

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

УДК 631.223.2:697.94

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

ДОРОЩУК Денис Олександрович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У КОРІВНИКУ З
УДОСКОНАЛЕННЯМ СИСТЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ**

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

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
к.т.н., професор Б. А. Шелудченко

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Дорошчук Д. О. **Розроблення технічних рішень забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату у корівнику з удосконаленням системи зволоження повітря.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота подається на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026 р.

Кваліфікаційна робота спрямована на вирішення проблеми забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату у корівнику в жаркий період року. Виконано оцінювання способів та технічних засобів охолодження повітря у корівнику, визначено їх переваги та недоліки.

Розроблена схема розпилення води для змочування поверхні шкіри тварин у зоні їх переміщення до молочного блоку, встановлено технологічні та гідравлічні параметри розробленої системи, визначено кількість розпилювачів та їх тип, розроблена схема просторового розташування.

Ключові слова: мікроклімат, охолодження повітря, спринклер, тиск

ANNOTATION

Doroshchuk, D. O. **Development of Technical Solutions to Ensure Optimal Microclimate Parameters in a Cattle Barn through the Improvement of the Air Humidification System.** – Qualification work in the form of a manuscript.

The qualification work is submitted for the first degree of bachelor in specialty 208 – agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis aims to address the problem of ensuring optimal microclimate parameters in a dairy barn during the hot season. Methods and technical means of air cooling in the dairy barn were evaluated, and their advantages and disadvantages were identified.

A water spray system was developed to moisten the animals' skin as they move toward the milking parlor; the technological and hydraulic parameters of the system were established; the number and type of spray nozzles were determined; and a layout plan was developed.

Key words: microclimate, air cooling, sprinkler, pressure

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ШЛЯХИ ДОСЯГНЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У КОРІВНИКУ	7
1.1. Вплив параметрів мікроклімату на здоров'я та продуктивність корів	7
1.2. Характеристика систем охолодження повітря у корівниках	9
Висновки до розділу 1	14
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ У КОРІВНИКУ	15
2.1. Розроблення технологічної схеми охолоджувально-зволожувальної системи	15
2.2. Визначення оптимальної структурної схеми системи зволоження повітря	22
Висновки до розділу 2	23
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СХЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ У КОРІВНИКУ	24
3.1. Встановлення технологічних режимів та параметрів системи зволоження повітря у корівнику	24
Висновки до розділу 3	28
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30
ДОДАТКИ	32

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток промислового молочного скотарства орієнтований на максимальну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності тварин. Важливим фактором, що безпосередньо впливає на здоров'я, репродуктивну функцію та молочну продуктивність великої рогатої худоби, є параметри мікроклімату у тваринницьких приміщеннях. Серед усього комплексу мікрокліматичних показників температура та відносна вологість повітря є визначальними, оскільки вони формують температурно-вологісний індекс, який слугує основним індикатором теплового стресу у корів.

Особливо гостро ця проблема постає у літній період, коли поєднання високих температур із сухістю повітря призводить до порушення терморегуляції організму високопродуктивних корів, зниження надоїв молока (на 10-25%) та погіршення його якості. Забезпечення нормативних параметрів відносної вологості повітря у межах 60-70% є критично важливим, оскільки як надмірна вологість (що сприяє розвитку патогенної мікрофлори), так і надмірна сухість (яка викликає подразнення слизових оболонок дихальних шляхів тварин та підняття пилу) негативно позначаються на загальному стан тварин.

У більшості існуючих технічних рішень акцент зміщено на загальну припливно-витяжну вентиляцію або застосування класичних систем випаровувального охолодження (систем туманоутворення низького тиску). Проте, традиційні системи зволоження повітря часто мають низку недоліків: високу енергоємність, нерівномірність розподілу вологи за об'ємом приміщення, утворення крупнодисперсного конденсату на конструкціях та технологічному обладнанні, а також відсутність гнучкого автоматизованого керування залежно від динамічної зміни параметрів зовнішнього середовища.

Таким чином, існує потреба в удосконаленні існуючих систем зволоження через оптимізацію їхніх конструктивних та режимних параметрів, що дозволить ефективно знижувати температуру повітря без надмірного перезволоження та забезпечення тримання вимені корів у сухості.

Мета кваліфікаційної роботи.

Розроблення комплексу технічних рішень для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в корівнику шляхом удосконалення конструктивно-технологічної схеми та режимів роботи системи зволоження повітря.

Завдання, які необхідно вирішувати:

- виконати аналіз відомих рішень зниження температури повітря у приміщеннях для тварин, встановити переваги та недоліки існуючих систем охолодження повітря;
- обґрунтувати шляхи удосконалення системи охолодження повітря шляхом його зволення;
- розробити удосконалену конструктивно-технологічну схему та розпилювач води системи зволоження повітря;
- встановити температурно-вологісні параметри повітря за різними режимами роботи удосконаленої системи;
- встановити ефективність впровадження розроблених технічних рішень та їхній вплив на зниження питомих енерговитрат на підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у приміщенні для тварин.

Об'єкт дослідження.

Процес формування та регулювання параметрів мікроклімату у приміщенні корівника.

Предмет дослідження.

Закономірності процесу охолодження повітря, конструктивно-технологічні параметри та режими роботи удосконаленої системи розпилення вологи в корівнику.

Методи дослідження.

Кваліфікаційна робота виконувалась із використанням відомих методологій визначення оптимальних параметрів мікроклімату у тваринницькому приміщенні; оцінки гідродинамічних процесів, теорії гідравліки та гідравлічних машин, відомих закономірностей теплотехніки та термодинаміки, використання математичних методів обробки отриманих даних та опису процесів.

Апробація кваліфікаційної роботи.

Результати кваліфікаційної роботи були оприлюднені на студентських науково-практичних конференціях, знайшли відображення у наступних друкованих тезах:

1. Дорощук Д. О. Шляхи досягнення оптимальних параметрів мікроклімату у корівнику. *Студентські читання–2025* : матеріали науково-практичної конференції. 30 жовтня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 147–149.

2. Дорощук Д. О. Характеристика систем вологого охолодження повітря. *Наукові читання – 2026* : збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 квітня 2026 р. Житомир: Поліський національний університет, 2026. Ч. 2. С. 116–118.

Структура кваліфікаційної роботи.

До складу кваліфікаційної роботи входить три розділи пояснювальної записки, вступ, загальні висновки та список літературних джерел що були використані під час написання роботи. Пояснювальна записка, текст якої виконано на 31 сторінці державною мовою, містить 14 рисунків та 1 таблицю.

РОЗДІЛ 1

ШЛЯХИ ДОСЯГНЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ У КОРІВНИКУ

1.1. Вплив параметрів мікроклімату на здоров'я та продуктивність корів

Параметри мікроклімату у корівнику.

Підтримка оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях – це критично важливий технологічний процес, який безпосередньо впливає на загальну ефективність виробництва молока. Оптимальними параметрами для утримання худоби є: [1-3]

- температура від +5 до +15 °С;
- відносна вологість 50–75%;
- швидкість руху повітря – до 0,2 м/с у холодну пору року та 1,3–1,4 м/с у літній період.

Наслідки теплового стресу наступні.

Відхилення від цих норм призводить до технологічних втрат. Зокрема, поєднання температури понад 24 °С та вологості вище 70% провокує у корів тепловий стрес. Проте негативні тенденції помітні ще раніше: за денної температури понад 20 °С спочатку знижуються показники жиру й білка в молоці, а згодом падають і загальні надойі.

Дослідження показують, що через тепловий стрес втрати молока можуть становити: [1-3]

- до 14% – у період ранньої лактації;
- до 35% – у період середньої лактації.

Для моніторингу та моделювання комфортних умов у скотарстві використовують номограму «Температурно-вологісного індексу (ТНІ)» (рис. 1.1). У ній зони комфорту та стресу диференційовані за кольорами: блакитний відповідає нормі, зелений – помірному стресу, жовтий – важкому, а червоний позначає критичні умови, несумісні з життям тварин.

На основі численних досліджень визначено такі порогові рівні індексу ТНІ для великої рогатої худоби : [1-3]

- комфорт (ТНІ < 68);
- легкий дискомфорт (68 < ТНІ < 72);
- дискомфорт (72 < ТНІ < 75);
- тривога (75 < ТНІ < 79);
- небезпека (79 < ТНІ < 84);
- надзвичайна ситуація (ТНІ > 84).

t, °C	Вологість, %								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
22	66	66	67	68	69	69	70	71	72
24	68	69	70	70	71	72	73	74	75
26	70	71	72	73	74	75	77	78	79
28	72	73	74	76	77	78	80	81	82
30	74	75	77	78	80	81	83	84	86
32	76	77	79	81	83	84	86	88	90
34	78	80	82	84	85	87	89	91	93
36	80	82	84	86	88	90	93	95	97
38	82	84	86	89	91	93	96	98	100
40	84	86	89	91	94	96	99	101	104
Умови комфортні – теплового стресу у корів немає									
Помірний тепловий стрес									
Важкий стресовий стан у корів									
Загибель корів від теплового перегрівання									

Рис. 1.1. Номограма для встановлення температурно-вологісного індексу (ТНІ) для великої рогатої худоби. [3-5]

Мінімізувати ризик виникнення теплового стресу у тварин можна кількома основними способами. Насамперед, ще на етапі проектування, будівництва або реконструкції ферми слід вжити заходів, які завадять надмірному нагріванню приміщення. Для цього необхідно нейтралізувати ключові джерела надходження небажаного тепла: [6-8]

1. Неякісна ізоляція покрівлі.

Значна частина тепла потрапляє в приміщення через дах із поганою термоізоляцією. Цю проблему усувають під час ремонтних робіт,

використовуючи сучасні ізоляційні матеріали (наприклад, напилювану піну чи спеціальні термопанелі).

2. Неефективна природна вентиляція.

Накопичення тепла й застій повітря часто виникають через відсутність або блокування припливно-витяжних каналів. У такому разі необхідно негайно розчистити вентиляційні отвори. На етапі будівництва чи модернізації рекомендується: [6-8]

- пропонувати висоту приміщення до даху в межах 4,2–5 м;
- закривати суцільною стіною лише 1/3 її висоти для створення затінку, а на решті площі встановлювати регульовані захисні штори.

3. Неправильна орієнтація будівлі та прорахунки в аерації.

Під час проектування комплексів обов'язково враховують розу вітрів. У наших широтах корівники рекомендується розташовувати за вектором «північ – південь». Оскільки суто природна витяжна вентиляція може не справлятися з навантаженням, важливо правильно розрахувати параметри дахового ліхтаря (вентиляційного конька). Наприклад, для корівника з двосхилим дахом завширшки 23 м ширина вентиляційної конструкції на коньку має становити не менше 46 см.

1.2. Характеристика систем охолодження повітря у корівниках

Ефективно вирішити проблему перегріву повітря у вже збудованому приміщенні можна за допомогою примусової (механічної) вентиляції. Інтенсифікація руху повітряних мас прискорює випаровування вологи з поверхні тіла тварин, створюючи виражений ефект охолодження. Зокрема, доведено, що збільшення швидкості повітряного потоку з 0,9 до 1,35 м/с за фізіологічним відчуттям еквівалентне зниженню температури в приміщенні на 4–6°C. [3, 6-8]

Для створення примусового повітрообміну використовують високоефективні тихохідні вентилятори діаметром 1,2–1,5 м (рис. 1.2). Регламент їхнього встановлення та експлуатації передбачає такі вимоги: [9]

- локація – обладнання розміщують послідовно в ряд уздовж або паралельно осі кормового проходу, у зоні очікування перед доїльним залом або перед доїльними роботами.
- висота та кут нахилу – вентилятори монтують на висоті 2,7 м над рівнем підлоги з нахилом корпусу під кутом 10–15° у напрямку руху повітря.
- автоматизація роботи – систему налаштовують на автоматичне ввімкнення, щойно температура в приміщенні досягає порогу 18–20°C.

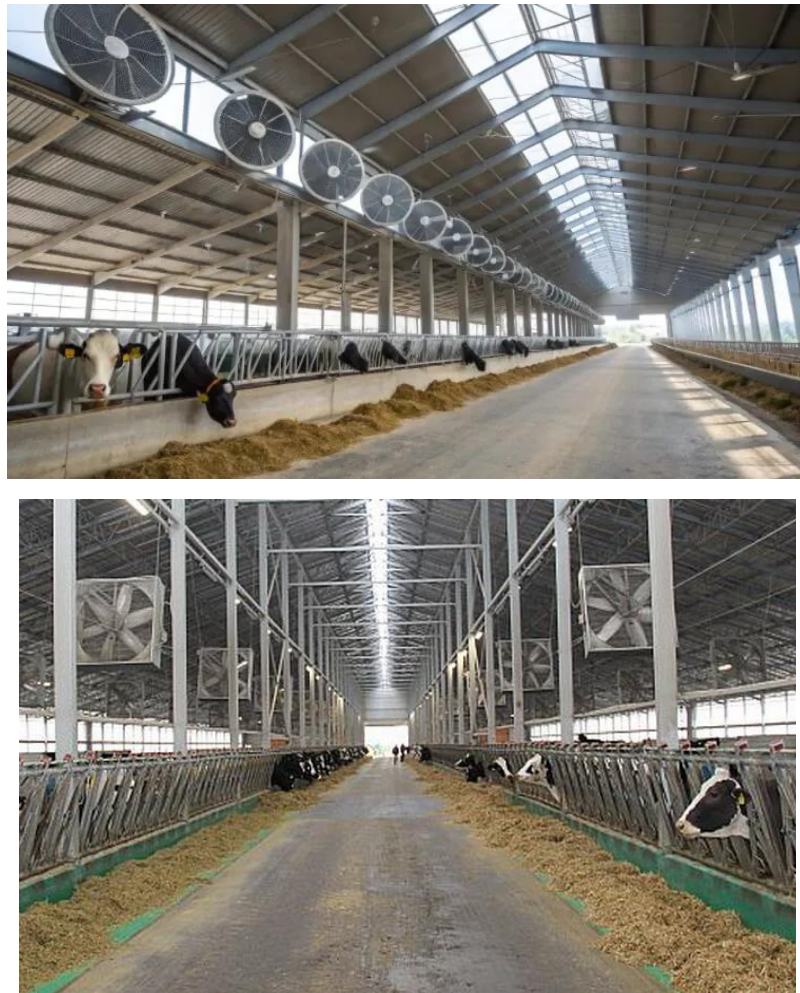
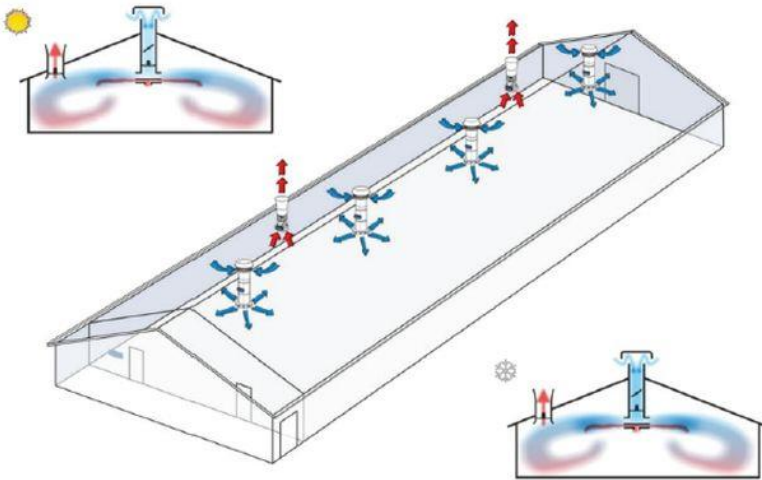


Рис. 1.2. Використання тихохідних вентиляторів у корівнику

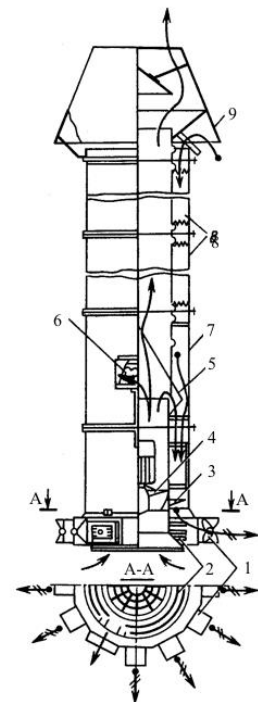
Окрім розгінних моделей, у тваринницьких приміщеннях застосовують стельові витяжні вентилятори або комплексні припливно-витяжні установки (рис. 1.3). [9-11]



стельовий вентилятор



система роздільної припливно-витяжної вентиляції



припливно-витяжна
установка

Рис. 1.3. Схеми використання дахових систем вентиляції тваринницьких приміщень [6]

Сучасне обладнання такого типу відрізняється високою продуктивністю, широким діапазоном розмірів робочого колеса та наявністю частотних регуляторів для плавного керування швидкістю обертання. Суміщення в одному агрегаті припливу свіжого та видалення забрудненого повітря зменшує витрати на облаштування додаткових точок врізу у перекриття. Окрім цього,

комбіновані системи забезпечують часткову утилізацію теплого повітря, що знижує витрати на підігрів свіжого повітря особливо у зимовий період.

Коли температура повітря у приміщенні перевищує 25°C, звичайна штучна вентиляція втрачає свою ефективність і не забезпечує потрібного охолодження. У таких випадках науковці рекомендують використовувати системи розпилення води.

Залежно від рівня вологості навколишнього середовища, використання водного охолодження дозволяє знизити температуру повітря на 8°C.

Основні методи та режими гідроохолодження наступні: [6, 12]

- тип системи – для зниження теплового навантаження на худобу застосовують системи туманоутворення (рис. 1.4) або крупнокрапельного зрошення (рис. 1.5).
- циклічність роботи – оптимальний режим передбачає чергування: 5 хвилин активного розпилення (або душу) та 10 хвилин перерви.
- циркуляція повітря – вологе повітря обов'язково повинно перебувати в русі, щоб уникати застою та перезволоження.



Рис. 1.4. Системи туманоутворення у корівнику

Слід зауважити, що надмірно інтенсивна примусова вентиляція в поєднанні з вологою може спровокувати розвиток пневмонії у корів.

Щоб мінімізувати ризики для здоров'я тварин, важливо правильно розташувати обладнання: [6-8]

- рекомендовані зони – біля кормового столу або на шляху повернення тварин із доїльного залу.
- не рекомендовані зони – не варто монтувати такі системи в зонах очікування чи безпосереднього відпочинку корів.

Технічні характеристики систем туманоутворення.

Для створення дрібнодисперсного туману використовують форсунки високого тиску (до 14 атм), які розпилюють воду безпосередньо в приміщенні ферми. Існує два основні способи їх монтажу:

Системи дощування працюють за принципом безпосереднього охолодження тіла тварини (рис. 1.5):

- крупні краплі води змочують шерсть на спині корови;
- вентилятори створюють потужний потік повітря над твариною;
- поєднання високої температури тіла корови та активного руху повітря запускає інтенсивне випаровування вологи, що забезпечує ефективне відведення тепла безпосередньо від шкіри.



Рис. 1.5. Система крупнокрапельного зрошення

Ключові вимоги до технології крупнокрапельного зволоження:

- розмір крапель – на відміну від систем туманоутворення, краплі мають бути досить великими, щоб пробити шар шерсті й змочити саме шкіру тварини.

- циклічність – дощування обов'язково проводять із перервами – це необхідно для того, щоб волога встигала повністю випаруватися зі шкіри.
- головне застереження – під час усього процесу вим'я корови повинно залишатися абсолютно сухим, щоб уникнути ризику розвитку маститів.

Вентилятори мають працювати постійно, навіть під час безпосереднього розпилення води. Для максимальної ефективності роботу вентиляторів автоматизують за таким алгоритмом: [9-11]

- під час роботи форсунок (подача води) – вентилятори працюють на зменшеній частоті обертів.
- одразу після вимкнення форсунок (фаза випаровування) – швидкість обертання вентиляторів автоматично зростає до максимуму, забезпечуючи форсований відвід тепла.

Висновки до розділу 1

1. До використання системи зволоження повітря потрібно ставитися виважено, оскільки надмірне зволоження та охолодження можуть зашкодити здоров'ю тварин. Використання води має бути регламентовано із-за зменшення ресурсів прісної води та надмірних викидів парникових газів, водяна пара серед яких є найбільш шкідливим газом. У зв'язку із цим необхідно провести додаткові дослідження можливих параметрів та режимів функціонування системи охолодження повітря у корівнику шляхом його зволоження.

2. Потребує додаткового опрацювання технологічна схема реалізації процесу охолодження яка б поєднувала в собі позитивні сторони припливно-витяжного обладнання, тобто поєднання в одному обладнанні видалення забрудненого повітря, подача свіжого повітря із одночасним зволоженням у жаркий період року. Такий підхід сприятиме зменшенню номенклатури обладнання у корівнику, що позитивно впливатиме на загальну атмосферу та структуру простору.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ У КОРІВНИКУ

2.1. Розроблення технологічної схеми охолоджувально-зволожувальної системи

Система захисту тварин від теплового стресу передбачає облаштування зон у яких тварина буде охолоджуватись. Це, в першу чергу місця де тварина споживає корм та зона відпочинку тварин (рис. 2.1).

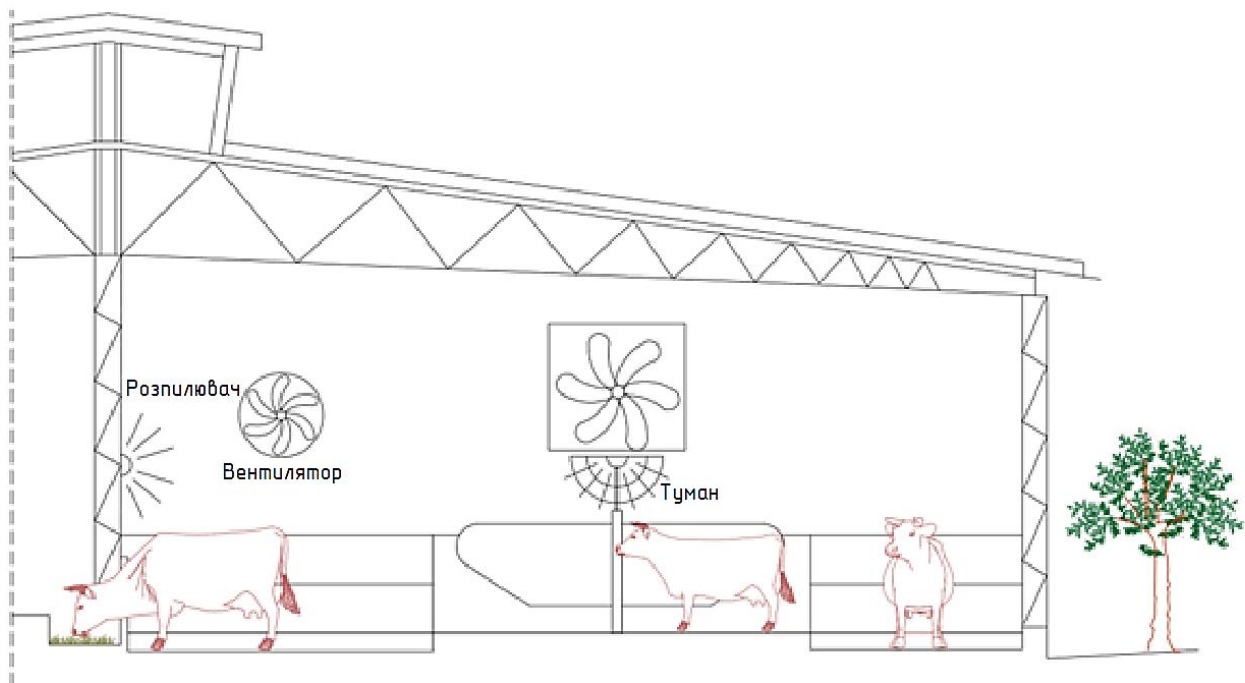


Рис. 2.1. Система охолодження у корівнику.

Як видно із рис. 2.1, в зоні годівлі використовується система розпилення із розпилювачами типу «розпилювач», а в зоні відпочинку використовують розпилювачі типу «туман». [10-13]

Для ефективного відведення тепла у великої рогатої худоби всередині приміщення має бути вільний потік повітря, цього можна досягти, збільшивши інтенсивність вентиляції за допомогою таких засобів, як відкрита система утримання, збільшення висоти будівлі, використання потужного вентилятора

тощо. Використання вентиляторів допомагає відводити тепло тіла за допомогою конвекції, тим самим охолоджуючи поверхню тварини. Розприскувачі води просочують шерсть корови до шкіри, що дозволяє втрачати тепло тіла через теплопровідність. Вентилятори разом із розприскувачами забезпечують теплопровідне та випарне охолодження, оскільки вентилятори допомагають випаровувати воду, нагріту завдяки виділенню тепла тіла.

Для ефективної системи охолодження необхідне належне керування. Важливо, щоб контролер постійно працював вентилятори охолодження під час роботи спринклерної системи. Також важливо вимикати водяні розбризкувачі, щоб шерсть корови могла висохнути. Це означає, що водяні розбризкувачі повинні працювати короткий проміжок часу для зволоження шкіри корови та вимикатися на довший проміжок часу, щоб вода могла випаруватися з шерсті корови. Краще планувати, щоб розбризкувачі були ввімкнені на 1-3 хвилини кожні 10-15 хвилин. Розбризкувачі розпилюватимуть воду протягом 1-3 хвилин і вимикатимуться на 12-14 хвилин протягом 15-хвилинного циклу. Доцільно вибрати регульований 30-хвилинний таймер циклу (рис. 2.2). [10-13]

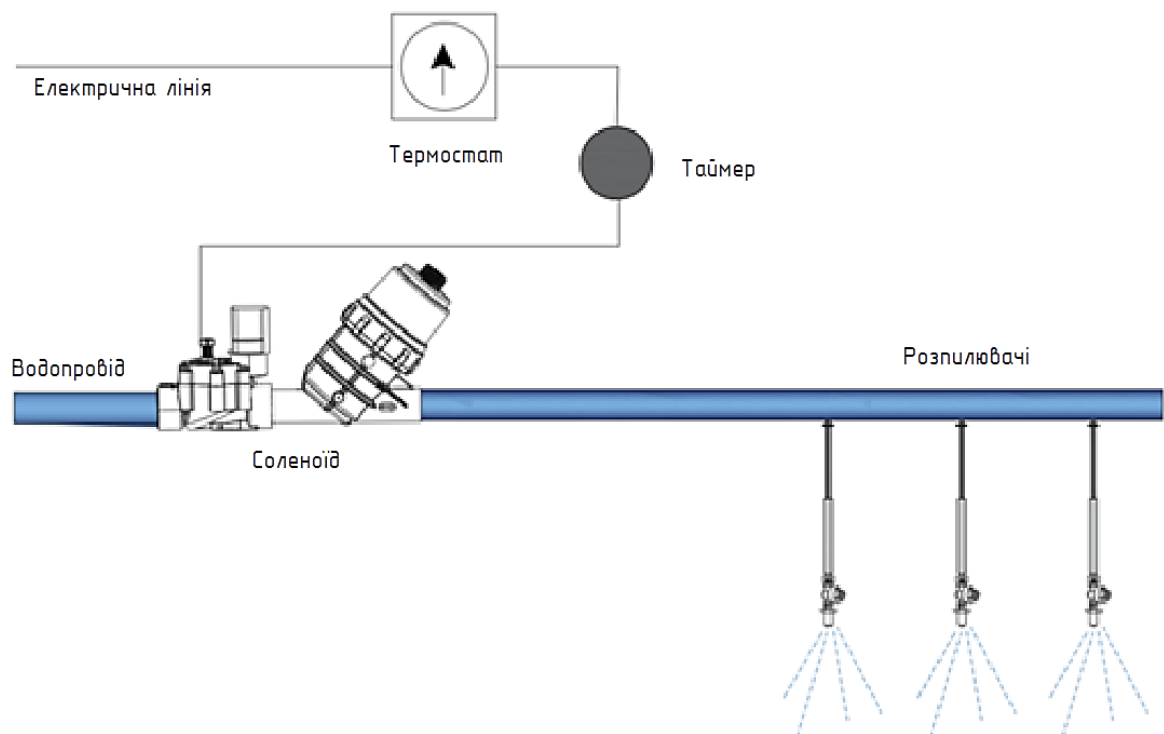


Рис. 2.2. Комплектування системи охолодження

Системи керування спринклерними системами та вентиляторами охолодження низького тиску включають таймери, термостати та електромагнітні клапани для керування спринклерною системою та вентиляторами охолодження. Найпростіша система має термостат, послідовно з'єднаний з таймером. Термостат активує вентилятори охолодження та таймер, коли температура повітря перевищує задане значення. Зазвичай системи охолодження налаштовані на початок роботи, коли температура досягає 24-27°C і вище.

Етапи розробки системи охолодження за допомогою зоспленої води наступні. [10-13]

1. Розроблення схеми розташування розпилювачів води у приміщенні.

Так, у корівниках з вільною вентиляцією можна використовувати низькотискальні випарні та вентиляторні системи охолодження. Зрошувачі можна використовувати там, де підлога може намокнути без суттєвих наслідків. Системи зрошення (рис. 2.3), встановлені в корівниках з вільним стійлуванням, слід розташовувати таким чином, щоб уникнути стійл з підстилкою та вологого корму. Ділянка повинна мати належний дренаж з достатнім ухилом, щоб зайва вода могла стікати та уникати утворення озер.

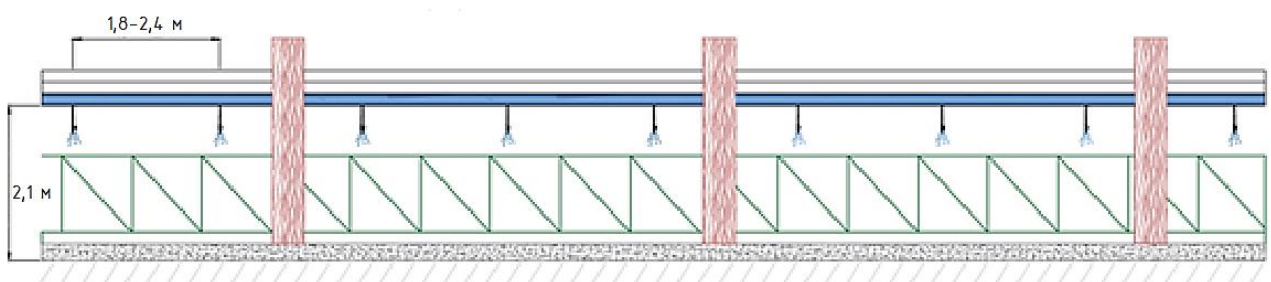


Рис. 2.3. Склад системи розпилювання води

2. Вибір технічних засобів розпилю.

Вибір розпилювачів води має вирішальне значення для продуктивності системи охолодження. Розпилювачі низького тиску (1,4-1,7 бар) з кутом розпилення 180 градусів (півколо) або 360 градусів (повне коло), які створюють

великі краплі, що створюють ефект душу, що легко змочує шкіру корови. Не слід використовувати дрібний туман. Зрошувальні форсунки та форсунки для розпилення з суцільним конусом та грубими краплями з витратою від 0,05 до 0,1 м³/год працюють дуже добре. Форсунки слід розміщувати таким чином, щоб система забезпечувала рівномірний розподіл води та наносила більшу частину води посередині спини корови. Краще також забезпечити деяке перекриття під час розміщення форсунок. Типова відстань між форсунками коливається від 1,2 до 3 м. Розташовуємо форсунки досить високо (близько 2,7 м), щоб корови не могли до них дістатися (рис. 2.4). [10-13]

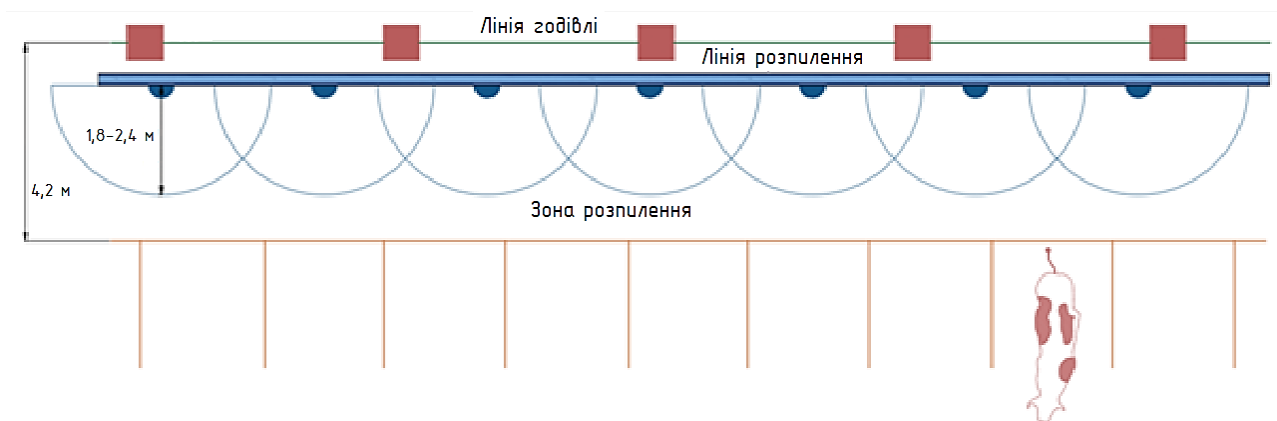


Рис. 2.4. Схема системи розпилення води у зоні годівлі тварин.

3. Водопостачання та пропускна здатність.

Встановлена система водопостачання повинна бути здатною подавати достатню кількість води під розрахунковим тиском по всій системі зрошення та задовольняти всі інші потреби ферми у воді (наприклад, питна вода, потреби доїльних кімнат, вода для змиву тощо), які виникають одночасно. Можна використовувати резервуарну систему, коли швидкість потоку води обмежена. Резервуарна система накопичує воду під час періодів перерв у водопостачанні.

4. Визначення належного тиску води у трубопроводі.

Нормальний робочий тиск для систем низького тиску становить від 1 до 1,4 бар. Надмірний тиск в системі сприяє утворенню дуже дрібних крапель, які не просочують шерсть і можуть легше розноситися повітряними потоками.

Встановлення регулятора тиску дозволяє підтримувати тиск води в робочих межах для форсунок.

5. Очищення води у системі.

Для захисту форсунок від засмічення частинками іржі та піску в систему можна встановити вбудований фільтр, зазвичай Y-подібний, з промивним клапаном та сіткою з розміром отворів 200-500 нм. Важливо періодично перевіряти та очищувати фільтри.

6. Промивання системи та автоматичне керування.

Можливість встановлення клапана або знімної заглушки на кінці кожного бічного патрубка для видалення піску та іржі з трубопроводів.

7. Вибір розподільчої труби.

Для ліній постачання та розподілу можна використовувати різні типи пластикових труб з ПВХ або поліетилену.

8. Параметри труб та трубопроводів системи.

Вимоги до розміру труб залежатимуть від довжини лінії подачі, кількості та довжини розподільчих гілок, кількості форсунок на гілку, швидкості потоку через форсунки та кількості гілок, що працюють одночасно. Швидкість води повинна бути обмежена до 1,5 м на секунду або менше, щоб уникнути проблем з гідравлічним ударом. Це також можна використовувати для визначення розміру розподільчих ліній та лінії подачі. Лінія подачі повинна бути достатнього розміру, щоб обмежити падіння тиску в лінії до 20% від робочого тиску. Для зменшення втрат на тертя в трубах з кількома виходами (тобто, в цьому випадку, форсунками) через зменшення потоку в трубі слід враховувати коефіцієнт зниження.

9. Вибір типорозміру та вимоги до встановлення вентилятора.

Системи зрошення низького тиску та вентиляторного охолодження включають змішувальні вентилятори для створення потоку води повз або вздовж корів. Перевага надається осьовим вентиляторам з прямим приводом, оскільки вони краще зберігають свою продуктивність з часом, ніж вентилятори з ремінним приводом. Більшість змішувальних вентиляторів мають діаметр близько 1 м і зазвичай встановлюються на висоті від 3 до 3,6 м над годівницею

для корів або достатньо високо, щоб забезпечити доступ до обладнання, яке працює під вентиляторами.

Вентилятори над стійлами для вільного утримання зазвичай встановлюються на висоті 2,4 м над коров'ячим проходом або вище, якщо необхідно, щоб корови не могли дістатися до вентиляторів. Вентилятори спрямовані вниз під кутом від 15 до 20 градусів. Мета полягає в тому, щоб створити швидкість повітряного потоку близько 5 м/с на спинах корів.

Дослідженнями [9-11] встановлено, що оптимальним кутом установки вентилятора для охолодження тварин є кут 18° . Тому, у кваліфікаційній роботі, відповідно до рекомендацій, розроблена схема установки вентиляторів (рис. 2.5).

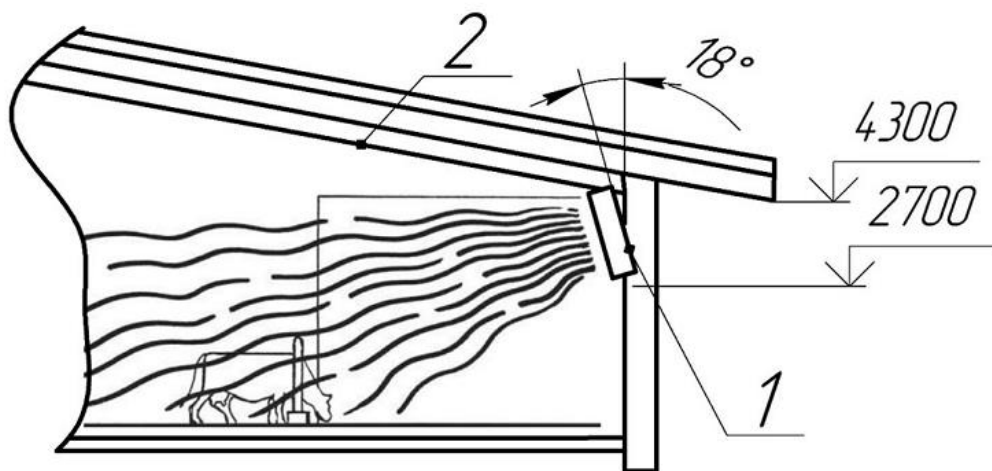


Рис. 2.5. Схема встановлення вентилятора у корівнику

Відстань між вентиляторами становить 8 м (рис. 2.6) для вентиляторів діаметром 90 см та 10 м, якщо використовувати вентилятори діаметром 120 см. Усі вентилятори повинні дути повітря в одному напрямку. Більшість охолоджувальних вентиляторів, що використовуються в корівниках з природною вентиляцією, встановлені для видування повітря на схід або північ. Рух повітря спрямований на тварину. Це робиться для мінімізації кількості

використовуваних вентиляторів, а також для інтенсифікації процесу охолодження поверхні тіла корови.

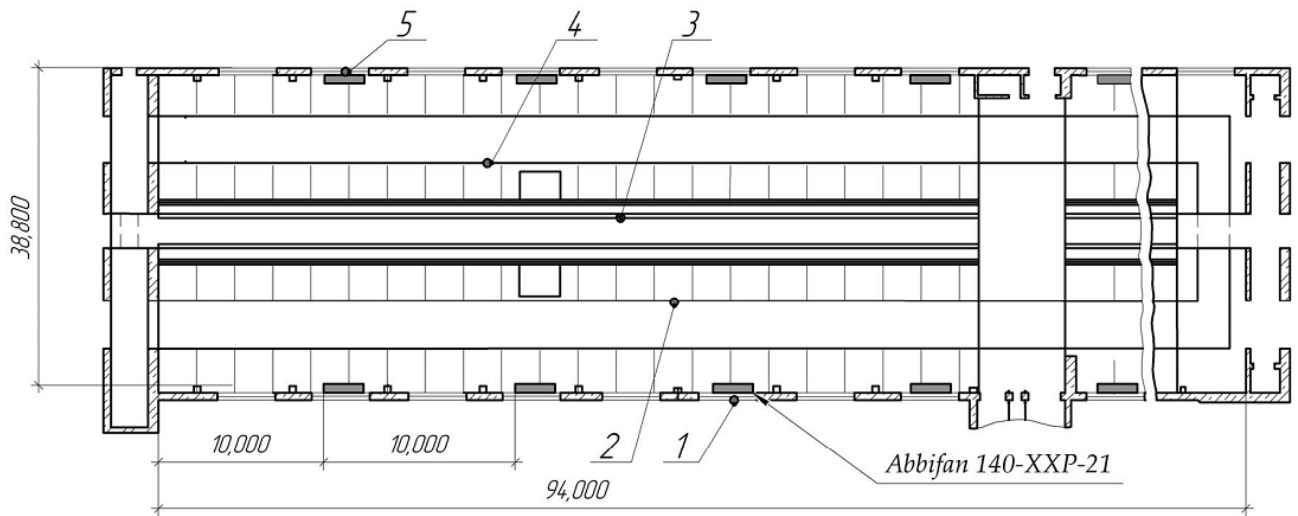


Рис. 2.6. Схема розташування вентиляторів у корівнику

Для активації повітряного потоку використовуємо вентилятори Abbifan 140-XXP-2, який спеціально розроблений для ферм та корівників. [12-14]

Основними перевагами вентиляторів серії Abbifan 140-XXP-2 є наступні:

- економія енергії: забезпечує надзвичайно низьке енергоспоживання завдяки безщітковій конструкції двигуна;
- зниження обслуговування: відсутність ременів зменшує кількість деталей, що швидко зношуються;
- комфорт для тварин: допомагає підтримувати рівень надоїв, забезпечує гарну поперечну або поздовжню вентиляцію, має низьку шумність (58,1 дБ на відстані 7 м);
- легкість керування: автоматично контролюється через сигнал в за допомогою контролерів без створення перешкод для інших електронних систем.

Таким чином, використання сучасного вентиляційного обладнання сприятиме підвищенню комфорту тварин та виконуватиме основну свою функцію – зниження теплового навантаження на корову.

2.2. Визначення оптимальної структурної схеми системи зволоження повітря

Для забезпечення охолодження корів рекомендується використовувати крапельне зрошення а не створення туману. Це пояснюється тим, що краплина спроможна промочити шерсть та досягнути шкіри тварини, на відміну від розпилення води у формі туману. У зв'язку із цим, у роботі розроблена схема дощування (рис. 2.7) у місцях переміщення тварин із доїльно-молочного блоку та у переходах під час руху після процесу доїння. Таке розташування усуває основний недолік зрошення – надмірна кількість води на підлозі у корівнику, що може погіршити санітарно-гігієнічний стан.

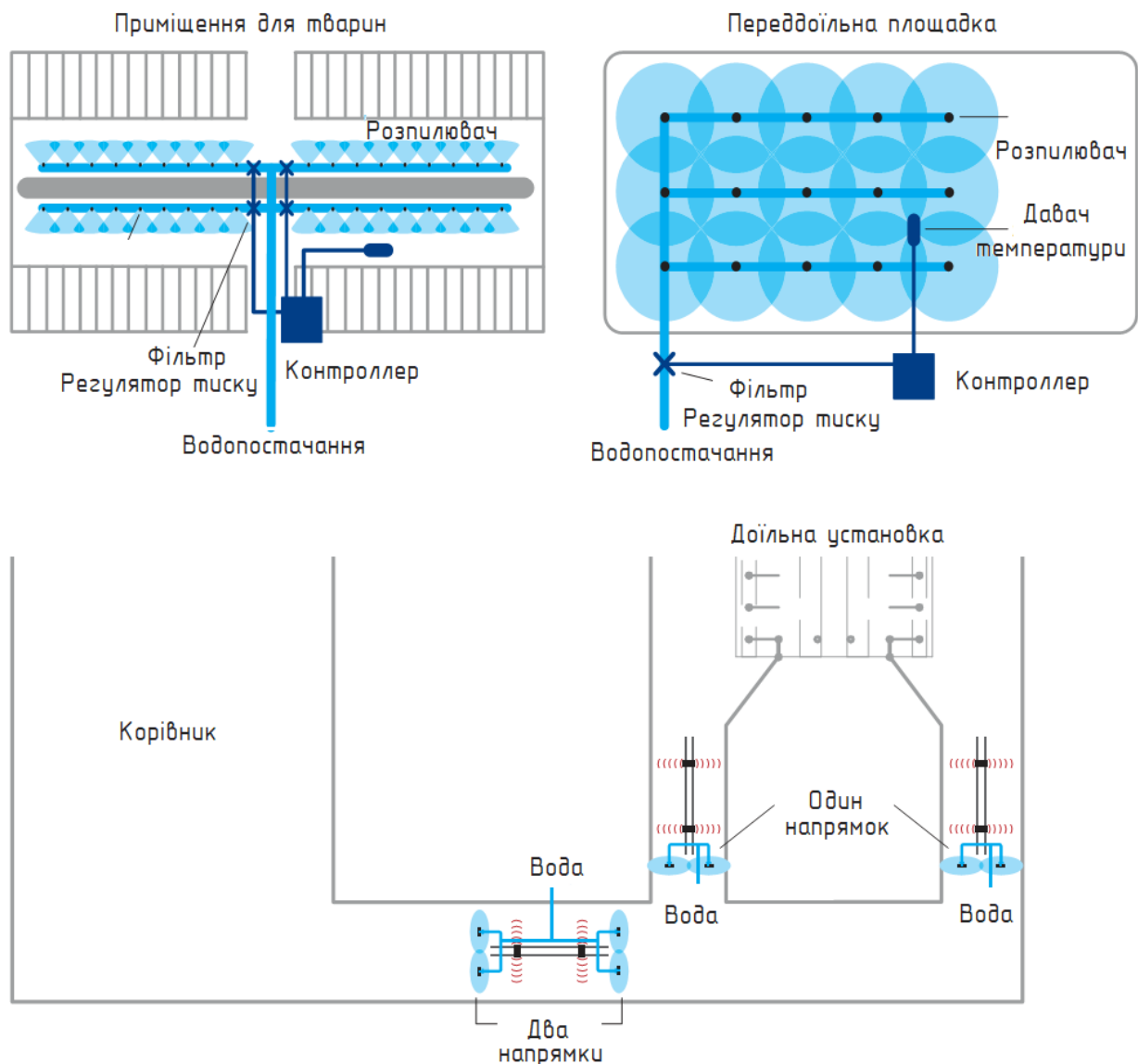


Рис. 2.7. Розроблена система розміщення розпилювачів для зволоження

Уникнення теплового стресу під час доїння корів досить важливо. Відомо, що тварини тривалий час перебувають у переддоїльних площадках, очікуючи своєї черги на доїння. Такі проміжки часу перевищують рекомендовані вченими 10-15 хв., окрім цього тварини деякий час перебувають на доїльній установці безпосередньо під час доїння. У зв'язку із чим, особливо у досить жаркі дні корова може тримати тепловий стрес. Для уникнення цього в кваліфікаційній роботі пропонується обладнати зони переміщення тварин до доїльного залу розпилювачами води низького тиску, для гарантованого гарного зволоження шкіри тварини.

Необхідно використовувати форсунки з регульованою витратою що дозволить адаптуватись до зовнішніх умов середовища. Форсунки з високою витратою, які спроможні створювати віяловий розпил більш прийнятні, ніж односоплові. Багатосоплова форсунка може розпилювати до 18-30 літрів на хвилину залежно від об'єму та тиску вхідної води. Швидкість потоку доцільно також регулювати відповідно до бажаного рівня розпилення або об'єму води.

Висновки до розділу 2

1. Вентилятори над стійлами для вільного утримання встановлюють на висоті не менше 2,4 м над проходом. Потік повітря від вентиляторів спрямований вниз під кутом від 15 до 20 градусів, оптимальний кут вважається 18°C. Створивши швидкість повітряного потоку близько 5 м/с над спинах корів досягається ефект охолодження 4-6°C.

2. Відстань між вентиляторами становить 8 м, якщо діаметр робочого колеса 90 см та 10 м, якщо використовувати вентилятори діаметром 120 см. Усі вентилятори повинні дути повітря в одному напрямку. Для подачі води використовуються форсунки низького тиску які формують крупні краплі розміром від 0,20 до 0,50 мм.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СХЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ У КОРІВНИКУ

3.1. Встановлення технологічних режимів та параметрів системи зволоження повітря у корівнику

Всі інженерні розрахунки виконано на основі *I-d* діаграми стану вологого повітря, тобто, діаграми Рамзіна (рис. 3.1).

Розглянемо приклад користування діаграмою для встановлення параметрів повітря у корівнику. Так, за температури зовнішнього повітря 34°C та відносної вологості 32%, підвищення вологості до 82% за допомогою розробленої системи зволоження забезпечує надходження в приміщення повітря з температурою 25°C. При цьому вологовміст повітря зростає з 10 г/кг до 14,5 г/кг сухого повітря. Якщо ж прийняти середні вихідні параметри (температуру 28°C та вологість 56%), то в разі збільшення вологості до 82% температура знизиться до 25°C, а вологовміст зросте на 2,1 г/кг сухого повітря.

Для цієї установки розрахунки проводилися з урахуванням граничних умов: діапазон робочої відносної вологості становить від 38% до 86%, а температурний діапазон охолодження від 20°C. Оскільки процес адіабатного охолодження (зниження температури та випаровування води) відбувається за умови $I = \text{const}$, згідно з діаграмою, приріст вологовмісту повітря в цих межах становитиме від 3,3 до 4,3 г/кг.

Розрахунок системи вентиляції та розробленої технології зволоження повітря у місцях перебування тварин під час переміщення їх до доїльного блоку будемо виконувати відповідно до відомих методики з врахуванням особливостей структурно-функціональної схеми розробки.

Потреба у рідині визначається із врахуванням поданої на рис. 3.1. діаграми за наступною формулою, з розрахунку одного кубометра повітря, кг/год: [15-19]

$$Q_w = \frac{\rho_w (d_2 - d_1)}{0,001}, \quad (3.1)$$

де ρ_w – характеристика води за густиною;

d_1, d_2 – вміст волохи у повітрі в процесі.

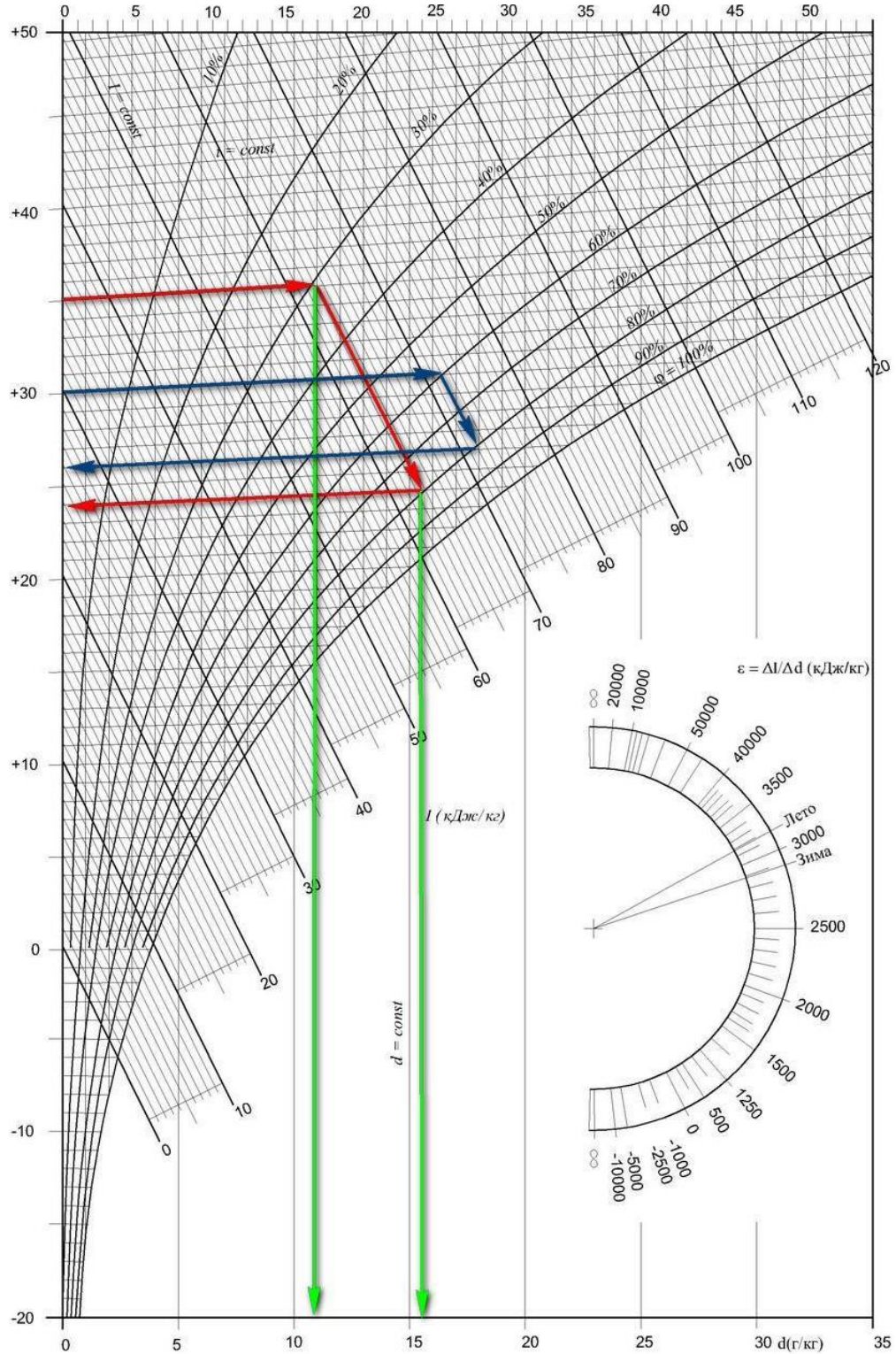


Рис. 3.1. Встановлення параметрів вологого повітря за допомогою діаграми Рамзіна

Сукупна потреба у рідині визначається із врахуванням загального об'ємного повітрообміну у заданому просторі приміщення, кг/год: [15-19]

$$Q_{\Sigma} = \frac{Q_f \cdot Q_w}{1000}, \quad (3.2)$$

де Q_f – обсяг необхідного повітрообміну у приміщенні.

Відповідно до розробленої технології зволоження шкіри корів через розбризкування води, необхідно встановити кількість рідини яка пройде через форсунку для забезпечення заданої характеристики розпилю: [15-19]

$$Q_s = 6 \cdot 10^3 \cdot \xi \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H}, \quad (3.3)$$

де A – параметр отвору у форсунки;

ξ – параметр який визначається типом форсунки;

H – напір, який має бути у системі.

Необхідне число форсунок задіяних у процесі розпилювання води для охолодження тварин визначається за формулою, шт.:

$$n = \frac{Q_{\Sigma}}{Q_s}. \quad (3.4)$$

Розмір краплини повинен бути достатнім для змочування поверхні шкіри тварини, рекомендується на рівні 0,2-0,5 мм. Розрахунковий діаметр краплини визначається з врахуванням діаметра отвору форсунки та тиску у водопровідній мережі за допомогою формули: [15-19]

$$d_k = C \cdot d_o^{0,5} \cdot P^{-0,3}, \quad (3.5)$$

де C – коефіцієнт який враховує тип отвору форсунки;

d_o – діаметр отвору у форсунці;

P – тиск у водомережі.

Задавшись бажаним розміром краплин та необхідним тиском у водомережі можна встановити розмір отвору форсунки для забезпечення заданого режиму зволоження.

Отримані розрахункові дані внесемо у таблицю 3.1, для кращого розуміння параметрів системи.

Таблиця 3.1.

Технологічні параметри системи подачі води

Показник	Значення
Подача води системою розпилу, м ³ /год	1,608
Подача рідини однією форсункою, л/хв.	0,6
Кількість форсунок у системі, шт.	44
Тиск у водомережі, бар	1,5
Діаметр отвору, мм	1,2
Тип форсунки	повноконусна

Для розробленої системи зволоження з використанням повноконусної відцентрової форсунки для подачі води у вигляді дощу (рис. 3.2).

За рахунок завихрення потоку води всередині форсунки, енергія потоку втрачається і на виході із отвору отримуємо краплини різного розміру від 0,6 до 0,8 мм, що цілком відповідає встановленому у розрахунках середнього значення краплини на рівні 0,5 мм.

Доцільність використання крупних крапель обумовлена їх високою змочувальною ефективністю порівняно із системою типу «туман». Окрім цього тиск води у системі становить лише 1,5 бар порівняно із 50 бар для системи із розпилюванням типу «туман». Проте, варто сказати що витрати води при цьому також зростають. Але з врахуванням незначної одно циклової тривалості роботи 10-14 хв. з проміжками часу 15 хв. витрати спів розмірні із системою високого тиску.

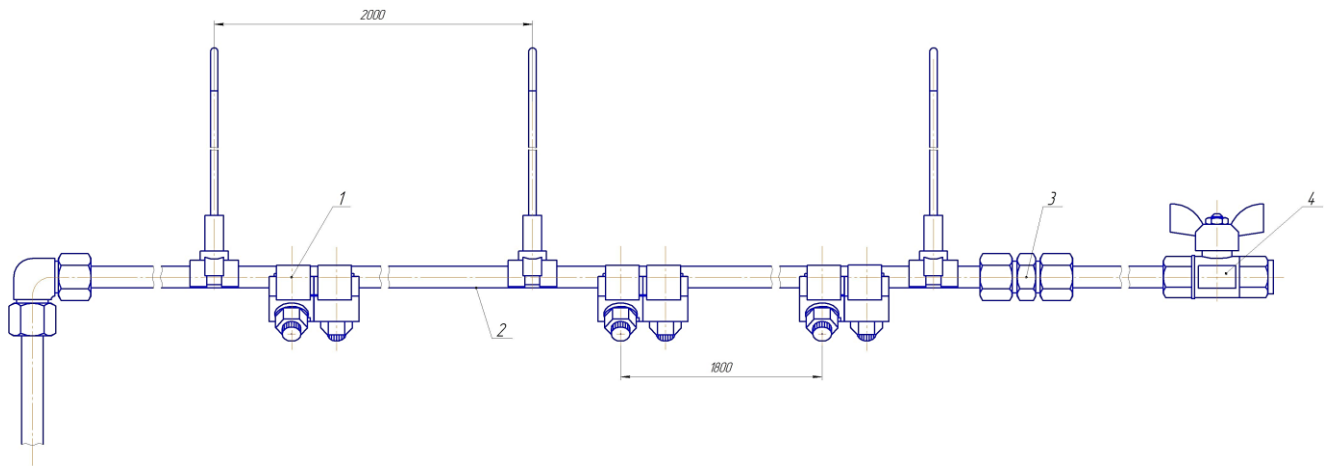


Рис. 3.2. Розроблена система розпилення води в місці перебування тварин: 1 – розпилювач; 2 – труба водопровідна; 3 – з’єднувальна система; 4 – кран.

Головною перевагою є те, що система призначена для охолодження самої тварини а не зволоження повітря з метою його охолодження. Безпосереднє охолодження тварини вважається більш ефективним оскільки може забезпечити вищий перепад зниження температури, особливо при роботі в парі із вентилятором. Потік повітря від вентилятора пришвидшує процес видалення з поверхні тварини зайвої вологи, що покращить загальний стан та підвищить комфорт.

Висновки до розділу 3

1. Розроблена система зволоження тіла тварин складається із 44 розпилювачів низького тиску, які забезпечують утворення краплини із середнім розміром 0,5 мм, що відповідає вимогам до ефективності змочування. Витрата води одним розпилювачем становить 0,6 л/хв при тискові води у системі водопостачання 1,5 бар, розрахунковий діаметр отвору становить 1,2 мм.

ВИСНОВКИ

1. До використання системи зволоження повітря потрібно ставитися виважено, оскільки надмірне зволоження та охолодження можуть зашкодити здоров'ю тварин. Використання води має бути регламентовано із-за зменшення ресурсів прісної води та надмірних викидів парникових газів, водяна пара серед яких є найбільш шкідливим газом. У зв'язку із цим необхідно провести додаткові дослідження можливих параметрів та режимів функціонування системи охолодження повітря у корівнику шляхом його зволоження.

2. Потребує додаткового опрацювання технологічна схема реалізації процесу охолодження яка б поєднувала в собі позитивні сторони припливно-витяжного обладнання, тобто поєднання в одному обладнанні видалення забрудненого повітря, подача свіжого повітря із одночасним зволоженням у жаркий період року. Такий підхід сприятиме зменшенню номенклатури обладнання у корівнику, що позитивно впливатиме на загальну атмосферу та структуру простору.

3. Вентилятори над стійлами для вільного утримання встановлюють на висоті не менше 2,4 м над проходом. Потік повітря від вентиляторів спрямований вниз під кутом від 15 до 20 градусів, оптимальний кут вважається 18°. Створивши швидкість повітряного потоку близько 5 м/с над спинах корів досягається ефект охолодження 4-6°C.

4. Відстань між вентиляторами становить 8 м, якщо діаметр робочого колеса 90 см та 10 м, якщо використовувати вентилятори діаметром 120 см. Усі вентилятори повинні дути повітря в одному напрямку. Для подачі води використовуються форсунки низького тиску які формують крупні краплі розміром від 0,20 до 0,50 мм.

5. Розроблена система зволоження тіла тварин складається із 44 розпилювачів низького тиску, які забезпечують утворення краплини із середнім розміром 0,5 мм, що відповідає вимогам до ефективності змочування. Витрата води одним розпилювачем становить 0,6 л/хв при тискові води у системі водопостачання 1,5 бар, розрахунковий діаметр отвору становить 1,2 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Управління мікрокліматом у корівниках. *Agroexpert* : веб-сайт. URL: <https://agroexpert.ua/upravlinnia-mikroklimatom-u-korivnykakh/>
2. Система охолодження приміщень для утримання ВРХ : веб-сайт. URL: <https://agroclimate.com.ua/catalog/sistema-oholodzhennya-primishhen-dlya-utrimannya-vrh-2/>.
3. Segnalini, M. Temperature humidity index scenarios in the mediterranean basin / M. Segnalini, U. Bernabucci, A. Vitali, A. Nardone, N. Lacetera // *Int. J. Biometeorol.* 2013. Vol. 57. P. 451–458.
4. Супрун І. О., Куриленко Ю. Ф. Проблема теплового стресу в молочному скотарстві та методи його профілактики. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*, випуск 1 (64), 2026. С. 105-112.
5. Дорошук Д. О. Шляхи досягнення оптимальних параметрів мікроклімату у корівнику. *Студентські читання–2025* : матеріали науково-практичної конференції. 30 жовтня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 147–149.
6. Вентиляція для якісного мікроклімату у ваших корівниках. <https://milkua.info/uk/post/ventilacia-dla-akisnogo-mikroklimatu-u-vasih-korivnikah-nk>
7. Дорошук Д. О. Характеристика систем вологого охолодження повітря. *Наукові читання – 2026* : збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 квітня 2026 р. Житомир: Поліський національний університет, 2026. Ч. 2. С. 116–118.
8. Toghdory A., Ghoorchi T., Asadi M., Bokharaeian M., Najafi M., Ghassemi Nejad J. Effects of Environmental Temperature and Humidity on Milk Composition, Microbial Load, and Somatic Cells in Milk of Holstein Dairy Cows in the Northeast Regions of Iran. *Animals*. 2022/ 12(18). 2484. <https://doi.org/10.3390/ani12182484>

9. Rolandas Bleizgys; Jonas Čėsna; Savelii Kukharets; Oleksandr Medvedskyi; Indrė Strelkauskaitė-Buivydienė; Ieva Knoknerienė (2023). Adiabatic Cooling System Working Process Investigation. *Processes*. Vol.11, №3, 767. doi.org/10.3390/pr11030767.
10. Bleizgys, R.; Čėsna, J.; Kukharets, S.; Medvedskyi, O. Statistical Analysis of the Air-Cooling Process in a Cowshed. *Agriculture*, 2023, 13(11), 2126. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112126>.
11. Bleizgys R., Naujokienė V., Čėsna J. Humidification–Cooling System in Semi-Insulated Box-Type Cowsheds Prevent the Loss of Milk Productivity Due to Thermal Stress. *Agronomy*. 2022. 12(5). 1131. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051131>
12. ABBIfan XXP-2 fan. URL: <https://agri.vervaeke.be/en/abbifan-xxp-2-fan>.
13. Farm building fan 140-XXP-2. URL: <https://www.agriexpo.online/prod/abbi-aerotech-bv/product-171098-141593.html>
14. Cool Sense Sprayer Nozzle. URL: <https://www.avidityscience.com/cool-sense-sprayer-nozzle-fght-7400-8941-001>.
15. Основи гідравліки та водопостачання : навчальний посібник / В. Придатко, О. Ковальчук. Львів: СПОЛОМ, 2023. 190 с.
16. Бойко А. В. Гідрогазодинаміка : підручник. Х. : НТУ «ХПІ», 2007. 444 с.
17. Гідрогазодинаміка : навчальний посібник / О. Г. Гусак, С. О. Шарапов, О. В. Ратушний. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 296 с.
18. Гідравліка і гідропривод: довідник / В.Г. Федоров, Н.С. Мамелюк, О.І. Кепко, О.С. Пушка; за ред. В.Г.Федорова. Умань: Видавничополіграфічний центр «Візаві», 2017. – 135 с
19. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість : підручник / за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. Київ: Хай-Тек Прес, 2013. 528 с.