

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
” ”
число місяць рік 2026 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА**

**на тему: «ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ
ЗРОЗРОБЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОПАЛЮВАЛЬНО-
ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПТАШНИКА»**

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ Синявський О.Ю.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ Васюк В.В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав

Бондар Т.В.
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ-2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
” ”
число місяць рік 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Бондару Тарасу Володимировичу

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Проектні рішення з розроблення енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи для пташника» затверджена наказом ректора НУБіП України від 30.10.2025, № 2607 “С” .

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 01.06.2026

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи Пташник розрахований на утримання 31104 голів бройлерів. Будівля спроектована розмірами 96×18 м і має сім приміщень: приміщення для птиці, підсобне приміщення, кімнату для перевалки гною, дві вентиляційні камери, туалет, коридор.

Конструкція будівлі виконана на бетонному фундаменті, що складається з:

1. Зовнішні стіни – керамзитобетонні панелі товщиною 300 мм, і вапняно-піщаний розчин шаром 20 мм

2. Перегородки – вапняно-піщаний розчин шаром 120 мм та керамічна пустотна цегла шириною 20 мм.

3. Покрівля – профнастил, теплоізоляційний шар та залізобетонні конструкції.

4. Підлога – керамзитобетон, теплоізоляційний шар керамзитобетону, підстилаючий шар гравію.

5. Зовнішні двері та ворота – соснова дошка товщиною 50 мм з утепленням мінеральною ватою.

6. Освітлення – штучне світлодіодне, висота приміщення біля зовнішніх стін – 3,2 м.

Перелік питань, що підлягають розробці:

1. Проаналізувати особливості системи освітлення в пташниках.
2. Розробити енергозберігаючу систему для пташника, виконати технічні розрахунки, розрахунок електричної мережі для живлення пташника та вибір апаратів захисту).

3. Розрахувати та вибрати силове електрообладнання пташника.

4. Розглянути питання безпеки життєдіяльності та екологічної безпеки роботи в пташнику.

5. Виконати розрахунок капітальних втрат на впровадження енергоефективної системи опалювально-вентиляційної в пташнику.

Перелік графічного матеріалу (за потреби):

1. Схема опалювально-вентиляційної системи для пташника.

2. План вентиляційно-опалювальної установки.

3. План розміщення силового обладнання.

4. План мережі електричного освітлення.

5. Електрична схема.

Дата видачі завдання “30”10. 2025 р.

Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи

Васюк В.В.

Завдання прийняв до виконання

БондарТ.В.

формат	Позначення	Найменування	Кільк.	№	При- мітка
			аркуш	прим.	
A4	02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	<u>Схема опалювально- вентиляційної системи для пташника.</u>	1	1	
A4	02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	<u>План вентиляційно- опалювальної установки.</u>	1	1	
A4	02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	<u>План розміщення силового обладнання.</u>	1	1	
A4	02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	<u>План мережі електричного освітлення.</u>	1	1	
A4	02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	<u>План мережі електричного освітлення.</u>	1	1	

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи		
<i>Розроб.</i>		Бондар					
<i>Первір.</i>		Васюк					
<i>Н. Контр.</i>		Коробський					
<i>Затверд.</i>		Окушко					
					<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
							79
					EEE-220016		

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКАХ	12
1.1 Характеристика пташника та технології утримання птиці.....	16
1.2 Вимоги до мікроклімату та аналіз систем опалення пташників	20
1.3 Аналіз систем вентиляції та енергоспоживання систем мікроклімату	23
1.4 Постановка задачі проектування енергозберігаючої опалювально- вентиляційної системи.....	26
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ТА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПТАШНИКА	30
2.1 Визначення параметрів мікроклімату для утримання птиці	30
2.2 Розрахунок теплового балансу приміщення пташника	33
2.4 Розрахунок необхідної потужності системи опалення	37
2.5 Розрахунок повітрообміну вентиляційної системи	41
2.6 Результати розрахунків.....	43
РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	45
3.1 Розрахунок і підбір силового обладнання.....	45
3.2 Проектування електричного освітлення.....	46
3.3 Розрахунок електричних мереж та навантажень освітлення.....	48
3.4 Визначення загального електричного навантаження на введенні в будівлю..	50
РОЗДІЛ 4 ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОПАЛЮВАЛЬНО- ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	52
4.1 Обґрунтування вибору енергозберігаючої системи мікроклімату.....	52
4.2 Розроблення схеми опалювально-вентиляційної системи.....	53
4.3 Підбір обладнання системи опалення.....	55
4.4 Підбір вентиляційного обладнання	57

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

4.5 Розрахунок енергоспоживання системи	58
4.6 Розроблення системи автоматичного керування мікрокліматом.....	61
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ	63
5.1 Заходи з охорони праці при експлуатації вентиляційного обладнання	63
5.2 Пожежна безпека пташника.....	65
5.3 Заходи з електробезпеки.....	66
РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ	69
6.1 Розрахунок капітальних витрат	69
6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	70
6.3 Оцінка економії енергоресурсів	71
6.4 Розрахунок економічної ефективності впровадження системи	73
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Одним із ключових факторів забезпечення продуктивності птиці та ефективності виробництва є підтримання оптимального мікроклімату у пташниках. Параметри температури, вологості, швидкості руху повітря та концентрації шкідливих газів безпосередньо впливають на фізіологічний стан птиці, інтенсивність її росту, рівень захворюваності та продуктивність. Тому системи опалення і вентиляції є важливими інженерними складовими технологічного обладнання птахівничих підприємств.

Значна частина витрат у птахівництві пов'язана з енергоспоживанням систем забезпечення мікроклімату. У холодний період року основні витрати припадають на системи опалення, які забезпечують підтримання необхідної температури у приміщеннях пташників. Одночасно система вентиляції повинна забезпечувати подачу свіжого повітря, видалення надлишкової вологи, аміаку, вуглекислого газу та інших шкідливих домішок. Недостатня ефективність або нераціональна організація роботи цих систем призводить до значних тепловтрат, перевитрати енергоресурсів та погіршення умов утримання птиці. Аналіз практики експлуатації птахівничих приміщень показує, що у багатьох випадках системи опалення і вентиляції працюють із низькою енергетичною ефективністю. Це зумовлено недосконалістю конструкцій обладнання, неузгодженістю роботи вентиляційних і опалювальних пристроїв, а також відсутністю оптимального регулювання параметрів мікроклімату. У результаті виникають значні енергетичні втрати, що збільшує собівартість продукції птахівництва та знижує ефективність виробництва. Одним із напрямів підвищення енергоефективності птахівничих підприємств є застосування енергозберігаючих опалювально-вентиляційних систем, які забезпечують раціональне використання теплової енергії та оптимізацію повітрообміну у приміщеннях пташників. Проектування таких систем повинно базуватися на

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналізі технологічних вимог до мікроклімату, теплотехнічних характеристик будівлі, параметрів повітрообміну та енергоспоживання обладнання.

Актуальність теми роботи обумовлена необхідністю підвищення енергоефективності систем забезпечення мікроклімату у пташниках шляхом розроблення раціональних інженерних рішень щодо опалення та вентиляції виробничих приміщень. Використання енергозберігаючих технологій дозволяє зменшити витрати енергоресурсів, підвищити стабільність параметрів мікроклімату та забезпечити оптимальні умови утримання птиці.

Об'єктом дослідження є система опалення і вентиляції пташника.

Предметом дослідження є процеси формування теплового та повітряного режимів у приміщенні пташника.

Метою роботи є розроблення проєкту енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи пташника, яка забезпечує підтримання нормативних параметрів мікроклімату при зниженні витрат енергоресурсів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі

- проаналізувати умови функціонування пташника та вимоги до параметрів мікроклімату;
- виконати розрахунок теплових втрат приміщення та необхідної потужності системи опалення;
- визначити параметри вентиляційної системи та необхідний повітрообмін;
- розробити енергозберігаючу опалювально-вентиляційну систему пташника;
- оцінити енергетичну та економічну ефективність запропонованих технічних рішень.

Практичне значення роботи полягає у розробленні проєктних рішень щодо енергозберігаючої системи опалення та вентиляції пташника, які можуть бути використані при проєктуванні та модернізації птахівничих приміщень для зменшення енергоспоживання та підвищення ефективності виробництва.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКАХ

1.1 Характеристика пташника та технології утримання птиці

Птахівничі підприємства України функціонують на основі індустріальних технологій виробництва, що передбачають використання спеціалізованих виробничих приміщень і автоматизованих систем забезпечення технологічних процесів. Одним із найбільших виробників продукції птахівництва є агропромисловий холдинг Миронівський хлібопродукт (МХП), діяльність якого базується на повному виробничому циклі – від вирощування кормової сировини до виробництва та реалізації м'ясної продукції. Птахівничі комплекси підприємства оснащені сучасними пташниками, обладнаними системами годівлі, напування, вентиляції, опалення та автоматичного регулювання параметрів мікроклімату.

У даній роботі розглядається пташник промислового типу, призначений для вирощування бройлерної птиці. Такі приміщення мають одноповерхову прямокутну конструкцію з теплоізованими огорожувальними конструкціями. Типові геометричні параметри пташника становлять: довжина 80–120 м, ширина 12–18 м, висота 3–4 м. Стіни та покрівля виконуються з теплоізоляційних матеріалів, що забезпечують зменшення тепловтрат і стабільність температурного режиму. Підлога пташника бетонна та використовується для підлогового утримання птиці на глибокій підстилці.

Вирощування бройлерної птиці здійснюється за підлоговою технологією без використання кліткових систем. Птиця рівномірно розміщується по площі приміщення на шарі підстилки з тирси або соломи. Щільність посадки залежить від віку птиці та технологічних умов утримання і зазвичай становить 16–20 голів на 1 м² площі пташника.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні технологічні процеси у пташнику забезпечуються комплексом спеціалізованого обладнання. Система годівлі здійснює автоматичну подачу корму до годівниць за допомогою шнекових або транспортерних механізмів. Система напування представлена лініями ніпельних поїлок, що забезпечують постійний доступ птиці до води. Освітлення приміщення здійснюється за допомогою енергоефективних світлодіодних світильників із можливістю регулювання інтенсивності освітлення відповідно до технологічного режиму вирощування.

Важливим елементом технологічного оснащення пташника є система забезпечення мікроклімату, яка включає опалення, вентиляцію та засоби автоматичного регулювання параметрів повітряного середовища. До основних параметрів мікроклімату належать температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та концентрація шкідливих газів, зокрема аміаку та вуглекислого газу.

Для підтримання необхідної температури у холодний період року застосовуються системи повітряного або водяного опалення, а також газові чи інфрачервоні обігрівачі. Повітрообмін у приміщенні забезпечується припливно-витяжною вентиляцією з використанням осьових або відцентрових вентиляторів. Робота вентиляційної системи регулюється автоматично відповідно до показників температури та вологості повітря.

1.2 Вимоги до мікроклімату та аналіз систем опалення пташників

Температурний режим у пташнику змінюється залежно від віку птиці. Молодняк у перші дні життя потребує підвищеної температури середовища, що компенсує недостатню терморегуляцію організму. У процесі росту птиці інтенсивність тепловиділення збільшується, що дозволяє поступово знижувати температуру у приміщенні. Важливо забезпечити рівномірний розподіл

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

температури у зоні перебування птиці, оскільки локальні перепади температури можуть спричинити нерівномірний розвиток поголів'я.

Крім температури важливим параметром є відносна вологість повітря. Підвищена вологість у поєднанні з низькою температурою призводить до зволоження підстилки та погіршення санітарних умов, що сприяє розвитку патогенної мікрофлори. Низька вологість, навпаки, викликає підвищене пиловиділення та подразнення органів дихання птиці. Оптимальні значення вологості дозволяють підтримувати стабільний стан підстилки та забезпечують нормальний газообмін у приміщенні.

Ще одним важливим параметром мікроклімату є швидкість руху повітря. У холодний період надмірна швидкість повітря може спричинити переохолодження птиці, тоді як у теплий період збільшення швидкості повітряного потоку сприяє інтенсивнішому відведенню надлишкового тепла. Таким чином, система мікроклімату повинна забезпечувати регульований повітрообмін з урахуванням сезонних умов експлуатації.

Основні нормативні параметри мікроклімату для пташників наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Нормативні параметри мікроклімату у пташнику

Параметр	Нормативне значення
Температура повітря для молодняку (1–7 діб)	30–32 °С
Температура повітря (3–4 тиждень вирощування)	22–24 °С
Температура повітря наприкінці вирощування	18–20 °С
Відносна вологість повітря	60–70 %
Допустима швидкість руху повітря взимку	0,2–0,3 м/с
Допустима швидкість руху повітря влітку	1,5–2,5 м/с
Максимальна концентрація аміаку	до 20 мг/м ³
Максимальна концентрація CO ₂	до 0,20–0,25 %

Для забезпечення вказаних параметрів застосовуються різні типи систем опалення. Найпоширенішими є газові або дизельні теплогенератори прямого

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

нагріву, інфрачервоні обігрівачі, водяні калорифери та повітряні тепловентилятори. Кожен із цих типів систем має власні конструктивні та експлуатаційні особливості, що впливають на ефективність формування мікроклімату та рівень енергоспоживання.

Газові теплогенератори характеризуються високою швидкістю нагрівання повітря та простотою конструкції, однак їх використання супроводжується утворенням продуктів згоряння, що збільшує навантаження на вентиляційну систему. Інфрачервоні обігрівачі забезпечують локальний обігрів у зоні розміщення молодняку і часто використовуються на початкових етапах вирощування птиці. Разом з тим вони не забезпечують рівномірного нагрівання всього об'єму приміщення.

Більш ефективними для промислових пташників є системи повітряного або водяного опалення, у яких теплота передається через теплообмінники або калорифери з подальшим розподілом теплого повітря по приміщенню. Використання тепловентиляторів дозволяє одночасно нагрівати та перемішувати повітряний об'єм, що сприяє рівномірному розподілу температури та зменшенню теплових втрат через огорожувальні конструкції.

Порівняльні характеристики основних типів систем опалення пташників наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Порівняльна характеристика систем опалення пташників

Параметр	Нормативне значення
Температура повітря для молодняку (1–7 діб)	30–32 °С
Температура повітря (3–4 тижень вирощування)	22–24 °С
Температура повітря наприкінці вирощування	18–20 °С
Відносна вологість повітря	60–70 %
Допустима швидкість руху повітря взимку	0,2–0,3 м/с
Допустима швидкість руху повітря влітку	1,5–2,5 м/с
Максимальна концентрація аміаку	до 20 мг/м ³
Максимальна концентрація CO ₂	до 0,20–0,25 %

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Аналіз вимог до мікроклімату та існуючих систем опалення показує, що для сучасних пташників найбільш ефективними є комбіновані системи повітряного обігріву з примусовою циркуляцією повітря. Такі системи дозволяють підтримувати стабільні температурні умови, забезпечують рівномірний розподіл тепла у приміщенні та створюють передумови для зниження енергоспоживання систем мікроклімату. У подальшому доцільно розглянути системи вентиляції пташників та їх вплив на енергетичну ефективність роботи комплексу мікроклімату.

1.3 Аналіз систем вентиляції та енергоспоживання систем мікроклімату

Система вентиляції пташника є основним інструментом регулювання параметрів мікроклімату, оскільки саме повітрообмін забезпечує підтримання допустимих значень температури, вологості та концентрації шкідливих газів. У сучасних птахівничих комплексах застосовуються механічні системи вентиляції з використанням витяжних вентиляторів і регульованих припливних отворів, що дозволяє підтримувати стабільний мікроклімат незалежно від зовнішніх кліматичних умов.

Основними типами вентиляції пташників є:

- бокова вентиляція (side ventilation)
- тунельна вентиляція (tunnel ventilation)
- комбінована вентиляція (Combi-tunnel)

Бокова вентиляція використовується переважно у холодний період року. Повітря надходить у приміщення через припливні клапани, розташовані вздовж бічних стін пташника, після чого змішується з теплим повітрям під стелею та поступово опускається у зону розміщення птиці. Витяжка повітря здійснюється через вентилятори, встановлені у торцевих або бокових стінах. Такий режим

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

забезпечує рівномірне перемішування повітря та зменшує ризик утворення протягів.

На рисунку 1.1 показано принцип організації повітряних потоків у пташнику при використанні тунельного та бокового режимів вентиляції.

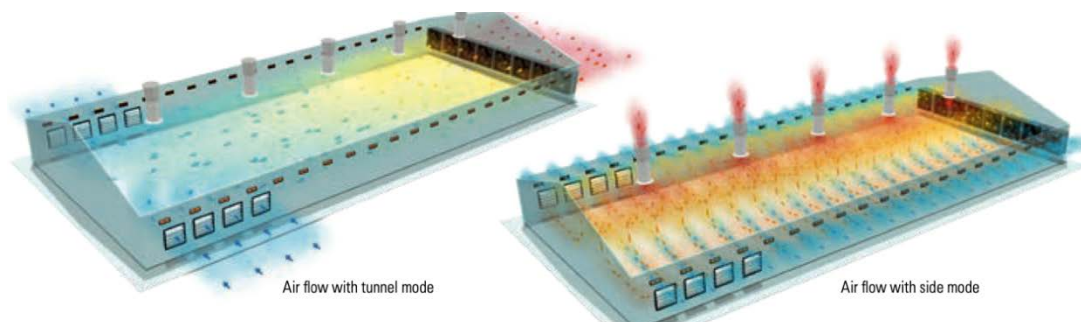


Рис. 1.1 – Режими вентиляції пташника (tunnel mode та side mode)

У теплий період року застосовується тунельна вентиляція, при якій повітря надходить через припливні отвори або охолоджувальні панелі, розташовані на одному торці будівлі, та рухається вздовж усього пташника до витяжних вентиляторів на протилежному торці. Така схема створює спрямований повітряний потік зі швидкістю 1,5–2,5 м/с, що забезпечує інтенсивне відведення надлишкового тепла від птиці та запобігає тепловому стресу.

Важливим елементом системи вентиляції є припливні клапани, які регулюють напрямок та інтенсивність повітряного потоку. Варіанти роботи припливного клапана наведено на рисунку 1.2.

Зміна кута відкривання клапана дозволяє контролювати траєкторію руху повітряного струменя. При оптимальному налаштуванні холодне повітря подається у верхню зону пташника, де змішується з теплим повітрям, після чого рівномірно розподіляється у зоні утримання птиці. Неправильне регулювання клапанів призводить до локального переохолодження підстилки та збільшення витрат енергії на опалення.

					02.02-KP.2607 "C" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

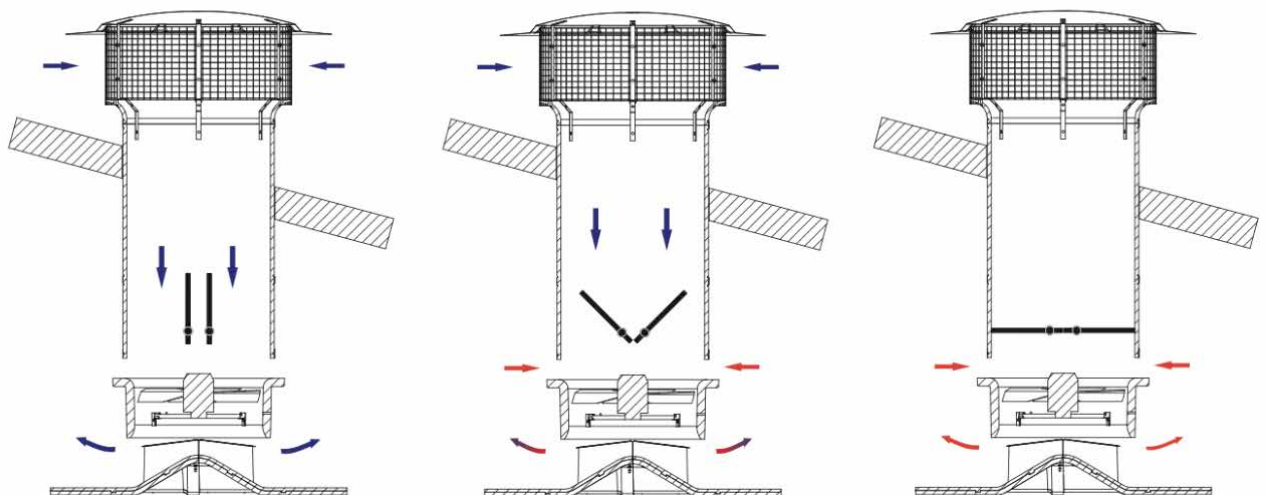


Рис. 1.2 – Схема роботи припливного клапана вентиляційної системи

Крім забезпечення повітрообміну, системи вентиляції виконують функцію розподілу теплоти у приміщенні. Для цього у сучасних пташниках застосовуються тепловентилятори з водяним теплообмінником, які поєднують нагрівання повітря та його циркуляцію. Конструктивна схема такого обладнання наведена на рисунку 1.3.

Тепловентилятор складається з теплообмінника, вентилятора, корпусу, системи регулювання повітряного потоку та трубопроводів підведення теплоносія. Нагріте повітря подається у нижню частину приміщення, де знаходиться птиця, що забезпечує рівномірний розподіл температури та зменшує теплові втрати через огорожувальні конструкції.

Одним із ключових факторів ефективності систем мікроклімату є їх енергоспоживання. Основними споживачами електричної енергії у пташнику є вентилятори вентиляційної системи, циркуляційні насоси та автоматика керування. Для пташників промислового типу з довжиною 80–120 м кількість витяжних вентиляторів може становити 6–12 одиниць, при цьому потужність одного вентилятора зазвичай знаходиться у межах 0,75–1,5 кВт.

Основні показники енергоспоживання систем мікроклімату наведено у таблиці 1.3.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

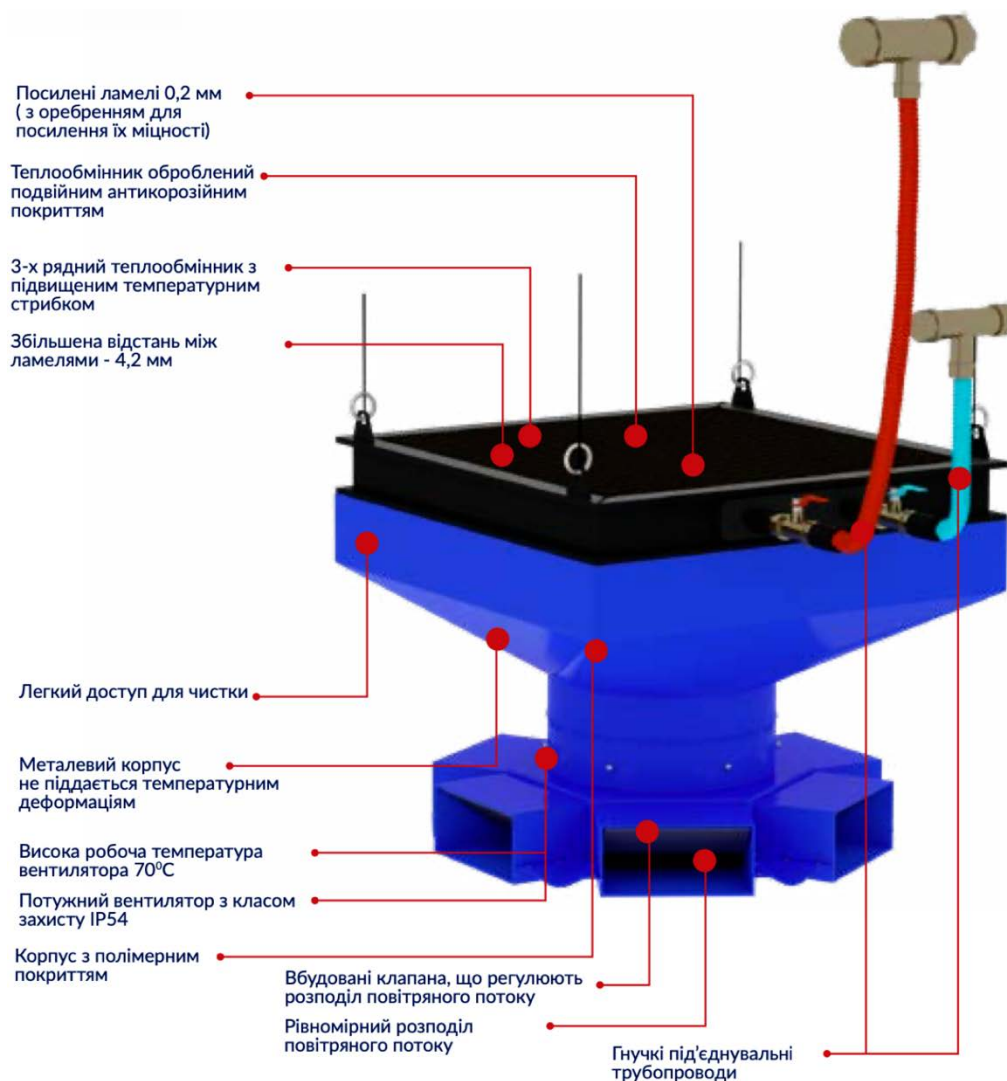


Рис. 1.3 – Тепловентилятор системи мікроклімату пташника

Загальна потужність вентиляційної системи становить приблизно 6–15 кВт, що робить її одним з основних споживачів електроенергії у пташнику. Зниження енергоспоживання досягається за рахунок використання вискоефективних вентиляторів, автоматичного регулювання частоти обертання двигунів, оптимального розміщення припливних отворів та інтеграції систем вентиляції з системою опалення табл. 1.3

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні параметри енергоспоживання систем вентиляції

Тип системи опалення	Діапазон теплової потужності	Переваги	Недоліки
Газові теплогенератори прямого нагріву	30–120 кВт	швидке нагрівання повітря, проста конструкція	утворення продуктів згоряння, нерівномірний розподіл тепла
Інфрачервоні обігрівачі	5–40 кВт	ефективний локальний обігрів молодняку	обмежена зона обігріву, не забезпечують повітрообмін
Водяні калорифери	20–100 кВт	рівномірний нагрів повітря, можливість централізованого теплопостачання	складніша система трубопроводів
Повітряні тепловентилятори	20–80 кВт	рівномірний розподіл теплого повітря, поєднання нагріву і циркуляції	потребують електроживлення вентиляторів

1.4 Постановка задачі проектування енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи

Системи мікроклімату пташника формують основну частку витрат енергії у виробничому циклі. Для промислових пташників площею 800–1800 м² сумарна встановлена електрична потужність вентиляційного обладнання зазвичай становить 6–18 кВт, а розрахункова тепла потужність системи опалення в холодний період досягає 80–180 кВт залежно від теплотехнічних характеристик будівлі, щільності посадки птиці та зовнішньої температури. При цьому найбільша частка теплових втрат припадає на вентиляційний повітрообмін, тому проектування опалення та вентиляції повинно виконуватися як єдиної енергетично узгодженої системи.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Задача проектування полягає у визначенні таких параметрів опалювально-вентиляційної системи, за яких забезпечуються нормативні параметри внутрішнього середовища: температура повітря в межах 18–32 °С залежно від віку птиці, відносна вологість 60–70 %, швидкість руху повітря 0,2–0,3 м/с у холодний період і до 1,5–2,5 м/с у теплий період, концентрація аміаку не вище 20 мг/м³, концентрація СО₂ не вище 0,20–0,25 %. Проектоване рішення повинно забезпечувати рівномірний розподіл теплоти в зоні утримання птиці та мінімізацію питомих витрат енергії на підтримання мікроклімату.

Розрахункова постановка задачі базується на рівнянні теплового балансу пташника:

$$\Phi_h + \Phi_s = \Phi_c + \Phi_v \quad (1.1)$$

де Φ_h – теплова потужність системи опалення, Вт; Φ_s – тепловиділення птиці, Вт; Φ_c – втрати теплоти через огорожувальні конструкції, Вт; Φ_v – втрати теплоти з вентиляційним повітрям, Вт.

Втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються за залежністю:

$$\Phi_c = \sum U_i A_i (t_i - t_o) \quad (1.2)$$

де U_i – коефіцієнт теплопередачі i -ї конструкції, Вт/(м²·К); A_i – площа відповідної конструкції, м²; t_i – температура внутрішнього повітря, °С; t_o – температура зовнішнього повітря, °С.

Втрати теплоти з вентиляційним повітрям визначаються за формулою:

$$\Phi_v = \rho c_p L (t_i - t_o) \quad (1.3)$$

де ρ – густина повітря, кг/м³; c_p – питома теплоємність повітря, Дж/(кг·К); L – витрата припливного повітря, м³/с.

Необхідний повітрообмін у пташнику приймається за питомою витратою повітря на 1 кг живої маси птиці. У холодний період вона становить 0,7–1,0 м³/(год·кг), у перехідний – 3–4 м³/(год·кг), у теплий – 6–8 м³/(год·кг). Для пташника з живою масою поголів'я 15–20 т розрахункова витрата повітря може

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становити 10–20 тис. м³/год у зимовому режимі та 90–140 тис. м³/год у літньому режимі. Це зумовлює необхідність вибору вентиляційної схеми з мінімальними аеродинамічними втратами та можливістю автоматичного регулювання продуктивності.

Критерієм енергетичної ефективності проектованої системи приймається питома витрата енергії на підтримання мікроклімату:

$$e = Q / F \quad (1.4)$$

де e – питома витрата енергії, Вт·год/м²; Q – сумарні витрати енергії на опалення і вентиляцію, Вт·год; F – площа пташника, м².

Зниження значення e повинно досягатися за рахунок поєднання таких технічних рішень: використання енергоефективних тепловентиляторів або повітряних калориферів, впровадження комбінованої вентиляційної схеми, регулювання продуктивності вентиляторів, зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції та автоматичного керування параметрами мікроклімату. Для сучасних енергозберігаючих систем очікуване скорочення споживання енергії становить 15–30 % порівняно з традиційними схемами обігріву та вентиляції.

У межах даної роботи передбачається: визначити теплові втрати пташника; розрахувати необхідну потужність системи опалення; встановити потрібний повітрообмін у зимовому та літньому режимах; обґрунтувати вибір типу опалювально-вентиляційної системи; виконати підбір основного обладнання; оцінити очікуваний енергозберігаючий ефект. Отже, проектування енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи зводиться до раціонального узгодження теплових та аеродинамічних параметрів пташника при забезпеченні нормативного мікроклімату і мінімальних витратах енергії.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ТА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПТАШНИКА

2.1 Визначення параметрів мікроклімату для утримання птиці

Визначення розрахункових параметрів мікроклімату виконується для бройлерного пташника промислового типу, що працює за підлоговою технологією утримання птиці. Вихідними даними є вік поголів'я, щільність посадки, сезон експлуатації та нормативні вимоги до температури, вологості, швидкості руху повітря і гранично допустимих концентрацій шкідливих газів. Одержані параметри використовуються далі при розрахунку теплового балансу, тепловтрат, потужності системи опалення та повітрообміну вентиляційної системи.

Для промислового вирощування бройлерів приймається цикл тривалістю 42 доби. У перші дні вирощування птиця потребує підвищеної температури у зоні перебування, після чого температура поступово знижується відповідно до зростання живої маси та власного тепловиділення поголів'я. У холодний період базовим розрахунковим параметром є температура повітря у робочій зоні, а супутніми – відносна вологість, швидкість руху повітря, концентрація аміаку та вуглекислого газу. Для інженерного розрахунку температурного графіка між контрольними точками циклу вирощування використовується лінійна інтерполяція:

$$t\tau = t1 - ((t1 - tk)/(\tau k - \tau 1)) \cdot (\tau - \tau 1) \quad (2.1)$$

де $t\tau$ – розрахункова температура для віку τ , °C; $t1$ – температура на початку діапазону, °C; tk – температура в кінці діапазону, °C; $\tau 1$ і τk – початкова та кінцева доби відповідного технологічного інтервалу табл. 2.1

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для всього циклу вирощування 42 доби як граничні точки приймаються $t_1 = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $\tau_1 = 1$ доба та $t_k = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $\tau_k = 42$ доби. Тоді середній темп зниження температури становить:

$$kt = (t_1 - t_k)/(\tau_k - \tau_1) = (32 - 19)/(42 - 1) = 0,317\text{ }^{\circ}\text{C/добу} \quad (2.2)$$

Таблиця 2.1

Розрахункові параметри мікроклімату для бройлерного пташника

Вік птиці, діб	Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$	Відносна вологість, %	Швидкість повітря взимку, м/с	Швидкість повітря влітку, м/с	NH_3 , мг/м ³	CO_2 , %
1–7	30–32	65–70	0,2	0,3–0,5	≤ 10	$\leq 0,20$
8–14	28–29	65–70	0,2	0,5–0,8	≤ 10	$\leq 0,20$
15–21	25–26	60–70	0,2–0,3	0,8–1,2	≤ 15	$\leq 0,20$
22–28	22–24	60–70	0,2–0,3	1,2–1,8	≤ 15	$\leq 0,25$
29–35	20–21	60–70	0,3	1,8–2,2	≤ 20	$\leq 0,25$
36–42	18–19	60–70	0,3	2,0–2,5	≤ 20	$\leq 0,25$

Отже, у спрощеному вигляді розрахункова залежність температури від віку птиці набуває вигляду:

$$t\tau = 32 - 0,317 \cdot (\tau - 1) \quad (2.3)$$

Для контрольних точок циклу одержуємо:

$$t_7 = 32 - 0,317 \cdot (7 - 1) = 30,1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{21} = 32 - 0,317 \cdot (21 - 1) = 25,7\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{35} = 32 - 0,317 \cdot (35 - 1) = 21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{42} = 32 - 0,317 \cdot (42 - 1) = 19,0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Розрахункове значення відносної вологості для системи автоматичного керування доцільно приймати як середину нормативного діапазону:

$$\varphi_p = (\varphi_{\min} + \varphi_{\max})/2 = (60 + 70)/2 = 65\text{ \%} \quad (2.8)$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, розрахункова установка за відотною вологістю приймається на рівні 65 %, при цьому допустимі коливання не повинні перевищувати $\pm 5\%$.

Для оцінки санітарного стану повітря використовуються граничні значення концентрацій шкідливих газів. У розрахунках приймаються такі обмеження:

$$CNH_3 \leq 20 \text{ мг/м}^3 \quad (2.9)$$

$$CCO_2 \leq 0,25\% \quad (2.10)$$

Швидкість руху повітря приймається залежно від сезону. Для холодного періоду вона не повинна перевищувати 0,2–0,3 м/с, щоб уникнути переохолодження птиці, а в теплий період допускається її збільшення до 1,5–2,5 м/с для інтенсифікації конвективного теплообміну. Для системи розрахунку мікроклімату доцільно прийняти усереднені значення швидкості:

$$v_z = 0,25 \text{ м/с} \quad (2.11)$$

$$v_l = 2,0 \text{ м/с} \quad (2.12)$$

Таблиця 2.2

Розрахункові параметри мікроклімату для основних фаз вирощування

Фаза вирощування	Вік, діб	T, °C	Ф, %	V, м/с	Допустимі газові концентрації
Пускова	1–14	28–32	65–70	0,2	$NH_3 \leq 10 \text{ мг/м}^3$; $CO_2 \leq 0,20\%$
Ростова	15–28	22–26	60–70	0,2–0,3	$NH_3 \leq 15 \text{ мг/м}^3$; $CO_2 \leq 0,20–0,25\%$
Фінішна	29–42	18–21	60–70	0,3	$NH_3 \leq 20 \text{ мг/м}^3$; $CO_2 \leq 0,25\%$

Для подальших теплотехнічних і вентиляційних розрахунків приймаються такі базові параметри мікроклімату: температура в зоні перебування птиці 32 °C

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на початку вирощування та 19 °С наприкінці циклу, розрахункова відносна вологість 65 %, швидкість повітря 0,25 м/с у холодний період і 2,0 м/с у теплий, гранична концентрація аміаку 20 мг/м³ та вуглекислого газу 0,25 %. Одержані значення використовуються далі як вихідні дані для розрахунку теплового балансу пташника, тепловтрат і повітрообміну вентиляційної системи.

2.2 Розрахунок теплового балансу приміщення пташника

Розрахунок теплового балансу приміщення пташника виконується для зимового періоду в найбільш несприятливому режимі, коли зовнішня температура є мінімальною, а теплопродукція поголів'я недостатня для компенсації тепловтрат. Метою розрахунку є визначення сумарних тепловтрат приміщення та необхідної теплової потужності системи опалення за умови забезпечення нормативних параметрів мікроклімату.

Для розрахунку прийнято пташник промислового типу для вирощування бройлерів з такими геометричними параметрами: довжина $L = 96$ м, ширина $B = 18$ м, середня висота $H = 3,2$ м. Розрахункова внутрішня температура на початку циклу вирощування приймається $t_i = 32$ °С, зовнішня температура холодного періоду $t_o = -10$ °С. Щільність посадки становить 18 гол./м², початкова маса одного бройлера - 0,045 кг. Табл. 2.3

Площа підлоги пташника становить:

$$F = L \cdot B = 96 \cdot 18 = 1728 \text{ м}^2 \quad (2.13)$$

Об'єм приміщення дорівнює:

$$V = F \cdot H = 1728 \cdot 3,2 = 5529,6 \text{ м}^3 \quad (2.14)$$

Кількість птиці в приміщенні:

$$N = F \cdot m_p = 1728 \cdot 18 = 31104 \text{ гол.} \quad (2.15)$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані для розрахунку теплового балансу пташника

Параметр	Позначення	Значення
Довжина пташника	L	96 м
Ширина пташника	B	18 м
Середня висота	H	3,2 м
Внутрішня температура	t _i	32 °С
Зовнішня температура	t _o	-10 °С
Щільність посадки	m _p	18 гол./м ²
Початкова маса 1 бройлера	m ₁	0,045 кг
Питоме тепловиділення птиці	q _b	8 Вт/кг
Кратність мінімального повітрообміну	n _v	1 1/год

Сумарна жива маса поголів'я на початку циклу вирощування:

$$M = N \cdot m_1 = 31104 \cdot 0,045 = 1399,68 \text{ кг} \quad (2.16)$$

Загальне рівняння теплового балансу приміщення пташника має вигляд:

$$Q_{\text{оп}} + Q_{\text{пт}} = Q_{\text{ог}} + Q_{\text{в}} \quad (2.17)$$

де $Q_{\text{оп}}$ – теплова потужність системи опалення, Вт; $Q_{\text{пт}}$ – теплота, що виділяється поголів'ям птиці, Вт; $Q_{\text{ог}}$ – тепловтрати через огорожувальні конструкції, Вт; $Q_{\text{в}}$ – тепловтрати з вентиляційним повітрям, Вт.

Різниця температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям становить:

$$\Delta t = t_i - t_o = 32 - (-10) = 42 \text{ °С} \quad (2.18)$$

Тепловтрати через огорожувальні конструкції визначаються за залежністю:

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$Q_{ог} = \Sigma(k_i \cdot F_i \cdot \Delta t) \quad (2.19)$$

Для пташника приймаються такі орієнтовні коефіцієнти теплопередачі: для стін $k_{ст} = 0,38 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, для покрівлі $k_{покр} = 0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, для підлоги $k_{підл} = 0,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, для воріт та дверей $k_{дв} = 2,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Площа зовнішніх стін пташника становить:

$$F_{ст} = 2 \cdot (L + B) \cdot H = 2 \cdot (96 + 18) \cdot 3,2 = 729,6 \text{ м}^2 \quad (2.20)$$

Площу покрівлі для розрахунку приймаємо з коефіцієнтом 1,06 до площі підлоги:

$$F_{покр} = 1,06 \cdot F = 1,06 \cdot 1728 = 1831,68 \text{ м}^2 \quad (2.21)$$

Площа підлоги:

$$F_{підл} = 1728 \text{ м}^2 \quad (2.22)$$

Площу воріт та дверей приймаємо орієнтовно:

$$F_{дв} = 25 \text{ м}^2 \quad (2.23)$$

Тоді тепловтрати через стіни дорівнюють:

$$Q_{ст} = 0,38 \cdot 729,6 \cdot 42 = 11643,2 \text{ Вт} \quad (2.24)$$

Тепловтрати через покрівлю:

$$Q_{покр} = 0,30 \cdot 1831,68 \cdot 42 = 23079,2 \text{ Вт} \quad (2.25)$$

Тепловтрати через підлогу:

$$Q_{підл} = 0,20 \cdot 1728 \cdot 42 = 14515,2 \text{ Вт} \quad (2.26)$$

Тепловтрати через ворота і двері:

$$Q_{дв} = 2,0 \cdot 25 \cdot 42 = 2100 \text{ Вт} \quad (2.27)$$

Сумарні тепловтрати через огорожувальні конструкції становлять:

$$Q_{ог} = 11643,2 + 23079,2 + 14515,2 + 2100 = 51337,6 \text{ Вт} \quad (2.29)$$

$$Q_{ог} = 51,34 \text{ кВт}$$

Тепловтрати з вентиляційним повітрям визначаються за формулою:

$$Q_{в} = 0,335 \cdot L_{в} \cdot \Delta t \quad (2.30)$$

де $L_{в}$ – витрата вентиляційного повітря, $\text{м}^3/\text{год}$. Для мінімального зимового режиму приймається одноразовий повітрообмін приміщення за годину:

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$L_{\text{в}} = n_{\text{в}} \cdot V = 1 \cdot 5529,6 = 5529,6 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.31)$$

Тоді вентиляційні тепловтрати дорівнюють:

$$Q_{\text{в}} = 0,335 \cdot 5529,6 \cdot 42 = 77827,6 \text{ Вт} \quad (2.32)$$

$$Q_{\text{в}} = 77,83 \text{ кВт}$$

Тепловиділення птиці визначається за залежністю:

$$\begin{aligned} Q_{\text{пт}} &= q_{\text{б}} \cdot M = 8 \cdot 1399,68 \\ &= 11197,4 \text{ Вт} \end{aligned} \quad (2.33)$$

$$Q_{\text{пт}} = 11,20 \text{ кВт}$$

Потрібна теплова потужність системи опалення становить:

$$Q_{\text{оп}} = Q_{\text{ог}} + Q_{\text{в}} - Q_{\text{пт}} \quad (2.34)$$

$$Q_{\text{оп}} = 51,34 + 77,83 - 11,20 = 117,97 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.4

Структура теплового балансу приміщення пташника

Складова теплового балансу	Позначення	Значення, кВт
Тепловтрати через огорожувальні конструкції	$Q_{\text{ог}}$	51,34
Тепловтрати з вентиляційним повітрям	$Q_{\text{в}}$	77,83
Тепловиділення поголів'я птиці	$Q_{\text{пт}}$	11,20
Необхідна потужність системи опалення	$Q_{\text{оп}}$	117,97

Аналіз теплового балансу показує, що найбільшу частку тепловтрат у розрахунковому режимі становлять вентиляційні втрати. Це підтверджує доцільність застосування енергозберігаючих опалювально-вентиляційних рішень, спрямованих на зменшення вентиляційних тепловтрат, оптимізацію повітрообміну та підвищення ефективності системи опалення.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату у зимовий період необхідна теплова потужність системи опалення для прийнятого пташника становить приблизно 118 кВт. Одержане значення є вихідним для подальшого вибору обладнання системи опалення та побудови енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи.

2.3 Розрахунок тепловтрат будівлі

Розрахунок тепловтрат будівлі виконується для визначення втрат теплоти через огорожувальні конструкції пташника у зимовий період. Одержані результати використовуються при виборі потужності системи опалення та оцінюванні енергоефективності проектованої опалювально-вентиляційної системи. Розрахунок ведеться для прийнятих у п. 2.2 геометричних параметрів будівлі та розрахункової різниці температур $\Delta t = 42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Табл. 2.5

Таблиця 2.5

Вихідні дані для розрахунку тепловтрат будівлі

Параметр	Позначення	Значення
Довжина пташника	L	96 м
Ширина пташника	B	18 м
Середня висота	H	3,2 м
Площа підлоги	F	1728 м ²
Різниця температур	Δt	42 °C
Коефіцієнт теплопередачі стін	k _{ст}	0,38 Вт/(м ² ·°C)
Коефіцієнт теплопередачі покрівлі	k _{покр}	0,30 Вт/(м ² ·°C)
Коефіцієнт теплопередачі підлоги	k _{підл}	0,20 Вт/(м ² ·°C)
Коефіцієнт теплопередачі дверей і воріт	k _{дв}	2,0 Вт/(м ² ·°C)

Тепловтрати через окремих елемент огорожувальної конструкції визначаються за загальною залежністю:

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$Q_i = k_i \cdot F_i \cdot \Delta t \quad (2.38)$$

де k_i – коефіцієнт теплопередачі елемента, Вт/(м²·°С); F_i – площа елемента, м²; Δt – різниця температур внутрішнього і зовнішнього повітря, °С.

Сумарні тепловтрати будівлі визначаються як сума втрат через усі огорожувальні конструкції:

$$Q_{\text{буд}} = \Sigma Q_i \quad (2.39)$$

Площа зовнішніх стін пташника становить:

$$F_{\text{ст}} = 2 \cdot (L + B) \cdot H = 2 \cdot (96 + 18) \cdot 3,2 = 729,6 \text{ м}^2 \quad (2.40)$$

Площа покрівлі приймається з урахуванням коефіцієнта 1,06 до площі підлоги:

$$F_{\text{пок}} = 1,06 \cdot F = 1,06 \cdot 1728 = 1831,68 \text{ м}^2 \quad (2.41)$$

Площа підлоги дорівнює:

$$F_{\text{підл}} = 1728 \text{ м}^2 \quad (2.42)$$

Площа дверей і воріт приймається орієнтовно:

$$F_{\text{дв}} = 25 \text{ м}^2 \quad (2.43)$$

Тоді тепловтрати через стіни становлять:

$$Q_{\text{ст}} = k_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \Delta t = 0,38 \cdot 729,6 \cdot 42 = 11643,2 \text{ Вт} \quad (2.44)$$

$$Q_{\text{ст}} = 11,64 \text{ кВт} \quad (2.45)$$

Тепловтрати через покрівлю:

$$Q_{\text{пок}} = k_{\text{пок}} \cdot F_{\text{пок}} \cdot \Delta t = 0,30 \cdot 1831,68 \cdot 42 = 23079,2 \text{ Вт} \quad (2.46)$$

$$Q_{\text{пок}} = 23,08 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через підлогу:

$$Q_{\text{підл}} = k_{\text{підл}} \cdot F_{\text{підл}} \cdot \Delta t = 0,20 \cdot 1728 \cdot 42 = 14515,2 \text{ Вт} \quad (2.47)$$

$$Q_{\text{підл}} = 14,52 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через ворота і двері:

$$Q_{\text{дв}} = k_{\text{дв}} \cdot F_{\text{дв}} \cdot \Delta t = 2,0 \cdot 25 \cdot 42 = 2100 \text{ Вт} \quad (2.48)$$

$$Q_{\text{дв}} = 2,10 \text{ кВт}$$

Сумарні тепловтрати будівлі дорівнюють:

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$Q_{\text{буд}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{пок}} + Q_{\text{підл}} + Q_{\text{дв}} \quad (2.49)$$

$$Q_{\text{буд}} = 11,64 + 23,08 + 14,52 + 2,10 = 51,34 \text{ кВт}$$

Для кількісної оцінки теплозахисних властивостей будівлі визначають питомі тепловтрати на 1 м² площі підлоги:

$$q_F = Q_{\text{буд}} / F = 51,34 / 1728 = 0,0297 \text{ кВт/м}^2 \quad (2.50)$$

$$q_F = 29,7 \text{ Вт/м}^2$$

Коефіцієнт об'ємної теплозахисної характеристики будівлі визначається як:

$$k_V = Q_{\text{буд}} / (V \cdot \Delta t) \quad (2.51)$$

За об'єму пташника $V = 5529,6 \text{ м}^3$ маємо:

$$k_V = 51337,6 / (5529,6 \cdot 42) = 0,221 \text{ Вт/(м}^3 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Таблиця 2.6

Результати розрахунку тепловтрат будівлі

Елемент будівлі	Площа, м ²	Тепловтрати, кВт	Частка, %
Стіни	729,6	11,64	22,7
Покрівля	1831,68	23,08	45,0
Підлога	1728	14,52	28,3
Двері і ворота	25	2,10	4,1
Разом	—	51,34	100,0

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

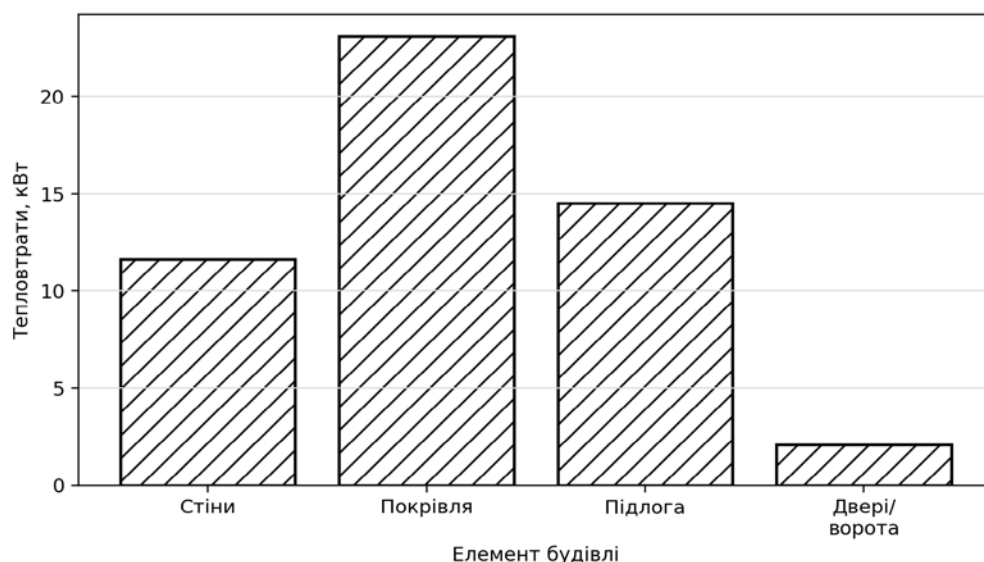


Рис. 2.1. Розподіл тепловтрат будівлі пташника за елементами огорожувальних конструкцій.

З аналізу результатів видно, що найбільші тепловтрати припадають на покрівлю – 23,08 кВт, або 45,0 % від загального значення. Тепловтрати через підлогу становлять 14,52 кВт, або 28,3 %, а через стіни – 11,64 кВт, або 22,7 %. Частка втрат через двері і ворота є найменшою та становить 4,0 %. Отже, основний резерв підвищення енергоефективності будівлі полягає у зменшенні тепловтрат через покрівлю та підвищенні теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій.

Сумарні тепловтрати будівлі прийнятого пташника у розрахунковому зимовому режимі становлять 51,34 кВт. Це значення використовується далі при визначенні необхідної потужності системи опалення та при розробленні енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи.

2.4 Розрахунок необхідної потужності системи опалення

Розрахунок необхідної потужності системи опалення виконується на основі теплового балансу приміщення пташника, визначеного в п. 2.2, та

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

тепловтрат будівлі, отриманих у п. 2.3. Метою розрахунку є визначення розрахункової і встановленої теплової потужності опалювальної системи, яка забезпечує підтримання нормативної температури повітря в холодний період року при мінімальній зовнішній температурі і недостатньому власному тепловиділенні поголів'я.

За результатами попередніх розрахунків приймаються такі складові теплового балансу: тепловтрати через огорожувальні конструкції $Q_{ог} = 51,34$ кВт, тепловтрати з вентиляційним повітрям $Q_{в} = 77,83$ кВт, тепла продукція поголів'я на початку циклу вирощування $Q_{пт} = 11,20$ кВт. Сумарне теплове навантаження пташника без урахування теплопродукції птиці становить 129,17 кВт.

Таблиця 2.7

Вихідні дані для визначення потужності системи опалення

Параметр	Позначення	Значення
Тепловтрати через огорожувальні конструкції	$Q_{ог}$	51,34 кВт
Тепловтрати з вентиляційним повітрям	$Q_{в}$	77,83 кВт
Теплота, що виділяється поголів'ям	$Q_{пт}$	11,20 кВт
Сумарне теплове навантаження	Q_{Σ}	129,17 кВт
Коефіцієнт резерву потужності	k_p	1,10

Необхідна розрахункова тепла потужність системи опалення визначається за рівнянням теплового балансу:

$$Q_{оп.р} = Q_{ог} + Q_{в} - Q_{пт} \quad (2.52)$$

Підставляючи отримані значення, маємо:

$$Q_{оп.р} = 51,34 + 77,83 - 11,20 = 117,97 \text{ кВт}$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одержане значення відповідає мінімально необхідній тепловій потужності системи опалення на початку циклу вирощування, коли теплопродукція птиці є найменшою. Для забезпечення надійної роботи системи та компенсації нерівномірності теплового навантаження вводиться коефіцієнт резерву потужності:

$$Q_{\text{оп. вст}} = k_p \cdot Q_{\text{оп. р}} \quad (2.53)$$

За $k_p = 1,10$ встановлена потужність системи опалення становить:

$$Q_{\text{оп. вст}} = 1,10 \cdot 117,97 = 129,77 \text{ кВт}$$

Для практичного вибору обладнання встановлена потужність округлюється до стандартного значення:

$$Q_{\text{оп. пр}} = 130 \text{ кВт} \quad (2.54)$$

Питомі витрати теплової потужності на 1 м^2 площі пташника визначаються за виразом:

$$qF = Q_{\text{оп. р}} / F = 117,97 / 1728 = 0,0683 \text{ кВт/м}^2 \quad (2.55)$$

$$qF = 68,3 \text{ Вт/м}^2$$

Питома теплова потужність на 1 м^3 внутрішнього об'єму становить:

$$qV = Q_{\text{оп. р}} / V = 117,97 / 5529,6 = 0,0213 \text{ кВт/м}^3 \quad (2.56)$$

$$qV = 21,3 \text{ Вт/м}^3$$

Для визначення потужності окремих опалювальних агрегатів доцільно прийняти багатозонну схему опалення. При застосуванні чотирьох тепловентиляторів або повітрянагрівальних агрегатів номінальна потужність одного агрегату повинна становити:

$$Q_1 = Q_{\text{оп. пр}} / 4 = 130 / 4 = 32,5 \text{ кВт} \quad (2.57)$$

У цьому випадку можуть бути використані чотири агрегати тепловою потужністю по 35 кВт кожний, що забезпечить загальний резерв потужності та покриття пікових навантажень у перші дні вирощування птиці.

Оскільки у процесі вирощування жива маса птиці збільшується, зростає і її власне тепловиділення, тому необхідна теплова потужність системи опалення

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

зменшується. Залежність зміни теплового навантаження від віку птиці наведено на рисунку 2.3.

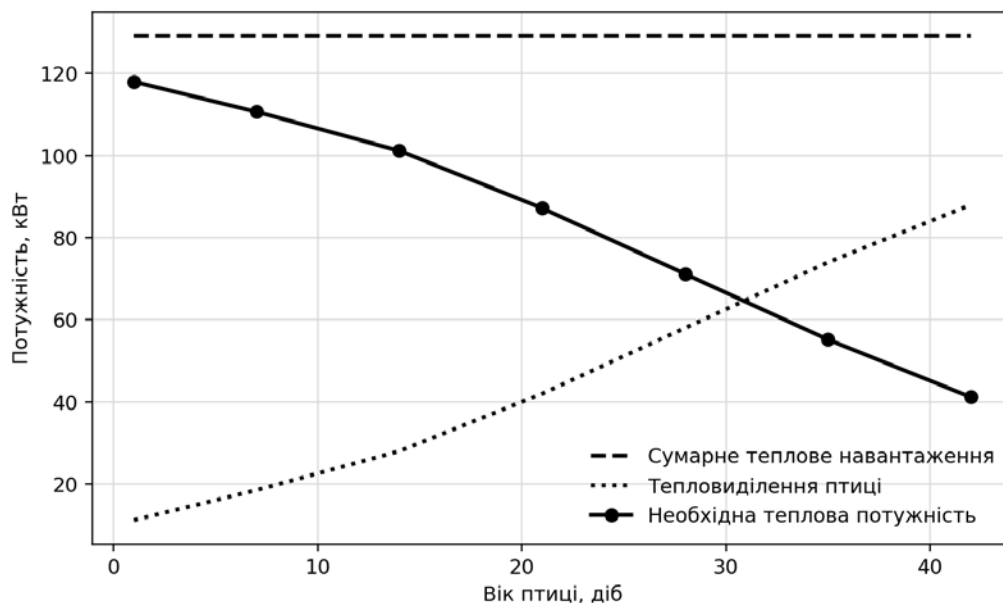


Рис. 2.2 – Зміна необхідної теплової потужності системи опалення залежно від віку птиці

Таблиця 2.8

Розрахунок необхідної теплової потужності за фазами вирощування

Вік, діб	Сумарне теплове навантаження, кВт	Тепловиділення птиці, кВт	Необхідна теплова потужність, кВт	Примітка
1	129,17	11,20	117,97	Пусковий режим
7	129,17	18,50	110,67	Підвищений обігрів
14	129,17	28,00	101,17	Ростова фаза
21	129,17	42,00	87,17	Середній режим
28	129,17	58,00	71,17	Зменшення обігріву
35	129,17	74,00	55,17	Підтримувальний режим
42	129,17	88,00	41,17	Фінішна фаза

Аналіз розрахунків показує, що максимальна потреба у тепловій потужності виникає на початку циклу вирощування і становить 117,97 кВт. Надалі внаслідок збільшення теплопродукції поголів'я потреба в зовнішньому обігріві зменшується до 41,17 кВт на завершальному етапі вирощування. Це свідчить про доцільність застосування ступеневого або плавного регулювання потужності системи опалення залежно від віку птиці та фактичних параметрів мікроклімату.

Для прийнятого пташника необхідна розрахункова потужність системи опалення становить 117,97 кВт, а встановлена з урахуванням 10-відсоткового резерву – 129,77 кВт. Для практичної реалізації доцільно прийняти систему опалення загальною потужністю 130 кВт із розподілом на кілька окремих агрегатів, що забезпечить рівномірний обігрів приміщення та підвищить енергоефективність системи мікроклімату.

2.5 Розрахунок повітрообміну вентиляційної системи

Розрахунок повітрообміну вентиляційної системи виконується для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в пташнику: температури, відносної вологості, швидкості руху повітря та допустимих концентрацій шкідливих газів. Для промислового бройлерного пташника вентиляція повинна працювати у двох основних режимах: мінімальному зимовому, який забезпечує санітарний повітрообмін без переохолодження птиці, та максимальному літньому, який забезпечує відведення надлишкового тепла і створення охолоджувального повітряного потоку.

Для розрахунку приймаються геометричні параметри пташника, визначені раніше: довжина $L = 96$ м, ширина $B = 18$ м, середня висота $H = 3,2$ м. Площа підлоги $F = 1728$ м², внутрішній об'єм $V = 5529,6$ м³, кількість птиці $N = 31104$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гол. На завершальному етапі вирощування маса одного бройлера приймається 2,4 кг, тому максимальна жива маса поголів'я становить 74 649,6 кг.

Таблиця 2.9

Вихідні дані для розрахунку повітрообміну

Параметр	Позначення	Значення
Довжина пташника	L	96 м
Ширина пташника	B	18 м
Середня висота	H	3,2 м
Площа підлоги	F	1728 м ²
Об'єм пташника	V	5529,6 м ³
Кількість птиці	N	31104 гол.
Маса 1 бройлера в кінці циклу	mf	2,4 кг
Максимальна жива маса	Mf	74649,6 кг
Кратність мінімального повітрообміну	nv	1 1/год
Питома літня витрата повітря	—s	5,0 м ³ /(год·кг)

Мінімальний повітрообмін у холодний період визначається за кратністю обміну повітря:

$$L_{min} = n_v \cdot V \quad (2.58)$$

За $n_v = 1$ 1/год маємо:

$$L_{min} = 1 \cdot 5529,6 = 5529,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Максимальний повітрообмін у теплий період для бройлерного пташника визначають за питомою витратою повітря на 1 кг живої маси:

$$L_{max} = l_s \cdot M_f \quad (2.59)$$

Підставляючи прийняті значення, одержуємо:

$$L_{max} = 5,0 \cdot 74649,6 = 373248 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для оцінки середньої продуктивності одного вентилятора приймаємо застосування осьових вентиляторів типового ряду з продуктивністю 44 000

					02.02-KP.2607 "C" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

м³/год кожний. Необхідна кількість вентиляторів у режимі максимального повітрообміну становить:

$$z = L_{max} / L_f \quad (2.60)$$

$$z = 373248 / 44000 = 8,48$$

Отже, для забезпечення літнього режиму необхідно встановити 9 осьових вентиляторів продуктивністю 44 000 м³/год кожний.

Сумарна встановлена продуктивність вентиляційної системи становитиме:

$$L_{вст} = 9 \cdot 44000 = 396000 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.61)$$

Резерв продуктивності вентиляційної системи дорівнює:

$$k_L = L_{вст} / L_{max} = 396000 / 373248 = 1,06 \quad (2.62)$$

Отриманий коефіцієнт 1,06 свідчить про наявність 6-відсоткового резерву продуктивності, що є достатнім для компенсації аеродинамічних втрат і можливого зниження фактичної подачі вентиляторів у процесі експлуатації.

Для оцінки повітряного режиму при тунельній вентиляції визначимо середню швидкість руху повітря в поперечному перерізі пташника. Площа живого перерізу дорівнює:

$$A = B \cdot H = 18 \cdot 3,2 = 57,6 \text{ м}^2 \quad (2.63)$$

Тоді середня швидкість повітряного потоку в літньому режимі становить:

$$v = L_{max} / (3600 \cdot A) \quad (2.64)$$

$$v = 373248 / (3600 \cdot 57,6) = 1,80 \text{ м/с}$$

Одержане значення відповідає допустимому діапазону 1,5–2,5 м/с для літнього режиму тунельної вентиляції.

У зимовому режимі для мінімального повітрообміну середня швидкість повітря в перерізі становитиме:

$$v_{min} = 5529,6 / (3600 \cdot 57,6) = 0,027 \text{ м/с} \quad (2.65)$$

Така швидкість є низькою і не створює небезпеки переохолодження птиці, а необхідний розподіл повітря по об'єму приміщення забезпечується

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

налаштуванням припливних клапанів та циклічним режимом роботи вентиляторів мінімальної вентиляції.

Таблиця 2.10

Розрахункові режими роботи вентиляційної системи

Режим	Витрата повітря, м³/год	Швидкість повітря, м/с	Кількість вентиляторів	Примітка
Мінімальний зимовий	5529,6	0,027	1–2	Циклічний режим
Проміжний	120000	0,58	3	Часове навантаження
Максимальний літній	373248	1,80	9	Тунельний режим

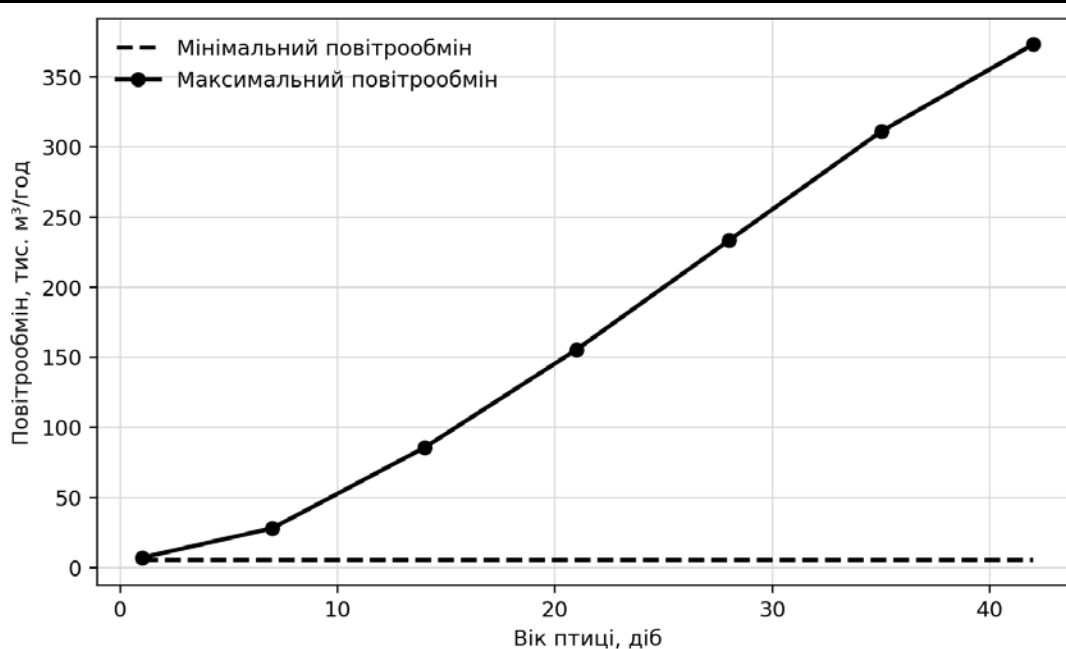


Рис. 2.4 – Зміна мінімального та максимального повітрообміну вентиляційної системи залежно від віку птиці

З графіка видно, що мінімальний зимовий повітрообмін для прийнятого об'єму пташника залишається практично сталим, тоді як максимальний літній

повітрообмін зростає пропорційно живій масі поголів'я і досягає 373,25 тис. м³/год наприкінці циклу вирощування. Це підтверджує необхідність ступеневого керування вентиляторами та переходу від мінімального режиму до тунельного в залежності від віку птиці та зовнішніх кліматичних умов.

Для розрахункового пташника мінімальний повітрообмін вентиляційної системи становить 5529,6 м³/год, максимальний – 373248 м³/год. Для забезпечення максимального режиму доцільно прийняти 9 осьових вентиляторів продуктивністю 44 000 м³/год кожний. Отримані параметри використовуються далі при виборі вентиляційного обладнання та побудові енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи.

2.6 Результати розрахунків

У результаті виконаних розрахунків визначено основні параметри системи мікроклімату пташника, які є вихідними даними для проектування енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи.

Встановлено, що розрахункові параметри мікроклімату для бройлерного пташника становлять: температура повітря у діапазоні 32→19 °С залежно від віку птиці, відносна вологість 65 %, швидкість руху повітря 0,25 м/с (зима) та 2,0 м/с (літо), гранична концентрація аміаку ≤20 мг/м³, вуглекислого газу ≤0,25 %.

За результатами теплового балансу встановлено, що сумарне теплове навантаження приміщення становить 129,17 кВт, з яких:

- тепловтрати через огорожувальні конструкції- 51,34 кВт (≈39,8 %);
- тепловтрати з вентиляційним повітрям - 77,83 кВт (≈60,2 %);
- теплопродукція птиці на початку циклу - 11,20 кВт.

Розрахунок тепловтрат будівлі показав, що найбільша їх частка припадає на покрівлю (45,0 %) та підлогу (28,3 %), що вказує на необхідність підвищення теплозахисних характеристик саме цих конструктивних елементів. Питомі

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тепловтрати становлять 29,7 Вт/м² та 0,221 Вт/(м³·°C), що відповідає типовим значенням для утеплених пташників.

Необхідна розрахункова потужність системи опалення визначена на рівні 117,97 кВт, а з урахуванням резерву ≈ 130 кВт. Встановлено, що у процесі вирощування птиці потреба в тепловій потужності зменшується до ≈ 41 кВт, що обґрунтовує застосування ступеневого або автоматичного регулювання роботи опалювального обладнання.

Розрахунок повітрообміну показав, що витрата вентиляційного повітря змінюється в широкому діапазоні: від $\approx 5,5 \cdot 10^3$ м³/год у зимовому режимі до $> 60 \cdot 10^3$ м³/год у літній період. Це підтверджує, що вентиляційна система є основним споживачем енергії та головним джерелом тепловтрат у пташнику.

Отримані результати свідчать, що ключовими напрямками підвищення енергоефективності є:

- зменшення вентиляційних тепловтрат (оптимізація повітрообміну, рекуперація тепла);
- підвищення теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій;
- впровадження автоматизованого регулювання потужності опалення та вентиляції.

Виконані розрахунки дозволили визначити енергетичні характеристики пташника та обґрунтувати технічні вимоги до енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи, що буде розроблена у наступному розділі.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

РОЗДІЛ 3.

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок і підбір силового обладнання

Основним силовим електрообладнанням у пташнику є електродвигуни, які забезпечують привід технологічного обладнання. Вибір електродвигунів здійснюється з урахуванням умов експлуатації, необхідної потужності, номінальної напруги, струму, частоти обертання, ковзання та коефіцієнта корисної дії.

Для приводу технологічних механізмів доцільно застосовувати трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором серії АІР, які характеризуються високою надійністю, покращеними енергетичними показниками, меншими габаритними розмірами та масою порівняно з двигунами попередніх серій.

Вибір електродвигуна здійснюється за умовою забезпечення необхідного пускового моменту та максимальної потужності навантаження.

Сила опору конвеєрного ланцюга при холостому ході визначається:

$$F_x = m \cdot g \cdot l \cdot f_x$$

де:

m – маса одного метра ланцюга зі скребками, кг/м;

$g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння;

l – довжина ланцюга, м;

f_x – коефіцієнт тертя ланцюга.

$$F_x = 5,5 \cdot 9,81 \cdot 135 \cdot 0,5 = 3644,2 \text{ Н.}$$

Сила, необхідна для подолання тертя посліду об дно каналу:

$$F_n = m_n \cdot g \cdot f_n$$

Маса посліду в каналі:

$$m_n = (q_n \cdot N) / Z$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де:

q_n – добовий вихід посліду від однієї птиці, кг;

N – кількість птиці;

Z – кількість циклів прибирання за добу.

$$m_n = (0,32 \cdot 10500) / 2 = 1680 \text{ кг.}$$

$$F_n = 1680 \cdot 9,81 \cdot 0,95 = 15637,1 \text{ Н.}$$

Сила тертя посліду об бічні стінки каналу:

$$F_b = P_b \cdot f_n$$

де

$$P_b = (m_n \cdot g) / 2$$

$$P_b = (1680 \cdot 9,81) / 2 = 8240,4 \text{ Н.}$$

$$F_b = 8240,4 \cdot 0,95 = 7828,4 \text{ Н.}$$

Максимальна сила опору:

$$F_{\max} = F_x + F_n + F_b$$

$$F_{\max} = 3644,2 + 15637,1 + 7828,4 = 27110,3 \text{ Н.}$$

Кутова швидкість двигуна:

$$\omega = (\pi \cdot n_{\text{дв}}) / 30$$

$$\omega = (3,14 \cdot 1440) / 30 = 150,7 \text{ рад/с.}$$

Максимальний момент опору на валу двигуна:

$$M_{\max} = (F_{\max} \cdot v) / (\omega \cdot \eta_p)$$

де:

$v = 0,19 \text{ м/с}$ – швидкість руху ланцюга;

$\eta_p = 0,9$ – ККД передачі.

$$M_{\max} = (27110,3 \cdot 0,19) / (150,7 \cdot 0,9) = 37,9 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Пусковий момент:

$$M_{\text{тр}} = 1,2 \cdot M_{\max}$$

$$M_{\text{тр}} = 1,2 \cdot 37,9 = 45,48 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Необхідний момент двигуна:

$$M_{\text{необ}} = M_{\text{тр}} / (k_n^2 \cdot \mu_p - 0,25)$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де:

$k_n = 0,9$ – коефіцієнт зниження напруги;

$\mu_n = 2,0$ – кратність пускового моменту.

$$M_{необ} = 45,48 / (0,9^2 \cdot 2,0 - 0,25) = 33,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Необхідна потужність двигуна:

$$P = M_{необ} \cdot \omega$$

$$P = 33,2 \cdot 150,7 = 5003,2 \text{ Вт} \approx 5,0 \text{ кВт}.$$

Для іншого силового обладнання розрахунки виконуються аналогічно.

Таблиця 3.1 – Силове електрообладнання пташника

№	Найменування операції	Робоча машина	Кількість	Тип двигуна	Потужність, кВт
1	Вентиляція	БК 6,3	2	AIP90L6	1,5
2	Видалення посліду	Поперечний конвеєр	1	AIP112M4	5,5
3	Видалення посліду	Поздовжній конвеєр	4	AIP80V4	1,5
4	Видалення посліду	Похилий конвеєр	1	AIP90L6	0,55
5	Роздача корму	БСК-10	2	AIP71V6	0,55
6	Роздача корму	РТШ-22	2	AIP71V6	0,55

3.2 Проектування електричного освітлення

Вибір системи освітлення виконується відповідно до вимог ДБН та норм освітлення сільськогосподарських приміщень.

Для пташника приймаються світлодіодні світильники Ledvance DP Compact 55W/4000K IP65.

Основні характеристики:

- потужність – 55 Вт;
- світловий потік – 6100 лм;
- колірна температура – 4000 К;
- індекс передачі кольору – не менше 80;

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ступінь захисту – IP65.

Висота приміщення:

$$H_0 = 3,0 \text{ м.}$$

Розрахункова висота підвісу світильників:

$$H_p = H_0 - h_{св} - h_p$$

$$H_p = 3,0 - 0,15 - 0 = 2,85 \text{ м.}$$

Оптимальна відстань між рядами:

$$L = \lambda \cdot H_p$$

$$L = 1,2 \cdot 2,85 = 3,42 \text{ м.}$$

Відстань від стін:

$$l = 0,3 \cdot L$$

$$l = 0,3 \cdot 3,42 = 1,0 \text{ м.}$$

Кількість рядів світильників:

$$N_2 = ((B - 2l) / L) + 1$$

$$N_2 = ((24 - 2 \cdot 1,0) / 3,42) + 1 = 7,43.$$

Приймаємо 8 рядів.

Фактична відстань між рядами:

$$L_B = (B - 2l) / (N_2 - 1)$$

$$L_B = (24 - 2) / 7 = 3,14 \text{ м.}$$

Таблиця 3.2

Параметри розміщення світильників

Приміщення	Кількість рядів	Кількість у ряду	Загальна кількість
Приміщення для птиці	8	14	112
Підсобне приміщення	2	4	8
Приміщення перенесення посліду	1	6	6
Вентиляційна камера	2	2	4
Туалет	1	1	1
Тамбур	1	1	1

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Розрахунок точковим методом підтвердив відповідність освітленості нормативному значенню 75 лк.

3.3 Розрахунок електричних мереж та навантажень освітлення

Для живлення системи освітлення використовується трифазна чотирипровідна мережа 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

Групові мережі виконуються кабелем ВВГнг.

Кількість щитків освітлення:

$$n_{щ} = \sqrt{(A^2 + B^2)} / (2 \cdot r)$$

$$n_{щ} = \sqrt{(60^2 + 24^2)} / (2 \cdot 80) = 0,4.$$

Приймається один щиток освітлення ЩО-11.

Потужність освітлення:

$$P_1 = 112 \cdot 0,055 = 6,16 \text{ кВт};$$

$$P_2 = 8 \cdot 0,040 = 0,32 \text{ кВт};$$

$$P_3 = 6 \cdot 0,040 = 0,24 \text{ кВт};$$

$$P_4 = 4 \cdot 0,030 = 0,12 \text{ кВт};$$

$$P_5 = 1 \cdot 0,015 = 0,015 \text{ кВт};$$

$$P_6 = 1 \cdot 0,015 = 0,015 \text{ кВт}.$$

Координати центру навантажень:

$$x_{ц} = 30,1 \text{ м};$$

$$y_{ц} = 11,5 \text{ м}.$$

Розрахунок перерізу кабелю:

$$S = (\Sigma P \cdot l) / (C \cdot \Delta U_{доп})$$

$$S_{розр} = (6,16 \cdot 35) / (7,7 \cdot 2,5) = 11,2 \text{ мм}^2.$$

Для живлення щитка приймається кабель ВВГнг 4 мм².

Для групових мереж:

$$S_{груп} = (0,77 \cdot 18) / (7,7 \cdot 2,2) = 0,82 \text{ мм}^2.$$

Приймається кабель ВВГнг 3×1,5 мм².

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий струм групи:

$$I_p = 770 / (220 \cdot 1,0) = 3,5 \text{ A.}$$

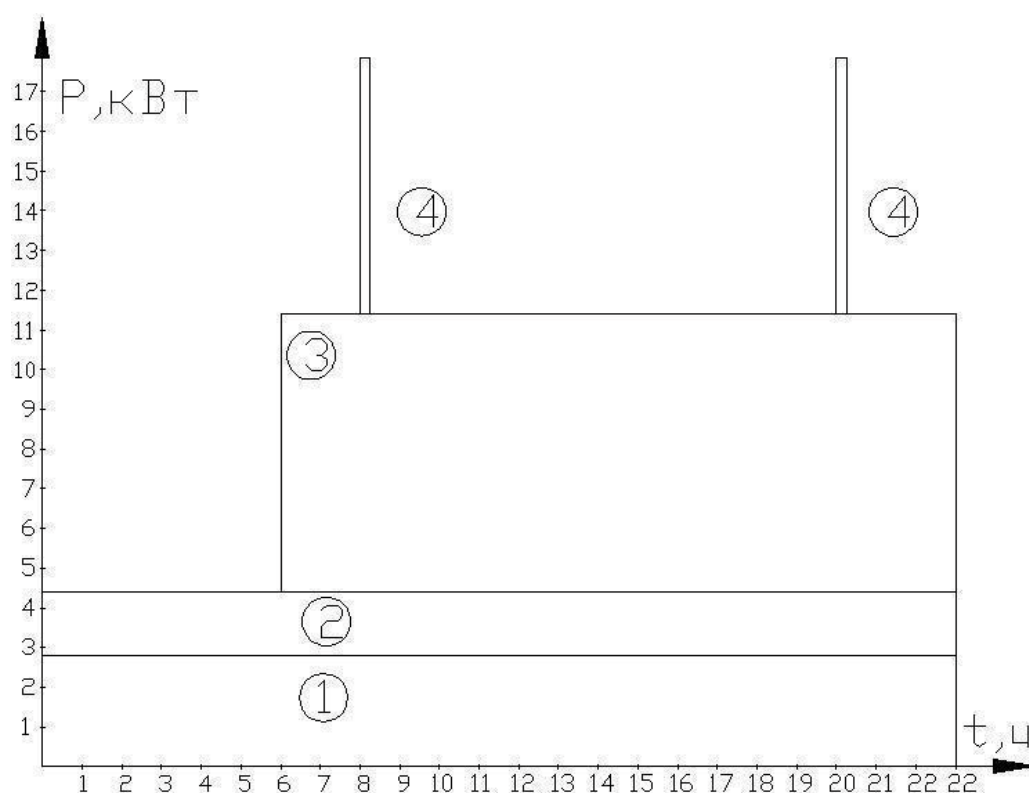
Допустимий струм для кабелю 1,5 мм²:

$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ A.}$$

Умова $I_{\text{доп}} \geq I_p$ виконується.

Захист здійснюється автоматичним вимикачем на 10 А.

3.4 Визначення загального електричного навантаження на введенні в будівлю



Розрахунок виконано методом технологічної схеми.

Таблиця 3.5 – Технологічні показники електроспоживачів

Споживач	Розрахункова потужність, кВт
Вентилятори	2,76
Кормороздавачі	1,60
Освітлення	6,87
Конвеєри гноєвидалення	7,35

Сумарна розрахункова активна потужність:

$$P_{p\Sigma} = 15,95 \text{ кВт.}$$

Середній коефіцієнт потужності:

$$\cos\varphi_{\text{сер}} = 0,83.$$

Повна потужність:

$$S_p = P_{p\Sigma} / \cos\varphi_{\text{сер}}$$

$$S_p = 15,95 / 0,83 = 19,22 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм на вводі:

$$I_p = P_{p\Sigma} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos\varphi_{\text{сер}})$$

$$I_p = 15950 / (1,73 \cdot 380 \cdot 0,83)$$

$$I_p = 29,22 \text{ А.}$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

РОЗДІЛ 4

ПРОЄКТУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОПАЛЮВАЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Обґрунтування вибору енергозберігаючої системи мікроклімату

За результатами розрахунків другого розділу встановлено, що для прийнятого бройлерного пташника площею 1728 м² основне теплове навантаження формується втратами теплоти через вентиляційний повітрообмін та огорожувальні конструкції. У розрахунковому зимовому режимі тепловтрати через огороження становлять 51,34 кВт, вентиляційні тепловтрати - 77,83 кВт, а власне тепловиділення птиці на початку циклу вирощування - лише 11,20 кВт. Тому проектування системи мікроклімату доцільно виконувати як єдиного опалювально-вентиляційного комплексу, у якому опалення, приплив повітря, витяжка та автоматичне керування працюють узгоджено.

Для умов промислового пташника найбільш раціональним є застосування повітряного обігріву на базі водяних тепловентиляторів у поєднанні з механічною припливно-витяжною вентиляцією. Така схема забезпечує не лише нагрівання повітря, але й його активне перемішування у зоні перебування птиці. На відміну від локальних інфрачервоних обігрівачів або теплогенераторів прямого нагріву, водяні тепловентилятори дозволяють рівномірніше розподіляти теплоту по довжині приміщення, не збільшують концентрацію продуктів згоряння у повітрі та можуть працювати в автоматичному режимі.

Енергозберігаючий ефект проекрованої системи досягається за рахунок чотирьох основних технічних рішень: ступеневого регулювання теплової потужності відповідно до віку птиці, частотного регулювання вентиляторів, оптимального керування припливними клапанами та використання теплоутилізації у зимовому мінімальному режимі вентиляції. З урахуванням пилового навантаження і підвищеної вологості у пташнику теплоутилізацію

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доцільно застосовувати не як єдиний засіб вентиляції, а як допоміжний елемент для зменшення витрат теплоти на нагрівання мінімального припливного повітря.

Таблиця 3.1

Порівняльне обґрунтування вибору системи мікроклімату

Варіант системи	Переваги	Недоліки	Придатність для проєкту
Газові теплогенератори прямого нагріву	Висока швидкість нагрівання, проста схема монтажу	Продукти згоряння у приміщенні, складніше підтримання вологості	Обмежено придатні
Інфрачервоні обігрівачі	Ефективний локальний обігрів молодняку	Нерівномірний нагрів по довжині пташника, відсутність повітрообміну	Допоміжний варіант
Водяні калорифери	Можливість централізованого тепlopостачання, відсутність продуктів згоряння	Потрібні трубопроводи та циркуляційний насос	Придатні
Водяні тепловентилятори з автоматикою	Поєднання обігріву і перемішування повітря, добра керованість, рівномірний розподіл теплоти	Потребують електроживлення вентиляторів і керування	Приймається для проєкту

Отже, для подальшого проектування приймається енергозберігаюча опалювально-вентиляційна система на базі водяних тепловентиляторів, осьових витяжних вентиляторів тунельного режиму, регульованих припливних клапанів, датчиків температури, вологості та газового складу повітря, а також контролера автоматичного керування. Прийнята система відповідає технологічним вимогам

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

до мікроклімату, забезпечує достатній резерв теплової і вентиляційної продуктивності та створює умови для зменшення річного енергоспоживання.

4.2 Розроблення схеми опалювально-вентиляційної системи

Проектована схема системи мікроклімату повинна забезпечувати три режими роботи: мінімальний зимовий режим, перехідний режим і максимальний літній режим. У зимовому режимі головним завданням є забезпечення мінімального санітарного повітрообміну без переохолодження птиці. У перехідний період система працює з частковим відкриванням припливних клапанів і поступовим збільшенням продуктивності вентиляторів. У літньому режимі використовується тунельна вентиляція, що створює спрямований потік повітря вздовж усього пташника.

Схема системи передбачає розміщення припливних клапанів уздовж бокових стін пташника. Холодне зовнішнє повітря у зимовий період подається у верхню зону приміщення, де змішується з теплим повітрям та лише після цього надходить у зону перебування птиці. Водяні тепловентилятори розміщуються рівномірно по довжині приміщення, що дозволяє зменшити локальні перепади температури. Витяжні вентилятори розташовуються у торцевій частині будівлі і забезпечують як мінімальний, так і тунельний режим вентиляції.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

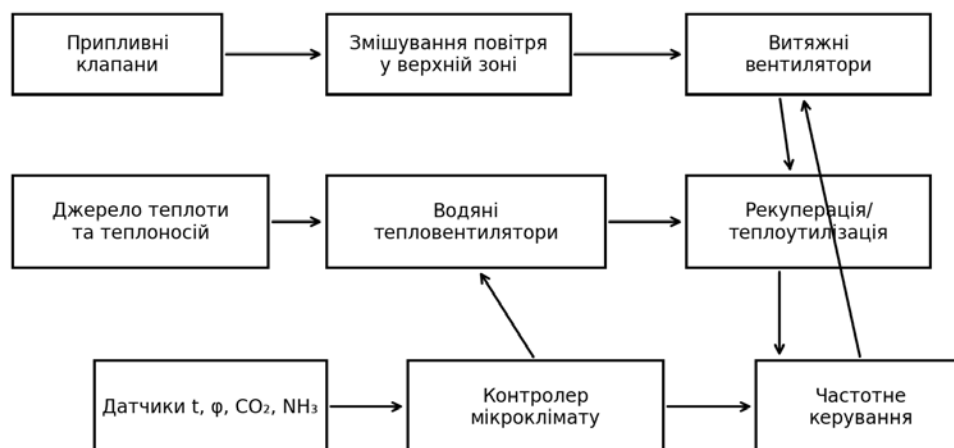


Рис. 3.1 - Структурна схема енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи пташника

Робота системи ґрунтується на безперервному порівнянні фактичних параметрів мікроклімату із заданими значеннями. Якщо температура повітря нижча за уставку, контролер збільшує теплову потужність водяних тепловентиляторів або вмикає додатковий агрегат. Якщо температура перевищує задане значення, система поступово збільшує витрату витяжного повітря. При підвищенні вологості або концентрації шкідливих газів пріоритет має вентиляційний режим, навіть якщо це призводить до збільшення теплового навантаження.

Таблиця 3.2

Основні функціональні елементи проектованої системи

Елемент системи	Кількість	Основна функція	Керований параметр
Водяний тепловентилятор	4 шт.	Нагрівання і перемішування повітря	Температура повітря
Осьовий витяжний вентилятор	9 шт.	Видалення відпрацьованого повітря	Повітрообмін, швидкість потоку
Припливний клапан з електроприводом	за довжиною	Подача і напрям припливного повітря	Кут відкривання

	бокових стін		
Датчики температури і вологості	4-6 точок	Контроль параметрів мікроклімату	t, φ
Датчики CO ₂ та NH ₃	2-3 точки	Контроль газового складу повітря	CO ₂ , NH ₃
Контролер мікроклімату	1 комплект	Автоматичне керування обладнанням	Уставки режимів

4.3 Підбір обладнання системи опалення

Підбір обладнання системи опалення виконується за розрахунковою тепловою потужністю, визначеною у другому розділі. Мінімально необхідна потужність системи опалення для найбільш несприятливого зимового режиму становить 117,97 кВт. З урахуванням коефіцієнта резерву 1,10 розрахункова встановлена потужність системи дорівнює:

$$Q_{\text{вст}} = k_p \cdot Q_{\text{оп}} = 1,10 \cdot 117,97 = 129,77 \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{вст}}$ - встановлена теплова потужність системи опалення, кВт; k_p - коефіцієнт резерву; $Q_{\text{оп}}$ - необхідна теплова потужність, кВт.

Для практичної реалізації приймається чотири водяні тепловентилятори тепловою потужністю по 35 кВт кожний. Загальна встановлена теплова потужність становить:

$$Q_{\Sigma} = n \cdot Q_{\text{агр}} = 4 \cdot 35 = 140 \text{ кВт}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт запасу встановленої потужності відносно необхідного розрахункового значення дорівнює:

$$k_{\text{зап}} = Q_{\Sigma} / Q_{\text{оп}} = 140 / 117,97 = 1,19. \quad (3.3)$$

Отримане значення показує, що прийнятий комплект обладнання має достатній резерв для компенсації нерівномірності теплових втрат, відкривання воріт, коливань зовнішньої температури та зміни режиму вентиляції. Одночасно

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

застосування чотирьох окремих агрегатів дозволяє реалізувати ступеневе регулювання потужності 35, 70, 105 і 140 кВт.

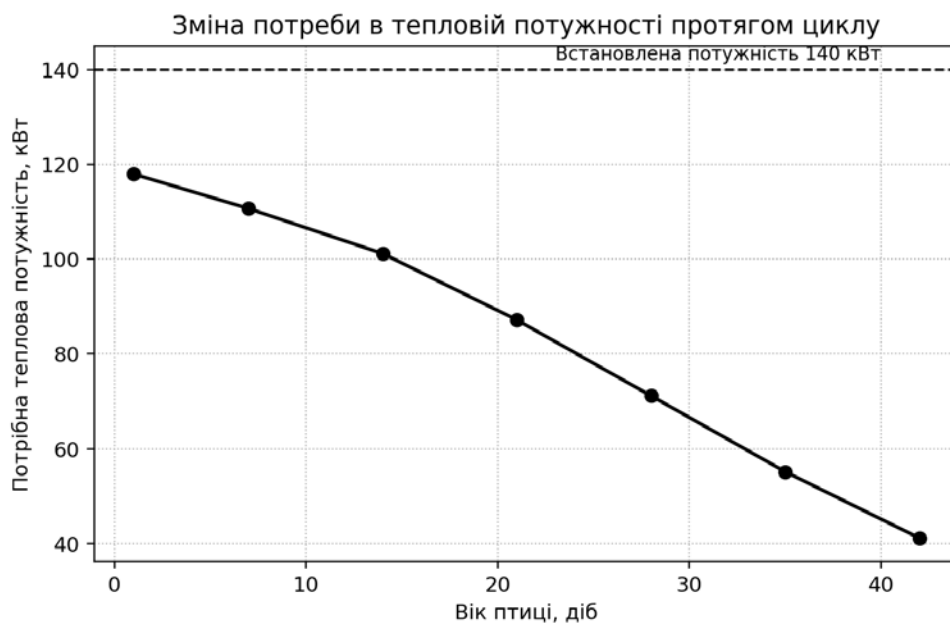


Рис. 3.2 - Зміна потреби у тепловій потужності протягом циклу вирощування пташки

Таблиця 3.3

Підбір обладнання системи опалення

Показник	Позначення	Значення
Розрахункова теплова потужність	$Q_{оп}$	117,97 кВт
Коефіцієнт резерву	k_p	1,10
Необхідна встановлена потужність	$Q_{вст}$	129,77 кВт
Прийнята кількість агрегатів	n	4 шт.
Потужність одного агрегату	$Q_{агр}$	35 кВт
Загальна встановлена потужність	Q_{Σ}	140 кВт
Коефіцієнт запасу	$k_{зап}$	1,19

За результатами підбору приймається схема рівномірного розміщення чотирьох тепловентиляторів по довжині пташника. У початковий період вирощування, коли теплова потреба є найбільшою, можуть працювати всі чотири агрегати. У міру росту птиці і збільшення її власного тепловиділення кількість працюючих агрегатів зменшується, що знижує витрати теплової енергії та запобігає перегріву приміщення.

4.4 Підбір вентиляційного обладнання

Підбір вентиляційного обладнання виконується за максимальним літнім повітрообміном, визначеним у другому розділі. Для прийнятого пташника з максимальною живою масою поголів'я 74649,6 кг розрахункова витрата повітря у літньому режимі становить 373248 м³/год. Для забезпечення цього режиму приймаються осьові витяжні вентилятори продуктивністю 44000 м³/год кожний.

$$n_{\text{в}} = L_{\text{потр}} / L_1 = 373248 / 44000 = 8,48. \quad (3.4)$$

Одержане значення округлюється у більший бік, тому до встановлення приймається 9 вентиляторів. Сумарна продуктивність вентиляційної системи дорівнює:

$$L_{\Sigma} = n_{\text{в}} \cdot L_1 = 9 \cdot 44000 = 396000 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.5)$$

Коефіцієнт резерву вентиляційної продуктивності становить:

$$\begin{aligned} k_L &= L_{\Sigma} / L_{\text{потр}} = 396000 / 373248 \\ &= 1,06. \end{aligned} \quad (3.6)$$

Встановлена електрична потужність вентиляторів за умови використання енергоефективних двигунів або частотного регулювання визначається як:

$$P_{\text{вент}} = n_{\text{в}} \cdot P_1 = 9 \cdot 1,1 = 9,9 \text{ кВт}. \quad (3.7)$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

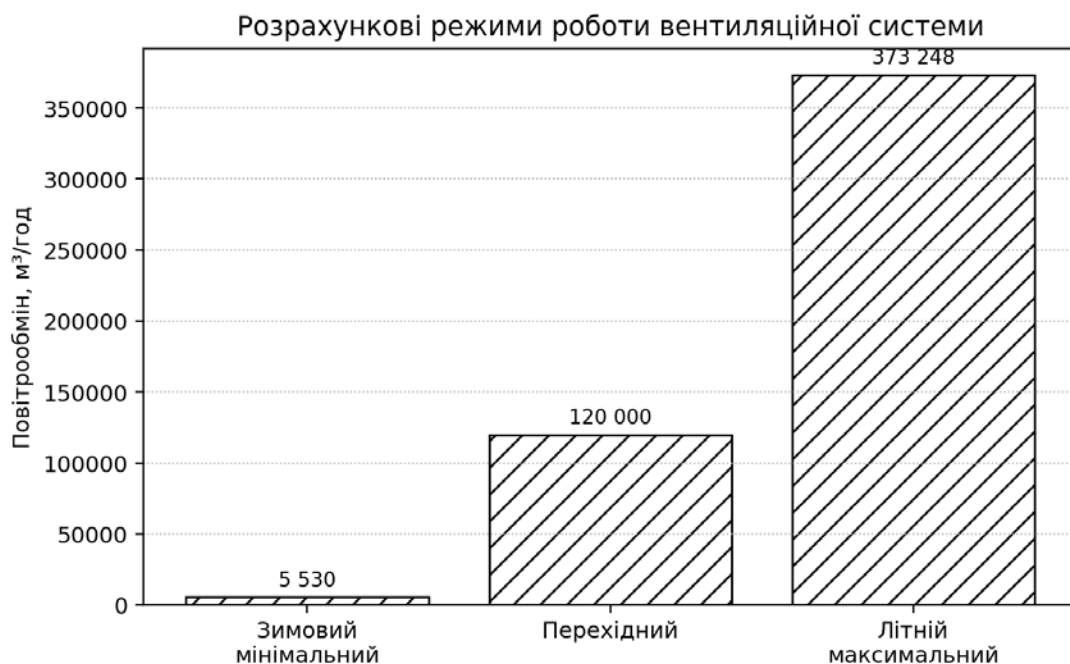


Рис. 3.3 - Розрахункові режими роботи вентиляційної системи пташника

Таблиця 3.4

Підбір вентиляційного обладнання

Режим роботи	Необхідний повітрообмін, м³/год	Кількість вентиляторів	Орієнтовна швидкість повітря, м/с	Призначення режиму
Зимовий мінімальний	5529,6	1-2 циклічно	0,027	Видалення вологи та газів без переохолодження
Перехідний	120000	3	0,58	Підтримання температури та вологості
Літній максимальний	373248	9	1,80	Відведення надлишкового тепла і запобігання тепловому стресу

У зимовому режимі повна продуктивність вентиляційної системи не використовується. Для зменшення тепловтрат вентилятори повинні працювати циклічно або з частотним регулюванням. У літній період система переходить у тунельний режим із поступовим підключенням груп вентиляторів. Така

організація роботи дозволяє забезпечити потрібний повітрообмін без надмірного споживання електроенергії.

4.5 Розрахунок енергоспоживання системи

Річне енергоспоживання системи мікроклімату складається з витрат теплової енергії на опалення та електроенергії на роботу вентиляторів, насосів і автоматики. Для проектного розрахунку приймається, що тривалість опалювального періоду становить 3600 год/рік. Середня теплова потужність протягом циклу вирощування за даними розрахунку становить:

$$Q_{\text{сер}} = (117,97 + 110,67 + 101,17 + 87,17 + 71,17 + 55,17 + 41,17) / 7 = 83,50 \text{ кВт.} \quad (3.8)$$

Тоді річна потреба у тепловій енергії для базового варіанта без енергозберігаючого регулювання становить:

$$W_{\text{т.б}} = Q_{\text{сер}} \cdot T_{\text{оп}} = 83,50 \cdot 3600 = 300600 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.} \quad (3.9)$$

Завдяки автоматичному регулюванню, частковій теплоутилізації у зимовому режимі та погодженню роботи опалення з вентиляцією очікуване зменшення теплових витрат приймається на рівні 22 %. Тоді економія теплової енергії становить:

$$\Delta W_{\text{т}} = 0,22 \cdot W_{\text{т.б}} = 0,22 \cdot 300600 = 66132 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.} \quad (3.10)$$

Річне споживання електроенергії вентиляційною системою визначається за встановленою потужністю і еквівалентною тривалістю роботи:

$$W_{\text{е}} = P_{\text{вент}} \cdot T_{\text{екв.}} \quad (3.11)$$

Для базової системи без частотного регулювання приймається $W_{\text{е.б}} = 54600 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$, для проектної системи з регулюванням продуктивності - $W_{\text{е.п}} = 38200 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$. Економія електроенергії становить:

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta W_e = W_{e.б} - W_{e.п} = 54600 - 38200 = 16400 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.} \quad (3.12)$$

Таблиця 3.5

Розрахунок річного енергоспоживання системи мікроклімату

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант	Економія
Теплова енергія на опалення, кВт·год/рік	300595	234464	66131
Електроенергія вентиляції, кВт·год/рік	54600	38200	16400
Додаткове споживання насосів і автоматики, кВт·год/рік	3200	6000	-2800
Сумарний енергозберігаючий ефект, кВт·год/рік	-	-	82531

Результати розрахунків показують, що найбільший потенціал економії забезпечується не лише зменшенням електроспоживання вентиляторів, а передусім скороченням втрат теплоти на нагрівання надлишкового припливного повітря. Тому автоматичне узгодження режимів опалення і вентиляції є основною умовою енергозбереження у пташнику.

4.6 Розроблення системи автоматичного керування мікрокліматом

Система автоматичного керування мікрокліматом призначена для підтримання заданих параметрів внутрішнього повітряного середовища з урахуванням віку птиці, зовнішньої температури, вологості, концентрації газів і поточного режиму вентиляції. Основою системи є контролер, який приймає сигнали від датчиків, порівнює їх із технологічними уставками та формує керуючі команди для тепловентиляторів, витяжних вентиляторів, припливних клапанів і циркуляційного насоса.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Алгоритм керування передбачає пріоритетне забезпечення безпечного газового складу повітря. Якщо концентрація аміаку або CO₂ перевищує допустиме значення, система збільшує повітрообмін навіть за умови підвищення теплових витрат. Якщо газові параметри перебувають у нормі, керування виконується за температурою та вологістю. Це дозволяє уникнути надмірної вентиляції у холодний період і зменшити витрати теплової енергії.

Таблиця 3.6

Логіка автоматичного керування параметрами мікроклімату

Контрольований параметр	Нормальне значення	Відхилення	Дія системи
Температура повітря	за графіком 32-19 °С	t нижча за уставку	Збільшення теплової потужності, запуск додаткового тепловентилятора
Температура повітря	за графіком 32-19 °С	t вища за уставку	Зменшення опалення, збільшення вентиляції
Відносна вологість	60-70 %	$\phi > 70 \%$	Збільшення мінімального повітрообміну
Аміак	до 20 мг/м ³	NH ₃ вище уставки	Пріоритетне збільшення вентиляції
CO ₂	до 0,25 %	CO ₂ вище уставки	Збільшення припливу і витяжки
Швидкість повітря	0,25 м/с зима; 2,0 м/с літо	відхилення від режиму	Корекція частоти вентиляторів і положення клапанів

Застосування автоматичного керування дозволяє перейти від постійної роботи обладнання на завищених режимах до адаптивного регулювання. Для технологічного циклу вирощування це особливо важливо, оскільки тепла потреба пташника змінюється від 117,97 кВт на початку циклу до 41,17 кВт наприкінці. Отже, проєктована система забезпечує не лише нормативний мікроклімат, але й раціональне використання енергоресурсів протягом усього періоду експлуатації.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

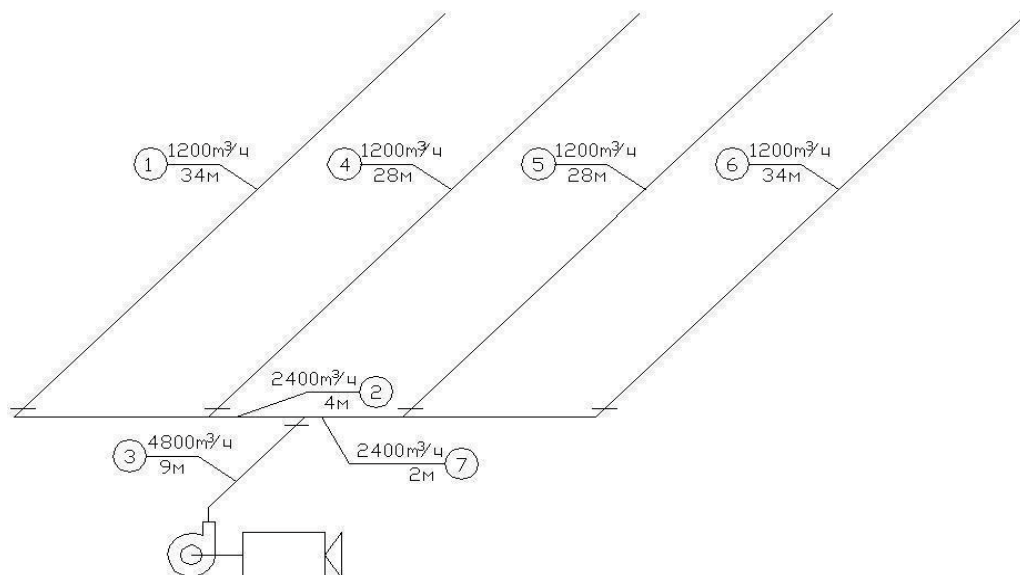


Рис. 4.6. Конструктивна схема повітропроводів.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ

Експлуатація енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи пташника пов'язана з одночасним впливом технологічних, санітарно-гігієнічних, електротехнічних і пожежних факторів. У попередніх розділах для пташника прийнято площу 1728 м², об'єм 5529,6 м³, установлену теплову потужність системи опалення 140 кВт і вентиляційну систему з дев'ятьма осьовими вентиляторами продуктивністю 44 000 м³/год кожний. Такі параметри зумовлюють необхідність організованого контролю безпеки під час роботи обладнання, його обслуговування, очищення та аварійного відключення.

Основними небезпечними факторами є рухомі частини вентиляторів, електрична напруга 380/220 В у колах живлення приводів і автоматики, нагріті поверхні теплообмінників, можливість ураження електричним струмом у вологому середовищі, а також ризик займання пилу, підстилки або електричної ізоляції при аварійних режимах. До шкідливих факторів належать підвищена вологість, пил, аміак, вуглекислий газ, шум від вентиляторів, біологічні забруднення та підвищена температура повітря в окремих зонах приміщення.

Таблиця 5.1

Небезпечні та шкідливі фактори під час експлуатації системи мікроклімату

Фактор	Джерело виникнення	Можливий вплив	Заходи обмеження
Електрична напруга 380/220 В	Щити живлення, двигуни вентиляторів, автоматика	Ураження електричним струмом, опіки, аварійне вимкнення обладнання	Захисне заземлення, ПЗВ, автоматичні вимикачі, допуск персоналу
Рухомі частини вентиляторів	Крильчатки, ремінні або муфтові передачі, жалюзі	Механічне травмування під час огляду та очищення	Захисні решітки, блокування, знеструмлення

			перед обслуговуванням
Пил і біоаерозолі	Підстилка, корм, пір'я, рух повітря	Подразнення органів дихання, зниження видимості, пожежна небезпека	Періодичне очищення, вентиляція, респіратори під час обслуговування
Аміак і CO ₂	Підстилка, життєдіяльність птиці, недостатній повітрообмін	Погіршення умов праці, подразнення слизових оболонок	Контроль датчиками, підтримання повітрообміну, аварійне провітрювання
Шум	Робота осьових вентиляторів і тепловентиляторів	Втома, зниження уваги, вплив на слух при тривалому перебуванні	Обмеження часу перебування, технічне обслуговування приводів, засоби захисту слуху
Підвищена температура	Теплообмінники, тепловентилятори, літній режим роботи	Перегрів працівників, опіки при контакті з поверхнями	Теплоізоляція, попереджувальні таблички, контроль температури
Пожежна небезпека	Підстилка, пил, кабелі, нагріте обладнання	Займання, задимлення, пошкодження обладнання та птиці	Пожежні розриви, вогнегасники, контроль електромережі, очищення пилу

Шумове навантаження оцінюється з урахуванням одночасної роботи дев'яти витяжних вентиляторів. Якщо рівень звукового тиску одного вентилятора прийняти $L_1 = 72$ дБА, сумарний рівень для однакових джерел визначається за залежністю:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n = 72 + 10 \lg 9 = 81,5 \text{ дБА} \quad (5.1)$$

Отримане значення показує, що в зоні вентиляційного обладнання необхідно обмежувати тривале перебування персоналу, проводити

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

профілактичне балансування крильчаток і перевірку підшипників, а під час ремонту використовувати засоби індивідуального захисту органів слуху. Для постійних робочих місць працівників рівень шуму має контролюватися відповідно до санітарних норм виробничого шуму.

За результатами аналізу небезпечних факторів основними напрямками забезпечення безпеки є підтримання справного стану електрообладнання, захисне вимкнення живлення під час обслуговування, контроль якості повітря, зниження запиленості, регулярне очищення вентиляційних каналів і дотримання пожежної безпеки.

5.1 Заходи з охорони праці при експлуатації вентиляційного обладнання

Вентиляційне обладнання пташника працює в автоматичному режимі та забезпечує мінімальний зимовий, перехідний і максимальний літній повітрообмін. У технологічному режимі вентилятори можуть вмикатися циклічно або працювати з регулюванням продуктивності, тому під час їх обслуговування персонал повинен враховувати можливість автоматичного пуску. Перед виконанням будь-яких робіт з очищення, огляду або заміни елементів вентилятора необхідно перевести систему в ручний режим, вимкнути відповідну лінію живлення, вивісити попереджувальний плакат та перевірити відсутність напруги.

Розрахункова встановлена електрична потужність вентиляційної системи становить:

$$P_{\text{в}} = n \cdot P_1 = 9 \cdot 1,1 = 9,9 \text{ кВт} \quad (5.2)$$

Робочий струм групи вентиляторів для трифазної мережі визначається за формулою:

$$I_{\text{в}} = P_{\text{в}} / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta) = 9900 / (1,732 \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,90) = 19,7 \text{ А} \quad (5.3)$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахований струм підтверджує необхідність використання окремої групової лінії живлення вентиляційного обладнання з автоматичним захистом, захисним провідником РЕ та можливістю оперативного відключення. Для запобігання випадковому пуску під час сервісних робіт шафа керування повинна мати перемикач режимів «Автоматичний – Ручний – Вимкнено» та індикацію стану обладнання.

Таблиця 5.2

Заходи безпечної експлуатації вентиляційного обладнання

Операція	Потенційна небезпека	Вимога безпеки	Відповідальний контроль
Огляд вентилятора	Автоматичний пуск, обертання крильчатки	Знеструмити лінію, заблокувати пуск, дочекатися повної зупинки	Електромонтер / оператор
Очищення решітки та жалюзі	Контакт з рухомими частинами, пил	Працювати після відключення; застосовувати рукавиці та респіратор	Оператор пташника
Перевірка електродвигуна	Напруга на клеммах, нагрів корпусу	Перевірити відсутність напруги; використовувати справний інструмент	Електротехнічний персонал
Обслуговування датчиків	Робота на висоті, забруднене середовище	Використовувати справну драбину, засоби захисту очей і органів дихання	Оператор / електромонтер
Налаштування контролера	Помилкове задання режиму	Зміни параметрів фіксувати в журналі; перевіряти аварійні межі	Відповідальний за мікроклімат

Ремонт приводу клапана	Затискання рухомими елементами	Встановити клапан у безпечне положення, вимкнути привід	Електромонтер
---------------------------	--------------------------------------	--	---------------

До роботи з вентиляційним обладнанням допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з інструкцією виробника та мають відповідну групу з електробезпеки для робіт в електроустановках. Оперативний персонал виконує візуальний огляд, очищення доступних поверхонь і контроль показників системи, а роботи в електричних колах, шафах керування та двигунах виконуються електротехнічним персоналом.

Для зниження ризиків під час експлуатації слід забезпечити справність захисних решіток, відсутність сторонніх предметів у зоні повітрязбірників, надійне кріплення вентиляторів, своєчасну перевірку підшипників, очищення від пилу та контроль струмів двигунів. Після завершення сервісних робіт обладнання вмикається лише після перевірки встановлення захисних кожухів і відсутності працівників у небезпечній зоні.

5.2 Пожежна безпека пташника

Пташник належить до виробничих приміщень з підвищеною пожежною небезпекою через наявність горючої підстилки, пилу, кормових матеріалів, полімерних елементів обладнання, електричних кабелів і нагрівальних пристроїв. Джерелами займання можуть бути перегрів електродвигунів, коротке замикання у кабельних лініях, несправність контактних з'єднань, накопичення пилу на нагрітих поверхнях, порушення режиму роботи тепловентиляторів або недотримання правил обслуговування.

Пожежна безпека системи мікроклімату забезпечується поєднанням будівельних, електротехнічних, організаційних та експлуатаційних заходів. Кабельні лінії повинні прокладатися з урахуванням механічного захисту та віддалення від нагрітих поверхонь. Щити керування встановлюються у доступному місці, не захищаються сторонніми предметами та обладнуються

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

апаратами захисту від короткого замикання і перевантаження. Нагрівальні елементи та теплообмінники необхідно регулярно очищати від пилу і підстилки.

Таблиця 5.3

Основні пожежонебезпечні зони та профілактичні заходи

Зона / елемент	Можлива причина пожежі	Профілактичний захід
Щит керування вентиляцією	Нагрів контактів, перевантаження, пил у шафі	Щорічна ревізія контактів, підтягування з'єднань, очищення, маркування ліній
Електродвигуни вентиляторів	Перевантаження, заклинювання крильчатки, зношування підшипників	Контроль струму, температури корпусу, стану підшипників і захисних решіток
Тепловентилятори та теплообмінники	Накопичення пилу на гарячих поверхнях	Регулярне очищення, контроль температури повітря на виході
Кабельні лінії	Пошкодження ізоляції, неякісні з'єднання	Прокладання в захисних трубах або лотках, перевірка ізоляції, захист автоматами
Підстилка та пил	Підвищена сухість, потрапляння на нагріті елементи	Своєчасне видалення пилу, підтримання вологості, заборона відкритого вогню
Складські зони	Зберігання горючих матеріалів біля обладнання	Роздільне зберігання матеріалів, вільні проходи,

Для розрахункового оснащення пташника первинними засобами пожежогасіння приймається один пожежний пост на кожні 200 м² площі. Кількість постів визначається за формулою:

$$N_p = \text{ceil}(F / F_n) = \text{ceil}(1728 / 200) = 9 \quad (5.4)$$

Отже, для пташника площею 1728 м² доцільно передбачити не менше 9 місць розміщення первинних засобів пожежогасіння. На кожному посту доцільно встановити порошковий або вуглекислотний вогнегасник, показчик місця розташування, а також забезпечити вільний підхід. У зоні електрощитів

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевагу слід надавати вогнегасникам, придатним для гасіння електрообладнання під напругою згідно з інструкцією виробника.

Додатково необхідно забезпечити вільні евакуаційні проходи, справне аварійне освітлення, інструкції дій персоналу під час пожежі, регулярний контроль температури електрообладнання та заборону зберігання горючих матеріалів біля електрощитів, тепловентиляторів і приводів вентиляційної системи.

5.3 Заходи з електробезпеки

Електробезпека системи опалення і вентиляції пташника забезпечується правильним вибором апаратів захисту, наявністю захисного провідника, заземленням металевих корпусів обладнання, використанням пристроїв захисного вимкнення та виконанням робіт електротехнічним персоналом. Особливістю пташника є підвищена вологість, наявність пилу та можливість агресивної дії аміаку, тому електрообладнання повинно мати відповідний ступінь захисту оболонки і бути розміщене так, щоб зменшити контакт з вологим середовищем.

У силових колах вентиляційної системи та автоматики необхідно передбачити захист від короткого замикання, перевантаження, струмів витоку та втрати фази. Металеві корпуси вентиляторів, тепловентиляторів, шаф керування, електродвигунів і кабельних лотків приєднуються до захисного провідника РЕ. Опір захисного заземлення приймається за результатами попереднього електротехнічного розрахунку і не повинен перевищувати допустимого значення для прийнятої системи заземлення.

Таблиця 5.4

Основні заходи електробезпеки системи мікроклімату

Елемент системи	Небезпека	Захисний захід
-----------------	-----------	----------------

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Вентилятори та тепловентилятори	Пробій ізоляції на корпус, механічне пошкодження кабелю	Приєднання до РЕ, автоматичне вимкнення живлення, контроль ізоляції
Шафа керування	Доступ до струмоведучих частин	Закриті дверцята, маркування, замок, попереджувальні знаки
Датчики і виконавчі механізми	Пошкодження кабелів у зоні вологості та пилу	Низьковольтні кола керування, герметичні з'єднання, захисні короби
Кабельні лінії	Перегрів, коротке замикання, пошкодження гризунами	Вибір перерізу за струмом, захисні лотки, періодичний огляд
Обслуговування обладнання	Помилкове ввімкнення під час ремонту	Відключення, блокування, перевірка відсутності напруги
Вологе середовище пташника	Підвищена небезпека ураження струмом	ПЗВ, зрівнювання потенціалів, використання справного інструменту

Для оцінки ефективності пристрою захисного вимкнення виконується перевірка допустимої напруги дотику при номінальному диференційному струмі $I_{\Delta n} = 30 \text{ мА}$ та опорі захисного провідника із заземлювальним контуром $R_{PE} = 4 \text{ Ом}$:

$$U_d = I_{\Delta n} \cdot R_{PE} = 0,03 \cdot 4 = 0,12 \text{ В} \quad (5.5)$$

Отримане значення є значно меншим за небезпечні для людини рівні напруги дотику, що підтверджує доцільність застосування пристроїв захисного вимкнення у колах живлення обладнання системи мікроклімату. Під час експлуатації необхідно періодично перевіряти справність ПЗВ кнопкою «Тест», цілісність захисних провідників, надійність контактних з'єднань і відсутність механічних пошкоджень ізоляції.

Електротехнічні роботи виконуються за нарядом або розпорядженням залежно від характеру робіт. Перед початком ремонту працівник повинен вимкнути живлення, перевірити відсутність напруги, унеможливити повторне

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ввімкнення, застосувати інструмент з ізольованими рукоятками та використовувати засоби індивідуального захисту. Забороняється виконувати очищення вентиляторів, перевірку двигунів або ремонт автоматики без відключення відповідної лінії живлення.

Отже, виконання комплексу заходів з охорони праці, пожежної безпеки та електробезпеки дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи пташника, зменшити ризик травмування персоналу, аварійних зупинок і пошкодження обладнання.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ

6.1 Розрахунок капітальних витрат

Техніко-економічне обґрунтування виконується з метою оцінювання доцільності впровадження комплексної енергозберігаючої системи мікроклімату та освітлення у пташнику. До капітальних витрат включаються витрати на придбання тепловентиляторів, витяжних вентиляторів, припливних клапанів з електроприводами, енергоефективного світлодіодного освітлювального обладнання, засобів автоматичного керування, датчиків, монтажних матеріалів та виконання монтажно-налагоджувальних робіт.

Загальна величина капітальних витрат K_{Σ} визначається як сума вартості окремих груп обладнання і робіт:

$$K_{\Sigma} = K_{\text{оп}} + K_{\text{вент}} + K_{\text{кл}} + K_{\text{осв}} + K_{\text{авт}} + K_{\text{монт}},$$

де:

$K_{\text{оп}}$ – витрати на обладнання системи опалення;

$K_{\text{вент}}$ – витрати на вентиляційне обладнання;

$K_{\text{кл}}$ – витрати на припливні клапани та приводи;

$K_{\text{осв}}$ – витрати на модернізацію системи енергоощадного освітлення;

$K_{\text{авт}}$ – витрати на систему автоматизації;

$K_{\text{монт}}$ – витрати на монтажні та пусконаладжувальні роботи.

Детальний розрахунок капітальних витрат наведено в таблиці 6.1.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Розрахунок капітальних витрат на впровадження комплексної системи

Стаття витрат	Кількість	Вартість одиниці, грн	Сума, грн
Водяний тепловентилятор 35 кВт	4 шт.	52 000	208 000
Осьовий витяжний вентилятор 44 000 м ³ /год	9 шт.	38 000	342 000
Припливні клапани, електроприводи, монтажні вузли	1 компл.	80 000	80 000
Світлодіодні світильники для пташників (LED) з димуванням	1 компл.	95 000	95 000
Контролер мікроклімату та освітлення, датчики температури, вологості, CO ₂ , NH ₃ та освітленості	1 компл.	115 000	115 000
Монтажні та пусконаладжувальні роботи	1 компл.	90 000	90 000
Разом	—	—	930 000

Таким чином, сумарні капітальні витрати на впровадження проєктної системи становлять 930 000 грн. Збільшення капіталовкладень порівняно з традиційним опалювально-вентиляційним варіантом обумовлене встановленням енергоефективного світлодіодного освітлення та впровадженням автоматизованої системи керування технологічними процесами.

6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати системи мікроклімату та штучного освітлення включають витрати на теплову енергію, електроенергію та технічне обслуговування обладнання.

Для розрахунку приймаються такі тарифи на енергоносії:

- теплова енергія – 2,40 грн/кВт·год;
- електроенергія – 7,00 грн/кВт·год.

Річні витрати на теплову енергію визначаються за формулою

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{тепл}} = Q_{\text{рік}} \cdot \Pi_{\text{тепл}}.$$

Річні витрати на електроенергію визначаються за формулою

$$C_{\text{ел}} = (W_{\text{вент}} + W_{\text{осв}}) \cdot \Pi_{\text{ел}}.$$

Витрати на технічне обслуговування приймаються на рівні 5 % від капітальних вкладень:

$$C_{\text{ТО}} = 0,05 \cdot K_{\Sigma},$$

$$C_{\text{ТО}} = 0,05 \cdot 930000 = 46500 \text{ грн/рік}.$$

Результати розрахунку експлуатаційних витрат наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Порівняння річних експлуатаційних витрат

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Споживання теплової енергії, кВт·год/рік	300 595	234 464
Витрати на теплову енергію, грн/рік	721 428	562 714
Споживання електроенергії вентиляцією, кВт·год/рік	54 600	38 200
Витрати на електроенергію вентиляції, грн/рік	382 200	267 400
Споживання електроенергії освітленням, кВт·год/рік	28 400	11 200
Витрати на електроенергію освітлення, грн/рік	198 800	78 400
Технічне обслуговування системи, грн/рік	–	46 500
Сумарні експлуатаційні витрати, грн/рік	1 302 428	955 014

Як видно з результатів розрахунку, впровадження проектної системи дозволяє зменшити річні експлуатаційні витрати на

$$1302428 - 955014 = 347414 \text{ грн/рік}.$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3 Оцінка економії енергоресурсів

Економія теплової енергії визначається як різниця між споживанням теплової енергії у базовому та проєктному варіантах:

$$\Delta Q = 300595 - 234464 = 66131 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік.}$$

Економія електроенергії вентиляційною системою:

$$\Delta W_{\text{вент}} = 54600 - 38200 = 16400 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік.}$$

Економія електроенергії системою освітлення:

$$\Delta W_{\text{осв}} = 28400 - 11200 = 17200 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік.}$$

Грошовий еквівалент річної економії енергоносіїв визначається за формулою

$$E_{\text{ен}} = \Delta Q \cdot \Pi_{\text{тепл}} + (\Delta W_{\text{вент}} + \Delta W_{\text{осв}}) \cdot \Pi_{\text{ел}}.$$

Після підстановки числових значень отримуємо

$$E_{\text{ен}} = 66131 \cdot 2,4 + (16400 + 17200) \cdot 7,$$

$$E_{\text{ен}} = 158714 + 235200 = 393914 \text{ грн/рік.}$$

Чистий річний економічний ефект становить

$$E_{\text{ч}} = E_{\text{ен}} - C_{\text{ТО}},$$

$$E_{\text{ч}} = 393914 - 46500 = 347414 \text{ грн/рік.}$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 6.3.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Таблиця 6.3 – Оцінка річної економії енергоресурсів

Економія електроенергії вентиляції, кВт·год/рік	16 400
Економія електроенергії освітлення, кВт·год/рік	17 200
Грошова економія теплової енергії, грн/рік	158 714
Грошова економія електроенергії вентиляції, грн/рік	114 800
Грошова економія електроенергії освітлення, грн/рік	120 400
Загальна річна економія енергоносіїв, грн/рік	393 914
Витрати на технічне обслуговування, грн/рік	46 500
Чистий річний економічний ефект, грн/рік	347 414

Отримані результати свідчать про високу енергоефективність запропонованих технічних рішень та доцільність їх впровадження у виробничих умовах.

6.4 Розрахунок економічної ефективності впровадження системи

Простий термін окупності визначається за формулою

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\Sigma}}{E_{\text{ч}}},$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{930000}{347414} = 2,68 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності становить

$$E_{\text{еф}} = \frac{E_{\text{ч}}}{K_{\Sigma}},$$

$$E_{\text{еф}} = \frac{347414}{930000} = 0,374.$$

Для оцінки інвестиційної привабливості проєкту визначається чистий дисконтований дохід за розрахунковий період 8 років при ставці дисконту 12 %:

$$NPV = \sum_{t=1}^8 \frac{E_{\text{ч}}}{(1 + 0,12)^t} - K_{\Sigma}.$$

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Коефіцієнт дисконтування для ануїтету становить 4,9676.

Тоді

$$NPV = 347414 \cdot 4,9676 - 930000 = 795814 \text{ грн.}$$

Індекс прибутковості інвестицій:

$$PI = \frac{1725814}{930000} = 1,86.$$

Таблиця 6.4 – Показники економічної ефективності проєктної системи

Показник	Позначення	Значення
Капітальні витрати, грн	K_{Σ}	930 000
Річна економія енергоносіїв, грн/рік	E_p	393 914
Витрати на технічне обслуговування, грн/рік	C_{TO}	46 500
Чистий річний економічний ефект, грн/рік	$E_{\text{ч}}$	347 414
Простий термін окупності, років	$T_{\text{ок}}$	2,68
Коефіцієнт економічної ефективності	$E_{\text{еф}}$	0,374
Чистий дисконтований дохід, грн	NPV	795 814
Індекс прибутковості	PI	1,86

ВИСНОВКИ

У роботі виконано проектування енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи пташника, призначеної для підтримання нормативних параметрів мікроклімату під час вирощування бройлерної птиці. Обґрунтовано актуальність теми, оскільки витрати енергії на опалення та вентиляцію становлять значну частку експлуатаційних витрат птахівничого підприємства, а стабільність мікроклімату безпосередньо впливає на продуктивність птиці.

Проаналізовано умови функціонування пташника, вимоги до температури, вологості, швидкості руху повітря, концентрацій аміаку та вуглекислого газу. Для подальших розрахунків прийнято промисловий пташник площею 1728 м² та об'ємом 5529,6 м³, у якому температура повітря повинна змінюватися від 30–32 °С у перші дні вирощування до 18–20 °С наприкінці циклу.

Виконано розрахунок теплового балансу приміщення пташника. Встановлено, що тепловтрати через огорожувальні конструкції становлять 51,34 кВт, вентиляційні тепловтрати – 77,83 кВт, а тепловиділення поголів'я на початку циклу – 11,20 кВт. Необхідна теплова потужність системи опалення у розрахунковому зимовому режимі становить 117,97 кВт.

Розраховано тепловтрати будівлі за окремими огорожувальними конструкціями. Найбільша частка втрат припадає на покрівлю – 45,0 %, через підлогу втрачається 28,3 %, через стіни – 22,7 %, через двері та ворота – 4,1 %. Це підтверджує доцільність підвищення теплозахисту покрівлі та узгодження опалення з вентиляційним режимом.

Визначено необхідні режими повітрообміну вентиляційної системи. Мінімальний зимовий повітрообмін прийнято 5529,6 м³/год, а максимальний літній повітрообмін для відведення надлишкового тепла становить 373248 м³/год. Для забезпечення літнього режиму підібрано дев'ять осьових вентиляторів продуктивністю 44 000 м³/год кожний із сумарною продуктивністю 396000 м³/год.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запропоновано енергозберігаючу систему мікроклімату, що поєднує водяні тепловентилятори, тунельну та бокову вентиляцію, регульовані припливні клапани, частотне керування вентиляторами і автоматизовану систему контролю температури, вологості, CO₂ та NH₃. Для опалення прийнято чотири тепловентилятори по 35 кВт із сумарною встановленою тепловою потужністю 140 кВт.

Виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту. Капітальні витрати на впровадження системи прийнято на рівні 810 тис. грн. За рахунок зниження витрат теплової енергії та електроенергії вентиляційного обладнання очікувана річна економія після урахування експлуатаційних витрат становить близько 325,8 тис. грн, а строк окупності – приблизно 2,5 року.

Розроблено заходи з охорони праці та безпеки експлуатації системи. Визначено основні небезпечні та шкідливі фактори: електрична напруга, рухомі частини вентиляторів, шум, пил, аміак, вуглекислий газ, пожежна небезпека підстилки та електрообладнання. Запропоновано технічні й організаційні заходи щодо захисту персоналу, пожежної безпеки та електробезпеки.

Отримані результати підтверджують, що впровадження енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи дозволяє забезпечити нормативний мікроклімат у пташнику, знизити витрати енергоресурсів, підвищити надійність роботи інженерного обладнання та покращити умови утримання птиці.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. Режим доступу: офіційна сторінка Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2021. Режим доступу: офіційна сторінка Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва.
3. ДБН В.2.2-1-95. Будівлі і споруди для тваринництва. Київ : Держкоммістобудування України, 1995. Режим доступу: офіційна сторінка Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва.
4. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018. Режим доступу: офіційна сторінка Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва.
5. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2016. Режим доступу: офіційна сторінка Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва.
6. Правила улаштування електроустановок. Київ : Міненерговугілля України, 2017. Режим доступу: офіційна сторінка Верховної Ради України.
7. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : НПАОП 40.1-1.21-98. Київ : Держнаглядохоронпраці України, 1998. Режим доступу: офіційна сторінка Верховної Ради України.
8. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ : МОЗ України, 1999. Режим доступу: офіційна сторінка Верховної Ради України.
9. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ : МОЗ України, 1999. Режим доступу: офіційна сторінка Верховної Ради України.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use. Geneva : International Organization for Standardization, 2018. Режим доступу: офіційна сторінка ISO.

11. ISO 6946:2017. Building components and building elements — Thermal resistance and thermal transmittance — Calculation methods. Geneva : International Organization for Standardization, 2017. Режим доступу: офіційна сторінка ISO.

12. ISO 52016-1:2017. Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads — Part 1: Calculation procedures. Geneva : International Organization for Standardization, 2017. Режим доступу: офіційна сторінка ISO.

13. ASHRAE Handbook. HVAC Applications. Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2023. Режим доступу: офіційна сторінка ASHRAE Handbook.

14. Cobb-Vantress. Cobb Broiler Management Guide. Siloam Springs : Cobb-Vantress, 2021. Режим доступу: офіційний технічний посібник Cobb.

15. Aviagen. Ross Broiler Management Handbook. Huntsville : Aviagen, 2025. Режим доступу: офіційний технічний посібник Aviagen.

16. Aviagen. Ross Broiler Handbook. Environmental Requirements. Huntsville : Aviagen, 2024. Режим доступу: офіційна технічна бібліотека Aviagen.

17. Cobb Germany. Cobb 500 Broiler Management Guide. Berlin : Cobb Germany, 2022. Режим доступу: офіційний посібник Cobb Germany.

18. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної та робочої документації. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

19. ДСТУ EN 12831-1:2017. Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проєктного теплового навантаження. Частина 1. Опалювальне навантаження приміщень. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. ДСТУ EN 16798-1:2019. Енергоефективність будівель. Вентиляція будівель. Вхідні параметри внутрішнього середовища для проєктування та оцінювання енергетичних характеристик будівель. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
21. ДСТУ EN 60204-1:2019. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
22. ДСТУ EN 60529:2018. Ступені захисту, що забезпечуються кожухами. Код IP. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
23. ДСТУ EN 62305-3:2012. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей. Київ : Мінекономрозвитку України, 2012.
24. Ратушняк Г. С., Попова Г. С. Енергозбереження в системах теплопостачання та вентиляції : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013.
25. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В. Тепломасообмінні процеси та установки : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017.
26. Бойко М. Ф. Електропостачання сільського господарства : підручник. Київ : Урожай, 1995.
27. Халатов А. А. Теплообмін і гідродинаміка в елементах енергетичного обладнання. Київ : Інститут технічної теплофізики НАН України, 2014.
28. Кужель М. М., Савченко О. М. Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря : навчальний посібник. Київ : Каравела, 2018.
29. Мельник В. О. Проєктування систем вентиляції та кондиціонування повітря : навчальний посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020.
30. Калетнік Г. М., Гончарук І. В., Ємчик Т. В. Енергозбереження та енергоефективність у сільському господарстві : монографія. Вінниця : ВНАУ, 2020.

					02.02-КР.2607 "С" 26.10.30.003.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		