

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

# **БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Практикум для ЗВО всіх галузей знань

Обговорено і рекомендовано  
на засіданні кафедри  
харчових технологій  
*Протокол № 1*  
*від 07.09.2020р.*

Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для ЗВО всіх галузей знань / Укл.: Денисова Н.М., Костенко І.А., Буяльська Н.П. – Чернігів: НУ “Чернігівська політехніка”, 2020. – 69 с.

Бібліогр. 33, табл. 39, рис. 9

В методичних вказівках наведені практичні роботи з дисципліни “Безпека життєдіяльності та основи охорони праці”. Вони містять: короткі теоретичні відомості, приклади розв’язання задач, завдання для самостійної роботи та необхідний довідковий матеріал для успішного виконання кожного практичного заняття.

Укладачі: ДЕНИСОВА НАТАЛЯ МИКОЛАЇВНА, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій

КОСТЕНКО ІГОР АНДРІЙОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій

БУЯЛЬСЬКА НАТАЛЯ ПАВЛІВНА, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій

Відповідальний за випуск: ХРЕБТАНЬ ОЛЕНА БОРИСІВНА, завідувач кафедри харчових технологій кандидат технічних наук

Рецензент: ГУМЕНЮК ОКСАНА ЛЕОНІДІВНА, кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Національного університету «Чернігівська політехніка»

## ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1.....	6
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2.....	15
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3.....	24
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4.....	33
ПРАКТИЧНА РОБОТА 5.....	43
ПРАКТИЧНА РОБОТА 6.....	52
ПРАКТИЧНА РОБОТА 7.....	60
<b>Список рекомендованої літератури.....</b>	<b>68</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

БЖД – безпека життєдіяльності

ГДК – граничнодопустима концентрація шкідливої речовини

ГДР – граничнодопустимий рівень дії шкідливого та (або) небезпечного виробничого фактору

ЗПМ – звукопоглинальний матеріал

КПО – коефіцієнт природного освітлення

НС – надзвичайна ситуація

ОГ – об'єкт господарювання

ОПН – об'єкт підвищеної небезпеки

ООП – основи охорони праці

ПНО – потенційно – небезпечний об'єкт

СУОП – система управління охороною праці

ШР – шкідлива речовина

## ВСТУП

Сучасний кризовий стан економіки України обумовлює з одного боку необхідність переорієнтації всіх сфер соціально-економічного життя, з іншого – обов'язковість конституційного права кожного громадянина на належні безпечні і здорові умови праці та пріоритет життя і здоров'я працівника по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства. В реалізації цієї політики значну роль має відігравати постійне поліпшення умов і охорони праці.

Для пом'якшення негативного впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів та реалізації державної політики у сфері охорони праці потрібно запровадити ефективне управління охороною праці на підприємствах різних форм власності.

Складна соціально-політична ситуація в нашій державі виводить на перший план також питання захисту населення від надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру. Тому комплексне питання захисту працюючих є актуальним питанням сьогодення. Підготовка фахівців, що вміють ефективно вирішувати ці питання, є метою даного курсу.

## Практична робота № 1

### 1. Знаки безпеки на виробництві і дорожнього руху та перша долікарська допомога

**1.1 Мета роботи:** Вивчити знаки безпеки та сигнальні кольори на виробництві та знаки безпеки дорожнього руху. Навчитись надавати першу долікарську допомогу потерпілим.

#### 1.2 Короткі теоретичні відомості

*Знаки безпеки та сигнальні кольори. Дорожні знаки.*

Безпека виконуваних робіт суттєво залежить від дохідливості, швидкості та точності зорової інформації. На цьому основане широке використання на виробництві знаків безпеки та сигнальних кольорів, які відіграють роль закодованого носія відповідної інформації. Кольори сигнальні та знаки безпеки регламентовані ГОСТ 12.4.026-76. Відповідні до цього нормативного документу у нас, як і в багатьох інших країнах, прийняті такі основні **сигнальні кольори**: червоний — „небезпека“; жовтий — „увага“, зелений — „безпека“, синій — „інформація“.

Червоний — колір призначений для позначення протипожежним засобів та абсолютної (невідкладної) зупинки. Крім того, ним фарбують місце, обладнання та прилади, де може виникнути вогнебезпечна чи аварійна ситуація.

Жовтим кольором фарбують небезпечні зони устаткування, низько розташовані над проходами конструкції, виступи на підлогах, а також засоби внутрішньоцехового транспорту. Для більшої помітності застосовують послідовність жовтих та чорних смуг.

Зелений колір свідчить про безпеку, зокрема про безпеку руху.

Синій служить для інформації.

Іноді застосовують білий колір, яким позначають межі проїздів, проходів, місць складування.

ГОСТ 12.4.026-76 регламентує також відповідне пофарбування інженерних конструкцій (трубопроводів та електромашин).

**Знаки безпеки** призначені для попередження працюючих про можливу небезпеку, про необхідність застосування відповідних засобів захисту, а також дозволяють чи забороняють певні дії працівників. Встановлені знаки безпеки таких груп: заборонні, попереджувальні, приписуючі та вказівні (рис. 5.1).

**Заборонні знаки:** 1.1 – Забороняється користуватися відкритим полум'ям; 1.2 – Забороняється палити; 1.3 – Вхід (прохід) заборонено; 1.4 – Забороняється гасити водою; 1.5 – Заборонюючий знак з пояснювальним написом.

**Попереджувальні знаки:** 2.1 – Обережно! Легкозаймисті речовини; 2.2 – Обережно! Небезпека вибуху; 2.3 – Обережно! Їдкі речовини; 2.4 – Обережно! Отруйні речовини; 2.5 – Обережно! Електрична напруга; 2.6 – Обережно! Опасно! Висока температура

режно! Випромінювання лазера; 2.7– Обережно! Працює кран; 2.8 – Обережно! Ймовірно падіння; 2.9 – Обережно! Інші небезпеки.

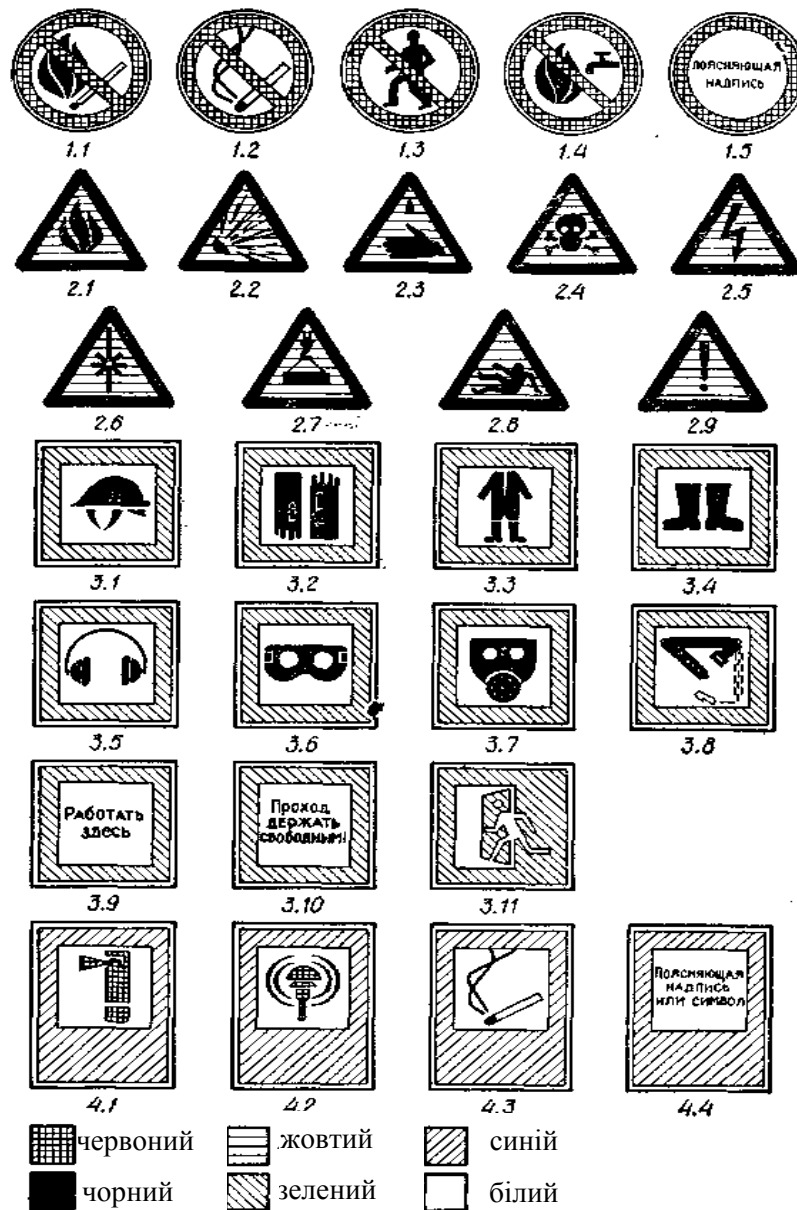


Рисунок 1.1 – Знаки безпеки на виробництві

**Приписуючі:** 3.1 – Працювати в касці!; 3.2 – Працювати в захисних рукавицях!; 3.3 – Працювати в захисному одязі!; 3.4 – Працювати в захисному взутті; 3.5 – Працювати з використанням засобів захисту органів слуху!; 3.6 – Працювати в захисних окулярах!; 3.7 – Працювати з використанням засобів індивідуального захисту органів дихання!; 3.8 – Працювати в запобіжному поясі!; 3.9 – Працювати тут!; 3.10 – Прохід тримати вільним!; 3.11 – Виходити тут!

**Вказівні знаки:** 4.1 Вогнегасник; 4.2 – Пункт сповіщення про пожежу; 4.3 – Місце для паління; 4.4 – Розташування певного місця, об’єкта чи засобу (медичний пункт, телефон, питна вода тощо).

Вивчіть основні причини дорожньо-транспортної аварійності і способи забезпечення безпеки транспортних засобів, дорожні знаки (заборонні, попереджувальні та інформаційно-вказівні, знаки пріоритету та сервісу, розпізнавальні знаки транспортних засобів, таблички до дорожніх знаків, дорожня розмітка, світлофори, розпізнавальні знаки).

### *Перша долікарська допомога в екстремальних ситуаціях*

Відомо, що допомогу в різних позаштатних ситуаціях надають спеціальні (як правило, медичні) служби швидкого реагування. Проте, в ряді випадків допомога надходить не відразу, і сприятливий наслідок багато в чому залежить від психо-фізіологічних якостей людини, яка знаходиться на місці події, а саме: сили волі, рішучості, зібраності, дисциплінованості, фізичної підготовленості, витривалості тощо. Однак, перелічених якостей не завжди буває достатньо для надання першої допомоги або для рятування потерпілих. При нещасних випадках багато людей неспроможні ефективно допомогти потерпілому, їх безпорадність пояснюється відсутністю спеціальних знань, а також впливом сильних емоційних переживань, викликаних картиною трагедії

Перша допомога включає сукупність простих, доцільних дій, спрямованих на збереження здоров'я та життя потерпілого. По-перше, якщо є потреба і можливість, необхідно винести потерпілого з місця події. По-друге, оглянути ушкоджені ділянки тіла, оцінити стан потерпілого, зупинити кровотечу і обробити ці ділянки. Потім необхідно іммобілізувати переломи і запобігти травматичному шокові.

При наданні першої долікарської допомоги слід керуватися такими принципами: правильність і доцільність; швидкість; продуманість, рішучість, спокій [1-5, 33, 34].

**Втрата свідомості.** Втрата свідомості — це стан, коли потерпілий не реагує ні на що, нерухомий, не відповідає на запитання.

Причини можуть бути різні, але всі вони пов'язані з ураженням центру свідомості — мозку (при травмах, шоці, невивільненні кисню, замерзанні тощо). Ознаки втрати свідомості виявляються у широкому спектрі симптомів, починаючи від шоку, непритомності, і закінчуючи станом клінічної смерті. При втраті свідомості велику небезпеку для життя потерпілого становить западання язика і потрапляння блювотних мас в дихальні шляхи, що призводить до їх закупорювання

**Допомога.** В першу чергу необхідно винести потерпілого з місця події, потім вивільнити дихальні шляхи, покласти на бік. У випадку зупинки дихання і серцебиття треба розпочати оживлення методом штучного дихання і закритого масажу серця. Людину, що втратила свідомість, не можна намагатися напоїти, транспортувати її треба у фіксованому стані на боці

До оживлення входить проведення двох основних процедур: заходів щодо відновлення дихання (штучне дихання) та серцевої діяльності (зовнішній масаж серця). Тому, хто надає долікарську допомогу треба розрізняти ознаки життя і смерті (таблиця 1.1).



Таблиця 1.1 – Ознаки життя або смерті

Ознака	Якщо людина жива	В разі смерті
Пульс	Визначається (на шиї збоку і вище Адамового яблука притисненням двох пальців)	Не визначається
Серцеві скорочення	Визначаються прослуховуванням грудної клітини	Не визначаються
Дихання	Визначається візуально (за рухом грудної клітини, крил носа, губ). Дзеркало, піднесене до рота — пітніє. Пушинка, тонка нитка, піднесені до рота або носа — коливаються.	Відсутнє
Реакція зіниць на світло	Зіниця вузька, на світло звужується	Зіниця широка, на світло не реагує
Рефлекс рогівки ока	При доторкненні до рогівки кінчиком носової хустички — повіки здригаються	Рефлекс відсутній
Помірне перетягування руки вище ліктя	Вени нижче джгута — набухають	Вени без змін

Але навіть і при відсутності перелічених ознак до тих пір, поки немає повної впевненості у смерті потерпілого, необхідно надавати йому допомогу в повному обсязі. Смерть складається з двох фаз — клінічної та біологічної. Клінічна смерть триває 4-8 хвилин, але незворотні явища в тканинах ще відсутні. У цей період, поки ще не сталося тяжких уражень мозку, серця та легенів, організм можна оживити. Першими ознаками біологічної смерті є: помутніння рогівки і її висихання, деформація зіниці при здавлюванні, трупне задубіння, трупні синюваті плями.

**Штучне дихання.** Найефективнішим способом штучного дихання є дихання «з легенів у легені», яке проводиться «з рота в рот» або «з рота в ніс». Для цього відводять голову потерпілого максимально назад і пальцями затискають ніс (або губи). Роблять глибокий вдих, притискають свої губи до губ потерпілого і швидко роблять глибокий видих йому в рот. Вдування повторюють кілька разів, з частотою 12-20 на хвилину.

**Зовнішній масаж серця.** Зовнішній масаж серця здійснюється у випадку його зупинки. При цьому робиться ритмічне стиснення серця між грудниною та хребтом. На нижню частину грудини (місце надавлювання повинно знаходитися приблизно на 2 пальці вище м'якого кінця грудини) кладуть внутрішньою стороною зап'ястя одну руку, на яку з силою надавлюють (з частотою 60 разів на хвилину) покладеною зверху (під кутом 90<sup>0</sup>) другою рукою, допомагаючи нахилом свого корпусу. Сила здавлювання має бути такою, щоб груднина зміщувалась в глибину на 3-4 см (у повнотілих на 5-6 см). Масаж серця доцільно

проводити паралельно з штучним диханням, для чого після двох-трьох штучних вдихів роблять 15 здавлювань грудної клітини.

**Шок.** Причини — сильний біль, втрата крові, утворення у пошкоджених тканинах шкідливих продуктів, що призводять до виснаження захисних можливостей організму, внаслідок чого виникають порушення кровообігу, дихання, обміну речовин. Ознаки — блідість, холодний піт, розширені зіниці, короткочасна втрата свідомості (знепритомлення), посилене дихання і пульс, зниження артеріального тиску.

**Допомога.** Запобіганням розвитку шоку є своєчасна і ефективна допомога, яка надається при будь-якому пораненні. Якщо шок посилюється, необхідно надати першу допомогу, яка відповідає виду поранення (наприклад, зупинити кровотечу, іммобілізувати переломи тощо). Потім потерпілого закутують у ковдру, кладуть у горизонтальне положення з дещо опущеною головою. У разі спраги, коли немає пошкоджень внутрішніх органів, дають пити воду. Заходами, що перешкоджають виникненню шоку, є: тиша, тепло (але не перегрівання), зменшення болю, пиття рідини.

**Струс мозку.** Причини — травматичне пошкодження тканин і діяльності мозку внаслідок падіння на голову, при ударах і забитті голови. При цьому можуть виникати дрібні крововиливи і набряк мозкової тканини. Ознаки — ментальна втрата свідомості, яка може бути короткочасною або тривати кілька годин. Можуть спостерігатися порушення дихання, пульсу, нудота, блювання.

**Допомога.** Для запобігання удушенню потерпілого у несвідомому стані від западання язика або блювотних мас, його кладуть на бік або на спину, при цьому голова має бути повернутою вбік. На голову кладуть охолоджувальні компреси, при відсутності або порушенні дихання проводять штучне оживлення. Потерпілого ні в якому разі не можна намагатися напоїти!

**Кровотечі.** Причини — пошкодження цілості кровоносних судин внаслідок механічного або патологічного порушення. Ознаки — артеріальна кровотеча характеризується яскраво-червоним кольором крові, кров б'є фонтанчиком, при капілярній кровотечі вона виділяється краплями, венозна кров має темно-червоне забарвлення. Найбільш небезпечною є артеріальна кровотеча.

**Допомога.** Для того щоб зупинити кровотечу, треба: підняти поранену кінцівку; рану з кровотечею закрити перев'язочним матеріалом, який перед тим складається у грудку (подушечку), та придавити зверху, не торкаючись пальцями самої рани; у такому положенні, не відпускаючи пальці, тримати протягом 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупиниться, то, не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього треба накласти ще подушечку з іншого пакету або ж шматок вати та забинтувати поранене місце; при сильній артеріальній кровотечі, якщо вона не зупиняється пов'язкою, треба використати передавлення кровоносних судин, які живлять поранену ділянку за допомогою згину кінцівки у суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою.

Джгут накладають вище місця кровотечі. Під джгут підкладають шар марлі, щоб не пошкодити шкіру і нерви, і вставляють записку із зазначенням часу його накладання. Тривалість використання джгута обмежується двома годинами. Якщо протягом цього періоду немає можливості забезпечити додаткову до-

помогу, то через 1,5-2 години джгут на кілька хвилин відпускають до почерво-  
ніння шкіри, кровотечу при цьому зменшують іншими методами (наприклад,  
здавлюючим тампоном), а потім знову затягують джгут.

Кровотеча з судин нижньої частини обличчя зупиняється притисненням  
щелепної артерії до краю нижньої щелепи.

Кровотеча з рани скроні та лоба зупиняється притисненням артерії спер-  
еду вуха.

Кровотечу з великих ран голови та шиї можна зупинити притисканням  
сонної артерії до шийних позвонків.

Кровотеча з ран на передпліччі зупиняється притисненням плечової арте-  
рії посередині плеча.

Кровотеча з ран кисті та пальців рук зупиняється притисненням двох ар-  
терій у нижній третині передпліччя у кисті.

Кровотеча з ран нижніх кінцівок зупиняється притисненням стегневої ар-  
терії до кісток тазу.

Кровотечу з ран на стопі можна зупинити притисненням артерії яка про-  
ходить по тильній частині стопи.

Капілярна кровотеча зупиняється давлючою пов'язкою.

Якщо потерпілий відкашлюється яскраво-червоною спіненою кров'ю, то-  
ді кровотеча в легенях. Хворого кладуть у напівлежаче положення, під спину  
підкладають валик, на груди кладуть холодний компрес. Забороняється говори-  
ти і рухатись, необхідна госпіталізація.

Кровотеча з травного тракту характеризується блюванням темно-  
червоною кров'ю, із згустками. Положення потерпілому забезпечується те саме,  
що й при кровотечі з легенів, але ноги згинаються в колінах.

**Відмороження.** Виникає тільки при тривалій дії холоду, при дотиканні  
тіла до холодного металу на морозі, із зрідженням і стисненням повітрям або су-  
хою вуглекислою, при підвищенні вологості і сильному вітрі при не дуже ни-  
зкій температурі повітря (навіть близько 0°C). Сприяє відмороженню загальне  
ослаблення внаслідок голодування, втоми або захворювання. Найчастіше від-  
морожуються пальці ніг і рук, а також ніс, вуха, щоки.

Розрізняють чотири ступені відмороження тканин: I — почерво-  
ніння і набряк; II — утворення пухирів; III — омертвіння шкіри і утворення струпа; IV  
— омертвіння частини тіла.

**Допомога.** Розтирання і зігрівання на місці події. Бажано помістити поте-  
рпілого біля джерела тепла (наприклад, біля вогнища) і тут продовжувати роз-  
тирання. Краще розтирати відморожену частину спиртом, горілкою, одеколо-  
ном, а якщо їх немає, то м'якою рукавицею, хутровим коміром. Не можна роз-  
тирати снігом. Після порожевіння відморожене місце витирають досуха, змо-  
чують спиртом, горілкою або одеколоном і утеплюють ватою або тканиною.

**Перегрівання.** Настає внаслідок тривалого перебування на сонці без за-  
хисного одягу, при фізичному навантаженні у нерухомому вологому повітрі.  
Легкий ступінь — загальна слабкість, недомагання, запаморочення, нудота, пі-  
двищена спрага, шкіра обличчя червона, вкрита потом, пульс і дихання приско-  
рюються, температура тіла 37,5-38,9°C. Середній ступінь (температура тіла 39-

40°C) — сильний головний біль, різка м'язова слабкість, миготіння в очах, шум у вухах, болі в ділянці серця, виражене почервоніння шкіри; сильне потовиділення, посиніння губ, прискорення пульсу до 120-130 уд./хв., часте і поверхневе дихання. Тяжчі ступені перегрівання тіла кваліфікуються по-різному: якщо температура повітря висока і його вологість підвищена, говорять про тепловий удар, якщо довго діяли сонячні промені — про сонячний удар. При цьому температура тіла піднімається вище 40°C, непритомність і втрата свідомості, шкіра потерпілого стає сухою, у нього починаються судоми, порушується серцева діяльність, може спостерігатися мимовільне сечовиділення, припиняється дихання.

Допомога. Треба покласти потерпілого в тінь або в прохолодне місце, обмити його, облили прохолодною водою. На голову, шию, ділянку серця покласти холодний компрес, дати прохолодне пиття, піднести до носа ватку, змочену нашатирним спиртом. Якщо різко порушується серцева діяльність, зупиняється дихання, треба налагодити штучне дихання.

**Термічні опіки.** Виникають при дії високої температури (полум'я, попадання на шкіру гарячої рідини, розжарених предметів тощо). Ознаки — залежно від тяжкості розрізняють чотири ступеня опіку: I — почервоніння шкіри і її набряк; II — пухирі, наповнені жовтуватою рідиною; III — утворення некрозу шкіри (струпів); IV — обвуглення тканин. При великих опіках виникає шок!

Допомога. Необхідно швидко вивести або винести потерпілого з зони вогню. При опіках I ступеня треба промити уражені ділянки шкіри антисептичними засобами, потім обробити спиртом-ректифікатом. До обпечених ділянок не можна доторкуватися руками, не можна проколювати пухирі і відривати прилиплі до місць опіку шматки одягу, не можна накладати мазі, порошки. Опікову поверхню накривають чистою марлею. Якщо опеченого морозить, треба зігріти його: укрити, дати багато пиття. При сильних болях можна дати 50-100 мл вина або горілки.

**Хімічні опіки.** Виникають внаслідок дії на дихальні шляхи, шкіру і слизові оболонки концентрованих неорганічних та органічних кислот, лугів, фосфору, інших речовин. При згоранні або вибухах хімічних речовин утворюються термохімічні опіки. Ознаки: за глибиною ураження тканин хімічні опіки поділяються на чотири ступені: I — чітко виражене почервоніння шкіри, легкий набряк, що супроводиться болем і почуттям печії; II — великий набряк, утворення пухирів різного розміру і форми; III — потемніння тканин або побіління через кілька хвилин, годин. Шкіра припухає, виникають різні болі; IV — глибоке омертвіння не лише шкіри, а і підшкірної жирової клітковини, м'язів, зв'язкового апарату суглобів.

Допомога. Якщо одяг потерпілого просочився хімічною речовиною, його треба швидко зняти, розрізати чи розірвати на місці події. Потім механічно видаляють речовини, що потрапили на шкіру, енергійно змивають їх струменем води не менш як 10-15 хвилин, поки не зникне специфічний запах.

**Ураження електричним струмом.** Причина — робота з технічними електричними засобами, пряме дотикання до провідника або джерела струму і непряме — за індукцією.

Допомога. Треба негайно відірвати потерпілого від провідника або джерела електричного струму, дотримуючись обережності. Для цього треба швидко відключити електроустановку. Якщо це неможливо, то при  $U < 1000\text{В}$  можна перерубати сокирою з дерев'яною ручкою провідник або відтягнути потерпілого від нього за сухий одяг або відкинути дріт дерев'яною палкою. При відсутності свідомості, дихання, пульсу необхідно терміново почати оживлення (штучне дихання, прямий масаж серця) до повного відновлення функцій, напоїти великою кількістю води, чаю, потім створити тепло.

**Ураження блискавкою.** Ознаки, подібні до ознак ураження електричним струмом і явищ електроопіку.

Допомога. Дії аналогічні діям при ураженні електричним струмом. Закопувати потерпілого в землю не можна: грудна клітина, здавлена землею, не може розширюватись, навіть коли з'являється самостійне дихання

**Вивих** - це зміщення кісток за межі їх нормальної рухомості, розрив суглобової сумки і зв'язок.

Причини: сильні удари в область суглоба, різкі рухи в суглобі. Часто вивихи поєднуються з переломами.

Ознаки: біль в суглобі, втрата звичайної рухливості в суглобі, вимушене положення кінцівки, зміна форми кінцівки в суглобі.

Допомога: як найшвидше доставити потерпілого до медзакладу, де йому вправлять суглоб. На час транспортування зафіксувати уражений суглоб за допомогою шини.

**Вивих самостійно не вправляти!**

**Розтягування зв'язок та їх розрив** найчастіше буває в області гомілково-стопного суглоба.

Ознаки: гострий, різкий біль, обмежена рухливість, припухлість в області суглоба (крововилив в порожнину суглоба).

Допомога: холод на місце ушкодження і припухливості, стискаюча пов'язка, накладання транспортної шини.

**Переломи** - це порушення цілісності кісток. Розрізняють: закриті, коли не відбувається пошкодження шкіри, та відкриті - коли шкіра розірвана кісткою.

Ознаки: біль, неможливість рухів, зміна форм кінцівки, крововиливи, патологічна рухливість кістки в області перелому. Часто підвищується температура тіла.

Допомога: повний спокій (нерухомість) пошкодженої частини за допомогою іммобілізаційної транспортної шини. Їх можна зробити з будь-яких матеріалів, а в крайньому випадку, прибинтувати нижні кінцівки одна до одної, а верхні - до тулуба. Шини найкраще накладати на голе тіло, але можна і поверх одягу. Уразі відкритого перелому навколо рани змазують йодом і накладають стерильну пов'язку і потім - шину. А далі транспортування в медичний заклад.

*Перелом черепа.* При падінні на голову або при ударі по голові, що викликало запаморочення, кровотечу з вух або рота, є всі підстави припустити наявність перелому черепа.

Допомога. У цьому випадку необхідно прикладати до голови хо-

лодні предмети (гумовий пузир з льодом або холодною водою, холодні при-мочки тощо).

*Перелом хребта.* Може статися при падінні з висоти або при об-валах (різка біль у хребті, неможливість зігнути спину та повернутися).

*Допомога.* Обережно, не піднімаючи потерпілого, підсунути під нього дошку або повернути потерпілого на живіт обличчям донизу та суворо слід-кувати за тим, щоб при повороті або підйомі потерпілого тулуб його не пе-регинався (щоб уникнути пошкодження спинного мозку).

*Перелом та вивих кісток рук.* Ознаки — біль у напрямку кістки, неприродна форма кінцівки, рухомість у місці, де немає суглоба (при наяв-ності перелому), припухлість.

*Допомога.* Накласти шини, якщо шин не виявилось, то, як і при пе-реломі ключиці, руку слід підвісити на хустинці до шиї, а потім прибинтува-ти її до тулуба, але вже нічого не підкладати у підм'язове заглиблення. Якщо рука (при вивиху) відходить від тулуба, між рукою та тулубом слід підклас-ти щось м'яке (наприклад, згорток з одягу тощо).

*Перелом ребер.* Ознаки — біль при диханні, кашлі при русі

*Допомога.* Щільно перебинтувати груди або стягнути їх рушником під час видиху.

**Надання першої допомоги при утопленні.** При справжньому (мо-крому) утопленні рідина обов'язково потрапляє в легені (75-95% всіх утоп-лень). При рефлекторному звуженні голосової щілини (сухе утоплення) вода не потрапляє в легені і людина гине від механічної асфіксії (5-20% утоп-лень)..

*Допомога.* Рятувати утопленника треба швидко, бо смерть настає че-рез 2-4 хвилин після утоплення. Підпливши до потопаючого ззаду, треба взяти його під пахви так, щоб голова була над водою, повернута обличчям догори, і пливти з ним до берега. Потім якнайшвидше треба очистити поро-жнину рота і глотки утопленого від слизу, мулу та піску, швидко видалити воду з дихальних шляхів: перевернути потерпілого на живіт, перегнути че-рез коліно, щоб голова звисала вниз, і кілька разів надавити на спину. Після цього потерпілого перевертають обличчям до гори і починають робити ожи-влення.

**Укуси змій.** Ознаки — ранка, біль, пухлина і почервоніння на місці укусу, потім лімфангіт, лімфаденіт, флегмона, запаморочення, головний біль, спрага, нудота, блювання, пронос, задишка, розлад ковтання, марення, судоми.

*Допомога.* На 10-15 хвилин перев'язати джгутом кінцівку, відсмок-тати отруту із ранки, припалення ранки, на місце укусу класти холодні при-мочки свинцевої води або 2% розчином соди. Випити 20 краплин нашатир-ного спирту, розведеного спирту чи горілки. Велика кількість питва, гарячий чай, кава.

## 1.3 Завдання для практичної роботи

**Завдання 1.3.1.** Ознайомитись з призначенням та умовами застосування сигнальних кольорів, знаків безпеки на виробництві та дорожнього руху. Привести приклади знаків безпеки (по 2-3 знаки з кожної групи). Запропонувати місця встановлення знаків безпеки.

**Завдання 1.3.2.** Ознайомитись з основними правилами надання першої долікарської допомоги потерпілим. Навчитись розрізняти по зовнішнім ознакам ступінь можливих пошкоджень організму людини. За вказівкою викладача запропонувати варіанти дій по наданню першої допомоги в тому чи іншому випадку.

**1.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

### 1.5 Контрольні запитання

1. Що таке заборонні, вказівні знаки безпеки?
2. Про що інформують попереджувальні, приписуючі знаки безпеки?
3. Що таке заборонні, попереджувальні знаки дорожнього руху?
4. Про що інформують наказові, інформаційно-вказівні знаки дорожнього руху?
5. Які знаки безпеки для електроустановок?
6. Які ознаки життя (смерті) людини?
7. Яка перша долікарська допомога при кровотечах?
8. Яка перша долікарська допомога при переломах, відмороженнях?
9. Яка перша долікарська допомога при хімічних, термічних опіках?
10. Яка перша долікарська допомога при утопленні, шоківих станах?

## Практична робота № 2

### 2 Оцінка ризику небезпек середовища існування людини

**2.1 Мета роботи:** перевірити рівень знань із теоретичних основ безпеки життєдіяльності (основні поняття, означення, терміни БЖД; джерела небезпек та їх класифікація; методи визначення ризику), сформованість умінь і навичок з огляду на їх реалізацію в повсякденному житті; навчитися розраховувати показники ризику.

### 2.2 Короткі теоретичні відомості

*Безпека життєдіяльності* (далі БЖД) – галузь знань та науково-практичної діяльності, спрямована на вивчення загальних закономірностей виникнення небезпек, їх властивостей, наслідків впливу на організм людини, основ захисту її здоров'я та життя, середовища проживання від небезпек, розроблення та реалізація відповідних засобів і заходів щодо створення і підтримання здорових та безпечних умов життя і діяльності людини як у повсякденних умовах побуту та виробництва, так і в умовах надзвичайних ситуацій.

*Предмет БЖД* – система «людина – життєве середовище» (моделі безпеки).

Система «людина – життєве середовище» є складною системою в тому розумінні, що в неї, як правило, входить велика кількість змінних і між якими існує велика кількість зв'язків. Відомо, що чим більше змінних та зв'язків між ними має система, тим важче ці зв'язки піддаються математичній обробці і виведенню універсальних законів. Складність вивчення систем «людина – життєве середовище» зумовлюється також і тим, що ці системи є багаторівневими, містять у собі позитивні, негативні та гомеостатичні зворотні зв'язки і мають багато емерджентних властивостей.

*Об'єкт БЖД* – безпека особи.

*Безпека* – стан захищеності особи, суспільства, держави від зовнішніх та внутрішніх загроз, який ґрунтується на діяльності людей, суспільства, держави, світового співтовариства щодо виявлення, запобігання, послаблення, усунення і відбиття небезпек та загроз, здатних їх знищити, позбавити фундаментальних матеріальних та духовних цінностей, нанести неприйнятні збитки, закрити шлях до виживання та розвитку.

*Небезпека* – подія, умова або ситуація, яка існує в навколишньому середовищі і здатна призвести до фізичної, психічної, моральної шкоди та поранень різного ступеня (навіть до смертельних).

*Систематизація* небезпек:

- за сферою (джерелом) походження: природні, техногенні, соціальні;
- за часом прояву: імпульсивні, кумулятивні;
- за локалізацією: атмосферні, гідросферні, літосферні, біосферні, космічні;
- за наслідками: травми, захворювання, аварії, пожежі, летальні наслідки;
- за збитками: соціальні, технічні, екологічні;
- за сферою прояву: побутові, виробничі, спортивні, транспортні тощо;
- за структурою: прості, складні, похідні;
- за характером впливу на людину: активні та пасивні.

Розрізняють джерела та фактори небезпек. Джерела небезпек – природні процеси та явища, техногенне середовище й людські дії, що несуть у собі загрозу безпеки. Небезпеку можуть створювати явища (ожеледиця), процеси (поділ ядер урану), об'єкти (хімічний завод), властивості (наркотик).

Розрізняють чотири групи джерел небезпеки: природні, техногенні, соціально-політичні, комбіновані.

Природні небезпеки – об'єкти природи, явища, стихійні лиха.

Техногенні небезпеки – техніка, займисті речовини, електроенергія, випромінювання, генна інженерія, створення бактерій, штучно виведені породи тварин (бультер'єр).

Соціально-політичні небезпеки – конфлікти, тероризм, війни.

Комбіновані – природно-техногенні (смог, кислотні дощі), природно-соціальні (туберкульоз), соціально-техногенні (вплив засобів масової інформації на свідомість людей).



*Життєве середовище* людини складається з трьох компонентів – природного, соціального або соціально-політичного, та техногенного середовищ:

– природне середовище (грунт, повітря, водоймища, рослини, тварини, Сонце, Місяць, планети тощо);

– соціальне, соціально-політичне середовище (форми спільної діяльності людей, єдність способу життя);

– техногенне середовище (житло, транспорт, знаряддя праці, промислові та енергетичні об'єкти, зброя, домашні і свійські тварини, сільськогосподарські рослини тощо).

Фактори небезпеки поділяються на вражаючі, шкідливі, небезпечні.

Вражаючий фактор – чинник небезпек, що призводить до значних та незворотних змін у здоров'ї людини (включно летальні наслідки), аварій тощо.

Шкідливий фактор – чинник небезпек, що може призвести до змін у здоров'ї людини, зниження працездатності, захворювання і навіть до смерті як результату захворювання.

Небезпечний фактор – чинник небезпек, що може призвести до травм або різкого погіршення здоров'я (включно летальні наслідки).

Вражаючі фактори належать як до людини, так і до систем життєзабезпечення, шкідливі та небезпечні – безпосередньо до людини. Шкідливі фактори призводять до погіршення самопочуття, небезпечні – до травм, опіків, обморожень тощо. Шкідливі та небезпечні фактори за характером та природою впливу поділяються на чотири групи (таблиця 2.1).

**Потенційно-небезпечний об'єкт** – об'єкт, на якому знаходяться небезпечні речовини або хімічні препарати.

Існують різні підходи до систематизації небезпек.

Номенклатура – перелік назв, термінів, систематизованих за певними ознаками. Приклад: перелік в алфавітному порядку окремих об'єктів (виробництв, процесів, професій тощо).

Таксономія – класифікація та систематизація явищ, процесів, об'єктів, які здатні завдати шкоди. Приклад таксономії: класифікація небезпек за локалізацією, за часом прояву (імпульсивні, кумулятивні), за джерелом походження, за сферою прояву, за структурою, за наслідками, за характером впливу на людину (активні, пасивні).

Квантифікація – введення кількісних характеристик для оцінювання ступеня небезпеки. Найпоширенішою характеристикою є ступінь ризику.

Ідентифікація – визначення типу небезпеки та встановлення її характеристик.

Необхідно також розрізняти потенційні та реальні небезпеки. Зокрема, потенційно небезпечними в сучасному помешканні є газова плита, електроприлади (телевізор, холодильник та ін.), медикаменти в аптечці, пожежонебезпечні рідини, що використовуються в побуті тощо. Однак наявність потенційної небезпеки не завжди супроводжується її негативним впливом на людину. Потрібна причина (умова), при якій потенційна небезпека переходить в реальну, своєрідний “пусковий механізм”. Тому тріада “небезпека – причина – небажаний

результат” – це логічний процес розвитку, що реалізовує потенційну небезпеку в реальну загрозу чи наслідки. Прикладом таких тріад можуть бути:

- витікання газу з газової плити – іскра – вибух;
- електричний струм – коротке замикання – ураження;
- медикаменти – прийняття надмірної дози – отруєння і т. д.

Таблиця 2.1– Характеристика факторів небезпек

Основні групи факторів небезпек	Основні характеристики
Фізичні	- підвищена або понижена відносна вологість; - підвищена швидкість руху повітря; - атмосферний тиск; - недостатня освітленість; - конструкції, що руйнуються; - статична електрика тощо.
Хімічні	- хімічні елементи в трьох агрегатних станах; - хімічні елементи, які проникають до організму людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкіру та слизові оболонки; - характер дії: мутагенні, канцерогенні, збуджувальні, наркотичні, токсичні тощо.
Біологічні	- макроорганізми: рослини та тварини; - мікроорганізми: віруси, бактерії, грибкові організми.
Психофізіологічні і духовні	- фізичні перевантаження: статичні, динамічні; - нервово-психологічні перевантаження, розумова перевтома; - стреси; - незнання сутності та місця людини.

**Ризик** – частота прояву небезпек, імовірність небезпек, усвідомлена можливість небезпек.

Ризик поділяють на індивідуальний, груповий та загальний; немотивований і мотивований (виправданий та невиправданий).

Ризиком життєдіяльності на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки вважають ймовірність втрати здоров'я або загибелі людей внаслідок прояву уражаючих чинників природної чи техногенної НС.

Чинник ризику – це чинник, що не є причиною реалізації небезпеки, але який збільшує вірогідність її виникнення.

Об'єкт ризику - це те, що піддається ризику.

Розрізняють наступні види ризику:

- 1) індивідуальний;
- 2) технічний;
- 3) екологічний;

- 4) соціальний;
- 5) економічний;
- 6) інші.

Аналітично ризик (R) визначається за формулою:

$$R = \frac{N(t)}{Q(t)} \quad (2.1)$$

де  $N(t)$  – частота реалізації небезпек у часі (кількість подій з небажаними наслідками);

$Q(t)$  – кількість небезпек за проміжок часу (максимальна кількість подій).

Також для оцінки ризику небезпечних ситуацій в світовій практиці користуються узагальненою формулою:

$$R=P \cdot U \quad (2.2)$$

де  $P$  – вірогідність небезпеки,  $U$  – величина наслідків (збиток).

Виходячи з чисельного значення  $R$  ризик небезпек класифікують наступним чином:

- незначний ризик -  $\leq 1 \cdot 10^{-6}$ ;
- припустимий ризик -  $1 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-5}$ ;
- високий (терпимий) ризик -  $5 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-4}$ ;
- неприпустимий ризик -  $\geq 5 \cdot 10^{-4}$ .

Величину  $1 \cdot 10^{-6}$  ще називають пороговим рівнем ризику.

Методологія дослідження ризику виникнення аварії включає три фази.

*Перша фаза – попередній аналіз аварій.* Метою цієї фази дослідження ризику є визначення системи і виявлення можливості аварій. Єдиним засобом до розуміння причин та умов виникнення аварій є інженерний здоровий глузд і детальний аналіз умов довкілля, самого процесу і необхідного обладнання. Фундаментальними, щодо цього, є знання з токсичності матеріалів, їх корозійної стійкості, вибухонебезпечності та займистості, а також знання нормативних документів з проблем забезпечення безпеки. Загалом, перша фаза дослідження ризику являє собою першу спробу визначення стану технічних засобів системи і подій, які можуть призвести до аварій системи ще на стадії проектування. Після виявлення аварій їх класифікують відповідно до характеру їхніх наслідків.

Типова класифікаційна шкала помилок, які призводять до виникнення аварій:

1 клас – безпечні. До цього класу належать помилки персоналу, недоробки в проекті або порушення в роботі окремих вузлів, які не призводять до істотних порушень системи в цілому, людських жертв і пошкодження обладнання.

2 клас – граничні. До цього класу належать помилки персоналу, недоробки в проекті або порушення в роботі окремих вузлів, які хоч і призводять до істотних порушень системи в цілому, однак піддаються виправленню без людських жертв і завдання істотних збитків обладнанню.

3 клас – критичні. До цього класу належать помилки персоналу, недоробки в проекті або порушення в роботі окремих вузлів, які порушують роботу системи в цілому, призводить до пошкодження обладнання або до таких аварій, що потребують прийняття неганих дій для врятування людей та обладнання.

4 клас – катастрофічні. До цього класу належать помилки персоналу, недоробки в проекті або порушення в роботі окремих вузлів, які істотно порушують роботу системи в цілому, що призводить до руйнування обладнання, травм персоналу і навіть людських жертв.

*Друга фаза – визначення послідовності негативних подій (побудова дерева подій, дерева помилок).* Методика, яка ґрунтується на використанні дерева помилок (відповідно до типової класифікаційної шкали), забезпечує визначення ланцюгу збоїв і відказів обладнання з помилок оператора, що може призвести до “головної події”, тобто аварії. Використання дерева помилок дає змогу визначити такі показники як коефіцієнт неготовності та імовірності відмови технічних систем, які отримують в результаті спеціальних випробувань або узагальнення досвіду експлуатації.

**Приклад 1.** Обчисліть ризик отруєння на підприємстві (у розрахунку за рік), якщо загальна кількість працюючих становить 5000 чоловік, за останні 4 роки отруїлися 5 чоловік. Обчисліть величину групового ризику, якщо на подібних підприємствах в Україні працює 200000 чоловік.

Розв’язання

Знаходимо кількість працівників, які отруїлися за 1 рік:  $5/4=1,25$ .

Розраховуємо індивідуальний ризик  $R = 1,25/5000=2,5 \cdot 10^{-4}$ .

Розраховуємо груповий ризик  $R = 1,25/200000=6,25 \cdot 10^{-6}$ .

$P(A) = \Sigma P(A)$  – при одночасному впливі декількох подій.

**Приклад 2.** Обчисліть ризик автомобільної аварії (за рік) у місті, якщо на автомобілях їздять 1500 осіб. За останні 16 років загинуло 13 осіб, а за 4 роки травмовано 7.

Розв’язання

Знаходимо кількість осіб, які загинули за рік  $13/16=0,8$ .

Знаходимо кількість осіб, які травмовано за рік  $7/4=1,8$ .

Індивідуальний ризик загибелі становить  $R = 0,8:1500=5,3 \cdot 10^{-4}$ .

Індивідуальний ризик травмування становить  $R = 1,8:1500=12 \cdot 10^{-4}$ .

Загальний ризик становить  $R = 12 \cdot 10^{-4} + 5,3 \cdot 10^{-4} = 17,3 \cdot 10^{-4}$ .

Обчислення ступеня ризику через вірогідність безпечної роботи здійснюється за формулою:

$$P=(1- T^*/N \cdot T)^n, \quad (3)$$

де  $T^*$  – розрахунковий відрізок часу;  $T$  – час, за який відбувалася подія;  $N$  – кількість груп;  $n$  – кількість небажаних подій.

Критерії:  $P \geq 0,95$  – безпечно,  $P \leq 0,95$  – небезпечно.

**Приклад 3.** За два роки в 5 класах на вітрянку захворіло 8 чоловік. Ви-

значити вірогідність захворювання протягом 2 місяців на грип.

Розв'язання

За умовою задачі, маємо  $T^*=2$ ,  $T=24$ ,  $N=5$ ,  $n=8$ , тоді  $P = (1-2/5 \cdot 24)^8 = 0,87$ .

Оскільки ступінь ризику менший 0,95, вірогідність прояву даної небезпеки висока.

### 2.3 Завдання для практичної роботи

**Завдання 2.3.1.** Виконайте таксономію небезпек, згідно варіанту (таблиця 2.3). Результати впишіть у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Таксономія небезпек

<i>Небезпеки</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Сфера (джерела) походження			
Час прояву			
Локалізація			
Наслідки			
Збитки			
Сфера прояву			
Характер впливу на людину			

Таблиця 2.3 – Варіанти завдань для дослідження таксономії небезпек

Варіант, згідно до останньої цифри номеру залікової	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Небезпека 1</i>	блискавка	туман	повінь	ураган	злива	засуха	землетрус	шторм	сель	мікроорганізми
<i>Небезпека 2</i>	вибухові речовини	отруйні речовини	ДТП	пожежа	електричний струм	інфразвук	нагріта поверхня	електромагнітне поле	шум та вібрація	радіація
<i>Небезпека 3</i>	алкоголь	суїцид	наркоманія	зброя	конфлікт	тютюнопаління	тероризм	гепатит	агресивна поведінка	інфекційні захворювання

**Завдання 2.2.2.** Визначіть джерела та фактори відповідних небезпечних ситуацій, запропонованих викладачем. Результати впишіть у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Джерела та чинники небезпек

Небезпечна ситуація	Життєве середовище	Джерело небезпеки	Шкідливий або небезпечний фактор	Вражаючий фактор

Варіант 1. Порушення правил зберігання боєприпасів, керування автомобілем у нетверезому стані, затоплення населеного пункту, пожежа на виробництві.

Варіант 2. Бійка фанатів, витік газу, руйнування населеного пункту, враження електричним струмом.

Варіант 3. Вживання наркотиків, затоплення квартири, укуси собаки, пошкодження контейнера з хімічними речовинами.

Варіант 4. Сварка, перевищення швидкості, висока температура повітря, вихід з ладу верстата.

Варіант 5. Вибухівка на зупинці, вживання неякісної їжі, налипання мокрого снігу, перебування в приміщенні з рівнем шуму вище 80 дБ.

Варіант 6. Статевий акт з незнайомцем, керування автомобілем під час зливи, самозаймання в лісі, робота в стані наркотичного сп'яніння.

Варіант 7. Захоплення заручників, невимкнена праска, слизька поверхня, використання старих рентгенапаратів.

Варіант 8. Виїзд на роботу за кордон, розбиття ртутного термометра, аварія на шахті, пошкодження лінії електропередач.

Варіант 9. Пошкодження релігійної споруди, користування несправним ліфтом, скупчення людей під час епідемії грипу, робота на висотних будинках.

Варіант 0. Насильницьке виселення громадян, купання в недозволеному місці, використання приладу не за призначенням, погана видимість.

### **Завдання 2.3.3.** Розв'язати задачі.

#### *3.1 Визначення ступеня ризику*

Варіант 1. За даними статистики, в Україні кількість загиблих від нещасних випадків у побуті становить 72929 осіб при чисельності населення 48 млн людей. Визначіть ступінь ризику загибелі від нещасного випадку в побуті.

Варіант 2. За статистичними даними на підприємствах України було травмовано 47531 людину. Кількість працюючих становить 1/3 від загальної чисельності населення України. Визначіть ступінь ризику виробничого травматизму в Україні.

Варіант 3. Обчисліть ризик травмування під час риболовлі (у розрахунку за рік), якщо в середньому в регіоні нараховується 2500 рибалок, а за останні 15 років травми одержали 4 особи.

Варіант 4. Обчисліть ризик захворювання на грип (у розрахунку за рік), якщо в середньому в селі проживає 750 осіб, а за останні 8 років захворіло 2 особи.

Варіант 5. Обчисліть ризик автомобільної аварії в місті N (у розрахунку за рік), якщо в середньому на автомобілях їздять 500 осіб, а за останні 4,5 року потрапили в аварію і були травмовані 7 осіб.

Варіант 6. Обчисліть ризик травмування на підприємстві (у розрахунку за рік), якщо загальна кількість працюючих становить 50 чоловік, а за останні 21 рік травми одержали 2 особи.

Варіант 7. Обчисліть ризик утоплення (у розрахунку за рік), якщо в середньому за рік у озері купається 1000 осіб, а за останні 7,6 року потонули 3 людей.

Варіант 8. Обчисліть ризик травмування людей у певному регіоні або зайнятих певним видом діяльності (у розрахунку за рік), якщо середньорічна кількість осіб – 200, а за останні 2,5 року травми одержали 2 особи.

Варіант 9. Обчисліть ризик автомобільної аварії в місті B (у розрахунку за рік), якщо в середньому на автомобілях їздять 1500 осіб, а за останні 16 років потрапили в аварію і були травмовані 13 осіб.

Варіант 0. Обчисліть ризик травмування на підприємстві (у розрахунку за рік), якщо загальна кількість працюючих становить 10000 чоловік, а за останні 9 років травми одержала 1 особа.

### *3.2 Визначення ступеня ризику через вірогідність безпечної роботи*

Варіант 1. За п'ять років роботи у 8 будинках сталося 9 аварій водопровідної системи. Необхідно визначити, чи можуть виникнути такі аварії протягом поточного року.

Варіант 2. За три роки роботи в 6 соціальних їдальнях сталося 5 випадків харчового отруєння. Необхідно визначити, чи можуть виникнути такі отруєння протягом наступного півріччя.

Варіант 3. За чотири роки в 12 містах стався 21 випадок самогубства. Необхідно визначити, чи можуть виникнути такі самогубства протягом наступних 5 місяців.

Варіант 4. За останні чотири роки в 24 містах на ДТП загинуло 16 чоловік. Визначити, чи можуть виникнути такі випадки протягом року.

Варіант 5. За чотири роки роботи в двох бригадах мулярів сталося 10 нещасних випадків. Необхідно визначити, чи можуть виникнути в цих бригадах протягом наступного року нещасні випадки на виробництві.

Варіант 6. За два роки роботи у школі в трьох класах сталося 7 нещасних випадків. Потрібно визначити, чи можуть виникнути в цих класах нещасні випадки протягом наступного півріччя.

Варіант 7. За десять років роботи у 6 будинках сталося 17 аварій систем водовідведення. Необхідно визначити, чи можуть виникнути такі аварії протягом наступних двох років.

Варіант 8. За п'ять років роботи у 8 їдальнях сталося 15 випадків харчового отруєння. Необхідно визначити, чи можуть виникнути такі отруєння протягом наступного року.

Варіант 9. За вісім років в місті стався 51 випадок самогубства. Необхідно визначити, чи можуть виникнути такі самогубства протягом наступного року.

Варіант 10. За останні п'ять років в місті в ДТП загинуло 780 людей. Визначити, чи можуть виникнути такі випадки протягом наступного півріччя.

**2.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним завданням.

## 2.5 Контрольні запитання

1. Як здійснюється класифікація небезпек?
2. Як можна трактувати термін «ризик»?
3. Вкажіть види ризику.
4. Чому необхідно досліджувати «схильність до ризику» людини?
5. Кількісна оцінка ризику.
6. Що є предметом та об'єктом БЖД?
7. Які є фактори небезпеки?
8. Як класифікують фактори небезпек?
9. Що таке потенційно небезпечний об'єкт? Наведіть приклади.
10. Що таке номенклатура небезпек?

## Практична робота 3

### 3 Дослідження психофізіологічних властивостей людини

**3.1 Мета роботи:** дослідити основні види психологічних властивостей людини, що забезпечують її психологічну надійність з погляду БЖД, навчитись оцінювати надійність роботи людини задля успішного виконання роботи чи поставленої задачі.

### 3.2 Короткі теоретичні відомості

Фізіологічні основи БЖД відображають роль людини як елемента системи “людина-середовище-діяльність”. Людський чинник має велике значення в проблемі БЖД, бо за даними міжнародної статистики головним винуватцем нещасних випадків (а часто і екологічних, техногенних аварій) є, як не дивно, не техніка, не організація праці, а сам робітник та його помилки. Тому важливу роль грають фізіологічна, психологічна та психофізіологічна діяльність людини.

До основних психофізіологічних властивостей людини, що забезпечують його психологічну надійність з погляду БЖД, є пам'ять, сенсомоторні реакції, увага, воля, темперамент, почуття обережності, емоції й ін.

Пам'ять – це комплекс процесів, що відбуваються в центральній нервовій системі. Включає процеси запам'ятовування, збереження, дізнання і відтворення інформації. По різних ознаках виділяють різні види пам'яті. По тривалості збереження інформації:

- короткочасна – безпосередня (сенсорна) і оперативна;
- довгострокова(постійна, статична).



За характером матеріалу, що запам'ятовується: логічна, образна (зорова, слухова, дотикальна і т.п.), емоційна, моторна (рухова).

До основних характеристик пам'яті відносяться: обсяг інформації, що запам'ятовується, швидкість запам'ятовування, тривалість збереження (швидкість забування), повнота і точність відтворення, готовність до відтворення.

Обсяг інформації, що зберігається в безпосередній пам'яті, залежить від виду аналізатора і способу пред'явлення. У безпосередній пам'яті практично зберігається вся інформація протягом часткою секунди. Потім вона швидко губиться, у результаті чого через 1-2 с залишається порядку восьми символів, що переходять в оперативну пам'ять.

Оперативна пам'ять дозволяє зберігати поточну інформацію на час, необхідний для розв'язку тих чи інших практичних задач. Це час у реальних умовах вимірюється від декількох секунд до декількох хвилин.

Довгострокова пам'ять забезпечує збереження інформації протягом тривалого часу (години, дні, місяці, роки).

Збереження інформації в пам'яті є складним процесом, у ході якого здійснюється її переробка, упорядкування і класифікація. У процесі запам'ятовування і збереження інформації мозок здійснює статичний аналіз, що дозволяє оцінити події, передбачати і прогнозувати можливі ситуації, планувати діяльність.

Збереження обсягу інформації залежить від міцності запам'ятовування інформації, ступеня організації її в осмислені системи, установки на тривале збереження інформації, індивідуальних особливостей пам'яті, характеру знань у період часу між завчанням і відтворенням.

Відтворення – процес витягу інформації з пам'яті.

До умов оптимізації відтворення відносяться раціональна організація; спілкування в процесі відтворення з іншими людьми; використання спеціальних прийомів і т.д.

Мислення – це процес пізнання. Наслідком мислення є думка. Вміння мислити – особливість людини. Таким чином, мислення – процес відтворення загальних особливостей предметів і явищ, знаходження закономірних зв'язків і відносин між ними.

Увага – психологічний стан, що характеризується інтенсивністю пізнавальної діяльності і мірою зосередженості на відносно невеликій ділянці, що стає засвоєною і концентрує на собі психологічні і фізичні зусилля людини протягом визначеного часу.

Сенсомоторні реакції – відповідні дії людини на різні відчуття, що сприймаються органами почуттів. Час реакції збільшується з віком, хоча згодом росте досвід і вміння прогнозувати ситуації: час реакції водія - 0,75 с; за містом - 2,5 с. Реакція залежить від швидкості автомобіля, від віку водія, його професіоналізму. Більш професійна реакція 0,5...1,5 с, з меншим досвідом 1...2 с.

Воля – це здатність людини керувати своїми діями і вчинками. Вольовими якостями є дисциплінованість, самовладання, рішучість, терпіння, наполегливість, упертість. Волю можна розвивати і виховувати.

Якщо розглядати причини нещасних випадків, то дослідники прийшли до висновку, що ці причини впливають з цілого ряду психофізіологічних якостей

людини. До таких якостей варто віднести емоційні властивості і якості темпераменту.

Емоції – це переживання людиною свого відношення до того, що вона довідається, що робить. Вони знаходять вираження в почуттях, настрої, афектах людини.

Емоції підрозділяються на позитивні, негативні і нейтральні, розрізняють по інтенсивності і моменту (добутку інтенсивності на час дії).

На психофізичний стан людини має вплив стан нервової системи. Нервова система функціонує за допомогою аналізаторів (рисунку 3.1).

Коли можливості нервової системи людини порушені, тобто коли характеристики людини не співпадають з характеристиками навколишнього середовища, то можливо:

- зниження працездатності (тонусу, життєдіяльності);
- розвиток захворювань;
- травматизм;
- смерть.

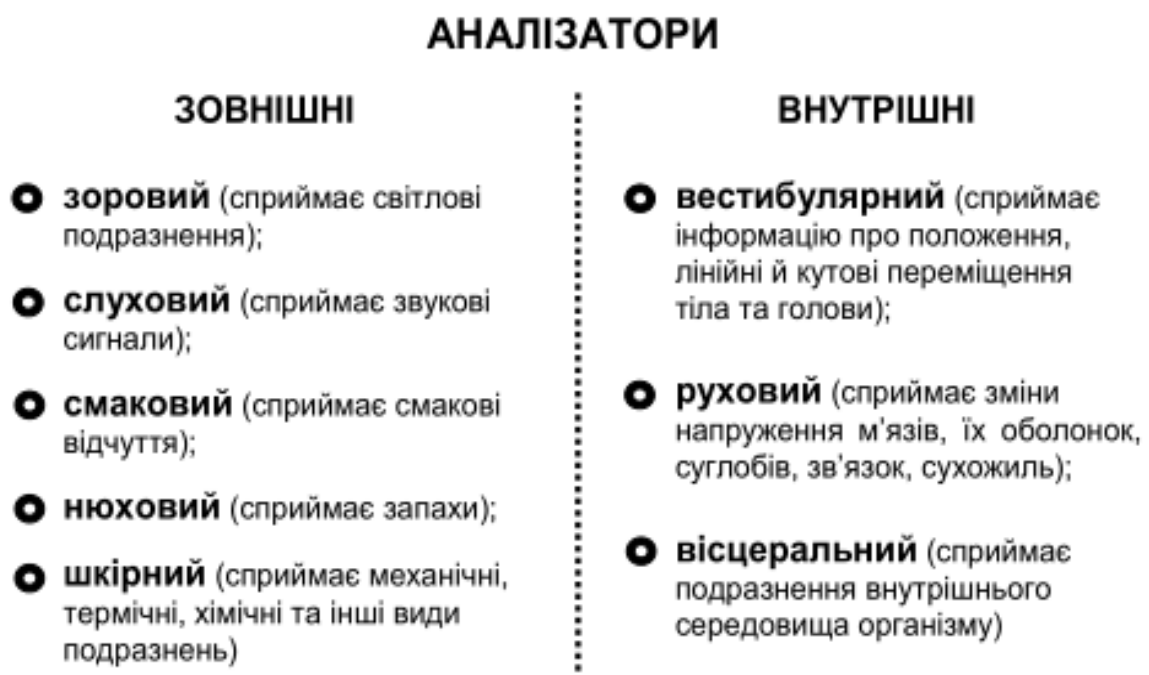


Рисунок 3.1 – Класифікація аналізаторів людини.

Аналізатори характеризуються наступними величинами.

Інтенсивність відчуття (S) - характеристика відчуттів, яка є суб'єктивною вираженістю відчуття, пов'язаного з будь-яким подразником. Відношення інтенсивності відчуття і фізичної інтенсивності подразника має достатньо складний вигляд.

Поріг відчуттів (сенсорний поріг) - характеристика чутливості аналізатора, відповідна величині подразника, досягши якої починає виникати (або змінюватися) відчуття або інші реакції (соматичні, вегетативні, електроенцефалографічні).

Види:

- абсолютний поріг (верхній і нижній);
- диференціальний поріг;
- оперативний поріг.

Абсолютний нижній поріг відчуттів - вид сенсорного порогу, який виражається мінімальною величиною подразника, перевищення якої дає у відповідь реакцію організму, перш за все у формі усвідомлення відчуття (ледве сприймане відчуття). Розрізняють нижній поріг чутливості сенсорної системи і поріг реагування ефектора, що свідчить про відповідь організму на подразник. Є характеристикою чутливості сенсорної системи. Для вимірювальних процедур корисним є виділення порогу появи і порогу зникнення.

Поріг появи - характеристика чутливості, відповідна ступеню інтенсивності стимулу, досягши якої виникає відчуття. Так, поріг появи: для звуку складає 20-25 дБ, при більших порогових значеннях у людини виникають проблеми зі слухом; для світла за яскравістю - 10 кд/м<sup>2</sup>; для дотикового аналізатора – 150 мг/мм<sup>2</sup>.

Поріг зникнення - характеристика чутливості, відповідна ступеню інтенсивності стимулу, при зменшенні якої подразник вже перестає викликати відчуття (для абсолютного порогу), або відмінності подразників не виявляються (для диференціального порогу).

Абсолютний верхній поріг відчуттів - вид сенсорного порогу, який виражається максимально допустимою величиною зовнішнього подразника, перевищення якої веде до появи хворобливих відчуттів, які свідчать про порушення нормальної діяльності організму.

Диференціальний поріг відчуттів ( $\Delta S$ ) - вид сенсорного порогу, який характеризується мінімальною відмінністю між двома подразниками, що сприймаються як різні або на яких може бути сформовано дві різні реакції. Прийнято кількісно виражати диференціальний поріг у вигляді відношення різниці між величиною постійного подразника, еталоном, і змінного, який, залежно від величини, сприймається як рівний або відмінний від еталону, до величини постійного подразника. Це відношення постійне в достатньо широкому діапазоні подразника. Якщо  $\Delta S < 1$ , то два подразники рівні.

Термінальний поріг відчуттів - вид сенсорного порогу, який відповідає досягненню подразником такої величини, що відчуття, зазвичай пов'язане з даним подразником, зникає або переходить в іншу модальність. Наприклад, при дуже високій яскравості світлового подразника відчуття світла набуває характер больового.

Оперативний поріг - вид сенсорного порогу, відповідний найменшій величині відмінності між двома величинами подразника, при якій точність і швидкість пізнання мають максимальні значення.

Основні психофізичні закони сприйняття.

Закон Вебера:

$$\frac{\Delta J}{J} = \text{const} , \quad (3.1)$$

де J- сила подразника (інтенсивність);

$\Delta J$  - мінімально помітний приріст інтенсивності подразника, що відповідає ледве помітній зміні відчуттів (диференційований поріг).

Так для зорового аналізатора:

$$\frac{\Delta J}{J} = 0,01 \quad (3.2)$$

Закон Вебера – Фехнера:

$$dS = k \frac{dJ}{J}, \quad (3.3)$$

де  $k$  коефіцієнт, що характеризує специфіку кожного з аналізаторів.

$$S = k \cdot \ln J + b, \quad (3.4)$$

де  $b$  – стала, має своє певне значення для кожного з аналізаторів в різних умовах сприйняття.

Цей закон виконується в середній області відчуттів.

Таблиця 3.1 - Значення коефіцієнту Вебера для різних органів відчуття

Відчуття	Значення коефіцієнту
Відчуття зміни висоти звуку	0,003
Відчуття зміни яскравості світла	0,017
Відчуття зміни маси предметів	0,020
Відчуття зміни гучності звуку	0,100
Відчуття зміни тиску на поверхню шкіри	0,140
Відчуття зміни смаку соляного розчину	0,200

Закон Стівенса:

$$S \approx k \cdot J^n \quad (3.5)$$

де  $k$  - константа, яка залежить від одиниць виміру;  
 $n$  – показник ступеню функції.

Показник  $n$  різний для різної модальності сигналів (для звуку  $n=0,1$ , для електричного струму  $n=3,0$ ). Величина  $n$  залежить від виду подразника.

Закон Стівенса є більш універсальним.

Приклад 3.2.1. Оцінити інтенсивність відчуття людини за слуховим аналізатором при інтенсивності подразника від 40 дБ до 80 дБ (поріг появи  $J_0=20$ дБ, стала аналізатора  $b=0,1$ ).

Розв'язання. Використовуючи закон Вебера– Фехнера за формулою 4 знаходимо інтенсивність відчуття з урахуванням дискретизації в 20 дБ:

$$S_{40}=0,1 \ln 40 + 0,1=0,469;$$

$$S_{60}=0,1\ln 60 + 0,1=0,509;$$

$$S_{80}=0,1\ln 80 + 0,1=0,538.$$

При більшій кількості точок дискретизації доречно будувати графічну залежність  $S=f(J)$  для більш наочного подання інформації.

Значно зменшити вірогідність потрапити в небезпечну ситуацію нам дозволяє така індивідуальна властивість як час реакції людського організму на подразник. Час реакції - це характеристика нервово-психічного процесу, яка є інтервалом між пред'явленням подразника і початком відповідної реакції, яка зазвичай фіксується в руховій сфері. Термін запропонований З. Ексерном. Першим провів хронометричний експеримент, в якому вимірювався час реакції людини на раптовий подразник, Ф. Бессель в 1823 р. Г. Гельмгольц для визначення швидкості передачі збудження по аферентним шляхам використовував електрошкірний подразник, що прикладається до різних ділянок тіла. У численних дослідженнях було показано, що перш за все розрізняється швидкість проведення збудження в різних нервах. У слуховій і тактильній сенсорних системах відмічена найбільша швидкість, а саме - 105–180 мс. Для зорової системи ця величина має значення 150–255 мс, для нюхової - 200–300 мс. Час реакції на больові подразники - 400–1000 мс. Разом з тим виявилось, що велика частина часу реакції витрачається на психологічну інтерпретацію подразника і підготовку до належної відповіді. На основі цього Ф. Дондерс запропонував розрізняти час простої реакції (А-реакції), реакції розрізнення (С-реакції) і реакції вибору (В-реакції).

Час реакції істотно залежить від складності завдання, що вирішується при пізнанні подразника.

Найбільш оптимальний інтервал між попереджувальним сигналом і тестовим, на який треба реагувати максимально швидко - 1,5–2 с.

Закон В. Е. Хіка (1952 р.) - психофізична емпірична закономірність, згідно якої час реакції при виборі з деякого числа альтернативних сигналів залежить від їх числа. Вперше ця закономірність була отримана в 1885 р. німецьким психологом І. Меркелем. Точне експериментальне підтвердження отримала в дослідженнях Хіка, в яких вона отримала вид логарифмічної функції:

$$ЧР = a \cdot \lg(n+1), \quad (6)$$

де ЧР - середнє значення часу реакції за всіма альтернативними сигналами; n - число рівноімовірних альтернативних сигналів; a — коефіцієнт пропорційності.

Одиниця у формулі є ще однією альтернативою - у вигляді пропуску сигналу.

Час пошуку необхідної інформації для прийняття правильного рішення також впливає на наш час реакції на подразник. Так середній час візуального пошуку ( $t_{вп}$ ) для одного елемента [5]:

$$t_{вп} = \frac{N}{M+1} + 1 \cdot t_{фс} \quad (3.7)$$

де  $N$  - загальне число елементів на панелі керування;

$M$  - число елементів з потрібною ознакою;

$\eta$  - оперативний обсяг зорового сприйняття;

$t_{\text{фс}}$  – середній час фіксації погляду на елементі з потрібною ознакою.

Величина  $\eta$  обмежена обсягом оперативної пам'яті (4-6 елементів) та оперативним полем зору  $\alpha=10^0$ . Тривалість фіксації  $t_{\text{ф}}$  залежить від способу кодування інформації та важкості задачі.

Тоді, сумарний час пошуку необхідної інформації ( $t_{\text{впс}}$ ):

$$t_{\text{впс}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{вп}} \quad (3.8)$$

Приклад 3.2.2. Визначити середній час візуального пошуку потрібної інформації. Для простих геометричних фігур є 10 елементів із потрібною ознакою, а загальне число елементів 50; для букв та цифр в таблицях є 20 елементів із потрібною ознакою, а загальне число елементів 100; для умовних знаків є 5 елементів із потрібною ознакою, а загальне число елементів 20. Пошук простих геометричних фігур займає  $t_{\text{ф}}=0,1\text{с}$ , пошук букв та цифр в таблицях -  $t_{\text{ф}}=0,1\text{с}$ , пошук умовних знаків,  $t_{\text{з}}=0,2\text{с}$ , зчитування умовних знаків  $t_{\text{з}}=0,15\text{с}$ .

Розв'язання. Приймаємо мінімальне значення для величини  $\eta$  4. За формулою 7 визначаємо середній час візуального пошуку для окремих елементів:

пошук простих геометричних фігур –  $t_{\text{вп}}=(50/4+1)/(10+1)\cdot 0,1=0,123\text{ с}$ ;

пошук букв та цифр в таблицях –  $t_{\text{вп}}=(100/4+1)/(20+1)\cdot 0,1=0,124\text{ с}$ ;

пошук умовних знаків –  $t_{\text{вп}}=(20/4+1)/(5+1)\cdot 0,2=0,2\text{ с}$ ;

зчитування умовних знаків –  $t_{\text{вп}}=(20/4+1)/(5+1)\cdot 0,15=0,15\text{ с}$ .

Сумарний час пошуку необхідної інформації за елементами складає:

$t_{\text{впс}}=0,123+0,124+0,2+0,15=0,597\text{ с}$ , що свідчить про добру реакцію людини (допустимий час реакції до 1,5–2 с).

Крім цього важливе значення має тривалість відчуття. Це характеристика процесу сприйняття, яка виражається інтервалом часу, протягом якого існує відчуття, як правило, не співпадає з тривалістю дії подразника. Відчуття виникає через деякий час після початку дії, а пропадати може через деякий час після припинення дії. Для студента в цьому плані відіграє значну роль такий показник пов'язаний з тривалістю відчуття, як ступінь збереження вивченого матеріалу –  $m_i$ . Ця величина визначається емпіричною залежністю:

$$m_i = \frac{1}{\ln t_i} - 0,1 \quad (3.9)$$

де  $t_i$  - час збереження матеріалу, год.

**Приклад 3.3.3.** Визначити ступінь збереження вивченого матеріалу залежно від часу збереження з урахуванням кривої залежності збереження обсягу інформації, якщо  $t_1=2$  години від початку запам'ятовування,  $t_2=4$  години,  $t_3=6$  годин,  $t_4=12$  годин.

**Розв'язання.** Користуємось формулою 9.

$$m_1=1/\ln 2 - 0,1=1,342;$$

$$m_2=1/\ln 4 - 0,1=0,621;$$

$$m_3=1/\ln 6 - 0,1=0,458;$$

$$m_4=1/\ln 12 - 0,1=0,302.$$

Тобто за 12 годин ступінь збереження вивченого матеріалу зменшується в 4,4 рази.

### 3.3 Завдання для практичної роботи

**Завдання 3.3.1.** Оцінити інтенсивність відчуття людини за дотиковим аналізатором при зміні маси предметів в діапазоні від 300 мг/мм<sup>2</sup> до 1800 мг/мм<sup>2</sup> при  $b=0,0225$ . За визначеними значеннями побудувати залежність  $S=f(J)$ .

**Завдання 3.3.2.** Визначити середній час візуального пошуку потрібної інформації за індивідуальним завданням (таблиці 3.4-3.5).

**Завдання 3.3.3.** Визначити ступінь збереження вивченого матеріалу залежно від часу збереження (таблиця 3.6), тобто через  $t_1 - t_8$  годин від початку запам'ятовування з урахуванням кривої залежності збереження обсягу інформації. За визначеними значеннями побудувати графік залежності обсягу збереженої інформації від часу. Оцінити свою спроможність належним чином запам'ятовувати інформацію.

Таблиця 3.2 – Вихідні данні для завдання 1

Варіант (за останньою цифрою залікової)	1	2	3	4	5
Вид аналізатору	шкірний (дотиковий)	зоровий	слуховий	шкірний (дотиковий)	зоровий
Нижня межа сприйняття	300 мг/мм <sup>2</sup>	200 кд/м <sup>2</sup>	20 дБ	100 мг/мм <sup>2</sup>	100 кд/м <sup>2</sup>
Верхня межа сприйняття	800 мг/мм <sup>2</sup>	300 кд/м <sup>2</sup>	140 дБ	1000 мг/мм <sup>2</sup>	250 кд/м <sup>2</sup>
Стала аналізатора, b	0,0075	0,005	0,01	0,001	0,001

Продовження таблиці 3.3

Варіант (за останньою цифрою залікової)	6	7	8	9	0
Вид аналізатору	слуховий	шкірний (дотиковий)	зоровий	слуховий	шкірний (дотиковий)
Нижня межа сприйняття	30 дБ	200 мг/мм <sup>2</sup>	150 кд/м <sup>2</sup>	10 дБ	100 мг/мм <sup>2</sup>
Верхня межа сприйняття	90 дБ	800 мг/мм <sup>2</sup>	450 кд/м <sup>2</sup>	150 дБ	600 мг/мм <sup>2</sup>
Стала аналізатора, b	0,005	0,002	0,002	0,02	0,005

Таблиця 3.4 – Кількість елементів пошуку

Вихідні дані	Варіант (за останньою цифрою залікової)		
	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9, 0
Кількість елементів з потрібною ознакою для простих геометричних фігур	5	10	15
Кількість елементів з потрібною ознакою для букв та цифр	20	25	30
Кількість елементів з потрібною ознакою для умовних знаків	2	5	7
Загальне число елементів для простих геометричних фігур	50	60	70
Загальне число елементів для букв та цифр	70	80	90
Загальне число елементів для умовних знаків	30	40	50

Таблиця 3.5 – Середній час фіксації погляду на окремому елементі

Вихідні дані	Варіант (за останньою цифрою залікової)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пошук простих геометричних фігур, с	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
Пошук букв та цифр в таблицях, с	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
Пошук умовних знаків, с	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
Зчитування умовних знаків, с	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49



Таблиця 3.6 – Час збереження інформації

Час, год.	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>
Варіант								
1	1,5	4	6	8	10	13	16	24
2	2	4	6	8	10,1	15,1	17,1	24
3	2,5	4	6	8	11,2	13,2	16,2	24
4	1,5	4	6	8	10,3	14,3	18,3	24
5	2	4	6	8	12,4	13,4	16,4	24
6	2,5	5	7	8	10,5	15,5	17,5	24
7	1,5	5	7	8	11,6	13,6	16,6	24
8	2	5	7	8	10,7	14,7	18,7	24
9	2,5	5	7	8	12,8	13,8	16,8	24
0	1,5	5	7	8	10,9	15,9	17,9	24

**3.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним пунктом роботи.

### 3.5 Контрольні запитання

1. Які основні психфізіологічні властивості людини?
2. Що таке пам'ять? Види пам'яті?
3. Які види сенсомоторних реакцій існують? Особливості?
4. Що таке увага? Як впливає на БЖД?
5. Які види темпераменту існують? Характеристика з точки зору БЖД?
6. Види аналізаторів людини?
7. В чому полягає закон Вебера-Фехнера?
8. В чому полягає закон Стівенса?
9. В чому полягає закон Хіка?
10. Як оцінити час сумарного пошуку інформації? Яке значення є допустимим?

## Практична робота № 4

### 4.4 Дослідження параметрів повітря робочої зони

**4.1 Мета роботи:** навчитись оцінювати стан повітря робочої зони за значеннями параметрів мікроклімату, рівнем забрудненості, навчитись розраховувати необхідний для нормалізації повітря робочої зони повітрообмін.

### 4.2 Короткі теоретичні відомості

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

У виробничому приміщенні розрізняють:

- робочу зону – простір, в якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників;
- робоче місце – місце постійного або тимчасового перебування працюючого в процесі трудової діяльності;
- постійне робоче місце – місце, на якому працюючий знаходиться понад 50% робочого часу або більше 2-х годин безперервно. Якщо при цьому робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, то вся ця зона вважається постійним робочим місцем;
- непостійне робоче місце – місце, на якому працюючий знаходиться менше 50% робочого часу або менше 2-х годин безперервно.

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

Показниками, що характеризують мікроклімат, є: температура повітря (°C), відносна вологість повітря (%), швидкість руху повітря (м/сек.), інтенсивність теплового випромінювання (Вт/м<sup>2</sup>).

Вимірювання параметрів мікроклімату проводяться на робочих місцях і в робочій зоні на початку, в середині та в кінці робочої зміни. У випадку коливань мікрокліматичних умов, пов'язаних з технологічним процесом та іншими причинами, вимірювання проводяться з урахуванням найбільших і найменших величин термічних навантажень протягом робочої зміни. Вимірювання здійснюються не менше 2-х разів на рік (теплий та холодний періоди року) у порядку поточного санітарного нагляду, а також при введенні в експлуатацію нового технологічного устаткування, внесенні технічних змін в конструкцію діючого устаткування, організації нових робочих місць тощо.

Вимірювання параметрів мікроклімату на робочих місцях проводяться на висоті 0,5-1,0 м від підлоги – при роботі сидячи та 1,5 м від підлоги при роботі стоячи.

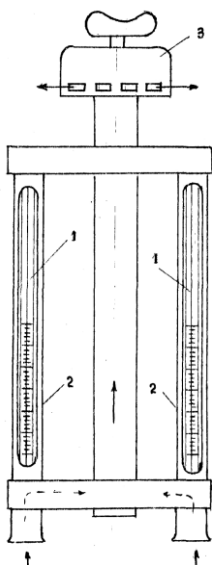


Рисунок 4.1 – Аспіраційний психрометр Ас-

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

$$T = T_C - K(T_C - T_3) \quad (4.1)$$

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

Вимірювання відносної вологості повітря проводять за

допомогою психрометрів. Найбільш поширеними видами психрометрів є психрометр Августа (без вентилятора) і аспіраційний психрометр Ассмана (з вентилятором). Психрометр Августа складається з двох звичайних ртутних термометрів. Ртутна кулька одного з них обгорнута марлею, кінець якої у вигляді нещільного джгуту занурюють у резервуар з чистою водою. Цей термометр називається вологим, інший сухим. При випаровуванні води з поверхні марлі ртуть вологого термометру охолоджується, тому вологий термометр завжди показує більш низьку температуру, чим сухий. Випаровування відбувається тим інтенсивніше, чим більш сухе повітря і більше швидкість його руху. За показаннями термометрів і таблиці (таблиця 4.1), яка додається до психрометра Августа, визначають відносну вологість повітря.

Точність показань психрометра підвищується, якщо резервуари термометрів обдуваються повітрям, яке рухається з певною швидкістю, як у аспіраційному психрометрі (рисунок 4.1), в якому є два ртутних термометри (1), закріплені в металічній оправі і вміщені в захисні металічні труби (2), які сполучені загальним повітропроводом з вентилятором (3), що знаходиться в голівці приладу.

Відносну вологість можна розрахувати за формулою:

$$W = \frac{P_B - \alpha (T_C - T_B) \times H}{P_C} \cdot 100, \% \quad (4.2)$$

де  $P_B$  і  $P_C$  – пружність насиченої водяної пари відповідно за температури вологого і сухого термометрів (таблиця 4.2);  $H$  – барометричний тиск, мм.рт. ст.;  $\alpha$  – психрометричний коефіцієнт, який залежить від швидкості руху повітря (таблиця 4.3);  $T_B$  і  $T_C$  – температура відповідно вологого і сухого термометрів, °С.

Таблиця 4.1 – Значення відносної вологості повітря за показниками психрометра Августа

$T_C, ^\circ\text{C}$	Різниця показників температури за сухим і вологим термометром $\Delta T, ^\circ\text{C}$												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	81	64	46	29	13	–	–	–	–	–	–	–	–
3	84	69	54	40	25	12	–	–	–	–	–	–	–
6	87	73	60	47	35	23	11	–	–	–	–	–	–
9	88	76	65	53	42	32	22	12	3	–	–	–	–
12	89	78	68	58	48	38	30	21	12	4	–	–	–
15	90	80	71	62	53	44	36	28	20	13	4	–	–
18	90	82	73	65	57	49	42	35	27	20	13	6	–
21	91	83	75	67	60	53	46	39	32	26	19	13	7
24	92	85	77	70	63	56	49	43	37	31	26	21	16
27	93	86	79	72	65	59	53	47	41	36	31	26	21
30	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	35	30	25
33	93	86	80	74	68	63	57	52	47	42	37	33	28
36	93	87	81	75	70	64	57	54	50	45	41	36	31
39	94	88	82	76	71	66	61	56	52	47	43	39	35

Таблиця 4.2 – Пружність насичених водяних парів при різній температурі повітря

Температура, °С	Пружність парів, мм.рт. ст..	Температура, °С	Пружність парів, мм.рт. ст..	Температура, °С	Пружність парів, мм.рт. ст..
10	9,14	18	14,93	26	24,96
11	9,77	19	16,32	27	26,47
12	10,43	20	17,36	28	28,07
13	11,14	21	18,47	29	29,74
14	11,88	22	19,63	30	31,51
15	12,67	23	20,86	31	32,37
16	13,51	24	22,06	32	35,32
17	14,40	25	23,52	33	37,37

Таблиця 4.3 – Психрометричний коефіцієнт  $\alpha$

V, м/с	0,13	0,16	0,20	0,30	0,40	0,80	2,30	4,00
$\alpha$	0,0013	0,0012	0,0011	0,010	0,0009	0,0008	0,0007	0,00067

Вимірювання швидкості руху повітря здійснюється анемометрами. У виробничій практиці застосовують два типи анемометрів – чашковий (рисунок 4.2) та крильчастий.

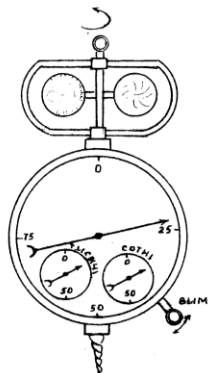


Рисунок 4.2 – Чашковий анемометр

Чашковий анемометр дозволяє робити заміри швидкості руху повітря від 1 до 20 м/с, крильчастий застосовується при замірах швидкості від 0,5 до 5 м/с.

Вимірювання атмосферного тиску здійснюють барометром-анероїдом. Дія його заснована на здатності мембранної анероїдної коробки деформуватися при зміні атмосферного тиску. Лінійні переміщення мембрани перетворюються передаючим важільним механізмом у кутові переміщення стрілки приладу.

Шкала градуйована у міліметрах ртутного стовпчика або у Па.

Відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень” норми мікроклімату виробничих приміщень можуть бути оптимальними і допустимими.

Оптимальні мікрокліматичні умови – це такі параметри мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активації терморегуляції. Вони забезпечують стан теплового комфорту і створюють умови для високого рівня працездатності.

Допустимі мікрокліматичні умови – це такі показники мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко зникають і нормалізуються; вони супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому може виникнути деяке зниження працездатності,

але пошкодження або порушення здоров'я у людини це не викликає.

Нормування параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях проводять згідно ДСН 3.3.6.042–99 в залежності від періоду року та категорії робіт за енерговитратами (таблиця 4.4).

Для нормування параметрів мікроклімату календарний рік поділяється на два періоди:

– холодний період – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення нижча за  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

– теплий – середньодобова температура зовні приміщення становить  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  і вище.

За важкістю та енерговитратами роботи класифікують на такі категорії:

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

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

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

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

Допустимі значення показників мікроклімату встановлюються у випадках, коли за технологічними вимогами, технічними та економічними причинами не можна забезпечити оптимальні норми.

Виміри показників мікроклімату повинні проводитись на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періодів року, не менше трьох разів за робочу зміну. При коливаннях показників мікроклімату, пов'язаних з технологічними процесами та іншими причинами, виміри необхідно проводити також при найменших і найбільших значеннях термічних навантажень на працюючих, що мають місце протягом робочої зміни.

Температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря вимірюють на висоті 1,0 м (для сидячих робіт) і 1,5 м (для стоячих робіт) від підлоги, або робочого майданчика.

Таблиця 4.4 – Допустимі значення показників мікроклімату робочої зони

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість W, % постійні і непостійні р.м.	Швидкість руху повітря V, м/с постійні і непостійні р.м.
		Верхня межа		Нижня межа			
		постійне р.м.*	непостійне р.м.*	постійне р.м.	непостійне р.м.		
Холодний	Ia	25	26	21	18	75	не більше 0,1
	Iб	24	25	20	17	75	не більше 0,2
	IIa	23	24	17	15	75	не більше 0,3
	IIб	21	23	15	13	75	не більше 0,4
	III	19	20	13	12	75	не більше 0,5
Теплий	Ia	28	30	22	20	55 за 28°C	0,1-0,2
	Iб	28	30	21	19	60 за 27°C	0,1-0,3
	IIa	27	29	18	17	65 за 26°C	0,2-0,4
	IIб	27	29	15	15	70 за 25°C	0,2-0,5
	III	26	28	15	13	75 за 24°C	0,5-0,6

Для створення здорових і безпечних умов праці на робочому місці, крім підтримання встановлених санітарними нормами оптимальних або допустимих значень температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, необхідно також забезпечити чистоту повітря робочої зони. Для цього необхідно мати гігієнічне нормування шкідливих речовин, надійні способи визначення їх концентрації у повітрі і сучасне технічне та організаційне забезпечення їх знешкодження.

Отруєння шкідливими речовинами можливе тільки за їх концентрації в повітрі робочої зони, що перевищує певну межу – гранично допустиму концентрацію (ГДК). Вимірюється ГДК у мг/м<sup>3</sup>. Перелік ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони наводиться у “Санітарних нормах проектування промислових підприємств” СН 245-71; ГОСТ 12.1005-88, ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-технические требования, а також ДСП 201-97.

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

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (4.3)$$

де  $C_n$  – концентрації шкідливих речовин у повітрі, мг/м<sup>3</sup>;  $ГДК_n$  – гранично допустимі концентрації відповідних шкідливих речовин, мг/м<sup>3</sup>.

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

Розрахунок необхідного повітрообміну за відсутності шкідливих речовин (шкідливі речовини, волога, надлишки тепла) проводиться у відповідності до

СН 245-71 “Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий” за формулою:

$$L_s = n \cdot L \quad (4.4)$$

де  $n$  – кількість працюючих;  $L$  – витрата повітря на одного працюючого,  $\text{м}^3$ .

Згідно СН 245-71 об’єм приміщення на одного працюючого має бути  $V \geq 15 \text{ м}^3$ , а площа виробничого приміщення  $S \geq 4,5 \text{ м}^2$ . Для користувачів комп’ютерної техніки згідно з ДСанПіН 3.3.2.007–98:  $V \geq 20 \text{ м}^3$ ,  $S \geq 6 \text{ м}^2$ .

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

Якщо в приміщення виділяються шкідливі речовини у вигляді пару, газу, пилю, то розрахунок повітрообміну  $L \text{ м}^3/\text{год}$ , виконують згідно з СНиП 2.04.05.91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха” за формулами:

– за кількістю шкідливих речовин:

$$L_3 = L_{p.z.} + \frac{M - L_{p.z.} \cdot (C_{p.z.} - C_n)}{C_{вид} - C_n}, \quad (4.5)$$

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

Якщо  $L_{p.z.} = 0$ , тобто з робочої зони не відсмоктується повітря, то наведена формул 4 спрощуються. Наприклад, повітрообмін за кількістю шкідливих речовин тоді можна розрахувати:

$$L_3 = \frac{M}{C_{p.z.} - C_n}. \quad (4.6)$$

Під час розрахунків приймаємо  $C_{p.z.} = ГДК$ . Вміст шкідливих речовин в повітрі, яке надходить у виробниче приміщення не повинен перевищувати 0,3 ГДК.

При одночасному виділенні у повітря робочої зони приміщення кількох шкідливих речовин не односпрямованої дії повітрообмін приймають за тією шкідливою речовиною, для якої за розрахунком, необхідний більший повітрообмін.

У випадку одночасного виділення кількох шкідливих речовин односпрямованої дії, розраховані повітрообміни, необхідні для розбавлення кожної ре-

човини до його ГДК, додають.

За одержаними даними проводиться розрахунок кратності повітрообміну, год<sup>-1</sup>:

$$K = L / V_B, \quad (4.7)$$

де  $L$  – повітрообмін, м<sup>3</sup>/год;  $V_B$  – внутрішній вільний об'єм приміщення,  $V_B \approx 0,8V$ , де  $V$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

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

### Розрахунок аерації

Сумарна площа витяжних прорізів розраховується за формулою:

$$S_{заг} = \frac{L}{3600 \times v}; \quad (4.8)$$

де  $L$  – повітрообмін, м<sup>3</sup>/год;  $v$  – швидкість руху повітря в прорізах (м/с):

$$v = 1,42\psi \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho_{зовн}}}; \quad (4.9)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт, що враховує швидкість руху повітря в прорізах (приймається рівним 0,5 м/с);  $\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>,  $\Delta P$  – надлишковий тиск повітря, що створюється за рахунок різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря.

Густина повітря залежить від температури і вологості і може бути емпірично розрахована за формулою:

$$\rho_t = 353 / (273 + t); \quad (4.10)$$

Надлишковий тиск повітря ( $\Delta P$ ) розраховується за формулою:

$$\Delta P = g \times h (\rho_{зовн} - \rho_{внт}); \quad (4.11)$$

де  $h$  – відстань між центрами верхніх та нижніх прорізів для повітрообміну;

$g$  – прискорення вільного падіння (9,81 м/с<sup>2</sup>);

$$\rho_{зовн} = 353 / (273 + t_{зовн}); \quad \rho_{внт} = 353 / (273 + t_{сер}); \quad \text{де } t_{сер} = \sqrt{(t_{п.з.} + t_{внд})^2}. \quad (4.12)$$

Потрібний повітрообмін розраховуємо за формулою:

$$L = \frac{Q}{c \times \rho \times (t_{внд} - t_{зовн})}, \quad (4.13)$$



де  $Q$  – кількість тепла, яке виділяється в приміщення за годину, кДж;  
 $c$  – теплоємність повітря кДж/кг (в інтервалі температур від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$  приймається за  $1,01 \cdot 10^3$  Дж/кг);  
 $\rho$  – густина повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (дорівнює  $\rho_{\text{внт}}$ );  
 $t_{\text{вид}}$  – температура повітря, що видаляється:

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{р.з.}} + \Delta t (H - 2), \quad (4.14)$$

де  $t_{\text{р.з.}}$  – температура робочої зони,  $\Delta t$  – температурний градієнт за висотою приміщення,  $\text{C}^{\circ}/\text{м}$ ;  $H$  – відстань від підлоги до центру витяжних прорізів. Послідовність розрахунку:  $t_{\text{вид}}$ ,  $t_{\text{сер}}$ ,  $\rho_{\text{зовн}}$ ,  $\rho_{\text{внт}}$ ,  $L$ ,  $\Delta P$ ,  $v$ ,  $S$ .

### 4.3 Завдання для практичної роботи

**Завдання 4.3.1.** Визначити відповідність значень показників мікроклімату робочої зони оптимальним або допустимим нормам згідно ДСН 3.3.6.042–99. Вихідні дані наведені в таблиці 4.5. Відносну вологість визначити за показаннями психрометра Августа і за формулою 4.2. Всі решта необхідних даних вибрати із таблиць 4.1 – 4.4.

Таблиця 4.5 – Вихідні дані до завдання 4.3.1

Вихідні дані	Варіанти									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температура сухого $T_c$ і вологого $T_v$ термометрів, $^{\circ}\text{C}$	1/17	20/19	19/15	24/16	25/19	23/21	24/20	17/15	25/23	24/20
Атмосферний тиск $H$ , мм. рт. ст..	760	725	750	730	770	730	740	720	730	755
Швидкість руху повітря $V$ , м/с	0,3	0,16	0,2	0,13	0,16	0,4	0,2	0,4	0,13	0,16
Категорія робіт	Ia	Iб	IIa	IIб	III	Ia	Iб	IIa	IIб	III
Період року*	т	т	т	т	т	х	х	х	х	х

Примітка: використані скорочення для теплого періоду року – т, для холодного – х.

**Завдання 4.3.2.** В складському приміщенні зберігаються деякі хімічні речовини. Газоаналізатором УГ-2 визначена наявність в повітрі робочої зони наступних речовин, що входять до складу цих речовин: толуол, ксилол, ацетон, бутіл-ацетат та ін.). Визначити кількість повітря, яку необхідно ввести в приміщення, щоб концентрація парів цих речовин у повітрі не перевищувала гра-

нично допустиму концентрацію (ГДК), розрахувати кратність повітрообміну. Вважати, що концентрація парів шкідливих речовин в припливному повітрі, що подається у приміщення, не перевищує 0,1 ГДК. Вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблиці 4.6.

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

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

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

Таблиця 4.6 – Вихідні дані до завдання 4.3.2

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

**Завдання 4.3.3.** Під час фарбування автомобіля в малярному відділенні випаровується бутиловий спирт. Визначте необхідний повітрообмін L, м<sup>3</sup>/год, якщо ГДК бутилового спирту 10 мг/м<sup>3</sup>, об'єм приміщення 56 м<sup>3</sup>.

Таблиця 4.7 – Вихідні дані до завдання 4.3.3

ШР	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кількість речовини, г/год	2,20	3,40	4,10	5,20	6,50	7,40	8,20	9,30	10,1	11,6
Об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	40	80	50	30	40	80	50	30	60	100

**Завдання 4.3.4.** Розрахувати загальну площу витяжних прорізів для аерації за наведеними вихідними даними. Прийняти коефіцієнт зменшення тиску повітря в прорізах  $\psi = 0,5$ , відстань між центрами верхніх та нижніх прорізів 2,5 м, інші дані наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Вихідні дані до завдання 4.3.4

Вихідні дані	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Розміри приміщення (довжина/ширина/ висота), м	10/5/4	20/12/6	40/20/8	25/12/6	25/15/8	30/15/7,2	20/10/6,5	20/12/6	40/20/8	25/12/6
Температура повітря в робочій зоні/ззовні, С°	18/5	20/10	20/4	15/10	22/15	25/15	20/10	20/4	15/10	22/15
Кількість тепла, яке виділяється в приміщення за годину, кДж	$3 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	$9 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
Температурний градієнт за висотою приміщення ( $\Delta t$ ), С°/м	1,5	2	2,5	3,5	4,5	5,5	2	3	5	4

**4.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним пунктом роботи.

#### 4.5 Контрольні запитання

1. Якими параметрами характеризується мікроклімат робочої зони?
2. Згідно з яким документом нормуються параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях?
3. Якими приладами вимірюються параметри мікроклімату?
4. Які параметри мікроклімату вважаються оптимальними?
5. Які параметри мікроклімату вважаються допустимими?
6. Дайте визначення поняттю “шкідлива речовина”.
7. Дайте визначення поняттю “гранично допустима концентрація шкідливої речовини”.
8. Як класифікують шкідливі речовини за характером дії на організм людини?
9. Як класифікують шкідливі речовини за ступенем дії на організм людини?
10. Які речовини називаються речовинами односпрямованої дії? Які умови повинні виконуватись, в разі присутності в повітрі декількох речовин односпрямованої дії?

## Практична робота 5

### 5 Дослідження рівнів шуму та вібрації на робочих місцях

**5.1 Мета роботи:** навчитися визначати рівень шуму, що створюється декількома джерелами на робочому місці, оцінити його відповідність санітарним нормам; навчитись визначати необхідне зниження шуму матеріалом ізолюючої перегородки, запропонувати засоби захисту, за допомогою яких можна досягти потрібного зниження шуму.

#### 5.2 Короткі теоретичні відомості

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

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

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

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

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

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

Звук характеризується частотою звукових коливань, звуковим тиском та інтенсивністю.

Для оцінки та аналізу шумів весь слуховий діапазон частот ( $f = 20 \dots 20000$  Гц) розбивають на смуги – октави – смуга частот, у якій відношення верхньої частоти до нижньої дорівнює двом.

Характеристикою кожної смуги є середньгеометрична частота  $f_{\text{сг}}$ , яка для октави вираховується за виразом  $f_{\text{сг}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$ . Значення  $f_{\text{сг}}$  для восьми стандартизованих октавних смуг дорівнюють 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Звуковий тиск  $P$ , Па – це різниця між миттєвим значенням повного тиску у середовищі за наявності звуку та середнім тиском у цьому середовищі за відсутності звуку.

Інтенсивність звуку  $I$ , Вт/м<sup>2</sup> – це середній потік звукової енергії за одиницю часу віднесений до одиниці площі поверхні перпендикулярної до напрямку

розповсюдження звукової хвилі.

Для фізіологічної оцінки інтенсивності та звукового тиску використовують відносні величини – рівень інтенсивності звуку  $L_I$  та рівень звукового тиску  $L_p$ , одиницею вимірювання яких є децибел (дБ):

$$L_I = 10 \lg(I/I_0), \quad (5.1)$$

а рівень звукового тиску  $L_p$  в дБ:

$$L_p = 10 \lg (P/P_0)^2 = 20 \lg(P/P_0), \quad (5.2)$$

де  $I$  і  $P$  відповідно інтенсивність і звуковий тиск в даній точці, а  $I_0$  і  $P_0$  – інтенсивність і звуковий тиск порогу чутності.

За частоти 1000 Гц поріг чутності для звукового тиску складає  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па, а для інтенсивності звуку –  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>; при звуковому тиску  $P = 200$  Па та  $I = 100$  Вт/м<sup>2</sup> виникають больові відчуття (больовий поріг)

Для орієнтовної гігієнічної оцінки параметрів постійного широкосмужного шуму на робочих місцях, що нормуються, дозволяється за характеристику постійного шуму приймати рівень звуку в дБА, який вимірюється за шкалою “А” шумоміра:

$$L_A = 20 \lg(P_A/P_0), \quad (5.3)$$

де  $P_A$  – середньоквадратичний звуковий тиск з урахуванням коригування “А” шумоміра, Па;  $P_0$  – порогове значення звукового тиску, Па.

Коригування полягає у введенні поправок до рівнів звукового тиску в залежності від частоти. Коригований рівень звукового тиску дорівнює:

$$L_A = L - \Delta L_A, \quad (5.4)$$

де  $L$  – значення загального рівня шуму;  $\Delta L_A$  – корекція, дБ.

Коригування необхідне, для наближення результатів об’єктивних вимірювань до суб’єктивного сприйняття шуму людиною. Стандартні значення коригування такі:

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

Норми шуму на робочих місцях регламентуються Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99. При нормуванні шуму враховується характер роботи та умови технологічного процесу.

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

Шум на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих рівнів

згідно ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (таблиця 5.1).

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

Таблиця 5.1 – Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях

Робочі місця	Рівні звукового тиску, дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								Рівень звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання та проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльність; робочі місця у приміщеннях - дирекції, проектно-конструкторських бюро, розрахувачів, програмістів обчислювальних машин у лабораторіях для теоретичних робіт та обробки даних, прийому хворих у медпунктах	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні та аналітичні роботи у лабораторії: робочі місця в приміщеннях цехового керівного апарату, контор, лабораторій	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Робота, що виконується за вказівками та акустичними сигналами, робота, що потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота: робочі місця у приміщеннях диспетчерської служби, кабінетах та приміщеннях спостереження та дистанційного керування з мовним зв'язком по телефону, друкарських бюро, на ділянках точного складання, на телефонних та телеграфних станціях, у приміщеннях майстрів, у залах обробки інформації на обчислювальних машинах без дисплея та у приміщеннях операторів-акустиків	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Продовження таблиці 5.1

4. Робота, що вимагає зосередження, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами: робочі місця за пультами у кабінах нагляду та дистанційного керування без мовного зв'язку по телефону; у приміщеннях лабораторій з шумним устаткуванням, шумними агрегатами обчислювальних машин	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Виконання всіх видів робіт (крім перелічених у пп. 1 - 4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств	95	87	82	78	75	73	71	69	80

**Визначення рівнів шуму за одночасно працюючих джерелах шуму**

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

$$L_s = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i} \quad (5.5)$$

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

В разі  $n$  однакових джерел шуму формула має вигляд:

$$L_s = L_i + 10 \cdot \lg n \quad (5.6)$$

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

При двох різних джерелах шуму  $L_1 > L_2$ :

$$L_s = L_1 + \Delta L \quad (5.7)$$

де  $\Delta L$  – корегувальна добавка, дБА, в залежності від різниці  $L_1 - L_2$ .

Різниця двох додаваних рівнів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Корегувальна добавка $\Delta L$ до більш високого рівня	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Якщо кількість джерел  $n > 2$ , то користуючись корегувальними добавками необхідно послідовно додавати рівні, починаючи з максимального. Спочатку визначають різницю двох додаваних рівнів, потім – добавку до більш високого з додаваних рівнів. Після цього добавку слід додати до більшого з додаваних рівнів.

Наприклад: рівні звукового тиску від п'яти джерел шуму становлять відповідно 81, 83, 87, 90, 91, для того, щоб знайти сумарний рівень звукового тиску  $L_s$  спочатку знаходимо різницю між значенням звукового тиску найбільш ін-

тенсивного джерела і джерела із наступною інтенсивністю:  $L_{\text{різн1}} = 91 - 90 = 1$ ; із таблиці вибираємо  $\Delta L_{\text{дод1}} = 2,5$ . Знаходимо сумарний рівень звукового тиску для двох джерел  $L_{s1}$ , додаючи  $\Delta L_1$  до значення звукового тиску найбільш інтенсивного джерела:  $L_{s1} = 91 + 2,5 = 93,5$  дБ. Далі шукаємо різницю між знайденим  $L_{\text{різн2}}$  двох джерел із наступним значенням звукового тиску:

$$L_{\text{різн2}} = 93,5 - 87 = 6,5, \text{ отже } \Delta L_2 = 0,9, \text{ тоді } L_{s2} = 93,5 + 0,9 = 94,4 \text{ дБ};$$

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

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

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

Знайдемо сумарний рівень звукового тиску від даних п'яти джерел за формулою 6.5.

$$L_s = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot 81} + 10^{0,1 \cdot 83} + 10^{0,1 \cdot 85} + 10^{0,1 \cdot 87} + 10^{0,1 \cdot 90} + 10^{0,1 \cdot 91}) = 95,3 \text{ (дБ)}$$

### Методи та засоби захисту від шуму

Для боротьби з шумом застосовують методи і засоби колективного та індивідуального захисту. Згідно з ГОСТ 12. 1. 029-80 “ССБТ. Способы и методы защиты от шума. Классификация” на підприємствах, в першу чергу, необхідно застосувати засоби колективного захисту. Методи колективного захисту поділяють на: архітектурно-планувальні, інженерні, організаційні та акустичні.

Серед акустичних методів захисту найбільш поширеним методом є застосування звукоізоляції у вигляді кожухів, екранів, огорожень, кабін спостереження (при дистанційному керуванні). В основу методу звукоізоляції покладений принцип відбиття – більша частина звукової енергії  $I$ , що падає на огороження відбивається і тільки незначна її частка (близько 0,001) проникає через огороження. Ефективність звукоізоляції  $R$ , дБ характеризується коефіцієнтом звукопровідності  $\tau$  і розраховується за формулою:

$$R = 10 \lg (1/\tau), \quad (5.8)$$

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

За звичай  $R = 20 \dots 40$  дБ. Звукоізолююча здатність багатошарової конструкції  $R$ , дБ визначається за формулою:

$$R = 20 \lg mf - 47,5, \quad (5.9)$$

де  $m$  – маса конструкції,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;  $f$  – частота коливань, Гц;



## Розрахунок звукоізоляції перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ)

Розрахунок проводиться у восьми октавних смугах частот. Загальна звукоізоляція перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ)  $R_c$  визначається за формулою:

$$R_c = R + \Delta R \quad (5.10)$$

де  $R$  – звукоізоляція перегородки (вибирається з таблиці 5.2 в залежності від матеріалу перегородки);

$\Delta R$  – додаткова звукоізоляція за рахунок шару ЗПМ, дБ визначається за формулою:

$$\Delta R = 8,7\beta \cdot \delta + 20 \lg[(m_n + m_{nc})/m_n] \quad (5.11)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт затухання,  $1/m$ , (визначається за таблицею 5.3);

$\delta$  – товщина шару ЗПМ, м;

$m_n$  – поверхнева густина матеріалу перегородки,  $kg/m^2$  (коливається від 150 до 600).

$m_{nc}$  – поверхнева густина шару ЗПМ,  $kg/m^2$  знаходиться за формулою:

$$m_{nc} = \rho \cdot \delta, \quad (5.12)$$

де,  $\rho$  – об'ємна густина ЗПМ,  $\rho = 20 kg/m^3$ ;  $\delta$  – товщина шару ЗПМ, м.

Таблиця 5.2 – Звукоізоляція стін і перегородок, дБ

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

Таблиця 5.3 – Коефіцієнти затухання  $\beta$ , 1/м

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

### 5.3 Завдання для практичної роботи

**Завдання 5.3.1.** В офісному приміщенні одночасно працюють три установки (варіанти завдань вибрати із таблиці 5.4). Рівні звукового тиску, що випромінюються кожним джерелом наведені в таблиці 5.4. Визначити сумарні октавні рівні звукового тиску одночасно працюючих джерел послідовним сумуванням (формула 5.7) і за формулою 5.5. Порівняти отримані результати.

Таблиця 5.4 – Вихідні дані до завдання 5.3.1

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

**Завдання 5.3.2.** Визначити сумарний рівень звукового тиску при  $n$  однакових одночасно працюючих джерелах шуму, рівновіддалених від розрахункової точки, за даними таблиці 5.5, користуючись формулою 5.6.

Таблиця 5.5 – Вихідні дані до завдання 2

Вихідні дані	Варіанти									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Звуковий тиск $L_i$ , дБ	9	9	8	8	81	7	7	7	6	6
Кількість джерел звуку, $n$	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3

**Завдання 5.3.3.** Розрахувати звукоізоляцію перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ). Матеріал для перегородки і ЗПМ взяти згідно варіанту із таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Вихідні дані до завдання 3

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

**5.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним пунктом роботи.

### 5.5 Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте шум за таким планом: визначення, фізичні та фізіологічні характеристики, джерела виникнення, вплив на людину.
2. Як проводиться нормування виробничого шуму? Назвіть параметри, які нормуються та основні нормативні документи.
3. Як проводиться нормування побутового шуму?
4. Які вимоги до шуму на робочих місцях із передбачені санітарними нормативами?
5. Як проводиться контроль параметрів шуму на робочих місцях?
6. Які вимірювальні прилади для визначення рівня шуму на робочих місцях вам відомі?
7. Назвіть методи захисту від шуму. Які з них доцільно застосовувати і в яких приміщеннях?
8. В чому полягає метод звукоізоляції? Які ви знаєте звукоізолюючі матеріали?
9. Яка ефективність методу звукопоглинання у боротьбі зі зниженням шуму? Назвіть звукопоглинальні матеріали.
10. Які ви знаєте індивідуальні засоби захисту від шуму? В яких випадках передбачене їх використання?

## Практична робота 6

### 6 Дослідження ефективності природної та штучної освітленості робочих поверхонь

**6.1 Мета роботи:** навчитись розраховувати необхідне природне та штучне освітлення залежно від характеру зорових робіт, які виконуються у виробничому приміщенні.

#### 6.2 Короткі теоретичні відомості

Відомо, що вісімдесят відсотків інформації зовнішнього світу людина отримує через очі. Якість інформації залежить від освітлення. Тому правильно організована система освітлення має велике значення в зниженні виробничого травматизму, створює нормальні умови для роботи органів зору, підвищує працездатність організму і відповідно, продуктивність праці: при зорових роботах середньої важкості на 5...6%, при важкій зоровій роботі на 15%, а при роботі в межах зорового сприйняття – на 40%.

Основним нормативним документом, що визначає вимоги до організації освітлення в Україні є ДБН В. 2.5–28–2006 “Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення”.

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

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

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

$$S_B = (e_H^{IV} \cdot K_{буд} \cdot K_3 \cdot \eta_B S_{пл}) / (\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100); \quad (6.1)$$

де  $S_B$  – площі ліхтарів, вікон,  $m^2$ ;

$e_H$  – нормоване значення КПО, % визначається за формулю:

$$e_H = e \cdot m, \quad (6.2)$$

де  $e$  – значення КПО за таблицею 6.1;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату за таблицею 6.2;

$S_{пл}$  – площа підлоги,  $m^2$ ;

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

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

$\tau_0$  – загальний коефіцієнт світлопропускання:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (6.3)$$

де  $\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (визначається за таблицею 6.3);

$\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі (визначається за таблицею 6.3);

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні  $\tau_3=1$ ; при верхньому –  $\tau_3=0,8-0,9$ );

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (визначається за таблицею 6.3);

$\tau_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається рівним 0,9).

$\gamma_1, \gamma_2$  – коефіцієнти, що враховують підвищення КПО за рахунок відбиття відповідно при боковому і верхньому освітленні;

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

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{стелі}} S_{\text{стелі}} + \rho_{\text{стін}} S_{\text{стін}} + \rho_{\text{підлоги}} S_{\text{підлоги}}}{S_{\text{стелі}} + S_{\text{стін}} + S_{\text{підлоги}}}, \quad (6.5)$$

$\rho_{\text{стелі}}, \rho_{\text{стін}}, \rho_{\text{підлоги}}$  – відповідні коефіцієнти відбиття (таблиця 6.4);

$S_{\text{стелі}}, S_{\text{стін}}, S_{\text{підлоги}}$  – відповідні площі поверхонь.

$\eta_{\text{в}}$  – світлова характеристика вікна (вибирається із таблиці 6.5);

Значення коефіцієнта  $\gamma_1$  визначається за таблицею 6.6 в залежності від параметрів приміщення та  $\rho_{\text{ср}}$ .

Таблиця 6.1 – Норми штучного та природного освітлення виробничих приміщень (витяг з ДБН В. 2.5–28–2006)

Характеристика зорових робіт	Найменший розмір об'єкта позпізна-	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Штучне освітлен-	Природне освіт-
				Освітленість, лк	КПО, %
				загальне освітлення	бокове освітлення
Середньої точності	0,5-1	IV	а	300	1,5
			б	200	
			в	200	
			г	150	
Малої точності	1-5	V	а	200	1,0
			б	150	
			в	150	
Груба	Більше 5	VI	–	100	0,5
			–	150	

Таблиця 6.2 – Значення коефіцієнта світлового клімату

Світлові прорізи	Орієнтація світлових прорізів за сторонами горизонту	Коефіцієнт світлового клімату, $\tau$	
		Автономна республіка Крим, Одеська обл.	Решта території України
В зовнішніх стінах будинків	ПН	0,85	0,90
	ПНС, ПНЗ	0,85	0,90
	З, С	0,80	0,85
	ПДС, ПДЗ	0,80	0,85
	ПД	0,75	0,85

Примітка. ПН - північ; ПНС - північ-схід; ПНЗ - північ-захід; С - схід; З - захід; ПД - південь; ПДС - південь-схід; ПДЗ - південь-захід

Таблиця 6.3 – Значення коефіцієнтів  $\tau_1$   $\tau_2$   $\tau_4$ 

Вид світло пропускнуго матеріалу	Значення $\tau_1$	Вид віконної рами	Значення $\tau_2$	Сонцезахисні пристрої	Значення $\tau_4$
Скло віконне листове:		Віконні рами для промислових будівель:		Регульовані жалюзі та штори (внутрішні, зовнішні)	1
одинарне	0,9				
подвійне	0,8				
потрійне	0,75	а) дерев'яні:		Стаціонарні жалюзі та екрани з захисним кутом не більше 45°:	
Скло листове:		одинарні	0,75		
армоване	0,6	спарені	0,7		
з візерунком	0,65	подвійні окремі	0,6	- горизонтальні	0,65
сонцезахисне	0,65	б) металеві:			
контрастне	0,75	одинарні (відкриваються)	0,75	Горизонтальні козирки:	
Органічне скло:		одинарні (глухі)	0,9		
прозоре	0,9	подвійні (відкриваються)	0,6	- з захисним кутом не більше 30°	0,8
молочне	0,6	подвійні (глухі)	0,8	- з захисним кутом від 15 до 45° (багатоступеневі)	0,6-0,9
Пустотілі скляні блоки:					
світлорозсіюючі прозорі	0,55				
Склопакети	0,8				

Таблиця 6.4 – Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття стелі ( $\rho_{\text{стелі}}$ ) та стін ( $\rho_{\text{стін}}$ )

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

Таблиця 6.5 – Значення світлової характеристики вікон ( $\eta_B$  при боковому освітленні)

Відношення довжини приміщення (L) до його глибини (B)	Відношення глибини приміщення (B) до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна (h)							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	–

Таблиця 6.6 – Значення коефіцієнта  $g_1$

B/h	1/B	Значення $g$ при боковому освітленні								
		Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{cp}$ стелі, стін і підлоги								
		0,5			0,4			0,3		
		Відношення довжини приміщення L до його глибини B								
		0,5	1	2 i >	0,5	1	2 i >	0,5	1	2 i >
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1
	1,0	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
> 1,5 до 2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2
	1,0	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
> 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
	1,0	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7

Продовження таблиці 6.6

> 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1
	1,0	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5

Примітка: В – глибина приміщення; h – висота від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна; l – відстань розрахункової точки (точка, яка знаходиться на відстані 1 м від стіни, що розташована навпроти стіни з вікнами) до зовнішньої стіни.

### Розрахунок штучного освітлення

За призначенням штучне освітлення буває робоче, аварійне (при відключенні робочого освітлення), евакуаційне, охоронне (в нічний час).

Аварійне освітлення повинно складати не менше 5% норми загального освітлення, але не менше 2 лк всередині приміщення і не менше як 1лк на території.

Евакуаційне освітлення повинно забезпечити освітленість не менш як 0,5 лк в приміщенні і 0,2 лк на відкритих площадках.

Охоронне освітлення влаштовується вздовж кордонів території, освітленість на рівні землі повинна бути не нижче ніж 0,5 лк.

Крім того, штучне освітлення буває:

- загальним (світильники розміщені рівномірно у верхній зоні приміщення);
- місцевим (безпосередньо на робочих місцях);
- комбінованим (загальне плюс місцеве). У виробничих приміщеннях одне місцеве освітлення не допускається.

Загальним називаються освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з врахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосовування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

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



проведення розрахунків за формулами 5.1 – 5.8 наведена в темі 4 “Освітлення виробничих приміщень”.

Порядок проведення розрахунків:

1. Розраховують приблизну кількість світильників загального освітлення у приміщенні за формулою:

$$N = (A \cdot B) / L^2 \quad (6.6)$$

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

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

$$H_p = H - h_p - h_c, \quad (6.7)$$

$h_p = 0,8$  м, висота робочої поверхні над підлогою;  $h_c = 0,5$  м, відстань світлового центру світильника від стелі, або:

$$H_p = L / 1,5, \quad (6.8)$$

$L$  – відстань між рядами світильників; оптимальна відстань між світильником при багаторядному розташуванні, м, визначається:

$$L = 1,5 \cdot H_p \quad (6.9)$$

2. Визначають світловий потік однієї лампи світильника  $\Phi$  за формулою:

3.

$$\Phi = (E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_3) / (N \cdot n \cdot \eta), \quad (6.10)$$

де  $E_n$  – нормована освітленість, лк, визначається за таблицею 1 для відповідного розряду зорової роботи;

$S$  – площа приміщення, що освітлюється,  $m^2$ ;

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

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення ( $Z = 1,15$  для ламп розжарювання та ДРЛ;  $Z = 1,1$  для люмінесцентних ламп);

$N$  – кількість світильників (розрахована попередньо за формулою 6)

$n$  – кількість ламп в світильнику (для світильників з газорозрядними лампами, прийняти тип світильника ЛПО-01 із кількістю ламп  $n = 2$ ); для світильників з лампами розжарювання прийняти тип світильника УПМ-15 відповідно із  $n = 1$ );

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, визначається за світлотехнічною таблицею 7 в залежності від індексу приміщення, коефіцієнтів відбит-

тя стелі, стін для світильників з люмінесцентними лампами; значення  $\eta$  визначають в залежності від індексу приміщення  $i$ :

$$i = (A \cdot B) / (H_p \cdot (A + B)), \quad (6.11)$$

3. Визначивши світловий потік лампи  $\Phi$ , за таблицею 8 вибирають найближчу стандартну лампу, причому її світловий потік не повинен відрізнятись від розрахункового більше ніж на (-10) – (+20) %.

Розраховують необхідну кількість світильників у приміщенні  $N_H$  за формулою:

$$N = E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z / (\Phi \cdot n \cdot \eta) \quad (6.12)$$

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

$$E_p = (\Phi \cdot N \cdot n \cdot \eta) / (S \cdot Z \cdot K_3) \quad (6.13)$$

Таблиця 6.7 – Коефіцієнти використання світлового потоку ( $\eta$ ) світильників з газорозрядними лампами та лампами розжарювання

Тип світильни-	УПМ-15			ЛПО-01		
	$\rho_{\text{стелі}}, \%$	70	50	30	70	50
$\rho_{\text{стін}}, \%$	50	30	10	50	50	30
$i$	Коефіцієнти використання, $\eta, \%$					
0,5	22	20	17	25	23	20
0,6	32	26	23	31	29	24
0,7	39	34	30	36	34	28
0,8	44	38	34	39	37	32
0,9	47	41	37	42	41	35
1,0	49	43	39	46	44	38
1,1	50	45	41	48	46	41
1,25	52	47	43	51	49	44
1,5	55	50	46	55	53	49
1,75	58	53	48	58	57	52
2,0	60	55	51	61	59	55
2,25	62	57	53	63	62	57
2,5	64	59	55	65	64	59
3,0	66	62	58	68	66	62
3,5	68	64	61	70	68	64
4,0	70	66	62	71	69	66
5,0	73	69	64	75	72	70

Таблиця 6.8 – Технічні дані деяких ламп розжарювання та люмінесцентних ламп

Лампи розжарювання загального призначення (U=220 В)			Люмінесцентні лампи загального призначення			
Потужність, Вт	Тип лампи*	Світловий потік, лм	Потужність, Вт	Тип лампи*	Світловий потік, лм	Довжина лампи, м
25	В	220	20	ЛДЦ	850	0,6
40	Б	400	20	ЛД	1000	0,6

Продовження таблиці 6.8

40	БК	460	20	ЛБ	1200	0,6
60	Б	715	30	ЛДЦ	1500	0,9
60	БК	790	30	ЛД	1800	0,9
100	Б	1350	30	ЛБ	2180	0,9
100	БК	1450	40	ЛДЦ	2200	1,2
150	Г	2000	40	ЛД	2500	1,2
150	Б	2100	40	ЛБ	3200	1,2
200	Г	2800	80	ЛДЦ	3800	1,5
200	Б	2920	80	ЛД	4300	1,5
300	Г	4600	80	ЛБ	5400	1,5

Примітка\*: В – вакуумна, Б – біспіральна, БК – біспіральна криптонова, Г – газонаповнена, ЛДЦ – денного світла з покращеним відтворенням кольору, ЛД – денного світла, ЛБ – білого світла.

### 6.3 Завдання для практичної роботи

**Завдання 6.3.1.** Розрахувати бокове одностороннє природне освітлення (площу вікон) для виробничої дільниці підприємства громадського харчування. Висота будівлі  $H = 3,2$  м, висота робочої поверхні  $h_p = 0,9$  м;  $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$ ,  $\rho_{\text{стін}} = 50\%$ ,  $\rho_{\text{підлоги}} = 30\%$ ; вікна мають такі характеристики: скло подвійне, віконні рами – дерев'яні спарені, сонцезахисні пристрої – стаціонарні горизонтальні жалюзі. Будівля знаходиться в місті Чернігові (IV світловий пояс, вікна спрямовані на захід) і навпроти вікон дільниці, що зорієнтовані на захід немає затіняючи об'єктів. Розташування вікон показати, накресливши план дільниці. Необхідні вихідні дані наведені в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Вихідні дані до завдання 6.3.1.

Вихідні дані	Варіанти									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмір об'єкту розрізнення, мм	5	8	1	7	5	9	5	4	6	9
Розмір приміщення, м	20× 10	30× 10	40× 10	20× 20	15× 10	20× 10	15× 15	10× 10	5×6	30× 10

**Завдання 6.3.2.** Розрахувати систему загального рівномірного освітлення для торговельного залу, якщо приміщення має світлу побілку: коефіцієнт

відбиття  $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$ ,  $\rho_{\text{стін}} = 50\%$ ,  $\rho_{\text{підлоги}} = 30\%$ ; висота приміщення  $H=3,2\text{м}$ ; висота робочих поверхонь (столів)  $h_p = 0,9\text{ м}$ ; відстань від світильника до стелі  $h_c = 0,5\text{ м}$  (для світильників з лампами розжарювання). Тип світильників – ЛПО-01. Лампи для світильників за технічними характеристиками обрати самостійно (виходячи із розрахованого приблизного значення світлового потоку однієї лампи). Інші вихідні дані наведені в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Вихідні дані до завдання 6.3.2.

Вихідні дані	Варіанти									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розряд і під-розряд робіт	IV б	IV б	V а	IV в	V б	V в	IV г	V г	IV г	VI
Розмір приміщення, м	20×10	12×5	14×10	15×10	16×10	14×15	10×10	15×10	20×10	15×5

**6.4 Висновки:** Зробити висновки за кожним пунктом заняття.

### 6.5 Контрольні запитання

1. Як класифікується природне освітлення?
2. Від яких факторів залежить освітленість робочої поверхні або об'єкта, що розглядається?
3. Як нормується природна освітленість на робочих місцях?
4. В чому полягає розрахунок природного освітлення? Які дані для цього необхідні?
5. Для чого вводяться коефіцієнти будівлі та нерівномірності у розрахунку природного освітлення?
6. Якими приладами вимірюється освітленість?
7. Які класифікується штучне освітлення?
8. Які є методи розрахунку штучного освітлення?
9. Які джерела світла використовуються для організації загального освітлення виробничих приміщень? Назвіть переваги та недоліки?
10. Які джерела світла можна використовувати для організації місцевого освітлення?

## Практична робота 7

### 7 Дослідження стану електробезпеки обладнання

**7.1 Мета роботи:** ознайомитися із причинами ураження людини електричним струмом та факторами, які впливають на його наслідки; навчитись оцінювати тяжкість ураження за величиною струму залежно від виду мереж та умов дотику.

## 7.2 Короткі теоретичні відомості

Безпосередніми причинами ураження людей електричним струмом є наступні:

- дотик до неізольованих струмоведучих частин електроустановок, які знаходяться під напругою, або до ізольованих при фактично пошкодженій ізоляції;
- дотик до неструмопровідних частин електроустановок або до електрично зв'язаних з ними металоконструкцій які опинилися під напругою;
- дія напруги кроку;
- ураження через електричну дугу.

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

Опір ізоляції проводів та ємність електромережі відносно землі, як фактори впливу на величину струму через людину.

В реальній лінії електропередачі (повітряній чи кабельній) опір ізоляції проводів відносно землі ( $r_{i3}$ ) розподіляється по всій довжині ліній електропередачі – опорні, підвісні, натяжні ізолятори, ізоляція кабелю. Чим більше протяжність лінії електропередач, тим менший загальний опір ізоляції проводів відносно землі. Необхідний опір ізоляції регламентується чинними нормативами і відповідно до НПАОП 40.1-1.32-01 “Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок” (ПБЕ) має бути щонайменше 0,5 МОм (1 кОм на вольт напруги). Ізоляція струмопровідних ліній електропередачі виконується з діелектриків, питомий опір яких внаслідок старіння ізоляції з часом, частого зволоження, забруднення, нагрівання, дії агресивного середовища тощо знижується.

Кожна ділянка лінії електропередачі, що знаходиться під напругою, крім опору ізоляції має певну ємність відносно землі. Ємнісна складова струму (С) через людину у разі потрапляння під напругу в розгалужених мережах може досягати небезпечних для людини значень.

Конструкційні особливості мережі живлення – кількість фаз і режим нейтралі.

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

Дотик може бути одно- або двополюсним у однофазних мережах або у мережах постійного струму та одно- або двофазним у трифазних мережах.

Однофазна мережа, ізольована від землі.

В однофазній мережі, ізольованій від землі, за непошкодженої ізоляції (рисунки 7.1) величина струму через тіло людини практично не залежить від опору тіла людини і визначається опором ізоляції проводу до якого доторкнулась людина відносно землі. Знехтувавши ємнісною складовою струму через людину

( $C_1 = C_2 = 0$ ), та за умови, що  $r_1 = r_2 = r_{i3}$  величину струму через людину можна визначена як:

$$I_{л} = \frac{U}{2R_{л} + r_{i3}}, A, \quad (7.1)$$

де  $U$  – напруга мережі, В;  $R_{л}$  – опір людини ( $R_{л} = R_{тіла} + R_{взуття} + R_{підлоги}$ ), Ом;  $r_{i3}$  – опір ізоляції проводів 1 і 2 відносно землі, Ом.

В знаменнику  $R_{л}$  при розрахунку струму через людину за несприятливих умов (відсутності ізолюючого взуття, підлоги) приймають як  $R_{тіла}$  в межах  $10^3$  Ом, а  $r_{i3}$  відповідно до чинних нормативів на декілька порядків більше.

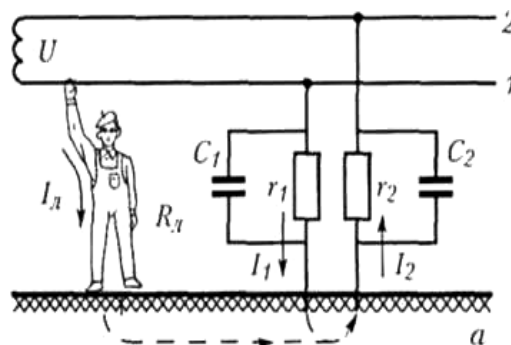


Рисунок 7.1 – Принципова схема включення людини під напругу в однофазній мережі ізольованій від землі в нормальному режимі роботи

У разі двополюсного дотику, струм через людину визначається за наступною формулою:

$$I_{л} = \frac{U}{R_T}, A \quad (7.2)$$

де  $U$  – напруга мережі, В;  $R_T$  – опір тіла людини, Ом ;  $R_T = 1000$  Ом.

Трифазна мережа, ізольована від землі.

У разі дотику людини до фазного проводу трифазної мережі, ізольованої від землі виникає мережа замикання на землю, більш розгалужена, ніж в однофазній. Основні елементи цієї мережі: “фазний провід С” – “людина паралельно з опором ізоляції цього проводу відносно землі  $r_C$ ” – “земля” – “опори ізоляції проводів А і В відносно землі  $r_A$  і  $r_B$ ” – “фазні проводи А і В” (рисунок 7.2 а).

До цієї мережі прикладена лінійна напруга  $U_{л}$ , а не фазна  $U_{ф}$ , як у однофазній мережі. Оскільки  $U_{л} = \sqrt{3}U_{ф}$ , то в трифазній мережі за інших рівних факторів величина струму замикання на землю, як і величина струму, що проходить через людину при її дотику до фазного проводу, має бути більшою.

За рівності опорів ізоляції ( $r_A = r_B = r_C = r_{i3}$ ) і ємностей ( $C_A = C_B = C_C = C$ ) струм, що проходить через людину, визначиться виразом:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л} \sqrt{1 + \frac{r_{i3}^2 + 6R_{л}}{9R_{л} + r_{i3}^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2}}}, A, \quad (7.3)$$

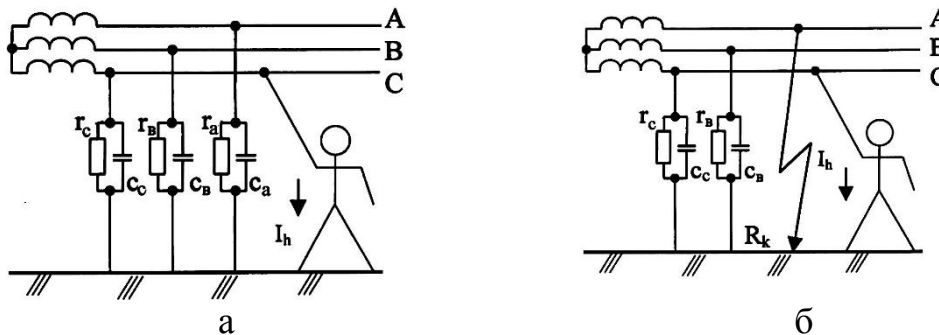
де  $U_{\phi}$  – фазна напруга мережі, В;  $R_{л}$  – опір людини, Ом;  $r_{i3}$  – опір ізоляції проводів А, В і С відносно землі, Ом,  $\omega$  – кутова частота мережі, Гц;  $C$  – ємність проводів відносно землі, Ф.

У випадку відсутності ємнісної складової струму, тобто коли  $C_A = C_B = C_C = 0$  (що досить ймовірно для нерозгалужених повітряних мереж), за умови  $r_A = r_B = r_C = r_{i3}$ , величина струму, що проходить через людину, визначиться виразом:

$$I_{л} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{л} + r_{i3}}, A \quad (7.4)$$

де  $U_{\phi}$  – фазна напруга мережі, В;  $R_{л}$  – опір людини, Ом;  $r_{i3}$  – опір ізоляції проводів А, В і С відносно землі, Ом.

Порівнюючи вираз (7.1) для величини струму, що проходить через людину, в нормальному режимі роботи електроустановки в однофазній мережі і вираз (7.3), бачимо, що в трифазній мережі  $I_{л}$  практично, в три рази більше.



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

Рисунок – 7.2 Схема включення людини під напругу у випадку однофазного дотику в мережі з ізолюваною нейтраллю

У випадку однофазного дотику людини в аварійному режимі роботи мережі з ізолюваною нейтраллю, тобто, коли один із фазних проводів замкнутий на землю (рисунок 7.2 б), струм через людину визначається за формулою:

$$I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{Т}}, A \quad (7.5)$$

де  $U_{л}$  – лінійна напруга мережі, В;  $R_{Т}$  – опір тіла людини.

Трифазна чотирипровідна мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Нейтраль вторинної обмотки трансформатора, від якого живиться така мережа, заземлена через  $R_0 \ll R_{\text{л}}$ . У випадку дотику людини до фазного проводу С утворюється мережа струму “фазний провід С – людина – земля –  $R_0$  – фазний провід С”, в якій всі елементи з’єднані послідовно.

Струм через людину у випадку однофазного дотику до фазного проводу за непошкодженої ізоляції інших фазних проводів (рисунок 7.3 а) визначиться виразом:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + R_0}, A, \quad (7.6)$$

де  $R_0$  – опір заземлення, Ом.

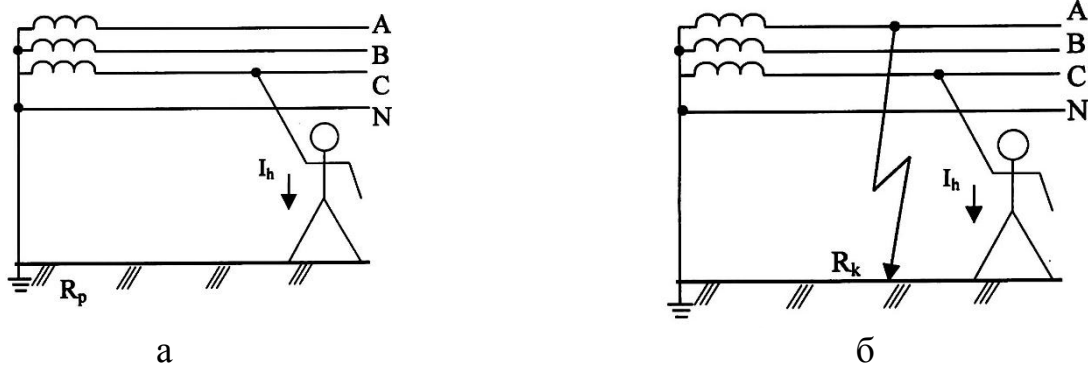
У цій мережі найбільший опір має елемент “людина” – 1000 Ом. Опір інших елементів проходженню струму знаходиться в межах 10 Ом. Тому можна вважати, що людина попадає, практично, під фазну напругу ( $U_{\text{дом}} = U_{\phi}$ ) а величина струму залежить, в основному, від  $R_{\text{л}}$ .

Тому величина струму через людину у випадку її однофазного дотику до неізольованих струмопровідних частин, які знаходяться під напругою, в мережах із глухозаземленою нейтраллю має бути на два порядки більшою, ніж в мережах, ізольованих від землі за нормального стану ізоляції (значення  $I_{\text{Л}}$  за (7.1) і (7.3) та (7.4)).

В аварійному режимі роботи мережі із глухозаземленою нейтраллю (рисунок 7.3 б), струм через людину у випадку її однофазного дотику визначиться за формулою:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{T}}}, A \quad (7.7)$$

де  $U_{\phi}$  – фазна напруга мережі, В;  $R_{\text{T}}$  – опір тіла людини.



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

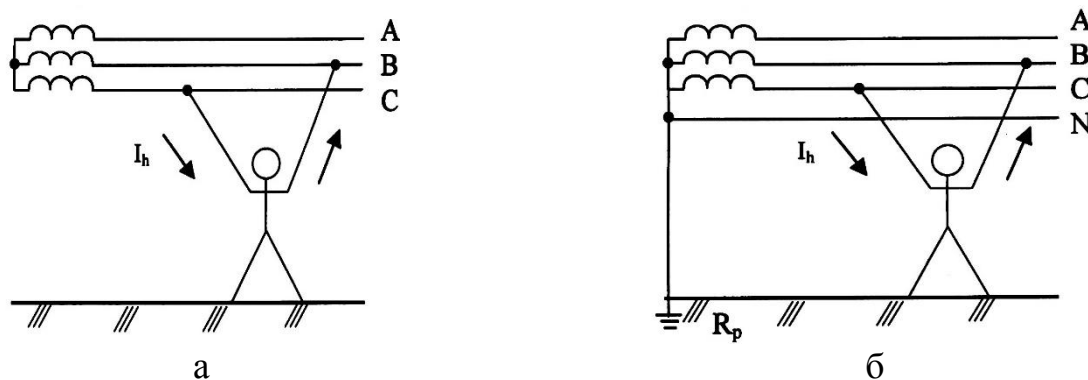
Рисунок 7.3 – Схема включення людини під напругу у випадку однофазного дотику в трифазній чотирипровідній мережі з глухозаземленою нейтраллю



У випадку двофазного дотику людини незалежно від режиму нейтралі трансформатора (рисунок 4) основна частина струму проходить шляхом «рука-рука». Величина струму, який пройде через людину визначиться виразом:

$$I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{Т}}, A \quad (8)$$

де  $U_{\phi}$  – фазна лінійна мережі, В;  $R_{Т}$  – опір тіла людини.



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

Рисунок 7.4 – Схема включення людини під напругу у випадку двофазного дотику в трифазній чотирипровідній мережі з глухозаземленою нейтраллю

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

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

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

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

### 7.3 Завдання для практичної роботи

**Завдання 7.3.1.** Визначити силу струму, що протікає через тіло людини у випадку її однофазного дотику до оголеного проводу трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю в а) нормальному і б) аварійному режимі роботи.

Напруга живлячого трансформатора  $U = 380/220$  В. Інші вихідні дані: опір тіла людини  $R_{\text{тіла}}$ , кОм, опір підлоги  $R_{\text{підлоги}}$ , кОм, опір ізоляції  $r_{\text{із}}$ , кОм і опір взуття  $R_{\text{взуття}}$ , кОм наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані до завдання 7.3.1

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

**Завдання 7.3.2.** Визначити силу струму, що протікає через тіло людини у випадку її однофазного дотику (в нормальному і аварійному режимах) до струмопровідної частини електроустановки в мережі з ізолюваною нейтраллю трансформатора. Оцінити небезпеку таких включень для людини, порівняти отримані значення з допустимими. Для розрахунку задані: лінійна напруга мережі  $U_{\text{Л}}$ , кВ, опір ізоляції фазних проводів ( $r_{\text{А}} = r_{\text{В}} = r_{\text{С}} = r_{\text{із}}$ ), ємність фазних проводів відносно землі ( $C_{\text{А}} = C_{\text{В}} = C_{\text{С}} = C$ ), перехідний опір в місці замикання на землю  $R_{\text{К}}$ , Ом, опір тіла людини  $R_{\text{тіла}}$ , кОм, матеріал підшви взуття і матеріал опорної поверхні ніг (підлоги). Вихідні дані наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Вихідні дані до завдання 7.3.2

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

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

Таблиця 7.3 – Значення опору взуття

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

Таблиця 7.4 – Значення опору підлоги

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

#### 7.4 Висновки: Зробити висновки за кожним пунктом заняття.

#### 7.5 Контрольні запитання

1. Назвіть основні причини ураження людини електричним струмом.
2. Охарактеризуйте дію електричного струму на організм людини.
3. Які фактори впливають на наслідки ураження електричним струмом.
4. Якими параметрами визначаються наслідки ураження людини електричним струмом в мережах з ізолюваною нейтраллю?
5. Якими параметрами визначаються наслідки ураження людини електричним струмом в мережах з глухозаземленою нейтраллю?
6. Яким чином нормується опір ізоляції?
7. Дайте порівняльну оцінку небезпеки мереж з ізолюваною і глухозаземленою нейтраллю при нормальному стані ізоляції та при її пошкодженні.
8. Як визначити величину сили струму, що буде проходити через тіло людини в однофазній мережі, ізолюваній від землі?
9. Як визначити величину сили струму, що буде проходити через тіло людини у разі двополюсного дотику в однофазній мережі?
10. Як визначити величину сили струму, що буде проходити через тіло людини в аварійному режимі роботи однофазної мережі.

## Список рекомендованої літератури

### *Законодавство і нормативно-правові документи*

1. Конституція України. Основний закон. – К., 1996.
2. Закон Ураїни «Про охорону праці»
3. Кодекс цивільного захисту України. Верховна Рада України – <http://www.rada.gov.ua>
4. Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру" № 1809-III від 08.07.2000 із змінами і доповненнями, внесеними законами України.
5. Закон України “Про правовий режим надзвичайного стану” № 1550-III від 16.03 2000 із змінами і доповненнями, внесеними законами України.
6. Про охорону здоров'я: Закон України. – К., 1992.
7. Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення: Закон України // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 27.
8. Закон України “ Про захист людини від інфекційних хвороб”. – К. 06.04.2000. №1645-III.
9. Закон України “ Про зону надзвичайної екологічної ситуації”. – К.13.07.2000.-№1908-III.
10. Закон України “ Про об’єкти підвищеної небезпеки”. – К.18.01.2001.- №2245- III.
12. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища". – К.: Відомості Верховної Ради України, 1991. – № 41. – Ст. 546.

### *Основна література*

13. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. / За ред. Є.П.Желібо. 6-е вид. – К.: Каравела, 2011. – 344 с.
14. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. / В. В. Зацарний, О. В. Зацарна, О. В. Землянська, Д. В. Зеркалов. – К.: Основа, 2016. 204 с.
15. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Монографія. – К.: Основа, 2015. 978 с.

### *Допоміжна*

1. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Курс лекцій: Навчальний посібник / А.І. Ткачук, О.В. Пуляк. – Кропивницький: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард". – 2017. – 184 с.
2. Безпека праці та промислова санітарія. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. інж., екон. напр. підгот.(Під грифом МОНУ)/Ткачук К.Н., Гуменюк О.Л., Бівойно Т.П., Денисова Н.М., Челябієва В.М., Ткачук К.К., Буяльська Н.П.// Чернігів: ЧДТУ, 2011. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM): кольор.; 12 см. -Систем. вимоги: Pentium - 266; 32 Mb RAM; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. - Назва з титул. екрану.- 360 с.
3. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. - К.: Основа, 2006 - 448 с.
4. Запорожець О. І., Протосерейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. - К.: Центр учбової літератури, 2009. - 264 с.
5. Основи охорони праці: / В. В. Березуцький, Т. С. Бондаренко, Г. Г. Валенко

та ін.; за ред. проф. В. В. Березуцького. - Х.: Факт, 2005. - 480

### ***Інформаційні ресурси***

1. Система дистанційного навчання ЧНТУ. Курс: – Безпека життєдіяльності та основи охорони праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eln.stu.cn.ua/>
2. <http://www.president.gov.ua/>-Офіційне інтернет-представництво Президента України.
3. <http://www.rada.kiev.ua/>- Верховна Рада України.
4. <http://www.kmu.gov.ua/>-Кабінет Міністрів України.
5. <http://www.mon.gov.ua>, [www.osvita.com](http://www.osvita.com).-Міністерство освіти і науки України
6. <http://www.menr.gov.ua> .-Міністерство екології та природних ресурсів України
7. <http://www.mns.gov.ua/>.-Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи
8. <http://www.rainbow.gov.ua/> .- Рада національної безпеки і оборони України
9. <http://www.uamission.org/> .-Постійне представництво України при ООН
10. <http://www.scgis.ru/russian/>.-Сайт, присвячений землетрусам та сейсмічному районуванню території
11. <http://chronicl.chat.ru/>.- Сайт, присвячений надзвичайним ситуаціям природного характеру
12. <http://www.erriu.ukrtel.net/index.htm>. -Український інститут досліджень навколишнього середовища і ресурсів при Раді національної безпеки і оборони України
13. <http://www.social.org.ua> - Офіційний сайт Фонду соціального страхування