

Практична робота № 5 Дослідження параметрів мікроклімату

1. Теоретична частина

Мікроклімат – стан внутрішнього середовища приміщення, який визначається *температурою, вологістю, інтенсивністю руху повітря і тепловим випромінюванням*, тобто сукупністю факторів, які визначають тепловий стан людини.

Ці параметри обумовлюють *теплообмін тіла* людини з навколишнім середовищем, який здійснюється за рахунок теплопровідності, конвекції, випромінювання та тепломасообміну вологи через піт та дихання. Теплове випромінювання, як фактор впливу на мікроклімат виробничого середовища, зустрічається лише в деяких виробничих приміщеннях (кузні, ливарні цехи, доменні печі, котельні тощо), де є поверхні нагріті до температур світіння. Тому мікроклімат більшості виробничих зон характеризується величиною трьох параметрів: температура (t , °C), відносна вологість (φ , %) і швидкість руху (v , м/с) повітря.

Мікроклімат в робочій зоні визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температурою навколишніх поверхонь. За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі.

Оптимальні мікрокліматичні умови – це поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності (додаток 1).

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

Величини показників, які характеризують допустимі мікрокліматичні умови, встановлюються для постійних і непостійних робочих місць (додаток 2). Нормовані параметри мікроклімату: температура, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря в приміщенні встановлюються з урахуванням періоду року та категорії робіт по енергозатратам. Так, розрізняють теплий та холодний період року.

Теплий період року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього середовища вище +10°C.

Холодний період року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря, що дорівнює +10°C і нижче.

Всі роботи, що виконуються людиною, залежно від енерговитрат на їх виконання поділяються на три категорії (табл. 1):

Легкі фізичні роботи (категорія I) охоплюють види діяльності, при яких

витрата енергії дорівнює 105-140 Вт (90-120 ккал/год.) – категорія Ia та 141-175 Вт (121-150 ккал/год.) – категорія Ib. До *категорії Ia* належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. До *категорії Ib* належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Фізичні роботи середньої важкості (категорія II) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 176-232 Вт (151-200 ккал/год.) – категорія Pa та 233-290 Вт (201-250 ккал/год.) – категорія Pb. До *категорії Pa* належать роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи і потребують певного фізичного напруження. До *категорії Pb* належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

Важкі фізичні роботи (категорія III) охоплюють види діяльності, при яких витрати енергії становлять 291-349 Вт (251-300 ккал/год.). До *категорії III* належать роботи, пов'язані з постійним переміщенням, перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль.

Таблиця 1

Категорії робіт за ступенем важкості

Категорія робіт		Енерговитрати	
		ват	ккал/год
Легкі	Ia	До 139	До 120
	Iб	140-174	121-150
Середньої важкості	Pa	175-232	151-200
	Pб	233-290	201-250
Важкі III		Понад 290	Понад 250

При комфортному (оптимальному) мікрокліматі встановлюється стаціонарний тепловий стан системи «людина – оточуюче середовище», який характеризується тим, що кількість тепла, що утворюється за одиницю часу, дорівнює кількості тепла, що віддає організм за той же проміжок часу в оточуюче середовище. При цьому утворюються оптимальні умови для роботи всіх функціональних систем організму в сполученні з суб'єктивним відчуттям комфорту. Такі умови мікроклімату забезпечують високий рівень працездатності. Незначне відхилення стаціонарного стану від комфортного навіть на короткий час приводить до зниження працездатності людини в середньому на 10–15%, що особливо відчутно при інтенсивній розумовій праці.

Умови *нагрівального* мікроклімату утворюються при підвищенні температури повітря і оточуючих поверхонь. Це приводить до зменшення тепловіддачі людини за рахунок випромінювання і конвенції. Якщо при температурі повітря 18°С від організму відводиться більше 30% тепла, то при 28°С – тільки 15%. Робота в умовах такого мікроклімату супроводжується сильним виділенням поту (до 5 - 6 л за зміну). Довга робота в умовах нагрівального мікроклімату визиває серйозні фізіологічні зміни в організмі; змінюється хімічний склад крові, збільшується її

питома вага, зменшується склад хлоридів і вуглекислого газу. Умови нагріваючого мікроклімату несприятливо впливають на серцево-судинну і центральну нервову систему, обмін вітамінів і роботу шлунку.

В умовах *охолоджуючого* мікроклімату, що виникають при пониженні температури навколишнього середовища, підвищення його рухливості і відносної вологості, відвід тепла від організму не компенсується його утворенням. Через велику втрату тепла може наступити переохолодження організму. В результаті послаблюється його здатність до боротьби з мікробами, знижується імунітет організму до окремих інфекцій. Організм, що підлягав охолодженню впродовж довгого часу, стає більш піддатливим до таких захворювань, як грип, ангіна, пневмонія, катарі верхніх дихальних шляхів, неврити тощо.

2. Визначення параметрів мікроклімату

Температура повітря виробничих приміщань

Температура – це показник теплового стану фізичного тіла, яка є мірою інтенсивності теплового руху частинок цього тіла.

Найбільш розповсюдженими приладами для вимірювання температури повітря є *ртутні і спиртові термометри*, а також *термографи*, що реєструють температуру оточуючого повітря за певні проміжки часу. При наявності теплового випромінювання використовують парні термометри з срібним і затемненим резервуарами для ртуті.

В разі нерівномірного розподілу тепла у виробничих приміщеннях температуру повітря потрібно вимірювати в різних точках робочої зони: на постійному робочому місці, в деяких точках зони найбільш частішого перебування працюючих, на ділянках обслуговування обладнання і контролю за його роботою, на різних відстанях від джерел тепловиділення і від протягів, через які поступає зовнішнє повітря, а також в різні періоди технологічного процесу, при різних погодних умовах тощо. Виміри на робочих місцях і взагалі в робочій зоні, як правило, проводять на висоті 1,3-1,5 м від рівня підлоги робочої площадки, а при значних коливаннях температури повітря (наприклад в кабіні трактора) – додатково на рівні ніг (0,2 - 0,3 м).

Абсолютна і відносна вологість

Вологість повітря характеризується наступними величинами: *абсолютна вологість* – напруженість водяних парів, що знаходяться в даний момент в повітрі (Па), або кількість водяних парів в грамах, що знаходяться в 1 м³ повітря; *максимальна вологість* – напруженість водяних парів (Па) при повному насиченні повітря вологою при даній температурі; *відносна вологість* – відношення абсолютної вологості до максимальної виражене в %.

Вологість повітря, на відмінну від температури, в робочих приміщеннях коливається не так різко і часто. Тому її вимірюють, як правило, тільки в робочій зоні на основних робочих місцях. В цехах і на виробничих ділянках з технологічними процесами, при яких використовується вода, або водний розчин, що зберігається у відкритих ємкостях, особливо з підігрівом (наприклад, гальванічні ванни, установки для миття деталей, машин, приготування кормів) вологість повітря досліджується більш детально. В подібних випадках важливо

виміряти вологість безпосередньо у джерел виділення вологи, на різних від них відстанях і висотах.

Вологість повітря вимірюється *гігрометрами і психрометрами*. Робота гігрометра основана на властивості волосини змінювати власну довжину в залежності від кількості вологи в повітрі. Більш точними є психрометри, які бувають статичними (психометр Августа) і динамічними (аспіраційний психометр Асмана). Для систематичного дослідження вологості повітря використовується прилад-самописець – *гігрограф*.

Робота аспіраційного психрометра базується на залежності різниці температур сухого і змоченого термометрів від вологості навколишнього повітря, Психометр складається з двох однакових ртутних термометрів, закріплених в спеціальній оправі, і аспіраційної головки. Оправа є трубкою, що роздвоюється донизу, із захисними планками. До нижньої роздвоєної частини трубки за допомогою пластмасових втулок прикріплено два патрубкі, що є радіаційним захистом резервуарів термометрів. Верхній кінець трубки сполучений з аспіратором. Аспіраційна головка складається із приводного механізму і вентилятора, закритого ковпаком. Пружина приводного механізму психрометра заводиться спеціальним ключем.

Визначення швидкості руху повітря

При дослідженні швидкості руху повітря необхідно мати на увазі, що через пульсуючий характер тепловиділення, а також через нерівномірне розміщення їх джерел тепла, напрямки повітряних потоків у виробничих приміщеннях можуть різко змінюватися. Тому, перед вимірюванням швидкості руху повітря необхідно визначити напрямок повітряних потоків (по відхиленню тонких стрічок паперу, диму від звичайної цигарки).

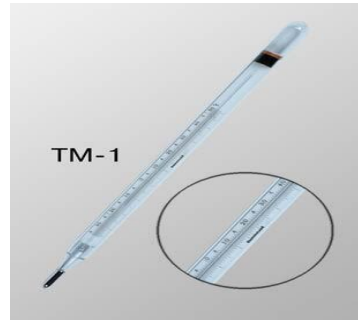
Незалежно від робочих місць і різних ділянок всієї робочої зони швидкість руху повітря вимірюють також у відкритих протягів воріт, дверей, вікон, ліхтарів, а також на різних відстанях від них. Рухливість повітря вимірюється при допомозі *анемометрів і кататермометрів*. Для виміру швидкості руху повітря використовують *анемометри: чашкові і крильчасті*.

3. Прилади та методи вимірювання температури, швидкості і відносної вологості повітря

Для визначення температури повітря у виробничих приміщеннях використовують ртутні або спиртові термометри. В приміщеннях зі значними тепловими випромінюваннями використовують парний термометр. Для неперервної реєстрації температури навколишнього повітряного середовища застосовують самозаписувальні прилади – термографи (рис. 1).



а



б



в



г

Рис. 1 Прилади для вимірювання температури повітряного середовища
а – термометр віконний спиртовий RST 02108; **б** – термометр метеорологічний ртутний ТМ-1; **в** – термограф М-16А; **г** – термометр спиртовий ТМ-2.

Для вимірювання швидкості руху повітря використовують крильчасті (0,3-0,5 м/с) та чашкові (1-20 м/с) анемометри, а для визначення малих швидкостей руху повітря (менше 0,5 м/с) – термоанемометри та кататермометри (рис. 2).



а



б

Рис. 2 Прилади для вимірювання швидкості руху повітря
а – анемометр крильчастий АСО -3; **б** – анемометр чашковий МС-13.

Повітря у виробничих приміщеннях може мати різний вміст водяної пари. Так, вологість повітря має такі визначення: абсолютна вологість, відносна вологість, вологомісткість, тепломісткість. *Абсолютна вологість* – маса водяної пари в кг, яка міститься в 1 м³ вологого повітря. *Відносна вологість* – відношення водяної пари, яка міститься в повітрі, до її масової кількості, потрібної для повного насичення вологою повітря при даній температурі. Відносна вологість повітря виражається у відсотках:

$$\varphi = \frac{d_v}{d_{вн}} * 100, \% (1)$$

де d_v – абсолютна вологість повітря, кг/м^3 ;

$d_{вн}$ – вологість повітря при його насиченні парою води, кг/м^3 .

Відносна вологість повітря може бути знайдена із виразу:

$$\varphi = \frac{P_n}{P_{нас}} * 100, \% (2)$$

де: P_n та $P_{нас}$ – відповідно парціальний тиск водяної пари у повітрі приміщення і парціальний тиск водяної пари при повному насиченні водяною парою, мм.рт.ст. (додаток 3).

Відносна вологість повітря визначає ступень насичення повітря водяною парою, тобто відношення дійсної абсолютної вологості до максимально можливої абсолютної вологості в насиченому повітрі при тій же температурі $\rho_{нас}$:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{нас}}, (3)$$

Максимально можлива абсолютна вологість в насиченому повітрі дорівнює щільності насичених парів води (додаток 4).

Вологомісткість повітря d (г/кг сухого повітря) – відношення маси водяної пари до одиниці маси сухого повітря, що міститься у вологому повітрі:

Вологомісткість повітря d (г/кг сухого повітря) – відношення маси водяної пари до одиниці маси сухого повітря, що міститься у вологому повітрі.

$$d = \frac{G_n}{G_v} * 1000, (4)$$

де G_n , G_v – відповідно маса водяної пари та сухого повітря у вологому повітрі.

Тепломісткість повітря I (кДж/кг сухого повітря) – це кількість тепла, що знаходиться у вологому повітрі, суха частина якого важить 1 кг. Тепломісткість повітря визначається як сума сухого повітря та водяної пари.

Для встановлення значення вологості повітря використовуються наступні методи її визначення:

1. *Метод точки роси.* Основа методу полягає у визначенні температури охолоджувального тіла на момент появи на ньому роси t_p . При цій температурі поверхня тіла в той момент буде рівною температурі t_p , при якій досліджуване повітря буде насичене водяною парою. По визначеному значенню t_p за таблицею властивостей волого повітря визначають питому вагу насиченої пари, що дорівнює абсолютній вологості повітря.

2. *Конденсаційний метод.* Даний метод застосовується за наявності значної кількості водяної пари в повітрі. Конденсація водяної пари здійснюється в холодильній камері, де повітря охолоджується нижче точки роси. Сконденсована волога збирається і визначається її обсяг або маса. За цими показниками встановлюється абсолютна вологість повітря.

3. *Ваговий метод.* Цей метод базується на поглинанні вологи із повітря хімічними поглиначами (хлористий калій, чиста сірчана кислота). Для визначення кількості відібраної вологи патрон з поглиначем важать на терезах до та після дослідження. За масою вологи встановлюють вміст вологи в повітрі.

Для визначення відносної вологості повітря використовують психрометри з сухим і вологим термометрами, за показаннями яких відносна вологість повітря може бути визначена за психрометричною таблицею, за психрометричною формулою, за I-d діаграмою. Окрім цього для визначення відносної вологості повітря можуть використовуватися гігрографи, гігрометри (рис. 3).



а



б



в

Рис. 3 Прилади для вимірювання відносної вологості повітря

а – психрометр аспіраційний МВ-4-2М; **б** – гігрометр М-19; **в** – гігрограф М-21А.

Точність показань психрометра підвищується, якщо резервуари термометрів омиваються повітрям, яке рухається з певною швидкістю. Визначення відносної вологості за психрометричною таблицею проводиться таким чином: після заміру температури повітря психрометром, визначають різницю в показниках сухого t_c і волого t_p термометрів:

$$\Delta t = t_c - t_p, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

Користуючись психрометричною таблицею (додаток 5) по t_p (температура волого термометра психрометра) і Δt знаходять відносну вологість повітря φ .

Відносну вологість повітря можна вирахувати за психрометричною формулою:

$$\varphi = \frac{P_{p.\text{нас}} - A(t_c - t_p) \cdot P_b}{P_{c.\text{нас}}} \cdot 100, \% \quad (6)$$

де: $P_{p.\text{нас}}$, $P_{c.\text{нас}}$ – парціальний тиск водяної пари в насиченому стані при температурі відповідно вологого і сухого термометра, мм.рт.ст. (додаток 3);

P_b – дійсний барометричний тиск, мм.рт.ст.;

A – психрометричний коефіцієнт, для аспіраційного психрометра дорівнює 0,000677;

t_c , t_p – температура повітря відповідно за сухим та вологим термометром, $^\circ\text{C}$.

Тиск волого повітря може бути знайдений з виразу:

$$P_6 = p_c + p_n, (7)$$

де: p_c , p_n – парціальний тиск відповідно сухого повітря та водяної пари, мм.рт.ст.

Відносну вологість повітря можна знайти за I-d діаграмою (додаток 6). У I-d діаграмі графічно зв'язані основні параметри, які визначають тепловологий стан повітря: температура t , відносна вологість повітря ϕ , вологомісткість d , тепломісткість (ентальпія) I , парціальний тиск пари p_n . Знаючи два яких-небудь параметра, можна знайти інші на перетині відповідних ліній координат. На діаграмі наносяться лінії постійних ентальпій $I = \text{const}$ та вологомісткості $d = \text{const}$. Окрім того на діаграмі нанесені ізотерми $t = \text{const}$ у вигляді прямих ліній, криві $\phi = \text{const}$, а також показана крива парціального тиску пари $p_n = f(d)$. За допомогою діаграми для кожного стану вологого повітря можна визначити температуру точки роси. Для цього з точки, яка характеризує стан досліджуваного повітря, треба провести вертикаль (лінію $d = \text{const}$) до перетину з лінією $\phi = \text{const}$. Ізотерма, яка проходить через знайдену точку, визначає точку роси повітря.

4. Заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату

Нормалізація параметрів мікроклімату здійснюється за допомогою комплексу заходів та засобів колективного захисту, які включають будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-гігієнічні та медико-біологічні. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників використовуються засоби індивідуального захисту. Так, будівельно-планувальні та організаційно-технологічні включають заходи та засоби, які пов'язані з: раціональним плануванням приміщень, оптимальним розміщенням устаткування, механізацією та автоматизацією виробництва, використанням теплозахисних екранів.

До комплексу санітарно-гігієнічних заходів та засобів нормалізації параметрів мікроклімату відносять вентиляцію, опалення та кондиціонування повітря. Медико-біологічні заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату включають: режим праці та відпочинку, медичні огляди працівників, профілактика водно-сольового балансу. Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Для захисту голови від теплового опромінення застосовують дюралеві, фіброві каски; очей – окуляри; обличчя – маски з відкидним прозорим екраном. Захист від дії зниженої температури досягається використанням теплового спецодягу, а під час опалів – плащів та гумових чобіт. Більш детально заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату описані у дидактичному елементі № 3 “Гігієна праці та виробнича санітарія”, п. 3.6 “Мікроклімат виробничих приміщень”.

Освітленість виробничих приміщень

Фактором, що визначає сприятливі умови праці, є раціональне освітлення робочої зони і робочих місць. Коли правильно розраховано і підбрано освітлення виробничих приміщень, очі працюючого протягом тривалого часу зберігають здатність добре розрізняти предмети і знаряддя праці. Такі умови освітлення сприяють зниженню виробничого травматизму і професійного захворювання очей.

Погане освітлення виробничої зони може призвести до погіршення якості виконуваних робіт, наприклад, можуть залишитися непоміченими розриви, що з'явилися, потертості, витік палив і олій, механічні домішки в паливі й інше, що, у свою чергу, призводить до зниження безпеки праці. Погане освітлення виробничих територій може стати причиною багатьох важких і смертельних випадків, таких, як наїзд самохідних засобів механізації, що рухаються.

Природне освітлення має велике гігієнічне значення, що виявляється в значній тонізуючій дії на організм людини внаслідок того, що організм людини мільйони років пристосовувався до такого освітлення. Тривала відсутність природного (сонячного) світла гнітюче діє на психіку людини. Санітарні норми передбачають обов'язкове безпосереднє природне освітлення виробничих, адміністративних, підсобних і побутових приміщень. Природне освітлення не використовується у виняткових випадках (використовується електричне штучне освітлення), наприклад, у приміщеннях, де обслуговуючий персонал перебуває короткочасно і де не проводяться спостереження за виробничим процесом: у складах, що розташовуються в підвалах та інш.

Погане освітлення робочих місць є однією з причин низької продуктивності праці. При недостатньому освітленні очі працюючого напружені, при цьому складно відрізнити оброблювані предмети, знижується темп роботи, погіршується загальний стан організму людини. Утомлюваність ока залежить від інтенсивності процесів, які проходять у ньому, – акомодатції, конвергенції, адаптації.

Акомодатція – це здатність ока змінювати кривизну кришталика, для того, щоб ясно бачити предмети, що знаходяться на різних відстанях від нього. Стомлюваність м'язів, керуючих кришталиком, може призвести до короткозорості і далекозорості.

Конвергенція – це здатність ока при розгляданні предметів, що близько знаходяться, приймати положення, при якому зорові промені перетинаються на закріпленому предметі.

Адаптація – зміна чутливості ока залежно від яскравості освітлення. Адаптація обумовлена зміною діаметра зіниці. З цієї причини різка і часта зміна яскравості чи освітленості предметів, що викликають переадаптацію, призводить до стомлюваності органів зору.

Раціональне освітлення повинно задовольняти ряд вимог і умов. Воно повинно бути:

- ✓ достатнім, щоб очі без напруги могли розрізнити деталі, що розглядаються;
- ✓ стабільним – для цього напруга в електричній мережі не повинна коливатися більше ніж на 4 %;
- ✓ рівномірно розподіленим на робочих поверхнях, щоб очам не доводилося потрапляти з дуже темного місця у світле і навпаки;
- ✓ таким, що не викликає сліпучої дії на око людини, як від самого джерела світла, так і від відбиваючих поверхонь, що знаходяться в полі зору робітника. Зменшення відзеркалювання джерел світла досягається шляхом застосування світильників;
- ✓ таким, щоб не виникали різкі тіні на робочих місцях, у проїздах, проходах. Цього можна уникнути при правильному розташуванні світильників,

прожекторів (на стоянці ПК, пероні та інш.);

- ✓ безпечним – не призводить до вибуху, пожежі у виробничих приміщеннях.

Види освітлення виробництв. Джерела освітлення

Освітлення робочої зони і робочих місць може бути природним і штучним.

Природне освітлення:

- ✓ бічне – здійснюється через світлові прорізи у стінах;
- ✓ верхнє – через світлові ліхтарі в дахах, а також прорізи в місцях перепадів висот суміжних прольотів будинку;
- ✓ комбіноване – через прорізи для бічного і верхнього освітлення.

Штучне електричне освітлення виробничих ділянок і будинків може бути загальним і комбінованим.

Загальне освітлення – це освітлення для створення мінімально необхідної освітленості у виробничому приміщенні. Воно може бути як рівномірним (при симетричному розташуванні світильників), так і посиленим на окремих ділянках виробничого приміщення за рахунок локалізованого розташування світильників. Загальне освітлення застосовують у приміщеннях, де умови роботи потребують освітленості не більше 50лк і де застосування місцевого освітлення пов'язане з технічними труднощами.

Комбіноване освітлення застосовується для створення досить високих рівнів освітленості на робочих поверхнях завдяки одночасному використанню систем загального і місцевого освітлення.

Місьцеве освітлення поділяється на стаціонарне і переносне. Використання тільки місцевого освітлення за умов промислових підприємств не допускається внаслідок того, що велика різниця в освітленості робочих місць і навколишнього середовища спричинює виникнення нещасних випадків і зниження продуктивності праці.

Переносне місцеве освітлення дозволяється тільки при проведенні разових і періодичних робіт.

Штучне електричне освітлення розподіляють на:

- ✓ **робоче**, що забезпечує нормовану освітленість робочих місць за звичайних умов виробництва;
- ✓ **аварійне**, призначене для продовження виробничих процесів чи евакуації людей під час вимикання основного робочого освітлення. Воно повинно створювати освітленість не менш 5 % від нормованого робочого освітлення;
- ✓ **ремонтне**, призначене для огляду і ремонту у важкодоступних місцях. Для цього використовують мережі напругою 12 і 36 В;
- ✓ **охоронне і чергове**, для яких підключають, за звичай, частину світильників робочого чи аварійного освітлення.

Для штучного освітлення використовуються лампи розжарювання та люмінесцентні лампи низького і високого тисків. Виробниче освітлення необхідно нормувати на робочих поверхнях. Освітленість вимірюється у люксах. Однак нормування рівня освітленості природним світлом у люксах викликало б великі труднощі, тому що освітленість природним світлом коливається в дуже широких межах в залежності від періоду року, часу дня, стану хмарності, що відображають властивості поверхні землі (сніг, трав'яний покрив, асфальт та інш.). Тому

показником ефективності природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (К.П.О.), виражений у відсотках. Коефіцієнт природної освітленості нормується в залежності від точності виконуваних робіт. Точність робіт визначається розмірами об'єкта розрізнення – мінімальний розмір предмета, елемента, що потребує роздільного спостереження в процесі роботи (тріщина, ширина подряпини, товщина дроту, напису на шкалах контрольно-вимірювальних приладів та інш.).

Прилади для вимірювання освітленості

Для вимірювання освітленості та світлотехнічних величин застосовують прилади – люксметри модифікації Ю-16, Ю-17, Ю-116 (рис. 5.2), Ю-117 та портативний цифровий люксметр-яскравомір ТЭС 0693. Всі вони працюють із застосуванням ефекту фотоелектричного явища. Світловий потік, потрапляючи на селеновий фотоелемент, перетворюється на електричну енергію, сила струму якої вимірюється міліамперметром, який проградуєований у люксах. Застосовують також вимірювачі видимості – фотометри та інші комплексні вимірювачі світлотехнічних величин.

Для вимірювання освітленості фотоелемент встановлюють в площині вимірювання, підбирають найближчу шкалу міліамперметра, починаючи з «грубішої», і прочитують показання приладу. При необхідності розширити межі вимірювання застосовують поглинаючі насадки. Для вимірювання об'ємної освітленості або яскравості застосовуються спеціальні насадки на фотоелемент люксметра. Прилад має дві шкали – від 0 до 30, та від 0 до 100 (рис. 4. поз. 4) та набір поглинаючих насадок (рис. 4. поз. 3), які дозволяють розширити діапазон вимірів у 10, 100, або 1000 разів.

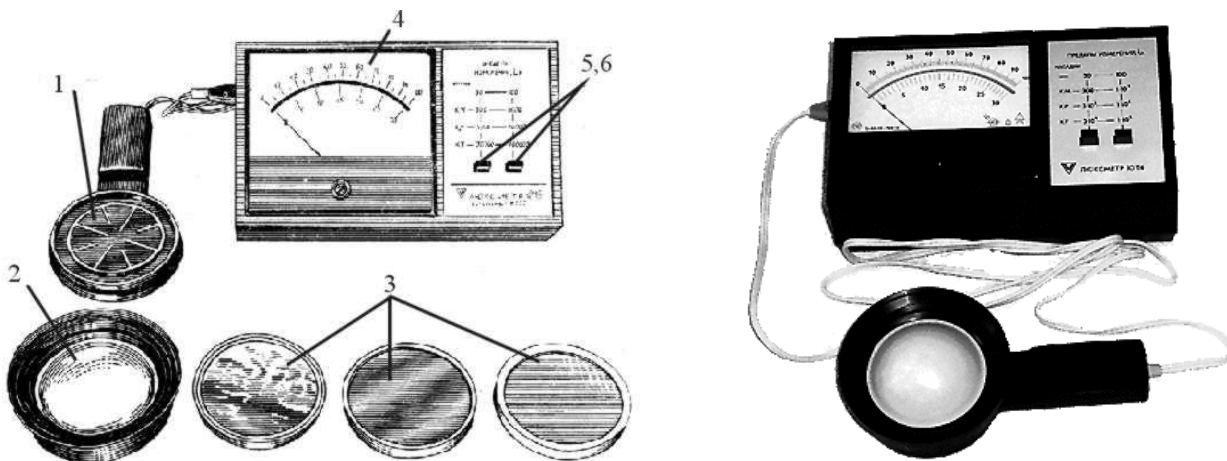


Рис. 4. Люксметр Ю-116.

1 – фотоелемент; 2 – поглинаюча насадка; 3 – поглинач;
4 – індикатор; 5, 6 – перемикачі межі вимірювань

Дія шуму, вібрацій, ультра- та інфразвука на організм людини, професійні захворювання

На сьогодні шкідливий вплив шуму на організм людини науково обґрунтовано. Діючи на орган слуху, центральну і вегетативну нервові системи, а через них на

внутрішні органи, шум є причиною розвитку хвороби, спричиненої шумом. Знижуючи загальну опірність організму, він сприяє розвитку інфекційних захворювань. При роботі за умов шуму спостерігаються підвищена стомлюваність і зниження працездатності, погіршуються увага і мовна комутація, створюються передумови до помилкових дій робітників. Внаслідок цього шум може спричинити зниження рівня безпеки праці, а результати його негативного впливу на операторів таких служб цивільної авіації, як зв'язок керування повітряним рухом та інші, можуть позначатися на безпеці польотів. Будучи причиною головного болю, дратівливості, неврівноваженого емоційного стану, шум створює передумови до погіршення психологічного стану. Прояви хвороби, викликані шумом, поділяються на специфічні, що виникають в периферичній частині слухової системи людини, і неспецифічні, що характерні для інших органів і систем організму людини. Під впливом шуму відбувається зниження слухової чутливості. Чим значніший шум, тим вище його інтенсивність і експозиція. Стійка втрата слуху настає через п'ять – вісім років роботи за умов, що характеризуються високими рівнями шуму. Механізм впливу шуму слуховим шляхом носить назву кохлеарного, і він є переважним при рівнях нижче 110 дБ. Акустична енергія звукових хвиль при рівнях шуму понад 125 дБ і частоті 250-1000 Гц настільки велика, що звук здатний викликати тотальний струс тіла людини (повітряні вібрації). У цьому випадку підвищується роль проходження звука до внутрішнього вуха через кістки, і захист тільки привушних областей виявляється недостатнім.

Чим відповідальніші функції виконує яка-небудь зона центральної нервової системи і чим складніше вона організована, тим більше вона страждає від впливу шуму. Шум змінює функціональний стан багатьох систем і органів людини внаслідок їхньої взаємодії через центральну нервову систему. Такий взаємозв'язок призводить до впливу шуму на органи зору людини, вестибулярний апарат і рухові функції, зокрема, до зниження м'язової працездатності. Окремі індивіди сильно відрізняються у їхній реакції на шум, загальну кількість факторів для визначення індивідуальної суб'єктивної, психологічної реакції на шум важко встановити. Фізичні характерні ознаки шуму, які можуть впливати на індивідуальну суб'єктивну реакцію, включають: гучність або інтенсивність шуму, форму спектра, наявність дискретних частотних компонентів, крутизну або імпульсивність прояву звукової події (наприклад проліт літака або проїзд автомобіля), переривчастість, тривалість і часові зміни. Гучність є суб'єктивним враженням людини від впливу шуму. Одиницею рівня гучності є фон. Один фон шуму (звука), який оцінюється, є рівноцінним рівню звука 1 дБ для звукового тону з частотою випромінювання 1000 Гц, якщо він оцінюється однаково гучно. Звуки частотою 2 кГц або вище (особливо звуки з дискретними частотними компонентами) є взагалі найбільш подразнюючими і спричиняють різні порушення, хоча шуми, що є раптовими, переривчастими або коливаються з часом, також можуть бути справжнім подразником. Взагалі, гучніший шум сприяє більшому подразненню.

Вібраційна хвороба. Розглядаючи тіло людини з позиції механіки, його можна при низьких частотах і рівнях вібрації приблизно апроксимувати лінійною системою із зосередженими параметрами. Однією з основних ланок цієї системи є грудинно-брюшна порожнина, резонансні частоти якої знаходяться у діапазоні 3-6

Гц, через що ефективна вібраційна ізоляція людини в положенні, коли вона сидить і приймає їжу, є дуже складною. Ще один резонансний ефект знаходиться у смузі частот 20-30 Гц, він створюється у ланці голова – шия – плече. У діапазоні частот 60-90 Гц виявляються резонансні явища очного яблука, а при частоті 100-200 Гц ці явища охоплюють нижню щелепу – черепну коробку. Частоти резонансу власне черепної коробки знаходяться у межах 300-400 Гц для основної форми коливань і 600-900 Гц – для вищих форм. Тобто для виробничої вібрації найбільш важливим є діапазон низьких частот.

У результаті впливу вібрації може розвинутися вібраційна хвороба. У людини, що піддається впливу потужної загальної вертикальної вібрації (назва відповідає напрямку розповсюдження вібрації), можуть ушкоджуватися судини головного мозку й оболонки, а також порушуватися циркуляція крові. Вібрації від ручного віброінструмента можуть спричинити ушкодження дрібних кровоносних судин і нервових закінчень у м'язах та шкірі. Характер впливу вібрації може бути загальним чи місцевим, він визначає три форми вібраційної хвороби: периферичну, церебральну і центрально-периферичну. Першим симптомом периферичної форми захворювання є почуття оніміння в кистях рук і передпліччях. Хворий відчуває печіння, ломоту в руках, ногах. При церебральній формі хвороби першими ознаками є головний біль, почуття тяжкості і шуму в голові. Бувають короточасні запаморочення, а іноді й втрата свідомості. У робітника з'являється дратівливість, порушується сон, виникають спазми судин. У результаті розвивається гіпертонія, загальна слабкість, тремтіння рук.

Вплив ультра- та інфразвуку. Під дією ультразвуку в рідких компонентах тканин організму виникає кавітація, тобто утворюється велика кількість розривів у вигляді дрібних пухирців газу. Коли кавітаційні пухирці лопаються, розвивається великий тиск, в результаті чого відбуваються механічне руйнування кліток живої тканини і сильне локальне підвищення температури. Під впливом ультразвуку прискорюються хімічні процеси, спостерігаються явища дисперсії і коагуляції, внаслідок чого, наприклад, може наступити сліпота. Вплив на людину ультразвуку малої потужності викликає тепловий ефект. Якщо працівник обробляє деталі, у яких порушуються ультразвукові коливання, у нього можливе контактне опромінення. При опроміненні інфра звуком внутрішні органи людини, що мають резонансні частоти в діапазоні 6-12 Гц, можуть прийти в коливання. Між серцем, легеньми і шлунком виникає тертя, що зумовлює сильне подразнення і порушення їхньої нормальної життєдіяльності. Особливо небезпечна частота 7 Гц, що збігається з альфа-ритмами мозку. Інфра звуку малої потужності діють і на внутрішнє вухо, викликаючи нездужання типу морської хвороби, нервову втому. При середніх потужностях спостерігаються внутрішні розлади травлення і мозку з усілякими наслідками: паралічами, втратою свідомості, загальною слабкістю. Інфра звук великої потужності особливо небезпечний тому, що, викликаючи резонанс внутрішніх органів, може призвести їх до руйнування, гальмування кровообігу і навіть до зупинки серця.

Оцінка дії шуму і його нормування

При встановленні нормативів щодо обмеження шуму виходять, як правило, не з оптимальних (комфортних), а з припустимих умов, при яких шкідливий вплив

шуму на людину або не виявляється, або є незначним. Таке гігієнічне (санітарне) нормування, встановлюється органами охорони здоров'я. Допустимі норми виробничого шуму визначені в державному стандарті ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. "Шум. Загальні вимоги безпеки". Нормованими параметрами постійного чи переривчастого виробничих (транспортних) шумів є рівні звукового тиску в октавних смугах частот (граничні спектри, які вимірюються в дБ, позначення спектру відповідає рівню звука у смузі 1 кГц) і рівні звука, скориговані по шкалі „А” стандартного вимірювача шуму (дБА). Постійним вважається шум, рівні якого з часом змінюються не більше, ніж на 5 дБ. Непостійним вважається шум, рівні якого з часом змінюються більше ніж на 5 дБ. Переривчастий шум переривається паузами тривалістю в кілька годин, хвилин чи секунд.

Нормування шуму в приміщеннях і на території житлових будівель. У державному стандарті ГОСТ 12.1.003-83 внесені поправки на характер шуму (для тонального чи імпульсного – -5 дБ), час доби (для денного часу – +10 дБ), місце розташування об'єкта (для курортного району – -5 дБ) і сумарний час впливу шуму. Наявність таких поправок обумовлена впливом різних факторів на сприймання звуку людиною.

Нормування ультра- та інфразвука. Допустимі рівні звукового тиску для робочих місць ультразвукових установок визначені в державному стандарті ГОСТ 12.1.001-89. ССБТ "Ультразвук. Загальні вимоги безпеки". Нормовані величини мають наступні значення: при середньгеометричній частоті 1/3 октавної смуги 12,5 кГц – 75дБ, при 16 кГц – 85 дБ і при частотах вище 20 кГц – 110 дБ. Якщо сумарний час впливу ультразвука менше чотирьох годин за зміну, то допустимі рівні збільшуються так само, як і під дією шуму.

Методи захисту від шуму, вібрацій, ультра- та інфра-звука

Ефективне вирішення проблем захисту від шуму, вібрацій, ультра- та інфразвука досягається проведенням комплексу заходів, що послабляють інтенсивність шкідливих виробничих факторів у їхніх джерелах, на шляху поширення. Зниження інтенсивності шуму в джерелах забезпечує кардинальне вирішення всіх цих проблем. Зниження інтенсивності шуму на шляху поширення нерідко буває дешевшим за вирішення проблеми в джерелі, але досить ефективним.

Наприклад, шум ПК визначається, у першу чергу, їхніми силовими установками, тому для його зниження необхідне проведення заходів щодо зменшення шуму двигунів. При цьому можливі два шляхи: створення нових малошумних двигунів і модифікація існуючих.

При створенні нових малошумних двоконтурних турбореактивних двигунів (ТРД) необхідно вибирати такі параметри робочого процесу, двоконтурності, схем, програм регулювання й окремих конструктивних характеристик, які б забезпечували мінімальний шум. Модифікація існуючих конструкцій двигунів може передбачати додаткові заходи щодо зниження шуму, такі як: установку шумопоглинаючих сопел, регулювання площ перерізу реактивних сопел, акустичну обробку вхідних і вихідних каналів вентилятора та мотогондол та інш.

До методів зниження шуму силових установок можна віднести застосування стаціонарних і пересувних глушників шуму біля сопел усмоктування і вихлопу газів двигунів під час їхнього випробування у наземних умовах. Стаціонарні

шумоглушники встановлюються на випробувальних станціях двигунів, на спеціальних площадках чи в ангарах (боксах). Методи ослаблення шуму від джерел, розташованих усередині приміщень, дуже різноманітні і залежать від типу устаткування. Наприклад, знизити шум електричних машин можна: усуненням невірноваженості ротора, регулюванням підшипникових вузлів і щиткових контактів (для зменшення механічного шуму і вібрацій); акустичною оптимізацією вентиляторів охолодження (наприклад, збільшенням зазорів, зменшенням діаметра гвинта й коллової швидкості), зменшенням витрат охолоджуваного повітря і, нарешті, вирішенням проблеми охолодження без використання вентиляторів, завдяки чому знижується аеродинамічний шум; усуненням асиметрій у магнітопроводах і обмотках, ослабленням інтенсивності перемінних радіальних магнітних сил низького порядку (для зменшення магнітного шуму і вібрації). У випадку неможливості забезпечення колективного захисту робітників від впливу розглянутих факторів наведеними методами застосовуються засоби індивідуального захисту. *Засобами індивідуального захисту від шуму* є протишумні шоломи, навушники і вкладиші.

Захист від ультра- та інфразвука. Захист від ультразвукових коливань здійснюється тими ж методами, що і захист від шуму. Основну увагу потрібно приділяти усуненню безпосереднього контакту робітників з коливними середовищами. Для цього завантаження ультразвукових ванн, вивантаження й інші роботи виконують при виключених генераторах коливань, або використовують спеціальні пристосування з ручками, не зв'язаними віброуючими деталями. Ультразвукове технологічне устаткування ізолюють кожухами або звукоізолюючими камерами. Внутрішні поверхні камер облицьовуються звукопоглинаючими матеріалами. Робочі місця можна екранувати. Для поглинання енергії ультразвука рекомендуються матеріали, подібні до застосовуваних при зниженні шуму, але з більшою ефективністю на високих частотах. Труднощі захисту від інфразвукових хвиль полягають в тому, що стіни і великі елементи конструкцій починають вібрувати в ритмі інфразвука і не чинять йому ніякого опору. Інфразвук практично не послаблюється перешкодами, тому основною задачею захисту людини від шкідливого впливу інфразвука є виключення чи ослаблення його генерування в самому джерелі. Ефективними заходами від інфразвука є також застосування методів зниження вібрацій.

Прилади для вимірювання шуму

Для вимірювання різноманітних шумових характеристик застосовують спеціальні прилади-шумоміри (рис. 5). Шумомір представляє автономний переносний прилад, що дозволяє вимірювати в дБ рівні інтенсивності звуку в широких межах.

Принцип роботи. Фактично шумомір являє собою мікрофон, до якого підключений вольтметр, що проградуєований в децибелах. Оскільки електричний сигнал на виході з мікрофону пропорційний вихідному звуковому сигналу, приріст рівня звукового тиску, що впливає на мембрану мікрофона викликає відповідний приріст напруги електричного струму на вході в вольтметр, що і відображається за допомогою індикаторного пристрою, проградуєованого в децибелах. Для вимірювання рівнів звукового тиску в контрольованих смугах частот, наприклад

31,5; 63; 125 Гц тощо, а також для вимірювання рівнів звуку (дБА), коректованих за шкалою А з урахуванням особливостей сприйняття людським вухом звуків різних частот, сигнал після виходу з мікрофону, але до входу в вольтметр, пропускають через відповідні електричні фільтри.

Загальна схема шумоміра обирається так, щоб його властивості наближалися до властивостей людського вуха. Оскільки чутливість вуха залежить як від частоти звуку, так і від його інтенсивності, в шумомірі використовуються кілька комплектів фільтрів, що відповідають різній інтенсивності шуму. Дані фільтри дозволяють імітувати АЧХ вуха при заданій потужності звуку. Ці фільтри називаються А, В, С, D. Їх амплітудно-частотні характеристики наведені в стандарті МЕК 651. Фільтр А приблизно відповідає АЧХ «посереднього вуха» при слабких рівнях шуму, фільтр В — при сильних рівнях шуму. Фільтр D був розроблений для оцінки авіаційного шуму. В даний час для нормування шуму застосовуються тільки фільтри А і С (останній — для оцінки пікових рівнів шуму). Останні версії стандартів на шумоміри не встановлюють вимог до фільтрів В і D. Крім вимог до АЧХ, стандарти на шумоміри встановлюють вимоги до параметрів тимчасового усереднення. У шумомірах застосовується експоненціальне усереднення F (Fast), S (Slow), I (Impulse). Тимчасова константа характеристики F — 1/8 с, S — 1 с. Інтегруючі шумоміри мають також лінійне усереднення і вимірюють еквівалентні рівні звуку, рівні звукової експозиції, різні види дози шуму тощо.

Рис. 5. Шумомір SL824



Практична частина

Завдання № 1. Назвіть, якими параметрами характеризується мікроклімат виробничих приміщень?

1. Температура повітря	2. Світловий потік
3. Коефіцієнт природного освітлення	4. Віброшвидкість
5. Швидкість руху повітря	6. Температура поверхні
7. Відносна вологість повітря	8. Інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення

Завдання № 2. Вкажіть, в залежності від яких умов задаються норми мікроклімату виробничих приміщень?

1. Від категорії робіт по загальним енерговитратам, постійне або непостійне робоче місце	2. Від кварталу року, від тривалості робочої зміни, від ваги людини
3. Від періоду року, категорії робіт по загальним енерговитратам, постійне або не постійне робоче місце	4. Від сезону, від зорового напруження, від типу характеру людини, постійне або непостійне робоче місце

Завдання № 3. Який прилад застосовується для вимірювання відносної вологості повітря?

1. Анемометр крильчастий	2. Термометр спиртовий
3. Психрометр	4. Термограф
5. Гігрометр	6. Анемометр чашковий

Завдання № 4. Який прилад застосовується для вимірювання швидкості руху повітря?

1. Анемометр крильчастий	2. Термометр спиртовий
3. Психрометр	4. Термограф
5. Гігрометр	6. Анемометр чашковий

Завдання № 5. Вкажіть, який інтервал вологості рахується оптимальним для здоров'я людини?

1. 40-60 %	2. 50-60 %
3. 60-70 %	4. 60-75 %
5. 50-75 %	

Завдання № 6. Роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням, відносяться до категорії ...

1. I а	2. I б
3. II а	4. II б
5. III	

Завдання № 7. Роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням, відносяться до категорії...

1. I а	2. I б
3. II а	4. II б
5. III	

Завдання № 8. Освітленість – це:

1. потужність променевої енергії, що оцінюється світловим відчуттям в оці людини	2. просторова густина світлового потоку
3. поверхнева густина світлового потоку	4. сила світла, що випромінюється з одиниці поверхні в даному напрямку
5. світловий потік, випромінюваний з одиниці поверхні, що світиться	

Завдання № 9. Шум, як фізичне явище, характеризується:

1. рівнем звукового тиску, частотним складом, тривалістю дії	2. рівнем тиску шуму
3. за часовими характеристиками	4. рівнем інтенсивності звуку
5. за характером спектра шуму	

Завдання № 10. У яких одиницях вимірюють освітленість?

1. Лк	2. Лм
3. Вт/м ²	4. %
5. Свічах	

Завдання № 11. У яких одиницях вимірюють рівень звуку?

1. Вт/м ²	2. дБ
3. дБА	4. фон
5. сон	

Завдання № 12. Які нормативи виробничого шуму на підприємствах, установах та в організаціях є правильними?

1. 0-30 дБА	2. 50-80 дБА
3. 30-50 дБА	4. 80-100 дБА
5. 100-130 дБА	

Завдання № 13. Допишіть терміни

1. Поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації називають ...

2. Поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції називають ...

3. Місце постійного перебування працівника для спостереження й проведення виробничих процесів або експериментів, називається

4. Довго фіксована робоча поза називається і має розглядатись як несприятливий фактор при оцінюванні умов праці працівника.

5. Робочеположення характеризується низькими енерговитратами, забезпечує більшу стійкість тіла, потребує меншого напруження м'язів. А положення викликає напруження більшості м'язів, потребує додаткових затрат енергії (на 10 %), утруднює кровообіг. Робота м'язів спрямована на те, щоб утри- мувати на постійному місці центр ваги.

6. Умови внутрішнього середовища виробничих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням, називається

7. Група захворювань, які виникають винятково або здебільшого в результаті впливу на організм несприятливих умов праці, називаються

8. Невидимі і нечутні хвилі, що викликають у людини почуття глибокої пригніченості і неоясненого страху, називаються

9. Потужні коливання низької частоти і високої інтенсивності, що використовуються у виробництві для очищення деталей, зварювання, пайки, свердління, більш слабкі – в дефектоскопії, у діагностиці, для дослідницьких цілей, називаються

10. Малі механічні коливання, що виникають у пружних тілах під впливом перемінних сил це –

Завдання № 14. Співствити заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату

будівельно-планувальні заходи	А. використання теплозахисних екранів
організаційно-технологічні заходи	Б. вентиляція
санітарно-гігієнічні заходи	В. профілактика водно-сольового балансу
медико-біологічні заходи	Г. режим праці та відпочинку
	Д. оптимальне розміщення устаткування
	Е. кондиціонування повітря
	Є. медичні огляди
	Ж. опалення
	З. механізація та автоматизація виробництва
	І. індивідуальні засоби захисту

Завдання № 15. Відносна вологість повітря складає φ , %. Що показує сухий і вологий термометри психрометра, якщо різниця свідчень дорівнює Δt , °С. В якому випадку ця різниця дорівнюватиме нулю? Розрахувати абсолютну вологість повітря в приміщенні. Вихідні дані наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні дані

№ варіанта	φ , %	Δt , °С
1	76	2
2	83	1,5
3	55	6
4	73	3,5
5	65	4
6	70	3
7	33	7,5
8	57	5,5
9	31	6,6
10	26	8,5

Завдання №16. На робочому місці були виміряні наступні параметри мікроклімату: температура повітря за сухим термометром t_c , °С, температура повітря за вологим термометром t_p , °С, барометричний тиск $P_{\bar{o}}$, мм.рт.ст. Визначте відносну вологість повітря за психрометричною таблицею та за психрометричною формулою. Вихідні дані наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Вихідні дані

№ варіанта	t_c , °С	t_p , °С	$P_{\bar{o}}$, мм.рт.ст
1	22	20	740
2	24	18	735
3	18	15	756
4	27	24	750
5	16	14	745
6	14	12	725
7	23	22	738
8	19	17	755
9	21	20	745
10	27	22	760

Завдання № 17. При температурі t , °С і барометричному тиску $P_{\bar{o}}$, мм.рт.ст. повітря характеризується відотною вологістю φ , %. Визначити парціальний тиск водяної пари і сухого повітря. Вихідні дані наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Вихідні дані

№ варіанта	t , °С	$P_{\bar{o}}$, мм.рт.ст	φ , %
1	20	740	60
2	27	745	65
3	10	735	45
4	14	725	50
5	18	750	60
6	19	725	63
7	22	765	80
8	24	745	67
9	15	755	73
10	13	740	43

Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря	Відносна вологість	Швидкість руху, м/сек.
Холодний період року	Легка Іа	22 - 24	60 - 40	0,1
	Легка Іб	21 - 23	60 - 40	0,1
	Середньої важкості Іа	19 - 21	60 - 40	0,2
	Середньої важкості Іб	17 - 19	60 - 40	0,2
	Важка ІІІ	16 - 18	60 - 40	0,3
Теплий період року	Легка Іа	23 - 25	60 - 40	0,1
	Легка Іб	22 - 24	60 - 40	0,2
	Середньої важкості Іа	21 - 23	60 - 40	0,3
	Середньої важкості Іб	20 - 22	60 - 40	0,3
	Важка ІІІ	18 - 20	60 - 40	0,4

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

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

Фізичні параметри повітря

Температура повітря, °С	Парціальний тиск водяної пари в насиченому стані p , мм.рт.ст.	Температура повітря, °С	Парціальний тиск водяної пари в насиченому стані p , мм.рт.ст.
10	9,209	19	16,477
11	9,844	20	17,533
12	10,518	21	18,650
13	11,231	22	19,827
14	11,987	23	21,068
15	12,788	24	22,377
16	13,634	25	23,756
17	14,530	26	25,200
18	15,477	27	26,739

Тиск та щільність насичених парів води

t , °С	p		$\rho_{\text{макс}}$, г/м ³	t , °С	P		$\rho_{\text{макс}}$, г/м ³
	кПа	мм.рт.ст.			кПа	мм.рт.ст.	
-5	0,401	3,01	3,25	12	1,401	10,51	10,67
-4	0,437	3,28	3,53	13	1,497	11,23	11,36
-3	0,463	3,47	3,83	14	1,597	11,98	12,08
-2	0,517	3,88	4,14	15	1,704	12,78	12,84
-1	0,563	4,22	4,49	16	1,817	13,63	13,65
0	0,611	4,58	4,85	17	1,937	14,53	14,50
1	0,656	4,92	5,20	18	2,062	15,47	15,39
2	0,705	5,59	5,57	19	2,196	16,47	16,32
3	0,757	5,68	5,95	20	2,337	17,53	17,32
4	0,813	6,10	6,37	21	2,486	18,65	18,35
5	0,872	6,54	6,80	22	2,642	19,82	19,44
6	0,935	7,01	7,27	23	2,809	21,07	20,60
7	1,005	7,54	7,79	24	2,984	22,38	21,81
8	1,072	8,04	8,28	25	3,168	23,76	23,07
9	1,148	8,61	8,83	26	3,361	25,21	24,40
10	1,227	9,20	9,41	27	3,565	26,74	25,79
11	1,312	9,84	10,02	28	3,780	28,35	27,26

**Психрометрична таблиця для температур від 0 до 36⁰C по вологому
термометру**

t _p °C	Різниця показань Δt сухого t _c і волого t _p термометрів																	
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36	31	26	20	16	11	7	3		
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39	33	29	23	19	16	11	7		
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42	35	31	26	23	18	14	10		
3	100	90	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	20	21	17	13	10	
4	100	91	84	77	70	64	57	51	46	41	35	32	28	24	20	16	14	11
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23	19	17	13
6	100	92	85	78	72	68	61	56	50	45	41	35	33	29	25	22	19	16
7	100	92	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35	31	28	25	22	18
8	100	93	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37	33	30	27	25	21
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28
12	100	94	88	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30
13	100	94	88	84	78	73	68	63	59	57	53	50	46	43	40	37	34	32
14	100	94	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35
16	100	95	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39
18	100	95	90	85	81	76	74	68	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40
19	100	95	91	85	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51	48	46	44
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54	52	50	47
26	100	96	92	88	85	81	78	75	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48
27	100	96	92	89	85	82	78	75	72	69	67	64	61	59	56	54	52	50
28	100	96	92	89	85	82	79	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53	51
29	100	96	93	89	86	82	79	76	73	70	68	65	63	60	58	55	54	52
30	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	68	65	63	61	58	55	54	52
31	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	68	65	63	61	58	55	54	52
32	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	68	65	63	61	59	57	55	53
33	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	68	66	64	62	60	58	56	54
34	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	69	67	65	63	61	59	57	55
35	100	96	93	89	86	83	79	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	56
36	100	96	93	89	86	83	80	77	75	72	70	68	66	64	62	60	58	56

