

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Є.А.Бондаренко, В.А.Дрончак, Р.Я.Дупляк,
О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко

ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Рекомендовано Вченою радою Вінницького національного технічного університету як лабораторний практикум для студентів електротехнічних спеціальностей. Протокол № 5 від 28 грудня 2006 р.

Вінниця ВНТУ 2007

УДК 658.382.3
К 55

Рецензенти:

В. Р. Сердюк, доктор технічних наук, професор

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

М.І. Довбиш, начальник інспекції Держенергонагляду у Вінницькій області

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Бондаренко Є.А., Дрончак В.А., Дупляк Р.Я.,

Кобилянський О.В., Терещенко О.П.

К55 Основи охорони праці: Лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 68 с.

У лабораторному практикуму розглядаються питання з дисципліни «Основи охорони праці». Розглянуто чотири лабораторних роботи з курсу за розділами «Основи фізіології, гігієни праці та виробничої санітарії» і «Основи техніки безпеки».

Для кожної роботи наводяться необхідні теоретичні відомості, опис приладів та обладнання, які використовуються при дослідженні, задачі досліджень, а також методика проведення робіт. В додатках наведені нормативні вимоги для дослідження.

УДК 658.382.3

© Є.А.Бондаренко, В.А.Дрончак, Р.Я.Дупляк,
О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко, 2007

Зміст

Вступ.	4
Основні вимоги до виконання лабораторних робіт.	5
1 Дослідження та оцінка метеорологічних умов на робочих місцях. Лабораторна робота №1	6
2 Дослідження ефективності освітлення у виробничих приміщеннях. Лабораторна робота №2.....	24
3 Дослідження виробничого шуму. Лабораторна робота №5.....	41
4 Дослідження напруги дотику та кроку. Лабораторна робота №7 ...	56

Вступ

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Практично безпечних та зовсім нешкідливих умов праці на виробництві не існує і тому головною метою охорони праці є зведення до мінімуму імовірності травматизму та захворювань з одночасним забезпеченням потрібних (нормативних) умов праці.

Виробнича санітарія – це система організаційних заходів і технічних засобів, яка запобігає або зменшує дію на працюючих шкідливих виробничих факторів. Виробнича санітарія є інженерною наукою, яка розробляє заходи захисту робітників від дії шкідливих виробничих факторів.

Виконавши лабораторну роботу, студент повинен вміти порівняти експериментальні заміри параметрів умов праці з нормативними і зробити висновок про можливість або неможливість праці в таких умовах, а також намітити заходи та засоби щодо доведення їх до нормативних параметрів.

В лабораторному практикумі розглянуті лабораторні роботи, які виконуються більшістю студентів ВНТУ в окремому приміщенні.

Основні вимоги до виконання лабораторних робіт

Звіт до кожної лабораторної роботи може бути оформлений окремо на стандартних аркушах формату А4, де перша сторінка повинна бути титульною і мати такий вигляд:

<p>Міністерство освіти і науки України Вінницький національний технічний університет</p> <p>Кафедра МБОПБЖ</p> <p>ЗВІТ до лабораторної роботи № з курсу “Основи охорони праці” <i>Назва лабораторної роботи</i></p> <p>Виконав: ст. гр. 2ТМ-97 ФМТ Бойко М.П. Дата: _____ Прийняв: _____</p> <p>Вінниця 2007</p>

На наступному аркуші вказується мета роботи і наводяться необхідні теоретичні відомості, формули і таблиці.

Звіти до лабораторних робіт можуть бути оформлені в одному зошиті, де перша сторінка повинна бути титульною, на якій пишуть:

<p>ЗВІТИ</p> <p>до лабораторних робіт з курсу “Основи охорони праці”</p> <p>Виконав Бойко М. П. гр. 2ТМ-97 ФМТ</p>

Звіт до кожної лабораторної роботи починається з нового аркуша, де вказується номер роботи, її назва, мета роботи, необхідні теоретичні відомості, формули і таблиці. В кінці ставиться дата виконання лабораторної роботи.

Після захисту студентом лабораторної роботи викладач повинен її підписати.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Мета роботи: Засвоєння методики дослідження параметрів мікроклімату, надбання навиків праці з приладами, вивчення основних принципів нормування метеоумов та оцінка мікроклімату на робочих місцях.

Для виконання вказаної мети студенту при підготовці до лабораторної роботи потрібно:

1. Вивчити теоретичні відомості за допомогою методичних вказівок та спеціальної літератури наведеної на сторінці 16.
2. Вивчити та набути навиків застосування та безпечної експлуатації приладів і пристроїв.
3. Вивчити порядок проведення експерименту.
4. Дати відповіді на всі контрольні запитання.
5. Провести необхідні експерименти. При проведенні лабораторних експериментів потрібно виконувати ті варіанти вимірювань параметрів мікроклімату, які запропоновані викладачем.
6. Оформити звіт, зробивши висновки про відповідність або невідповідність вимірюваних параметрів мікроклімату нормативним.

1.1 ПІДГОТОВКА ЗВІТУ

Звіт повинен бути зроблений в зошиті або на аркушах А4 та вміщувати:

1. Назву лабораторної роботи.
2. Мету роботи.
3. Короткі теоретичні відомості 1...1,5 стор.
4. Протокол експериментів дод.1, табл.1 та 2 з результатами досліджень.
5. Висновки з кожного виміру про стан мікроклімату.

1.2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.2.1 Основні поняття

Метеорологічні умови (мікроклімат) виробничих приміщень [3;5] можна оцінювати за сукупністю таких факторів, як температура (t , °C), відносна вологість (ϕ , %), швидкість руху повітря (V , м/с) та величина інтенсивності теплового опромінення (E , Вт/м²).

Крім цих параметрів іноді виникає потреба враховувати атмосферний тиск (роботи під водою тощо), який впливає на парціальний тиск основних компонентів повітря [1,2].

Мікроклімат на підприємствах вимірюють у виробничих приміщеннях, де знаходяться працівники, на постійних і непостійних робочих місцях.

Постійне робоче місце те, де працівник знаходиться більш 50% робочого часу або більше 2 годин безперервно.

Непостійне робоче місце те, де працівник знаходиться менше 50% робочого часу або менше 2 годин безперервно.

Робоча зона - це простір, обмежений за висотою 2 м над рівнем підлоги або площадки (на висоті), на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування людей.

Параметри мікроклімату змінюються в певних межах і залежать від теплофізичних особливостей технологічного процесу, клімату, пори року, умов опалення та вентиляції. У виробничих цехах: механічних, інструментальних, деревообробних, складання радіодеталей, електротехнічних, електричних розподільних підстанціях; величиною теплового опромінення працюючих можна знехтувати. В ливарних, термічних, ковальських цехах, дільницях паяння радіоелементів, пропарювання форм із залізобетонними конструкціями та ін. потрібно проводити вимірювання теплового опромінення, яке отримують робітники.

Організм людини – це система, що саморегулюється, фізіологічний механізм якої з метою підтримання постійної температури тіла направлений на забезпечення відповідної кількості утворюваного тепла (теплопродукція) та кількості тепла, відданого в зовнішнє середовище (тепловіддача). Якщо в будь-який період ці процеси розбалансовані, то в організмі людини відбувається накопичення (перегрів організму) або зменшення (переохолодження організму) тепла.

Здатність організму людини регулювати теплообмін з навколишнім середовищем та зберігати температуру тіла на постійному рівні ($36,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$) незалежно від зовнішніх умов та важкості виконуваної роботи називається терморегуляцією.

Для нормального протікання фізіологічних процесів в організмі людини навколишнє середовище повинно мати здатність поглинати тепло, яке виробляє організм Q_l та тепло, яке надійшло в організм від зовнішніх джерел Q_{zd} , в основному за рахунок інфрачервоного випромінювання [1;2].

Тепло із організму людини може відводитись в навколишнє середовище за рахунок:

- конвекції повітря навколо відкритих частин тіла Q_k ;
- теплопровідності крізь одяг Q_m ;
- випромінювання (в основному інфрачервоне) Q_{ν} ;
- випаровування поту Q_n ;
- видихання повітря Q_{en} .

Не спостерігається перенапруга систем терморегуляції, якщо підтримується баланс тепла, що надійшло ззовні та вироблене в організмі

$(Q_{зод}+Q_l)$ з теплом, яке відводиться в навколишнє середовище ($Q_{від}=Q_k+Q_m+Q_в+Q_n+Q_{вн}$).

$$Q_{зод}+Q_l=Q_k+Q_m+Q_в+Q_n+Q_{вн} \quad (1.1)$$

Основний фактор, який сприяє терморегуляції, є здатність організму збільшувати або зменшувати приплив крові до периферійних кровоносних судин. Перегрів організму змушує судини розширюватися і тоді тепло відводиться більш інтенсивно. Охолодження організму - судини звужуються, що призводить до зменшення притоку крові. Збільшення теплоутворювання може здійснюватись за рахунок підвищення м'язового тонусу та тремтіння.

У випадку, коли навколишнє середовище повністю сприймає тепло, яке виробляє організм людини, забезпечує добре самопочуття працюючого та оптимальні мікрокліматичні умови для найбільш високої продуктивності праці, то такі метеорологічні умови у виробничому приміщенні будуть комфортними.

Зміна параметрів мікроклімату породжує зміни в співвідношенні (1.1) між його величинами. Так, коли нормальні умови в легкій категорії фізичної праці доля $Q_k+Q_m \approx 30\%$; $Q_в \approx 45\%$; $Q_n \approx 20\%$; $Q_{вн} \approx 5\%$; від Q_l ($Q_{зод}=0$). Випромінювання тепла з людини $Q_в$ великою мірою залежить від температури навколишнього обладнання. Якщо температура поверхні обладнання перевищує $32...34^0\text{C}$ (середня температура поверхні тіла людини), то випромінювання йде не з людини, а на неї від обладнання. Коли в приміщенні температура повітря досягає $t=32...34^0\text{C}$, то $Q_{від} \Rightarrow 0$.

При підвищенні температури повітря в приміщенні до $34...36^0\text{C}$ тепловіддача буде проходити в основному тільки за рахунок потовипаровування Q_n .

Збільшення швидкості руху повітря навколо тіла людини призводить до збільшення Q_k та Q_n . Організм людини починає відчувати повітряні потоки, коли $V \geq 0,15$ м/с. При цьому, якщо потоки мають температуру до 36^0C , то організм людини відчуває освіжаючу дію, а коли температура більше 40^0C - вони діють гнітюче. При мінусових температурах і великій швидкості руху повітря може бути обмороження людей.

1.2.2. Нормування параметрів мікроклімату

Мікроклімат характеризується такими показниками [3]:

- 1) температурою повітря;
- 2) відносною вологістю повітря;
- 3) швидкістю руху повітря;
- 4) інтенсивністю теплового опромінення.

Числові значення показників 1, 2 і 3 наведені в таблицях А1.3 та А1.5

і встановлюються у вигляді оптимальних та допустимих норм для робочої зони виробничих приміщень в залежності від періоду року та категорії робіт.

Оптимальні мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливу на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції. Такі умови забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому не виникають пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Оптимальні показники мікроклімату [3, п.1.2] поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць. Оптимальні та допустимі показники мікроклімату повинні відповідати значенням, зазначеним в таблиці А1.3.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюються у випадках, коли за технологічними вимогами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Оптимальні мікрокліматичні умови можна забезпечити тільки тоді, коли в приміщенні передбачено кондиціонування повітря. Системами звичайної механічної вентиляції можна забезпечити тільки допустимі показники мікроклімату.

В кабінах, на пультах та місцях керування технологічними процесами, в залах ЕОМ при виконанні робіт операторського типу повинні забезпечуватися: оптимальна величина температури повітря 22-24°C, його відносна вологість 60-40% та швидкість руху не вище 0.1 м/с. Перелік інших виробничих приміщень, в яких повинні дотримуватися оптимальні норми мікроклімату визначається галузевими нормативами.

Холодний період року характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря, яка дорівнює плюс 10°C та нижче, а теплий - більше плюс 10°C.

Категорія робіт - розмежування робіт за тяжкістю на основі загальних енерговитрат організму (Вт) [3].

В зв'язку з цим всі роботи поділяються на легкі (Іа, Іб), середньої тяжкості (ІІа, ІІб) та важкі (ІІІ) [3].

Енерговитрати за категоріями тяжкості робіт:

Ia – до 139 Вт;
Iб – 140...174 Вт;
IIa – 175...232 Вт;
IIб – 233...290 Вт,
III – більш 290 Вт.

У відповідності з наведеними енерговитратами до легких робіт відносять працю операторів точного машинобудування, ЕОМ, виготовлення радіодеталей, геодезичні роботи, монтаж електропроводів, малярні роботи та інші. До робіт середньої тяжкості можна віднести працю верстатників та слюсарів загального машинобудування, зварювальні та електромонтажні роботи, теслярські та столярні роботи. Ковальські, вантажно-розвантажувальні, земляні роботи, укладання бетону відносять до тяжких. Точніший розподіл робіт за категоріями проводиться відповідними галузями промисловості на базі вимог [3].

Температура повітря в робочій зоні, заміряна на різній висоті в приміщенні не повинна виходити протягом зміни за межі оптимальних величин для усіх категорій робіт при забезпеченні оптимальних показників мікроклімату. Якщо ж потрібно забезпечувати допустимі показники мікроклімату для всіх категорій робіт, то перепад температури повітря по висоті в робочій зоні дозволяється до 3°C [3].

Вимірювання приладами показників мікроклімату треба проводити на початку, в середині та в кінці кожного періоду року не менше 3 разів за зміну. Температуру, відносну вологість та швидкість руху повітря вимірюють на висоті 1,0м від підлоги при роботах, які виконуються сидячи і на висоті 1,5м - при роботах, які виконуються стоячи [3].

Інтенсивність теплового опромінювання на робочих місцях не повинна перевищувати величин [3,4,5], вказаних в таблиці А1.4. В разі перевищення інтенсивності теплового опромінювання понад 350 Вт/м² потрібно передбачати різні теплозахисні засоби. Це також потрібно робити, якщо температура поверхні обладнання, механізму перевищує 45°C, а в його середині більше 100°C. Остання вимога запобігає появі теплових опіків, травм [3].

1.3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

1.3.1. Прилади та пристосування

Для дослідження метеоумов застосовують такі прилади і пристосування: стаціонарний (Августа) та електричний переносний (аспіраційний Ассмана) психрометри, анемометри, кульовий кататермометр.

Створення потрібних параметрів мікроклімату в лабораторній роботі проводиться за допомогою тепловологісного пристрою (ТВП)(рис.1.1).

1. Визначення температури повітря в звичайних умовах проводиться за допомогою термометрів (ртутні або спиртові), термографів та психроме-

трів (сухий термометр). В лабораторній роботі температуру повітря визначають за сухим термометром аспіраційного психрометра.

2. В тих випадках, коли потрібно провести замірювання величин теплового опромінювання, застосовуємо актинометри.

3. При дослідженні швидкості руху повітря потрібно мати на увазі, що через періодичний цикл тепловиділень, а також через нерівномірне розташування їх джерел напрям повітряних потоків у виробничих приміщеннях часто може змінюватись. Для вимірювання швидкості руху повітря використовують кульові кататермометри та анемометри.

Кульовий кататермометр використовують для вимірювання невеликих швидкостей руху повітря - з межами коливання від 0,048 до 2,03 м/с.

Вимірювання швидкості руху повітря (зі швидкістю від 1 до 20 м/с) можна проводити за допомогою чашкового анемометра, приймальною частиною якого є хрестовина з 4-ма півкулями, закріпленими на вертикальній осі. Під дією повітря півкулі обертаються, що й показує лічильник. Лічильник можна увімкнути за допомогою аретира. Поріг чутливості кульового анемометра - 0,8м/с. До приладу додається тарувальний графік (він закріплений під склом на лабораторному столі) для визначення швидкості руху повітря в залежності від числа поділок лічильника за одну секунду.

Для вимірювання швидкості руху повітря в межах від 0,3 до 5м/с застосовують крильчастий анемометр, диференціальні мікроанемометри, електроанемометри.

4. Вологість повітря визначають такими приладами, як психрометри, гігрометри, гігрографи, план розміщення яких на лабораторному стенді показано на рисунку 1.2.

Стаціонарний психрометр Августа Π_2 складається з 2-х термометрів - сухого та вологого, резервуар останнього обгорнутий батистом і змочується водою. Сухий термометр показує температуру навколишнього повітря, а зволожений - більш низьку температуру, тому що відбувається випаровування води з поверхні батисту, яка відбирає тепло. Не можна занурювати зволожений термометр в невеличку ємність з водою, тому що тоді термометр буде показувати температуру води в ємності.

Аспіраційний психрометр Π_1 складається з 2-х ртутних термометрів в металевій оправі, які з'єднанні загальним повітровою з вентилятором. Досліджуване повітря зі швидкістю більше 2 м/с проходить навколо обох термометрів, завдяки чому забезпечується постійність психрометричного коефіцієнта, а також усувається вплив теплового опромінювання.

Резервуар зі ртуттю одного з термометрів аспіраційного психрометра обгорнутий батистом, який треба перед початком вимірювань зволожити водою, за допомогою піпетки. Через 4-5 хвилин після запуску вентилятора починають знімати показання термометрів психрометра.

За допомогою таблиць А1.6 та А1.7 можна визначити відносну вологість повітря, знаючи величини температури сухого і зволоженого термо-

метрів.

Для безпосереднього визначення відносної вологості повітря застосовують гігрометри, гігрографи, автоматичні психрометри.

5. Для зміни температури, вологості та швидкості руху повітря в невеликому об'ємі (у факелі на виході з ТВП) на робочому місці передбачено використання тепловологісного пристрою (ТВП), схема якого показана на рис. 1.1. На дошці 5 встановлено побутовий зволожувач повітря 6, над яким на стояках 7 закріплена труба-змішувач 8. Для підігріву повітря в трубі-змішувачі встановлена електролампочка 9. Повітря продувається через трубозмішувач вентилятором 10. В зволожувач 6 заливається вода, яка потім при його роботі розпилюється. Кожний з електроспоживачів вмикається в електромережу змінного струму напругою 220В за допомогою тумблерів 11, 12, 13, 14, 15, закріплених в коробці БТ (рис. 1.1 та 1.2) на лабораторному столі.

В електричній схемі передбачено, що електролампочку 9 неможна ввімкнути без вентилятора 10. Зволожувач 6 можна ввімкнути тільки після вмикання вентилятора 10.

Для вмикання вентилятора аспіраційного психрометра Π_1 (рис. 1.1, 1.2) передбачений тумблер 12.

Вхідний потік повітря 1 можна підігріти за допомогою електролампочки 9. Підігрітий потік повітря 2 може видуватися вентилятором 10 в напрямку 4, або змішуватись з розпиленою водою 3 при вмиканні зволожувача 6.

ТВП (див. рис. 1.1 та 1.2) дозволяє працювати в таких режимах.

1. Забезпечення тільки потрібної швидкості руху повітря (V) на виході 4 без зміни решти параметрів (t , φ). Для цього потрібно увімкнути тумблер 13 та спрямувати потік повітря 4 в зону вимірювань.

2. Забезпечення потрібної швидкості руху повітря (V) зі збільшенням температури (t). В цьому випадку потрібно увімкнути тумблери 13, 14 та спрямувати потік повітря 4 в зону вимірювань .

3. Забезпечення потрібної швидкості руху повітря (V) та збільшення його вологості (φ). В цьому випадку вмикаємо тумблери 13, 15 та спрямовуємо потік повітря 4 в зону вимірювань.

4. Забезпечення потрібної швидкості руху (V), збільшеної температури (t) та вологості (φ). Для цього випадку потрібно увімкнути тумблери 13, 14, 15 і спрямувати потік повітря 4 в зону вимірювань.

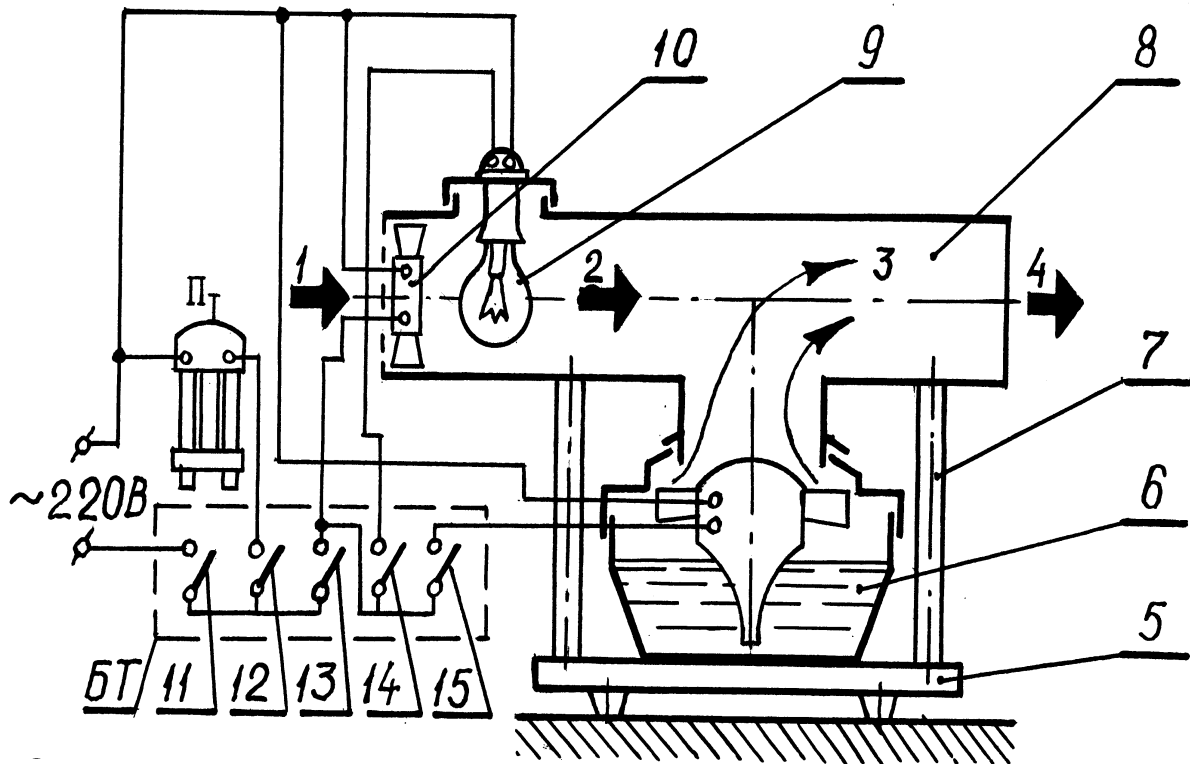


Рисунок 1.1 - Схема тепловологісного пристрою (ТВП)

1.3.2 Вимоги безпеки

1. При виконанні лабораторної роботи потрібно обережно користуватися ртутними термометрами. Випадково розлита ртуть повинна бути негайно зібрана за допомогою зволоженого паперу, тому що її випари отруйні.
2. При використанні вентилятора забороняється його зупиняти руками.
3. Вмикання електроспоживачів повинно проводитись з виконанням усіх заходів електробезпеки.

1.3.3 Проведення експерименту

Для проведення експерименту потрібно на лабораторному столі розмістити прилади та ТВП так, як вказано на рис. 1.2.

БТ - коробка (блок) тумблерів (закріплена на столі);

БМ - 2 - баротермогігрометр (має можливість переміщуватись);

П₁ - аспіраційний психрометр Ассмана (закріплений на кронштейні);

П₂ - психрометр Августа (закріплений на вертикальній стінці стола);

А - анемометр (закріплений на столі);

ТВП- тепловологісний пристрій (має можливість переміщення на столі).

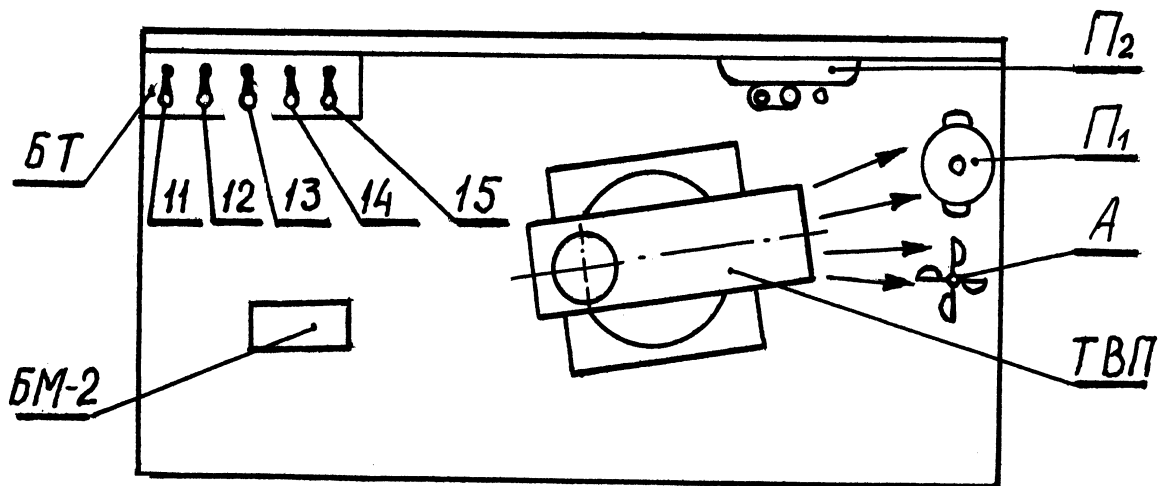


Рисунок 1.2 - План розміщення приладів та ТВП на лабораторному столі

Відстань від ТВП до анемометра встановлюється разом з викладачем при виконанні роботи.

За вказівкою викладача бригада студентів може виконувати обумовлену кількість вимірювань параметрів мікроклімату із далі наведеного переліку:

а) визначення параметрів мікроклімату в лабораторному приміщенні (стан №1) проводиться в такому порядку.

1. За допомогою кататермометра або крильчастого анемометра визначити швидкість руху повітря в приміщенні та заповнити в табл. 1 (таблиця А1.1) графи 8-12, 15.

2. Визначити вологість повітря в лабораторному приміщенні за допомогою психрометрів Π_1 та Π_2 . Увімкнути тумблери 11, 12. Заповнити в табл. 1 (таблиця А1.1) графи 2-7, 13, 14. Вимкнути усі тумблери.

3. Перенести з табл. 1 (додаток А.1) значення t , φ , V (графи 13, 14, 15) в табл. 2 (таблиця А1.2) графи 4, 8, 11.

4. Визначити період року та категорію виконуваних робіт в лабораторному приміщенні і виписати з таблиця А1.3 нормовані параметри мікроклімату, записавши їх в табл. 2 (таблиця А1.2) графи 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13.

5. Зробити письмові висновки про стан мікроклімату в приміщенні, заповнивши графу 14 табл. 2 (таблиця А1.2).

б) визначення параметрів мікроклімату при зміні швидкості руху повітря (стан № 2).

1. Зволожити аспіраційний психрометр Π_1 і увімкнути тумблери 11, 12.

2. Ввімкнути вентилятор 10 ТВП, увімкнути тумблер 13.

3. Спрямувати потік повітря з ТВП на чашковий анемометр та психрометр Π_1 (рис. 1.2).

4. Після 5-6 хвилин роботи ТВП зняти показники з анемометра А, та психрометра Π_1 . Тривалість досліду $\tau=100$ с. Вимкнути усі тумблери.

5. Заповнити в табл. 1 (таблиця А1.1) графи 5-15.

6. Перенести з табл. 1 (таблиця А1.1) значення t , φ , V (графи 13-15) в табл. 2 (таблиця А1.2) (графи 4, 8, 11).

7. Визначити період року та категорію виконуваних робіт (викладач повинен її задавати) і виписати з таблиця А1.3 нормовані параметри мікроклімату, записавши їх в табл. 2 (таблиця А1.2) (графи 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13).

8. Зробити письмові висновки про стан мікроклімату в приміщенні. В цьому випадку мають на увазі, що мікроклімат в невеличкому об'ємі біля приладів А та Π_1 умовно поширюється на все приміщення.

в) визначення параметрів мікроклімату при зміні температури та швидкості руху повітря (стан № 3).

1. Виконати дії, викладені в п.п. 1, 2 завдання б.

2. Ввімкнути тумблер 14 для підігріву повітря.

3. Виконати дії, викладені в п.п. 3-8, завдання б.

г) визначення параметрів мікроклімату при зміні вологості та швидкості руху повітря (стан № 4).

1. Виконати дії, викладені в п.п. 1, 2 завдання б.

2. Ввімкнути тумблер 15 ТВП. В цьому випадку працює вентилятор та зволожувач.

3. Виконати дії, викладені в п.п. 3-8 завдання б.

д) визначення параметрів мікроклімату при зміні температури, вологості та швидкості руху повітря (стан № 5).

1. Виконати дії, викладені в п.п. 1, 2 завдання б.

2. Ввімкнути тумблери 14, 15 ТВП.

3. Виконати дії, викладені в п.п. 3-8 завдання б.

1.4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Якими параметрами визначають мікроклімат у виробничих приміщеннях?

2. Які мікрокліматичні умови називають оптимальними?

3. Які мікрокліматичні умови називають допустимими?

4. Що таке терморегуляція організму людини і коли вона порушується? Що таке баланс тепла?

5. Якими шляхами тепло, що віддається організмом людини, може відводитися в навколишнє середовище?
6. В яких випадках застосовують нормовані оптимальні, а в яких допустимі параметри мікроклімату?
7. Які фактори (чинники) враховують, коли роблять вибір нормативних параметрів мікроклімату?
8. Яке робоче місце буде постійним?
9. Яке робоче місце буде непостійним?
10. Що таке робоча зона та які її розміри?
11. Як підрозділяються роботи за категоріями тяжкості в залежності від витрат енергії організмом людини? Наведіть коротеньку їх характеристику.
12. Якими приладами та як виконується вимірювання швидкості руху повітря?
13. Якими приладами та як виконується вимірювання вологості повітря?
14. Якими приладами вимірюється інтенсивність теплового опромінювання?
15. В яких виробничих приміщеннях потрібно вимірювати теплове опромінення? Приклади.
16. В яких виробничих приміщеннях необхідно вимірювати усі чотири параметри мікроклімату?
17. Від чого залежать параметри мікроклімату в житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщеннях?
18. Вимоги до вимірювання та контролю параметрів мікроклімату.

ЛІТЕРАТУРА ДО РОЗДІЛУ 1

1. Е.Я.Юдин, С.В.Белов (ред.). Охрана труда в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1983. - 432 с.- ил.
2. С.В.Алексеев, В.Р.Усенко. Гигиена труда. - М.: Медицина, 1988. - 575 с.
3. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М., 1988.
4. ГОСТ 12.4.123-83. ССБТ. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования. - М., 1983.
5. Санитарные нормы микроклимата производственных помещений № 4088-88. - М., 1987.
6. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 1992.

ДОДАТОК А

Таблиця А1.1 - ПРОТОКОЛ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Но- мер стану пові- тря	Показ приладу									Виміряні приладами параметри мікроклімату				
	Психрометр Августа			Психрометр Ассмана			Анемометр			Час дослі- ду, τ ,с	Число по- ділок за секунду $\frac{\Delta A}{\tau}$, под./с	Температура повітря, t , °С	Відносна вологість повітря, φ ,%	Швидкість руху повітря, м/с
	t_c , °С	t_b , °С	φ , %	t_c , °С	t_b , °С	φ , %	Число поділок на шкалі, под.							
							до за- міру A_1	після зміру A_2	приріст $\Delta A = A_2 - A_1$					
1														
2														
3														
4														
5														

17

Таблиця А1.2 - Виміряні та нормовані параметри [3] мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень

Номер стану по- вітря	Період року	Категорія робіт	Температура				Відносна вологість, %			Швидкість руху, м/с		
			вимір- яна	опти- мальна	допустима		вимі- ряна	опти- мальна	допус- тима	вимі- ряна	опти- мальна	допус- тима
					верхня межа	нижня межа						
	Холодний											
	Теплий											

Таблиця А1.3 – Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень [3].

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	Допустима				оптимальна, не більше	допустима на постійних та непостійних робочих місцях, не більша	оптимальна, не більша	допустима на постійних та непостійних робочих місцях*, не більша
			верхня межа		нижня межа					
			на робочих місцях							
постійних	непостійних	постійних	непостійних							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Холодний	Легка Іа	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
	Легка Іб	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	0,1
	Середньої тяжкості Іа	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	0,3
	Середньої тяжкості Іб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	0,4
	Тяжка ІІІ	16-18	19	20	13	12	40-60	75	0,3	0,5

Продовження таблиці А1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Теплий	Легка Іа	23-25	28	30	22	20	40-60	60, коли 27 ⁰ С	0,1	0,1-0,2	
	Легка Іб	22-24	28	30	21	19	40-60		0,2	0,1-0,3	
	Середньої тяжкості Іа	21-23	27	29	18	17	40-60	65, коли 26 ⁰ С	0,3	0,2-0,4	
	Середньої тяжкості Іб	20-22	27	29	16	15	40-60	70, коли 25 ⁰ С	0,3	0,2-0,5	
	Тяжка ІІІ		18-20	26	28	15	13	40-60	75, коли 24 ⁰ С і нижче	0,4	0,2-0,6

19

* - Більша швидкість руху повітря в теплий період року відповідає максимальній температурі, менша – мінімальній температурі повітря. Для проміжних величин температури повітря швидкість його руху можна визначити за допомогою інтерполяції; при мінімальній температурі повітря швидкість його руху може прийматися нижче 0,1 м/с – при легкій роботі та нижче 0,2 м/с – при роботах середньої тяжкості і важкій.

Таблиця А1.4 – Норми інтенсивності теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних та непостійних робочих місцях у відповідності з [3].

Відсоток опромінення поверхні тіла людини	Допустима інтенсивність теплового опромінення тіла, Вт/м ²
більше 50	35
25-50	70
менше 25	100

Примітка: Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, відкритий вогонь тощо) не повинні перевищувати 140 Вт/м², при цьому опроміненню не повинно підлягати більше 25% поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту.

Таблиця А1.5 – Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в зоні обслуговування житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщень [6]

Період року	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря не більша, м/с	
	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима
Теплий	20-22	Не більше як на 3 ⁰ С вища розрахункової температури зовнішнього повітря	60-30	не більша 65	0,2	0,5
	23-25		60-30		0,3	
Холодний	20-22	18-22	45-30	65	0,2	0,2

Таблиця А1.6 – Обчислення вологості повітря в % для аспіраційного психрометра

Температура сухого тер- мометра t_c , $^{\circ}\text{C}$	Температура зволоженого термометра, t_b , $^{\circ}\text{C}$														
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
12	68	78	89	100											
13	59	69	79	89	100										
14	51	60	70	79	90	100									
15	44	53	62	71	80	90	100								
16	37	46	54	63	71	81	90	100							
17	32	39	47	55	64	72	81	90	100						
18	27	35	42	49	57	65	73	82	90	100					
19	22	29	36	43	50	58	66	74	82	91	100				
20	18	24	30	37	44	52	59	66	74	83	91	100			
21	13	19	26	32	39	46	53	60	67	75	83	91	100		
22		16	22	28	34	40	47	54	61	68	76	84	92	100	
23		13	18	24	30	36	42	48	55	62	69	76	84	92	100
24			15	21	26	31	37	43	49	56	63	70	77	85	92
25				17	22	27	33	38	44	50	57	63	70	77	85
26				14	19	24	29	34	40	46	52	58	64	71	78
27					16	21	26	31	36	41	47	53	59	65	72
28										30	35	39	44	50	55

Таблиця А1.7 – Обчислення відносної вологості повітря в % для психрометра Августа

Різниця температур сухого та зволоженого термометрів $\Delta t = t_C - t_B, ^\circ\text{C}$	Температура зволоженого термометра, $t_B, ^\circ\text{C}$														
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,5	93	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	96
1,0	88	88	88	89	89	89	89	90	90	90	91	91	91	91	91
1,5	82	82	83	83	83	83	84	84	84	85	85	86	86	87	87
2	76	76	77	78	78	79	80	80	81	81	82	82	83	83	83
2,5	71	72	73	74	74	74	75	75	76	76	77	78	79	79	80
3	65	66	67	68	69	70	71	72	73	73	74	75	75	76	76
3,5	60	61	63	64	65	66	67	67	68	69	70	71	71	72	72
4	55	57	58	60	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69	69
4,5	51	53	54	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	65	66
5	47	49	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	63	63
5	47	49	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	63	63
5,5	44	46	48	49	50	51	52	53	54	56	57	58	59	60	61
6	39	41	43	45	47	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
6,5	36	38	40	43	44	45	46	48	49	50	51	53	54	55	56
7	34	35	36	39	41	42	43	44	46	47	48	49	51	52	53
7,5	31	32	33	36	38	39	41	42	44	45	46	47	49	50	51
8	27	29	31	33	35	36	38	40	41	42	43	44	46	47	48

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТЛЕННЯ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНИХ. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Мета роботи: ознайомлення з нормативними вимогами до виробничого освітлення, надбання навиків нормування, вимірювання і оцінки ефективності освітлення на робочих місцях.

2.1 ПІДГОТОВКА ЗВІТУ

Вивчити теоретичний матеріал і підготувати форму звіту.

Засвоєння теорії контролюється на початку заняття контрольними запитаннями, а без підготовленого звіту студент не допускається до виконання роботи.

Форма звіту повинна включати:

- титульну сторінку;
- таблиці 2.2 і 2.3,
- розрахункові формули.

При виконанні лабораторної роботи після відповідних вимірювань і розрахунків заповнюються таблиці 2.2 і 2.3, будується графік залежності величини коефіцієнта природної освітленості від розміру (ширини) приміщення і робляться висновки про відповідність фактичного значення коефіцієнта природної освітленості і штучного освітлення нормативним документам (СНиП II-4-79).

2.2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

2.2.1 Основні світлотехнічні положення і терміни

Організація раціонального освітлення виробничих приміщень є однією з найважливіших задач охорони праці. Раціональне освітлення забезпечує психологічний комфорт, поліпшує умови праці, підвищує безпеку робіт і одночасно сприяє поліпшенню якості продукції, підвищенню продуктивності праці. При хорошому освітленні очі протягом довгого часу зберігають здатність добре бачити, не стомлюючись.

Незадовільне освітлення ускладнює виконання роботи, може призвести до нещасного випадку і захворювання органів зору.

Освітлення виробничих приміщень здійснюється штучним і природним світлом.

Основними світлотехнічними величинами є: світловий потік, сила світла, освітленість і яскравість.

Сила світла J - відношення світлового потоку до тілесного кута, в якому він випромінюється. Одиницею сили світла є кандела (кд). Середнє значення сили світла

$$J = \frac{\Phi}{\omega}, \quad (2.1)$$

де ω - тілесний кут, стерадіан.

Світловий потік Φ - світлове відчуття, яке викликає оптична частина спектра електромагнітних хвиль довжиною від 0,38 до 0,77 мкм. За одиницю світлового потоку прийнято люмен (лм), який має розмірність кандела помножено на стерадіан.

Для гігієнічної характеристики умов освітлення певної поверхні прийнята освітленість. Освітленість (E) - відношення світлового потоку до площі S , на яку він розповсюджується. Іншими словами, освітленість - це поверхнева густина світлового потоку. Одиниця освітленості - люкс (лк) має розмірність люмен на квадратний метр (лм/м²).

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad (2.2)$$

Яскравість L - відношення сили світла в будь-якому напрямку до площі проєкції світлової поверхні, перпендикулярної до цього напрямку. Одиниця яскравості кандела на квадратний метр (кд/м²). Середнє значення величини яскравості рівномірної світлової поверхні

$$L = \frac{J}{S \cos \alpha}, \quad (2.3)$$

де J - сила світла поверхні площею S у напрямку α .

Видимість будь-якого предмета (об'єкта розрізнення) на робочому місці залежить від освітленості, розміру предмета, його яскравості, контрасту з фоном.

Об'єкт розрізнення - предмет, який розглядається, окрема його частина або дефект, який необхідно розрізняти в процесі роботи.

Фон - поверхня, що прилягає безпосередньо до об'єкта розрізнення, на якій він розглядається. Характеристики фону визначаються коефіцієнтом відбиття поверхні ρ , тобто відношенням потоку Φ_B , відбитого від поверхні, до потоку Φ_{II} , який падає на цю поверхню

$$\rho = \frac{\Phi_B}{\Phi_{II}}. \quad (2.4)$$

Фон буває темний, середній і світлий.

Темний фон - $\rho < 0,2$; середній фон - $0,2 \leq \rho < 0,4$; світлий фон - $\rho > 0,4$.

Відношення абсолютної величини різниці між яскравістю об'єкта L_0 і фону L_ϕ до яскравості фону L_ϕ називається контрастом об'єкта розрізнення з фоном

$$K = \frac{|L_0 - L_\phi|}{L_\phi}. \quad (2.5)$$

Контраст буває малий, середній і великий.

Малий - $K < 0,2$ (фон і об'єкт за яскравістю мало відрізняються); середній - $0,2 < K < 0,5$ (фон і об'єкт за яскравістю помітно відрізняються); великий - $K > 0,5$ (фон і об'єкт різко відрізняються).

В деяких випадках фон і контраст об'єкта з фоном можна визначити візуально. Наприклад, при креслярських роботах: фон (папір) світлий, об'єкт розрізнення (лінія) темний, контраст об'єкта розрізнення з фоном - великий.

2.2.2 Природне освітлення

Природне освітлення справляє позитивний психологічний вплив, перш за все, дякуючи відчуттю зв'язку з навколишнім середовищем, тому його необхідно передбачати для приміщень з постійним перебуванням людей, за винятком випадків, викликаних умовами технології (виробництво напівпровідників, деякі технологічні процеси електронної і радіотехнічної промисловості).

Внаслідок різкого коливання зовнішнього світла, його залежності від атмосферних умов і сезону встановити абсолютне значення природної освітленості неможна. Тому за кількісну оцінку характеристики природного освітлення прийнята відносна величина - коефіцієнт природної освітленості (КПО). Коефіцієнт природної освітленості - це відношення освітленості в даній точці в середині приміщення (E_B) до одночасно заміряної зовнішньої освітленості (E_3), створеній світлом повністю відкритого небосхилу.

$$e = \frac{E_B}{E_3} \cdot 100\% . \quad (2.6)$$

Нормовані вимоги до природного освітлення наведені в СНиП II-4-79 [1].

При природному освітленні приміщення освітлюються:

а) боковим світлом - через вікна в зовнішніх стінах;

б) верхнім світлом - через ліхтарі у перекриттях;

в) комбінованим світлом - через вікна і ліхтарі у перекриттях. Освітлення приміщення природним світлом характеризується КПО ряду точок, розміщених на перетині двох площин: умовно прийнятої робочої поверхні, розташованої горизонтально на висоті 0,8 м від підлоги, і вертикальної площини характерного розрізу приміщення. Характерний розріз приміщення - поперечний розріз посередині приміщення, площина якого перпендикулярна площині застосування віконних прорізів (при боковому освітленні). У характерний розріз приміщення повинні потрапляти ділянки, найбільш завантаженні обладнанням, а також точки робочої зони, найбільш віддалені від світлових прорізів.

Криві розподілення штучного світла в приміщеннях наведені на рис. 2.1.

При боковому односторонньому освітленні нормується мінімальне значення КПО в контрольній точці характерного розрізу приміщення, роз-

ташованій на відстані 1 м від стіни найбільш віддаленої від віконних прорізів. При двосторонньому боковому - в точці посередині приміщення. При верхньому і комбінованому освітленні нормується середнє значення КПО, яке знаходиться в розрахункових точках (при їх кількості не менше п'яти) характерного розрізу приміщення, причому перша і остання точки знаходяться на відстані 1 м від стін (або середніх рядів колон).

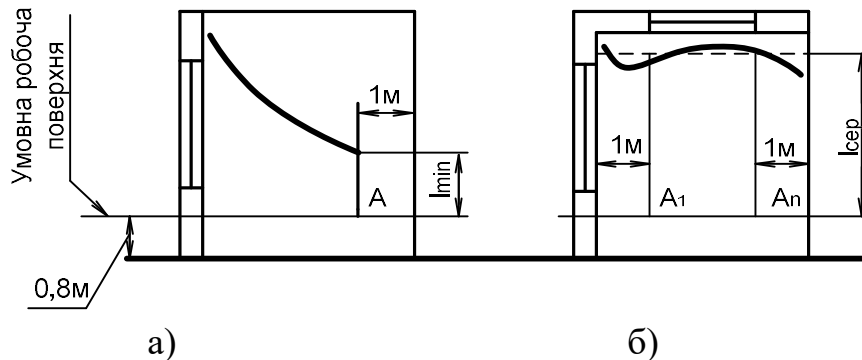


Рисунок 2.1- Криві розподілення природного світла:

а - при односторонньому боковому освітленні; б - при комбінованому освітленні; А, А₁, А_п - контрольні точки

Вся територія СНД, в залежності від географічної широти, розбита на п'ять світлових поясів (таблиця Б1.3), які впливають на вибір нормованого значення КПО (перший пояс - це північ, п'ятий - південь СНД).

Основна частина території України відноситься до IV-го поясу, а півострів Крим - до V-го.

Четвертий пояс розподіляється на два підпояси:

- а) північніше 50° північної широти;
- б) 50° північної широти і південніше.

Місцезнаходження м. Вінниці - 48° північної широти.

Табличні (нормативні) значення КПО E^{III} (таблиці Б1.1 і Б1.2) наведені тільки для третього світлового поясу, на що вказує позначка III. Для всіх інших поясів нормативне значення КПО визначається за формулою:

$$e_H^{I,II,IV,V} = e_H^{III} mC, \quad (2.7)$$

де m - коефіцієнт світлового клімату поясу (таблиця Б1.4), який характеризує ресурс природної світлової енергії;

C - коефіцієнт сонячності клімату (таблиця Б1.5), який визначає додатковий світловий потік даної місцевості.

Коефіцієнт сонячності клімату залежить від орієнтації світлових прорізів за сторонами горизонту - азимута, який визначається в градусах і відраховується за рухом годинникової стрілки, від напрямку на північ до перпендикуляра, встановленого до зовнішнього боку вікна приміщення, як це показано на рис. 2.2.

Нормування як природного, так і штучного освітлення у виробничих приміщеннях, в першу чергу, повинно здійснюватись за галузевими нор-

мами (таблиця Б1.2). Деякі галузеві норми освітленості наведені в літературі [1,2,3].

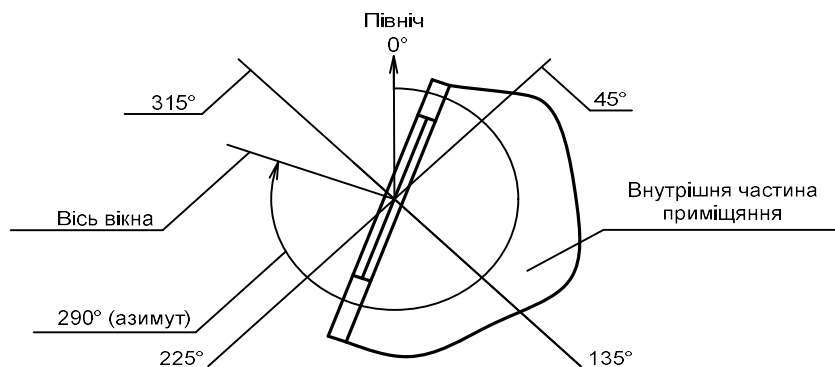


Рисунок 2.2 - Орієнтація світлових прорізів за сторонами горизонту

За відсутністю галузевих норм нормування освітлення в виробничих приміщеннях здійснюється за таблицею Б1.1, де визначається найменший розмір об'єкта розрізнення. Це пов'язано з тим, що в таких приміщеннях зорова робота може змінюватись через зміну технології, виду продукції, що виробляється, інструментів, приладів, сировини тощо. Тобто, може змінюватись розмір об'єкта розрізнення.

Вибір табличного значення КПО за таблицею Б1.1 здійснюється в такій послідовності.

1. Вибирається об'єкт розрізнення, тобто предмет чи його окрема частина, який треба розпізнавати під час зорової роботи (наприклад, при кресленні - лінії на рисунку, при роботі з приладами - шкала вимірювань, при роботі з друкованим текстом - букви (індекси)).

2. Вимірюється найменший розмір об'єкта розрізнення, товщина найтоншої лінії на рисунку, товщина лінії градування шкали, товщина лінії букви.

3. За найменшим розміром об'єкта розрізнення визначається один з восьми розрядів зорової роботи та його характеристика.

4. Визначається вид освітлення природним світлом (бокове, верхнє, комбіноване).

5. Вибирається табличне значення КПО для III світлового поясу - e_H^{III} .

6. Далі, за таблицею Б1.3, визначається пояс світлового клімату, а за таблицею Б1.4 - коефіцієнт світлового клімату m , який відповідає визначеному поясу.

7. Визначається орієнтація світлових прорізів за сторонами горизонту - азимут (рис. 2.2), а також значення коефіцієнта сонячності клімату (C) за таблицею Б1.5.

8. Далі, за формулою (2.7), визначається нормоване значення КПО для даного поясу світлового клімату.

Знайдене розрахункове значення КПО заокруглюється до десятої частки.

Для побутових і громадських будівель, організацій, закладів і підприємств, а також допоміжних приміщень підприємств, де зорова робота не змінюється протягом тривалого часу, табличне значення освітленості (в тому числі КПО e_H^{III}) визначається незалежно від розряду і характеристики зорової роботи. Значення КПО e_H^{III} , для таких приміщень наведені в таблиці Б1.2.

Нормування КПО для таких приміщень здійснюється за попередньою схемою, починаючи з пункту 4.

2.2.3 Штучне освітлення

Штучне освітлення приміщень здійснюється газорозрядними лампами і лампами розжарювання.

Основні переваги газорозрядних ламп низького тиску (люмінесцентних): висока світлова віддача, що досягає 75 лм/Вт; великий строк служби (10000 годин); можливість вибору спектрального складу.

Недоліки: складність схеми ввімкнення; обмежена потужність і великі розміри; залежність від температури навколишнього середовища (при $t < +10^\circ\text{C}$ запалювання ламп не гарантується); робота тільки на змінному струмі; стробоскопічний ефект.

Стробоскопічний ефект - явище спотворення зорового сприйняття рухомих об'єктів, яке виникає при збіганні кратності частотних характеристик руху об'єкта і роботи люмінесцентної лампи.

Наприклад, якщо об'єкт обертається з частотою, яка збігається з частотою роботи люмінесцентної лампи або кратна їй, то уявляється, що об'єкт стоїть на місці і не обертається, або дуже повільно обертається у той чи інший бік. Таке явище може призвести до травми.

Існують спеціальні схеми вмикання люмінесцентних ламп в електричну мережу і прилади, які запобігають появі стробоскопічного ефекту.

Лампи розжарювання мають ряд переваг, в числі яких: широкий сортамент найрізноманітніших потужностей і напруг; безпосереднє вмикання в мережу; повна незалежність від умов навколишнього середовища.

Недоліками ламп розжарювання є їх мала світлова віддача, переважно жовто-червоної частини спектра, відносно невеликий строк служби (1000 годин).

Нормативні вимоги до штучного освітлення наведені в СНиП II-4-79.

Існує декілька видів штучного освітлення: робоче, аварійне, охоронне, евакуаційне, чергове.

В даній лабораторній роботі розглядається тільки робоче освітлення, яке може бути загальним, місцевим і комбінованим.

У виробничих приміщеннях застосовуються дві системи штучного освітлення:

а) загальне освітлення (для забезпечення освітленості всього робочого приміщення: робочих місць, проходів, проїздів, місць складування);

б) комбіноване освітлення - до загального освітлення додається місцеве. Система комбінованого освітлення дозволяє спрямовувати світловий потік безпосередньо на робочу поверхню деталей.

Застосування одного місцевого освітлення всередині виробничих приміщень не допускається, тому що при цьому не освітлюються місця проїздів, проходів, складування, що може призвести до травмування працюючих.

При нормуванні штучного освітлення у виробничих приміщеннях (як і природного) існують вісім розрядів і характеристик зорової роботи, які визначаються найменшим розміром об'єкта, що розрізняється.

Перші три пункти нормування природного освітлення повністю збігаються з початком нормування штучного. Далі йде відмінність:

1. Визначається (в даній роботі візуально) характеристика фону: світлий, середній, темний.

2. Визначається контраст об'єкта розпізнавання з фоном: великий, середній, малий.

3. За таблицею Б1.1, в залежності від сполучення характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном, визначається підрозряд зорової роботи (а,б,в,г).

4. Знаючи розряд і підрозряд зорової роботи, за таблицею Б1.1, вибираються норми освітленості.

5. Вивчаються примітки до таблиці Б1.1 і робиться висновок про необхідність зниження, підвищення на один ступінь чи відповідності табличних норм освітленості даним умовам роботи. Шкала нормованих значень освітленості наведена у таблиці Б1.6.

При наявності галузевих норм штучної освітленості (наприклад, для електроприміщень, автогаражів, котелень) треба користуватись останніми [1, 2, 3].

Згідно з СНиП II-4-79 для освітлення приміщень, як правило, необхідно передбачати газорозрядні лампи низького і високого тиску. В разі неможливості чи техніко-економічної недоцільності застосування газорозрядних джерел світла допускається використання ламп розжарювання.

Для місцевого освітлення бажано застосовувати газорозрядні (люмінесцентні) лампи.

2.2.4 Суміщене освітлення

В приміщеннях з недостатнім за нормами в світлий час доби природним освітленням застосовують суміщене освітлення - доповнення приро-

дного штучним.

Суміщене освітлення в виробничих і громадських приміщеннях рекомендується застосовувати в таких випадках:

а) в приміщеннях, в яких виконуються зорові роботи I і II розрядів точності;

б) коли вибрані за умовами технології і організації виробництва об'ємно-планувальні рішення будівель не дозволяють забезпечити необхідне за нормами природне освітлення приміщень;

в) в цехах з великогабаритним обладнанням, яке затіняє природне світло;

г) при підвищених вимогах до інтенсивності, якості і постійності освітлення на робочих місцях, які важко чи неможна задовольнити при одному природному освітленні.

2.3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

2.3.1 Вимірювальні прилади і методики вимірювання

Контроль відповідності нормам величини освітленості здійснюється шляхом її вимірювання приладами, які називаються люксометрами, принцип дії яких заснований на явищі фотоефекту.

В даній роботі можуть використовуватись два типи люксометрів: Ю-116 і Ю-117, які призначені для вимірювання освітленості з безпосереднім відліком за шкалою в люксах.

Люксометр типу Ю-116 складається із міліамперметра, селенового фотоелемента типу Ф55С і чотирьох насадок (поглиначів) до фотоелемента.

Прилад має дві шкали вимірювань, градуйованих в люксах: верхня шкала має 100 поділок, нижня - 30 поділок.

Початкові значення діапазонів вимірювань на кожній шкалі відмічені точкою. На верхній шкалі точка знаходиться над 17 поділкою, на нижній - над 5 поділкою.

На боковій стінці корпусу вимірювача розміщена штепсельна вилка для приєднання фотоелемента.

Селеновий фотоелемент знаходиться у пластмасовому корпусі і приєднується до вимірювача шнуром з розеткою, яка забезпечує правильну полярність з'єднання. Для зменшення косинусної похибки вимірювань застосовується півсферна насадка на фотоелемент, зроблена з білої світлорозсіювальної пластмаси. Насадка позначена буквою К, яка нанесена на її внутрішній бік. Ця насадка застосовується не самостійно, а разом з однією із трьох інших насадок, які мають позначки М, Р, Т.

Кожна з трьох насадок разом з насадкою К утворює три поглиначі з коефіцієнтом ослаблення 10, 100, 1000 і застосовується для розширення ді-

апазонів вимірювання. Діапазон вимірювання і загальний номінальний коефіцієнт ослаблення двох насадок (коефіцієнт перерахування шкали) наведені в таблиці 2.1.

Перед проведенням вимірювань потрібно:

1. Поставити на фотоелемент насадки К і Т. Розмістити фотоелемент і вимірювач на робочому місці.

2. Приєднати фотоелемент до вимірювача.

3. Натиснути праву кнопку на лицьовій панелі вимірювача, над якою нанесені найбільші величини діапазонів вимірювань, кратні 10.

4. Якщо стрілка приладу не доходить до 17 поділки за шкалою 0-100, то треба натиснути ліву кнопку, над якою нанесені найбільші значення діапазонів вимірювань кратні 30. В цьому випадку для відліку показань користуються шкалою 0-30.

5. Якщо стрілка приладу не доходить до п'ятої поділки за шкалою 0-30, то треба злегка натиснути праву кнопку, від'єднати фотоелемент, поставити насадки К і Р, приєднати фотоелемент до вимірювача. Далі працювати згідно з пунктами 4, 5.

Якщо з насадками К і М і при натиснутій лівій кнопці стрілка не доходить до п'ятої поділки за шкалою 0-30, вимірювання необхідно виконувати без насадок, тобто відкритим фотоелементом.

Показання приладу в поділках за відповідною шкалою необхідно помножити на коефіцієнт перерахування шкали, вказаний в табл.2.1 в залежності від застосовуваних насадок.

Наприклад, на фотоелементі установлені насадки К і Р, натиснута ліва кнопка, стрілка показує 10 поділок за шкалою 0-30. Вимірювана освітленість дорівнює $10 \times 100 = 1000$ Лк.

В кінці вимірювання від'єднати фотоелемент від вимірювача люксметра, установити на фотоелемент насадку Т; укласти фотоелемент в кришку футляра.

Таблиця 2.1 - Діапазон вимірювань і номінальний коефіцієнт ослаблення насадок

Діапазон вимірювань, лк	Умовне позначення одночасно застосовуваних двох насадок на фотоелементі	Загальний номінальний коефіцієнт ослаблення застосовуваних двох насадок - коефіцієнт перерахування шкали
5-30 17- 100	Без насадок, з відкритим фотоелементом	1
50 - 300 170- 1000	К, М	10
500 - 3000 1700 - 10000	К, Р	100
5000 - 30000 17000- 100000	К,Т	1000

УВАГА!

Бережіть люксметр від ударів і струшувань. Бережіть фотоелемент від надмірної освітленості, яка не відповідає вибраним насадкам. Поводьтесь з фотоелементом і насадками як з оптичним приладом.

2.3.2 Виконання лабораторної роботи

Завдання 1.1. Нормування і визначення КПО в приміщенні лабораторії.

1. Підготувати табл. 2.2. до запису результатів вимірювання і розрахунків. Пункти табл. 2.2., починаючи з пункту 2, збігаються з нижче наведеними пунктами виконання завдання 1.1.

2. За допомогою люксметра виміряти внутрішню горизонтальну освітленість (E_v) в точках характерного розрізу приміщення лабораторії. Першу і останню точки вимірювань взяти відповідно на віддалі 1 м від вікна (від протилежної віконному прорізу стіни).

3. Значення зовнішньої освітленості (E_v) задає викладач.

4. Розрахувати величину КПО для кожної точки, користуючись формулою (2.6).

5. Перенести розрахункові значення величини КПО в контрольній точці лабораторії з пункту 4 у пункт 5.

6. Визначити табличне (таблиця Б1.2) значення КПО e_H^{III} для навчальної лабораторії.

7. За таблицею Б1.3 визначити пояс світлового клімату для м Вінниці.

8. За таблицею Б1.4 визначити коефіцієнт світлового клімату, який відповідає визначеному поясу.

9. Використовуючи рис. 2.2, визначити азимут орієнтації світлових прорізів лабораторії.

10. За таблицею Б1.5 визначити коефіцієнт сонячності клімату C .

11. За формулою (2.7) розрахувати нормоване значення КПО для лабораторії. Зробити висновок про відповідність нормованого значення КПО фактичному. Побудувати криву залежності КПО від відстані. На кривій позначити контрольну точку, в якій нормується КПО для приміщення лабораторії.

Завдання 1.2. Нормування і вимірювання характеристик штучного освітлення в приміщенні лабораторії.

Підготувати табл. 2.3. для запису результатів вимірювання. Пункти табл. 2.3. збігаються з нижченаведеними пунктами виконання завдання 2.2.

1. Виявити, що є об'єктом розрізнення при виконанні лабораторної роботи.

2. За допомогою вимірювальної лінзи виміряти найменший розмір об'єкта розрізнення.

3. Далі всі пункти табл.2.3. заповнюються за таблицею Б1.1. Визначити характеристику зорової роботи.

4. Знайти розряд зорової роботи, який відповідає визначеній характеристиці.

5. Візуально визначити характеристику фону, на якому знаходиться об'єкт розрізнення.

6. Візуально визначити контраст об'єкта з фоном.

7. Відповідно до характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном визначити підрозряд зорової роботи

8. Відповідно до розряду і підрозряду зорової роботи вибрати норми штучного освітлення.

9. Вивчити примітки до таблиці Б1.1 і вирішити, чи необхідно їх урахувати. При необхідності їх урахування використати шкалу нормованих значень освітленості (таблиця Б1.6). Вибір поправок обґрунтувати, про що зробити відповідний запис нижче табл. 2.3.

10. Закрити вікна шторами. Визначити загальне освітлення лабораторії. За допомогою люкметра визначити найменше значення освітленості на робочій поверхні стола. Ввімкнути місцеве освітлення і виміряти величину комбінованого освітлення.

Порівняти нормовані і виміряні значення освітленості і сформулювати висновки. У висновках дати повну характеристику зорової роботи, яку можна виконувати при виміряній освітленості, використовуючи при цьому таблицю Б1.1.

2.4. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дати означення основних світлотехнічних понять і величин.

2. Що є критерієм кількісного оцінювання природного освітлення?

3. Що таке умовно прийнята горизонтальна поверхня?

4. Що таке характерний розріз приміщення при боковому освітленні?

5. Зобразіть криві розподілення природного світла в приміщенні при боковому і комбінованому освітленні. Покажіть величину середнього і мінімального значення КПО.

6. В якій точці кривої розподілення КПО нормується його значення при боковому освітленні?

7. Як здійснюється вибір табличного значення КПО?

8. Що таке найменший об'єкт розрізнення?

9. Як визначається нормоване значення КПО?

10. Що таке коефіцієнт сонячності і коефіцієнт світлового клімату?

11. Перерахуйте основні переваги і недоліки газорозрядних ламп і ламп розжарювання.

12. Які існують системи і види штучного освітлення?

13. Чому забороняється використання одного місцевого освітлення в виробничих приміщеннях?

14. Як здійснюється нормування штучного освітлення у виробничих приміщеннях?

15. В яких випадках норми освітленості штучним світлом підвищуються, а в яких знижуються?

16. Поясніть порядок вимірювання освітленості люксометром Ю-116.

Таблиця 2.2 - Визначені і нормовані значення КПО в приміщенні лабораторії

Точка вимірювання	Ев, лк	Ез, як	Розрахункове значення КПО, %	5. КПО в контрольній точці, %	
				6. Табличне значення КПО e_H^{III} , %	
1	2	3	4	7. Пояс світлового клімату	
1				8. Коефіцієнт світлового клімату t	
2				9. Азимут, град.	
3				10. Коефіцієнт сонячності клімату C	
4				11. Нормоване значення КПО, %	
5				Висновок:	

Таблиця 2.3- Нормовані і вимірні значення штучної освітленості в приміщенні лабораторії

Об'єкт розрізнення	Найменший розмір об'єкта, мм	Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Характеристика фону	Контраст об'єкта з фоном	Підрозряд	Нормоване значення освітленості з урахуванням поправок, лк	Вимірне значення освітленості, лк	Вимірне значення освітленості, лк
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Норма освітленості підвищена (знижена) в зв'язку з: _____

Висновки: _____

Додаток Б

Таблиця Б1.1 – Норми освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях за СНиП II-4-79

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне освітлення	
						Освітленість, лк		КПО e_H^{III} , %	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або комбіноване	Бокове
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Найвищої точності	Менше 0,15	I	а	Малий	Темний	5000	1500	10	3,5
			б	Малий Середній	Середній Темний	4000	1250		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	2500	750		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	1500	400		
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	а	Малий	Темний	4000	1250	7	2,5
			б	Малий Середній	Середній Темний	3000	750		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	2000	500		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	1000	300		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5	III	а	Малий	Темний	2000	500	5	2
			б	Малий Середній	Середній Темний	1000	300		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	750	300		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	400	200		

Продовження таблиці Б1.1

Середньої точності	Від 0,5 до 1	IV	a	Малий	Темний	750	300	4	1,5
			б	Малий Середній	Середній Темний	500	200		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	400	200		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	300	150		
Малої точності	Від 1 до 5	V	a	Малий	Темний	300	200	3	1
			б	Малий Середній	Середній Темний	200	150		
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	-	150		
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	-	100		
Грубої (дуже малої) і точності	Від 5	VI	-	Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном		-	150	2	0,5
Робота з самоосвітлювальними матеріалами та виробами в гарячих цехах	Більше 0,5	VII	-	Теж	-	200	3	1	

Продовження таблиці Б1.1

Загальний нагляд за ходом виробничого процесу. Постійний	VIII	а	Незалежно від характеристик фону і об'єкта з фоном	-	7,5	1	0,3
Періодичний при постійному перебуванні людей у приміщенні		б	Теж	-	50	0,7	0,2
Періодичний при періодичному перебуванні людей у приміщенні		в	Теж	-	30	0,5	0,1

Примітки:

1. В таблиці наведені значення КПО e_H^{III} тільки для зон з нестійким сніговим покривом, куди відноситься територія України, і наведені нормативні вимоги до суміщеного освітлення.

2. При різних розрядах зорової роботи, яка відбувається в одному приміщенні, значення як штучної, так і природної освітленості встановлюються за найбільш точною зоровою роботою, якій відповідає не менше 25% робочих місць.

3. В приміщеннях, спеціально призначених для роботи або виробничого навчання підлітків, значення КПО підвищується на один розряд.

4. Норми штучної освітленості, наведені в таблиці, треба підвищувати на один ступінь за шкалою (таблиця Б1.6):

а) при роботах I-IV розрядів, якщо напружена зорова робота виконується протягом всього робочого дня;

б) при підвищеній загрозі травматизму в місцях, де освітленість при системі загального освітлення складає 150 лк або менше.

5. Норми штучної освітленості, наведені в таблиці, треба знижувати на один ступінь за шкалою (таблиця Б1.5) в приміщеннях, де виконуються роботи V і VI розрядів:

а) при короточасному перебуванні людей:

б) при наявності обладнання, яке не потребує постійного обслуговування.

Таблиця Б1.2 – Норми освітленості робочих поверхонь в приміщеннях громадських будинків, організацій і закладів (СНиП II-4-79)

Приміщення	Площина (Г-горизонтальна, В-вертикальна) нормування освітленості і КПО, висота площини над підлогою, м	Штучне освітлення, лк	Природне освітлення, КПО e_H^{III} , %	
			Верхнє і комбіноване	Бокове
Будинки управління				
1. Кабінети і робочі кімнати, проектні кабінети	Г-0,8	300	-	1
2. Машинописні і машинолічильні бюро	Г-0,8	400	4	1,5
3. Проектні зали, конструкторські, креслярські бюро	Г-0,8	500	5	2
Школи, ПТУ, середні і вищі навчальні заклади				
4. Аудиторії, класні кімнати, лабораторії	В-посередині дошки Г-на робочих столах і партах	500 300	- 4	- 1,5
5. Кабінети технічного креслення і рисування	Г-0,8 на робочих столах	500	5	2
6. Кабінети і кімнати викладачів	Г-0,8	200	-	1

Примітка. В таблиці наведені значення КПО e_H^{III} тільки для зон з нестійким сніговим покривом, куди відноситься територія України.

Таблиця Б1.3 – Райони розміщення будівель на території СНД

Пояс	Населений пункт
I	Архангельськ, Мурманськ, Норільськ, Діксон
II	Санкт-Петербург, Талін, Рига, Верхоянськ
III	Москва, Мінськ, Омськ, Якутськ, Охотськ
IV а) північніше 50° північної широти б) 50° північної широти і південніше	Київ, Уральськ, Павлодар, Чита, Барнаул, Ціліноград, Вінниця, Кишинів, Волгоград, Караганда, Еліста
V а) північніше 40° північної широти б) 40° північної широти і південніше	Сімферополь, Грозний, Тбілісі, Баку, Ташкент Ашхабад, Бешкек

Таблиця Б1.4 – Значення коефіцієнта світлового клімату m

Пояс світлового клімату (див. таблицю Б1.3)	Коефіцієнт світлового клімату m
I	1,2
II	1,1
IV	0,9
V	0,8

Таблиця Б1.5 – Значення коефіцієнта сонячності клімату C

Пояс світлового клімату (див. таблицю Б1.3)	Коефіцієнт сонячності клімату C		
	Світлові прорізи, орієнтовані по сторонах світу (відрахування азимута від півночі, див. рис. 1.2), град.		
	136-255	226-315; 46-135	316-45
IV			
а) північніше 50° північної широти	0,75	0,8	1
б) 50° північної широти і південніше	0,7	0,75	0,95
V			
а) північніше 40° північної широти	0,65	0,7	0,9
б) 40° північної широти і південніше	0,6	0,65	0,85

Таблиця Б1.6 – Шкала нормованих значень освітленості, які відрізняються на один ступінь, Лк:

0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3;5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000;2500; 3000; 4000; 5000.

ЛІТЕРАТУРА

1. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.
2. Пособие по расчету и проектированию естественного, искусственного и совмещенного освещения (к СНиП II-4-79). НИИСФ – М.: Стройиздат, 1985. - 384 с.
3. Безопасность производственных процессов. Справочник. Под ред. С.В. Белова. -М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
4. ГОСТ 8.417-81. Единицы физических величин.
5. Люксметр Ю-116. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. -М., 1991.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ШУМУ. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Мета роботи: Ознайомитись з фізичними характеристиками шуму, його нормуванням та вимірюванням, навчитись складати шум від декількох джерел, дослідити ефективність захисту від шуму звукоізолювальними перешкодами.

3.1. ПІДГОТОВКА, ВИКОНАННЯ, ЗВІТ І ЗАРАХУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

До лабораторної роботи кожний студент готує заготовку звіту в якій повинні бути: назва, номер, мета роботи, короткі теоретичні відомості, таблиці, куди будуть заноситися результати експериментів.

Студент повинен знати теоретичний матеріал лабораторної роботи і повинен дати відповіді на контрольні запитання, які знаходяться в кінці лабораторної роботи. За результатами опитування перед виконанням роботи ставиться оцінка або нараховуються бали.

Студенти, які не повністю оформили заготовку звіту, або мають незадовільні знання з теоретичного матеріалу до роботи не допускаються.

При виконанні лабораторної роботи студенти заповнюють таблиці, розраховують рівні звукового тиску від двох джерел, будують спектри шуму і роблять висновки.

До кінця заняття лабораторна робота повністю виконана і акуратно оформлена (заповнені таблиці, виконані розрахунки, побудовані спектри шуму, зроблені висновки) дається викладачу для перевірки і підпису. В залежності від активності студента і участі його у виконанні роботи оцінка або кількість балів може бути підвищена або знижена. Після цього лабораторна робота вважається зарахованою.

3.2. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

3.2.1. Основні поняття

Звук - це коливальний рух пружного середовища (тверді тіла, рідини, газу), який розповсюджується хвилеподібно. Рух звукової хвилі супроводжується періодичними підвищеннями і пониженнями тиску в середовищі.

Під дією збуджувальних сил порушується стаціонарний стан і виникають звукові коливання частинок деякого середовища відносно положення рівноваги. Швидкість коливання цих частинок (коливальна швидкість V), значно менша швидкості розповсюдження звукових хвиль (швидкість звуку C).

Шум - безладне поєднання звуків різної частоти і інтенсивності. Він

виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких та газоподібних середовищах. В залежності від джерела та фізичної природи виникнення розрізняють шуми механічного, аерогідродинамічного, електротехнічного походження. Механічний шум обумовлений коливанням деталей машин, ударами. Аерогідродинамічні шуми виникають при русі рідин і газів по трубопроводах, при викиді газів в атмосферу, при обтіканні тіл і перешкод. Електротехнічні шуми виникають при роботі електродвигунів, трансформаторів, електричних машин. Шум, який розповсюджується у повітряному середовищі, прийнято називати повітряним; шум, який передається конструкціями називають структурним.

Основні фізичні характеристики звукової хвилі - звуковий тиск p (Па), коливальна швидкість v (м/с), інтенсивність I (Вт/м²) і частота f (Гц).

Звуковий тиск p (Па) - це змінний надмірний тиск, який виникає в середовищі при проходженні звукової хвилі.

Розповсюджуючись у середовищі звукові хвилі переносять енергію, яка характеризується інтенсивністю звуку.

Інтенсивність звуку I (Вт/м²) - це середня енергія, яку звукова хвиля переносить в одиницю часу через одиницю площі поверхні, яка розміщена перпендикулярно до напрямку розповсюдження хвилі.

Коливальна швидкість, м/с:

$$v = p / (\rho \cdot c), \quad (3.1)$$

де p - звуковий тиск, Па;

ρ - густина середовища, кг/м³;

c - швидкість розповсюдження звуку в середовищі, м/с;

$\rho \cdot c$ - питомий акустичний опір середовища (для повітря $\rho \cdot c = 410$ Па·с/м).

Швидкість звуку в повітрі при $t = 20^\circ\text{C}$ приблизно дорівнює 334 м/с, в сталі 5000 м/с, в бетоні 4000 м/с. Інтенсивність звуку пов'язана зі звуковим тиском залежністю

$$I = p \cdot v = p^2 / \rho \cdot c. \quad (3.2)$$

Людина з нормальним слухом сприймає звуки з частотою від 20 до 20 000 Гц, звуковий тиск від $2 \cdot 10^{-5}$ до 200 Па, інтенсивність звуку від 10^{-12} до 10^2 Вт/м² при частоті 1000 Гц.

Людина здатна реагувати не на абсолютну інтенсивність звуку, а на зміну інтенсивності відносно порогової величини. Згідно із законом Вебера-Фехнера відчуття людини, які виникають при сприйманні звуків, пропорційні логарифму інтенсивності звуку. Враховуючи це, а також з метою

спрощення операцій з великими числами, які характеризують звук на практиці, користуються логарифмічними рівнями інтенсивності звуку L_I звукового тиску L_p , які вимірюються в децибелах (дБ) і визначаються за формулам:

$$L_I = 10 \lg(I/I_0) \quad (3.3)$$

$$L_p = 20 \lg(p/p_0) \quad (3.4)$$

де I, I_0 - відповідно інтенсивність звуку фактична та порогова, Bm/m^2 ;
 p, p_0 - відповідно звуковий тиск фактичний і пороговий, (Па).

Величини мінімального звукового тиску та мінімальної інтенсивності звуків, які починає відчувати людина слуховим апаратом, називають пороговим.

Логарифмічна шкала рівнів звукового тиску побудована так, що порогові звукові тиски відповідають порогу чутності ($L=0$ дБ) тільки на частоті 1000 Гц, яка прийнята як стандартна частота порівняння в акустиці. При частоті 1000 Гц $I_0=10^{-12}$ дБ, $p_0=2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Децибел - це одиниця виміру звуку (десята частина бела, 1 дБ=0,1 Б), яка показує, наскільки інтенсивність даного звуку в логарифмічних значеннях більша умовного порога чутності.

Органи слуху людини чутливі не до інтенсивності - а до звукового тиску, тому для вимірювання шуму і оцінки його дії на людину застосовують рівні звукового тиску.

Для частотної характеристики шуму звуковий діапазон за частотою розбивається на смуги з відповідним співвідношенням верхньої граничної частоти $f_в$ до нижньої $f_н$.

Розрізняють октавну, третиннооктавну та півоктавну смуги частот.

Октавна смуга - це така смуга частот для якої відношення верхньої граничної частоти до нижньої дорівнює 2: $f_в / f_н = 2$.

Середньгеометрична частота октавної смуги дорівнює $f_{сг} = \sqrt{f_в \cdot f_н}$, для третиннооктавної смуги $f_в / f_н = \sqrt[3]{2}$, для півоктавної - $f_в / f_н = \sqrt{2}$.

Шум, як складний звук, розкладається на ряд простих складових рівнів звукового тиску при певних частотах. Це може бути зображено графічно (спектр шуму).

Частотним спектром шуму називається графічна залежність рівнів звукового тиску від частоти.

За спектром шум класифікується на широкосмуговий, тональний і змішаний (див. класифікацію у таблиці В1.1).

Широкосмуговий шум має безперервний спектр, шириною більше однієї октави. Згідно з СН 3223-85 вимірюється він у дев'яти октавних смугах. Характеристика смуг наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Номер смуги	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Середньгеометрична частота, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Нижня гранична частота, Гц	22	45	90	180	355	710	1400	2800	5600
Верхня гранична частота, Гц	45	90	180	355	710	1400	2800	5600	11200

Спектр широкопсмугового шуму наведений на рис.3.1 а.

Тональний шум має виразні дискретні тони. Спектр такого шуму лінійний. Вимірюється в третиннооктавних смугах частот із перебільшенням рівня в одній смугі над сусідніми не менш як на 10 дБ. Спектр тонального шуму наведений на рис. 3.1 б.

Якщо одночасно діє широкопсмуговий і тональний шум то спектр такого шуму змішаний, рис. 3.1 в.

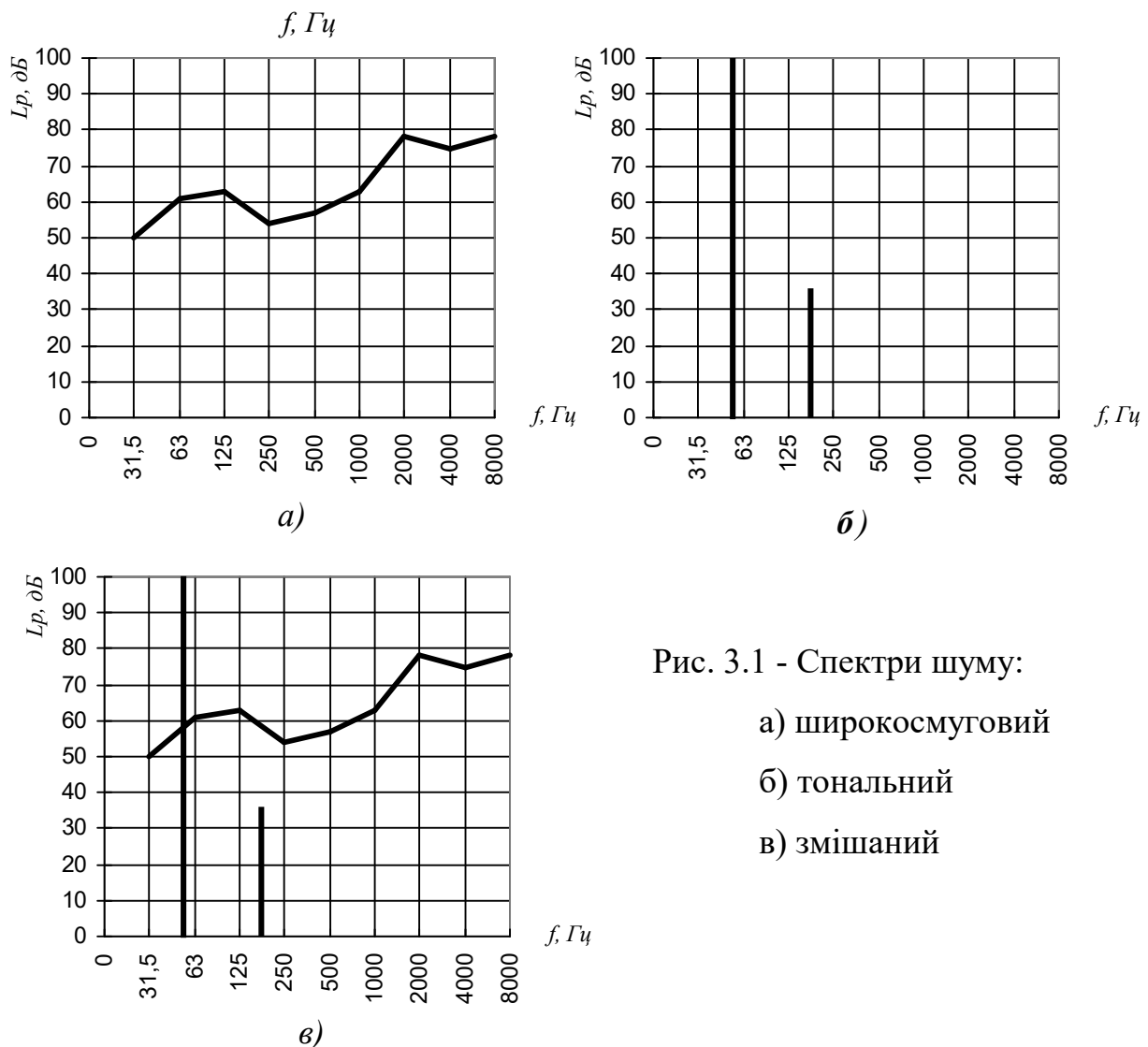


Рис. 3.1 - Спектри шуму:

- а) широкопсмуговий
- б) тональний
- в) змішаний

3.2.2. Санітарно-гігієнічне нормування шуму

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

Перший метод нормування - основний для постійних шумів (таблиця В1.1).

Характеристикою постійного шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску L_p в децибелах в октавних смугах частот з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, які визначаються за формулою 3.4.

Другий метод нормування допускається застосовувати для орієнтовної оцінки. При цьому як і характеристика постійного широкосмугового шуму на робочих місцях приймається рівень звуку в $\mathcal{A}(A)$, який вимірюється на часовій характеристиці “медлено” шумоміра згідно з ГОСТ 17187-81.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені в таблиці В1.2.

Якщо вимірний спектр шуму на деяких частотах перевищує гранично допустимий спектр, то висновок про відповідність вимірюваного шуму гранично допустимому роблять, порівнюючи рівні звукового тиску в $\mathcal{A}(A)$.

3.2.3. Додавання шуму від декількох джерел

Є декілька джерел шуму. Позначимо їх кількість через n . В розрахункову точку потрапляє шум від кожного джерела. Якщо відомий звуковий тиск, який створює кожне джерело шуму, то сумарний звуковий тиск, який утворюють джерела при одночасній роботі, знаходиться за формулою:

$$P_{\Sigma} = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i \quad (3.5)$$

Якщо відомі рівні звукового тиску кожного джерела шуму $L_{p1}, L_{p2}, \dots, L_{pn}$, то сумарний рівень звукового тиску знаходиться за формулою

$$L_{p\Sigma} = 20 \lg (10^{0,05L_1} + 10^{0,05L_2} + \dots + 10^{0,05L_n}) = 20 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,05L_i} \quad (3.6)$$

З формули 3.5 та 3.6 видно, що при додаванні шуму від декількох джерел в розрахунковій точці підсумовуються їх звукові тиски, а рівні звукового тиску перераховуються.

Приклад 1. Є три джерела шуму, які створюють в розрахунковій точці рівні звукового тиску $L_1 = 73 \text{ дБ}$, $L_2 = 69 \text{ дБ}$, $L_3 = 75 \text{ дБ}$. Необхідно знайти

рівень звукового тиску, який буде в розрахунковій точці при одночасній роботі цих джерел.

Згідно з формулою 3.6 сумарний рівень звукового тиску:

$$L_{p\Sigma} = 20 \lg(10^{0,05 \cdot 73} + 10^{0,05 \cdot 69} + 10^{0,05 \cdot 75}) = 20 \lg[(4,47 + 2,82 + 5,62) \cdot 10^3] = 82,2 \text{ дБ}.$$

При одночасній роботі двох джерел з рівнями шуму L_1 і L_2 ($L_1 > L_2$), при різниці рівнів $\Delta L_{piz} = L_1 - L_2$, сумарний рівень звукового тиску може бути знайдений за формулою

$$L_{\text{сум}} = L_1 + \Delta L_{\text{доб}},$$

де $\Delta L_{\text{доб}}$ - добавка до більшого рівня звукового тиску в залежності від різниці рівнів звукового тиску ΔL_{piz} , визначається за рисунком В1.3.

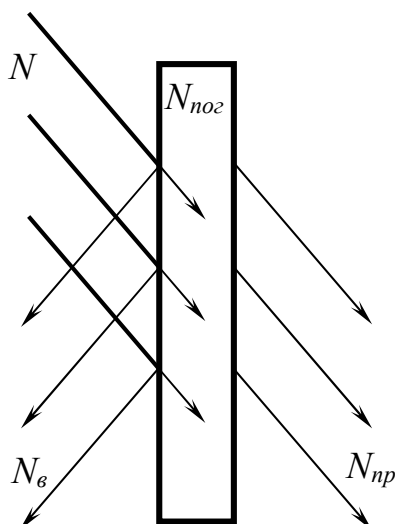
Наприклад: одне джерело шуму в розрахунковій точці утворює рівень звукового тиску 65 дБ, друге - 67 дБ. Приймаємо $L_1=67$ дБ, $L_2=65$ дБ. Різниця рівнів $\Delta L_{piz}=L_1-L_2=67-65=2$ дБ. За рисунком В1.3 знаходимо для $\Delta L_{piz}=2$ дБ добавку до більшого рівня звукового тиску $\Delta L_{\text{доб}}=1,7$ дБ. Рівень звукового тиску, який створюється двома джерелами шуму, що працюють одночасно

$$L_{\text{сум}}=67+1,7=68,7 \text{ дБ}.$$

3.2.4. Захист від шуму

Мета захисту людини від шуму - зниження рівнів звукового тиску до величини, що не перевищує гранично допустимих значень. Для зниження шуму застосовують такі методи: зменшення шуму в джерелі; зміна напрямку випромінювання; раціональне планування підприємств та цехів; акустична обробка приміщень; зменшення шуму на шляху його розповсюдження.

Шум на шляху його розповсюдження зменшують застосуванням звукопоглинальних перешкод, огорож, кожухів, екранів. Розглянемо захист від шуму звукоізоляцією.



Коефіцієнт звукопоглинання:

$$\alpha = N_{\text{ноз}} / N.$$

Коефіцієнт звуковідбиття:

$$\beta = N_{\text{г}} / N.$$

Коефіцієнт звукопровідності:

$$\tau = N_{\text{пр}} / N.$$

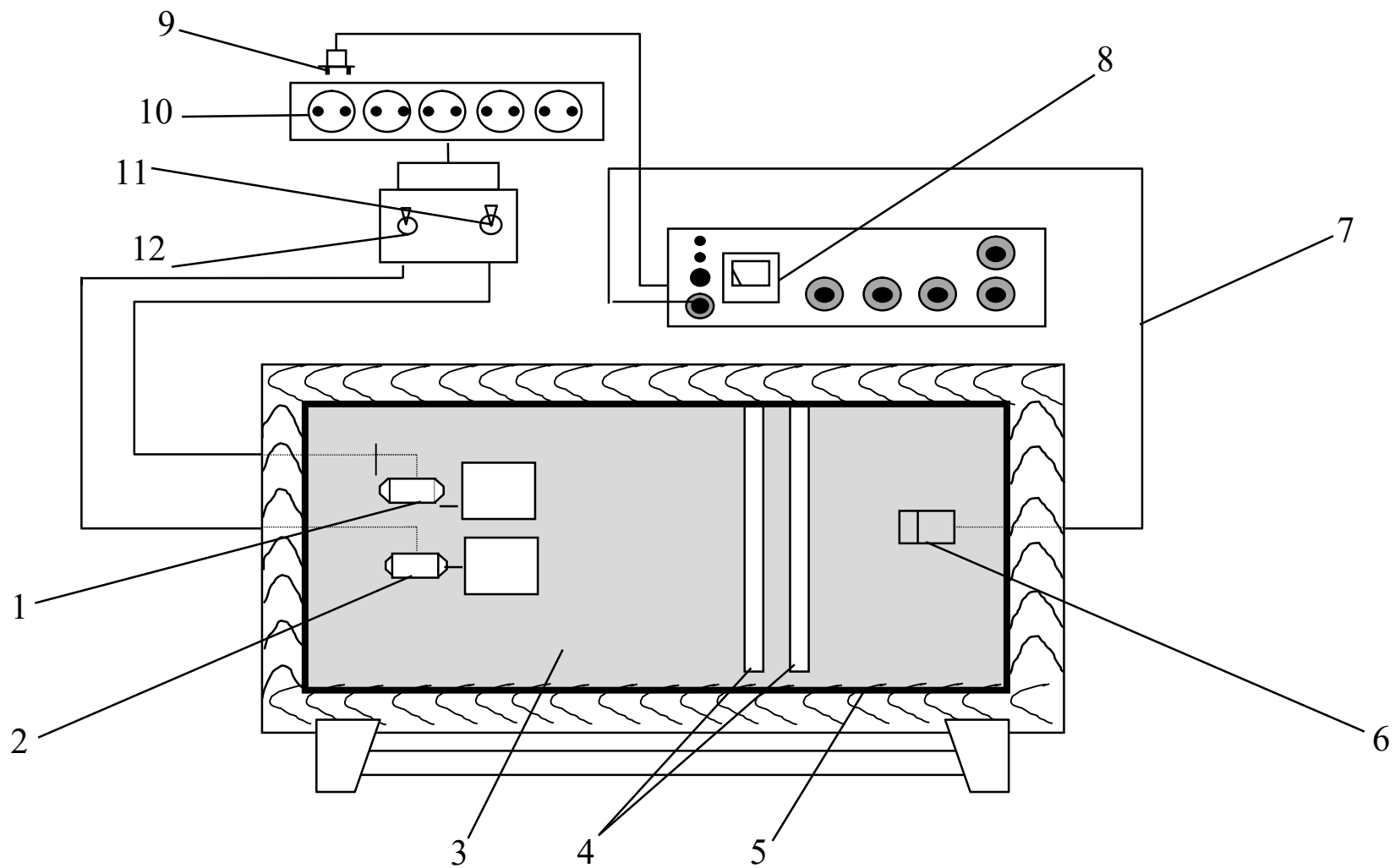


Рисунок 3.2 - Схема лабораторної установки

Приблизно величину звукоізоляції можна оцінити за такою залежністю, дБ:

$$R=10\lg I/\tau.$$

Звукоізоляція однорідної перегородки, дБ:

$$R=20\lg(m_0f)-47,5;$$

де m_0 - маса 1м^2 огорожі, кг;
 f - частота, Гц.

3.3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.3.1 Опис лабораторної установки

Вимірювання шуму у лабораторній роботі проводиться вимірювачем шуму та вібрації ВШВ-003. При вимірюванні шуму звукові коливання сприймаються мікрофоном та у ньому перетворюються в електричні сигнали, пропорційні звуковому тиску. Електричний сигнал підсилюється підсилювачем, проходить через середньоквадратичний детектор і реєструється стрілковим приладом. Якщо відбувається вимірювання рівня звукового тиску в октавних смугах, то електричний сигнал пропускається через вбудовані в прилад вимірювальні октавні фільтри.

Лабораторна установка (рис. 3.2) складається з камери 3, яка знаходиться у середині дерев'яного стола. У камері розташовані два джерела шуму 1, 2 з однієї сторони та мікрофон 6 з другої сторони. Камера 3 усередині облицьована звукопоглинальним матеріалом 5 (повсть). Між джерелами шуму 1, 2 та мікрофоном 6 зроблені пази 4 для металеві та пінопластової перешкод. На столі розташований прилад ВШВ-003. Вилка 9 служить для підключення приладу 8 до розеток 10 з напругою 220 В. Джерела шуму 1, 2 мають привод від електродвигунів, які вмикаються тумблерами 11, 12.

3.3.2. Проведення експериментів

Завдання 3.1. Для джерела шуму 1 (ДШ1) виміряти рівень звуку із врахуванням корекції "А" шумоміра та рівні звукового тиску в октавних смугах із середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Ці ж виміри зробити для ДШ2.

Розрахувати аналітично рівні звуку (дБ) та рівні звукового тиску, які створюють ДШ1 і ДШ2, що працюють одночасно. Для однієї із середньгеометричних частот перевірити аналітичні розрахунки експериментально.

Вимірювання рівня шуму з урахуванням корекції “А” шумоміра необхідно проводити в такій послідовності:

1. Перед вмиканням приладу ВШВ-003 перемикачі, кнопки, дільники на передній панелі повинні знаходитись в таких положеннях (мова рос.):

- кнопки: “КАЛИБР”, “V”, “1kHz”, “ФИЛЬТРЫ ОКТАВНЫЕ”- вимкнуті;

-“ДЕЛИТЕЛЬ I” – 80;

-“ДЕЛИТЕЛЬ II” – 50;

- перемикач “ФИЛЬТРЫ ОКТАВНЫЕ” - в будь-якому положенні;

- перемикач “РОД РАБОТЫ”- откл.;

- перемикач “ФИЛЬТРЫ” - А.;

2. Перемикач “РОД РАБОТЫ” встановити в положення S. Ввімкнути джерело шуму тумблером 11 або 12 див. рис.4.2. Якщо стрілка приладу відносно нижньої шкала “dB” знаходиться в лівій частині (показує менше ніж поділка 0), стрілка приладу виводиться у праву частину шкали зміною положення перемикача “ДЕЛИТЕЛЬ II”, а потім – “ДЕЛИТЕЛЬ I”. Відрахунок за вимірювальним приладом проводиться додаванням показань перемикачів “ДЕЛИТЕЛЬ I”, “ДЕЛИТЕЛЬ II” та стрілкового приладу по шкалі “dB”. Показання записати в рядок 1 чи 2 табл. 4.2.

Якщо “ДЕЛИТЕЛЬ I” знаходиться в положенні 20, а “ДЕЛИТЕЛЬ II” в положенні 0 і стрілка приладу знаходиться між поділками -10 і 0, то можна зафіксувати значення рівня звукового тиску від 10 до 20дБ.

Таблиця 3.2 - Результати експериментів

Джерело шуму	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. ДЖ1										
2. ДЖ2										
3. ДШ1+ДШ2 (аналітично)										
4. ДШ1+ДШ2 (експериментально)										
5. ДШ1 або ДШ2 з металевою перешкодою										
6. ДШ1 або ДШ2 з пінопластовою перешкодою										

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7. ДШ1 або ДШ2 з металевою та пінопластовою перешкодою										
8. Звукоізолювальна спроможність перешкоди (перешкод)										
9. Нормовані допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку (СН 3223-85)										

Завдання 3.2. Дослідити ефективність захисту від шуму звукоізолювальними перешкодами. Побудувати в одній системі координат три спектри шуму: ДШ1 або ДШ2 без звукоізолювальних перешкод, теж із звукоізолювальними перешкодами і гранично допустимим спектром шуму.

В один з пазів 4 (див. рис. 3.2) вставити металеву, пінопластову перешкоду, або дві перешкоди разом (за завданням викладача). За методикою описаною в завданні 3.2 виміряти рівні звуку в \mathcal{A} та рівні звукового тиску в дев'яти октавних смугах, \mathcal{B} . Дані занести в один з рядків 5, 6, 7, таблиці 3.2.

Визначити звукоізолювальну спроможність перешкоди (або перешкод) віднявши від рівнів звуку в \mathcal{A} та від рівнів звукового тиску в октавних смугах, \mathcal{B} джерела шуму без перешкоди (рядки 1,2), відповідні рівні заміряні з перешкодами (рядки 5, 6, 7). Дані занести в рядок 8 таблиці.

Згідно з СН 3223-85 (таблиця В1.2) для заданої трудової діяльності та робочих місць виписати гранично допустимий спектр шуму та допустимий рівень звуку в \mathcal{A} в рядок 9 таблиці 3.2.

Побудувати в одній системі координат спектр шуму без перешкоди (рядок 1 або 2 таблиці 3.2), з перешкодою (рядки 5, 6, або 7) і гранично допустимий спектр (рядок 9). По осі абсцис відкласти середньгеометричні частоти f_{cg} через рівні проміжки (в логарифмічному масштабі), а по осі ординат рівні звукового тиску L_p , в \mathcal{B} .

Порівняти експериментальні спектри шуму без перешкоди і з перешкодою з гранично допустимими. Зробити висновки про можливість або неможливість роботи людини в даних умовах.

3.4. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке шум?
2. Що таке звук?
3. Основні фізичні характеристики звуку.
4. Інтенсивність звуку.
5. Звуковий тиск.
6. Зв'язок між інтенсивністю звуку та звуковим тиском.
7. В яких границях сприймає людина частоту звуку?
8. В яких границях сприймає людина інтенсивність звуку?
9. В яких границях сприймає людина звуковий тиск?
10. Рівень інтенсивності шуму. Одиниці вимірювання.
11. Рівень звукового тиску. Одиниці вимірювання.
12. Чому при вимірюванні шуму застосовують логарифмічні одиниці?
13. Що таке децибел?
14. Що таке частотний спектр шуму?
15. Октавна смуга частот, її параметри.
16. Методи санітарно-гігієнічного нормування шуму.
17. Як зробити висновок про відповідність фактичного спектра шуму гранично допустимому, якщо фактичний спектр шуму на деяких частотах перевищує гранично допустимий.
18. Записати формулу для додавання шуму від двох джерел. Додати шум від двох джерел, $L_1 = 82$ дБ, $L_2 = 86$ дБ.
19. Звукопровідність, коефіцієнт звукопровідності. Величина звукоізоляції.
20. Від чого залежить звукоізоляція однорідної перешкоди? Написати формулу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Борьба с шумом на производстве: Справочник/ Е.Я. Юдин и др.- М.: Машиностроение, 1985.- 400с.
2. СН 3223-85. Санитарные нормы допустимого шума.
3. СНиП II-12-77. Защита от шума. Нормы проектирования.
4. Новак С. М., Логвинец А. С. Защита от вибрации и шума в строительстве: Справочник.-К.: Будівельник, 1990.- 184с.
5. Тимофеев Л.П., Усок В. Ф. Снижение шума на промышленных предприятиях. - К.: Техника, 1980.- 143с.

Додаток В

Таблиця В1.1 – Класифікація шуму

Шум	Характеристика
<i>За спектром</i>	
Широкосмуговий	Безперервний спектр шириною більше однієї октави.
Тональний	В спектрі якого є виразні дискретні тони. Тональний характер шуму для практичної мети (при контролі його параметрів на робочих місцях) установлюється вимірюванням в третиннооктавних смугах частот за перебільшенням рівня в одній смузі над сусідніми не менш як 10 дБ.
<i>За часовими характеристиками</i>	
Постійний	Рівень звуку якого за 8-годинний робочий день (робочу зміну) змінюється не більше як на 5 дБ(А) при вимірюванні за часовою характеристикою “повільно” шумоміром за ГОСТ 17187-81.
Непостійний	Рівень звуку якого за 8-годинний робочий день (робочу зміну) змінюється більше як на 5дБ(А) при вимірюванні за часовою характеристикою “повільно” шумоміра за ГОСТ 17187-81.
<i>Непостійні шуми</i>	
Коливний у часі	Рівень звуку якого безперервно змінюється у часі.
Перервний	Рівень звуку якого ступенево змінюється (на 5дБ(А) і більше), при цьому довжина інтервалів, за час яких рівень залишається постійним, складає 1 с та більше.

Таблиця В1.2 – Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємства за СН 3223-85

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в дБ (А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання і проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльність; робочі місця в приміщеннях дирекції, проектно-конструкторських та розрахункових бюро, у відділах програмістів обчислювальних машин, в лабораторіях для теоретичних робіт та обробки даних, для приймання хворих в оздоровчих пунктах.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Висококваліфіковані роботи, які вимагають зосередженості, адміністративно-керівна діяльність, роботи з вимірювачами, аналітичні роботи в лабораторії, робочі місця в приміщеннях цехового керівного апарату, в робочих кімнатах конторських приміщень, лабораторіях.	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Продовження таблиці В1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3. Робота, яка виконується з часто отримуваними вказівками та акустичними сигналами; робота, яка потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота; робочі місця в приміщеннях диспетчерської служби, кабінетах та приміщеннях спостереження та дистанційного керування з мовним зв'язком по телефону, друкарських бюро, на ділянках точного збирання, на телефонних і телеграфних станціях, у приміщеннях майстрів, у залах обробки інформації на обчислювальних машинах.	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Робота, яка вимагає зосередженості, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами: робочі місця за пультами у кабінах спостереження і дистанційного керування без мовного зв'язку по телефону, в приміщеннях лабораторій з шумним обладнанням, в приміщеннях для розміщення шумних агрегатів обчислювальних машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Виконання усіх видів робіт (за винятком перерахованих у пп. 1-4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

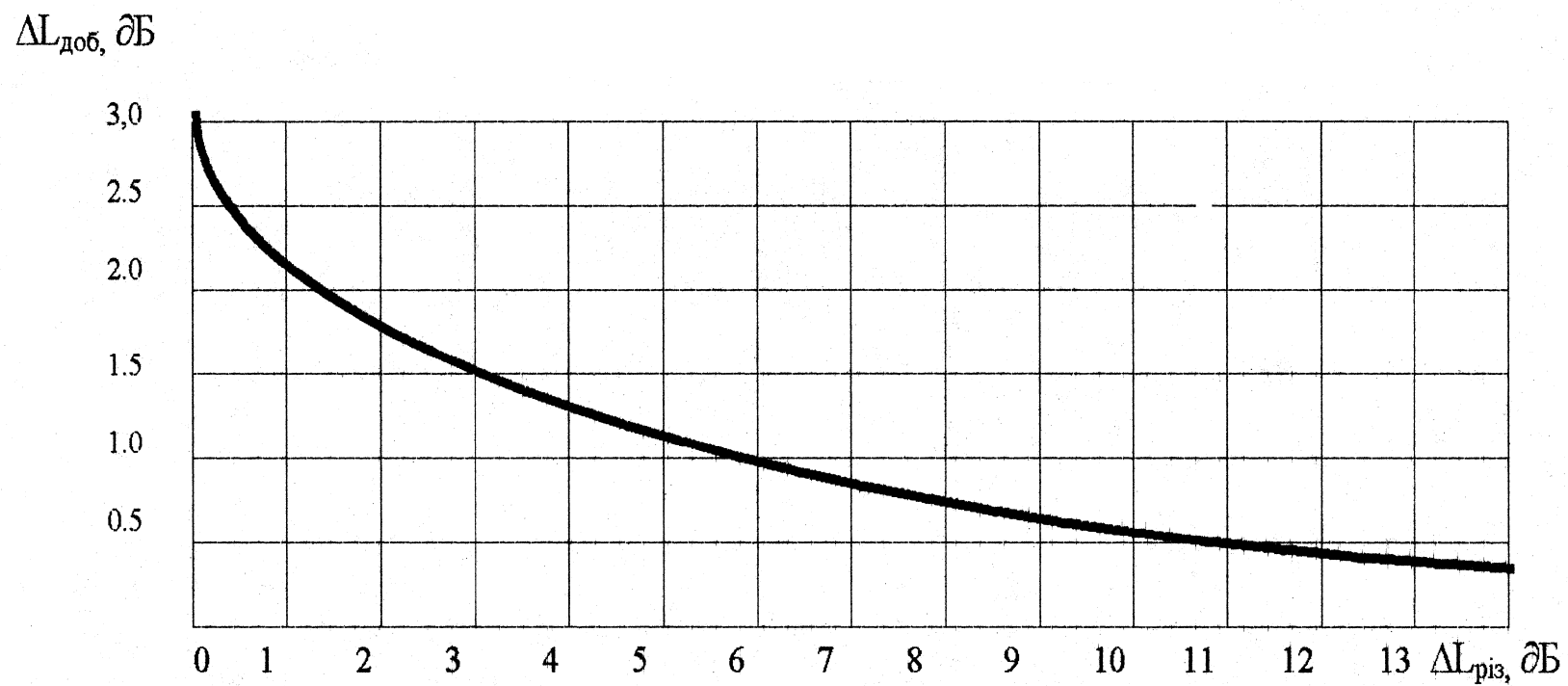


Рисунок В1.3 – Добавка $\Delta L_{\text{доб}}$, до більшого рівня звукового тиску, в залежності від різниці рівнів звукового тиску, $\Delta L_{\text{різ}}$, двох джерел шуму

4 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУГИ ДОТИКУ ТА КРОКУ.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Мета роботи: дослідити електробезпеку при однофазному замиканні на землю в трифазній мережі;

виявити ступінь і характер зміни напруги дотику і кроку, а також сили струму, який протікає через тіло людини, в залежності від її місця знаходження відносно заземлювача.

4.1 ПІДГОТОВКА ЗВІТУ

Вивчити теоретичний матеріал і підготувати форму звіту. Засвоєння теорії контролюється на початку заняття за контрольними запитаннями. Без знань теорії і відсутності форми звіту студент не допускається до виконання лабораторної роботи. Форма звіту повинна включати:

- титульну сторінку;
- таблиці 4.1 і 4.2, куди зводяться результати вимірювань напруг U_{∂} і кроку U_k .

Після заповнення таблиць 4.1 та 4.2:

- будуються графіки змін напруг дотику і кроку, а також сили струму, який протікає через людину, в залежності від відстані до заземлювача;
- робляться висновки про характер зміни U_{∂} і U_k в залежності від положення людини відносно заземлювача, про оптимальні (з точки зору електробезпеки) відстані від заземлювача до людини при дії U_{∂} і U_k , обґрунтованих на нормованих (рекомендованих) значеннях напруг дотику та напруги кроку, значення яких знаходяться відповідно до п.4.2.5.

4.2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

4.2.1 Загальні відомості

Електричне замикання на землю - це електричне з'єднання струмопровідних частин із землею або з неструмопровідними конструкціями чи предметами, які проводять електричний струм і неізольовані від землі. Такий контакт може бути випадковим або навмисним.

В останньому випадку провідник або група з'єднаних між собою провідників, які знаходяться в контакті із землею, називається заземлювачем. Одиначний провідник, який знаходиться в контакті із землею називається одиначним заземлювачем, або електродом, а заземлювач з декількох паралельно з'єднаних електродів, називається груповим або складним заземлювачем.

чем.

Причинами протікання струму на землю є замикання струмопровідних частин на корпус електричного обладнання, який з'єднано через заземлювач із землею, падіння проводу на землю і т. п. В усіх цих випадках відбувається різке зниження потенціалу (тобто напруги відносно землі) струмопровідної частини, яка з'єднана із землею.

Це явище (надто сприятливе за умовами безпеки) використовують як міру захисту від ураження струмом при випадковій появі напруги на металевих неструмопровідних частинах, які з цією метою заземлюють. Однак, наряду із зниженням потенціалу струмопровідної частини, яка з'єднана із землею, при проходженні струму в землю виникають і негативні явища, а саме - поява потенціалів на заземлювачі і металевих частинах, які знаходяться в контакті з ним, а також на поверхні ґрунту навколо місця розтікання струму по землі. Різниця потенціалів окремих точок кола струму, яка виникає при цьому, в тому числі точок на поверхні землі, може досягати великих значень і бути небезпечною для людини.

Значення потенціалів, їх різниця і характер зміни, а також обумовлена ними небезпека ураження людини струмом, залежать від багатьох факторів: значення струму, який тече в землю, конфігурації, розмірів, числа і взаємного розташування електродів, що складають груповий заземлювач; питомого опору ґрунту та ін.

4.2.2 Розподіл потенціалу на поверхні землі при замиканні на землю

Проходження струму в землю супроводжується виникненням на заземлювачі і в землі навколо заземлювача, а також на її поверхні потенціалів.

Щоб визначити від чого залежать значення цих потенціалів, як вони змінюються при змінах відстані до заземлення, розглянемо як приклад випадок проходження струму в землю через заземлювач у вигляді півкулі радіусом r (рис. 4.1). Цей заземлювач на практиці, як правило, не застосовується. Однак використання його як прикладу зручне, оскільки при цьому різко спрощуються математичні висновки. Для більшого спрощення припустимо, що ґрунт однорідний, тобто в будь-якій точці має однаковий питомий опір ρ , Ом·м.

Оскільки ґрунт однорідний, струм в ньому буде розтікатися від півкулі рівномірно і симетрично в усі сторони (від радіуса півкулі) щільність його в землі буде зменшуватися з віддаленням від заземлювача. На відстані x , м, від центра півкулі густина струму, А/м²,

$$j = I_3 / 2\pi x^2, \quad (4.1)$$

В об'ємі землі, де проходить струм, виникає так зване поле розтікання струму. Теоретично воно займає простір до нескінченності. Однак в дійсних умовах вже на відстані 20 м від заземлювача переріз шару землі, через який проходить струм, виявляється настільки великим, що густина струму тут практично дорівнює нулю. Отже, в даному випадку, тобто при заземлювачі у вигляді кулі малого радіуса, поле розтікання можна вважати обмеженим об'ємом півсфери, радіус якої дорівнює приблизно 20 м.

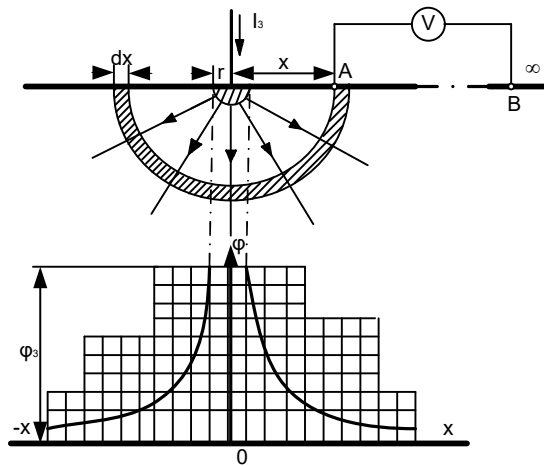


Рисунок 4.1 - Розподіл потенціалу на поверхні землі навколо заземлювача у вигляді півкулі

При змінному струмі частотою 50 Гц поле розтікання струму у однорідному середовищі можна розглядати як стаціонарне електричне поле, напруженість якого E , В/м, пов'язана з густиною струму співвідношенням (закон Ома в диференціальній формі)

$$E = j \cdot \rho. \quad (4.2)$$

При цьому лінії напруженості електричного поля збігаються з лініями густини струму, які в даному випадку збігаються також з радіусами заземлювача у вигляді півкулі. Враховуючи (4.1),

$$E = I_3 \cdot \rho / 2\pi x^2.$$

Спад напруги в елементарному шарі землі товщиною ax , м,

$$dU = E \cdot dx = \frac{I_3 \rho}{2\pi x^2} dx. \quad (4.3)$$

Для визначення потенціалу будь-якої точки в об'ємі землі, наприклад точки А, виберемо ще одну точку (В), яка лежить в нескінченності і потенціал якої відомий і дорівнює нулю. Тоді напруга (різниця потенціалів)

$$U = \varphi_A - \varphi_\infty = \varphi_A.$$

З урахуванням (4.3), потенціал точки А, дорівнює :

$$\varphi_A = \int_x^{\infty} dU = \int_x^{\infty} \frac{I_3 \rho}{2\pi x^2} dx; \frac{I_3 \rho}{2\pi} = k = \text{const.}$$

$$\varphi_A = k \int_x^{\infty} x^{-2} dx = -k \frac{1}{x} \Big|_x^{\infty} = -k \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{x} \right) = k \frac{1}{x}, \quad (4.4)$$

тобто потенціал точки з віддаленням її від заземлювача зменшується за гіперболічним законом (рис. 4.1).

Максимальний потенціал буде при найменшій відстані від заземлювача, тобто на поверхні заземлювача при $x = r$

$$\varphi_{\max} = \varphi \frac{I_3 \rho}{2\pi r} = I_3 R_3, \quad (4.5)$$

де r - радіус заземлювача, м;

$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot r}$ - опір розтіканню (опір заземлювача), Ом;

φ_{\max} - це потенціал заземлювача у вигляді півкулі.

Мінімальний потенціал, тобто $\varphi = 0$, буде мати точка, яка знаходиться на відстані від заземлювача $x = \infty$. Практично область нульового потенціалу починається приблизно з відстані 20 м від заземлювача.

Отже, потенціал на поверхні землі навколо заземлювача у вигляді півкулі змінюється за законом гіперболи, зменшуючись від максимального значення φ_3 до нуля при віддаленні від заземлювача (рис. 4.1).

Очевидно, що для даного випадку (як і для деяких інших одиничних заземлювачів - стержньового, дискового і т. п.) екіпотенціальні лінії на поверхні землі являють собою концентричні кола, центром яких є центр заземлювача.

В реальних умовах, коли ґрунт навколо заземлювача неоднорідний, екіпотенціальні лінії можуть значно відрізнятись від кіл і зміна потенціалу при віддаленні від заземлювача буде відбуватися не за гіперболою, а за довільною кривою.

В зоні розтікання струму людина може опинитись під різницею потенціалів, наприклад, на відстані кроку.

4.2.3 Напряга кроку

Напрягою кроку називається напряга між двома точками кола струму (різниця потенціалів точок дотику), розташованими одна від одної на відстані

кроку, на яких водночас стоїть людина.

На рис. 4.2 зображено визначення напруги між точками на поверхні землі (чи іншої основи, на якій стоїть людина) в зоні розтікання струму з одиночного заземлювача у вигляді півкулі. В цьому випадку напруга кроку буде визначатися як різниця потенціалів φ_x і φ_{x+a} між двома точками на поверхні землі в зоні розтікання струму, які знаходяться на відстані x і $x+a$ від заземлювача і на відстані кроку одна від одної і на яких водночас стоїть людина. При цьому довжина кроку a приймається рівною 0,8 м. Таким чином, напруга кроку U_k , В, буде

$$U_k = \varphi_x - \varphi_{x+a} = I_h \cdot R_h = \varphi_3 \cdot \beta_1, \quad (4.6)$$

де β_1 - коефіцієнт напруги кроку, який враховує форму потенціальної кривої:

$$\beta_1 = (\varphi_x - \varphi_{x+a}) / \varphi_3 \leq 1.$$

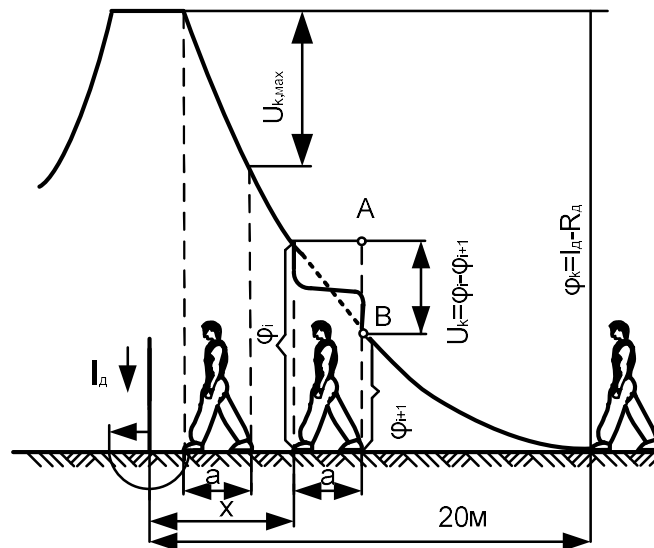


Рисунок 4.2 - Напруга кроку при одиночному заземлювачі у вигляді півкулі

Оскільки різниця потенціалів між двома точками, на яких стоїть людина, ділиться між опором тіла людини R_h і послідовно з'єднаними з ним опором взуття $R_{вз}$ та опором розтікання основи $R_{осн}$, то

$$\varphi_3 \cdot \beta_1 = I_h (R_h + R_{вз} + R_{осн}) = I_h \cdot R_{нов} = I_h \cdot R_h \cdot R_{нов} / R_h, \quad (4.7)$$

де $R_{нов} = R_h + R_{вз} + R_{осн}$ - повний опір людини.

В свою чергу $I_h \cdot R_h = U_{кр}$.

Таким чином, вираз для напруги кроку з урахуванням спаду напруги на

опорі взуття та опорі основи, на якій стоїть людина, згідно з (4.7) прийме вигляд

$$U_{кр} = \varphi_3 \cdot \beta_1 \beta_2, \quad (4.8)$$

де β_2 - коефіцієнт, що враховує спад напруги у додаткових опорах ланцюгів людини:

$$\beta_2 = R_h / R_{нов} = R_h / (R_h + R_{вз} + R_{осн}).$$

Висновки :

1. Чим ближче знаходиться людина до заземлювача, по якому протікає струм замикання, тим більша напруга кроку діє на неї. Тому не рекомендується підходити до місця замикання без використання спеціальних захисних засобів ближче ніж на 5... 6 м.

2. Чим крутіша потенціальна крива заземлювача, тим більша напруга кроку. Це характерно для одиничних заземлювачів будь-якої форми, а також для групових, які мають велику відстань між сусідніми заземлювачами (10 м і більше).

3. Небезпека ураження знижується внаслідок зменшення напруги кроку і струму, який проходить через людину, при збільшенні опорі основи, на якій стоїть людина. Тому як ефективні заходи захисту раціонально використовувати діелектричні боти, калоші, а також покриття поверхні землі гравієм, укладання діелектричних килимків і т.п.

При замиканні на землю через корпус заземленого обладнання корпус також опиниться під потенціалом заземлювача. У випадку доторкання до корпусу людина опиниться під напругою дотику.

4.2.4 Напруга дотику

Напруга дотику U_δ - напруга (різниця потенціалів) між двома точками кола струму, до яких одночасно торкається людина (рис. 4.3).

При захисному заземленні, зануленні одна з цих точок має потенціал заземлювача φ_3 , а інша - потенціал основи в тому місці, де стоїть людина, $\varphi_{осн}$. В цьому випадку напруга дотику буде

$$U_\delta = \varphi_3 - \varphi_{осн} = \varphi_3 \cdot \alpha_1, \quad (4.9)$$

де α_1 - коефіцієнт напруги дотику, який враховує форму потенціальної кривої;

$$\alpha_1 = (\varphi_3 - \varphi_{осн}) / \varphi_3 \leq 1$$

За аналогією з напругою кроку вираз для напруги дотику з урахуванням

спаду напруги на взутті та основі буде мати вигляд

$$U_{\partial} = \varphi_3 \cdot \alpha_1 \alpha_2, \quad (4.10)$$

де α_2 - коефіцієнт, що враховує спад напруги у додаткових опорах ланцюгів людини:

$$\alpha_2 = R_h / R_{\text{пов}} = R_h / (R_h + R_{\text{вз}} + R_{\text{осн}})$$

$R_{\text{пов}}$ - повний опір людини.

Розглянемо випадок дотику людини до корпусів електродвигунів, які заземлені за допомогою одиничного заземлювача у вигляді півкулі (рис. 4.1). При замиканні на корпус в одному з цих двигунів, на заземлювачі і всіх приєднаних до нього металевих частинах, в тому числі на корпусах двигунів, з'явиться потенціал φ_3 . Поверхня землі навколо заземлювачі також буде мати потенціал, що змінюється за кривою, що залежить від форми і розмірів заземлювача.

Напруга дотику для людини, яка торкається до заземленого корпусу двигуна і стоїть на землі (рис. 4.3), визначається відрізком AB і залежить від форми потенціальної кривої і відстані A - між людиною і заземлювачем: чим далі від заземлювача знаходиться людина, тим більше U_{∂} і навпаки.

Так, при найбільшій відстані, тобто при $x = \infty$, а практично при $x \geq 0$ м (випадок 2 на рис.4.3.), напруга дотику має найбільше значення: $U_{\partial} = \varphi_3$; при цьому $\alpha_1 = 1$.

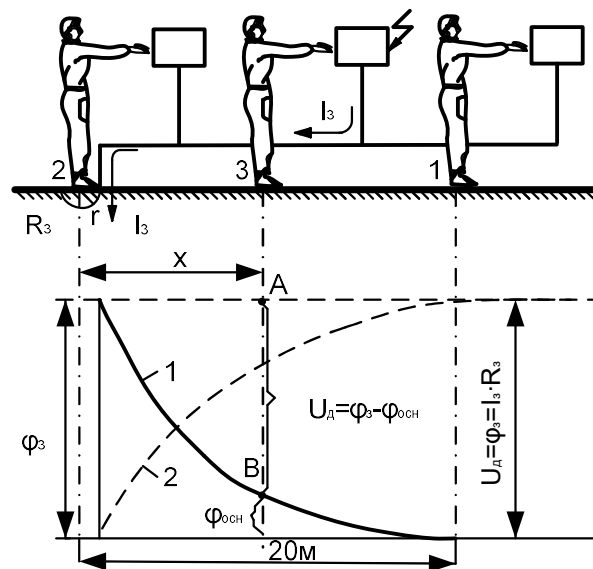


Рисунок 4.3 - Напруга дотику при одиничному заземлювачі: 1- потенціальна крива; 2 - крива, яка характеризує зміну напруги $U_{\partial \text{он}}$

Це найбільш небезпечний випадок дотику.

При найменшому значенні x , тобто коли людина стоїть безпосередньо на заземлювачі (випадок 3 на рис. 4.3.), $U_d = 0$; при цьому $\alpha_1 = 0$. Це безпечний випадок: на людину напруга практично не впливає, хоча вона знаходиться під потенціалом заземлювача φ_3 .

При інших значеннях x в межах 0 – 20 м (випадок 1) U_d плавно зростає від 0 до φ_3 . Крива напруги дотику є дзеркальним відображенням кривої зміни потенціалу основи.

Висновки:

1. З віддаленням від заземлювача напруга дотику збільшується і стає практично рівною з напругою заземлювача на відстані 20м і більше від нього.

2. Небезпека ураження знижується внаслідок зменшення напруги дотику і струму, який проходить через тіло людини. Силу струму можна зменшити збільшенням опору основи, використовуючи діелектричні боти, калоші і покриваючи землю гравієм і т.п.

3. Для зменшення напруги дотику (напруги кроку), необхідно, щоб крива розподілення потенціалів в зоні розтікання була якомога похилішою. Це досягається вирівнюванням потенціалів за допомогою пристроїв заземлення у вигляді замкнутих контурів або ж у вигляді металеві сітки під площею, на якій встановлено електрообладнання.

4.2.5 Нормування напруги дотику та кроку

Як нормовані значення напруги дотику за ГОСТом 132.1.038-82 [1] прийняті гранично допустимі рівні напруги дотику; їм відповідають гранично допустимі рівні струмів. При цьому враховуються вид дотику (одно-, двофазний), час дії, режим електроустановки (нормальний - якщо не має пошкодження ізоляції, аварійний - коли є пошкодження); частота (50 Гц і 400 Гц) і вид струму (постійний: одно- та двопівперіодний, змінний). В табл. 4.1. наведені гранично допустимі рівні напруги дотику та струму при проходженні струму від однієї руки до другої та від руки до ніг при нормальному режимі електроустановок для мереж до 1000 В з будь-яким режимом нейтралі і вище з ізольованою нейтраллю.

Таблиця 4.1

Показник	Час дії t , сек					
	0,1	0,2	0,5	0,9	1	Більше 1
Напруга, В	340	160	105	70	60	20

Сила струму, мА	400	190	125	65	50	6
-----------------	-----	-----	-----	----	----	---

Значення напруг та струмів для осіб, що виконують роботу в умовах високих температур (понад 25°C) та відносної вологості повітря (вище 75%), параметри нормуються у три рази менші.

Розрахункове значення напруги кроку рекомендується розраховувати згідно з [2], В,

$$U_{кр} = \frac{(1000 + 6\rho) \cdot 0,116}{\sqrt{t}}, \quad (4.10)$$

де ρ - питомий опір поверхневого шару землі, Ом·м;

t - час дії, тобто тривалість замикання, с.

Значення ρ і t задає викладач.

4.3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

4.3.1 Будова стенда

Стенд, на якому досліджують U_k , U_δ і I_h має на лицевій панелі частини схеми, які світяться. На ній розміщені органи управління: вимикачі "сеть", "замыкание"; перемикачі " U_δ ", " U_k " (для вимірювання напруги відповідно дотику і кроку) і перемикач положень з одинадцятьма фіксованими положеннями, а також вимірювальні прилади. На панелі зображені: повітряна лінія електропередач з металевою опорою, яка заземлена через заземлювач; криві - потенціальна і напруги дотику. Місця де проводяться дослідження висвічуються лампочками, встановленими на різній відстані від заземлювача.

4.3.2 Проведення експерименту

Завдання 4.1. Дослідити характер зміни:

а) напруги кроку у залежності від місця знаходження людини відносно заземлювача;

б) сили струму, який протікає через тіло людини, в залежності від дії напруги кроку.

4.1. Підготувати табл. 4.2 для запису результатів вимірювань.

4.2. Привести стенд в початкове положення. Вимикачі "Сеть" і "Замыкание" поставити у виключене положення (вниз), перемикач " U_δ ", " U_k " - в середнє положення, між індексами " U_δ " і " U_k " перемикач положення людини відносно заземлювача - у положення "1".

4.3. Вибрати схему для виконання завдання. Для цього вимикач "Сеть"

перевести в робоче положення (вверх); при цьому загорасться надпис "10 кВ", який свідчить про подачу напруги на стенд.

Таблиця 4.2 - Дані досліджень U_k і I_h

Номер п/п	Положення людини відносно заземлювача	Напруга кроку U_{kp} , В	Сила струму, який протікає через тіло людини I_h , mA
1	1		
2	2		
3	3		
...	...		
11	11		

4.4. Вимикач "Замыкание" перевести в робоче положення (вверх) при цьому загорасться: сигнальна лампа місця замикання (ізолятор ЛЕП) і "бігучі вогні", які імітують розтікання струму в землі через заземлювач опори ЛЕП.

4.5. Перемикач " U_k-U_0 " із середнього положення переводиться в положення " U_k ". При цьому загорасться сигнальна лампа на кривій " U_k " (синя крива на графіку в центрі стенда) і лампа силуету людини "1" (вверху панелі стенда) при віддаленні її від заземлювача на один крок.

4.6. Записати показання вольтметра і міліамперметра при цьому положенні перемикачів.

4.7. Поставити перемикач у положення "2", не змінюючи положення інших перемикачів і вимикачів. При цьому загориться друга лампа на кривій " U_k " і силует людини "2".

4.8. Записати показання вольтметра і міліамперметра.

4.9. Перемикач поставити у положення "3", потім "4" і так далі до "11", кожний раз записуючи показання вольтметра і міліамперметра. Положення "11" буде відповідати віддаленню людини від заземлювача на відстань 21 м при кроку 0,8 м (на графіку по горизонтальній осі відкладається відстань в метрах, по вертикальній - напруга кроку)

Завдання 4.2. Дослідити характер зміни:

а) напруги дотику в залежності від місця положення людини відносно заземлювача;

б) струму, який протікає через тіло людини, в залежності від дії напруги дотику.

4.1. Підготувати табл. 4.3 для запису результатів вимірювань.

Таблиця 4.3 - Дані досліджень U_{∂} і I_h

Номер п/п	Положення людини відносно заземлювача	Напруга дотику $U_{\partial om}$, В	Сила струму, який протікає через тіло людини I_h , mA
1	1		
2	2		
3	3		
...	...		
11	11		

4.2. Привести стенд в початкове положення (див. п. 4.2).

4.3. Підготувати стенд для вимірювань, виконавши п. п. 4.3 і 4.4 завдання 4.1.

4.4. Перемикач " $U_{kp} - U_{\partial om}$ " із середнього положення перевести у положення " $U_{\partial om}$ ". При цьому загорається сигнальна лампа на кривій (зелена крива графіка) і лампа силуету людини "1" (внизу панелі стенда) при знаходженні людини на заземлювачі.

4.5. Записати показання вольтметра і міліамперметра.

4.6. Перемикач поставити послідовно у положення "2", "3" і так далі до "11", кожний раз записуючи покази вольтметра і міліамперметра. При перемиканні в тій же послідовності загораються сигнальні лампи із силуетами людини.

4.7. Після закінчення роботи відключити стенд вимикачем "Сеть" і привести його в початкове положення згідно з п.п. 1.2.

4.4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чому дорівнює потенціал одиничного заземлювача у вигляді півкулі?
2. Дайте визначення напруги кроку. Як вона виражається математично?
3. Як визначаються коефіцієнти напруги кроку β_1 і β_2 ?
4. На якій відстані від заземлювача дія напруги кроку буде найбільшою (найменшою)?
5. Що називається напругою дотику? Як вона виражається ма-

тематично?

6. Як визначаються коефіцієнти напруги дотику α_1 і α_2 ?
7. На якій відстані від заземлювача дія напруги дотику буде найбільшою (найменшою)?
8. Поясніть чому крива зміни напруги дотику з відстанню від одиночного заземлювача є дзеркальним відображенням кривої зміни потенціалу основи.
9. Заходи із зниженню небезпечних наслідків дії напруги кроку і напруги дотику.
10. Показати на графіку $U_{кр} = (U_{дом}) = f(x)$ напруги кроку (напруги дотику).
11. Розкажіть про послідовність роботи на стенді при дослідженні змін напруги кроку і напруги дотику.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
2. Правила устройства электроустановок /Минэнерго СССР. -6-е изд., перераб. и доп - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.
3. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. - 448 с.

Навчальне видання

Є. А.Бондаренко, В.А.Дрончак, Р.Я.Дупляк,
О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко

Основи охорони праці

Лабораторний практикум

Оригінал-макет підготовлено Кобилянським О.В.

Редактор В. О. Дружиніна
Коректор З.В. Поліщук

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7 × 42 ¼
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Є.А.Бондаренко, В.А.Дрончак, Р.Я.Дупляк,
О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко

ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Усі цитати, цифровий, фактичний матеріал та бібліографічні відомості перевірені, написання одиниць відповідає стандартам. Зауваження рецензентів враховані.

Вимогам, які висуваються до навчальної літератури, відповідає.

До друку і в світ дозволяю на підставі §2 п.15 "Єдиних правил..."

Автори: _____ Є.А.Бондаренко
_____ В.А.Дрончак
_____ Р.Я.Дупляк
_____ О.В.Кобилянський
_____ О.П.Терещенко

Проректор з навчальної та науково-методичної роботи
В.О.Леонтєв

Затверджено
на засіданні кафедри МБОПБЖ
Протокол № 4 від 17.10.2006р.
Зав. кафедрою
_____ В.Р. Сердюк
(підпис)

Вінниця ВНТУ 2006

Навчання

Є. А.Бондаренко Ігачак, Р.Я.Дупляк,
О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко

Охорона праці в галузі

Лабораторний практикум

Оригінал-макет підготовлено Кобилянським О.В.

Редактор В. О. Дружиніна

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7 × 42 ¼
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Є.А.Бондаренко, В.А.Дрончак, Р.Я.Дупляк,
О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко

ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Усі цитати, цифровий, фактичний матеріал та бібліографічні відомості перевірені, написання одиниць відповідає стандартам. Зауваження рецензентів враховані.

Вимогам, які висуваються до навчальної літератури, відповідає.

До друку і в світ дозволяю на підставі §2 п.15 "Єдиних правил..."

Автор: _____ О.В. Кобилянський
(підпис)

Проректор з навчальної та науково-методичної роботи
В.О.Леонтєв

Затверджено
на засіданні кафедри МБОПБЖ
Протокол № 4 від 17.10.2006р.
Зав. кафедрою
_____ В.Р. Сердюк
(підпис)

Вінниця ВНТУ 2006

Є.А.Бондаренко, В.А.Дрончак, Р.Я.Дупляк,
О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко

ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

