

М.П. Висоκος, М.В. Чорний, О.О. Бойко, С.В. Фурман

ПРАКТИКУМ ПО ЗООГІГІЄНІ З ОСНОВАМИ ВЕТЕРИНАРНОЇ ЕКОЛОГІЇ

Рекомендовано до друку вченою радою Харківської державної зооветеринарної академії та науково-методичною радою факультету ветеринарної медицини Дніпропетровського державного аграрного університету як навчальний посібник для підготовки фахівців зі спеціальностей 6.110101 «Ветеринарна медицина» та 6.090102 «Технологія виробництва і переробки продуктів тваринництва» в аграрних вищих навчальних закладах III–IV рівнів акредитації

Дніпропетровськ – 2012

ББК 48 я 73
УДК 619: 636 (1614.7 + 614/9) (075.8)
П 69

Рекомендований до друку вченою радою Харківської державної зооветеринарної академії (протокол № 4 від 26 квітня 2012 року) та науково-методичною радою факультету ветеринарної медицини Дніпропетровського державного аграрного університету (протокол № 4 від 5 квітня 2012 року).

Рецензенти:

Довгий Ю.Ю. – доктор ветеринарних наук, професор, зав. кафедри паразитології, ветеринарно-санітарної експертизи та зоогієни ЖНАЕУ;
Козенко О.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, зав. кафедрою гієни тварин Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького;
Павлов М.Є. – професор, доктор ветеринарних наук, професор Харківської ДЗВА;
Польовий Л.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, зав. кафедрою розведення сільськогосподарських тварин і зоогієни ВДАУ.

П 69 **Практикум по зоогієні з основами ветеринарної екології /** Високос М. П., Чорний М.В., Бойко О.О., Фурман С.В. — Дніпропетровськ: ДНУ, 2012. — 354 с.

ISBN 966-7870-45-6

Викладені методи санітарно-гігієнічної оцінки повітря приміщень, ґрунту, води і кормів, а також основних типів проектів тваринницьких ферм і окремих приміщень, їх зміст і аналіз. Наведені розрахункові і нормативні матеріали з оптимальних параметрів мікроклімату, вентиляції, теплового балансу, водопостачання. Викладені методи дослідження параметрів пасовищного біогеоценозу, надані розрахунки щодо його раціонального використання та рівня забруднення природних вододжерел. Наведені методи оцінювання стану виробництва екологічно чистої продукції тваринництва та розроблені ситуаційні завдання стосовно цього питання. Подані завдання для самостійної роботи студентів.

Для студентів вищих навчальних закладів III—IV рівнів акредитації зі спеціальностей 6.110101 «Ветеринарна медицина» та 6.090102 «Технологія виробництва і переробки продуктів тваринництва» і слухачів післядипломної підготовки.

ББК 48 я 73

ISBN 966-7870-45-6

© Високос М. П., Чорний М. В., Бойко О. О., Фурман С. В., 2012

ПЕРЕДМОВА

Інтенсифікація виробництва продуктів тваринництва потребує суттєвого підвищення ролі і значення ветеринарно-санітарних заходів, у тому числі і гігієнічних, які становлять невід'ємну частину виробничих технологій. Зважаючи на те, що метою ветеринарної гігієни є підвищення опору організму до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища, порушення її правил призводить до збільшення захворювань як заразної, так і незаразної етіології, загибелі молодняку і до зниження продуктивних якостей тварин.

Санітарно-гігієнічні заходи повинні бути спрямовані на забезпечення тварин доброякісними кормами, оптимальними технологічними умовами догляду і утримання, на створення надійного ветеринарно-санітарного захисту, попередження занесення збудників інфекції та інвазії, на охорону зовнішнього довкілля від забруднення. Оздоровлення господарств і досягнення в них стабільного ветеринарного благополуччя, як показує досвід, неможливі без вирішення загальних санітарно-гігієнічних питань. Працівникам крупних тваринницьких ферм, фермерських і приватних господарств необхідні теоретичні і особливо практичні знання з гігієни тварин, треба пам'ятати про те, що тільки здоровий організм здатний повною мірою розкрити свій спадковий потенціал продуктивних задатків. Тільки здорові тварини з високим потенціалом природної резистентності можуть бути високопродуктивними, а це є головною передумовою для їх інтенсивного використання.

Особливо такі знання необхідні висококваліфікованим фахівцям ветеринарного і зооінженерного профілю, які повинні досконало володіти методами і технікою зоогігієнічних досліджень. Їм слід постійно контролювати заходи, пов'язані з гігієною годівлі, доглядом, утриманням і експлуатацією тварин.

Гігієнічні заходи у тваринництві тісно пов'язані з підтриманням оптимальних пропорцій між різними компонентами біосфери. Тому розробка наукових основ еколого-гігієнічних заходів і вимог до довкілля (кормів, ґрунтів, повітря, води, об'єктів навколишнього

середовища) є важливою основою для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва взагалі і тваринництва зокрема. Завданнями ветеринарної екології є розв'язання питань з біогеоентичної діагностики і профілактики хвороб тварин, підвищення їх продуктивності, методів екологічно обґрунтованого виробництва високоякісної тваринницької продукції.

Отже, вивчення прикладних проблем зоогієни у сполученні з основами ветеринарної екології сприятиме розробці науково обґрунтованих комплексних систем і заходів спрямованих на удосконалення технології виробництва економічно безпечної продукції у тваринництві, на збереження життєздатного природного середовища, гармонійного співіснування людини і природи, їх коеволуції.

У книзі викладено стандартні, тобто загальноновизнані методи дослідження повітряного середовища, води, ґрунту, кормів, виробничих приміщень, розрахунки, які використовуються при гігієнічній оцінці та експертизі типових проєктів тваринницьких об'єктів, що діють. У більшості випадків подаються методи, виконання яких наближено до практичних умов господарства, які не потребують дорогого обладнання, приладів і реактивів. За деякими з них проведення аналізів з достатньою точністю у виробничих умовах можливе безпосередньо на фермах або у польових умовах.

Наведено також основні нормативні дані, за якими можна здійснювати контроль за результатами проведених досліджень, подаються методики проведення розрахунків (щодо вентиляції, теплового балансу, водопостачання тощо), прийоми здійснення ветеринарно-санітарної експертизи типових проєктів тваринницьких приміщень і санітарно-гігієнічного обстеження їх у реальних умовах; визначається лімітована дія екологічних факторів навколишнього середовища на біоту пасовищного біогеоценозу, надаються методи їх дослідження, а також розрахунки щодо визначення коливання чисельності популяцій, раціонального використання пасовищного біогеоценозу, рівня забруднення водних екосистем. З'ясовано значення міжбіогеоценозних зв'язків у патології тварин за їх пасовищного утримання з метою отримання від них екологічно чистої продукції тваринництва, розроблені ситуаційні завдання стосовно цього питання.

Практикум містить матеріали згідно з типовими програмами курсів «Гігієна тварин» зі спеціальностей 6.110101 «Ветеринарна

медицина» і 6.090102 «Технологія виробництва і переробки продуктів тваринництва» та «Екологія у ветеринарній медицині» зі спеціальності 6.110101 «Ветеринарна медицина»; подає за окремими темами завдання і контрольні питання для самостійної (індивідуальної) роботи студентів.

Тема 4 «Визначення освітленості в приміщеннях для тварин» розділу 1 частини I підготовлено Козьменко В. В.

Автори з вдячністю візьмуть до уваги всі конструктивні пропозиції читачів.

ЧАСТИНА I. МЕТОДИ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОЇ ОЦІНКИ І КОНТРОЛЮ ЗАХОДІВ У ТВАРИННИЦТВІ

(М.П ВИСОКОС, М.В. ЧОРНИЙ)

РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ ОЦІНКИ І ГІГІЄНИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗА МІКРОКЛІМАТОМ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Під мікрокліматом тваринницьких і птахівничих приміщень розуміють клімат обмеженого простору, який представляє собою динамічні комплекси параметрів повітряного середовища: температури, вологості, атмосферного тиску, швидкості руху повітря, освітленості, шумів, аероіонізації, концентрації вуглекислого газу, аміаку, сірководню і інших газів, а також пилових часток, мікроорганізмів тощо. Формування його залежить від кліматичних умов місцевості, об'ємно-планувальних рішень будівлі, технології утримання тварин, ефективності систем вентиляції, опалення, каналізації, теплотехнічних властивостей огороджувальних конструкцій, ефективності систем і способів віддалення гною, складу і чисельності поголів'я, щільності розміщення, типу годівлі, розпорядку дня, а також від ретельного виконання санітарних вимог з утримання і догляду за тваринами.

Якими би високими породними і племінними якостями не володіли тварини, без створення для них сприятливого мікроклімату вони не в змозі зберегти здоров'я і проявити свою потенційну продуктивну здатність, обумовлену спадковістю.

Мікроклімат впливає на фізіологічні процеси в організмі тварин (терморегуляцію, газо енергетичний обмін, дихання, кровообіг, травлення, обмін речовин), а також на продуктивність, відтворювану здатність, резистентність і здоров'я. У результаті несприятливого мікроклімату збільшуються затрати кормів на одиницю продукції,

скорочуються строки експлуатації механізмів, обладнання і самих приміщень, проявляються хвороби і серед обслуговуючого персоналу.

Отже, стан мікроклімату у тваринницьких приміщеннях має відповідати фізіологічним потребам того чи іншого виду, вікової групи організму тварин, сприяти отриманню від них максимальної з низькою собівартістю продукції і збереженню їх здоров'я.

Впливає на мікроклімат тварин як сумарною дією різних його параметрів, так і окремими параметрами зокрема. Оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях для різних видів тварин приведені у додатку 13.

Тема 1. Визначення температури і атмосферного тиску повітря

Мета заняття:

1. Ознайомити студентів з приладами для визначення температури і атмосферного тиску (за принципом дії, призначенням і застосуванням).

2. Оволодіти методами виміру і розрахунку показників температури і атмосферного тиску; засвоїти нормативні показники цих параметрів мікроклімату.

1.1. Визначення температури повітря. Температура повітря є одним з основних факторів, яким характеризується стан мікроклімату в приміщенні. Вона впливає на температуру тіла тварин, обмін речовин, теплорегуляцію і цим визначає стан здоров'я і продуктивність. За тривалої дії низьких чи високих температур повітря в організмі тварин виникає стан гіпер- або гіпотермії, порушується збалансованість теплообміну, що впливає також на споживання і засвоюваність поживних речовин корму.

Для кожного виду (вікової групи) тварин існують інтервали зовнішніх температур, у діапазоні яких вони відчувають себе найбільш комфортно (теплообмін підтримується при мінімальних зусиллях з боку організму). Ця зона називається індиферентною, теплової байдужості або зоною комфорту. Вона обмежується верхньою (тепловою) і нижньою (холодовою) температурами, які називають критичними.

Для вимірювання температури повітря в приміщеннях, в залежності від конкретних умов, використовують прилади з різним принципом дії (рис. 1).

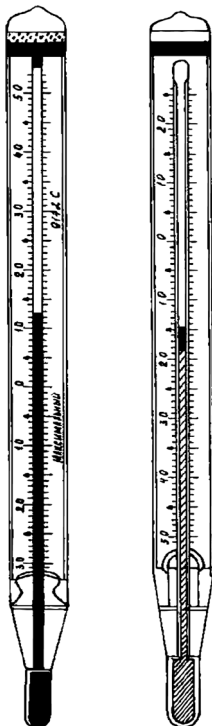


Рис.1. Максимальний і мінімальний термометри

Термометри розширення (ртутні і спиртові) вимірюють температуру в градусах Цельсія. Спиртові термометри застосовуються для визначення низьких температур (від $+70^{\circ}$ до -120°C), а для вимірювання більш високих температур (від -35° до $+375^{\circ}\text{C}$) використовуються ртутні термометри. Показання ртутних термометрів відзначаються високою точністю, так як коефіцієнт розширення ртуті залишається майже постійним (0,00018). Крім спирту і ртуті, як рідина в термометрах спеціального призначення можуть бути використані поліетилсилоксан, толуол, петролейний ефір, пентанова суміш, керосин. Дані термометри розраховані на вимірювання температури в той чи інший момент спостереження і не дозволяють встановити

максимальне або мінімальне її відхилення за певний проміжок часу (годину, добу, тиждень).

Максимальний (ртутний) термометр — показує найвищу температуру за певний проміжок часу і зберігає своє показання, незважаючи на наступні зниження температури повітря. Це досягається особливостями його конструкції: у місці переходу резервуара з ртуттю у капіляр є звуження просвіту трубочки. При підвищенні температури повітря ртуть завдяки зменшенню своєї в'язкості переборює цей опір і рухається далі вгору по капіляру. При зниженні температури через збільшення своєї в'язкості назад в резервуар вона потрапити не може. Отже, ртуть в капілярі залишається в тому положенні, яке відповідало її максимальному підвищенню. При вимірюванні температури повітря термометр після енергійного його струшування слід розмістити горизонтально.

Мінімальний (спиртовий) термометр — показує (фіксує) найнижчу температуру за певний проміжок часу (добу, тиждень). Цьому сприяє рухливий в капілярі штифт-вказівник блакитного кольору. При зниженні температури повітря стовпчик спирту в капілярі зменшується і за рахунок поверхневого натягнення рідини тягне за собою поверхневою плівкою штифт вниз. Таким чином, положення його в капілярі буде відповідати мінімальній температурі повітря, бо при підвищенні температури спирт в капілярі вільно обтікає штифт, не зрушуючи його з місця. Відрахунок показань термометра проводиться за місцеположенням верхнього кінця штифта в капілярі.

Електротермометри (термопар) типів ЕТП-М, ЕА-2М, АМ-2М, ЕВМ-2 та інші призначені для вимірювання температури повітря. В основі їх закладено напівпровідникові датчики (мікротермістери), котрі здатні змінювати свій електричний опір при коливаннях температури навколишнього середовища. Електротермометрами можливо вимірювати температуру шкіри тварин, огорожі будівлі (стін, стелі, підлоги) тощо. Правила їх експлуатації викладено у спеціальних інструкціях.

Термограф — використовується для безперервної реєстрації температури повітря протягом доби або тижня в інтервалі від -45° до $+55^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). Основною частиною, що сприймає температуру, є біметалева пластинка, яка складається із двох спаяних між собою смужок металу, які мають різне значення коефіцієнтів лінійного роз-

ширення при нагріванні. Під впливом температури змінюється кривизна пластинки, яка через систему важелів передається стрілці, що закінчується пером. Стрілка з пером при цьому то піднімається, то опускається, відмічаючи на діаграмній паперовій стрічці, закріпленій на барабані годинникового механізму, безперервний запис температури. Діаграмна стрічка розграфлена лініями по вертикалі з інтервалом поділок 1°C і по горизонталі — з інтервалом поділок для добових 15 хвилин, а для тижневих приладів — 2 години.

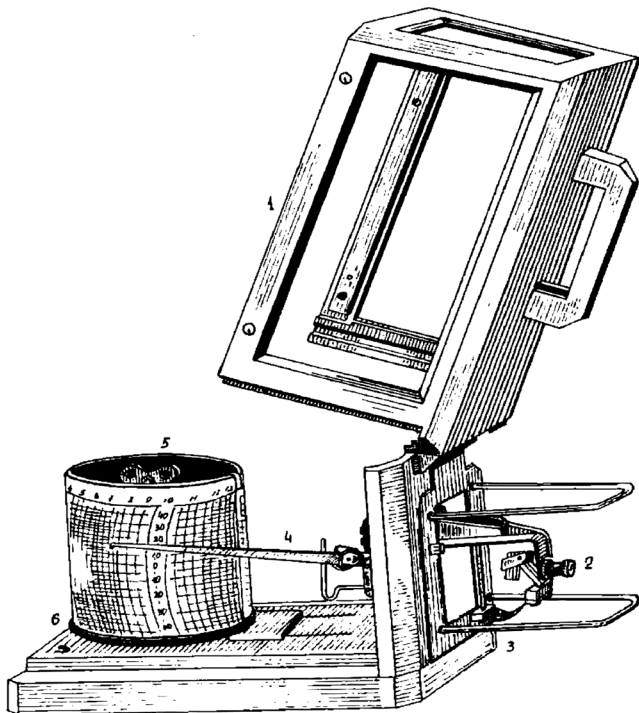


Рис. 2. Термограф

Щоб встановити прилад в робоче положення, барабан знімають, накладають на нього паперову стрічку, заводять годинниковий механізм і надівають його на вісь. Заповнюють перо чорнилами і приводять до зіткнення з діаграмною стрічкою. За допомогою коректального гвинта по контрольному термометру перо стрілки

установлюють по вертикалі на відповідну поділку стрічки, а по горизонталі — час запуску приладу (день тижня і час доби). Контролюють точність показників приладу за контрольним термометром.

Термометри розградувані в градусах Цельсія, що відповідає одиниці вимірювання у системі СІ. За 1°C вважають 1/100 розширення стовпчика рідини в капілярі (від +100°C — точки кипіння дистильованої води до 0°C — точки її замерзання при тискові 760 мм рт.ст. (1013 гПа).

Правила вимірювання температури повітря. Дослідження необхідно здійснювати 1—2 рази на сезон протягом 2—3 днів підряд. У приміщеннях для тварин температуру повітря вимірюють у різний час доби (вранці, вдень, ввечері і при необхідності — вночі). Зони вимірювання вибирають посередині і в двох протилежних кутах приміщення, відступаючи від стін до 1 метра. По вертикалі вимірювання температури здійснюється в трьох зонах:

— в корівниках і конюшнях — на відстані 0,5 і 1,2 м від підлоги і 0,6 м від стелі;

— в свинарниках і вівчарнях — 0,3 і 0,7 м від підлоги і 0,6 м від стелі;

— в пташниках, при долівковому утриманні, — 0,2 і 1,5 м від підлоги і 0,6 м від стелі;

— в пташниках при клітковому утриманні — на рівні кожного ярусу кліток.

Прилади в приміщенні розміщують так, щоб на них не діяло сонячне проміння, тепле повітря від нагрівальних пристроїв, холодне повітря від вікон, дверей, вентиляційних каналів. Показання термометрів відраховують через 10 хвилин після установки.

Температура повітря у приміщенні для тварин залежить від їх виду, віку, способу утримання і типу приміщення (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Нормативи температури повітря в приміщеннях для тварин, °С

Тип приміщення	Показник, °С
Корівник для прив'язного та боксового утримання	8—16
Корівник для безприв'язного утримання на глибокій підстилці	2—8
Пологове відділення	10—20
Профілакторій	16—20
Для вирощування телят до 6 місяців	15—16
Для вирощування телят від 6 до 12 місяців	8—16
Для холостих и поросних маток	14—15
Для підсосних свиноматок з поросятами	18
Для відлучених поросят	22
Для ремонтного і відгодівельного молодняка свиней	16—19
Для вівцематок в період ягніння	12—16
Для вівцематок з ягнятами до 20 днів	11—12
Для ягнят у віці до 45 днів	16—20
Стайня (не менше)	4—6
Для курей-несучок при клітковому утриманні	13—15
Те ж, при долівковому утриманні	12—16

1.2. Визначення атмосферного тиску. Атмосферний тиск обумовлюється вагою атмосферного повітря на земну поверхню. Коливання його негативно діють на організм. Зниження тиску призводить до зміни парціального тиску кисню, що викликає кисневе голодування організму. Такий стан у тварин здебільше відбувається при піднятті у гори, тобто на високогірних пасовищах, що іменується як високогірна хвороба. Зміна атмосферного тиску також впливає на стан погоди.

Величину атмосферного тиску визначають ртутними барометрами і барометрами-анероїдами. Найбільш точні показання дають ртутні барометри, які бувають сифонні і чашечні.

Сифонний ртутний барометр має вигляд скляної трубки, заповненої ртуттю. Трубку закріплюють на штативі з шкалою, градуйованою в міліметрах ртутного стовпчика. Верхній кінець трубки запаятий, а нижній — відкритий і слугує для сприймання тиску атмосфери. Атмосферне повітря чинить тиск на поверхню ртуті в нижньому відрізку трубки, в результаті рівень її тут понижується, а в верхньому відрізку піднімається вгору. За різницею рівнів ртуті в обох відрізках встановлюють тиск атмосфери, при цьому вносять

поправку на температуру повітря в момент дослідження (різницю рівнів перемножують на коефіцієнт її розширення — 0,000162 і на значення температури). Вирахувану поправку при температурі повітря вище 0°C віднімають, а при температурі нижче 0°C додають до значення показників приладу.

Барометр-анероїд — використовується для визначення тиску атмосферного повітря в межах 600—790 мм рт.ст. (рис. 3). Сприймаючою частиною приладу є анероїдна металева коробка у вигляді набору порожнистих кільцевих чашечок з тиском в них 50—60 мм рт.ст. Дія барометра-анероїда базується на властивості мембранної коробки реагувати на зміну атмосферного тиску (прогинатися при підвищенні тиску і розправлятися при його зниженні). Коливання мембрани передаються через систему важелів на стрілку, яка відповідно цьому відхиляється по циферблату, градуйованому в мм рт.ст. або в гПа. Перед відрахунком показників, щоб зняти тертя стрілки, необхідно злегка постукати пальцем по центру скла приладу.

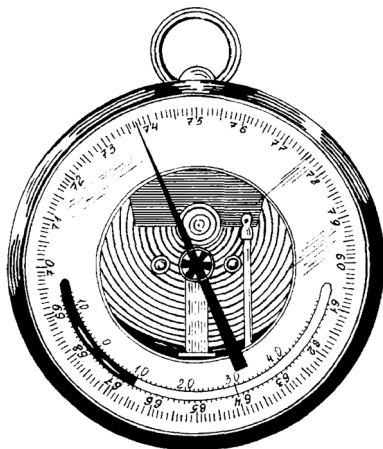


Рис. 3. Барометр-анероїд

Барограф типу М-22А — самописний прилад для безперервної реєстрації атмосферного тиску протягом доби або тижня (рис. 4). Основною сприймаючою частиною барографа є декілька з'єднаних між собою анероїдних коробок, здатних реагувати на коливання атмосфе-

рного тиску деформацією мембран. Аналогічно термографу конфігурація стінок коробок через систему важелів передається стрілці, яка закінчується пером. Запис тиску здійснюється на паперовій стрічці, укріпленій на барабані з годинниковим механізмом. Інтервал між поділками діагранжевої стрічки по вертикалі становить 1 мб (гПа), по горизонталі — 15 хвилин (для добових приладів) і 2 години (для тижневих). Перед записом тиску перо встановлюється регулюючим гвинтом у положення, яке відповідає показу ртутного барометра або барометра-анероїда. Барограф забезпечує запис зміни атмосферного тиску в межах: від 960 до 1060 гПа при температурі повітря від -10 до $+40^{\circ}\text{C}$.

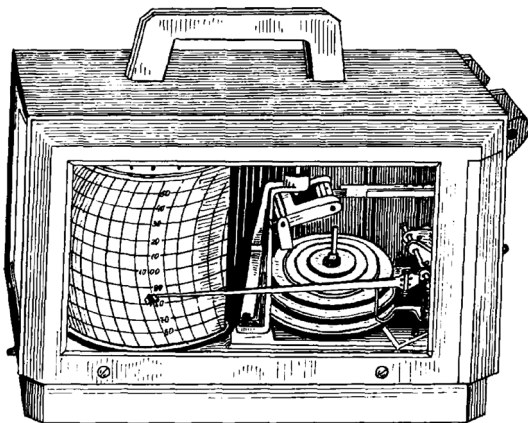


Рис. 4. Барограф

Атмосферний тиск вимірюється в міліметрах ртутного стовпчика (мм рт.ст.), в барах (б) і мілібарах (мб). У 1960 році Генеральна конференція з мір та ваги ухвалила рішення про запровадження єдиної міжнародної системи одиниць виміру — системи інтернаціональної (СІ). У СІ за одиницю тиску взято Паскаль (Па) — на честь французького фізика Б.Паскаля. У метеорології вирішили застосувати гектопаскалі (гПа).

Нормальним атмосферним тиском погоджено називати тиск атмосфери 760 мм рт.ст. (1013 гПа; 101308 Па) при температурі 0°C на рівні моря, на географічній ширині 45° . Щоб перевести значення тиску з одних одиниць в інші, необхідно користуватися перевідними коефіцієнтами:

- 1 мм рт.ст. — 133,3 Па
- 1 мм рт.ст. — 1,33 мб (гПа)
- 1 мб (гПа) — 0,75 мм рт.ст.
- 1 бар — 750,06 мм рт.ст. (997,6 гПа)

Завдання для самостійної роботи

1. Ознайомитися з термометрами різного призначення.
2. Визначити температурний режим в лабораторії, вимірюючи температуру повітря в трьох точках приміщення (біля вікна, в центрі кімнати, біля внутрішньої стіни) і на різних рівнях (0,1—1,0—1,5 м) від підлоги. Дати оцінку отриманим показникам.
3. Встановити і запустити в роботу термограф, взявши відправні дані з відповідних контрольно-вимірювальних приладів.
4. Ознайомитися з приладами для вимірювання атмосферного тиску.
5. Визначити рівень атмосферного тиску в лабораторії в одиницях вимірювання: мм рт.ст., Па, гПа.
6. Встановити і запустити в роботу барограф, взявши відправні дані з відповідних контрольно-вимірювальних приладів.

Контрольні питання

1. За допомогою яких приладів вимірюють температуру повітря?
2. Для вимірювання яких температур призначені ртутні і спиртові термометри?
3. Максимальні і мінімальні термометри. Принцип їх роботи.
4. Як визначити температурний режим приміщення, в яких зонах ведуть вимірювання температури повітря по горизонталі і вертикалі?
5. Як визначити середню температуру в приміщенні?
6. Як визначити середньодобову температуру повітря виробничих приміщень?
7. Якими приладами і в яких одиницях вимірюють атмосферний тиск?
8. Правила роботи з ртутним барометром, барометром-анероїдом.
9. Якими приладами проводиться безперервне тривале спостереження і запис температури і атмосферного тиску? Який принцип їх роботи?

Тема 2. Визначення вологості повітря в тваринницьких приміщеннях

Мета заняття:

1. Ознайомити студентів з приладами для визначення показників вологості (за принципом дії, призначенням і застосуванням).
2. Оволодіти методами виміру і розрахунку різних гігromетричних показників повітря за допомогою психрометрів, гігromетрів та гігрографів; засвоїти зоогігієнічні норми вологості повітря.

Гігієнічне значення вологості повітря полягає у тому, що вона впливає на тваринний організм як прямо, так і опосередковано. Холодне вологе повітря, як більш теплоємке і теплопровідне збільшує тепловіддачу з організму, знижує температуру тіла, примушує перетрачати корми, викликає простудні хвороби.

Вологе повітря за високих температур гальмує тепловіддачу через зменшення випаровування поту з поверхні тіла, що призводить до перегрівання організму, погіршення апетиту, зниження продуктивності. Опосередкований вплив вологості повітря на організми тварин визначається збільшенням нагромадження шкідливих газів, мікроорганізмів у повітрі, зниженням теплозахисних властивостей зовнішніх огорожень приміщення, корозією металевого обладнання, погіршенням збереженості кормі, якості продукції (молока, вовни).

Так як вологість повітря залежить від вмісту в ньому водяної пари, вона характеризується такими гігromетричними показниками:

e — абсолютна вологість — це кількість або пружність водяної пари, що міститься в 1 м^3 повітря при даній температурі ($\text{г}/\text{м}^3$; мм рт.ст.);

E — максимальна вологість — це максимальна кількість або гранична пружність водяної пари в 1 м^3 повітря при даній температурі ($\text{г}/\text{м}^3$; мм рт.ст.);

R — відносна вологість — це відсоткове відношення абсолютної вологості до максимальної (%);

D — дефіцит насичення — це різниця між максимальною та абсолютною вологістю при даній температурі ($\text{г}/\text{м}^3$; мм рт.ст.);

T — точка роси — це температура, при якій водяна пара, що знаходиться в повітрі, досягає повного насичення і при подальшому її зниженні переходить у рідкий стан.

2.1. Прилади для визначення вологості повітря. *Психометри статичні Августа і динамічні (аспіраційні) Ассмана* (рис. 5) складаються із двох однакових термометрів, укріплених на одній панелі. Резервуар одного із них обгорнутий шматком батисту (марлі), кінець якого звисає і змочується у ємкості з дистильованою водою («мокрый» термометр); резервуар іншого термометра при цьому залишається вільним («сухий» термометр). З поверхні змоченого резервуара термометра йде випаровування води, інтенсивність якого залежить від вологості навколишнього повітря. При цьому виходять з того, що в процесі випаровування витрачається тепло, а тому «мокрый» термометр показує більш низьку температуру, рівень якої буде пропорційно залежати від ступеня насиченості повітря водяною парою. Якщо повітря повністю насичується паром, то процес випаровування води з поверхні резервуара зовсім припиняється. Тоді різниця у показниках температури «сухого» і «морого» термометрів буде відсутньою.

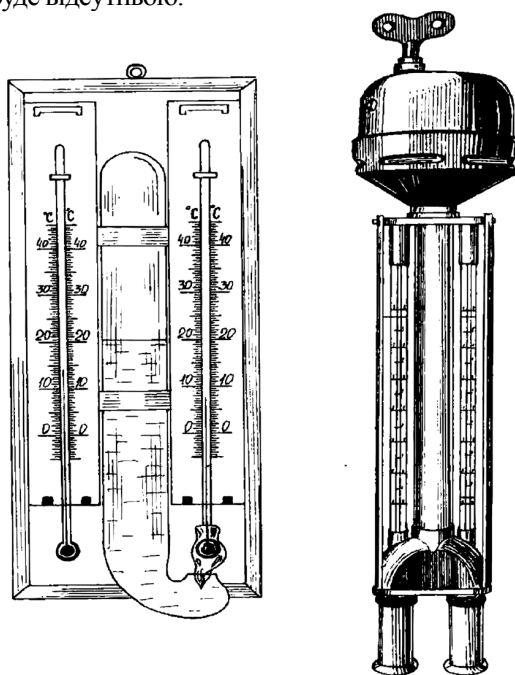


Рис. 5. Психометри:
а — статичний (Августа); б — аспіраційний (Ассмана)

Аспіраційний психрометр Ассмана є більш точним, бо він має вентилятор, який створює навколо резервуарів термометрів постійну швидкість руху повітря (4 м/с), а резервуари термометрів захищені від теплової радіації металевими гільзами з фібровими прокладками. До того ж самі термометри мають більш точне визначення температури.

Гігрометри — прилади, дія яких ґрунтується на властивості знежиреного в ефірі тонкого людського волосу видовжуватись при підвищенні вологості і скорочуватись при її зниженні (рис. 6). Волос натяжним гвинтом кріпиться між верхньою і нижньою частинами рами (МВ-19). Нижній кінець волосу фіксується до блоку зі стрілкою. Зміна довжини волосу передається стрілці, яка переміщується по дуговій шкалі з показником відносної вологості.

Аналогічний за дією прилад типу М-68. Його корпус має решітчасте дно і датчик вологості у вигляді пучка волосу, що передає коливання довжини на стрілку, яка переміщується по круговій шкалі циферблата приладу.

Діапазон вимірювання відносної вологості повітря від 30 % до 100 % в інтервалі температур $-30 \dots +45^{\circ}\text{C}$. Щоб встановити прилад на вихідну вологість, необхідно натяжним гвинтом підвести стрілку гігрометра до необхідної поділки за показником аспіраційного психрометра. Періодично гігрометр контролюють цим же приладом, при цьому волос звільнюють від пилу і бруду.

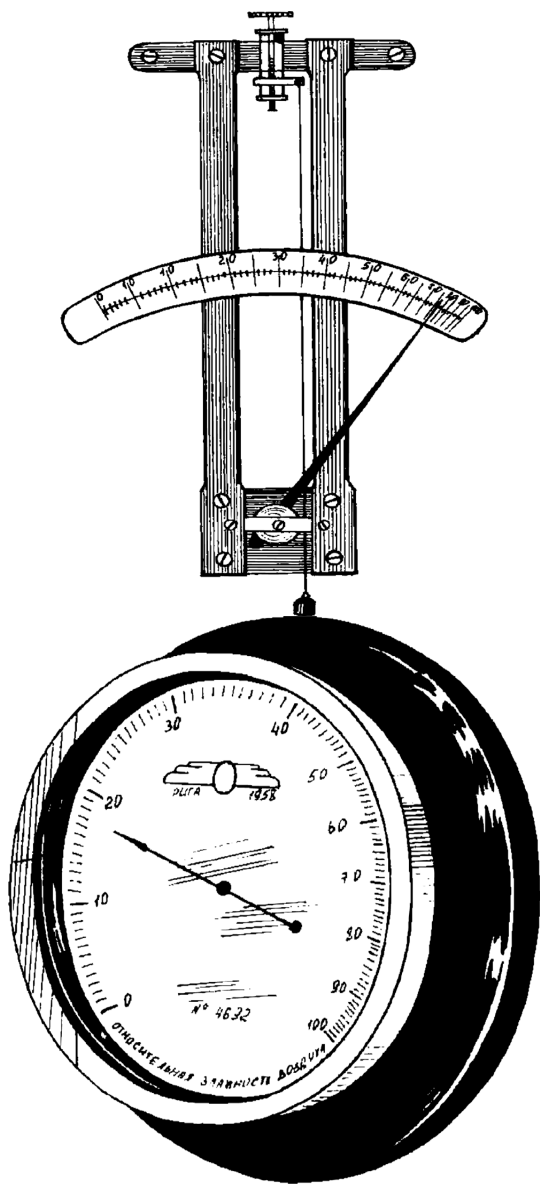


Рис. 6. Гігрометри:
а — МВ-19; б — М-68

Баротермогігрометри поєднують в собі вузли барометра, термометра і гігрометра (мембранна коробка, рідинний толуоловий термометр і чутлива до вологи капронова нитка).

Гігрографи (рис. 7) використовуються для безперервного спостереження і запису зміни відносної вологості повітря. Вони, як і термографи, барографи, бувають двох типів: добові і тижневі. Діапазон вимірювання відносної вологості при температурі $-35... +45^{\circ}\text{C}$ складає від 30 % до 100 %. Датчиком вологості приладу є пучок знежиреного волосу (35–40 шт.), закріплений у втулках металевого кронштейна. Він діє за тим же принципом, що і гігрометр. Гігрограма відзначається на діаграмній стрічці, яка розділена горизонтальними паралельними лініями з показником поділки 2 % відносної вологості і вертикальними дугоподібними лініями з показником поділки для добового приладу — 15 хвилин, а для тижневого — 2 години. Методика установки гігрографа в робоче положення аналогічна термографу. На вихідну величину встановлюють стрілку з пером на діаграмній стрічці барабана регульовальним гвинтом за даними показань психрометра.

2.2. Порядок і правила вимірювання вологості повітря. Порядок визначення вологості повітря залежить від поставленої мети при дослідженні. У закритих приміщеннях для з'ясування перепадів вологості повітря на різних рівнях вертикального і горизонтального спрямування (дивись правила вимірювання температури повітря) прилади встановлюють так, щоб на них не діяли джерела тепла і випадкові рухи повітря (відкриті вікна, двері, вентиляційні шахти тощо).

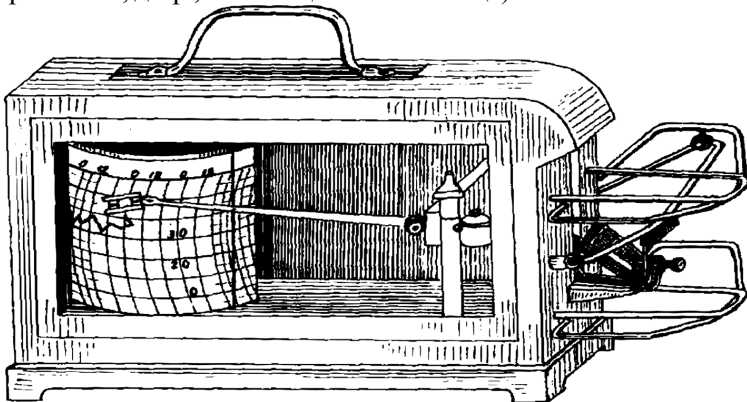


Рис. 7. Гігрограф

Резервуар «мокрого» термометра — психрометра Августа зволожують шляхом занурення обгортки батисту в ємкість з водою так, щоб остання була постійно змоченою. Для змочування батисту «мокрого» термометра — психрометра Ассмана використовують гумову грушу з піпеткою та зажимом. Піпетку заповнюють на 2/3 її довжини водою, вводять у гільзу «мокрого» термометра і змочують батистову обгортку резервуара. Звільнюючи зажим, зайву воду забирають в грушу, після чого приводять в рух вентилятор. Показання термометрів рахують влітку через 4–5, а взимку — через 15 хвилин після початку роботи вентилятора.

Абсолютну вологість повітря, визначену психрометром Августа, розраховують за формулою Рен'є, а психрометром Ассмана — за формулою Шпрунга.

Формула Рен'є: $e = E - a \times (T_1 - T_2) \times B$

Формула Шпрунга: $e = E - 0,5 \times (T_1 - T_2) \times B / 755$, де:

e — абсолютна вологість повітря (г/м³; мм рт. ст.);

E — максимальна вологість повітря при температурі «мокрого» термометра (визначити за даними максимальної пружності, табл. 1.2), г/м³; мм рт. ст.;

a — психрометричний коефіцієнт, який залежить від швидкості руху повітря (табл. 1.3);

T_1 — температура «сухого» термометра, °С;

T_2 — температура «мокрого» термометра, °С;

B — атмосферний тиск повітря під час проведення досліджень, мм рт. ст.

0,5 — постійний психрометричний коефіцієнт;

755 — середній атмосферний тиск, мм рт.ст.

Відносна вологість повітря визначають за формулою:

$$R = \frac{e}{E} \cdot 100, \text{ де}$$

R — відносна вологість повітря, %;

e — абсолютна вологість повітря, г/м³, мм рт.ст.;

E — максимальна вологість повітря при температурі сухого термометра (за таблицею максимальної пружності), г/м³, мм рт.ст.

Таблиця 1.2

Максимальна пружність водяної пари, мм рт.ст., або г/м³

Температура, °C	Десяті частки градуса									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-1	4,26	4,22	4,19	4,16	4,13	4,10	4,07	4,04	4,01	3,98
0	4,60	4,63	4,67	4,70	4,73	4,77	4,80	4,84	4,87	4,91
+1	4,96	4,98	5,01	5,05	5,08	5,12	5,16	5,19	5,23	5,27
+2	5,30	5,34	5,38	5,42	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
+3	5,69	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,01	6,06
+4	6,10	6,14	6,18	6,23	6,27	6,31	6,35	6,40	6,45	6,49
+5	6,53	6,58	6,63	6,67	6,72	6,76	6,81	6,86	6,90	6,95
+6	7,00	7,05	7,10	7,14	7,19	7,24	7,29	7,34	7,39	7,44
+7	7,49	7,54	7,60	7,65	7,70	7,75	7,80	7,86	7,91	7,96
+8	8,02	8,07	8,13	8,18	8,24	8,29	8,35	8,40	8,46	8,52
+9	8,57	8,63	8,69	8,75	8,81	8,87	8,93	8,99	9,05	9,11
+10	9,17	9,23	9,29	9,35	9,41	9,47	9,54	9,60	9,67	9,73
+11	9,79	9,86	9,92	9,99	10,05	10,12	10,19	10,26	10,32	10,39
+12	10,46	10,53	10,60	10,67	10,73	10,80	10,88	10,95	11,02	11,09
+13	11,16	11,24	11,31	11,38	11,46	11,53	11,61	11,69	11,76	11,83
+14	11,91	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62
+15	12,70	12,78	12,86	12,95	13,03	13,11	13,20	13,28	13,37	13,45
+16	13,54	13,62	13,71	13,80	13,89	13,97	14,06	14,15	14,24	14,33
+17	14,42	14,51	14,61	14,70	14,79	14,88	14,98	15,07	15,17	15,20
+18	15,36	15,45	15,55	15,65	15,75	15,85	15,95	16,05	16,15	16,25
+19	16,35	16,45	16,55	16,66	16,76	16,86	16,96	17,07	17,18	17,25
+20	17,39	17,50	17,61	17,72	17,83	17,94	18,05	18,16	18,27	18,38
+21	18,50	18,61	18,72	18,84	18,95	19,07	19,19	19,31	19,42	19,54
+22	19,66	19,78	19,90	20,02	20,14	20,27	20,39	20,51	20,64	20,76
+23	20,91	21,02	21,14	21,27	21,41	21,53	21,66	21,79	21,92	22,05
+24	22,18	22,32	22,45	22,59	22,72	22,86	23,00	23,14	23,24	23,42
+25	23,55	23,69	23,83	23,98	24,12	24,26	24,41	24,55	24,70	24,84
+26	24,99	25,14	25,29	25,44	25,59	25,74	25,89	26,05	26,20	26,35
+27	26,51	26,68	26,82	26,93	27,14	27,29	27,46	27,62	27,78	27,94
+28	28,10	28,27	28,43	28,60	28,77	28,93	29,10	29,27	29,44	29,61
+29	29,78	29,96	30,13	30,31	30,48	30,65	30,83	31,01	31,19	31,37
+37	46,73	46,99	47,24	47,50	47,76	48,02	48,28	48,55	48,81	49,08
+38	49,35	49,61	49,88	50,16	50,70	50,80	50,98	51,25	51,53	51,81
+39	52,09	52,37	52,65	52,94	53,22	53,51	53,60	54,09	54,38	54,67
+40	54,97	55,26	55,56	55,85	56,15	56,45	56,76	57,06	57,36	57,67

Величина психрометричного коефіцієнта

Величина поправочного психрометричного коефіцієнта	Відповідна швидкість руху повітря, м/с	Характеристика руху повітря
0,0013	до 0,13	Визначення вологості проводиться в приміщенні для тварин при закритій вентиляції.
0,0011	до 0,20	Визначення проводиться в приміщенні для тварин при звичайних умовах слабого руху повітря.
0,0009	до 0,40	Визначення проводиться у приміщенні при діючій вентиляції.
0,0008	до 0,80	Визначення проводиться надворі при відсутності сильного вітру.

Дефіцит насичення розраховують за формулою:

$$D_{\phi} = E - e.$$

Точку роси визначають за даними таблиці максимальної пружності (1.2). Для цього треба знайти ту величину, яка відповідає або близька до абсолютної вологості повітря і визначити, при якій температурі вона перетворюється на максимальну.

Визначення абсолютної вологості повітря психрометром можливе лише при температурах, які вказані на шкалі термометрів, але не нижче -5°C при користуванні статичним і не нижче -10°C — при користуванні динамічним психрометром.

Якщо визначення вологості необхідно здійснювати при мінусових температурах, тоді за півгодини до спостережень батист «вологого» термометра змочують водою кімнатної температури, прилад розміщують в приміщенні. Через 30 хвилин знімають показання термометрів. При цьому відмічають покритий льодом чи лише змочений водою резервуар термометра. Відповідно до отриманих результатів за табл. 1.4 та 1.5 визначають величину максимальної пружності водяної пари.

Таблиця 1.4

Максимальна пружність водяної пари над льодом, мм рт.ст.

Температура, °С	Десяті частки градуса									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-15	1,24	1,23	1,22	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14
-14	1,36	1,34	1,33	1,32	1,31	1,30	1,28	1,27	1,26	1,25
-13	1,49	1,47	1,46	1,45	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,37
-12	1,63	1,61	1,60	1,58	1,57	1,56	1,54	1,53	1,51	1,50
-11	1,78	1,76	1,75	1,73	1,72	1,70	1,69	1,67	1,66	1,64
-10	1,95	1,93	1,91	1,89	1,88	1,86	1,84	1,83	1,81	1,80
-9	2,12	2,11	2,09	2,07	2,05	2,03	2,02	2,00	1,98	1,96
-8	2,32	2,30	2,28	2,26	2,24	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14
-7	2,53	2,51	2,49	2,47	2,45	2,42	2,40	2,38	2,36	2,34
-6	2,76	2,74	2,71	2,69	2,67	2,64	2,62	2,60	2,58	2,55
-5	3,01	2,98	2,96	2,93	2,91	2,88	2,86	2,83	2,81	2,78
-4	3,28	3,25	3,22	3,19	3,17	3,14	3,11	3,09	3,06	3,03
-3	3,57	3,54	3,51	3,48	3,45	3,42	3,39	3,36	3,33	3,30
-2	3,88	3,85	3,82	3,78	3,75	3,72	3,69	3,66	3,63	3,60
-1	4,22	4,18	4,15	4,11	4,08	4,04	4,01	3,98	3,94	3,91
0	4,58	4,54	4,50	4,47	4,43	4,40	4,35	4,32	4,29	4,25

Таблиця 1.5

Максимальна пружність водяної пари над переохолодженою водою,
мм рт.ст.

Температура, °С	Десяті частки градуса									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-11	1,98	1,96	1,95	1,93	1,92	1,90	1,89	1,87	1,86	1,84
-10	2,14	2,13	2,11	2,09	2,08	2,06	2,04	2,03	2,01	2,00
-9	2,32	2,30	2,28	2,27	2,25	2,23	2,21	2,20	2,18	2,16
-8	2,51	2,49	2,47	2,45	2,43	2,41	2,39	2,38	2,36	2,34
-7	2,71	2,69	2,67	2,65	2,63	2,61	2,59	2,57	2,55	2,53
-6	2,93	2,91	2,88	2,86	2,84	2,82	2,80	2,78	2,75	2,73
-5	3,16	3,13	3,11	3,09	3,06	3,04	3,04	2,99	2,97	2,95
-4	3,40	3,38	3,35	3,33	3,30	3,28	3,25	3,23	3,21	3,18
-3	3,67	3,64	3,62	3,52	3,56	3,54	3,51	3,48	3,46	3,43
-2	3,95	3,92	3,89	3,84	3,84	3,81	3,78	3,75	3,72	3,70
-1	4,26	4,22	4,19	4,16	4,13	4,10	4,07	4,04	4,01	3,98
0	4,58	4,55	4,51	4,48	4,45	4,41	4,38	4,35	4,32	4,29

При користуванні волосяними гігрометрами не вимагається проведення розрахунків — показання даються на циферблаті. Однак вони

можуть давати помилки до 15 % відносної вологості, тому ними можливо користуватися тільки для орієнтовних досліджень, які не потребують точності, а також для вимірювання вологості при температурі повітря нижче нуля.

Завдання для самостійної роботи

1. Ознайомитися з роботою психрометрів, гігрометрів, гігрографів.
2. На робочому місці в лабораторії визначити абсолютну, максимальну і відносну вологість; розрахувати дефіцит насичення і визначити точку роси.
3. Встановити і пустити в роботу гігрограф, взявши відправні дані із попередніх розрахунків.

Завдання для індивідуальної роботи

1. Розрахувати абсолютну і відносну вологість повітря статичним психрометром Августа, порівнявши її дані з показниками психрометричної таблиці (дод. 1); визначити дефіцит насичення і точку роси:

Температура за «сухим» термометром, °С	Температура за «мокрим» термометром, °С	Атмосферний тиск, мм.рт.ст.	Умови проведення досліджень
18,0	17,8	762	При закритій вентиляції
12,8	10,4	758	При закритій вентиляції
8,0	7,4	750	При закритій вентиляції
12,4	11,6	760	При закритій вентиляції
6,2	5,6	756	При відкритій вентиляції
13,0	8,0	760	При відкритій вентиляції
10,2	9,4	748	При відкритій вентиляції
16,0	10,2	758	При помітному русі повітря
16,2	12,6	740	При помітному русі повітря
10,6	7,8	755	При помітному русі повітря
17,0	9,2	760	При відкритій вентиляції
11,1	7,8	744	При відкритій вентиляції
9,4	9,2	749	При відкритій вентиляції
7,4	7,1	752	При відкритій вентиляції

2. Розрахувати абсолютну і відносну вологість повітря психрометром Ассмана, порівнявши свої дані з показниками психрометричної таблиці (дод. 1); визначити дефіцит насичення і точку роси:

Температура за «сухим» термометром, °С	Температура за «мокрим» термометром, °С	Атмосферний тиск, гПа
12,3	10,4	1004
6,8	4,9	1013
8,7	7,6	999
12,2	11,4	1017
17,3	15,6	1000
9,2	7,4	1010
13,0	8,4	1012
9,2	8,4	1013
10,2	9,8	986
8,6	7,9	990
13,4	7,9	1015
14,3	10,6	1013
6,7	5,8	996
14,1	12,2	1008

3. Визначити дефіцит насичення і точку роси в повітрі приміщення за показаннями гігрометра і термометра:

Показники	Варіанти													
	Відносна вологість, %	86	75,4	70,2	70,0	72,0	75,3	66,2	78,4	80,2	82,0	80,0	78,0	92,1
Температура, °С	7,8	14,8	18,6	14,2	17,0	16,2	24,3	5,2	12,0	16,0	10,0	9,2	6,4	7,4

4. Визначити можливість конденсації водяної пари на огорожі будівлі (біля стін, у кутах, біля підлоги), якщо відносна вологість і температура в приміщенні були:

Вологість, %	Показники температури, °С			
	посередині	біля стін	у кутах	біля підлоги
84,2	8,7	8,4	8,2	8,0
71,0	10,1	8,9	8,7	8,2
68,4	15,4	14,9	14,7	13,0
72,0	12,8	10,6	9,2	9,0
79,9	11,8	10,2	10,0	9,8
98,4	4,3	3,6	3,0	2,9
72,8	12,6	10,2	10,1	10,3
70,0	9,2	9,0	8,8	7,9
86,0	7,2	6,6	6,2	5,9
98,4	7,3	6,6	6,4	6,2
98,2	7,9	7,4	7,0	6,8
92,3	6,6	6,2	6,0	6,1
84,4	8,2	8,0	7,9	6,6
78,2	12,4	12,2	12,0	11,8

Контрольні питання

1. Якими приладами визначають вологість повітря?
2. Принцип дії психрометрів і гігрометрів.
3. За якою формулою розраховують абсолютну вологість при визначенні її психрометром Августа?
4. За якою формулою розраховують абсолютну вологість при визначенні її психрометром Ассмана?
5. Яка буде відносна вологість при однакових показаннях «сухого» і «мокрого» термометрів?
6. Як змінюється відносна вологість повітря при збільшенні різниці між показаннями «сухого» і «мокрого» термометрів?
7. У чому полягає перевага аспіраційного психрометра перед статичним?
8. Правила роботи з психрометром Августа і Ассмана.
9. Якими приладами проводять безперервні тривалі спостереження і запис вологості повітря? Принцип їх роботи.
10. Яких умов необхідно дотримуватись при використанні гігрометрів для визначення відносної вологості?

Психрометрична таблиця

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

Тема 3. Визначення охолоджуючої здатності і швидкості руху повітря

Мета заняття:

1. Ознайомитись з приладами для визначення швидкості та охолоджувальних властивостей повітря.
2. Оволодіти правилами і методами роботи з анемометрами та кататермометрами, засвоїти зоогігієнічні норми руху і охолоджувальних властивостей повітря.

Рух повітря впливає на тепловіддачу з поверхні тіла тварин шляхом проведення і конвекції. У сукупності з температурою і вологістю повітря у холодну пору року посилені повітряні потоки зумовлюють простудні хвороби у тварин, а у літньо-спекотний період, навпаки, полегшують їх фізіологічний стан.

У тваринницьких приміщеннях переміщення повітряних мас може бути поперечно-повздовжнім, нисхідним і висхідним. Рух повітря залежить від напрямку і сили вітру зовні, ефективності роботи вентиляції, розміщення і умов експлуатації обігрівальних приладів, частоти і тривалості відкривання дверей та вікон, способу розміщення тварин і т. д. У практиці тваринництва швидкість руху повітря визначають безпосередньо у приміщеннях, вентиляційних каналах, при необхідності — в зовнішній атмосфері. У виробничих приміщеннях припустима швидкість руху повітря 0,15–0,3 м/с — для молодняка і 0,5–1,0 м/с — для дорослих тварин.

3.1. Прилади для визначення швидкості руху повітря і правила роботи з ними. Для визначення швидкості руху повітря більше 1 м/с застосовують анемометр (рис. 8), а для малих швидкостей (до 1 м/с) — кататермометри (рис. 9) і термоанемометри.

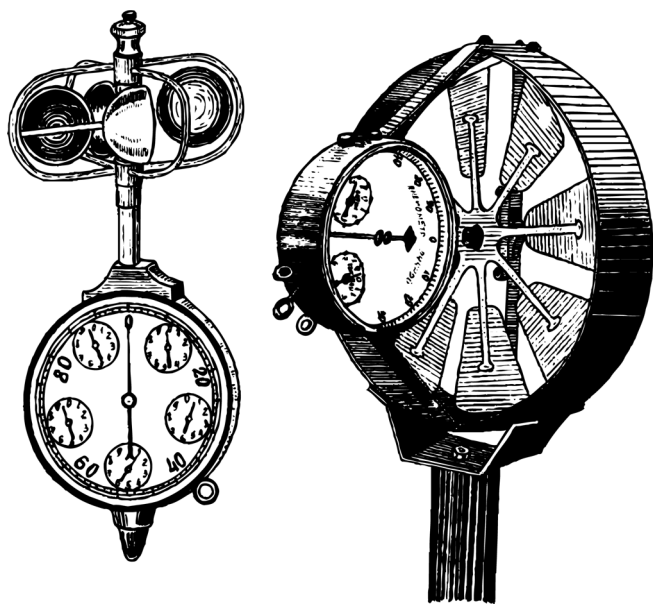


Рис. 8. Анемометри:
а — чашковый типу А; б — крыльчатый АСО-3

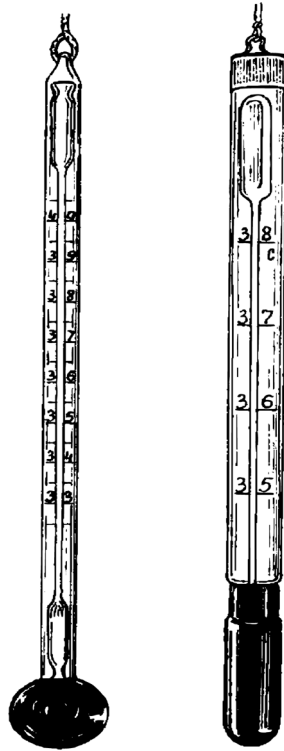


Рис. 9. Кататермометри:

а — кульковий; б — циліндричний

Чашковий анемометр типу А — прилад, який часто використовують при метеорологічних спостереженнях у вільній атмосфері для визначення швидкості вітру (від 1 до 50 м/с). У верхній його частині розміщено чотири порожнисті півкулі, закріплені на хрестовині, обертання від котрих передається на лічильник обертів. Циферблат має три стрілки з поділками: «десятки», «сотні», «тисячі». Перед початком спостережень записують початкові показання стрілок, встановлюють прилад на 1–2 хв. роботи вхолосту, а потім включають лічильник обертів і ведуть спостереження за секундоміром на протязі 100 с. Після цього лічильник і секундомір вимикають і повторно записують показання приладу. Запис проводять послідовно, як і в попередньому разі, починаючи із шкали «тисячі», потім «сотні», «десятки» і «одиниці».

Приклад. Показання приладу до вимірювання становило 8435, а після вимірювання — 8628. Різниця складає 193 оберти. Отже, швидкість руху повітря буде: $193 : 100 = 1,93$ м/с.

Якщо поділки на циферблаті анемометра не відповідають точно метрам, а вказують тільки на число обертів стрілок, то для визначення швидкості користуються номограмою, що додається до приладу.

Рекомендується вимірювати швидкість руху повітря у двох-трьох повтореннях, а потім вираховувати середню величину.

Крильчастий анемометр АСО-3 — прилад більш чутливий і придатний для визначення швидкості руху повітря в межах від 0,3 до 5 м/с. У цьому приладі замість чашкових півкуль є легкі алюмінієві лопаті, взяті у металеве кільце. Правила роботи з крильчастим анемометром аналогічні чашковому. Швидкість повітряного потоку визначають за градуйованим графіком (табл.), що додається до приладу (дод. 2). За числом обертів, що припадають на одну секунду, знаходять швидкість руху повітря (м/с, балів).

Приклад. Показання приладу до вимірювання — 6425, після вимірювання — 6695, різниця складає 270 обертів. Визначаємо число обертів за секунду: $270 : 100 = 2,7$ оберта. За градуйованим графіком визначаємо, що 2,7 оберти за секунду відповідають швидкості руху повітря в межах 1,4 м/с.

Кататермометр — прилад, який дозволяє за інтенсивністю тепловипромінення нагрітого резервуару побічно визначити мінімальну рухливість повітря. При цьому фактор — температура, що впливає на охолодження приладу, враховується у формулі розрахунку, а вологість повітря умовно виключається із групи факторів, які впливають на охолодження, бо за час охолодження резервуара (не більше 3–5 хв.) вона суттєво вплинути не може.

Кататермометри бувають двох типів: циліндричні і кулькові. Вони нагадують звичайний спиртовий термометр з циліндричним або кульковим резервуаром. Шкала циліндричного кататермометра градуйована в межах від 35 до 38°C, кулькового — від 33 до 40°C. На зворотному боці шкали нанесено величини індивідуального фактора кататермометра. Фактор кататермометра (F) — це величина тепловтрати у мілікалоріях (мкал) з 1 см² поверхні резервуара при охолодженні від 38 до 35°C (від 40 до 33°C), нанесений на приладі.

Спочатку визначають охолоджувальну силу повітря. Для цього спиртовий резервуар занурюють у склянку з підігрітою водою до 70–80°C і тримають його у воді (у вертикальному положенні) доти, доки спирт не займе 1/2 частину об'єму верхнього розширення капіляру кататермометра. Потім прилад виймають з води, резервуар витирають насухо і підвішують у зоні визначення руху повітря. Резервуар охолоджується повітряними потоками, і спирт, зменшуючись в об'ємі, опускається по капіляру. Секундоміром необхідно встановити, за який час спирт опускається від верхньої до нижньої мітки (поділки). Одночасно необхідно записати виміри температури повітря. Процедуру повторюють три рази, після чого вираховують середньоарифметичне значення часу охолодження. Охолоджувальну силу повітря (ката-індекс) визначають за формулою:

$$H = \frac{F}{t}, \text{ де}$$

H — охолоджувальна здатність повітря (ката-індекс), мкал/см²/с;
 F — фактор кататермометра (позначений на тильному боці приладу);
 t — час охолодження від 38 до 35°C.

При роботі з кульковим кататермометром охолодження можливо проводити в інтервалі температур, сума котрих, поділена на два, давала б результат 36,5°C (від 40 до 33°C, від 39 до 34°C, від 38 до 35°C). Якщо при вимірюванні кульковим кататермометром тривалість охолодження проводили від 38 до 35°C, охолоджувальну здатність повітря вираховують за вище наведеною формулою. В останніх випадках розрахунок кататермометричного індексу проводять за формулою:

$$H = \frac{\Phi \cdot (T_1 - T_2)}{a}, \text{ де}$$

Φ — ($F / 3$) — константа кататермометра, мкал/см²/град;
 T_1 — верхнє значення інтервалу температури при охолодженні;
 T_2 — нижнє значення інтервалу температури при охолодженні.

Значення кататермометричного індексу залежить від ступеня рухливості повітря і його температури. За цим показником можливо судити про комфортабельність фізичних умов повітряного середовища для тварин (дод. 3).

Подальші розрахунки швидкості руху повітря з використанням даних про його охолоджувальну здатність слід вести за формулами:

$$V = \left(\frac{\frac{H}{Q} - 0,20}{0,40} \right)^2 \quad \text{— при визначенні швидкості менше 1 м/с;}$$

$$V = \left(\frac{\frac{H}{Q} - 0,13}{0,47} \right)^2 \quad \text{— при визначенні швидкості більше 1 м/с, де:}$$

V — швидкість руху повітря, м/с;

Q — різниця між середньою температурою приладу (36,5°C) і температурою повітря під час досліджень;

0,20; 0,13; 0,40; 0,47 — емпіричні коефіцієнти.

Формулу для розрахунків можливо підібрати, знаючи величину H/Q . Якщо цей показник менше 0,6, розрахунки проводять за першою формулою, а якщо він дорівнює або більше 0,6 — за другою.

Термоанемометр *EA-2M* дозволяє визначити швидкість руху повітря в межах від 0,03 до 5 м/с і його температуру — від 10 до 60°C. Принцип роботи приладу ґрунтується на охолодженні рухливим повітрям напівпровідникового мікротермоопору. Для вимірювання швидкості повітряних потоків перемикачі ставлять у положення «А», «Контроль» і «НП» (зовнішнє джерело живлення) або «ВП» (внутрішнє джерело живлення). Термоанемометр розміщують горизонтально і приєднують до нього датчик або підключають до мережі. Обертанням ручки настроювача встановлюють стрілку гальванометра на максимальну поділку шкали, а перемикач «Контроль» переводять у положення «Вимірювання». За показниками гальванометра, використовуючи графік (додається до приладу), визначають швидкість руху повітря.

3.2. Зображення рози вітрів (рис. 10). Роза вітрів — графічне відображення напрямку вітрів по сторонах світу за певний період часу (місяць, сезон, рік). Для складання рози вітрів будують графік, що

складається з 8 румбів (Пн, ПнС, С, ПнЗ, Пд, ПдЗ, З, ПдС). Спочатку визначається сума чисел повторюваності вітрів за всіма румбами, включаючи і штиль. Ця сума береться за 100 %. Потім визначають у відсотках до цієї величини числа повторюваності вітру за кожним румбом і штилю. Якщо при цьому враховується і сила (швидкості) вітру, то графік складають шляхом відкладення на румбах відрізків, рівних добутку числа вітрів даного напрямку на середню швидкість вітру того ж напрямку. За 100 % береться добуток суми повторюваності за всіма напрямками на середню швидкість вітру за всіма румбами. Зображення на кресленні (графіку) здійснюється у певному масштабі (1 % дорівнює 2 мм).

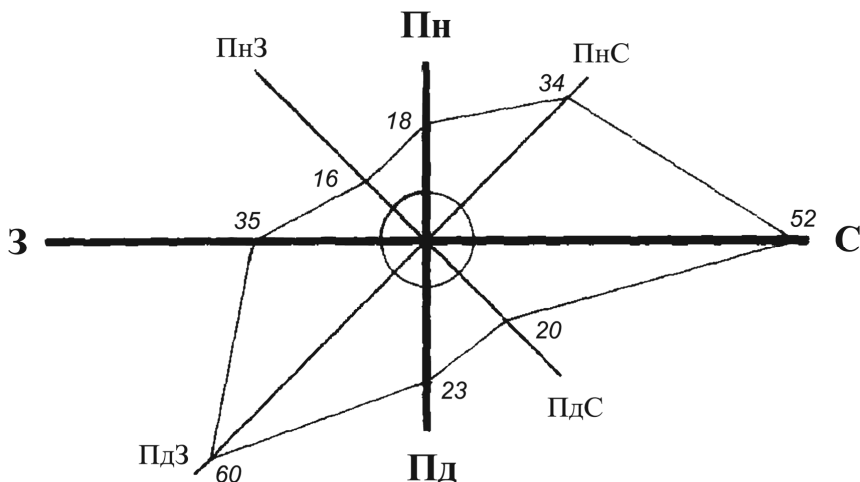


Рис. 10. Роза вітрів

Для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату суттєве значення має інтенсивність обміну повітря в приміщенні, яка визначається цифровою величиною кратності зміни повітря. Ця величина показує, за скільки разів протягом години повітря в приміщенні обмінюється з атмосферним і вираховується за формулою:

$$K = \frac{S \times V}{W} \times 3600, \text{ де}$$

K — кратність зміни повітря, разів/год;

S — площа вентиляційних каналів, m^2 ;

V — швидкість руху повітря у вентиляційних каналах, m/s ;

W — кубатура приміщення, m^3 ;

3600 — переведення секунд у години.

У тваринницьких приміщеннях з вентиляцією природного забруднення кратність зміни повітря взимку допускається 3–5 разів/год.

Завдання для самостійної роботи

1. Ознайомитися з приладами для визначення швидкості руху повітря.
2. Визначити швидкість руху повітря за допомогою крильчастого і чашкового анемометрів у відкритій атмосфері.
3. Визначити охолоджувальну здатність і рух повітря на робочому місці за допомогою кататермометра.

Розрахункові завдання для індивідуальної роботи

1. Визначити швидкість руху повітря крильчастим анемометром і силу вітру в балах (додатки 2, 4) за умови показання приладу:

Початкові показання лічильника	Показання лічильника після роботи протягом 100 с
9704	9940
9832	9976
6328	6907
8909	9984
1634	1984
1294	1782
6218	7301
8903	9107
8236	9434
5210	6408
1549	2090
5312	6192
1248	1464
8009	9127

2. Визначити охолоджувальну здатність і швидкість руху повітря кульковим кататермометром, якщо:

Показники приладу:		
індивідуальний фактор	час охолодження від 38 до 35°C, с	температура повітря в приміщенні, °C
576	194	21
562	136	17
576	188	21
532	124	14
576	162	8
602	159	4
576	148	16
576	188	7
438	149	12
579	109	7
532	161	15
612	172	8
607	184	6

3. Порахувати кратність обміну повітря в приміщенні і визначити відповідність цього показника нормативним даним, якщо:

Розміри приміщення, м	Сумарна площа витяжних труб, м ²	Швидкість руху повітря у вентиляційних каналах, м/с
21×72×3,2	2,5	0,8
21×72×2,7	2,16	1,2
12×66×2,7	1,78	1,4
21×72×3,2	2,42	1,8
21×72×3,4	2,42	2,2
12×57×2,7	2,56	2,4
9×99×2,7	4,32	0,9
12×84×2,7	4,32	3,1
18×78×2,7	5,76	2,8
12×24×2,7	2,56	1,4
18×96×2,7	5,76	1,1
21×72×3,2	5,76	2,4
18×90×2,7	2,4	1,6
18×60×2,7	2,4	1,9

Додаток 2

Швидкість руху повітря, визначена крильчастим анемометром

При швидкості повітряних потоків від 0,3 до 1 м/с		При швидкості повітряних потоків від 1 до 5 м/с	
число поділок приладу (умовних одиниць)	швидкість, м/с	число поділок приладу (умовних одиниць)	швидкість, м/с
0,1	0,1	2,5	1,2
0,2	0,15	3,0	1,4
0,3	0,20	3,5	1,5
0,4	0,23	4,0	1,6
0,5	0,27	4,5	1,8
0,6	0,31	5,0	2,0
0,7	0,35	5,5	2,2
0,8	0,40	6,0	2,4
0,9	0,45	6,5	2,6
1,0	0,48	7,0	2,7
1,1	0,53	7,5	2,9
1,2	0,57	8,0	3,0
1,3	0,60	8,5	3,1
1,4	0,65	9,0	3,3
1,5	0,70	9,5	3,5
1,6	0,74	10,0	3,7
1,7	0,78	10,5	3,9
1,8	0,83	11,0	4,0
1,9	0,87	11,5	4,2
2,0	0,92	12,0	4,4
2,1	0,96	12,5	4,6
2,2	1,00	13,0	4,8

Додаток 3

Кататермометричні індекси для оцінки мікроклімату в приміщеннях для сільськогосподарських тварин (за О. П. Онеговим)

Сільськогосподарські тварини	Норми індекса сухого кататермометра, мкал / см ² /с
Велика рогата худоба	7,2—9,5
Телята	6,5—8,0
Робочі коні	8,2—9,5
Свиноматки з поросятами	6,5—8,0
Відгодівельні свині	7,5—11,0

Швидкість вітру

Спостережна дія вітру	Назва вітру	Швидкість вітру, м/с	Сила вітру, бал
Дим піднімається вертикально	Штиль	0–0,5	0
Дим ледь відхиляється	Тихий	0,6–1,7	1
Рухається прапор	Легкий	1,8–3,3	2
Рухаються листя дерев	Слабкий	3,4–5,2	3
Прапор полощеться	Помірний	5,3–7,4	4
Качаються верхівки дерев	Свіжий	7,5–9,8	5
Качаються тонкі стовбури дерев	Сильний	9,9–12,4	6
Качаються великі дерева	Міцний	12,5–15,2	7
	Дуже міцний	15,3–18,2	8
Вітер, який володіє руйнівною дією	Шторм	18,3–21,5	9
	Сильний шторм	21,6–25,1	10
	Жорсткий шторм	25,2–29,0	11
	Ураган	29,0–34,0	12

Контрольні питання

1. Якими приладами вимірюють великі (вище 0,5 м/с) швидкості руху повітря? Принцип їх дії.
2. Якими приладами вимірюють малі швидкості руху повітря? Принцип їх дії.
3. Принцип роботи термоанемометра ЕА-2М.
4. «Роза вітрів», її значення.
5. Правила графічного зображення «рози вітрів».
6. Як визначити кратність зміни повітря в приміщенні? Нормативні показники кратності зміни повітря в тваринницьких приміщеннях.