

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Саханович Дмитро Вікторович

УДК 331.45

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ПОКРАЩЕННЯ
УМОВ ТА МІКРОКЛІМАТУ В ТВАРИННИЦЬКИХ
ПРИМІЩЕННЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
ПІДПРИЄМСТВ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Керівник роботи
Боровський В.М.
старший викладач

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Саханович Дмитро Вікторович. Розробка технічних систем покращення умов та мікроклімату в тваринницьких приміщеннях сільськогосподарських підприємств. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В кваліфікаційній роботі запропонована технічна система поліпшення умов праці та мікроклімату корівника представлена функціонуючою в часі біотехнічною системою, що складається з технічних засобів обігріву, вентиляції та кондиціонування повітря, що забезпечує взаємодію з довкіллям та тваринами через мікроклімат. Джерелом теплової та електричної енергії для функціонування системи є біогазова установка, як автономне джерело, що використовує власну сировину (гній) і як регулюючий елемент функціонування системи.

Обґрунтовано основні параметри та режими роботи технічних систем шляхом дослідження біотехнічної системи у двох варіантах: «тепло тварин – тепла енергія опалювального пристрою – мікроклімат» та «тепло тварин – вентилятор – мікроклімат». Аналітичним методом виведено формули теплового балансу корівника для розрахунку теплопродуктивності опалювального пристрою, теплової потужності, необхідної витрати біогазу та поверхні нагрівання електрокалорифера.

Ключові слова: мікроклімат, умови праці, тваринницьке приміщення, система

ANNOTATION

Sakhanovych Dmytro Viktorovych. Development of technical systems for improving the conditions and microclimate in livestock premises of agricultural enterprises. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

In the qualification work, the proposed technical system for improving the working conditions and microclimate of the barn is represented by a biotechnical system that functions in time, consisting of technical means of heating, ventilation and air conditioning, which provides interaction with the environment and animals through the microclimate. The source of thermal and electrical energy for the system is a biogas plant as an autonomous source that uses its own raw materials (manure) and as a regulating element of the system.

The main parameters and modes of operation of technical systems are substantiated by studying the biotechnical system in two variants: "animal heat - thermal energy of the heating device - microclimate" and "animal heat - fan - microclimate". The heat balance formulas of the barn were derived by the analytical method to calculate the heat output of the heating device, heat output, required biogas consumption, and the heating surface of the electric heater.

Keywords: microclimate, working conditions, livestock building, system

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ ТА ВПЛИВУ ЇХ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ.....	10
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ: «ЛЮДИНА – ТВАРИННИЦЬКЕ ПРИМІЩЕННЯ».....	21
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ УМОВ ПРАЦІ У ТВАРИННИЦЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ.....	31
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Україні аграрний сектор був і залишається основним у забезпеченні продовольчої безпеки та продовольчої незалежності країни. Розвиток сільського господарства сприяє розвитку інших галузей, оскільки дозволяє забезпечити ці галузі сировинними ресурсами.

В результаті реформ аграрного сектора докорінно змінилися методи, способи та шляхи ведення сільського господарства, що охопили економічні, організаційні, технологічні, правові, соціальні та інші аспекти. Утворилося понад 300 тис. селянських, фермерських та підсобних господарств, а також 460 сільгоспкооперативів, які забезпечують близько 90 відсотків виробництва сільськогосподарської продукції.

Загалом є деякі позитивні моменти, проте аграрна реформа призвела до глибокої кризи сільського господарства. Практично зруйновано матеріально-технічну основу сільського господарства. Склалися протиріччя між необхідністю підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва та результативністю можливих способів її реалізації.

У існуючій структурі сільського господарства є перспективним кооперативні господарства. Практика показує, що ефективно запровадження сільськогосподарського виробництва у цих господарствах вище порівняно з дрібними господарствами. У законі України «Про кооперативи» (2005 р.) та «Державній Програмі розвитку сільськогосподарського кооперативного руху в Україні» (2002 р.) зазначено, що кооперування сприяє раціональному використанню матеріальних та фінансових ресурсів, зниженню виробничих та фінансових ресурсів. В умовах ринкових відносин виникла необхідність вироблення єдиної державної політики щодо розвитку сільськогосподарської кооперації в Україні. Головною метою заходів, що проводяться державою, є широкий розвиток сільськогосподарського кооперативного руху в Україні.

Поряд із розвитком сільськогосподарського кооперативного руху виникають питання, пов'язані з покращенням умов праці та мікроклімату у виробничих приміщеннях даних господарств. У сільськогосподарському виробництві на працівника може впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з кліматичними умовами, природним рельєфом місцевості, сільськогосподарськими тваринами, технічними засобами, відповідно ці фактори можуть призвести до травм або професійних захворювань.

Практика показує, що в жодному виді діяльності неможливо досягти абсолютної безпеки. Це аксіома повною мірою стосується і сільськогосподарського виробництва. Працівники сільського господарства перебувають у постійному взаємозв'язку з виробничим середовищем з його негативними чинниками природного, техногенного та антропогенного характеру.

У закритих виробничих приміщеннях працівник всіма доступними засобами пристосовує середовище до себе, створюючи нормальні умови праці та забезпечуючи відповідні параметри мікроклімату. Однак, особливістю сільськогосподарського виробництва є те, що багато технологічних процесів здійснюється просто неба, де неможливо підтримати оптимальні параметри мікроклімату. В такому разі працівник пристосовується до умов довкілля. Інша особливість сільського господарства — наявність тваринницьких приміщень для утримання різних видів сільськогосподарських тварин. Мікроклімат необхідний не тільки для людини, але й для тварин. У тваринницьких приміщеннях широко використовують різні види машин, технологічного устаткування, види енергії (електрична, теплова, холод), хімічні препарати. Окремі процеси протікають при підвищених температурах та тисках, супроводжуються виділенням шкідливих речовин. Самі тварини виділяють теплоту, вологу, вуглекислий газ, гній. Тварини можуть бути джерелами інфекційних хвороб і небезпечними з їх поведінкою та агресивністю (бики, жеребці, козли, барани виробники).

Аналіз умов праці та дотримання параметрів мікроклімату у тваринницьких приміщеннях кількох сільгоспкооперативів України показує, що у них не вирішено питань щодо забезпечення оптимальних чи допустимих умов праці та мікроклімату. У тваринницьких приміщеннях є небезпечні та шкідливі умови праці, а в деяких ділянках екстремальні умови праці. У багатьох виробничих приміщеннях спостерігається брак освітлення.

Такий стан тваринницьких приміщень є головною причиною зростання захворюваності на обслуговуючий персонал і тварин. В результаті знижується продуктивність праці та продуктивність сільськогосподарських тварин. Тому існує проблема: створення у тваринницьких приміщеннях сільгоспкооперативів оптимальні, допустимі умови праці та мікроклімат шляхом розроблення відповідних технічних систем. У суспільстві створення оптимальних, допустимих умов праці та мікроклімату у виробничих приміщеннях є дуже актуальним завданням.

У світовій практиці у вирішенні питання покращень умов праці та мікроклімату у виробничих приміщеннях широко використовує відновлювані джерела енергії (Сонця, води, біомаси, вітру тощо). Енергоефективність відносяться до всіх галузей економіки.

В умовах України у вирішенні цього завдання доцільно використовувати біогазові технології. Потенціал використання біомаси у нас оцінюється так. Розрахункова маса гною на рік становить близько 5,5 млн. тонн. У перспективі ця маса збільшуватиметься, оскільки спостерігається стійка тенденція зростання поголів'я всіх видів сільськогосподарських тварин. За допомогою біотехнологій можна отримати близько 110 млн. м³ біогазу та 5,5 млн. тонн біодобрих. Певну частину цього обсягу біогазу можна використати для поліпшення умов праці та мікроклімату тваринницьких приміщень.

Будь-яке тваринницьке приміщення розглядається як складна біоекотехнічна система, що включає чотири елементи: людина, машина, тварина та виробниче середовище. Функціонування кожного елемента залежить від

багатьох факторів. Між елементами системи існує взаємозв'язок та взаємодія, де вирішальним чинником є анатом психофізіологічні особливості організму людини, тобто, головним завданням системи є безпечне функціонування людини. Це фундаментальне становище використано для розробки технічних систем поліпшень умов праці та мікроклімату в тваринницьких приміщеннях сільськогосподарських підприємств.

Мета роботи – забезпечення допустимих умов праці та мікроклімату тваринницьких приміщень (корівника) сільськогосподарських кооперативів шляхом розробки технічних систем із використанням енергії біогазу.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз умов праці та мікроклімату у тваринницьких приміщеннях аграрних підприємств України;
- розробити та обґрунтувати конструктивно-технологічні схеми системи вентиляції та обігріву корівника;
- обґрунтовано конструктивні параметри та режиму роботи технічних засобів.

Об'єкт дослідження: технічна система забезпечення допустимих умов праці та мікроклімату у тваринницьких приміщеннях.

Предмет дослідження: закономірності зміни умов праці та мікроклімату у тваринницьких приміщеннях аграрних підприємств.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Боровський В.М. Саханович Д.В. Вентиляція та кондиціонування тваринницьких приміщень. Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 245.

2. Боровський В.М. Саханович Д.В. Конструктивно-технологічна схема децентралізованої системи обігріву, кондиціонування та освітлення корівника з

використанням біогазової технології. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 115-118.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для підприємств АПК представляє розроблена система забезпечення допустимих умов праці та мікроклімату у тваринницьких приміщеннях.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 49 сторінок комп'ютерного тексту, містить 11 рисунків та 2 таблиці.

РОЗДІЛ 1.

ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ ТА ВПЛИВУ ЇХ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Мікроклімат у тваринницьких приміщеннях – це комплекс численних факторів: температури, відносної вологості, руху та електрзарядності повітря, газів, механічних та органічних домішок, освітленості тощо.

На формування мікроклімату в тваринницьких приміщеннях впливають, крім погоди, що виділяються тваринами теплота, волога, вуглекислий газ, продукти, що утворюються у процесі обміну речовин. Крім цього, утворюються та надходять у повітря продукти розкладання сечі та гною: аміак, сірководень, метан та інші отруйні гази.

На мікроклімат тваринницьких приміщень також впливають якість будівель, технологія утримання тварин та їх кількість, рівень повітрообміну.

Вплив мікроклімату на організм людини і тварин складається із сукупної дії його складових частин на тепловий баланс та обмін речовин.

Для ефективного теплообміну організму людини з довкіллям і дотримання оптимальних, допустимих умов праці необхідні наступні оптимальні параметри мікроклімату:

- температура повітря 18-22 °С (але не менше 13°С і не вище 28 °С);
- відносна вологість повітря 40-60% (але не менше 20 і не понад 75%);
- швидкість руху повітря 0,2-0,3 м/с (але не менше 0,1 і не більше 1,5 м/с).

Для різних категорій робіт (від I до III) і сезонів року (теплий, холодний) оптимальний і допустимі умови праці людини наведені в спеціальних нормативних документах. Значення зазначених параметрів мікроклімату, що характеризують верхню межу область допустимих умов життєдіяльності людини у графічному вигляді, утворюють деяку симетричну тривимірну поверхню (рис.1.1).

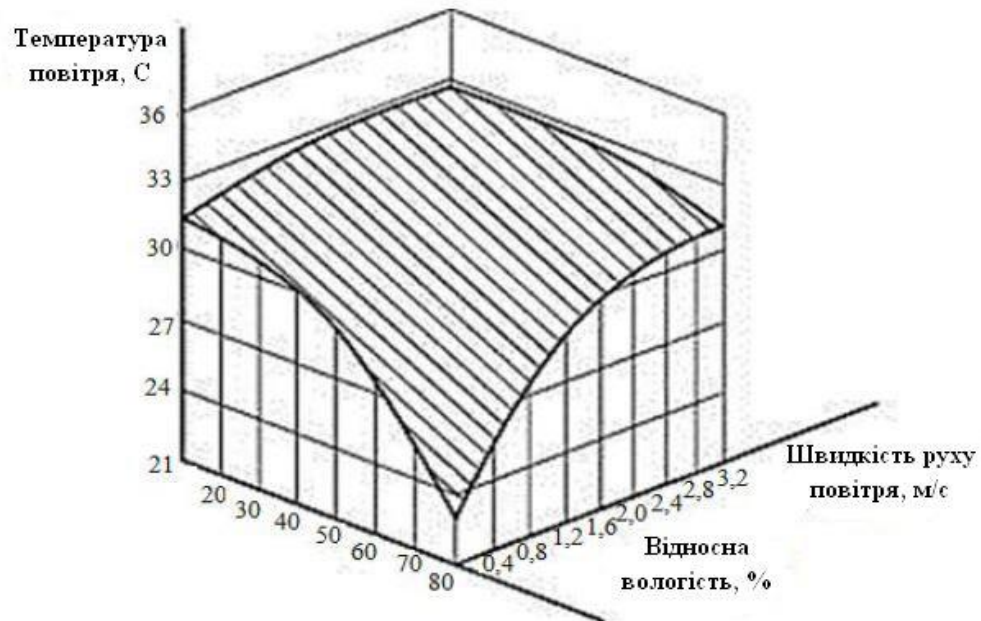


Рис. 1.1. Верхня межа області допустимих значень параметрів мікроклімату.

Дані рис. 1.1. показують, що допустимі умови праці у виробничих приміщеннях встановлюють шляхом активної корекції мікроклімату довкілля при зміні одного з трьох взаємопов'язаних між собою фізичних властивостей конкретного середовища.

Дослідженнями фізіологів та біокліматологів встановлено вплив кожного параметра мікроклімату на організм людини. Також вони встановили, що ці параметри нерідко поєднуються.

Значення відносної вологості повітря показує відсоткове відношення кількості парів води, що містяться в певному обсязі повітря (при певній температурі і тиску), до тієї кількості, яка повністю насичує цей обсяг до випадання їх у вигляді крапель дощу;

$$\varphi = \left(\frac{P_n}{P_s}\right) \times 100\% \text{ або } \varphi = \left(\frac{\rho_n}{\rho_s}\right) \times 100\%, \quad (1.1)$$

де P_n – тиск водяної пари, що містяться в повітрі, Па;

P_s – тиск насиченої пари, що залежить від температури та тиску повітря, Па;

ρ_n – щільність водяної пари, що містяться в повітрі, кг/м³;

ρ_s – щільність насиченої водяної пари, кг/м³.

Вплив відносної вологості повітря на самопочуття людини визначається особливостями його дихання. Основним органом дихання людини є трахеобронхіальне дерево і велика кількість легеневих клітин – бульбашок (альвеол), стінки яких пронизані густою мережею капілярних судин. Через стінки альвеол кисень надходить у кров для живлення тканин організму, через них забирається з крові вуглекислий газ, який виділяється при використанні кисню. Крім того, легеневі клітини всмоктують із крові зайву для організму кількість води, яка виходить із нього при видиху разом із повітрям.

Експериментально встановлено, що інтенсивність дифузії кисню в кров визначається парціальним тиском кисню в альвеолярному повітрі, зміна якого пропорційна змін атмосферного тиску повітря, що вдихається. Відповідно до закону Дальтона, тиск повітря P_B визначається сумою порційних тисків, що входять до нього газів:

$$P_B = P_{CO_2} + P_{O_2} + P_{N_2} + P_{H_2O}, \quad (1.2)$$

де P_{CO_2} , P_{O_2} , P_{N_2} , P_{H_2O} – парціальний тиск відповідно вуглекислого газу, кисню, азоту, водяної пари.

Формула (1.2) показує, що зміна складу і кількість водяної пари та інших складових, що містяться у повітрі, що вдихається, призводить до зміни дифузії кисню в кров.

При високих температурах, понад 30°C підвищена вологість повітря несприятливо впливає на теплове самопочуття людини. Таку температуру легше переносити при сухому повітрі, не нижче 20%.

Вплив швидкості руху повітря на людину можна оцінити як позитивний, так і негативний залежно від температури та вологості навколишнього середовища.

При низькій температурі повітря швидкість його руху має охолодну дію на організм людини (рис.1.2). При температурі повітря, близької до нуля, і більшої вологості відбувається різке підвищення тепловіддачі організму за рахунок

додаткових витрат не тільки на обігрів тіла, але і на просушування відкритих поверхонь тіла та одягу.

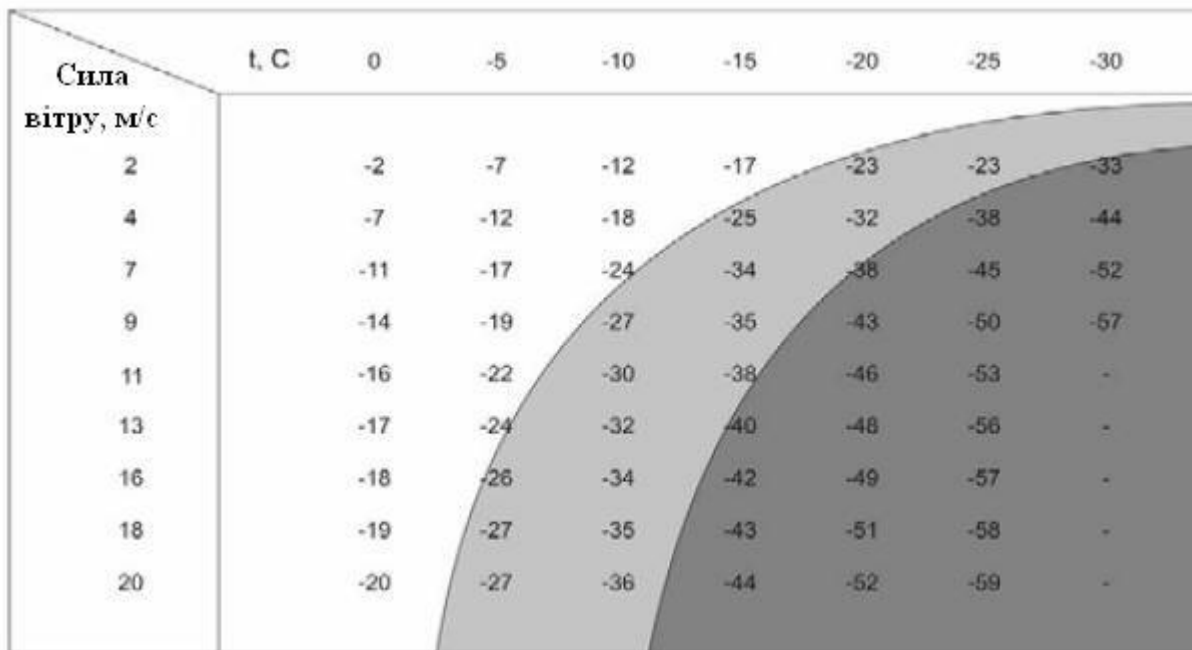
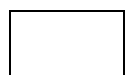


Рис. 1.2. Переохолодження, що надається вітром при мінусових температурах:



– безпечний рівень;



– зона ризику;



– критично небезпечний рівень.

В основі взаємодії людини з навколишнім середовищем при різних значеннях температури лежить функція терморегуляції. За даними І.П.Павловим організм людини поділяється на ядро та оболонку. Маса ядра (тобто внутрішніх тканин та органів) становить приблизно половину маси тіла. Температура ядра підвищується під час хвороби, при виконанні важкої роботи, при сильній спеці, а також знижується при сильному холоді. При цих станах життя людини наражається на небезпеку. За умовами нульової терморегуляції приріст тепла

збалансований тепловими втратами, теплота не зберігається, а температура тіла підтримується у рівноважному стані.

Температура оболонки людського тіла (кінцевості та зовнішні тканини тулуба) різко відрізняється від температури ядра. Оболонку називають «теповим шлюзом організму», де тепло може зосереджуватись або витратитися без помітної зміни температури ядра та без шкоди здоров'ю. Середні межі температури тіла, у яких людина зберігає життєздатність (але не працездатність), порівняно невеликі: від 25 до 43°C.

Морфологічні дослідження виявили місцезнаходження основного терморегулюючого пристрою в галузі мозку - гіпоталамус. Тут розташовані нервові клітини (нейрони), які реагують на нагрівання або охолодження. Ця область домінує над системою управління температури тіла, приймаючи сенсорну інформацію, що надходить щодо температури тіла і посилюючи відводять сигнали до оболонки та іншим органом, що беруть участь через посередництво автономної нервової системи в температурному регулюванні.

При температурі повітря +20°C розподіл тепла, що надходить в організм людини наступний: 31% від загальної кількості виноситься повітрям, 44% - витрачається на випромінювання в навколишнє середовище, 22% - йде на випаровування з поверхні шкірного покриву, 1% - споживається на нагрівання їжі, 1,3 %-на нагрівання повітря в легенях і 0,7% втрачається з виділеннями.

Оцінка дії на людину температури змінюється залежно від пори року, географічного розташування району, стану повітряного середовища. Тому в інших температурних умовах вищезазначені розподіли тепла змінюються.

У терморегуляції людини беруть участь від 2 до 4 млн. екзокринних потових залоз, що безладно і нерівномірно розкидані по всій поверхні тіла. Екзокринні залози виділяють піт безпосередньо на поверхню тіла та охолоджують її ідеально. Наприклад, людина при споживанні кисню в обсязі 2,3 л за хвилину виробляє теплоти до 640 Вт. Якби не було потовиділення, то температура тіла людини підвищувалася б на 1°C кожні 5-7 хвилин. При

ефективному випаровуванні, що становить приблизно 16 гр. за хвилину, виділення тепла може відповідати нормі, і внутрішня температура тіла може підтримуватись у рівноважному стані.

При низькій температурі повітря, внаслідок відповідних сигналів нервових рецепторів та команди, отриманої з центральної нервової системи (ЦНС), відбувається скорочення судин шкіри та підшкірної клітковини. Витрати тепла на випаровування поту за таких умов падають до дуже малих величин. Потік крові в поверхневих шарах тіла послаблюється: відбувається її відтік до внутрішніх органів. Завдяки цьому зменшується різниця між температурою шкіри та навколишнього середовища. При цьому значно скорочується випромінювання – основна стаття витрати тепла. Загалом тепловтрати організму можуть зменшитися до 70%.

Достатній теплозахист запобігає переохолодженню. При цьому кількість втрат визначається теплозахисним одягом та кліматичними умовами середовища.

Виробничі процеси у тваринництві значно впливають на фізико-хімічний склад повітря. Тваринницькі приміщення крім надмірної теплоти та вологи, забруднюються шкідливими парами, газами, пилом та їх поєднаннями. Для зниження цих несприятливих впливів вживаються певні заходи: удосконалення виробничих процесів, механізація та автоматизація шкідливих робіт, герметизація технологічного устаткування тощо.

Найбільш ефективним способом запобігання несприятливим впливам на організм людини всередині тваринницьких приміщень є вентиляція (повітрообмін).

Допустимі величини параметрів мікроклімату на робочих місцях виробничих приміщень наведено у таблиці 1.1.

Це допустимі величини є об'єктами дослідження стосовно тваринницьких приміщень, звідси впливає основне завдання, технічні засоби, що розробляються, повинні забезпечити допустимі величини параметрів

мікроклімату, оскільки в тваринницьких приміщеннях складно забезпечити оптимальні умови праці в сучасних умовах.

Вентиляція у тваринницьких і підсобних приміщеннях призначена для забезпечення необхідного повітрообміну на одиницю живої маси тварин у різні періоди року, запобігання конденсації пари на внутрішній поверхні, рівномірного розподілу та циркуляції повітря усередині приміщення, створення припустимих умов праці та утримання тварин.

Відсутність або недостатній об'єм вентиляції у тваринницькому приміщенні неминуче призводить до зміни газового складу повітря, збіднення його киснем і перенасичення вуглекислим газом, сірководнем і аміаком.

Таблиця 1.1 – Допустимі величини показників мікроклімату на робочих місцях у виробничих приміщеннях

Період роботи	Категорія робіт по рівню енергозатрат, Вт	Температура повітря, °С		Температура поверхні, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
		діапазон нижче оптимальних величин	діапазон вище оптимальних величин			для діапазону температур нижче оптимальних величин, не більше	для діапазону температур вище оптимальних величин, не більше
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодний	Iа(до 139)	20,1...21,9	24,2...25,0	19,1...26,0	12...76	0,2	0,2
	Iб (140-174)	19,1...20,9	23,1...24,0	18,1...25,0	12...76	0,1	0,2
	IIа(175-232)	17,1...18,9	21,1...23,0	16,1...24,0	12...76	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,1-16,9	19,1...22,0	14,1...23,0	12...76	0,2	0,4
	III (более 290)	13,1...15,9	18,1...21,0	12,1...22,0	12...76	0,2	0,4
Теплий	Iа (до 139)	21,1...22,9	25,1...28,0	20,1...29,0	12...76	0,1	0,3
	Iб (140-174)	20,1...-21,9	24,1...28,0	19,1...29,0	12...76	0,1	0,3
	IIа (175-232)	18,1...19,9	22,1...27,0	17,1...28,0	12...76	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,1...18,9	21,1...27,0	15,1...28,0	12...76	0,2	0,4
	III (более 290)	15,1...17,9	20,1...26,0	14,1...27,0	12...76	0,2	0,5

Як параметр, що характеризує рівень вентиляції приміщень, застосовується повітрообмін (K_B , Ч^{-1}):

$$K_B = \frac{W_3}{V_n}, \quad (1.3)$$

де W_3 – обсяг повітря, що замінюється в приміщенні, м^3 ;

V_n – загальний обсяг приміщення, м^3 .

Даний параметр показує скільки разів протягом години повністю замінено повітря в приміщенні (при $K_B > 1$) або яка частина всього об'єму повітря в приміщенні замінена протягом години (при $K_B < 1$).

При природній вентиляції повітрообмін у тваринницьких приміщеннях здійснює завдяки різниці тисків зовні і всередині приміщень:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_B = gh (\rho_H - \rho_B) + K_a \frac{v_B^2}{2} \rho_H \quad (1.4)$$

де ΔP_T – тепловий напір;

ΔP_B – вітровий натиск;

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;

h – вертикальна відстань між центрами припливного та витяжного отворами, м ;

ρ_H, ρ_B – щільність відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

v_B – швидкість вітру, $\text{м}/\text{с}$;

K_a – коефіцієнт аеродинамічного опору будівлі.

Такий повітрообмін залежить від випадкових чинників - сили і напрямку вітру, температури повітря усередині і зовні приміщення, виду і якості будівельних матеріалів. Для виробничих приміщень $K_B=1,0\dots1,5$. Однак природна вентиляція (інфільтрація) не завжди забезпечує необхідний повітрообмін, як було зазначено, залежить від випадкових факторів.

Організована природна вентиляція (канальна і без канальна аерація) посилює повітрообмін. Розрахунковий гравітаційний тиск таких систем вентиляції визначають за температури зовнішнього повітря 5°C , вважаючи, що весь він витрачається на тракці витяжного каналу, без урахування опору входу

повітря в приміщення. Для збільшення тиску на гирлі витяжних шахт встановлюють насадки дефлектори. При цьому посилення тяги відбувається завдяки розрідженню, що виникає під час обтікання дефлектора вітром.

Однак такі види вентиляції також неефективні для тваринницьких приміщень, оскільки кількість повітря, що видаляється з приміщень, залежить від швидкості вітру. Особливо в теплий період року ефективність аерації падає суттєво, внаслідок підвищення температури зовнішнього повітря. Крім того, повітря, що надходить у приміщення, не проходить попереднього очищення.

Широко використовувана механічна вентиляція має низку переваг і багато можливостей: великий радіус дії; в повітрообмін можна регулювати залежно від температури повітря і тиску вітру; можливість попереднього очищення, сушіння або зволоження повітря; можливість подачі чистого повітря безпосередньо на робочому місці; можливість уловлювання шкідливих речовин; очищення використаного повітря перед викидом в атмосферу.

Основні недоліки механічної вентиляції – велика вартість, енергоємність і є джерелом шуму.

Для тваринницьких приміщень, за способом подачі та видалення повітря, застосовують такі схеми загально обмінної вентиляції (рис. 1.3).

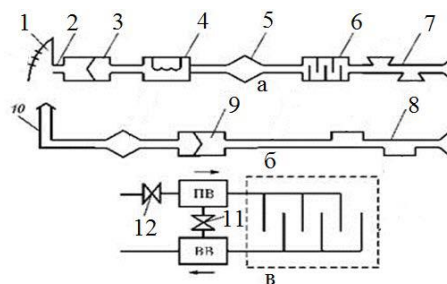


Рис. 1.3. Схеми загальнообмінної механічної вентиляції: а – припливна вентиляція (ПВ); б – витяжна вентиляція (ВВ); в – припливно-витяжна вентиляція з рециркуляцією; 1 – повітрозабірний пристрій; 2 – повітропроводи; 3 – фільтр; 4 – калорифер; 5 – вентилятор; 6 – зволожувач-осушувач; 7 – повітророзподільник; 8 – повітроприймачі; 9 – апарат очищення повітря; 10 – розсіювач; 11,12 – регулювальні клапани.

Повітрообмін (K_v , $Ч^{-1}$) є вихідною величиною яку використовують при виборі потужності вентилятора, розрахунку перерізі повітроводів, а також при компонуванні всієї системи вентиляції.

Для вибору відповідної схеми вентиляції тваринницьких приміщень є деякі рекомендації (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Розрахункові формули повітрообміну

Умови у тваринницькому приміщенні	Розрахункова формула	Рекомендована схема вентиляції
Надлишок двоокису вуглецю	$L_y = \frac{G_y}{G_{уд} - G_{уп}}$ $G_y = \sum G_{yi} \cdot m_i$	Витяжна
Надлишок вологи	$L_v = \frac{W_{ж} + W_{п}}{q_v + q_n}$ $W_{ж} = \sum W_i \cdot m_i$	Припливно-витяжна
Надлишок теплоти	$L_t = \frac{Q_n}{0.24 \rho_{пр} (t_v - t_{пр})}$ $Q_n = \sum Q - \sum Q_y$	Припливно-витяжна з рециркуляцією
Надлишок шкідливих речовин	$L_{вр} = \frac{G}{q_{пдк} + q_{пр}}$	Витяжна

Умовні позначення: $L_y, L_v, L_t, L_{вр}$ – повітряобмін, $м^3/год$; G_y – кількість двоокису вуглецю, що виділяється тваринами, $л/год$; $G_{уп}$ – вміст двоокису вуглецю в припливному повітрі, $л/м^3$; G_{yi} – норма, що виділяється двоокису вуглецю однією твариною i -го виду, $л/год$; m_i – кількість тварин i -го виду; $W_{ж}$ – кількість вологи, що виділяється всіма тваринами в приміщенні, $г/год$; $W_{п}$ – кількість вологи, що випаровується з підлоги, поїлок, годівниць стін, перекриттів $г/год$; q_v – кількість водяної пари при даній температурі, $г/м^3$, q_m – кількість водяної пари в зовнішньому повітрі, $г/м^3$; W_i – норма виділення вологи одним тваринам цього виду у вигляді пари $г/год$; $0,24$ – теплоємність сухого повітря, $кДж$; Q_n – надлишкове тепловиділення $кДж/год$; $t_{пр}$ – температура припливного

повітря, $^{\circ}\text{C}$; $\rho_{\text{пр}}$ – щільність припливного повітря $\text{кгс}/\text{м}^3$; ΣQ – сумарна кількість теплоти, що надходить у приміщення, $\text{кДж}/\text{год}$; ΣQ_y – сумарна кількість тепла, що йде з приміщення, $\text{кДж} / \text{год}$; G – шкідливі речовини, що виділяються в приміщенні (пил, гази та ін), $\text{мг} / \text{год}$; $q_{\text{ГДК}}$ – ГДК шкідливих речовин $\text{мг}/\text{м}^3$; $q_{\text{пр}}$ – концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Кондиціонування є найбільш досконалим видом вентиляції, де відбувається штучне автоматичне оброблення повітря з метою підтримки у виробничих приміщеннях заздалегідь заданих метеорологічних умов незалежно від зміни порушень умов та режимів усередині приміщень, за допомогою спеціальних установок кондиціонерами (рис. 1.4). Кондиціонери також можуть бути використані для іонізації та озонування повітря, що автоматично створюють потрібний мікроклімат.

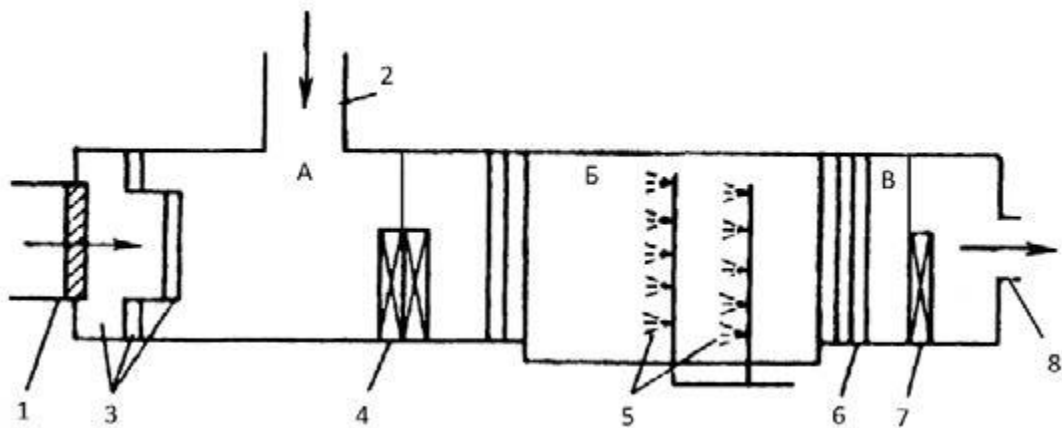


Рис. 1.4. Схема кондиціонера: А – камера змішування; Б – промивна камера; В – камера вторинного підігріву; 1 – повітропровід зовнішнього повітря; 2 – повітропровід рециркуляційного повітря; 3 – фільтр; 4,7 – калорифери; 5 – форсунки; 6 – краплеуловлювач; 8 – припливний повітропровід.

РОЗДІЛ 2.

ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ: «ЛЮДИНА – ТВАРИННИЦЬКЕ ПРИМІЩЕННЯ»

2.1. Характерні стани підсистеми: «людина – тваринницьке приміщення»

Будь-яке тваринницьке підприємство слід розглядати як складну біотехнічну систему: людина- машина – тварина – середовище (Л – М – Т – С). Функціонування кожного елемента залежить від багатьох факторів. Між елементами системи існує певні взаємозв'язки та взаємодії у вигляді підсистем: людина – тварина (Л – Т), людина – машина (Л – М), людина – середовище (Л – С) та людина – тварина – машина (Л – Т – М).

З позиції поліпшення умов праці найбільший інтерес становить дослідження підсистеми: людина – середовище, зокрема «людина – тваринницьке приміщення». Функціонування даної підсистеми обумовлено індивідуальними чи спільними діями працівників тваринницької ферми та виробничим середовищем у якій відбувається трудовий процес.

Відповідно до мети та завдань досліджень даної роботи, нами проведено дослідницькі роботи, пов'язані зі складом першого кола небезпек та шкідливостей І.

В цілому, зневага до вимог безпеки у першому колі небезпек (шкідливостей) І супроводжується захворюваннями, отруєннями та травмами обслуговуючого персоналу та тварин. Приводить до зниження продуктивності праці та продуктивності сільськогосподарських тварин.

Тому загальна мета полягає у забезпеченні допустимих умов праці та параметрів мікроклімату у тваринницькому приміщенні та безпечного функціонування технічних засобів на всіх етапах виробничої діяльності.

Досягнення цієї мети зводиться до порівняння та встановлення відповідності протягом необхідного часу t , ступеня впливу негативного фактора

$V(t)$ і ступеня захищеності $S(t)$ за кількома важливими показниками. При цьому можуть мати місце такі нерівності:

$S(t) \geq V(t)$ – об'єкт захищений від впливу негативних факторів;

$S(t) < V(t)$ – об'єкт незахищений необхідною мірою.

Враховуючи кількісний та якісний склад негативних факторів, що присутній у тваринницьких приміщеннях, можна їх описати у формалізованому вигляді за допомогою теорії множин.

Навколо тваринницького приміщення і всередині нього існує реальне навколишнє середовище з її безліччю різних факторів (S), до якої входить місце існування людини і тварин (A), що складається з факторів умов праці (U), факторів пов'язані з технічними засобами (T) і факторів пов'язані з кліматичними умовами (K) (рис. 2.1).

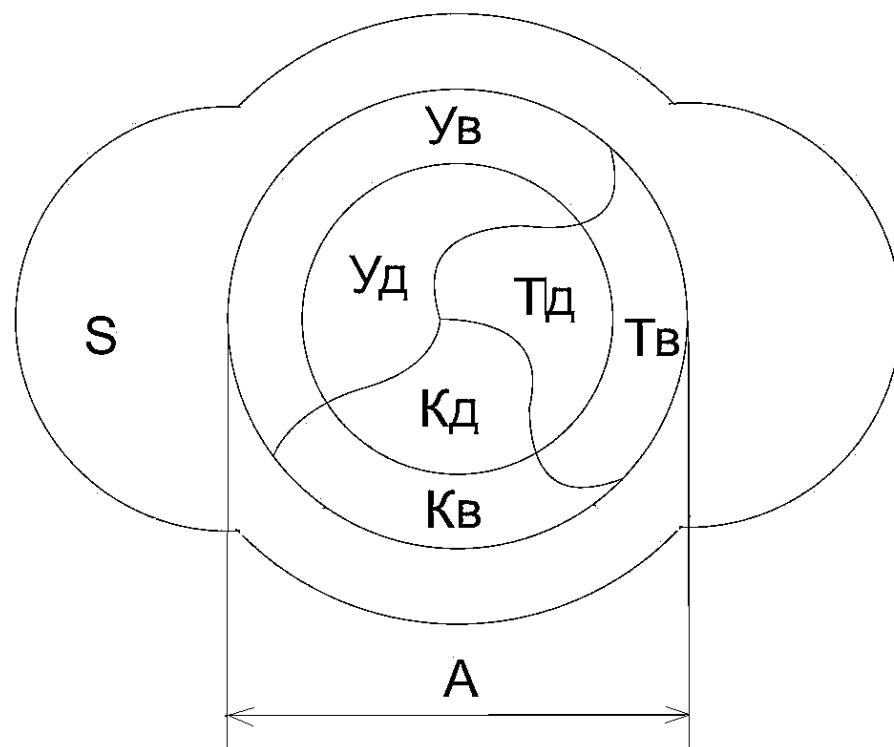


Рис. 2.1. Структура середовища тваринницького приміщення та життєдіяльності в ній людини та тварин.

Дану структуру (рис. 2.1), використовуючи позначення теорії множин, можна показати наступним чином:

$$U \cup T \cup K = A \in S \quad (2.1)$$

В рамках тваринницького приміщення A , що знаходиться всередині більшої області навколишнього середовища S , можна виділити:

- допустимі умови праці з її параметрами мікроклімату A_d ;
- небезпечні (шкідливі) умови праці з її відповідними параметрами A_v .

Кожен вид умов праці складається з відповідних параметрів: мікроклімату (U_d, U_v), технічних (T_d, T_v) та кліматичних (K_d, K_v), де індекси «д» і «в» позначають відповідно належність до допустимих та небезпечних (шкідливих) умов праці:

$$A_d = U_v \cup T_d \cup K_d; \quad A_v = U_v \cup T_v \cup K_v. \quad (2.2)$$

Область середовища, де існує небезпечні та шкідливі умови праці, не прийнятні для тваринницького приміщення. Середовище де існує допустимі умови праці, на основі формування науково обґрунтованих параметрів у вигляді гранично допустимих рівнів (ГДР) шкідливих фізичних впливів, гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у навколишньому середовищі, гранично допустимих викидів (ПДВ) газоподібних шкідливих речовин в атмосферу, допустимих скидів (ДС) рідких шкідливих речовин є прийнятним для тваринницького приміщення, хоча тут існує високий ступінь суб'єктивності, як для обслуговуючого персоналу так і для тварин. При цьому деякі параметри сприймаються людиною та тваринами як дискомфортні, але не виходять за допустимі межі. Ефективність людини в результаті може виявитися зниженою, але суб'єктивні відчуття та функціональні зміни допускають ефект звикання до них з часом.

Проте, як стверджує теорія безпеки, абсолютно безпечних видів праці немає, тому введено поняття індивідуальний рівень ризику $R(t)$:

$$R(t) = N(t) / n(t) \quad (2.3)$$

де $N(t)$ – статистично зареєстровані числа нещасних випадків та професійних захворювань за певний інтервал часу t (зазвичай за рік);

$n(t)$ – загальна кількість людей зайнятих певною діяльністю протягом того ж періоду.

Нормуючи цей показник (2.3) можна отримати ймовірність нещасного випадку та професійних захворювань:

$$R = N / n \quad (2.4)$$

Цей параметр для допустимих умов праці оцінюється діапазоном значень $10^{-4} \leq R < 10^{-3}$.

Визначення прийнятного ризику $R(t)$ пов'язані з економічною рентабельністю виробництва. Існує графічне зображення в системі Декартових координат, що відображають рівень безпеки життєдіяльності ($P_{бжд}$) та рівень економічних витрат (C) при поліпшенні умов праці будь-якого виробництва (рис. 2.2).

Аналіз даної залежності (рис.2.2 $C = f(P_{бжд})$) показує, що з забезпеченні високого рівня безпеки шляхом поліпшення умов праці, зростання витрат ($C_{бжд}$) має гіперболічний характер.

Друга крива відображає супутнє зростання $C_{бжд}$, зменшення різноманітних видів економічної шкоди $C_{уц}$ (витрати на лікування та реабілітацію хворих працівників, штрафні санкції за порушення техніки безпеки, екологічні збитки тощо).

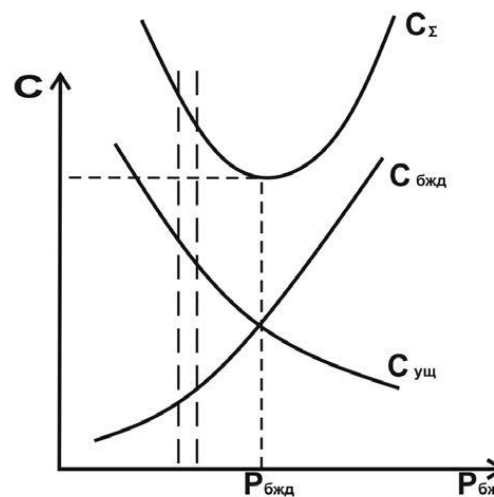


Рис. 2.2. Залежність між витратами поліпшення умов праці (C) і рівнем безпеки ($P_{бжд}$) з виробництва.

Сумарна крива двох залежностей $C_{бжд} = f(P_{бжд})$ та $C_{уц} = f(P_{бжд})$ має деякий екстремум-мінімум:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{бжд}} + C_{\text{ущ}} \quad (2.5)$$

Мінімальне значення суми (2.5) $C_{\Sigma\text{min}}$ є базовою величиною при визначенні прийняттого ризику R^* і може бути використана при визначенні прийняттого рівня безпеки $P^*_{\text{бжд}}$ працівників тваринницького приміщення.

Відповідно до теорії ймовірності, показники R^* і $P^*_{\text{бжд}}$ утворюють повну групу подій і пов'язані між собою таким співвідношенням:

$$P^*_{\text{бжд}} + R^* = 1 \quad (2.6)$$

Дане співвідношення (2.6) може бути використане як важливий критерій покращення умов праці у тваринницькому приміщенні при розробці відповідних технічних систем. У допустимі умови праці, працівник не наражається на небезпеки, а шкідливості не впливають його здоров'ю. У крайньому випадку можливе зниження продуктивності і внаслідок цього ефективності трудової діяльності.

Для кількісної оцінки негативних факторів у тваринницькому приміщенні, крім критерію (2.6), можуть бути використані й інші критерії, такі як: допустимий шкідливий вплив та травмо безпека.

У будь-якому місці тваринницького приміщення з координатами X, Y, Z , масові, енергетичні та інформаційні потоки можуть впливати на Π , яке оцінюється його інтенсивністю I та тривалістю експозиції τ :

$$\Pi(x, y, z) = f(I, \tau). \quad (2.7)$$

$$\text{де } I_v = G / (F \cdot \tau), [\text{г} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})] - \text{для речовини} \quad (2.8)$$

$$I_s = Q / (F \cdot \tau) [\text{Дж} / \text{м}^2 \cdot \text{с}] - \text{для енергії} \quad (2.9)$$

$$I_i = N / \tau [\text{біт} / \text{с}] - \text{для інформації} \quad (2.10)$$

(G - маса речовини, г; F - площа поперечного перерізу потоку, м^2 ;

Q - Енергія в потоці, Дж; N - кількість інформації в двійкових знаків).

Основна умова допустимого шкідливого впливу існуючого потоку Π_v тваринницькому приміщенні на людину та тварин має вигляд:

$$\Pi \leq \Gamma \text{ДП}, \quad (2.11)$$

де Π – реальний показник потоку,

ГДП – гранично допустиме значення потоку.

Потоки речовин у тваринництві практично завжди діють на людину та тварин залежно від зміни концентрації цих речовин у навколишньому середовищі. Тому допустима кількість i -ї речовини G_i , яку необхідно ввести (наприклад, повітря) в об'єм V приміщення з умови відсутності в ньому неприпустимого забруднення i -ю речовиною, визначають за формулою:

$$G_i \leq (\text{ПДК}_i - C_{\text{фi}}) V, \quad (2.12)$$

де ПДК_i – гранично допустима концентрація i -ї речовини в приміщенні;

$C_{\text{фi}}$ – початкове (фонове) забруднення приміщення i -ю речовиною.

Потоки енергії I_e та інформація $I_{\text{и}}$ впливають на людину та тварин безпосередньо. Тому умови допустимості даних показників набувають вигляду:

$$I_i^{\text{п}} \leq \text{ГДУ}_i, \quad (2.13)$$

де $I_i^{\text{п}}$ – інтенсивність i -го потоку енергії чи інформації у тваринницькому приміщенні;

ГДУ_i – гранично допустимий рівень інтенсивності i -го потоку енергії чи інформації.

Імовірність впливу травмонебезпечних факторів на працівника тваринницького приміщення оцінюють величинами індивідуального ризику (2.3), (2.4), коли потоки енергії I_e від джерела негативного впливу виникають раптово, стрімко наростають і досягають надмірно небезпечних значень.

Таким чином тваринницькі приміщення, як виробниче середовище, вважається допустимим для трудової діяльності людини і для утримання тварин, якщо в ній дотримано нормативні вимоги параметрів мікроклімату, освітлення, гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі (ГДК), гранично допустимих рівнів енергетичних впливів (ГДУ), гранично допустимих викидів газоподібних речовин (ГДВ) та гранично допустимих скидів рідких шкідливих речовин (ГДС).

Значення параметрів мікроклімату, освітлення, ГДК, ГДУ, ГДВ та ГДС для допустимих умов праці встановлено державними нормативними актами.

2.2. Динамічні характеристики підсистеми: «людина – тваринницьке приміщення»

У підрозділі 2.1 розглянуто характерні стани підсистеми: «людина – тваринницьке приміщення» у формалізованому вигляді без виявлення якісних та кількісних взаємозв'язків вхідних та вихідних змінних.

При аналізі динамічних характеристик підсистеми «людина- тваринницьке приміщення» умова праці розглядається як функція даної системи, де існують певні взаємозв'язки, залежності вхідних та вихідних змінних, які виявляються на основі експериментальних досліджень або розрахунковим шляхом з урахуванням фізичних, хімічних та біологічних факторів.

Динаміка зміни концентрацій двоокису вуглецю $G_{уд}$ і водяної пари q_v за часом при певній температурі t_v повітря всередині корівника і зовні t_n без примусової вентиляції має гіперболічний характер, що нагадує зростаючу експоненту.

У кожному окремому випадку залежно від поголів'я корів у приміщенні концентрація змінних $G_{уд}$ і q_v змінюється, проте ці залежності однотипні. Тому для опису досліджуваних процесів можна використовувати загальний вигляд математичної моделі, що відрізняються один від одного за величиною початкового рівня (кількість корів у приміщенні та умови їх утримання) або швидкості процесу і розглядати їх як реалізацію одного й того самого процесу.

Можливі взаємозв'язки вхідних та вихідних факторів у підсистемі: «людина – тваринницьке приміщення» представлені на рис. 2.3.

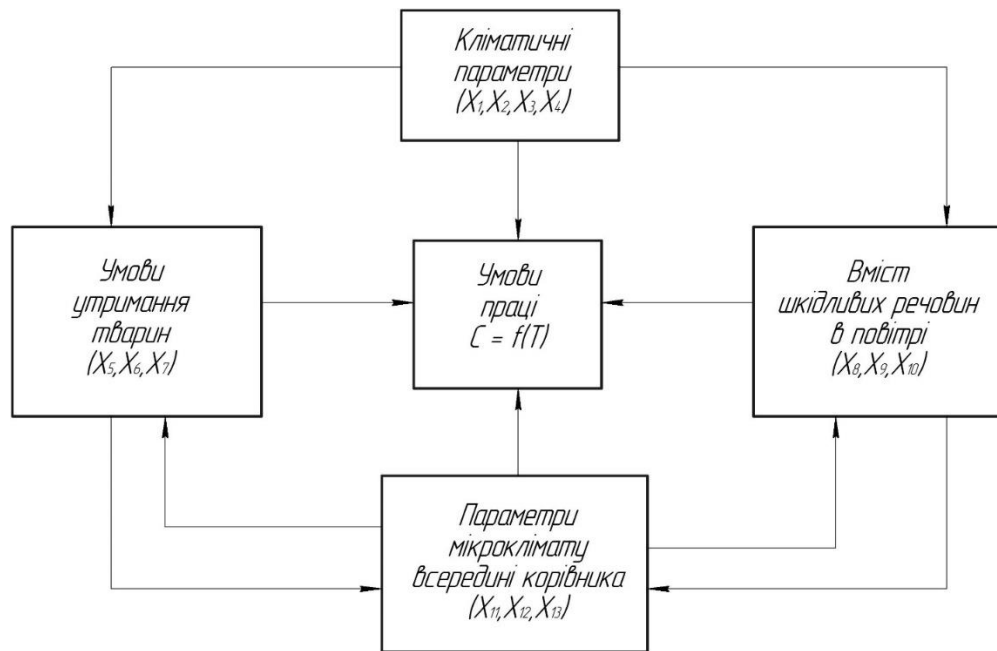


Рис. 2.3. Комплекс факторів та їх взаємозв'язок у підсистемі: «людина-тваринницьке приміщення»: X_1 – температура, X_2 – відносна вологість, X_3 – швидкість руху повітря, зовні приміщення, X_4 – барометричний рух повітря, X_5 – кількість корів у приміщенні, X_6 – умови утримання тварин, X_7 – кратність збирання гною, X_8 – концентрація двоокису вуглецю, X_9 – водяної пари у повітрі приміщення; X_{10} – X_{11} – температура, X_{12} – відносна вологість, X_{13} – швидкість руху повітря всередині приміщення.

Даною схемою представлена залежність умови праці як функції часу від факторів, що її визначають. Як видно створення необхідних умов праці в тваринницькому приміщенні, це приклад однієї зі складних динамічних систем, оскільки охоплює безліч взаємопов'язаних факторів ($X_1 - X_{13}$), що виступають як єдине ціле.

Вимірюваними входними змінними даної підсистеми є кліматичні фактори (X_1 - X_4), умови утримання тварин (X_5 - X_7), вміст шкідливих речовин у повітрі (X_8 - X_{10}), а вихідними параметрами, які також є вимірюваними - параметри мікроклімату (X_{11} - X_{13}).

Проблема створення необхідних умов праці у виробничих приміщеннях насамперед залежить від кліматичних факторів, оскільки ці фактори відносяться до випадкових явищ і можуть створювати невизначеність у підсистемі: «людина

– тваринницьке приміщення». Динаміка досліджуваної підсистеми зрештою має виділити керовані параметри, незалежно від кліматичних чинників, зміна яких створить необхідні умови праці та утримання тварин. Такі завдання можна вирішити як загальновідоме завдання – «завдання управління». Якісне формулювання даної задачі стосовно системи «людина – тваринницьке приміщення» показано на рис. 2.4.

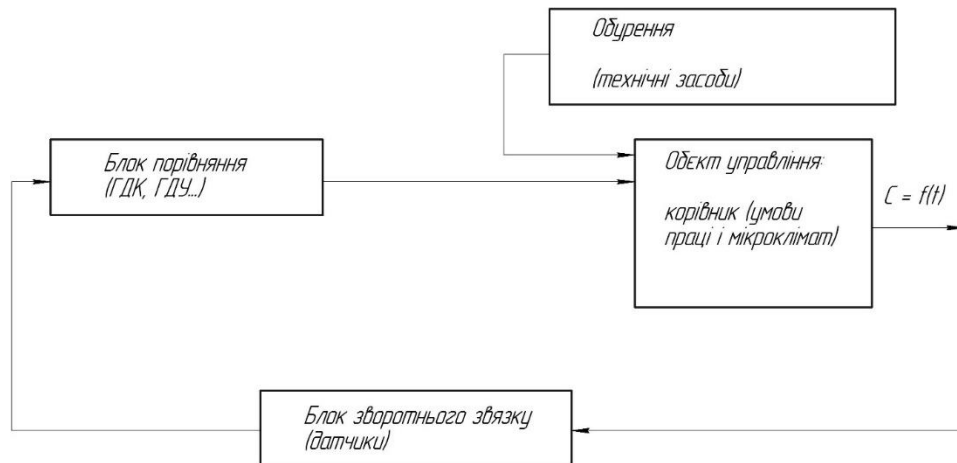


Рис. 2.4. Схема управління підсистемою «людина – тваринницьке приміщення»

У цій схемі об'єктом управління є корівник, де відбувається сукупність технологічних процесів, у корівнику необхідно забезпечити допустимі умови праці та параметри мікроклімату (С), у часі (Т). Вихідна функція $C = f(t)$ – регульована змінна з допомогою технічних засобів (засобів обурення). Видачу сигналів зворотного зв'язку здійснюють датчики температури, вологості та шкідливих речовин (блок зворотного зв'язку). Порівняння вихідних сигналів $C(t)$ з нормативами у вигляді ГДК, ГДУ і т.п. виконують блок порівняння. Система зворотного зв'язку, у разі підвищення ГДК, ГДУ і т.п. вносять корективи за допомогою технічних засобів, домагаючись співвідношення:

$$C = f(T) \leq \text{ГДК (ГДУ)}.$$

Залежно $G_{\text{уд}} = f(T)$ і $q_{\text{в}} = f(T)$ за експериментальними даними представляють класичну експоненту.

$$C(t) = C_0 \cdot L^{kt}, \quad (2.14)$$

де C_0 – величини початкової концентрації шкідливих речовин;

K – коефіцієнти, що характеризуються інтенсивність процесів;

T – час.

Апроксимація кожної кривої проводилася за допомогою формули Лангранжа і методом послідовного виділення трендів шляхом визначення кількісних значень C_0 і K .

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ УМОВ ПРАЦІ У ТВАРИННИЦЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ

3.1. Конструктивно-технологічна схема децентралізованої системи обігріву, кондиціювання та освітлення корівника з використанням біогазової технології

Тваринницькі ферми сільськогосподарських підприємств з виробництва молока здебільшого однотипні. Це корівник у вигляді будівлі розрахований на певну кількість поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ), де відбуваються такі технологічні процеси: утримання корів, їх годування, напування, доїння, первинна обробка молока та прибирання гною, тобто майже всі технологічні процеси виконуються всередині однієї будівлі (корівнику).

Лише в деяких господарствах, для первинної обробки молока відведено окреме або примикаюче приміщення. Причому корівники в господарствах в основному функціонують в осінньо-зимові періоди року, коли створення нормальних умов праці персоналу та мікроклімату всередині приміщень ускладнене, через кліматичні зміни.

Через ці причини недоліками існуючих корівників є: незадовільні санітарно-гігієнічні умови праці обслуговуючого персоналу та утримання тварин; великі витрати енергії на примусову (механічну) вентиляцію, обігрів та освітлення. Крім того, оскільки доїння корів проводяться в корівнику, де забруднене повітря стикається з молоком, збільшується кількість мікробів у молоці, якість його знижується.

Для усунення зазначених недоліків розроблено безліч технологічних варіантів і конструктивних рішень і було досягнуто певних результатів відповідно до поставлених завдань.

Під час розроблення вдосконаленого варіанта корівника нами раціонально використано наявні розробки з метою поліпшення умов праці та мікроклімату з

урахуванням першого кола небезпек (шкідливих чинників), що зазначені на рис. 3.1.

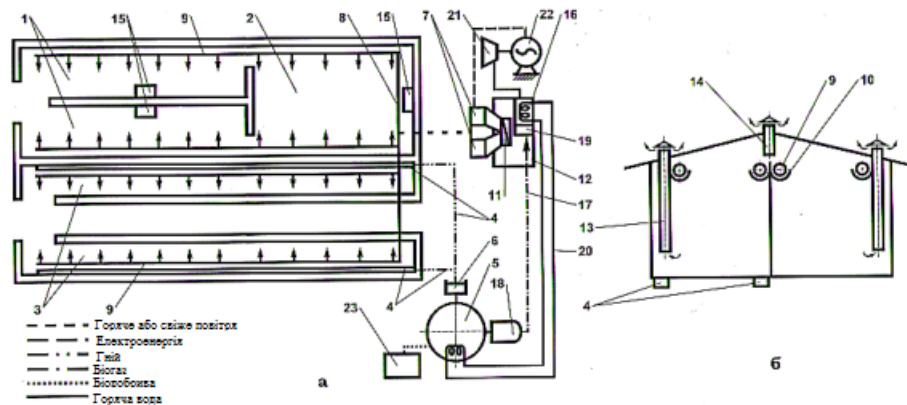


Рис. 3.1. Конструктивно-технологічна схема децентралізованої системи вентиляції, обігріву, кондиціонування та освітлення корівника: а – вигляд зверху; б – поперечний розріз. 1 – приміщення для доїння корів; 2 – приміщення для первинної обробки молока; 3 – приміщення для годівлі, напування та відпочинку тварин; 4 – канавки; 5 – біогазова установка; 6 – приймач гною; 7 – вентилятори; 8, 9 – повітропроводи; 10 – жолоб; 11 – електрокалорифер; 12 – приміщення газової топки; 13, 14 – витяжні шахти; 15 – кондиціонери; 16 – котел; 17 – трубопровід для біогазу; 18 – газгольдер; 19 – газова топка; 20 – трубопровід; 21 – парова турбіна; 22 – генератор; 23 – сховище біодобрива.

Для цього будівля корівника розділена на приміщення:

- приміщення 1 для доїння корів;
- приміщення 2 для первинної обробки молока;
- приміщення 3 для годівлі, напування та відпочинку тварин.

Енергопостачання децентралізованої системи здійснюється за допомогою біогазової установки шляхом переробки гною як біомаси. При цьому можна отримати метан і другий цінний продукт біодобриво.

Для прибирання гною з приміщення 3 застосовується гідрозмив. Гній канавками 4 подається в біогазову установку 5, через приймач 6.

Система вентиляції корівника складається з двох відцентрових вентиляторів 7, заблокованих між собою, які з'єднані з магістральними 8 і роздатковими 9 повітропроводами, що розташовані вздовж бічних стін у верхній

зоні приміщення. Під роздавальними повітропроводами підвішені жолоби 10 для збирання та відведення вологи, що кондиціонує. У систему вентиляції входить електрокалорифер 11 встановлений у приміщенні газової топки 12. Витяжні шахти 13 розташовані по периферії корівника з розміщенням повітрозабірних патрубків у нижній зоні, інші витяжні шахти 14 розташовані по центру приміщення з розміщенням повітрозабірних патрубків над повітропроводами. На цих витяжних шахтах змонтовано датчики контролю вологості, температури та концентрації шкідливих речовин внутрішнього повітря, які пов'язані з електроприводами вентиляторів і калорифера.

У приміщенні 1 для доїння корів і первинної обробки молока 2 встановлено кондиціонери 15.

Для підігріву води в котлі 16 трубопроводом 17 подається біогаз у газову топку 19. Гаряча вода циркулює трубопроводом 20 для створення мезофільного режиму (температура сировини доводиться до 37°C) у реакторі біогазової установки. Без цього режиму, особливо в зимову пору року, анаеробне бродіння гною не відбувається. Крім цього гаряча вода використовується для побутових потреб.

Основним призначенням газової топки є те, що вона використовується як привід парової турбіни 21 генератора 22. При цьому генератор як джерело електричної енергії постачає електрикою електроприводи вентиляторів калорифера, кондиціонера, а також використовується для освітлювальних приладів.

Перероблений гній у біогазовій установці, у вигляді біодобрива надходить у сховище 23. Продукти горіння біогазу у вигляді вуглекислого газу можна використовувати в теплиці для поліпшення фотосинтезу рослин.

Децентралізована система працює таким чином. Гній із приміщення 3 надходить канавками 4 до приймача 6, далі до реактора біогазової установки 5, де піддається анаеробному бродінню в мезофільному режимі (37°C). Такий режим у реакторі підтримується за рахунок циркуляції гарячої води між

біогазовою установкою 15 і котлом 16. При цьому для нагрівання води в котлі використовується біогаз із газгольдера 18. Така система підігріву реактора біогазової установки дає змогу виробляти біогаз у будь-яку пору року.

Вентиляція приміщення 3, де тварини утримуються більшу частину часу, крім часу доїння, здійснюється постійно. Вентиляція приміщень 1 для доїння корів 2 і первинної обробки молока здійснюється тільки під час доїння корів, а решту часу в даних приміщеннях працюють кондиціонери 15.

Два вентилятори працюють в автоматичному режимі. Спочатку один із вентиляторів 7 подає припливне повітря в обсязі, достатньому для створення розрахункового повітрообміну в приміщенні 3. У разі порушення температурного режиму (якщо температура приміщення підвищується від встановленого) вмикається другий вентилятор, у міру досягнення встановлених параметрів мікроклімату один із вентиляторів відключається. Припливне повітря, проходячи магістральним 8 і роздатковим 9 повітропроводом, обігривається за рахунок біологічного тепла тварин. При цьому утворюється конденсат вологи, яка по жолобах 10 відводиться.

Конденсат можна використовувати для зрошення кормів, оскільки в ньому містяться у великій кількості аміак, який сприяє підвищенню продуктивності тварин.

У зимовий період року швидкість руху повітря повітропроводами знижується до 1,5 м/с, і на теплообмінний процес включають електрокалорифер 11. При цьому відбувається обігрів і осушення приміщення відповідно до нормативних параметрів мікроклімату. Витяжка внутрішнього повітря в холодну пору року відбувається з нижньої зони приміщення за допомогою шахт 13. При цьому до 70 % внутрішнього повітря витягуються через ці шахти. Решта 30 % об'єму внутрішнього повітря видаляється через нещільні приміщення (двері, вікна, ворота).

У перехідний період, коли швидкість руху припливного повітря підвищується (до 6...7 м/с) витяжка внутрішнього повітря в основному здійснюється через шахти 14.

3.2. Обґрунтування параметрів та режиму роботи технічних систем

На об'єкті дослідження основним способом утримання тварин є стійлово-вигульне, незалежно від пори року. Потреба теплової та електричної енергії для забезпечення мікроклімату в тваринницьких приміщеннях зростає восени - зимовий період, орієнтовно з жовтня до березня. У цьому періоді збільшується час стійлового утримання тварин. При обґрунтуванні параметрів та режиму роботи технічних систем корівник розглядається як біотехнічна система, де має місце технологічний процес забезпечення мікроклімату у двох видах залежно від пори року:

- тепло тварин (ТТ) – тепла енергія опалювального пристрою (О); - мікроклімат (МК), (ТТ – О – МК);
- тепло тварин (ТТ) – вентилятор (В) – мікроклімат (МК), (ТТ – В – МК).

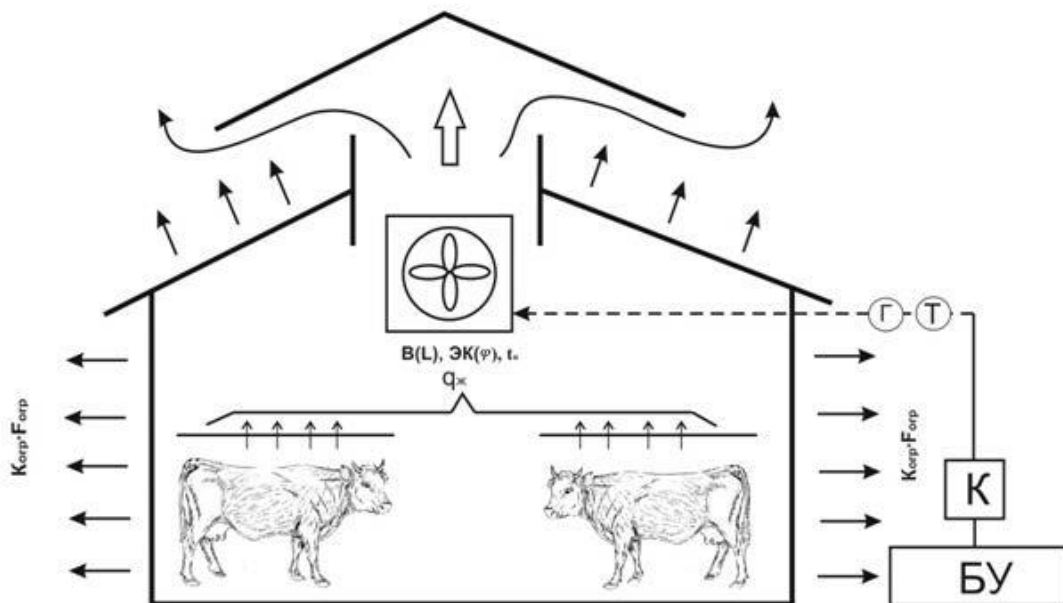


Рис. 3.2. Технологічна схема забезпечення мікроклімату в корівнику : В – вентилятор; ЕК – електрокалорифер; Г – генератор; Т – парова турбіна; К – котел; БУ – біогазова установка.

Теоретичний опис даних технологічних процесів можна здійснити за допомогою наступних залежностей:

- тепло продуктивність технологічного процесу «ТТ – О – МК»

$$q_T = \frac{\varphi[q_{ж-к_{огр}}(t_m - t_B)] - \varphi[q_{ж-к_{огр}}(t_m - t_H)] \cdot \exp(-\tau \frac{к_{огр}}{C_B})}{(\varphi - 1) [1 - \exp(-\tau \frac{к_{огр}}{C_B})]}, \quad (3.1)$$

- холодопродуктивність технологічного процесу «ТТ – В – МК»

$$q_X = \frac{q_{ж-к_{огр}}(t_m - t_B) - [q_{ж-к_{огр}}(t_m - t_H)] \exp(-\tau \frac{к_{огр}}{C_B})}{1 - \exp(-\tau \frac{к_{огр}}{C_B})}, \quad (3.2)$$

Закономірність зміни температури повітря всередині корівника (t_B) для обох аналізованих процесів має вигляд:

$$t_B = t_m - \frac{1}{к_{огр}}(q_X - q_{ж}) - \frac{1}{к_{огр}} [q_{ж-к_{огр}}(t_m \pm t_H)] \exp(-\tau \frac{к_{огр}}{C_B}), \quad (3.3)$$

де t_m – температура атмосферного повітря розрахункового періоду, °С;

t_B – температура приміщення, °С;

$к_{огр}$ – коефіцієнт теплопередачі огороження корівника, кДж/м²·год·°С;

$q_{ж}$ – тепло тварин, кДж;

t_H – нормативна температура приміщення, °С;

C_B – теплоємність повітряного середовища, кДж/кг·°С;

τ – тривалість часу забезпечення мікроклімату корівника, год;

φ – коефіцієнт перетворення температури опалювального пристрою.

Коефіцієнт теплопередачі огорожі корівника:

$$K_{огр} = \sum_{n=1}^n K_{огр} \cdot F_{огр}, \quad (3.4)$$

де $F_{огр}$ – площа n-го огороження, м²;

Тепло, що виділяється тваринами

$$q_{ж} = \sum_{i=1}^k n_i \cdot q_i \cdot a_1 \cdot a_2, \quad (3.5)$$

де $n_i \cdot q_i$ – кількість теплоти, що виділяється n_i тваринами, кДж;

$a_1 \cdot a_2$ – коефіцієнт тепло та вологовиділень тваринами залежно від температури приміщень (t_b) та часу доби (для денного $a_2=1$; нічного $a_2 = 0,8$).

Теплоємність повітряного середовища

$$C_B = c \cdot V \cdot \rho_B \quad (3.6)$$

де c – питома теплоємність повітря, кДж / кг °С (1кДж / кг °С);

V – обсяг повітря у корівнику, м³;

ρ_B – щільність повітря, кг/м³.

Розглянемо технологічний процес "ТТ - О - МК", ($t_b > t_n$).

Корівник опалюється для дотримання нормативної температури t_n .

При $t_b > t_n$ тепловий потік Q направиться зсередини назовні і виникнуть такі ситуації:

- сприйняття тепла внутрішньою поверхнею стіни та горищного перекриття корівника;
- перехід тепла через товщу стін та горищного перекриття;
- віддача тепла зовнішньою поверхнею.

Схема тепловіддачі через стіни та горищні перекриття корівника показано на рис. 3.3.

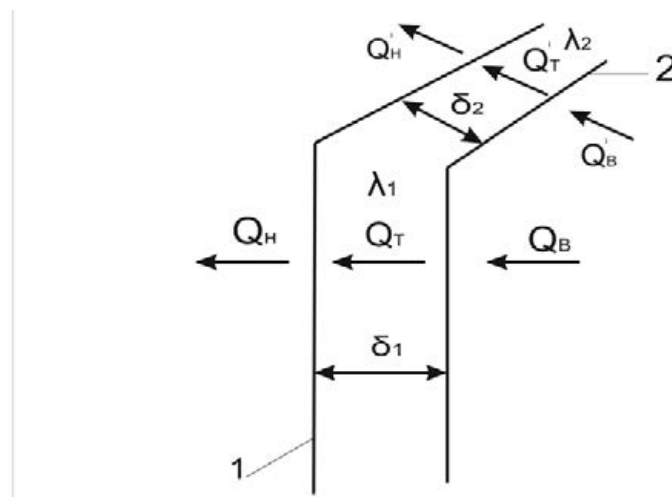


Рис. 3.3. Тепловіддача через стіну та горищні перекриття корівника: 1 – стіна; 2 – горищні перекриття

Кількість тепла, що сприймається внутрішньою поверхнею стінок Q_B складається зі свого конвективного $Q_{к.в.}$ та променистого $Q_{л.в.}$ тепла.

$$Q_B = Q_{к.в.} + Q_{л.в.} \quad (3.7)$$

Допускається, що температура на внутрішніх поверхнях всіх внутрішніх огорож корівника постійна в будь-якій їх точці, за формулою Ньютона - Ріхмана знаходимо:

$$Q_B = \alpha_{к.в.}(t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau + \alpha_{л.в.}(t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau = \alpha_B(t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau, \quad (3.8)$$

де α_B – сумарний коефіцієнт теплосприйняття для внутрішньої поверхні стін корівника, $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C}$;

Кількість тепла, що проходить через товщу стін

$$Q_T = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau \quad (3.9)$$

де δ_1 – товщина стін, м;

λ_1 – коефіцієнт теплопровідності стін корівника.

Кількість тепла, що віддається зовнішньою поверхнею стін Q_H складається також зі свого конвективного $Q_{к.н.}$ та променистого $Q_{л.н.}$ тепла:

$$Q_H = \alpha_{к.н.}(t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau + \alpha_{л.н.}(t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau = \alpha_H(t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau, \text{кДж} \quad (3.10)$$

де α_H – сумарний коефіцієнт тепловіддачі для зовнішньої поверхні стін корівника, $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C}$.

При режимі забезпечення мікроклімату в корівнику кількості тепла Q_B , Q_T і Q_H врівноважуються:

$$Q_B = Q_T = Q_H = Q_{огр} \quad (3.11)$$

отже:

$$Q_1 = \alpha_B(t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau = \alpha_H(t_H - t_m) F_{огр} \cdot \tau; \text{кДж}$$

або

$$\frac{Q_1}{\alpha_B \cdot F_{огр} \cdot \tau} = t_H - t_m; \frac{Q_1}{\frac{\delta}{\lambda_1} F_{огр} \cdot \tau} = t_H - t_m; \frac{Q_1}{\alpha_H \cdot F_{огр} \cdot \tau} = t_H - t_m. \quad (3.12)$$

Шляхом математичних перетворень рівнянь (3.12) маємо:

$$Q_{огр} = \frac{t_H - t_m}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_H}} \cdot F_{огр} \cdot \tau \quad (3.13)$$

при $t_H - t_m = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, $F_{огр} = 1 \text{ м}^2$ і $\tau = 1 \text{ год}$.

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_H}} = K = K_{огр}, \quad (3.14)$$

де $K = K_{огр}$ – коефіцієнт теплопередачі стін корівника, $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{}^\circ\text{C}$;

Величина зворотна, характеризує загальний термічний опір R огороження корівника

$$R = \frac{1}{K}, \quad (3.15)$$

Аналогічно і величини, обернені α_B і α_H , також термічні опори: сприйняттю $R_B = 1/\alpha_B$ і віддачі тепла $R_H = 1/\alpha_H$, а величина $R_0 = \delta/\lambda$ – термічний опір матеріалу.

З урахуванням конкретної конструкції матеріалу $R_0 = \delta/v \cdot \lambda$, де поправний коефіцієнт ($v = 1,1 \dots 1.2$).

Визначити значення R_B , R_H , R_0 та $K_{огр}$ можна за допомогою довідникових даних з урахуванням експлуатаційних, санітарно-технічних, конструктивних та інших вимог.

Аналогічно визначаються тепловіддача через горищне перекриття корівника при $t_B > t_m$.

$$Q_{ч.п} = \frac{t_H - t_m}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H}} \cdot F_{ч.п} \cdot \tau \quad (3.16)$$

де $F_{ч.п}$ – площа горищного перекриття, м^2 ;

δ_2 – товщина горищного перекриття, м ;

λ_2 – коефіцієнт теплопровідності горищного перекриття.

Отже основні тепловтрати корівника при $t_n > t_m$ становлять суму $Q_{огр} + Q_{ч.п}$.

Однак, також має місце додаткові втрати тепла на нагрівання припливного повітря $Q_{пр}$, а випаровування вологи $Q_{вип}$ та на інфільтрацію повітря $Q_{інф}$.

Для повного обліку тепловтрат складемо рівняння теплового балансу корівника:

$$Q_{оу} = (Q_{огр} + Q_{ч.п} + Q_{пр} + Q_{вип} + Q_{інф}) - q_{ж} \quad (3.17)$$

де $Q_{оу}$ – тепловий потік, що надходить у корівник від опалювального пристрою.

Тепло, що витрачається на нагрівання припливного повітря, визначається за формулою:

$$Q_{пр} = [W \cdot \rho_v \cdot c (t_n - t_m)] \tau, \quad (3.18)$$

де W – розрахунковий повітрообмін корівника, $m^3/год$;

Витрата теплоти на випаровування вологи:

$$Q_{вип} = [n \cdot q_i \cdot k_t (1 + \zeta)] \tau, \quad (3.19)$$

де n – число тварин, голів;

q_i – тепловиділення однією твариною ($q_i = 799$ Вт);

k_t – коефіцієнт, що враховує зміну кількості виділених тваринам водяної пари в залежності від температури повітря корівника ($k_t = 1$);

ζ – коефіцієнт, рівний для корівників ($\zeta = 0,1 \dots 0,25$).

Теплові втрати на інфільтрацію зовнішнього повітря, що інфільтрується через притвори вікон, дверей та воріт для тваринницьких приміщень, приймають рівними 30% основних втрат.

$$(Q_{огр} + Q_{ч.п}) \text{ тобто } Q_{інф} = 0,3(Q_{огр} + Q_{ч.п}) \quad (3.20)$$

Підставляючи (3.13), (3.16), (3.18), (3.19) та (3.20) у рівняння теплового балансу (3.17) маємо:

$$Q_{оу} = \{0,3 \cdot \tau (F_{огр} + F_{ч.п}) \left[\frac{t_n - t_m}{R_v + \frac{\delta_1}{\lambda_2} + R_n} + \frac{t_n - t_m}{R_v + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + R_n} \right] + W \cdot \rho_v \cdot c (t_n - t_m) + \right. \quad (3.21)$$

$$\left. q_{ж}^1 \cdot n \cdot k_t (1 + \zeta) \right\} - q_{ж} \tau$$

Досліджуваний корівник має стандартну будову із силікатної цегли та горищного покриття із залізобетонних плит із бітумним покриттям. З огляду на це спростимо рівняння (3.21) шляхом попередніх розрахунків деяких величин.

Загальний опір теплопередачі огорожі (стіни корівника) із силікатної цегли становить:

$$R_{\text{огр}} = R_{\text{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + R_{\text{н}} = 0,948, (\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}),$$

де $\delta_1 = 0,64$ м, $\lambda_1 = 0,81$ Вт/м²·°C, $R_{\text{в}} = 0,115$ м²·°C /Вт,

$$R_{\text{н}} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Загальний опір теплопередачі горищного перекриття корівника із залізобетонних плит бітумного покриття дорівнює:

$$R_{\text{ч.п}} = R_{\text{в}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + R_{\text{н}} = 0,198, (\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт})$$

де $\delta_2 = 0,08$ м, $\lambda_2 = 1,97$ Вт/м²·°C, $R_{\text{в}} = 0,115$ м²·°C /Вт,

$$R_{\text{н}} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

При відомих величин $\rho_{\text{в}} = 1,22$ кг/м³; $c = 1$ кДж/кг ·°C, тепло, що витрачається на нагрівання припливного повітря дорівнює:

$$\begin{aligned} Q_{\text{пр}} &= [W \cdot 1,22 \cdot 1(t_{\text{н}} - t_{\text{м}})] \tau = \frac{1000}{3600} \cdot 1,22 [W(t_{\text{н}} - t_{\text{м}})] \tau = \\ &= 0,278 \cdot 1,22 [W(t_{\text{н}} - t_{\text{м}})] \tau = 0,339 [W(t_{\text{н}} - t_{\text{м}})] \tau, (\text{Вт} \cdot \text{год}) \end{aligned}$$

Також при відомих величинах $q = 799$ Вт; $K_t = 1$; $\zeta = 0,2$, витрата теплоти на випаровування вологи дорівнює:

$$Q_{\text{вип}} = [n \cdot 799 \cdot 1(1+0,2)] \tau = 958,8 \cdot n \cdot \tau (\text{Вт} \cdot \text{год})$$

Відповідно до формули (3.5) тепло, що виділяються тваринами

$$q_{\text{ж}} = \sum_{i=1}^K n_i \cdot q_i \cdot a_1 \cdot a_2 = n \cdot 799 \cdot 0,8 \cdot 1 = (639,2 \cdot n) \tau, (\text{Вт} \cdot \text{год})$$

З урахуванням розрахункових величин рівняння теплового балансу (3.21) має такий вигляд:

$$Q_{\text{оу}} = \tau \{ 0,3(F_{\text{огр}} + F_{\text{ч.п}}) \left[\frac{t_{\text{н}} - t_{\text{м}}}{0,948} + \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{м}}}{0,198} \right] + 0,339[W(t_{\text{н}} - t_{\text{м}})] + 958,8 \cdot n \} - 639,2 \cdot n \quad (3.22)$$

Таким чином, було отримано формулу (3.22) для розрахунку теплопродуктивності опалювального пристрою (Q_{oy}) залежно від температури атмосферного повітря (t_m , °C). Ця формула еквівалентна формулі (3.1) теплопродуктивності технологічного процесу «ТТ – О – МК».

Тому залежності (3.22) та (3.1) дозволяють визначити теплову (потрібну) потужність опалювального пристрою:

$$P_{oy} = \frac{Q_{oy}}{\tau} = \frac{1000 q_{ж}}{\tau} \text{ (кВт)} \quad (3.23)$$

Відповідно до технологічної схеми забезпечення мікроклімату в корівнику дану потужність P_{oy} споживає генератор (Г) для забезпечення роботи електрокалорифера (ЕК) або вентилятора (В). Джерелом теплової енергії для роботи парової турбіни (Т) є біогазова установка (БУ). Потрібна витрата біогазу $q_{бг}$, що спалюється в котлі (К):

$$q_{бг} = \frac{P_{oy}}{Q_T^{бг} \cdot \eta_{г}} \left(\frac{м^3}{ч} \right), \quad (3.24)$$

де $Q_T^{бг}$ – теплотворна здатність біогазу, кДж/м³;

$\eta_{г}$ – к.к.д. генератора.

Витрата біогазу за опалювальний сезон

$$G_{бг} = \frac{q_{бг} (t_n - t_m) 24 \cdot \tau_0}{t_n - t_m}, \quad (3.25)$$

де τ_0 – тривалість опалювального періоду, дні.

Необхідна поверхня нагрівання електрокалорифера:

$$F = \frac{a P_{oy}}{k \Delta t}, \quad (3.26)$$

де a – коефіцієнт запасу;

Δt – різниця середніх температур, °C;

$$\Delta t = \frac{t_r + t_o}{2} - \frac{t_{np} - t_B^1}{2}, \quad (3.27)$$

де t_r і t_o , t_b^1 і $t_{пр}$ – температура теплоносія та повітря на вході та виходу їх з калорифера, °С.

Розглянемо технологічний процес «ТТ – В – МК»; $t_b \leq t_m$.

Для дотримання нормативної температури t_n у корівнику при $t_b \leq t_m$ здійснюється вентиляція приміщення (без обігріву повітря).

Коли температура атмосферного повітря t_m вище 15 °С в обсяг корівника надходить тепло від сонячної радіації і від самих тварин $q_{ж}$.

Теплонадходження від сонячної радіації:

для зашкленних отворів

$$Q_o = q_o \cdot F_o \cdot A_o, \quad (3.28)$$

для покриттів

$$Q_{п} = q_{п} \cdot F_{п} \cdot K_{ч.п}, \quad (3.29)$$

де q_o та $q_{п}$ – величина радіації залежно від орієнтації та географічної широти;

F_o , $F_{п}$ – поверхні скління та покриття, м²;

$K_{ч.п}$ – коефіцієнт теплопередачі покриття, кДж/м² · год · °С;

A_o – коефіцієнт, що враховує скління.

Також теплонадходження в корівник може бути від штучного освітлення:

$$Q = \Sigma N \cdot \varepsilon, \quad (3.30)$$

де ΣN – споживана потужність одночасно включених світильників, кВт;

ε – теплоелектричний еквівалент, кДж/кВт.

Окрім тепловиділень, при вентиляції корівника необхідно враховувати вологовиділення та виділення шкідливих газів.

На підставі існуючих методик, при обґрунтуванні параметрів вентиляційної системи корівника враховано вище названі основні складові та отримано рівняння повітрообміну. При цьому використано загальновідомі залежності розрахунку повітрообміну.

Рівняння повітрообміну корівника передбачає нерівності припливного повітря $L_{\text{п}}$ та видаленого $L_{\text{в}}$, а саме обсяг припливного повітря $L_{\text{п}}$ повинен перевищувати обсяг витяжки $L_{\text{в}}$ на 10-15 %:

$$W = L_{\text{п}} = (1,1 - 1,15) L_{\text{в}} \quad (3.31)$$

Необхідний повітрообмін для тваринницьких приміщень приймається найбільшим з розрахункових величин з урахуванням забезпечення необхідних параметрів мікроклімату. Тому необхідно знайти розрахункові величини повітрообміну стосовно існуючого корівника.

Повітрообмін при розрахунку надлишок концентрації вуглекислоти:

$$W_1 = \frac{G_{\text{в}}}{G_{\text{уд}} - G_{\text{уп}}} \cdot n = \frac{142 \cdot 200}{2,5 - 0,3} = 12491 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $G_{\text{в}} = 142 \text{ л/год}$; $G_{\text{уд}} = 2,5 \text{ л/м}^3$; $G_{\text{уп}} = 0,3 \text{ л/м}^3$

Повітрообмін при розрахунку надлишку вологи:

$$W_2 = \frac{W_{\text{ж}} + W_{\text{н}}}{(q_{\text{в}} + q_{\text{н}}) \rho_{\text{в}}} = \frac{91000 + 22750}{(5,5 + 0,3) \cdot 1,22} = 16075,46 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $W_{\text{ж}} = n \cdot \omega \cdot k_{\text{т}} = 200 \cdot 455 \cdot 1 = 91000 \text{ г/год}$ ($\omega = 455 \text{ г/год}$; $k_{\text{т}} = 1$).

$W_{\text{н}} = \zeta \cdot W_{\text{ж}} = 0,25 \cdot 91000 = 22750 \text{ г/год}$ ($\zeta = 0,25$).

$q_{\text{в}} = 5,5 \text{ г/кг}$; $q_{\text{н}} = 0,3 \text{ г/кг}$ (визначено за $H - d$ діаграмою).

Необхідний повітрообмін за надлишковою теплотою при різниці температур $t_{\text{в}}$ і $t_{\text{пр}}$ не більше $15 \text{ }^\circ\text{C}$ буде значно меншим у порівнянні W_1 і W_2 . Тому за розрахунковий повітрообмін приймаємо W_2 за надлишками вологовиділення.

Потрібна потужність вентилятора для забезпечення даного повітрообміну (W_2) у корівнику

$$P_{\text{в}} = \frac{W_2 \cdot P}{3,6 \cdot 10^{-6} \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad (3.32)$$

де P – повний тиск, який має розвивати вентилятор (опір вентиляційної системи), Па;

$\eta_{\text{в}}$ – к.к.д. вентилятора; $\eta_{\text{п}}$ – к.к.д. передачі.

$$P = 1,1 [\Sigma (R \cdot \ell + z) + P_{д.вих} + P_k] \quad (3.33)$$

де 1,1 – запас тиску на непередбачені опори;

$\Sigma (R \cdot \ell + z)$ – втрати тиску на тертя у місцевих опорах найбільш протяжної гілки вентиляційної мережі, Па;

$P_{д.вих}$ – динамічний тиск на виході з мережі, Па;

P_k – опір калориферу, Па;

ℓ – довжина ділянки повітроводу, м.

Втрата тиску в місцевих опорах ділянки повітроводу визначається за формулою:

$$z = \Sigma \zeta \cdot P_d \quad (3.34)$$

де ζ – сума коефіцієнтів місцевих опорів;

P_d – динамічний тиск потоку повітря, Па

$$P_d = \frac{v^2 \rho_v}{2} \quad (3.35)$$

де v – швидкість руху повітря в трубопроводі, м / с;

За допомогою залежностей (3.32), (3.33) та (3.34) здійснено вибір типу електрокалорифера та вентилятора для досліджуваного корівника.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розробка технічних систем покращення умов праці та мікроклімату тваринницьких приміщень продиктована світовими тенденціями збереження здоров'я людини, підвищення продуктивності тварин, екологічними вимогами та динамічним подорожчанням цін на електроенергію.

Промислові системи обігріву та вентиляції повітря тваринницьких приміщень є енергоємними. Частка витрат енергії на вентиляцію та обігрів становить 40-60%, що обмежує їх застосування у тваринницьких приміщеннях.

Запропонована технічна система поліпшення умов праці та мікроклімату корівника представлена функціонуючою в часі біотехнічною системою, що складається з технічних засобів обігріву, вентиляції та кондиціонування повітря, що забезпечує взаємодію з довкіллям та тваринами через мікроклімат. Джерелом теплової та електричної енергії для функціонування системи є біогазова установка, як автономне джерело, що використовує власну сировину (гній) і як регулюючий елемент функціонування системи.

Обґрунтовано основні параметри та режими роботи технічних систем шляхом дослідження біотехнічної системи у двох варіантах: «тепло тварин – тепла енергія опалювального пристрою – мікроклімат» та «тепло тварин – вентилятор – мікроклімат». Аналітичним методом виведено формули теплового балансу корівника для розрахунку теплопродуктивності опалювального пристрою, теплової потужності, необхідної витрати біогазу та поверхні нагрівання електрокалорифера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Волощук В. М., Хоценко А. В. Вплив високих температур повітря на етологічні і фізіологічні показники лактуючих корів. Науковий журнал Зернові культури ІЗК НААН України. Дніпро, 2018. Том 2, № 2. С. 393–397.
2. Жукорський О. М. Екологічні основи виробництва яловичини та механізми формування м'ясної продуктивності великої рогатої худоби: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.02.16. Київ, 2010. 41 с.
3. Жукорський О. М. Напрями біометеорологічних досліджень в тваринництві. Агроекологічний журнал. Київ, 2010. № 2. С. 87–93.
4. Волощук В. М., Хоценко А. В. Динаміка температури повітря та внутрішніх елементів конструкції корівника каркасного типу за дії факторів зовнішнього середовища. Вісник Сумського НАУ. Суми, 2017. Вип. 5/2 (32). С. 37–41.
5. Рубан С. Ю., Борщ О. О., Федота О. М., та ін. Сучасні методи селекції у тваринництві: навчальний посібник з оцінки екстер'єру в молочному скотарстві. Київ: ЦП «Компринт», 2018. 149 с.
6. Захаренко М. О., Волощук В. М., Хоценко А. В. Продуктивність корів зарубіжної селекції за безприв'язно-боксового утримання та дії високої температури повітря. Науковий вісник НУБіП України. Київ, 2017. № 271. С. 225–234.
7. Підпала Т. В., Ясевін С. Є. Оцінка адаптаційної здатності у корів спеціалізованих молочних порід. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Біла Церква, 2012. № 7. С. 70–74.
8. Адмін Є., Борщ О. Перехід на енергозберігаючі технології виробництва молока та реконструкція молочних ферм. Тваринництво України. 2002. № 11. С. 5–8.
9. Петруша Є. З. Ефективні елементи технології утримання молочних корів. Тваринництво України. 1998. № 1. С. 6.

10. Кудлай І. М. Наукове обґрунтування та зоотехнічна оцінка енергетично збалансованого і екологічно безпечного біотехнологічного комплексу з виробництва молока: дис. д-ра с.-г. наук: спец. 06.02.04 «Технологія виробництва продуктів тваринництва». Київ, 2011. 308 с.

11. Луценко М. М., Іванишин В. В., Смоляр В. І. Перспективні технології виробництва молока. Монографія. Київ, 2006. 186 с.

12. Борщ О. В., Адмін Є. І., Микитюк Д. М. Методичні рекомендації щодо поетапного переоснащення діючих ферм та їх переходу на енергоресурсозберігаючі технології рентабельного виробництва високоякісного молока. 2004. Біла Церква. 39 с.

13. Борщ О. О. Вплив генотипових і фенотипових чинників на показники комфорту корів. Збірник наукових праць БНАУ «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». Біла Церква, 2021. № 2. С. 7–20.

14. Варпіховський Р. Л., Яремчук О. С., Польовий Л. В. Санітарногігієнічна оцінка ефективності різних способів утримання нетелів. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Львів, 2013. №3 (57). С. 278–283.

15. Влізло В. В. Біологічні основи підвищення продуктивності тварин. Вісник аграрної науки. 2006. № 2. С. 134–137.

16. Боровський В.М. **Саханович Д.В.** Вентиляція та кондиціонування тваринницьких приміщень. Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 245.

17. Боровський В.М. Саханович Д.В. Конструктивно-технологічна схема децентралізованої системи обігріву, кондиціонування та освітлення корівника з використанням біогазової технології. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів,*

аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 115-118.