на 30 – 50%. Воду для гасіння використовують як у компактному так і у розпиленому стані. Компактні струмені води звичайно застосовують у випадках, коли неможливо близько підійти до осередку горіння, наприклад, при пожежі на великій висоті, на складах лісових матеріалів і та ін. Дальність, на яку б'є компактний струмінь, досягає 70 – 80 м. Для отримання компактного струменю використовують ручні та лафетні стволи. Значно більший вогнегасний ефект спостерігається при застосуванні води у дрібно розпиленому стані. У такому вигляді її можна використовувати навіть для гасіння легкозаймистих та

горючих рідин, оскільки туманоподібна хмара дрібно розпиленої води ізолює поверхні рідин від проникнення кисню.

І хоча вода у компактному стані є добрим електропровідником, то створює певну небезпеку під час гасіння пожеж електроустаткування під напругою, в дрібно розпиленому Стані вода може використовуватись для гасіння електроустановок, тому що в такому стані електричний опір води різко зростає.

Не рекомендується гасити водою цінні речі, обладнання, книги, документи та інші предмети, що приходить під виливом води до непридатного стану.

Інколи для гасіння вогню застосовують пару. Сутність гасіння пожежі полягає у зменшенні вмісту кисню у повітрі. Концентрація пари у повітрі 30 – 35 % за об'ємом призводить до припинення горіння. Крім того, пара частково охолоджує предмети, що погано вентилуються.

Піна – це колоїдна дисперсна система, яка складається із дрібних бульбашок, заповнених газом. Стійкі бульбашок утворюються із розчинів поверхнево-активних речовин і стабілізаторів, склад яких обумовлює стійкість піни.

За способом створення і складом газової фази піни поділяють на хімічні та повітряно-механічні.

Хімічна піну отримують в результаті взаємодії кислотного та лужного розчинів у ручних вогнегасниках або хімічних піногенераторах. *Повітряно-механічна піна* утворюється за допомогою спеціальних піногенераторів із водних розчинів піноутворювачів.

Піна має досить низьку теплопровідність. Вона здатна перешкоджати випаровуванню горючих речовин, а також проникненню парів, газів, теплового випромінювання. Оскільки основою піни є вода, вона також має охолоджувальні властивості. Важливими характеристиками піни є її *стійкість* і *кратність* – відношення об'єму піни до об'єму піноутворюючої рідини. Низьократними пінами вогонь гасять, головним чином, на поверхнях. Для гасіння рідин застосовують піни середньої кратності (до 100). Для об'ємного гасіння, витіснення диму, ізоляції технологічних установок від впливу теплових потоків використовують висоократну піну (100-150 та більше).

Вуглекислий газ (CO_2) – безбарвний, не горить, в результаті стискання під тиском 3,5 МПа (35 кг/см^2) перетворюється на рідну, що називається вуглекислою; яка зберігається і транспортується у сталевих балонах під тиском. За нормальних умов вуглекислота випаровується, при цьому із 1 кг кислоти отримують 509 л газу.

Для гасіння пожеж вуглекислоту застосовують у двох станах: у газоподібному та у вигляді снігу. Сніжинки вуглекислоти мають температуру -79°C. При надходженні у зону горіння вуглекислота випаровується, сильно охолоджує зону горіння та предмет, що горить, і зменшує процентний вміст кисню. В результаті цього горіння припиняється.

Вуглекислота не є електропровідною. Застосовують її для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, а також для гасіння цінних речей.

Інертні гази (азот, аргон, гелій) та димові гази мають здатність зменшувати концентрацію кисню в осередку горіння. Вогнегасна концентрація цих газів при гасінні пожеж у закритих приміщеннях складає 30 – 36% за об'ємом.

Галогенопохідні вуглеводнів (хладон, чотирихлористий вуглець, бромистий етил та ін.) є високоефективними вогнегасними засобами. Їх вогнегасна та заснована на гальмуванні хімічних реакцій горіння. Галогенопохідні вуглеводнів застосовують для гасіння твердих та рідких горючих матеріалів, найчастіше при пожежах у замкнених об'ємах. Вогнегасна концентрація цих речовин значно нижча за вогнегасну концентрацію інертних газів, наприклад, для бромистого етилу вона складає 4,5 %, чотирихлористого вуглецю 10,5 % за об'ємом. У той же час слід зазначити, що більшість цих речовин є вкрай шкідливими, тому можуть застосовуватися за умови відсутності людей у приміщенні. Відносно помірну токсичність має хладон 114 В2, який забезпечує гасіння при концентраціях всього біля 2 %. Але за вимогами безпеки евакуація людей повинна бути завершена до його використання. Особи, що беруть участь у ліквідації пожежі, можуть заходити у приміщення, де використовують будь-які галогенопохідні вуглеводнів, тільки у спеціальних засобах захисту органів дихання.

Вогнегасні порошки використовують для ліквідації горіння твердих, рідких та газоподібних речовин. Вогнегасний ефект застосування порошків полягає у хімічному гальмуванні реакції горіння, утворення на поверхні речовини, що горить, ізолювальної плівки, утворення хмари порошку, яка має властивості екрану, механічного збивання полум'я твердими частинками порошку та виштовхування кисню із зони горіння за рахунок видалення CO₂. Найчастіше порошки застосовують під час горіння легкозаймистих і горючих рідин, електроустаткування, вуглецевих тліючих матеріалів, лужних та лужноземельних металів та інших речовин (калію, магнію, натрію), які не можна гасити водою та водними розчинами.

Стиснуте повітря використовують для гасіння горючих рідин з метою перемішування рідини, що горить. Стиснуте повітря, яке подається знизу, переміщує нижні, більш холодні шари рідини наверх, зменшуючи температуру верхнього шару. Коли температура верхнього шару стає меншою за температуру займання, горіння припиняється. Стиснуте повітря використовують при гасінні пожеж у резервуарах нафтопродуктів великої місткості.

Гасіння невеликих осередків пожежі може здійснюватись *піском, покривалом* з повстини, азбесту, брезенту та інших матеріалів. Метод полягає в ізолюванні зони горіння від повітря і механічному збиванні полум'я.

Вибір вогнегасної речовини залежить від характеру пожежі, властивостей і агрегатного стану речовин, що горять, параметрів пожежі (площі, інтенсивності, температури горіння тощо), виду пожежі (у закритому або відкритому повітрі), вогнегасної здатності щодо гасіння конкретних речовин та матеріалів, ефективності способу гасіння пожежі.

Оскільки вода є основною вогнегасною речовиною, необхідно приділити особливу увагу створенню та дієздатності надійних систем водопостачання.

Відповідно до протипожежних норм кожне промислове підприємство обладнують пожежним водопроводом. Він може бути об'єднаним господарсько-питним або водопроводом, який використовують у виробничому процесі. Воду також можна подавати до місця пожежі з водоймищ річок або підвозити в автоцистернах. Нормами допускається обладнання окремого пожежного водопроводу високого або низького тиску. Під час гасіння пожеж напір води в водопроводах високого тиску створюється спеціальними стаціонарними пожежними насосами. Їх обладнують пусковими пристроями, які включають систему в роботу при одержанні сигналу про виникнення пожежі.

Водопровід високого тиску має забезпечити подачу компактного струменя води на висоту 10 м, коли пожежний ствол розміщено на висоті самого високого об'єкта, при максимальному споживанні води з внутрішніх пожежних кранів.

У *водопроводах низького тиску* напір води створюється за допомогою пересувних пожежних насосів (мотопомпи, автонасоси), які подають воду від гідрантів до місця пожежі. Напір в мережі пожежного водопроводу низького тиску повинен забезпечити висоту струменя не менше 10 м відносно землі.

Основними елементами устаткування водяного пожежогасіння на об'єктах є пожежні гідранти, пожежні крани, пожежні рукави, насоси та інше.

Пожежні гідранти використовують для відбору води з зовнішнього водопроводу. Біля місця їх розташування повинні бути встановлені покажчики з нанесеними на них: літерним індексом "ПГ", цифровими значеннями відстані в метрах від покажчика до гідранта, внутрішнього діаметра трубопроводу в міліметрах, зазначенням виду водопровідної мережі (тупикова чи кільцева).

Пожежний кран представляє собою комплект пристроїв, який складається із клапана (вентиля), що встановлюється на пожежному трубопроводі і обладнаного пожежною з'єднувальною головкою, а також пожежного рукава з ручним стволом. Пожежні крани повинні розміщуватись у вбудованих або навісних шафах, які мають отвори для провітрювання і пристосовані для опломбування та візуального огляду їх без розкривання.

Пожежні рукави необхідно утримувати сухими, складеними в "гармошку" або скатку, приєднаними до кранів та стволів. Не рідше одного разу на 6 місяців їх треба розгортати та згортати заново. На дверцятах пожежних шаф повинні бути вказані після літерного індексу "ПШ" порядковий номер крана та номер телефону для виклику пожежної охорони.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння («Типові норми належності вогнегасників» (від 15.01.2018)). До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна або повсті, ящики з піском, бочки з

водою, пожежні відра, совкові лопати), пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Їх застосовують для ліквідації невеликих загорянь до приведення в дію стаціонарних та пересувних засобів гасіння пожежі або до прибуття пожежної команди.

Кожне приміщення, відділення, цех, транспортні засоби повинні бути забезпечені такими засобами у відповідності з нормами.

Як правило, первинні засоби пожежогасіння розміщуються на пожежних щитах або стендах, які встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м².

Згідно з Правилами експлуатації та типовими нормами належності вогнегасників, затвердженими наказом МВС України від 15.01.2018 № 25:

вогнегасник – технічний засіб, призначений для припинення горіння подаванням вогнегасної речовини, що міститься в його корпусі, під дією надлишкового тиску, за масою і конструктивним виконанням придатний для транспортування і застосування людиною.

Переносний вогнегасник – вогнегасник, за масою і конструктивним виконанням придатний для перенесення та застосування однією людиною.

Маса спорядженого переносного вогнегасника не перевищує 20 кг.

Вогнегасники класифікують за видом речовини, що використовується для гасіння пожежі, способом подачі вогнегасного складу та інших чинниками. Зокрема, за видом вогнегасної речовини розрізняють:

ВВ – вогнегасник водяний – вогнегасник із зарядом водної вогнегасної речовини;

ВВП – вогнегасник водопінний – вогнегасник із зарядом водопінної вогнегасної речовини;

ВВПА – пристрій вогнегасний водопінний аерозольний;

ВГ – вогнегасник газовий, у тому числі вуглекислотний (ВВК – вогнегасник із зарядом діоксиду вуглецю);

ВП – вогнегасник порошковий – вогнегасник із зарядом вогнегасного порошку.

Вогнегасники маркують буквами, що характеризують вид вогнегасника, і цифрами, що позначають його місткість. Цифра після позначення типу вогнегасника означає масу вогнегасної речовини в кілограмах (для ВВПА – в грамах), яка міститься в його корпусі.

Критеріями вибору типу і необхідної кількості вогнегасників для захисту об'єкта є:

1) категорія виробничого та складського приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою;

2) клас можливої пожежі;

3) придатність вогнегасника для гасіння пожежі певного класу та відповідність умовам його експлуатації;

4) вогнегасна здатність вогнегасника конкретного типу за ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи

випробувань», ДСТУ 3734 (ГОСТ 30612-99) «Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги»;

5) гранична захищена площа

Класи пожеж визначено в ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж» (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)

В Україні визначено чотири класи пожеж та їх символи:

клас А — горіння твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);

клас В — горіння рідин або твердих речовин, які розплавляються;

клас С — горіння газоподібних речовин;

клас D — горіння металів та їх сплавів.

Крім цих чотирьох класів Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими наказом МВС України від 30.12.2014 р. № 1417, введено ще додатковий п'ятий клас (Е), прийнятий для позначення пожеж, пов'язаних із загоранням електроустановок.

Категорія будинків, приміщень та зовнішніх установок виробничого і складського призначення за вибухопожежною або пожежною небезпекою визначається відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

Якщо на об'єкті можливі осередки пожеж різних класів, слід обирати вогнегасники окремо для кожного класу пожежі або віддавати перевагу більш універсальному вогнегаснику. При виборі таких вогнегасників їх кількість має дорівнювати більшому значенню, що отримане для кожного класу пожежі окремо.

Пінні вогнегасники застосовують у випадку пожеж класів А і В, для гасіння твердих та рідких горючих матеріалів, за виключенням речовин, які горять без доступу повітря або здатні горіти та вибухати при взаємодії з піною та електрообладнання, що знаходиться під напругою (рисунок 9.2).

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж на початковій стадії застосовуються первинні засоби пожежогасіння, до яких належать і аерозольні вогнегасники.

Будова аерозольного вогнегасника Аерозольний водопінний вогнегасник — водопінний вогнегасник одноразового використання, з якого вогнегасна речовина подається в розпиленому вигляді. Він складається з корпусу для зберігання вогнегасної речовини або компонентів для її отримання, пристрою підготовки вогнегасної речовини до подавання її в осередок пожежі, пристроїв, що запобігають зростанню тиску вище допустимого й захищають від випадкового спрацювання. Зазвичай, як заряд в аерозольних вогнегасниках використовується 6%-ий розчин піноутворювача. Аерозольні вогнегасники застосовуються для гасіння пожеж класів А, В та Е з діапазоном температур експлуатації від мінус 10 °С до плюс 50 °С у разі дотримання умов їх зберігання безпосередньо до моменту використання.

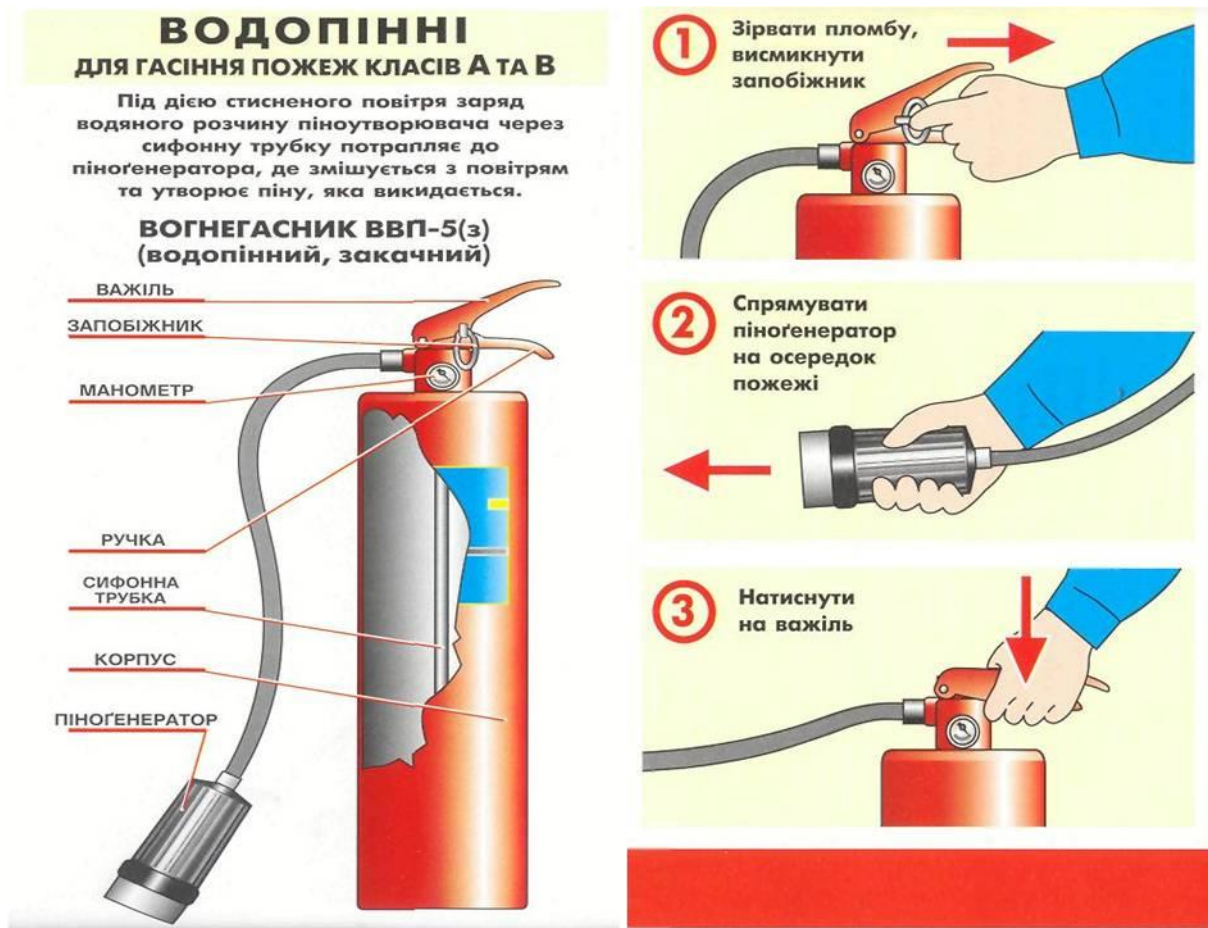


Рисунок 9.2 – Будова та спосіб приведення в дію водопінного вогнегасника

На даний час більш досконалішими і такими, що відповідають тенденціям у розвитку засобів пожежогасіння, є *порошкові* вогнегасники (рисунок 9.3). Вони можуть застосовуватись у випадку пожеж класів А, В, С, D і Е для гасіння загорань твердих речовин, рідин, газів та електрообладнання під напругою до 1000 В. Порошкові вогнегасники випускаються двох типів: з пусковим балоном і закачні.

У *вогнегасниках з пусковим балоном* (ВП-2, ВП-5Б, ВП-5М, ВП-9, ВП-50) корпус, в якому знаходиться пусковий балон з газом чи повітрям під тиском, заповнюється вогнегасним порошком.

У випадку приведення вогнегасника в дію відкривається пусковий балон і порошок витискується з корпусу вогнегасника через сифонну трубку. Враховуючи останнє, у разі використання цих вогнегасників їх необхідно тримати у вертикальному положенні горловиною догори.

У *закачних вогнегасників* (ВП-2(з), ВП-5(з)М, ВП-9(з), ВП-0(з)) відсутній пусковий балон, а тиск повітря чи газу підтримується безпосередньо у корпусі вогнегасника. Це дає можливість контролювати наявність тиску у вогнегаснику а також підтримувати його потрібні параметри.



Рисунок 9.3 – Будова та спосіб приведення в дію порошкового вогнегасника

Вуглекислотні вогнегасники випускають трьох типів: ВВК-2, ВВК-5 та ВВК-8. Їх застосовують у випадку пожеж класів А, В і Е для гасіння твердих та рідких речовин окрім тих, що можуть горіти без доступу повітря), а також електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В за умови обмеження наближення до струмопровідних частин на відстань не ближче 1 м (рисунок 9.4).

Вуглекислота у вогнегаснику знаходиться у рідкому стані під тиском 6 – 7 МПа. У випадку відкритті вентилу балона вогнегасника, за рахунок швидкого адіабатичного розширення, вуглекислий газ миттєво перетворюється у снігоподібну масу, у вигляді якої він і викидається з дифузора вогнегасника. Час дії вогнегасників цього типу 25 – 40 с, довжина струменя 1,5 – 3 м.

Вуглекислотно-брометилові вогнегасники ВВБ-3 та ВВБ-7 за зовнішнім виглядом та побудовою мало відрізняються від вуглекислотних. Їх заряджають сумішшю, що складається із 97 % бромистого етилу та 3 % вуглекислого газу. Завдяки високій змочувальній здатності бромистого етилу продуктивність цих вогнегасників у 4 рази вища за продуктивність вуглекислотних. У зв'язку з високою токсичністю бромистого етилу вказані вогнегасники мають обмежене використання і застосовуються в основному у випадку пожеж класів В, С, Е. В

даному випадку використання спеціальних засобів захисту органів дихання особами, що беруть участь у гасінні пожежі, є обов'язковим.

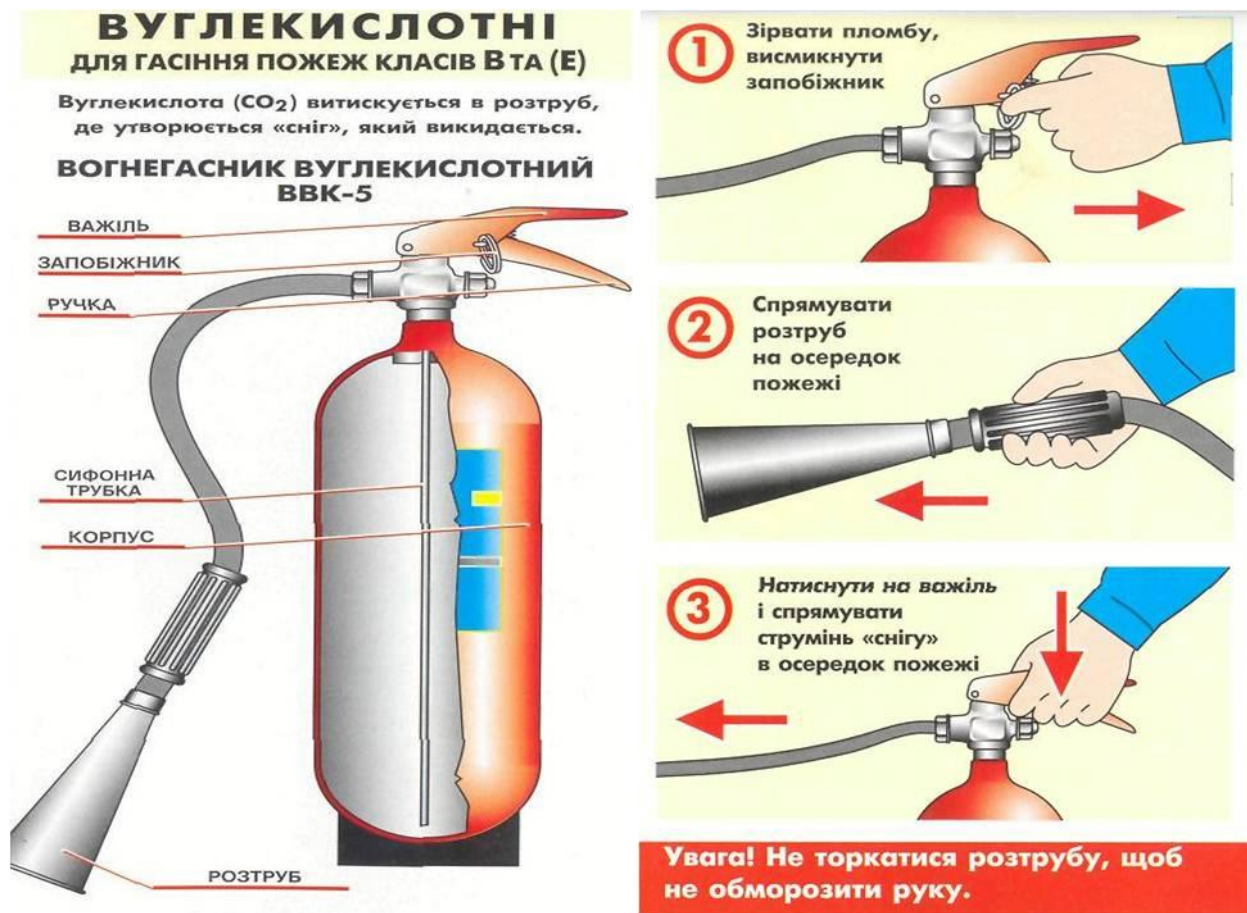


Рисунок 9.4 – Будова та спосіб приведення в дію вуглекислотного вогнегасника

Для гасіння великих загорянь у приміщеннях категорії А, Б, В застосовують *стаціонарні установки* водяного, газового, хімічного та повітряно-пінного гасіння.

До розповсюджених стаціонарних засобів гасіння пожежі відносять *спринклерні* та *дренчерні* установки. Вони представляють собою розгалужену мережу трубопроводів зі спринклерними або дренчерними головками і розташовуються під стелею приміщення, яке потрібно захистити, або в інших місцях – залежно від типу і властивостей вогнегасних речовин.

У *водяних спринклерних установках* водорозпилюючі головки одночасно є датчиками. Вони спрацьовують у разі підвищення температури у зоні дії спринклерної головки. Сплав, який з'єднує пластини замка, то закриває вихід води, плавиться, замок розпадається і розпилена завдяки спеціальній розетці вода починає падати на джерело займання. Кількість спринклерних головок визначають з розрахунку 12 м² підлоги на одну головку.

Дренчерна головка за зовнішнім виглядом мало відрізняється від спринклерної. Але вона відкрита – не має легкоплавкого замка. Вмикання дренчерної установки у випадку пожежі у приміщенні, що потребує захисту,

здійснюється або за допомогою пускового вентиля, який відкривається вручну, або за допомогою спеціального клапана, обладнаного легкоплавким замком.

В обох випадках вода надходить до всіх дренчерів і в розпиленому стані одночасно починає зрошувати всю площу, над якою розташовані дренчерні головки. Таким чином можуть створюватися водяні завіси або здійснюватися гасіння пожеж на великій площі. Замки спринклерних головок та контрольні клапани дренчерних установок розраховані на температуру розкривання 72, 93, 141 та 182°C у залежності від можливої температури під час пожежі у приміщенні, що потребує захисту.

Спринклерні та дренчерні установки безперервно вдосконалюються. На даний час застосовують дренчерні установки для гасіння пожеж повітряно-механічною піною, у яких звичайні дренчери замінені пінними, а керування автоматизоване. Кран автоматичного пуску зв'язаний із температурним датчиком, що знаходиться безпосередньо у приміщенні. Є також автоматичні вуглекислотні установки гасіння пожежі.



САМ-3

САМ-6

САМ-9

Рисунок 9.5 – Загальний вигляд автоматичних модульних систем

Одним з варіантів стаціонарних установок пожежегасіння є *системи автоматичні модульні САМ-3.САМ-6, САМ-9* (рисунок 9.5), у яких використовуються вогнегасні порошки. У цих системах принцип дії закачних порошкових вогнегасників суміщено з принципом дії теплового замка. За досягнення певної температури, що є свідченням виникнення у приміщенні пожежі, спрацьовує тепловий замок і автоматично починається розпилення порошку. Це забезпечує ефективне застосування таких САМ для протипожежного захисту об'єктів без участі людини. Застосовуються САМ для гасіння пожеж класів А, В, С, а також Е.

Таблиця 9.1 – Класифікація пожеж

Клас пожежі	Характеристика горючих речовин та матеріалів або об'єкта, що горить
А	Тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір).
В	Горючі рідини або тверді речовини, які розтоплюються при нагріванні (нафтопродукти, спирти, каучук, стеарин, деякі синтетичні матеріали).
С	Горючі гази.
Д	Метали та їх сплави (алюміній, магній, лужні метали).
Е	Устаткування під напругою.

9.3. Експериментальна частина

9.3.1 Визначення температури спалаху речовини у відкритому тиглі
Отримати у викладача необхідну речовину. Приєднати електроплитку установки для визначення температури спалаху у відкритому тиглі (рисунок 9.2) до мережі. Починаючи з температури 30° підносити до поверхні рідини в тиглі через кожні 2° палаючу тріску доки не зафіксується короточасний спалах або звук від спалаху. За отриманим значенням $T_{сп}$ визначають до горючих чи легкозаймистих відноситься досліджена речовина, якщо до легкозаймистих, то визначають клас.

9.3.2. Вивчення видів автоматичних пожежних оповісників

Користуючись лабораторним стендом “Пожежна автоматика”, розглянути основні види пожежних оповісників та заповнити таблицю 9.2.

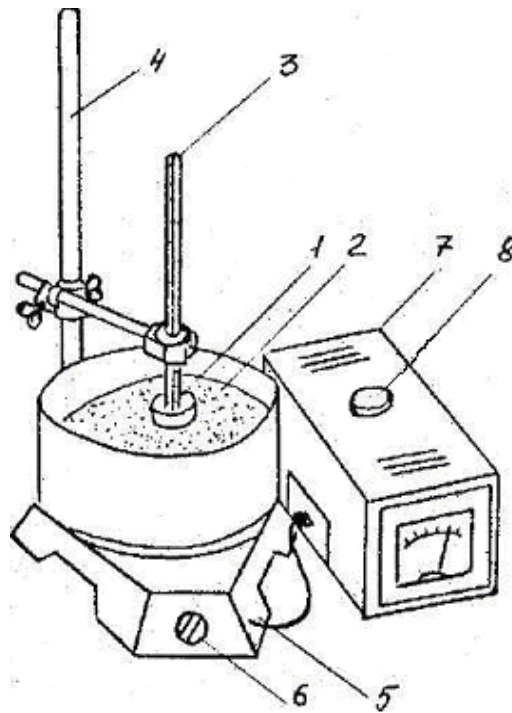
Таблиця 9.2 – Характеристика пожежних оповісників

Тип та марка оповісника	Площа захисту	Принцип спрацьовування	Інерційність, с	Перелік приміщень де застосовується

9.3.3 Вивчення основних типів вогнегасників та порядку роботи з ними.
Розглянути основні типи вогнегасників та занести дані до таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 – Характеристика вогнегасників

Тип вогнегасника	Марка вогнегасника	Область застосування	Не застосовується для пожеж класу	Порядок приведення до дії



1 – тигель з рідиною, яку досліджують; 2 – піщана баня; 3 – термометр; 4 – штатив; 5 – електроплитка; 6 – перемикач потужності електроплитки; 7 – трансформатор; 8 – ручка регулятора напруги.

Рисунок 9.2 – Установа для визначення температури спалаху у відкритому тиглі

9.4 Висновок: Студент робить висновок чи є досліджена речовина легкозаймистою чи горючою і чому; зазначає, які основні типи автоматичних пожежних сповіщувачів застосовуються для попередження про виникнення пожежі, які типи вогнегасників використовують для гасіння пожеж.

9.5 Контрольні запитання

- 1) Дайте визначення температурі спалаху. Класифікація рідин за температурою спалаху.
- 2) Як на основі розрахунків та експериментально визначають температуру спалаху?
- 3) З якою метою застосовуються та як класифікуються пожежні сповіщувачі?
- 4) Принцип дії пожежних сповіщувачів.
- 5) Основні типи вогнегасників та їх область застосування.
- 6) Класи пожеж.

Рекомендована література

1. Ткачук К.Н. Охорона праці: навчальний посібник 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, 2011. – 368 с.
2. **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
3. **Правила улаштування електроустановок.** / Електронний доступ
<https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/%D0%9F%D0%A3%D0%95.pdf>
4. **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>
5. ДСН 3.3.6.037-99: Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Електронний доступ:
<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99>
6. **Правила** технічної експлуатації електроустановок споживачів/ Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06>
7. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захист. Електронний доступ:
https://dbn.co.ua/dbn/_DBN_V.2.5-56_2014_sistemi_protipogegnoho_zahistu.pdf
8. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників (від 15.01.2018 № 25) Електронний доступ:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18>
9. ДСТУ 3675-98 “Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань”
10. ДСТУ 3734-98 “Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги”.
11. ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж»
12. Правила пожежної безпеки в Україні (від 30.12.2014 р. № 1417). Електронний доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15>
13. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»
14. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»