

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи
«ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ
ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ»
з дисципліни «Охорона праці»
для студентів денної і заочної форми навчання
усіх спеціальностей всіх форм навчання

Харків
НТУ «ХПІ»
2025

Методичні вказівки до лабораторної роботи «Дослідження мікроклімату виробничих приміщень» з дисципліни «Охорона праці» для студентів усіх спеціальностей всіх форм навчання / О. О. Кузьменко, Є. В. Ящеріцин, І. О. Мезенцева. – Харків : НТУ «ХПІ», 2025. – 36 с.

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

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 (φ , %) та швидкості руху повітря (v , м/с), температури оточуючих людину поверхонь (t_n , °C) та інтенсивності теплового (інфрачервоного) опромінення від цих поверхонь (E , Вт/м²).

Забезпечення сприятливих умов теплового обміну людини з навколишньою середою 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 теплоізулювати 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 середовища. 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 урахувувати також $Q_{\text{вид}}$ – тепло, яке виділяється 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 запускаються 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 (NaCl , KCl , CaCl_2) і водорозчинних вітамінів (C , B_1 , 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 способів, 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 (А, В₁, В₂, 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 непрямої калориметрії, коли оцінюють кількість кисню, що вдихає людина, та кількість СО₂, 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

т
а

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 ріських робочих, металургів, лісорубів, вантажників.

Енергетичні витрати людини в залежності від інтенсивності дихання при виконанні робіт різної важкості наведені у таблиці 1. Як бачимо, кількість тепла, що виділяється в процесі життєдіяльності (обміну речовин) в організмі людини і характеризує її енерговитрати, відповідає кількості спожитого при цьому кисню. Чим важчу роботу виконує людина і більше витрачає енергії, тим більше споживає вона кисню, частіше дихає і тим вище у неї частота пульсу.

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/м² при опроміненні понад 50 % поверхні тіла, 70 Вт/м² – при опроміненні 20–50 % тіла, 100 Вт/м² – при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла.

п
о
м
і
р
н

Таблиця 1 – Енергетичні витрати та максимальні реакції дихання і кровообігу при виконанні фізичної роботи різноманітної важкості

Категорія важкості роботи і відповідні енерговитрати, Вт	Енерговитрати, Вт	Споживання повітря, л/хв	Хвилинний 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

При наявності відкритих джерел випромінювання (розплавлений метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140 Вт/м^2 . Величина опромінюваної площі не повинна перевищувати 25% поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні індивідуальних засобів захисту (спецодяг, окуляри, щитки).

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.

2. Прилади і методи вимірювань

2.1 Визначення температури повітря

Для вимірювання температури використовують ртутні і спиртові термометри. Для реєстрації температури за часом застосовують термографи.

Температуру повітря в приміщеннях із джерелами значних теплових випромінювань вимірюють парним термометром (рисунок 1). Він складається з двох термометрів – почорненого і посрібленого.

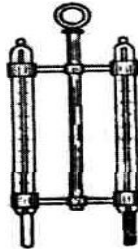


Рисунок 1 – Парний термометр

Почорнений термометр поглинає падаючі на нього теплові промені й нагрівається більше (до $t_{\text{чюч}}$). Посріблений відбиває їх і нагрівається менше (до $t_{\text{пюс}}$). Істинну температуру (t_n) визначають за формулою:

$$t_n = t_{\text{пюс}} - k(t_{\text{чюч}} - t_{\text{пюс}}), \quad (3)$$

де k – константа приладу, що визначається при його виготовленні (звичайно $k = 0,10-0,12$).

Для безконтактного вимірювання високих температур використовують пірометри (рисунок 2), а для відображення розподілу температури об'єктів на екрані приладу у режимі реального часу – тепловізори.



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

2.2 Визначення відносної вологості

Відносну вологість повітря φ , % 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):

$$\varphi = (d / d_{\max}) \cdot 100 \% \quad (4)$$

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.

Сухий термометр вимірює температуру оточуючого повітря t_c . Ртутний балончик 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_w .



Рисунок 3 – Статичний психрометр Августа

Недоліком статичного психрометра є недостовірність результатів при наявності інтенсивного руху повітря у помешканні.

В аспіраційному психрометрі резервуари термометрів вміщені в трубки, через які за допомогою вентилятора подається повітря зі сталою швидкістю 2 м/с, завдяки чому забезпечується сталість умов випаровування – психрометричний коефіцієнт α завжди дорівнює 0,56. Подвійні металеві трубки 8 та 15 з повітряним прошарком між ними захищають термометри від дії теплового випромінювання. Вентилятор може приводитися в дію за допомогою заводного механізму або електричного приводу. Тому психрометр Ассмана є більш досконалим і точним приладом.

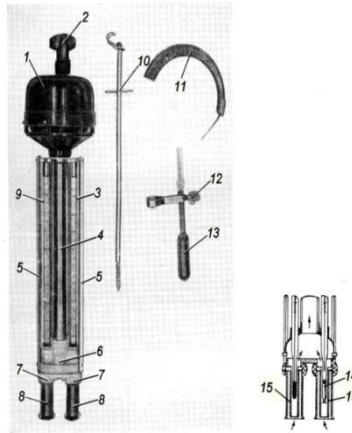


Рисунок 4 – Аспіраційний психрометр Ассмана:

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

Знаючи температуру сухого і вологого термометрів, відносну вологість можна визначити різноманітними методами: розрахунком за формулою (5), за психрометричною таблицею (додаток В), по номограмам (додатки Г, Д) або за допомогою $I - d$ діаграми.

Розрахунок відносної вологості по формулі ($\varphi_{\text{розр}}$ %) виконується наступним чином. Так як кількість пари у повітрі пов'язана з її парціальним тиском або пружністю, відносну вологість можна знайти по формулі 5:

$$\varphi_{\text{розр}} = (P_{\text{п}} / P_{\text{н}}) \cdot 100 \%, \quad (5)$$

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 Е).

Парціальний тиск $P_{\text{п}}$ ненасичених водяних парів, що утримуються в повітрі, визначається в мм рт. ст. по формулам 6 та 7:

- для статичного психрометра Августа

$$P_{\text{п}} = P_{\text{нв}} - \alpha(t_{\text{с}} - t_{\text{в}}) \cdot P_{\text{б}}, \quad (6)$$

- для аспіраційного психрометра Ассмана

$$P_{\text{п}} = P_{\text{нв}} - 0,56(t_{\text{с}} - t_{\text{в}}) \cdot P_{\text{б}} / 760, \quad (7)$$

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 Е);

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

$P_{\text{б}}$ – барометричний тиск, мм рт. ст.

Можна визначити відносну вологість за спеціальними психрометричними таблицями: для психрометра Августа $\varphi_{\text{табл}}$, % приведена на приборі (див. рис. 3), для психрометра Ассмана – у додатку В.

При визначенні відносної вологості по номограмам ($\varphi_{\text{ном}}$, %) користуються додатками Г та Д. 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 φ_{I-d} , % користуються $I-d$ діаграмою (рисунок 5).

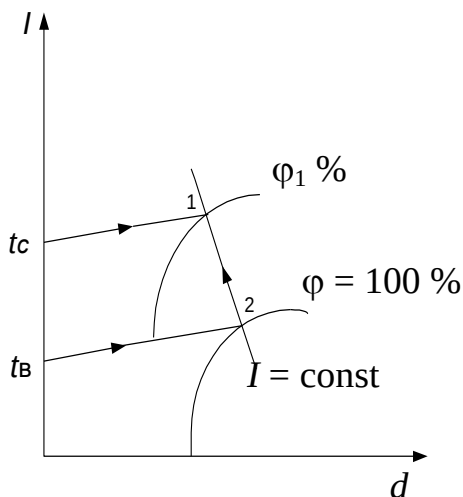


Рисунок 5 – Графік визначення φ_{I-d} за $I-d$ діаграмою

Через точку 2 на кривій насичення, що відповідає температурі вологого термометру t_b , проводять промінь у напрямку лінії $I = \text{const}$. I характеризує вологотеплоємність, а d – вологовміст повітря. Потрібне значення φ_1 , %, визначають точкою 1, що лежить на цьому промені в місці його перетину з ізотермою температури t_c , яка визначена по сухому термометру. $I-d$ діаграма приведена у додатку Ж.

Для безпосереднього інструментального визначення відносної вологості використовують волосяний гігрометр (рисунок 6).

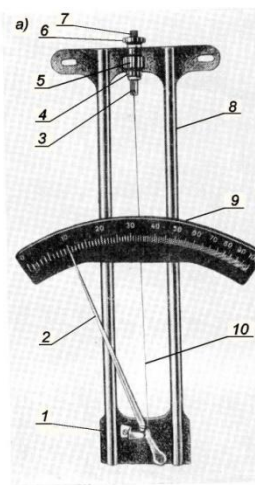


Рисунок 6 – Гігрометр волосяний:

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

Визначення вологості волосяним гігрометром ґрунтується на властивості знежиреного людського волосся за рахунок тонкої капілярної структури подовжуватися у вологому повітрі й укорочуватися в сухому. Зміна довжини волосся 10 передається стрілці 2, яка переміщується уздовж шкали 9. Один кінець волосся закріплений в пристрої 6, а інший перекинутий через нижній блок, на якому кріпиться стрілка. На початку роботи стрілку гігрометра 10 встановлюють за показниками психрометра. Час, необхідний для реакції волоса на зміну вологості, залежить від температури повітря (чим нижча температура, тим він більший). В зимовий час (при температурах нижче – 10°C) гігрометр є основним приладом, за яким визначають вологість повітря.

2.3 Вимірювання швидкості руху повітря

Швидкість руху повітря у виробничих помешканнях вимірюють кататермометрами й анемометрами різноманітних конструкцій (чашковими, крильчастими, індукційними, ультразвуковими, тепловими, оптичними, аеродинамічними тощо).

Кататермометр призначений для вимірювання малих швидкостей руху повітря в інтервалі 0,1-0,5 м/с. Кататермометр ще називають тепловим анемометром. Він являє собою спиртовий термометр з циліндричним або кульовим (рисунок 7) резервуаром у нижній частині, що переходить у капіляр з розширенням у його верхній частині.



Рисунок 7 – Зовнішній вигляд кататермометра з кульовим резервуаром

У приладі з циліндричним резервуаром шкала проградуйована 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). Потім виймають із води, насухо витирають і поміщають на робоче місце. Для

кататермометру з кульовим резервуаром визначають час охолодження від 40 до 33 °С.

Швидкість руху повітря v , м/с, одержану за допомогою кататермометра, визначають за емпіричним виразом:

$$v = \left[\frac{\frac{f}{\Delta t} - A}{B} \right]^2, \quad (8)$$

де f – охолоджувальна здатність повітря (катавеличина), яка визначається за формулою:

$$f = F / \tau, \quad (9)$$

де F – чинник кататермометра, тобто втрата приладом теплоти в мілікалоріях із кожного квадратного сантиметра його поверхні при охолодженні від 38 до 35 °С;
 τ – час цього охолодження;

Δt – різниця між середньою температурою шкали кататермометра, яка дорівнює 36,5 °С і температурою оточуючого повітря t_n :

$$\Delta t = 36,5 - t_n; \quad (10)$$

A і B – сталі величини, значення яких приймаються в залежності від відношення $f/\Delta t$. Наприклад, при $f/\Delta t < 0,6$ – $A = 0,205$; $B = 0,385$; а якщо $f/\Delta t > 0,6$ – $A = 0,13$; $B = 0,47$.

Знаючи відношення $f/\Delta t$, швидкість руху повітря можна визначити за спеціальною таблицею, яка наведена у додатку 3.

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 одиниць, сотень, тисяч. При вмиканні лічильника анемометра за допомогою важеля 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.

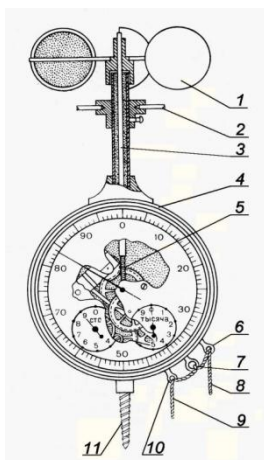


Рисунок 8 – Анемометр ручний чашковий (МС-13):

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 крильчатки, насаджені на трубчасту ось, що обертається навколо натягнутої усередині сталеві струни. Легкі крильчатки є більш чутливими елементами в порівнянні з чашками.



Рисунок 9 – Анемометр крильчастий

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.

2.4 Визначення барометричного тиску

Для вимірювання атмосферного тиску застосовують барометри, у яких зміна атмосферного тиску змушує стискуватися або розширюватися гофровану металеву коробку (вакуумну камеру) з розрідженим повітрям усередині. Ці деформації, за допомогою системи важелів та шарнірів, передаються стрілці, що рухається по шкалі з позначками, які відповідають тиску (рисунок 10).



Рисунок 10 – Барометр

Показники барометру з часом змінюються внаслідок зміни пружності стінок коробки, тому його необхідно час від часу звіряти з ртутним барометром.

3. Порядок виконання роботи

Ознайомившись з загальними положеннями роботи, методами вимірювання показників мікроклімату й приладами, необхідно виконати наступні виміри та обчислення, результати яких занести у таблицю 2:

- 1) Вимірювання барометричного тиску P_6 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 на приладі;

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

- обчислити відносну вологість $\varphi_{\text{розн}}$ за формулою (5). Для цього знайти тиск насичених водяних парів $P_{\text{н}}$, що відповідає температурі сухого термометру (додаток Е), а по формулі 6 визначити $P_{\text{п}}$. Пружність насичених водяних парів при температурі вологого термометра $P_{\text{пв}}$ теж визначити по додатку Е;

- знайти відносну вологість φ_{I-d} за допомогою $I-d$ діаграми.

- 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 В та $\varphi_{\text{ном}}$, користуючись додатком Д;

- обчислити відносну вологість $\varphi_{\text{розн}}$ за формулою (5). Знайти тиски насичених водяних парів $P_{\text{п}}$ і $P_{\text{пв}}$, що відповідають температурам сухого і вологого термометрів (див. додаток Е). Значення $P_{\text{п}}$ визначити по формулі 7;

- знайти відносну вологість φ_{I-d} за допомогою $I-d$ діаграми (див. додаток Ж);

Таблиця 2 – Результати вимірювань відносної вологості психрометром

Прилади	t_c	t_b	P_6	P_n	$P_{нв}$	$P_{п}$	$\varphi_{роз}$	$\varphi_{табл}$	$\varphi_{ном}$	φ_{t-d}
Психрометр Августа										
Психрометр Ассмана										

- зробити висновки щодо точності визначення відносної вологості повітря різними методами та різними приладами.

5) 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:

$$i = \frac{N - N_0}{t}, \quad (11)$$

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

t – час дослідження, с; $t = 60$ с.

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

6) 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 для відповідного періоду року, які виписати з додатків А та Б.

7) Дати порівняльну оцінку отриманим результатам, а також внести пропозиції щодо поліпшення умов праці.

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					

Таблиця 4 – Порівняння визначених параметрів повітряного середовища з нормативними показниками

Параметри повітряного середовища в приміщенні	Виміряні	Оптимальні	Допустимі
Температура повітря $t_{\text{п}}$, °C			
Відносна вологість φ , %			
Швидкість руху повітря v , м/с			

4. Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Перелік приладів, що використовуються у роботі.
3. Таблиці результатів вимірів і розрахунків.
4. Аналіз результатів і висновки.

Контрольні запитання

1. Які процеси в організмі людини відображає рівняння теплового балансу?
2. Які існують шляхи віддачі тепла організмом людини в навколишнє середовище?
3. Які параметри характеризують мікроклімат виробничих приміщень?
4. Назвіть прилади, що застосовуються для визначення параметрів мікроклімату.
5. На чому засновано психометричний засіб визначення відносної вологості?
6. Чим психрометр Августа відрізняється від психрометра Ассмана?
7. Які є методи визначення відносної вологості?
8. Охарактеризуйте абсолютну і відносну вологість повітря.
9. Які принципи використовуються при нормуванні параметрів мікроклімату?
10. Чим оптимальні параметри мікроклімату відрізняються від допустимих?
11. Які існують основні заходи щодо забезпечення нормативних параметрів мікроклімату?
12. Наведіть категорії робіт за фізичною важкістю.
13. Порівняйте енергетичні витрати та максимальні реакції дихання і кровообігу при виконанні фізичної роботи різноманітної важкості.
14. 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. – Затвердж. постановою Головного держсанлікаря України від 01.12.1999 р. № 42.
2. Основи професійної безпеки та здоров'я людини: підручник /В. В. Березуцький [та ін.] Під ред. проф. В. В. Березуцького – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – 553 с.
3. Лабораторний практикум з курсу «Основи охорони праці» / В. В. Березуцький, Т. С. Бондаренко, Л. А. Васьковець та ін.; За ред. В. В. Березуцького. – Харків : Факт, 2005. – 348 с.

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, φ , %	Швидкість руху повітря, v , м/с (не більше)
Холодний	Легка – Іа	22–24	40–60	0,1
	Легка – Іб	21–23	40–60	0,1
	Середньої важкості – Іа	18–20	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

Додаток Б

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	65 (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	16–27	70 (при 25°С)	0,2–0,5
	Важка – ІІІ	15–26	75 (при 24°С і нижче)	0,2–0,6

Додаток В

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

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	
	Відносна вологість, %															
1	2	33	3	4	48	53	5	62	6	73	7	83	8	94	10	
2	9	27	8	3	40	45	7	54	8	64	8	74	9	84	0	
1	2	21	3	3	33	38	4	46	5	56	6	65	7	74	89	
3	3	16	1	6	27	32	9	40	9	48	9	57	9	66	79	
1	1		2	2	22	26	4	34	5	42	6	50	7	58	71	
4	7		5	9	17	21	2	28	1	38	0	43	0	51	63	
1			2	2			3		4		5		6		55	
5			0	3			6		4		2		1			
1			1	1			3		3		4		5			
6			5	8			0		7		6		4			
1				1			2		3		3		4			
7				4			4		2		9		7			

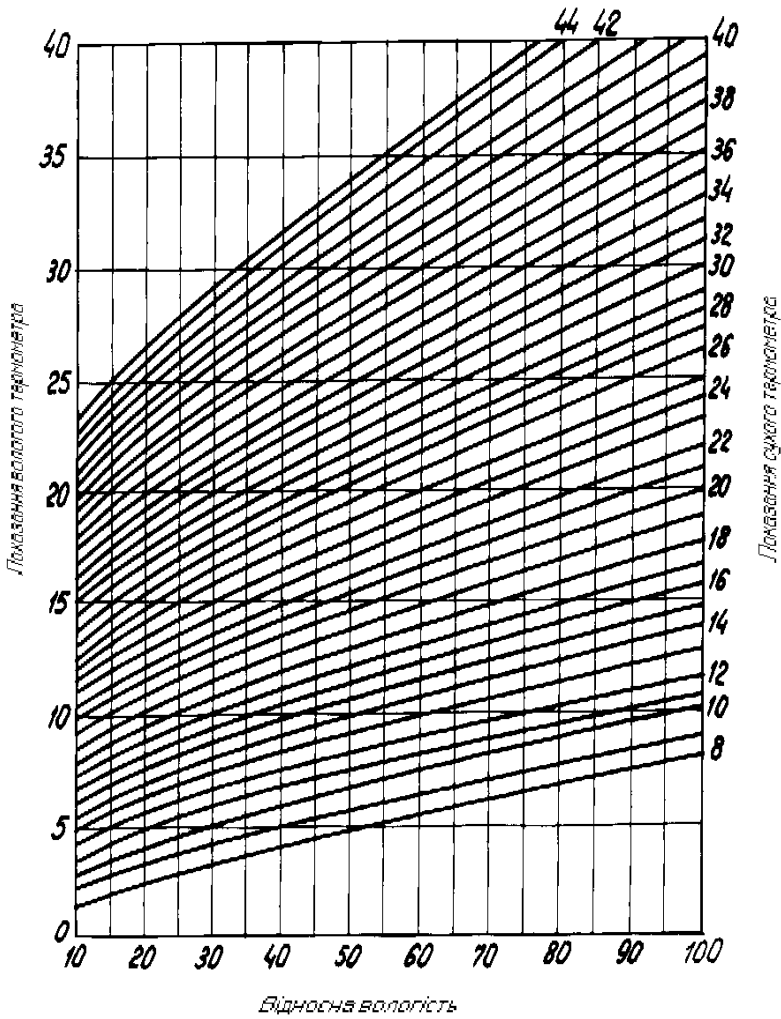
t_c °C	Температура за вологим термометром, t_b , °C									
	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17
	Відносна вологість, %									
12										
13	94	100								
14	84	90	95	100						
15	75	80	85	95	100					
16	67	71	76	81	85	90	95	100		
17	59	64	68	71	77	81	86	90	95	100

Продовження додатку В

$t_{\text{г}}$ °C	Температура за вологим термометром, $t_{\text{в}}$, °C														
	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	
	Відносна вологість, %														
18	27	30	34	37	41	45	49	53	56	61	65	69	73	77	
19	22	25	29	2	36	39	43	46	50	54	58	62	66	70	
20	18	21	24	27	30	34	37	44	44	48	52	55	59	63	
21	14	17	20	2	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	

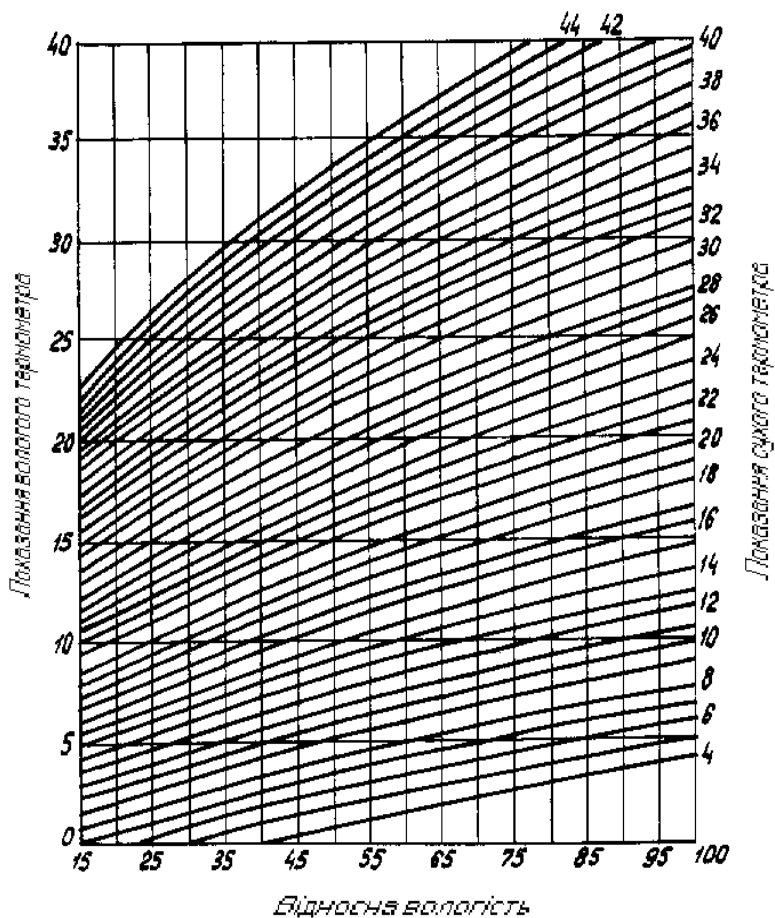
$t_{\text{в}}$, °C	Температура за вологим термометром, $t_{\text{в}}$, °C												
	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22
	Відносна вологість, %												
18	82	86	91	95	100								
19	74	78	82	86	91	95	100						
20	66	70	74	78	83	87	91	96	100				
21	60	64	64	71	75	79	8	87	91	96	100		
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
24	43	46	49	59	56	59	63	66	70	7	80	80	84
25	38	41	44	47	50	54	57	60	63	70	74	74	77

Номограма для визначення відносної вологості повітря за показаннями статичного психрометра Августа



Додаток Д

Номограма для визначення відносної вологості повітря
за показаннями аспіраційного психрометра Ассмана

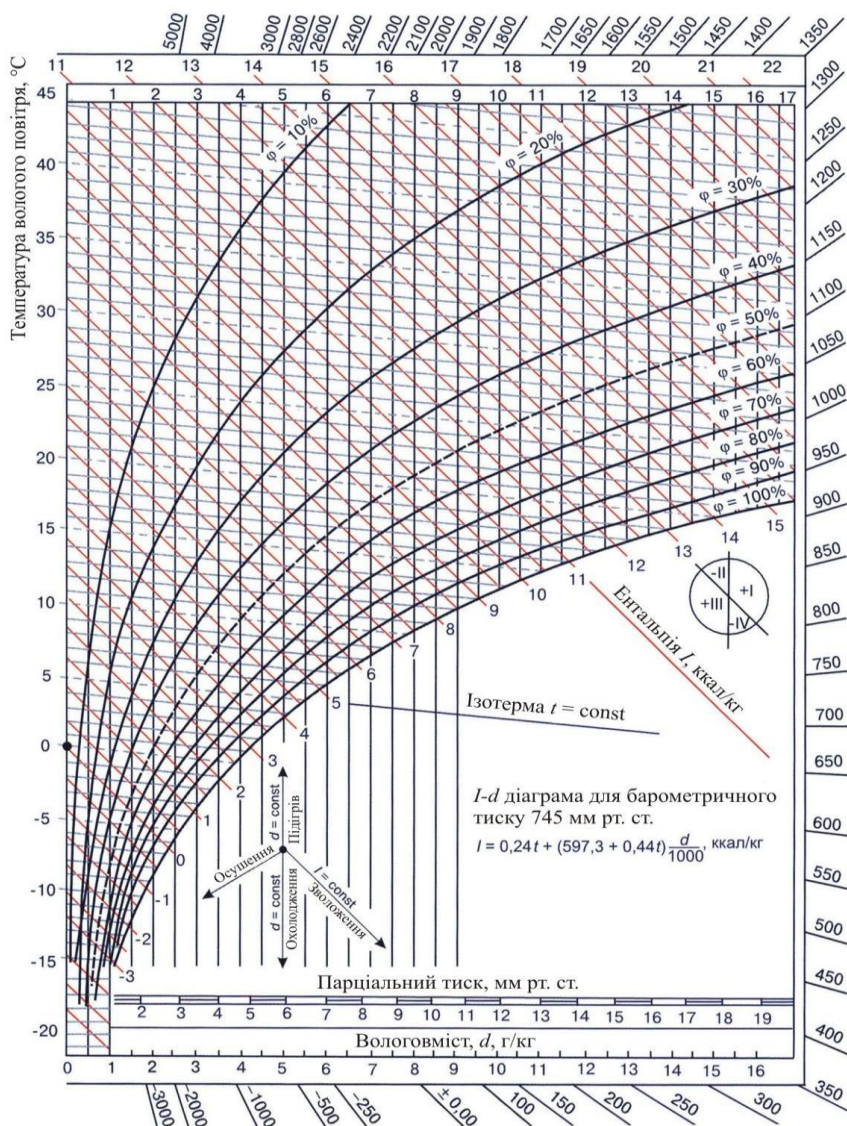


Додаток Е

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

I – *d* діаграма



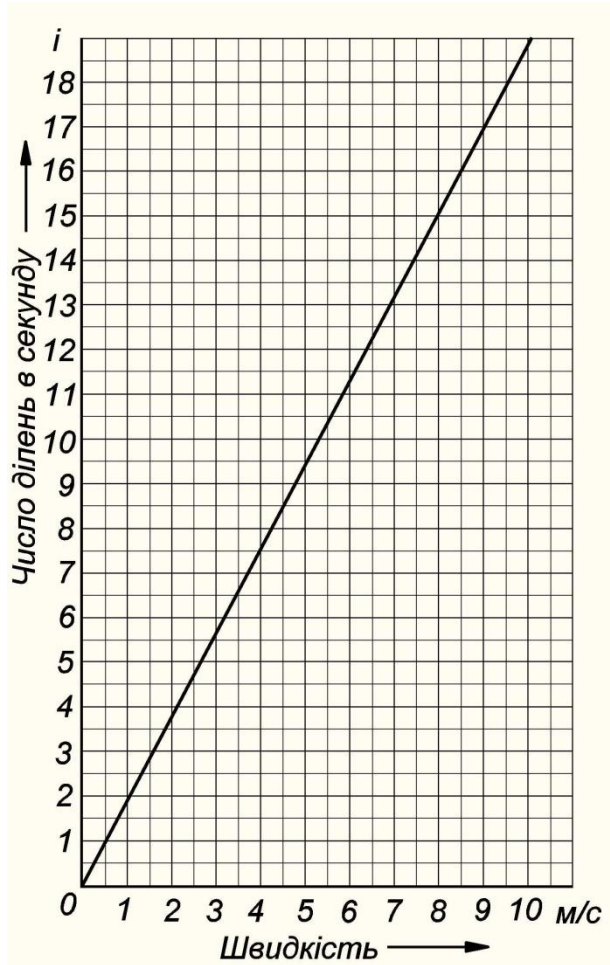
Додаток 3

Визначення швидкості руху повітря за показаннями кататермометра

$f_{cp}/\Delta t$	$v, \text{ м/с}$	$f_{cp}/\Delta t$	$v, \text{ м/с}$	$f_{cp}/\Delta t$	$v, \text{ м/с}$
0,33	0,048	0,50	0,44	0,67	1,27
0,34	0,062	0,51	0,48	0,68	1,31
0,35	0,077	0,52	0,52	0,69	1,35
0,36	0,09	0,53	0,57	0,70	1,38
0,37	0,11	0,54	0,62	0,71	1,43
0,38	0,12	0,55	0,68	0,72	1,48
0,39	0,14	0,56	0,73	0,73	1,52
0,40	0,16	0,57	0,80	0,74	1,57
0,41	0,18	0,58	0,88	0,75	1,60
0,42	0,20	0,59	0,97	0,76	1,65
0,43	0,22	0,60	1,00	0,77	1,70
0,44	0,25	0,61	1,03	0,78	1,75
0,45	0,27	0,62	1,07	0,79	1,79
0,46	0,30	0,63	1,11	0,80	1,84
0,47	0,33	0,64	1,15	0,81	1,89
0,48	0,36	0,65	1,19	0,82	1,94
0,49	0,40	0,66	1,22	0,83	1,98

Додаток И

Тарувальний графік для визначення швидкості повітря крильчастим
анемометром



Зміст

1 Загальні положення.....	3
2. Прилади і методи вимірювань.....	9
2.1 Визначення температури повітря.....	10
2.2 Визначення відносної вологості.....	15
2.3 Вимірювання швидкості руху повітря.....	18
2.4 Визначення барометричного тиску.....	19
3. Порядок виконання роботи.....	20
4. Зміст звіту.....	22
Контрольні запитання.....	22
Джерела інформації.....	23
Додаток А.....	24
Додаток Б.....	25
Додаток В.....	26
Додаток Г.....	28
Додаток Д.....	29
Додаток Е.....	30
Додаток Ж.....	31
Додаток З.....	32
Додаток И.....	33

..

Навчальне видання

Методичні вказівки
до лабораторної роботи
«Дослідження мікроклімату виробничих приміщень»
з курсу «Охорона праці»
для студентів усіх спеціальностей
всіх форм навчання

Укладачі: КУЗЬМЕНКО Олена Олексіївна,
ЯЩЕРІЦІН Євген Володимирович
МЕЗЕНЦЕВА Ірина Олександрівна