

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до практичного, лабораторного заняття**  
**«Дослідження мікроклімату виробничих приміщень»**  
з дисципліни «Основи професійної безпеки та здоров'я людини»  
для студентів усіх спеціальностей і всіх форм навчання

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету  
протокол № 1 від 19.02.2026 р.

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2026

**Методичні вказівки** до практичного, лабораторного заняття «Дослідження мікроклімату виробничих приміщень» з дисциплін «Охорона праці» і «Основи професійної безпеки та здоров'я людини» для студентів усіх спеціальностей і всіх форм навчання / уклад.: О. О. Кузьменко, І. О. Мезенцева, Є. В. Ящеріцин. – Харків : НТУ «ХП», 2026. – 36 с.

Укладачі: О. О. Кузьменко,  
І. О. Мезенцева  
Є. В. Ящеріцин

Рецензент Н. С. Євтушенко

Кафедра безпеки праці та навколишнього середовища

**Мета роботи** – ознайомитися з принципами нормування параметрів мікроклімату, методиками та приладами визначення показників мікроклімату.

## 1 Загальні положення

Мікроклімат – умови внутрішнього середовища виробничих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням і визначаються поєднанням температури ( $t$ , °C), відносної вологості ( $\varphi$ , %) та швидкості руху повітря ( $v$ , м/с), температури оточуючих людину поверхонь ( $t_p$ , °C) та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення від цих поверхонь ( $E$ , Вт/м<sup>2</sup>).

Забезпечення сприятливих умов теплового обміну людини з навколишнім середовищем є постійною і важливою задачею, так як буде обумовлювати температуру тіла людини в процесі роботи.

Людина постійно перебуває в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем. Для того, щоб фізіологічні процеси в організмі людини відбувалися нормально, тепло, що виділяється організмом людини, повинне повністю відводитися у навколишнє середовище. Порушення теплового балансу може призвести до перегрівання або до переохолодження організму людини і, зрештою, до втрати працездатності, втрати свідомості та до теплової смерті.

Основним джерелом тепла в організмі є енергія екзотермічних реакцій, що пов'язані з хімічними перетвореннями харчових речовин та обмінними процесами – так зване метаболічне тепло  $Q_{\text{мет}}$ . Вся енергія, яка створюється в організмі, витрачається на здійснення життєдіяльності (дихання, серцеву діяльність, рухи людини, фізичну та розумову роботи тощо) – це  $Q_{\text{екв}}$ , а надлишки підлягають відведенню в оточуюче середовище – це  $Q_{\text{відв}}$ , тобто:

$$Q_{\text{мет}} = Q_{\text{екв}} + Q_{\text{відв}} \quad (1)$$

Якщо теплоізолювати людину, яка знаходиться у стані покою, через годину температура її тіла підвищиться на 1,5 °С. Відведення тепла організмом людини в оточуюче середовище залежить від охолоджуючої здатності цього середовища, тобто параметрів мікроклімату, і теплоємності середи. У воді тіло охолоджується у 14 разів сильніше ніж у повітрі, бо теплоємність води більша (температура води 28 °С відчувається як прохолодна).

Тепловідведення відбувається тими ж шляхами, що і для будь-якого нагрітого тіла – теплопровідністю через одяг  $Q_{\text{тп}}$ , конвекцією  $Q_{\text{к}}$ , тепловипромінюванням  $Q_{\text{тв}}$ , випаровуванням (тобто потовиділенням)  $Q_{\text{пот}}$ . Частина тепла в організмі витрачається на нагрівання вдихуваного повітря, прийнятої їжі, води тощо – це  $Q_{\text{дих}}$ . Треба урахувати також  $Q_{\text{вид}}$  – тепло, яке виділяється з повітрям, яке видихається, з сечею та калом.

$$Q_{\text{відв}} = Q_{\text{тп}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{тв}} + Q_{\text{пот}} + Q_{\text{дих}} + Q_{\text{вид}} \quad (2)$$

Комфортне теплове самопочуття при конкретному виді робіт забезпечується дотриманням рівнянь теплового балансу (1) та (2), внаслідок чого температура тіла людини залишається постійною і дорівнює приблизно 36,6 °С ± 0,5 °С.

Тепловіддача відбувається з урахуванням параметрів мікроклімату та фізичного навантаження. У стані покою при температурі оточуючого повітря 18 °С частки  $Q_{\text{тп}}$  і  $Q_{\text{к}}$  складають 30% від усієї відведеної теплоти,  $Q_{\text{тв}}$  – 45 %,  $Q_{\text{пот}}$  – 20 %,  $Q_{\text{дих}}$  – 5 %. Якщо температура повітря підвищується до 35-36 °С тепловіддача за рахунок теплопровідності, конвекції та тепловипромінювання стає неможливою і основним механізмом тепловідведення залишається потовиділення. В умовах підвищеної вологості повітря тепловідведення надлишків тепла випаровуванням поту з поверхні тіла зменшується і людина потребує вживання холодних напоїв, їжі.

Здатність людського організму підтримувати постійну температуру тіла при зміні параметрів мікроклімату і виконанні роботи різної важкості зветься терморегуляцією. Вона запускається при зміні параметрів мікроклімату під впливом сигналів терморецепторів.

При порушенні балансу тепла (зокрема, у несприятливих умовах мікроклімату) людину турбує почуття холоду або жару, можливі застудні захворювання, підвищення або зниження температури тіла, тимчасові або стійкі патологічні зміни в організмі. Несприятливий мікроклімат призводить до зниження продуктивності праці та збільшення травматизму.

Наприклад, при тривалому впливі нагрівального мікроклімату підвищується температура тіла (гіпертермія) аж до теплового удару; спостерігається інтенсивне потовиділення (до 6 л за зміну), що призводить до збезводнювання організму, втрати мінеральних солей ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) і водорозчинних вітамінів (С,  $\text{B}_1$ ,  $\text{B}_2$ ). При цьому змінюються межі кров'яного тиску і ритм серця (тахікардія), пригнічується робота шлунку, печінки, порушується координація рухів та ін.

Тривалий вплив низьких температур, особливо в поєднанні із високою вологістю повітря крім застудних захворювань призводить до різноманітних нервово-судинних захворювань (неврити, радикуліти, порушення кровопостачання шкіри і кінцівок).

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 [1], нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов здійснюється за допомогою комплексу заходів та засобів, які включають будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-технічні та інші заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників використовуються засоби індивідуального захисту і медико-біологічні.

В якості прикладів можна навести наступні заходи захисту від несприятливого мікроклімату:

- удосконалення виробничого устаткування і технологічних процесів, що забезпечує зниження зовнішніх теплових випромінювань;

- автоматизація процесів, що дозволяє видалити робітника (оператора) із небезпечних зон у кабіни керування зі сприятливим мікрокліматом;
- раціональне опалення, вентиляція і кондиціонування приміщень;
- застосування тепловідбивних екранів, водяних і повітряних завіс, повітряного душування;
- раціональний режим праці і відпочинку (регламентація періодичного відпочинку в сприятливих умовах), спецодяг і захисний одяг; обґрунтовані питний режим і режим харчування, вітамінізація (вживання вітамінів А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, С і РР), періодичні медичні огляди.

Показники мікроклімату в робочій зоні повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 [1], згідно яких за ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичні умови поділяють на оптимальні та допустимі з урахуванням періоду року та важкості виконуваної роботи (додатки А та Б).

Оптимальні умови мікроклімату 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.

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

Теплий період року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря вище +10° С.

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

Категорія робіт – розмежування робіт за важкістю на основі загальних енерговитрат організму. Відомо, що кількість тепла, що виділяється організмом, залежить від кількості споживаного кисню, яка, у свою чергу, визначається фізичною активністю людини. Енерговитрати визначають методом непрямой калориметрії, коли оцінюють кількість кисню, що вдихає людина, та кількість  $\text{CO}_2$ , яку він видихає.

Усі роботи поділяються за витратами енергії на наступні три категорії важкості робіт.

Легкі фізичні роботи категорії I охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 105–175 Вт. Роботи категорії Ia 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. Сюди можна віднести енерговитрати осіб розумової праці (інженерів, програмістів, лікарів, викладачів), робітників механізованої праці та сфери обслуговування (медичних сестер, продавців).

Фізичні роботи середньої важкості категорії II охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 176–290 Вт. До категорії IIa належать роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (вагою до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи і потребують певного фізичного напруження. До категорії IIб належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням вантажів до 10 кг та супроводжуються помірним фізичним напруженням. Роботу середньої важкості виконують шахтарі, хірурги, ливарі, робітники сільського господарства.

Важкі фізичні роботи категорії III охоплюють види діяльності, при яких витрати енергії становлять 291–349 Вт. До категорії III належать роботи, пов'язані з постійним переміщенням і перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль. Це робота гірських робочих, металургів, лісорубів, вантажників.

Енергетичні витрати людини в залежності від інтенсивності дихання при виконанні робіт різної важкості наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Енергетичні витрати та максимальні реакції дихання і кровообігу при фізичній роботі різних категорій важкості

Категорія важкості роботи і відповідні енерговитрати, Вт	Енерговитрати, Вт	Споживання повітря, л/хв	Хвилиний об'єм дихання, л/хв	Частота дихання в хвилину	Частота пульсу в хвилину
Спокій	84	0,25	8	12	70
Легка робота					
I а – до 139 Вт	120	0,38	10	12	75
I б – від 140 до 174 Вт	170	0,5	12	13	80
Робота середньої важкості					
II а – від 175 до 232 Вт	230	0,68	16	14	90
II б – від 233 до 290 Вт	245	0,75	20	14	100
Важка робота					
III – вище 290 Вт	523	1,5	35	15	120
	698	2,0	50	16	140
	886	2,5	60	20	160

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь устаткування на постійних і непостійних (робітник знаходиться менше 50 % робочого часу) робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні понад 50 % поверхні тіла, 70 Вт/м<sup>2</sup> – при опроміненні 20–50 % тіла, 100 Вт/м<sup>2</sup> – при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла. При наявності відкритих джерел випромінювання (розплавлений метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140 Вт/м<sup>2</sup>. Величина опромінюваної площі не повинна перевищувати 25% поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні індивідуальних засобів захисту (спецодяг, окуляри, щитки).

## 2 Прилади і методи вимірювань

### 2.1 Визначення температури повітря

Для вимірювання температури всередині закритих виробничих приміщень використовують ртутні і спиртові термометри. Для реєстрації температури за часом застосовують термографи.

Температура повітря у виробничих помешканнях, як правило, змінюється по об'єму приміщення, тому для об'єктивної оцінки її вимірюють у декількох точках: на висоті 1,0 м від підлоги при роботах, що виконуються сидячи, і на висоті 1,5 м – при роботах, які виконуються стоячи.

Вимірювання параметрів мікроклімату можна проводити за допомогою прибору Метеометр МСС-200А, який визначає атмосферний тиск, фактичні значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря тощо (рисунок 1).



Рисунок 1 – Метеометр МСС-200А

Для безконтактного вимірювання високих температур використовують пірометри-реєстратори (рисунок 2), які здатні вимірювати температури від -50 до 2200 ° С, що потрібно, наприклад, в металургійній промисловості або для оцінки температури на робочих місцях термістів.



Рисунок 2 – Професійний пірометр-реєстратор з вбудованою камерою SEM DT-9862S

## ***2.2 Визначення відносної вологості***

Відносну вологість повітря  $\varphi$ , % визначають як відношення абсолютної вологості  $d$  (кількість водяних парів, що знаходиться в момент дослідження в одиниці об'єму повітря – ненасичена пара) до кількості пари, необхідної для насичення одиниці об'єму повітря при тій самій температурі  $d_{\max}$  (насичена пара):

$$\varphi = \frac{d}{d_{\max}} \cdot 100\% . \quad (3)$$

Інструментально відносну вологість повітря вимірюють за допомогою психрометрів і гігрометрів. Для безупинної реєстрації відносної вологості повітря застосовують гігрографи.

Психрометричний метод – один з найпоширеніших і заснований на залежності між пружністю водяної пари і різницею показань сухого і вологого (змоченого) термометрів. На рисунках 3 та 4 приведені відповідно зображення статичного психрометра Августа та аспіраційного психрометра Ассмана.



Рисунок 3 – Статичний психрометр Августа

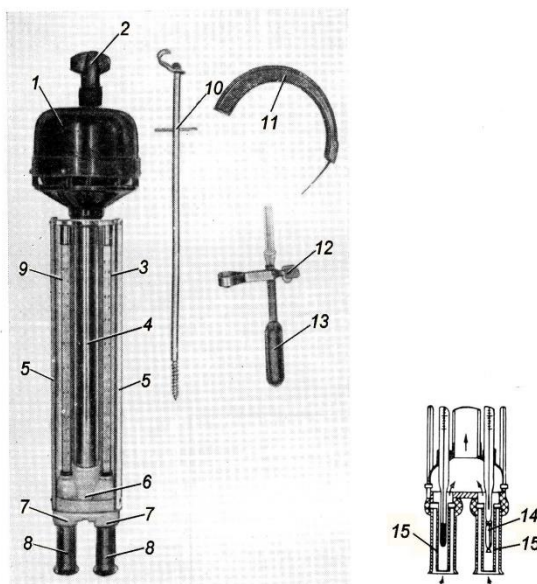


Рисунок 4 – Аспіраційний психрометр Ассмана:

1 – головка аспіратора с вентилятором; 2 – заводний ключ; 3, 9 – вологий та сухий термометри; 4 – трубка; 5 – планкові захисти; 6 – трійник; 7 – пластмасові втулки; 8 – захисні трубки; 10 – крючок; 11 – вітровий захист; 12 – затиск; 13 – гумова груша; 14 – батист; 15 – внутрішні трубки

В психрометрі Августа (рис. 3) сухий термометр вимірює температуру оточуючого повітря  $t_c$ . Резервуар вологого термометра обгорнуто кусочком гігроскопічної тканини (батисту), вільний кінець якої опущений в посудину з

дистильованою водою. З поверхні тканини весь час випаровується волога, утримуючи, таким чином, термометр в середовищі насичених водяних парів, в наслідок чого вологий термометр показує нижчу температуру  $t_{\text{в}}$ .

Недоліком статичного психрометра є недостовірність результатів при наявності інтенсивного руху повітря у помешканні (більше 1 м/с).

Більш досконалим і точним є аспіраційний психрометр (рис. 4), сухий і вологий термометри якого вміщені в жорстку оправу 5. Для захисту від дії теплового випромінювання резервуари термометрів оточені подвійними нікельованими трубками 8 та 15 з повітряним прошарком між ними. До резервуарів від аспіраційної головки с вентилятором, що приводиться в дію заводним механізмом або електродвигуном, через трубку 4 подається повітря зі сталою швидкістю 2 м/с, завдяки чому забезпечується сталість умов випаровування – психрометричний коефіцієнт  $\alpha$ , який потім використовують при розрахунках (формула 6), завжди дорівнює 0,56.

Знаючи температуру сухого і вологого термометрів, відносну вологість при використанні статичного та аспіраційного психрометрів можна визначити різноманітними методами: розрахунком за формулою (4), за психрометричними таблицями (додатки В, Г), по номограмам (додатки Д, Е) або за допомогою  $I - d$  діаграми (додаток З).

Розрахунок відносної вологості за формулою ( $\varphi_{\text{розр}}$ , %) виконується наступним чином. Так як кількість пари у повітрі пов'язана з її парціальним тиском або пружністю, відносну вологість можна знайти по формулі 4:

$$\varphi_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{н}}} \cdot 100 \% , \quad (4)$$

де  $P_{\text{п}}$  і  $P_{\text{н}}$  – парціальні тиски (пружність), відповідно, ненасиченої і насиченої пари при певній температурі; мм. рт. ст.

Парціальний тиск насиченої пари  $P_{\text{н}}$  знаходять за таблицею пружності насиченої водяної пари при температурі сухого термометру (додаток Ж).

Парціальний тиск  $P_{\Pi}$  ненасичених водяних парів, що утримуються в повітрі, визначається в мм рт. ст. по формулам 5 та 6:

- для статичного психрометра Августа

$$P_{\Pi} = P_{\text{нв}} - \alpha(t_c - t_b) \cdot P_6, \quad (5)$$

- для аспіраційного психрометра Ассмана

$$P_{\Pi} = P_{\text{нв}} - 0,56(t_c - t_b) \cdot P_6 / 760, \quad (6)$$

де  $P_{\text{нв}}$  – тиск насичених водяних парів при температурі вологого термометра, мм рт. ст.;  $P_{\text{нв}}$  знаходять за таблицями насиченої водяної пари при температурі вологого термометру (додаток Ж);

$\alpha$  – психрометричний коефіцієнт, що залежить від швидкості руху повітря (для зовнішнього повітря 0,00074; для повітря закритих приміщень 0,0011);

$P_6$  – барометричний тиск, мм рт. ст.

При визначенні відносної вологості за спеціальними психрометричними таблицями ( $\varphi_{\text{табл}}$ , %) користуються додатком В для психрометра Августа і у додатку Г для психрометра Ассмана.

При визначенні відносної вологості по номограмам ( $\varphi_{\text{ном}}$ , %) користуються додатками Д та Е. Потрібне значення  $\varphi_{\text{ном}}$ , % буде знаходитися на перетині кривої, яка бере початок в точці, що відповідає температурі сухого термометру, та прямої лінії, яка відповідає температурі вологого термометру.

При визначенні відносної вологості за  $I-d$  діаграмою ( $\varphi_{I-d}$ , %) користуються додатком З. Значення  $I$  характеризує вологотеплоємність, а  $d$  – вологовміст повітря. На рисунку 5 показана схема визначення  $\varphi_{I-d}$ , % за  $I-d$  діаграмою.

Спочатку через точку 2 на кривій насичення для  $\varphi = 100$  %, що відповідає температурі вологого термометру  $t_b$ , проводять промінь у напрямку лінії  $I = \text{const}$ , який показаний на реальній  $I-d$  діаграмі. Потрібне значення  $\varphi_1$ , %, визначають

точкою 1, що лежить на цьому промені в місці його перетину з ізотермою температури  $t_c$ , яка визначена по сухому термометру. Напрямок ізотерми теж нанесений на реальній  $I-d$  діаграмі (додаток 3).

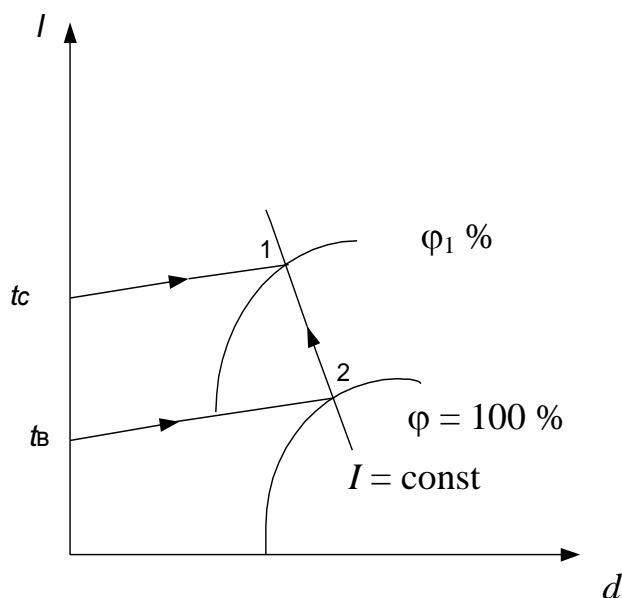


Рисунок 5 – Графік визначення  $\varphi_{I-d}$ , %, за  $I-d$  діаграмою

Відносну вологість можна також виміряти за допомогою волосяного гігрометра (рисунок 6). Визначення вологості волосяним гігрометром ґрунтується на властивості знежиреного людського волосся, яке, за рахунок тонкої капілярної структури, подовжується у вологому повітрі й укорочується в сухому. Зміна довжини волосу 10 передається стрілці 2, яка переміщується уздовж шкали 9. Один кінець волосся закріплений в пристрої 6, а інший перекинтий через нижній блок, на якому кріпиться стрілка. На початку роботи стрілка гігрометра 10 встановлюють за показниками психрометра.

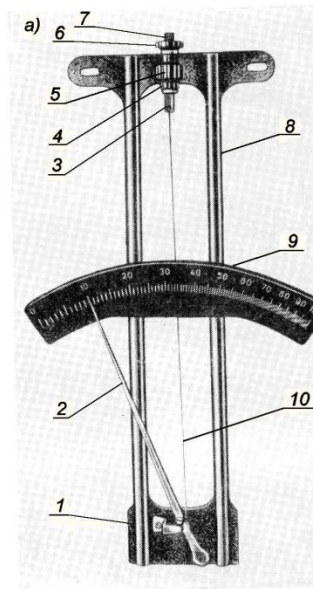


Рисунок 6 – Гігрометр волосяний М:

1 – рамка; 2 – стрілка; 3 – хвостовик; 4 – скоба; 5 – гайка; 6 – контргайка;  
7 – гвинт; 8 – рамка; 9 – шкала; 10 – волос.

Час, необхідний для реакції волосу на зміну вологості, залежить від температури повітря (чим нижча температура, тим він більший). В зимовий час (при температурах нижче  $-10^{\circ}\text{C}$ ) гігрометр є основним приладом, за яким визначають вологість повітря.

### **2.3 Вимірювання швидкості руху повітря**

Швидкість руху повітря у виробничих помешканнях вимірюють анемометрами різноманітних конструкцій та кататермометрами, які поділяються на дві групи – аналогові та цифрові. До першої групи належать механічні і електромеханічні кататермометри та електронні обертальні анемометри. До другої групи – обертальні цифрові, вихрові, теплові, динамометричні, ультразвукові (акустичні), оптичні (лазерні доплерівські) анемометри.

Кататермометр являє собою спиртовий термометр з циліндричним або кульовим (рис. 7) резервуаром у нижній частині, що переходить у капіляр з розширенням у його верхній частині. Він призначений для вимірювання малих

швидкостей руху повітря в інтервалі від 0,1–0,5 до 2,0 м/с. У приладі з циліндричним резервуаром шкала проградуєвана від 35 до 38 °С, а у кататермометрі з кульовим резервуаром – від 33 до 40 °С. Середня температура шкали у обох випадках – 36,5 °С. Принцип роботи кататермометру ґрунтується на оцінці охолоджувальної здатності повітря в інтервалі температур шкали приладу. Перед вимірюванням прилад нагрівають у воді з температурою 65–75 °С. По досягненні стовпчиком спирту відмітки 38 °С (для кататермометру з циліндричним резервуаром) включається секундомір і замірюють час охолодження приладу ( $t$ , с) на 3 °С (від 38 до 35 °С). Для кататермометру з кульовим резервуаром визначають час охолодження від 40 до 33 °С. Швидкість руху повітря розраховують за допомогою спеціальних формул.



Рисунок 7 – Зовнішній вигляд кататермометра з кульовим резервуаром

Для вимірювання більш високих швидкостей руху повітря використовують крильчасті (0,3-5 м/с) та чашкові (1-20 м/с) обертальні анемометри.

Приймальною частиною чашкового анемометра (рисунок 8) є хрестовина з чотирма півсферами (чашками) 1, що укріплена на вертикальній осі 3. Під дією руху повітря хрестовина обертається. Черв'як 5 пов'язує ось 3 з зубчатими колесами механічного лічильника обертів, які приводять до руху стрілки трьох циферблатів зі шкалами, які показують одиниці, сотні і тисячі. При вмиканні

лічильника анемометра за допомогою важелю аретиру 7 обертання передається на стрілки приладу. Через певний час за допомогою аретиру анемометр вимикають і визначають зміну показників трьох шкал. Швидкість руху повітря визначають за допомогою спеціального тарувального графіка.

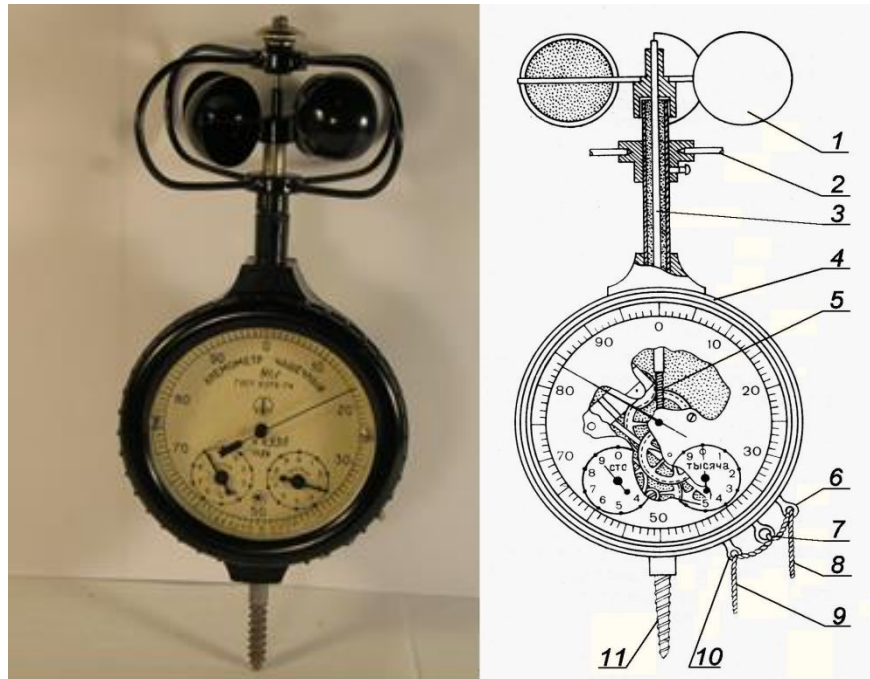


Рисунок 8 – Анемометр ручний чашковий (МС-13):

1 – чашка; 2 – захисна дужка; 3 – вісь; 4 – корпус; 5 – черв'як; 6, 10 – кільця; 7 – важіль аретиру; 8, 9 – шнури; 11 – гвинт.

Приймальною частиною крильчастого анемометра (рисунок 9) є легкі крильчатки, насаджені на трубчасту ось, що обертається навколо натягнутої усередині сталеві струни. За допомогою черв'ячної передачі обертання крильчатки передається на стрілки приладу. Використовують крильчасті анемометри для вимірювання швидкостей потоків повітря у трубах у випадках, коли маємо справу з постійним напрямком руху потоку. Основною відмінністю цих приладів від чашкових є використання більш чутливого елемента – крильчатки.



Рисунок 9 – Анемометр ручний крильчастий з лічильником АСО-3

#### ***2.4 Визначення барометричного тиску***

Для вимірювання атмосферного тиску застосовують барометри. Існують ртутні барометри, які дають самі точні свідчення, та барометри-анероїди – вони безртутні і використовують металеву мембрану (рисунок 10), ступень деформації якої відповідає зміні атмосферного тиску.



Рисунок 10 – Барометр

Атмосферний тиск вимірюється в мм. рт. ст. та гектопасклях гПа (1 гПа = 100 Па).

Коли атмосферний тиск різко знижується, потрібно готуватися до дощу, вітру та інших показників несприятливої погоди. Відповідно, якщо показники тиску підвищуються – слід очікувати поліпшення погодних умов.

### 3 Порядок виконання роботи

1. Ознайомтесь з загальними положеннями роботи, методами вимірювання показників мікроклімату й приладами.

2. В роботі використовуються два лабораторні стенди, на яких розміщені прилади: психрометри Августа і Ассмана (з механічним і електричним приводами), барометр, крильчастий анемометр з вентилятором

3. Виконати наступні виміри та обчислення, результати яких занести у таблицю 2:

1) Вимірювання барометричного тиску  $P_b$  за допомогою барометра;

2) Вимірювання температури повітря в помешканні термометром – заміряють температуру повітря в лабораторії за допомогою сухого термометру психрометру Августа;

3) Вимірювання відносної вологості статичним психрометром Августа:

- заповнити стаканчик психрометра дистильованою водою. Через 10–15 хв зняти показання вологого термометру;

- визначити відносну вологість повітря  $\varphi_{\text{табл}}$ , користуючись таблицею, яка приведена в додатку В;

- визначити відносну вологість  $\varphi_{\text{ном}}$  за номограмою, користуючись додатком Д;

- обчислити відносну вологість  $\varphi_{\text{розр}}$  за формулою (4). Для цього знайти тиски насичених водяних парів  $P_n$  та  $P_{\text{нв}}$ , що відповідають температурам сухого і вологого термометрів (додаток Ж), а по формулі 5 визначити  $P_{\text{п}}$ ;

- знайти відносну вологість  $\varphi_{I-d}$  за допомогою  $I-d$  діаграми (додаток З).

4) Вимірювання відносної вологості повітря психрометром Ассмана:

- змочити дистильованою водою тканину на вологому термометрі, завести до відмови механізм механічного вентилятора або включити двигун електричного вентилятора і через 3–4 хвилини після пуску вентилятора зняти показання сухого і вологого термометрів;

- визначити відносну вологість повітря  $\varphi_{\text{табл}}$ , користуючись додатком Г та  $\varphi_{\text{ном}}$ , користуючись додатком Е;
- обчислити відносну вологість  $\varphi_{\text{розр}}$  за формулою (4). Знайти тиски насичених водяних парів  $P_{\text{н}}$  і  $P_{\text{нв}}$ , що відповідають температурам сухого і вологого термометрів (див. додаток Ж). Значення  $P_{\text{п}}$  визначити по формулі 6;
- знайти відносну вологість  $\varphi_{I-d}$  за допомогою  $I-d$  діаграми (див. додаток З);

Таблиця 2 – Результати вимірювань відносної вологості психрометром

Прилади	$t_c$	$t_b$	$P_{\text{б}}$	$P_{\text{н}}$	$P_{\text{нв}}$	$P_{\text{п}}$	$\varphi_{\text{розр}}$	$\varphi_{\text{табл}}$	$\varphi_{\text{ном}}$	$\varphi_{I-d}$
Психрометр Августа										
Психрометр Ассмана										

5) зробити висновки щодо точності визначення відносної вологості повітря різними методами та різними приладами. Вказати значення відносної вологості у приміщенні.

#### 4. Вимірювання швидкості руху повітря крильчастим анемометром:

- ознайомитися з улаштуванням і принципом дії анемометра;
- зняти початкове показання приладу за всіма трьома шкалами (тисячі, сотні, десятки);
- включити вентилятор над анемометром. Увімкнути одночасно анемометр і секундомір;
- після закінчення 60 секунд виключити одночасно анемометр і секундомір. Зняти показання. Дослід повторити три рази.
- визначити кількість поділок анемометра  $i$ , що припадають на одиницю часу:

$$i = \frac{N - N_0}{t}, \quad (7)$$

де  $N_0$  і  $N$  – початкове і кінцеве показання анемометра, відповідно;

$t$  – час дослідження, с;  $t = 60$  с.

- користуючись тарувальним графіком (додаток І), визначити істинну швидкість руху повітря;
- отримані дані звести в таблицю 3.

Таблиця 3 – Результати вимірювань швидкості повітря крильчастим анемометром

Номер заміру	Показання приладу		Різниця між показаннями приладу $N - N_0$	Кількість поділів у секунду $i$ , 1/с	Швидкість повітря, визначена за тарувальним графіком, м/с
	до заміру $N_0$	після заміру $N$			
1					
2					
3					
Середні значення					

5. Виміряні в результаті лабораторних досліджень параметри повітряного середовища приміщень занести в таблицю 4 і порівняти з оптимальними і допустимими параметрами мікроклімату при виконанні робіт категорії Іб (інженер-дослідник) для відповідного періоду року, які виписати з додатків А та Б.

Таблиця 4 – Порівняння отриманих параметрів повітряного середовища з нормативними

Параметри повітряного середовища в приміщенні	Виміряні	Оптимальні	Допустимі
Температура повітря, °С			
Відносна вологість, %			

6. Дати порівняльну оцінку отриманим результатам, а також надати пропозиції щодо поліпшення умов праці.

7. В умовах он-лайн навчання при відсутності можливості проводити лабораторні дослідження, скористатися даними додатку К. Номер варіанту вибирати відповідно номеру студента у списку групи. Виконати вимоги п. 3 для запропонованих показань сухого та вологого термометрів психрометрів Августа і Ассмана, а також вимоги п. 4 для запропонованих середніх значень різниці трьох вимірів показань крильчастого анемометру.

#### **4 Зміст звіту**

У звіті повинні бути відображені:

- мета роботи;
- перелік приладів, що використовуються у роботі;
- таблиці результатів вимірів і розрахунків;
- аналіз результатів і висновки.

#### **Контрольні запитання**

1. Що таке мікроклімат?
2. Які параметри характеризують мікроклімат виробничих приміщень?
3. Які принципи використовуються при нормуванні параметрів мікроклімату?
4. Чим оптимальні параметри мікроклімату відрізняються від допустимих?
5. Наведіть категорії робіт за фізичною важкістю.
6. Порівняйте енергетичні витрати та максимальні реакції дихання і кровообігу при виконанні фізичної роботи різноманітної важкості.
7. Які процеси в організмі людини відображає рівняння теплового балансу?
8. Які існують шляхи віддачі тепла організмом людини в навколишнє середовище?
9. Назвіть прилади, що застосовуються для визначення температури повітря?
10. Які прилади використовують для визначення відносної вологості?

11. На чому засновано психометричний засіб визначення відносної вологості?
12. Чим психрометр Августа відрізняється від психрометра Ассмана?
13. Які є методи визначення відносної вологості?
14. Охарактеризуйте абсолютну і відносну вологість повітря.
15. Якими приладами користуються для визначення швидкості руху повітря?
16. Які існують основні заходи щодо забезпечення нормативних параметрів мікроклімату?
17. Як регламентуються вимоги до інтенсивності теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь устаткування?

### **Джерела інформації**

- 1 ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.  
<https://zakon.rada.gov.ua/go/va042282-99>
- 2 Основи професійної безпеки та здоров'я людини: підручник /В. В. Березуцький [та ін.] Під ред. проф. Березуцького В. В. Харків: НТУ «ХПІ», 2018. 553 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/37199>
- 3 Дослідження мікроклімату у виробничих приміщеннях / Уклад. Л. П. Чуніхіна, Н. Д. Устинова, О. О. Кузьменко, Л. Ф. Шамша? С. В. Котлярова // Лабораторний практикум з курсу «Основи охорони праці». За ред. В. В. Березуцького. Харків : Факт, 2005. С. 84–108. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/2429>
- 4 Методичні вказівки до лабораторної роботи «Дослідження мікроклімату виробничих приміщень» з курсу "Основи професійної безпеки та здоров'я людини": для студентів усіх спец. / Уклад. О. О. Кузьменко, Є. В. Ящеріцин, Н. Д. Устинова, С. В. Котлярова. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків: Панов А. М., 2020. 36 с.  
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/49369>

## ДОДАТКИ

### Додаток А

Оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень [1]

Період року	Категорія роботи	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с (не більше)
Холодний	Легка – Іа	22–24	40–60	0,1
	Легка – Іб	21–23	40–60	0,1
	Середньої важкості – Іа	19–21	40–60	0,2
	Середньої важкості – Іб	17–19	40–60	0,2
	Важка – ІІ	16–18	40–60	0,3
Теплий	Легка – Іа	23–25	40–60	0,1
	Легка – Іб	22–24	40–60	0,2
	Середньої важкості – Іа	21–23	40–60	0,3
	Середньої важкості – Іб	20–22	40–60	0,3
	Важка – ІІ	18–20	40–60	0,4

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень [1]

Період року	Категорія роботи	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с (не більше)
Холодний	Легка – Іа	21–25	75	0,1
	Легка – Іб	20–24	75	0,2
	Середньої важкості – Іа	17–23	75	0,3
	Середньої важкості – Іб	15–21	75	0,4
	Важка – ІІІ	13–19	75	0,5
Теплий	Легка – Іа	22–28	55 (при 28°С)	0,1–0,2
	Легка – Іб	21–28	60 (при 27°С)	0,1–0,3
	Середньої важкості – Іа	18–27	65 (при 26°С)	0,2–0,4
	Середньої важкості – Іб	15–27	70 (при 25°С)	0,2–0,5
	Важка – ІІІ	15–26	75 (при 24°С і нижче)	0,5–0,6

Додаток В

Психрометрична таблиця визначення відносної вологості по температурам сухого ( $t_c$ ) та вологого ( $t_b$ ) термометрів за статичним психрометром Августа

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

Додаток Г

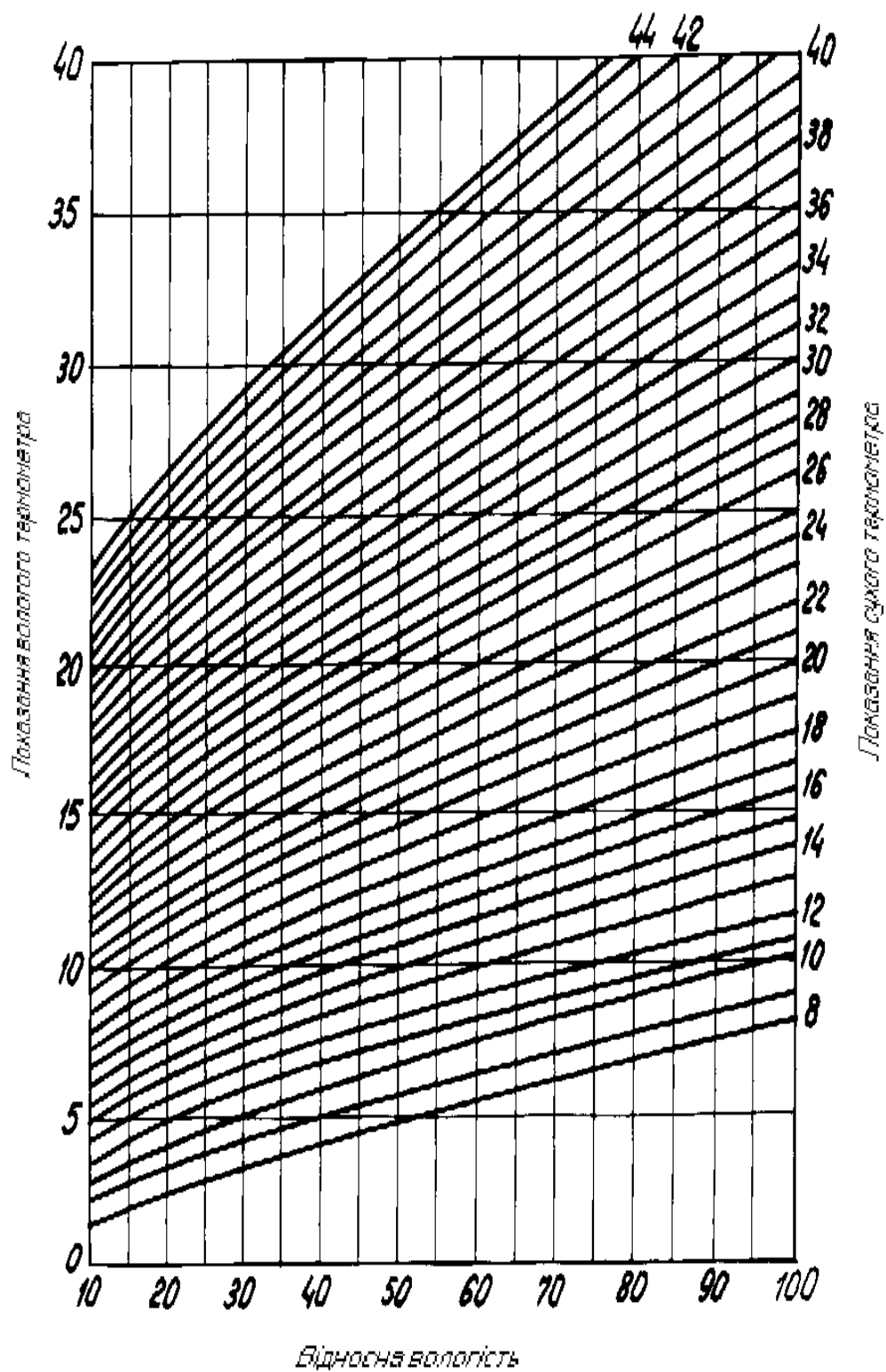
Психрометрична таблиця визначення відносної вологості по температурам сухого ( $t_c$ ) та вологого ( $t_B$ ) термометрів за аспіраційним психрометром Ассмана

Температура за сухим термометром, $t_c$ , °C	Температура за вологим термометром, $t_B$ , °C																
	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13
	Відносна вологість, %																
12	29	33	38	43	48	53	57	62	68	73	78	83	89	94	100		
13	23	27	31	36	40	45	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	100
14	17	21	25	29	33	38	42	46	51	56	60	65	70	74	79	84	90
15		16	20	23	27	32	36	40	44	48	52	57	61	66	71	75	80
16			15	18	22	26	30	34	37	42	46	50	54	58	63	67	71
17				14	17	21	24	28	32	38	39	43	47	51	55	59	64
Температура за сухим термометром, $t_c$ , °C	Температура за вологим термометром, $t_B$ , °C																
	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5		
	Відносна вологість, %																
18	23	27	30	34	37	41	45	49	53	56	61	65	69	73	77		
19	19	22	25	29	32	36	39	43	46	50	54	58	62	66	70		
20	15	18	21	24	27	30	34	37	44	44	48	52	55	59	63		
21		14	17	20	23	26	29	32	36	39	42	46	49	53	56		
22			13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	44	47	50		
23				13	16	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45		
24					12	15	18	20	23	26	28	31	34	37	40		
25						14	17	19	22	25	27	30	33	36	39		

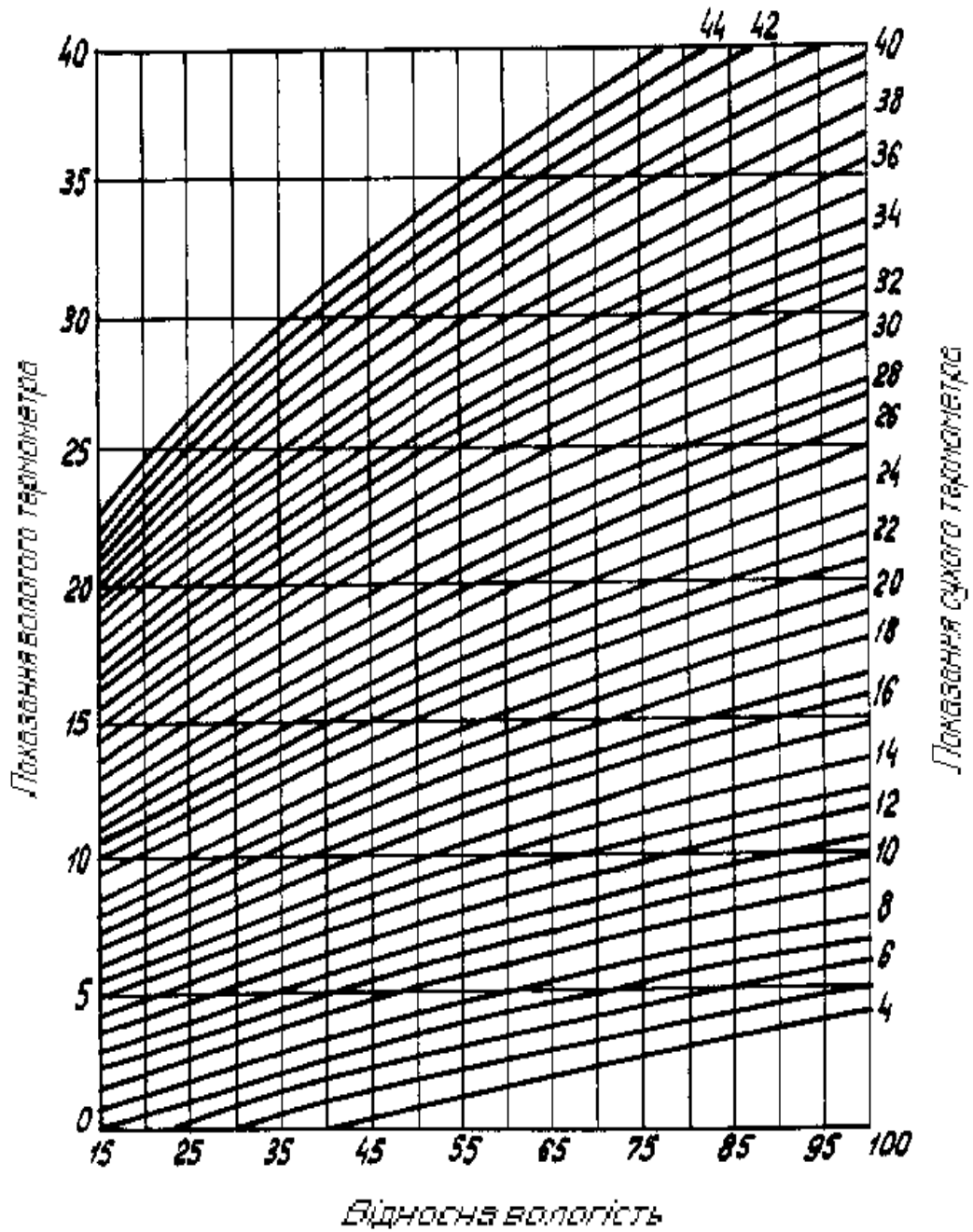
Продовження додатка Г

Температура за сухим термометром, $t_c, ^\circ\text{C}$	Температура за вологим термометром, $t_B, ^\circ\text{C}$														
	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17							
	Відносна вологість, %														
12															
13															
14	95	100													
15	85	95	100												
16	76	81	85	90	95	100									
17	68	71	77	81	86	90	95	100							
Температура за сухим термометром, $t_c, ^\circ\text{C}$	Температура за вологим термометром, $t_B, ^\circ\text{C}$														
	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23
	Відносна вологість, %														
18	82	86	91	95	100										
19	74	78	82	86	91	95	100								
20	66	70	74	78	83	87	91	96	100						
21	60	64	64	71	75	79	83	87	91	96	100				
22	54	57	61	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100		
23	48	51	55	58	62	65	69	72	76	80	84	88	92	96	100
24	43	46	49	53	56	59	63	66	70	73	80	80	84	88	92
25	38	41	44	47	50	54	57	60	63	70	74	74	77	81	84

Номограма для визначення відносної вологості повітря за показаннями статичного психрометра Августа



Номограма для визначення відносної вологості повітря за показаннями аспіраційного психрометра Ассмана

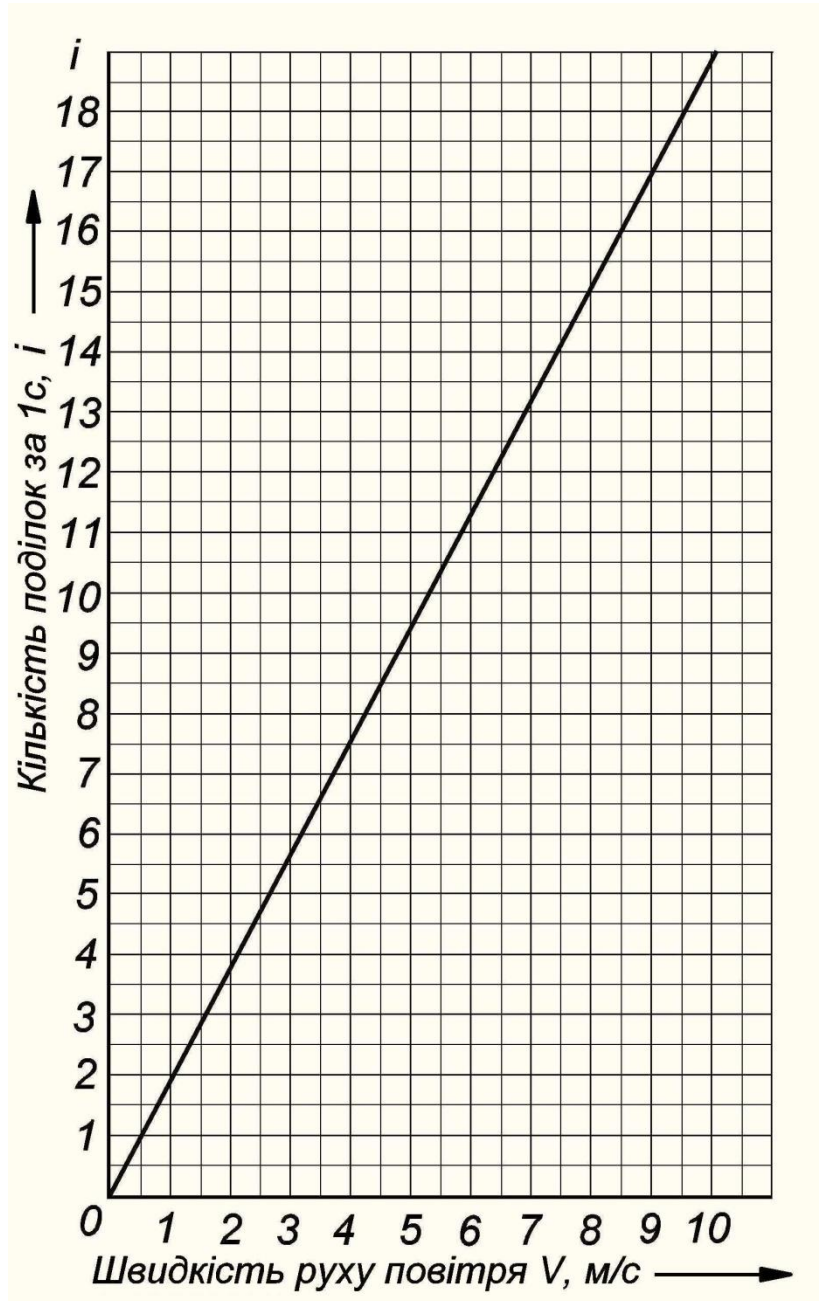


## Пружність насичених водяних парів

Температура повітря, °С	Тиск насичених водяних парів $P$ , мм рт. ст.	Температура повітря, °С	Тиск насичених водяних парів $P$ , мм рт. ст.	Температура повітря, °С	Тиск насичених водяних парів $P$ , мм рт. ст.
+1	4,926	+11,5	10,176	+22	19,827
+1,5	5,107	+12	10,518	+22,5	20,440
+2	5,294	+12,5	10,870	+23	21,068
+2,5	5,486	+13	11,231	+23,5	21,714
+3	5,685	+13,5	11,604	+24	22,377
+3,5	5,889	+14	11,987	+24,5	23,060
+4	6,101	+14,5	12,382	+25	23,756
+4,5	6,318	+15	12,788	+25,5	24,471
+5	6,543	+15,5	13,205	+26	25,209
+5,5	6,775	+16	13,634	+26,5	25,964
+6	7,103	+16,5	14,046	+27	26,739
+6,5	7,259	+17	14,530	+27,5	27,539
+7	7,513	+17,5	14,997	+28	28,344
+7,5	7,775	+18	15,477	+28,5	29,183
+8	8,045	+18,5	15,971	+29	30,043
+8,5	8,323	+19	16,477	+29,5	30,929
+9	8,609	+19,5	16,999	+30	31,842
+9,5	8,905	+20	17,735	+30,5	32,748
+10	9,209	+20,5	18,085	+31	33,695
+10,5	9,521	+21	18,650	+31,5	34,668
+11	9,884	+21,5	19,231	+32,6	35,663



Графік для визначення швидкості руху повітря крильчастим  
анемометром АСО-3



## Завдання для самостійного виконання роботи

**Завдання 1.** Визначити відносну вологість 4-ма методами, що наведені у роботі, для наступних значень температур сухого  $t_c$  та вологого  $t_B$  термометрів за варіантами, які відповідають номеру студента у списку групи. Барометричний тиск для всіх варіантів взяти  $P_6 = 750$  мм рт. ст.

Прилад	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 3		Варіант 3	
	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$
Статичний психрометр Августа	23,5	20	18	15	20	18,5	25	23	19,5	17
Аспіраційний психрометр Ассмана	23,0	17	17,5	13	19	16	24,5	21	19,0	15,5
Прилад	Варіант 6		Варіант 7		Варіант 8		Варіант 9		Варіант 10	
	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$
Статичний психрометр Августа	22	20	18	16	21	18,5	24	22	22,5	19
Аспіраційний психрометр Ассмана	21,0	16	17,5	14	20	17	23,5	20	21,0	16,5
Прилад	Варіант 11		Варіант 12		Варіант 13		Варіант 14		Варіант 15	
	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$
Статичний психрометр Августа	25,5	22	18	15,5	22	18,5	21,5	18	19,5	16
Аспіраційний психрометр Ассмана	25	19	18	14	21	16	21	16	19	14
Прилад	Варіант 16		Варіант 17		Варіант 18		Варіант 19		Варіант 20	
	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$	$t_c$	$t_B$
Статичний психрометр Августа	24,5	22	18,5	14	22	18	25,5	23	19	17
Аспіраційний психрометр Ассмана	23,5	17	18,0	13	20	16	25,0	21	18	15

**Завдання 2.** Розрахувати швидкість руху повітря, яка визначена крильчастим анемометром, якщо в ході трьох вимірів середня різниця між початковими показаннями приладу і через 60 с склала значення: **235** – для варіантів 1, 6, 11, 16; **250** – для варіантів 2, 7, 12, 17; **275** – для варіантів 3, 8, 13, 18; **300** – для варіантів 4, 9, 14, 19; **325** – для варіантів 5, 10, 15, 20.

## Зміст

1 Загальні положення.....	3
2. Прилади і методи вимірювань.....	9
2.1 Визначення температури повітря.....	9
2.2 Визначення відносної вологості.....	10
2.3 Вимірювання швидкості руху повітря.....	15
2.4 Визначення барометричного тиску.....	18
3. Порядок виконання роботи.....	19
4. Зміст звіту.....	22
Контрольні запитання.....	22
Джерела інформації.....	23
Додаток А.....	24
Додаток Б.....	25
Додаток В.....	26
Додаток Г.....	27
Додаток Д.....	29
Додаток Е.....	30
Додаток Ж.....	31
Додаток З.....	32
Додаток І.....	34
Додаток К.....	35

Методичні вказівки  
до практичного, лабораторного заняття  
«Дослідження мікроклімату виробничих приміщень»  
з дисциплін «Охорона праці» і  
«Основи професійної безпеки та здоров'я людини»  
для студентів усіх спеціальностей і всіх форм навчання

Укладачі:

КУЗЬМЕНКО Олена Олексіївна,  
МЕЗЕНЦЕВА Ірина Олександрівна  
ЯЩЕРІЦІН Євген Володимирович,

Відповідальний за випуск завідувач кафедри проф. Вамболь С. О.

Роботу до видання рекомендував доц. Шевцов В. М.

В авторській редакції

План 2026 р., поз. 191

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,64  
Видавничий центр НТУ «ХП».  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.  
Електронне видання