

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики
автоматики і енергозбереження

проф., д.т.н. /**Віктор КАПЛУН**/

вчене звання, науковий ступінь підпис

„_____” _____ 2025 р.
число місяць рік

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри інженерії
енергосистем

доц., к.т.н. /**Євген АНТИПОВ**/

вчене звання, науковий ступінь підпис

„_____” _____ 2025 р.
число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«Розробка системи енергоживлення для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату пташників з використанням ВДЕ»**

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Сергій УСЕНКО
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Віктор ТРОХАНЯК
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Максим ГОЛУБ
(ПІБ)

КИЇВ – 2025

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Інженерії енергосистем**

К.Т.Н., доцент _____ /**Євген АНТИПОВ**/
(підпис)
« _____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ**

Голубу Максиму Юрійовичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Розробка системи енергоживлення для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату пташників з використанням ВДЕ»

затверджена наказом від 18.11.2024 р. № 2061”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2025.11.11.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: Технічна документація електрообладнання, нормативно – правова література .

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Характеристика господарства
2. Розрахунок освітлення в пташнику
3. Визначення необхідного повітрообміну в пташнику
4. Розробка схеми управління і параметрів регулювання
5. Відновлювані джерела енергії в птахівництві

Дата видачі завдання 18.11.2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **Віктор ТРОХАНЯК**
(підпис) (ПБ)

Завдання прийняв до виконання _____ **Максим ГОЛУБ**
(підпис) (ПБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена комплексному проектуванню, технічному обґрунтуванню та аналізу систем забезпечення мікроклімату й штучного освітлення у пташнику СТОВ «Старинська птахофабрика» з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності, технологічної надійності та використання відновлюваних джерел енергії. Робота містить 57 сторінок, 14 рисунків, 5 таблиць. Список використаних джерел налічує 24 найменування.

У першому розділі наведено характеристику об'єкта проектування, розглянуто вибір основних технологічних параметрів птахівничого виробництва, його продуктивності та структурного складу. На основі аналізу визначено ключові вимоги до систем освітлення, вентиляції, опалення та автоматизації процесів забезпечення мікроклімату.

Другий розділ присвячено проектуванню системи освітлення у пташнику. Наведено вибір джерел світла та освітлювальних приладів із зазначенням їх технічних характеристик. Показано розміщення світильників на плані приміщення, визначено необхідну кількість ламп та їх потужність. Питома потужність для люмінесцентних ламп у виробничій секції склала $2,57 \text{ Вт/м}^2$, а кількість світильників – 25 шт. Відстань між світильниками в ряду становила 4,4 м. Для службового приміщення питома потужність становила $8,84 \text{ Вт/м}^2$, прийнято 2 світильники на відстані 2,6 м один від одного. Для допоміжних приміщень потужність ламп, визначена методом питомої потужності, коливалась у межах 100–200 Вт при значеннях питомої потужності 9–15 Вт/м^2 . Проведено освітлювальні розрахунки у секції, службових та технічних приміщеннях, а також в електрощитовій.

У третьому розділі подано розрахунок необхідного повітрообміну в пташнику у зимовий та літній періоди року для поголів'я 80000 голів. У холодний період необхідний об'єм повітрообміну для зменшення концентрації CO_2 становить $192000 \text{ м}^3/\text{год}$, для видалення вологи – $149695 \text{ м}^3/\text{год}$. У теплий період ці значення складають: $192000 \text{ м}^3/\text{год}$ для CO_2 , $127952 \text{ м}^3/\text{год}$ для вологи

та 316355 м³/год для видалення надлишкової теплоти. На основі результатів вибрано вентилятори типу ВО-12,5 у кількості 9 шт. Також виконано теплотехнічний розрахунок системи опалення. За зовнішньої температури -20 °С теплові втрати становлять 1833,6 кВт, для їх компенсації обрано 23 газових теплогенератори Kroll P-80. Розглянуто можливість використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), здатних підігрівати припливне повітря з -20 до +7 °С. Така система дозволяє заощадити до 1500 кВт теплової енергії, зменшуючи навантаження на основні теплогенератори. Для догрівання повітря до нормативної температури обрано 8 теплогенераторів Kroll P-43.

У четвертому розділі розроблено систему управління мікрокліматом у пташнику та проведено розрахунок її параметрів регулювання. Постійна часу нагрівання становить 631,83 с, температура початку та завершення опалювального режиму коливається в межах від -5,9 °С до +5,9 °С. Тривалість увімкненого стану електрокалорифера становить 313,29 с, паузи – 103,388 с, період коливань – 416,517 с, частота перемикачів – 17,286 од/год. Максимальні позитивні відхилення температури становлять +0,767 °С, а негативні – -1,134 °С. Проведено розрахунок силової частини системи. Номінальні струми ділянок, що живлять електрокалорифери, становлять 136,741 А, струми ділянок вентиляторів – 3,052 А, а струм на вводі в щит – 278,06 А. Обрано кабелі ВВГ 5×120 для ЕКУ та ВВГ 5×2,5 для ЕД. Як пульт керування використано навісний ящик ЩШМ-ЗД-1-1000×600×500 IP44 ОСТ 36.13-90.

П'ятий розділ містить аналіз можливостей застосування відновлюваних джерел енергії в птахівництві. Розглянуто перспективи використання сучасних енергоощадних технологій, а також особливості їх адаптації до умов птахофабрик України. Наведено оцінку їх впливу на зниження енергетичних витрат та підвищення ефективності провітрювання й підігріву повітря.

У роботі проведено економічне порівняння двох режимів опалення – ручного та автоматичного. Встановлено, що опалювальний період триває 5760 годин, розбитих на 5 температурних ділянок, де потужність системи опалення змінюється 120–360 кВт. Витрати електроенергії при ручному управлінні

становлять 1 176 032,42 кВт·год, а при автоматичному – 1 050 450,03 кВт·год. Зменшення витрат становить близько 12 %, що підтверджує ефективність автоматизованої системи керування мікрокліматом.

У висновках узагальнено отримані результати та обґрунтовано доцільність застосування розробленої системи освітлення, вентиляції, опалення та автоматизації. Наведено основні технічні показники та підкреслено можливості підвищення енергоефективності птахівничих приміщень.

Ключові слова: освітлення, мікроклімат, повітрообмін, теплогенератор, автоматизація, вентиляція, відновлювані джерела енергії, пташник.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	9
1.1 Висновок для розділу 1.....	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ У ПТАШНИКУ.....	14
2.1. Вибір джерел світла.....	14
2.2. Вибір освітлювальних приладів.....	15
2.3. Розміщення освітлювальних приладів на плані.....	16
2.4. Визначення потужності і числа джерел світла.....	18
2.4.1. Розрахунок освітлення методом питомої потужності.....	18
2.4.2. Розрахунок за формулами освітлення в секції.....	18
2.4.3. Розрахунок освітлення в службовому приміщенні.....	19
2.5. Визначення потужності ламп у допоміжних приміщеннях методом питомої потужності.....	19
2.6. Розрахунок освітлення в електрощитовій.....	21
2.7. Висновок до розділу 2.....	23
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО ПОВІТРООБМІНУ В ПТАШНИКУ.....	24
3.1. Розрахунок повітрообміну в холодний період року.....	24
3.2. Розрахунок повітрообміну в теплий період року.....	26
3.3. Розрахунок системи опалення в теплий період року.....	29
3.4. Висновок до розділу 3.....	34
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СХЕМИ УПРАВЛІННЯ І ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЮВАННЯ.....	35
4.1. Розробка схеми управління.....	35
4.2 Розрахунок параметрів регулювання.....	36
4.3. Розрахунок силової частини.....	40
4.4. Розробка щита автоматики.....	41
4.5. Визначення експлуатаційних показників.....	43

4.6. Висновок до розділу 4.....	44
РОЗДІЛ 5. ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ПТАХІВНИЦТВІ.....	45
5.1. Висновок до розділу 5.....	55
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

ВСТУП

Застосування теплоти в с.г. набуло широкого поширення з причини того, що теплофікація с.г. технологічних процесів дозволяє істотно збільшити обсяги виробництва продукції. Основні споживачі теплоти в с.г. - тваринництво і птахівництво.

Стан мікроклімату закритих птахівничих приміщень визначає комплекс фізичних факторів (температура, вологість, рух повітря, сонячна радіація, атмосферний тиск, освітлення і іонізація), газовий склад повітря (кисень, вуглекислий газ, аміак, сірководень і ін.) і механічні домішки (пил і мікроорганізми). Формування мікроклімату в приміщеннях для птиці залежить від ряду умов: місцевого клімату, термічного і вологісного стану огороджувальних конструкцій будівлі, рівня повітрообміну або вентиляції, опалення та освітлення.

Мета роботи - вдосконалення системи мікроклімату в пташнику СТОВ "Старинська птахофабрика" з використанням новітніх технологій на основі ВДЕ.

Для досягнення мети було поставлено такі задачі:

1. Проаналізувати норми та вимоги до мікроклімату у пташнику.
2. Провести розрахунок освітлення стійлового та його службових приміщень пташника.
3. Розрахувати системи повітрообміну та опалення в пташнику.
4. Розробити схему управління та розрахувати параметри регулювання
5. Проаналізувати та запропонувати ВДЕ в птахівництві.

Об'єкт досліджень – процеси підтримання мікроклімату в пташниках та режими функціонування.

Предмет досліджень – комплексне вирішення розрахункових та проектних задач по створенню нормованого мікроклімату у пташниках.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

СТОВ "Старинська птахофабрика"

Підприємство зареєстроване 28 липня 2006 року на основі рішення загальних зборів акціонерного товариства закритого типу "Торговий дім "Миронівських хлібопродукт" від 29.06.2009 р., що було перейменовано в закрите акціонерне товариство "Миронівська птахофабрика", а з травня 2011 року – у приватне акціонерне товариство "Миронівська птахофабрика".

СТОВ "Старинська птахофабрика" є підприємством закритого циклу від виробництва добового молодняка до виробництва м'яса курчат-бройлерів. Введення птахофабрики в експлуатацію відбувалось у два етапи. Запуск першої черги розпочався у 2006 році і успішно завершився у 2007 році. Запуск другої черги розпочався в 2008 році й завершився у 2009 році. Також у 2015-2017 роках відбулось розширення підприємства за рахунок будівництва трьох нових ділянок з вирощування птиці.

1. Операційна діяльність:
 - Інкубаторно-птахівнича станції потужністю 214 444 800 яєць/рік.
 - 27 виробничих ділянок з вирощування птиці (24 ділянки – по 16 пташників, 2 – по 20 пташників та 1 ділянка складається з 8 пташників).
 - Комплекс з переробки курчат-бройлерів. Діє дві лінії забою птиці.
2. Інші об'єкти підприємства:
 - Цех утилізації продуктів виробництва.
 - Очисні споруди комплексу з переробки курчат-бройлерів.
 - Транспортна служба.
3. Показники роботи підприємства за 2017 рік:
 - Кількість голів, яку виростили, – 140 975 760 голів/рік.

- Кількість голів, які забили, – 140 975 760 голів/рік або 460 000 голів/день.

- Виробництво м'яса птиці – 247 345 746 тонн/рік або 810 000 тонн/день.

- Збереженість птиці – 96,3 %.

- Конверсія корму – 1,707.

4. Сертифікація підприємства:

- Впроваджена інтегрована система управління сільськогосподарським виробництвом GlobalG.A.P., яка охоплює процеси вирощування птиці від отримання яйця до транспортування птиці на забій. Вимоги стандарту ґрунтуються на належній сільськогосподарській практиці (GAP – Good Agricultural Practice), системі аналізу ризиків та критичних точок контролю (Система HACCP), охороні навколишнього середовища, здоров'ї та добробуті працівників, благополуччі тварин.

- Система менеджменту якості та безпеки харчової продукції розроблена та впроваджена на основі аналізу ризиків та критичних точок контролю (Система HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points) й належної виробничої практики (GMP - Good Manufacturing Practice), сертифікована на відповідність міжнародного стандарту безпеки харчових продуктів - BRC Food Safety.

- Забій та переробка птиці відповідають Ісламським канонічним нормам, у наявності «HALAL Certificate».

5. Соціальне забезпечення працівників:

- Видача пільгової продукції 1 раз на місяць кожному працівнику в розмірі 6,5 кг м'яса курей-бройлерів.

- Кожного робочого дня – гарячий комплексний обід вартістю 1 грн.

- Забезпечення робочих спецодягом та спецвзуттям.

- Безкоштовна розвозка працівників на роботу/з роботи транспортом підприємства.

- Можливість навчатись працівникам та їхнім дітям за рахунок підприємства у вищих навчальних закладах України всіх типів власності.
- Відзначення щопівроку найкращих працівників робітничих професій підприємства занесенням на Дошку пошани з щомісячним додатковим преміюванням протягом 6 місяців;
- У випадку важкої хвороби працівника підприємства або членів його родини надається матеріальна допомога на лікування.
- Надається матеріальна допомога працівникам на ритуальні послуги при похованні близьких родичів.
- Забезпечення новорічними подарунками дітей працівників підприємства до 14 років;
- Молодих спеціалістів та працівників підприємство забезпечує тимчасовим та постійним житлом. На сьогодні до послуг спеціалістів чотири гуртожитки та два багатоквартирні житлові будинки.

Кількість працівників підприємства – 3 622 особи.

6. Місцеві спільноти та розвиток району за рік:

- Сплачено податків до бюджетів різних рівнів на суму понад 156 млн грн.
- Питома вага податкових надходжень від МПФ, що надійшли до районного бюджету Канівського району за 2017 рік, склала 36,4 % або 42,1 млн грн. При цьому ПДФО склав 39,9 млн грн.

Завдяки зростанню виробництва на Вінницькій птахофабриці обсяги виробництва курятини в 2015 р. вирости до 566 600 тонн.

Станом на 31 грудня 2015 р. обсяги експорту м'яса птиці з початку року склали понад 132 тис. тонн.

ПрАТ «Миронівський хлібопродукт» експортує свою продукцію у різні країни світу. Зокрема до 17 країн ЄС: Нідерланди, Ірландія, Бельгія, Польща, Італія, Греція й інші; країни СНД та Митного Союзу: Вірменія, Киргизстан, Казахстан, Грузія, Молдова, Узбекистан, Таджикистан; країни Близького

Сходу: Ірак, Йорданія, Ліван, ОАЕ, Кувейт; а також в країни Африки: Єгипет, Лівія, Демократична Республіка Конго, й інші країни світу.

У 2015 р. обсяги експорту до країн ЄС зросли на 65%. Порівняно з минулим роком, експорт склав 27 285 т до 17 країн Європи. На цей ринок почався експорт охолодженої курятини. МХП продовжує втілювати стратегію диверсифікації ринків збуту і досліджувати нові ринки для ведення бізнесу в країнах Азії, Близького Сходу та Африки, нарощуючи обсяги експорту м'яса птиці у ці регіони. У 2015 р. МХП також отримав дозвіл на експорт своєї продукції до Саудівської Аравії.

У 2016 році МХП планує відкрити дистрибуційні склади у різних точках світ: ЄС, ОАЕ, Єгипет, інші.

Завдяки використанню передових технологій, інтенсивним інвестиціям, використанню найкращих світових практик обробки землі, сильній команді менеджменту і правильному географічному місцю розташування земель (оптимальна кількість опадів, якість землі тощо), показники ефективності обробки землі, а саме: ЕВІТДА на 1 га і врожайність – набагато перевищують середні показники по Україні.

Вирощування власних зернових – один з найважливіших компонентів інтегрованої бізнес-моделі МХП. Зернові власного виробництва використовуються для виготовлення комбікормів для птиці і ВРХ. Виробництво сільськогосподарських культур дає нам можливість задовольнити 100% наших потреб і підтримувати жорсткий контроль за біологічною безпекою та якістю. Експорт зернових приносить компанії додатковий прибуток у формі валютної виручки, що в «натуральний» спосіб хеджує ризик волатильності валют.

МХП, провідна компанія українського ринку курятини, охоплює близько 35% від загального споживання курятини і більше 55% українського ринку промислового виробництва курятини.

1.1.Висновок до розділу 1

Таким чином, СТОВ «Старинська птахофабрика» є високотехнологічним, інтегрованим та соціально відповідальним підприємством, що забезпечує повний цикл виробництва м'яса птиці та відповідає міжнародним стандартам якості. Стабільні виробничі показники, розвинена інфраструктура та активна експортна діяльність підтверджують його провідну роль у галузі птахівництва України.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ У ПТАШНИКУ

2.1. Вибір джерел світла

При виборі джерел світла необхідно керуватися економічною доцільністю і ефективністю різних джерел світла. З огляду на те, що газорозрядні джерела світла мають підвищену світловіддачу і терміном служби їх доцільно використовувати у виробничих приміщеннях, і тільки якщо є недоступними, застосовують лампи розжарювання. Іс-ходячи з цього, приймаємо в секції для опоросів і в секції для поросят-от'ємишей, а також у службовому приміщенні люмінесцентні лампи. Лампи розжарювання приймає в інших приміщеннях.

У приміщеннях пташника приймається загальна рівномірна система освітлення і вид освітлення - робоче.

Чергове освітлення передбачається для контролю над тваринами в нічний час

Вибір нормованої освітленості здійснюється за нормами СНІП 11-4-79 залежно від характеристики зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розрізнення, контрасту об'єкта розрізнення з фоном і характеристики фону. Результати вибору нормованої освітленості і коефіцієнта запасу приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Зведені дані вибору нормованої освітленості і коефіцієнта запасу

№ по плану	Найменування приміщень	Тип джерела світла	Площина в якій нормується освітленість	$E_{нб}$, лк	Коефіцієнт запасу
1	Секція 1	лл	Г-0,0	75	1,3
2	Секція 2	лл	Г-0,0	75	1,3
3	Машинне відділення	лн	Г-0,0	20	1,15
4	Службове приміщення	лл	Г-0,8	150	1,3
5	Майданчик для зважування	лн	В-1,2	100	1,15
6	коридор	лн	Г-0,0	20	1,15
7	вентиляційна шахта	лн	Г-0,0	20	1,15
7	вентиляційна шахта	лн	Г-0,0	20	1,15
8	тамбур	лн	Г-0,0	20	1,15
9	електрощитова	лн	В-1,5	50	1,15
10	інвентарна	лн	Г-0,0	10	1,15
11	коридор	лн	Г-0,0	20	1,15

2.2. Вибір освітлювальних приладів

Вимога до характеру світлорозподілу враховуються таким об-разом: для виробничих приміщень приймають світильники прямого або переважно прямого світлорозподілу з типовими кривими сили світла К, Г, Д. Якщо необхідно створити необхідний рівень освітленості в горизонтальній площини, то найбільш доцільні світильники прямого світла, класу П, а в приміщеннях зі світлими стінами і стелею переважно прямого світла класу Н. Чим вище приміщення і більше нормована освітленість, тим більш концентрованими кривими сили світла повинні володіти світильники. Для освітлення в вертикальній площині доцільні світильники класу Р напівширока кривою типу Л або рівномірної типу М.

Необхідна ступінь захисту від умов навколишнього середовища визначається з урахуванням рекомендацій / 1 /.

Результати вибору світильників зведемо в таблицю 2.2.

Характеристики світильників

№ п/п	Найменування приміщень	Тип світильників	Кількість і потужність ламп	Клас світлорозподілу	Крива сили світла	КПД, %		Ступінь захисту	λ_c
						Общий	В нижню полюсферу		
1	Секція 1	ЛСП18	1×36	П	Д	70	-	54	1,45
2	Секція 2	ЛСП18	1×36	П	Д	70	-	54	1,45
3	Машинне відділення	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65
4	Службове приміщення	ЛПО01	2×40	Н	Д-1	60	50	2'0	1,45
5	Майданчик для зважування	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65
6	коридор	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65
7	вентиляційна шахта	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65
7	вентиляційна шахта	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65
8	тамбур	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65
9	електрощитова	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65
10	інвентарна	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65
11	коридор	НСП02	60,100,200	Р	М	70	42	IP54	1,65

2.3. Розміщення освітлювальних приладів на плані

Розрахункову висоту установки світильників H_p , м, визначають за формулою

$$H_p = H - h_{св} - h_p \quad (2.1)$$

де H - висота приміщення, м;

$h_{св}$ - висота звису світильника (для люмінесцентних ламп приймаємо $h_{св} = 0,3$, а для ламп розжарювання - $h_{св} = 0,4$), м;

h_p - висота розташування робочої поверхні над рівнем підлоги, м.

Відстань між світильниками в ряду $L_x A$, м, і відстань між рядами світильників L_v , м, визначають за формулою

$$L'_{A,B} = \lambda_c \cdot H_p, \quad (2.2)$$

де λ_c - світлотехнічна найвигідніше відносне відстань між світильниками, в.о.

Відстань від стіни до найближчого ряду світильників ℓ'_B , м, або до найближчого світильника в ряду ℓ'_A , м, приймають в межах. (0,3 .. 0,5) $L'_{A, B}$; при наявності робочих місць біля стін приймається 0,3 $L'_{A, B}$, а якщо робочі місця відсутні-ють, то приймають 0,5 $L'_{A, B}$.

Число рядів світильників N'_B визначають за формулою:

$$N'_B = \frac{B - 2\ell'_B}{L'_B} + 1, \quad (2.3)$$

де B - ширина приміщення, м.

Число світильників в ряду визначиться, як:

$$N'_A = \frac{A - 2\ell'_A}{L'_A} + 1, \quad (2.4)$$

де A - довжина приміщення, м.

Значення N_A і N_B округлюють до цілого числа. Потім визначають дійствитільні відстані від стіни до найближчого ряду світильників ℓ_B і до найближчого світильника в ряду ℓ_A , відстань між рядами L_B і світильниками в ряду L_A .

$$L_A = \frac{A}{N_A - a}, \quad (2.5)$$

$$L_B = \frac{B}{N_B - a}, \quad (2.6)$$

де $a=0,4$ при $\ell_{A,B} = 0,3L_{A,B}$ і $a=0$ при $\ell_{A,B} = 0,5L_{A,B}$.

При проектуванні освітлювальних установок зі світильниками з люмінесцентними лампами спочатку визначають тільки число рядів N_B , а число світильників в ряду N_A і в приміщенні N_Σ визначають світлотехнічним розрахунком.

2.4. Визначення потужності і числа джерел світла

2.4.1. Розрахунок освітлення методом питомої потужності

Для обраного типу світильника, обраної нормованої освітленості, а також з урахуванням H_r і площі освітлюваного приміщення вибираємо величину питомої потужності $P'_{уд} = 3,96 \text{ Вт} / \text{м}^2 / 2 /$. Табличне значення питомої потужності коригується з урахуванням прийнятих коефіцієнтів відбиття і коефіцієнта запасу.

Розрахункове значення питомої потужності для люмінесцентних ламп $P_{уд}, \text{Вт} / \text{м}^2$, визначаємо з виразу:

$$P_{уд} = P'_{уд} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{E_H}{100}, \quad (2.7)$$

Де k_1 - коефіцієнт привиди коефіцієнтів запасу до табличному значенню;

k_2 - коефіцієнт привиди коефіцієнтів відбиття до табличному значення.

$$P_{уд} = 3.96 \cdot 1 \cdot \frac{1.3}{1.5} \cdot \frac{75}{100} = 2.57 \text{ Вт/м}^2$$

Тоді число світильників в ряду N_A , шт, визначається за формулою:

$$N_A = \frac{P_{уд} \cdot S}{N_B \cdot P_l \cdot n}, \quad (2.8)$$

де P_l - потужність прийнятої лампи даного світильника, Вт.

$$N_A = \frac{2.57 \cdot 756}{5 \cdot 36 \cdot 1} = 10,7 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_A = 10$ шт.

2.4.2. Розрахунок за формулами освітлення в секції 1

$$P_{уд} = 3.96 \cdot 1 \cdot \frac{1.3}{1.5} \cdot \frac{75}{100} = 2.57 \text{ Вт/м}^2,$$

$$N'_A = \frac{P_{уд} \cdot S}{N_B \cdot P_l \cdot n} = \frac{2.57 \cdot 396}{5 \cdot 36 \cdot 1} = 5.65 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_A = 5$ шт.

Сумарне число світильників N_{Σ} , шт., В приміщенні:

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B, \quad (2.9)$$

$$N_{\Sigma} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ шт.}$$

Відстань між світильниками в ряду знайдемо за формулою 2.5:

$$L_A = \frac{22}{5} = 4.4 \text{ м.}$$

2.4.3. Розрахунок освітлення в службовому приміщенні

$$P_{уд} = 6.8 \cdot 1 \cdot \frac{1.3}{1.5} \cdot \frac{150}{100} = 8.84 \text{ Вт/м}^2.$$

$$N'_A = \frac{P_{уд} \cdot S}{N_B \cdot P_l \cdot n} = \frac{8.84 \cdot 16.64}{1 \cdot 40 \cdot 2} = 1,8 \text{ шт}$$

Приймаємо $N_A = 2$ шт.

Сумарне число світильників в приміщенні знайдемо за формулою 2,8:

$$N_{\Sigma} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ шт.}$$

Відстань між світильниками в ряду:

$$L_A = \frac{5.2}{2} = 2,6 \text{ м.}$$

2.5. Визначення потужності ламп у допоміжних приміщеннях методом питомої потужності

Розрахункова одинична потужність джерела P_p , Вт, визначається за формулою:

$$P_p = \frac{P_{уд} \cdot S}{N_{\Sigma} \cdot n_c}, \quad (2.9)$$

де $P_{уд}$ - розрахункове значення питомої потужності, Вт / м²;

S - площа приміщення, м²;

n_c - число ламп в світильнику.

За розрахункової потужності лампи P_p з урахуванням шкали потужностей випускаються промисловістю джерел світла вибираються відповідні лампи так, щоб

$$0,9P_p \leq P_{л} \leq 1,2P_p.$$

Значення питомої потужності $P_{уд}$, Вт / м², визначається за формулою

$$P_{уд} = P'_{уд} \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (2.10)$$

Де $P'_{уд}$ - табличне значення питомої потужності, Вт / м²;

k_1 - коефіцієнт приведення коефіцієнта запасу до табличному $k_1 = k_3 / k_{зтабл}$;

k_2 - коефіцієнт приведення коефіцієнтів відбиття до розрахункового значенню.

- Машинне відділення

$$P_{уд} = 11,4 \cdot \frac{1,15}{1,3} \cdot 1 \cdot 1 = 10 \text{ Вт/м}^2.$$

$$P_p = \frac{10 \cdot 26,8}{2} = 134 \text{ Вт.}$$

$120,6 \leq P_{л} \leq 160,8$, приймається лампа Б-220-150.

Результати розрахунку освітлення інших приміщень наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 2.3.

Розрахунок потужності ламп

№	Найменування	$P'_{уд}$, Вт/м ²	k_3	$k_{зтабл}$	$P_{уд}$	S , м ²	N_{Σ}	P_p , Вт	$0,9P_p$	$1,2P_p$	$P_{л}$
6	Коридор	9	,15	1,3	7,92	72	4	42,56	128,3	171,07	150
7	Венткамера	15	,15	1,3	13,2	16,64	1	219,6	197,68	263,57	200
10	Інвентарна	10	,15	1,3	8,8	12,48	1	09,82	98,8	131,8	100
11	Коридор	15	,15	1,3	13,2	14,56	1	92,19	172,9	230,63	200

2.6. Розрахунок освітлення в електрощитовій

Так як освітлення в електрощитовій нормується у вертикальній площині, то розрахунок освітлення для цього приміщення проводиться точковим методом.

Відповідно до цього методу на плані приміщення (дивись малюнок 2.1) наносимо джерела світла і вибираємо контрольну точку.

За відомими значеннями d і H_p визначаємо значення умовної горизонтальної освітленості, створюваної в контрольній точці А джерелом світла:

$$d = 2,2 \text{ м}; H_p = 0,8 \text{ м}; e_g = 7 \text{ лк}$$

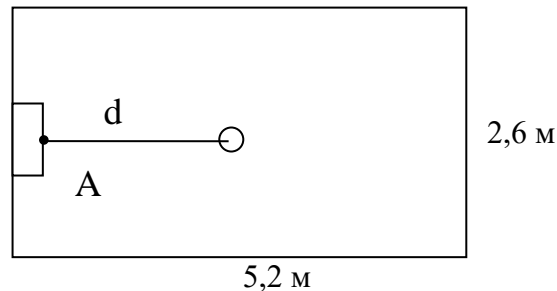


Рис. 2.1. Розташування світильника і контрольної точки на плані електрощитової

Так як освітленість нормується у вертикальній площині, то необхідно перерахувати значення умовної освітленості, їв, лк:

$$e_g = e_z \cdot \frac{d}{H_p}, \quad (2.11)$$

де d - висота підвісу світильника, м;

H_p - робоча висота, м.

$$e_g = 7 \cdot \frac{2,2}{5 \cdot 36 \cdot 1} = 10,7 \text{ лк.}$$

Необхідний світловий потік джерел світла, лм, визначається по формулі:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa_3 \cdot Z}{e_g}, \quad (2.12)$$

де Z - коефіцієнт мінімальної освітленості;

K_3 - коефіцієнт запасу.

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,15 \cdot 1,1}{19,25} = 3285,7 \text{ лм.}$$

Вибирається лампа, потік якої знаходиться в межах

$$0,9 \Phi_{\text{л}} < \Phi_{\text{л}} < 1,2 \Phi_{\text{л}},$$

$$2957,14 < \Phi_{\text{л}} < 3942,86,$$

Приймаємо лампи розжарювання типу Б-220-200, $\Phi = 3150$ лм.

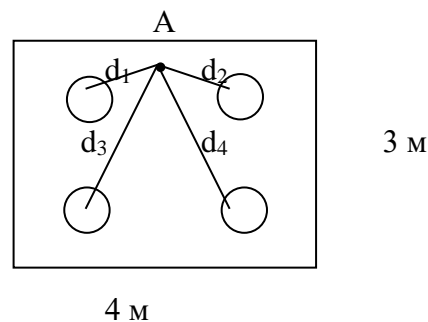


Рис. 2.2 - Розташування світильника і контрольної точки на плані службового приміщення

Розрахунок освітлення в приміщенні для зважування зробимо аналогічно.

$$H_p = 1,1 \text{ м,}$$

$$d_1=d_2=1,1 \text{ м, } d_3=d_4=2,19 \text{ м.}$$

$$e_{r1}=e_{r2}=15 \text{ лк, } e_{r3}=e_{r4}=7 \text{ лк.}$$

$$\sum e_b = 2 \cdot 15 \frac{1,1}{1,1} + 2 \cdot 7 \frac{2,19}{1,1} = 57,87 \text{ лк,}$$

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 100 \cdot 1,15 \cdot 1,1}{57,87} = 2186 \text{ лм,}$$

Вибирається лампа, потік якої знаходиться в межах

$$0,9 \Phi_{\text{л}} < \Phi_{\text{л}} < 1,2 \Phi_{\text{л}},$$

$$1967,34 < \Phi_{\text{л}} < 2623,$$

Приймаємо лампи розжарювання типу Б-220-150, $\Phi = 2220$ лм.

У приміщеннях площею до 10 м² приймаємо один світильник. Потужність лампи приймаємо по таблиці / 1 /. Результати розрахунків зведені в світлотехнічну відомість.

2.7.Висновок до розділу 2

У розділі виконано світлотехнічний розрахунок освітлення пташника та допоміжних приміщень, обґрунтовано вибір типів світильників і їх розміщення. Розрахована система забезпечує нормативну освітленість і відповідає вимогам безпечної та ефективної роботи.

РОЗДІЛ 3.

ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО ПОВІТРООБМІНУ В ПТАШНИКУ

3.1. Розрахунок повітрообміну в холодний період року

Об'єм припливного повітря визначаємо із розрахунку розчинення вуглекислоти до допустимої концентрації та гранично допустимого вмісту водяних парів. За означених умов відбувається поглинання інших шкідливих речовин (аміаку, сірководню, пилу), які виділяються в приміщенні у значно меншій кількості.

Кількість припливного повітря L_{CO_2} , необхідного для зменшення концентрації вуглекислоти, визначаємо за формулою:

$$L_{CO_2} = \frac{K_{CO_2} \cdot C_i \cdot n \cdot m}{C_1 - C_2}, \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (3.1)$$

де: K_{CO_2} – температурний коефіцієнт виділень CO_2 (визначається з довідника Л.2, додатку 4.4), $K_{CO_2} = 1$;

C_i – кількість вуглекислоти, що виділяється однією птицею даного виду (Л.2, додаток 4.3), $C_i = 1,44$ л/год.;

n_i – кількість птиці даного виду в приміщенні, гол;

m – жива маса однієї птиці (Л.2, додаток 4.3), $m = 2,5$ кг;

C_1 - гранично допустима концентрація CO_2 в повітрі приміщення (Л.2, додаток 4.3), $C_1 = 1.8$ л/м³;

C_2 - концентрація CO_2 в зовнішньому повітрі, приймається в межах 0,3...0,4 л/м³.

$$L_{CO_2} = \frac{1 \cdot 1,44 \cdot 80000 \cdot 2,5}{1,8 - 0,3} = 192000 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Кількість припливного повітря L_w , необхідного для розчинення водяних парів, визначаємо за формулою:

$$L_w = \frac{W}{(d_{вн} - d_{зн}) \cdot \rho}, \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (3.2)$$

де: W – сумарні вологовиділення в приміщенні, г/год.;

d_v – вологовміст внутрішнього повітря, г/кг;

d_z – вологовміст зовнішнього повітря, г/кг;

ρ – густина повітря при температурі приміщення. кг/м³.

$$\rho = \frac{346}{273 + 17} \cdot \frac{98}{99.3} = 1.177$$

Сумарні вологовиділення в пташнику визначаємо за формулою:

$$W = W_{пт} + W_{м.п.} + W_{пос}, \text{ г/год}, \quad (3.3)$$

де: $W_{пт}$ – вологовиділення птахами, г/год.;

$W_{м.п.}$ – вологовиділення всередині приміщення з відкритих та змочених поверхонь, г/год.;

$W_{пос}$ – волога, що випаровується в пташнику з посліду, г/год.

Вологовиділення птахами визначаємо за формулою

$$W_{пт} = K_w \cdot W_i \cdot n_i \cdot p, \text{ г/год}, \quad (3.4)$$

де: K_w – температурний коефіцієнт виділення вологи (Л.2, додаток 4.3), $K_w = 1$;

W_i – виділення вологи однією птицею (Л.2, додаток 4.3), $W_i = 3.75$ г/год.

$$W_{пт} = 1 \cdot 3.75 \cdot 80000 \cdot 2.5 = 750000 \text{ г/год}.$$

Вологовиділення всередині приміщення з відкритих та змочених поверхонь визначаємо за формулою:

$$W_{м.п.} = 0,1 \cdot W_{пт} = 0,1 \cdot 750000 = 75000 \text{ г/год}.$$

Вологу, що випаровується в пташнику з посліду визначаємо за формулою:

$$W_{пос} = \frac{0,7 \cdot P_{пос} \cdot n_i}{24}, \text{ г/год}, \quad (3.5)$$

де: 0,7 – коефіцієнт усушки посліду;

$P_{пос}$ – середньодобовий вихід посліду від однієї птиці, г/доб; $P_{пос} = 175$ г/доб

24 – кількість годин в добі.

$$W_{пос} = \frac{0,7 \cdot 175 \cdot 80000}{24} = 408333 \text{ г/год}.$$

Тоді сумарні волого виділення в пташнику становитимуть:

$$W = 750000 + 75000 + 408333 = 1233333 \text{ г/год.}$$

Розраховане значення підставляємо у формулу, отримаємо:

$$L_w = \frac{1233333}{(7,9 - 0,9) \cdot 1,177} = 149695 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрати вентиляційного повітря згідно норми мінімального повітрообміну визначаємо за формулою:

$$L_b = l \cdot n = 1,1 \cdot 80000 = 143000 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де l – норми мінімального повітрообміну на одну птицю для холодного періоду, $l = 1,1 \text{ м}^3/\text{год.}$;

З двох розрахованих величин витрат вентиляційного повітря, приймаємо найбільше:

$$L_b = 149695 \text{ м}^3/\text{год.}$$

3.2. Розрахунок повітрообміну в теплий період року

Об'єм припливного повітря визначаємо із розрахунку розчинення вуглекислоти до допустимої концентрації та гранично допустимого вмісту водяних парів. За означених умов відбувається поглинання інших шкідливих речовин (аміаку, сірководню, пилу), які виділяються в приміщенні у значно меншій кількості.

Кількість припливного повітря L_{CO_2} , необхідного для зменшення концентрації вуглекислоти, визначаємо за формулою:

$$L_{CO_2} = \frac{K_{CO_2} \cdot C_i \cdot n \cdot m}{C_1 - C_2}, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де: K_{CO_2} – температурний коефіцієнт виділень CO_2 (визначається з довідника Л.2, додатку 4.4), $K_{CO_2} = 1$;

C_i – кількість вуглекислоти, що виділяється однією птицею даного виду (Л.2, додаток 4.3), $C_i = 1,44 \text{ л/год.}$;

n_i – кількість птиці даного виду в приміщенні, гол;

m – жива маса однієї птиці (Л.2, додаток 4.3), $m = 2,5 \text{ кг.}$

C_1 - гранично допустима концентрація CO_2 в повітрі приміщення (Л.2, додаток 4.3), $C_1 = 1.8 \text{ л/м}^3$;

C_2 - концентрація CO_2 в зовнішньому повітрі, приймається в межах $0,3 \dots 0,4 \text{ л/м}^3$.

$$L_{CO_2} = \frac{1 \cdot 1,44 \cdot 80000 \cdot 2,5}{1,8 - 0,3} = 192000 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Кількість припливного повітря L_w , необхідного для розчинення водяних парів, визначаємо за формулою:

$$L_w = \frac{W}{(d_{вн} - d_{зн}) \cdot \rho}, \text{ м}^3 / \text{год.},$$

де: W – сумарні вологовиділення в приміщенні, г/год.;

$d_{вн}$ – вологовміст внутрішнього повітря, г/кг;

$d_{зн}$ – вологовміст зовнішнього повітря, г/кг;

ρ – густина повітря при температурі приміщення. кг/м^3 .

$$\rho = \frac{346}{273 + 28} \cdot \frac{98}{99,3} = 1,134$$

Сумарні вологовиділення в пташнику визначаємо за формулою:

$$W = W_{пт} + W_{м.п.} + W_{пос}, \text{ г/год.},$$

де: $W_{пт}$ – вологовиділення птахами, г/год.;

$W_{м.п.}$ – вологовиділення всередині приміщення з відкритих та змочених поверхонь, г/год.;

$W_{пос}$ - волога, що випаровується в пташнику з посліду, г/год.

Вологовиділення птахами визначаємо за формулою:

$$W_{пт} = K_w \cdot W_i \cdot n_i \cdot p, \text{ г/год.},$$

де: K_w – температурний коефіцієнт виділення вологи (Л.2, додаток 4.3), $K_w = 1$;

W_i – виділення вологи однією птицею (Л.2, додаток 4.3), $W_i = 3,75 \text{ г/год.}$

$$W_{пт} = 1 \cdot 3,75 \cdot 80000 \cdot 2,5 = 750000 \text{ г/год.}$$

Вологовиділення всередині приміщення з відкритих та змочених поверхонь визначаємо за формулою:

$$W_{м.п.} = 0,1 \cdot W_{пт} = 0,1 \cdot 750000 = 75000 \text{ г/год.}$$

Вологу, що випаровується в пташнику з посліду визначаємо за формулою:

$$W_{\text{пос}} = \frac{0,7 \cdot P_{\text{пос}} \cdot n_i}{24}, \text{ г/год},$$

де: 0,7 – коефіцієнт усушки посліду;

$P_{\text{пос}}$ – середньодобовий вихід посліду від однієї птиці (Л.2, додаток 4.3), г/доб; $P_{\text{пос}}=175\text{г/доб}$

24 – кількість годин в добі.

$$W_{\text{пос}} = \frac{0,7 \cdot 175 \cdot 80000}{24} = 408333 \text{ г/год}.$$

Тоді сумарні волого виділення в пташнику становитимуть:

$$W = 750000 + 75000 + 408333 = 1233333 \text{ г/год}.$$

Розраховане значення підставляємо у формулу, отримаємо:

$$L_w = \frac{1233333}{(9,5-1) \cdot 1,134} = 127952 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Годинний об'єм витяжного повітря, необхідного для видалення зайвої теплоти, визначають за формулою:

$$L_T = \frac{(Q_{\text{тв}} - Q_{\text{ог}}) \cdot (1 + \alpha \cdot t_{\text{в}})}{c_p \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}})} \quad (3.6)$$

Де $Q_{\text{тв}}$ - тепловий потік вільної теплоти з тварин,

$Q_{\text{ог}}$ - втрати теплоти через зовнішні огорожі,

$t_{\text{в}}$ – внутрішня температура приміщення,

$t_{\text{з}}$ – зовнішня температура ,

α – температурний коефіцієнт розширення повітря,

$c_p = 1,005$ кДж/кгК (теплоємність повітря).

$$L_T = \frac{(1180000 - 6800) \cdot (1 + 0,003 \cdot 28)}{1,005 \cdot (28 - 24)} = 316355 (\text{м}^3/\text{год})$$

Температурний коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія, для газів, вираховуємо з формули:

$$\alpha = \frac{1}{273 + t_{\text{в}}} \quad (3.7)$$

$$\alpha = \frac{1}{273 + 28} = 0,003 \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

Необхідний повітрообмін L приймаємо L_T за теплий період року,

$$L_T = 316355 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначаємо подачу вентиляторів:

$$L_{\Sigma} = 1,1 \cdot 317129 = 347991 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість вентиляторів знаходять з умови, що продуктивність одного вентилятора $L_{\text{вент}} = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$

$$n_{\text{vent}} = \frac{L_{\text{sum}}}{L_{\text{vent}}} = \frac{347991}{40000} = 8,7 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість вентиляторів 9 шт. типу ВО-12,5

3.3. Розрахунок системи опалення в теплий період року

Теплоту, яка виділяється птахами $Q_{\text{пт}}$, та нагрівальними приладами $Q_{\text{ел}}$, умовно назвемо теплотою від внутрішніх джерел $Q_{\text{внутр}}$, Вт:

$$Q_{\text{внутр}} = Q_{\text{пт}} + Q_{\text{ел}}. \quad (3.8)$$

Тоді $Q_{\text{внутр}}$ разом з теплотою від системи опалення Q_o , повинно компенсувати втрати теплоти:

- через огороження пташника $Q_{\text{огор}}$;
- через не утеплену підлогу $Q_{\text{п}}$;
- на нагрівання вентиляційного повітря $Q_{\text{в}}$;
- на випаровування вологи $Q_{\text{вип}}$.

Отже, кількість необхідної теплоти від системи опалення Q_o , Вт, можна визначити за формулою:

$$Q_o = Q_{\text{огор}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{вип}} - Q_{\text{внутр}}. \quad (3.9)$$

Теплові втрати $Q_{\text{огор}}$, через окремі огорожуючі будівельні конструкції розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{огор}} = \frac{F_i}{R_i} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot (1 + \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (3.10)$$

де: F_i – площа поверхні огорожуючої конструкції, м^2 ;

R_i – термічний опір конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ (Л.2, додаток 1.5);

n – коефіцієнт, який залежить від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції по відношенню до зовнішнього повітря (Л.2, додаток 1.3);

β - додаткові теплові втрати (для одно- та двоповерхових будівель $\beta = 0,2$, а для вищих поверхів – $\beta = 0,1$).

Термічний опір огороження R_i , визначаємо для кожної конструкції за формулою:

$$R_i = R_g + \sum R_\lambda + R_{n.n.} + R_3, \frac{m^2 \cdot K}{Bm}, \quad (3.11)$$

де: R_g та R_3 – термічні опори тепловіддачі від зовнішньої та до внутрішньої поверхонь конструкції, $(m^2 \cdot K)/Вт$ (див. вище);

$\sum R_\lambda$ – сума термічних опорів окремих шарів огороження, які визначаються з довідників (Л.2, додаток 1.5);

$R_{n.n.}$ – термічний опір замкненого повітряного прошарку (Л.2, додаток 1.4);

n – поправочний коефіцієнт на розрахункову різницю температур (визначається довідника Л.2, додаток 1.3).

Термічний опір конструкційних елементів будівлі R_i , через які відбувається втрати теплоти:

- бетонної стіни:

$$R_c = 0,115 + \frac{0,015}{0,930} + \frac{0,2}{0,25} + \frac{0,02}{0,930} + 0,043 = 0,996 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right);$$

- дверей та воріт:

$$R_d = 0,115 + 0,02 + 0,15 + 0,043 = 0,31 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right).$$

- стелі:

$$R_c = \frac{0,035}{1,630} + \frac{0,025}{0,170} + \frac{0,0015}{0,170} + \frac{0,140}{0,070} = 2,17 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right).$$

Таким чином, розрахункові втрати теплоти крізь окремі огорожувальні конструкції для холодного періоду року становитимуть:

- ▶ через зовнішні несучі стіни:

$$Q_{огор1} = \frac{793}{0,996} \cdot (17 - (-20)) \cdot (1 + 0,2) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 35,35 \text{ кВт};$$

- ▶ через двері та ворота:

$$Q_{огор2} = \frac{1 \cdot 2 + 1 \cdot 5}{0,31} \cdot (17 - (-20)) \cdot (1 + 0,2) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ кВт}.$$

- ▶ через стелю :

$$Q_{огор4} = (1600/2,17) \cdot (17 - (-20)) = 27,3 \text{ кВт}.$$

Сумарні втрати теплоти дорівнюватимуть:

$$\Sigma Q_{огор} = Q_{огор1} + Q_{огор2} = 35,35 + 1 + 27,3 = 63,65 \text{ кВт}.$$

А розрахункові втрати теплоти крізь окремі огорожувальні конструкції для теплого періоду року становитимуть:

- ▶ через зовнішні несучі стіни:

$$Q_{огор1} = \frac{793}{0,996} \cdot (28 - 24) \cdot (1 + 0,2) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3,82 \text{ кВт};$$

- ▶ через двері та ворота:

$$Q_{огор2} = \frac{1 \cdot 2 + 1 \cdot 5}{0,31} \cdot (28 - 24) \cdot (1 + 0,2) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,11 \text{ кВт}.$$

- ▶ через стелю :

$$Q_{стелі} = (1/2,17) \cdot 1600 \cdot (28 - 24) = 2,95 \text{ кВт}.$$

Сумарні втрати теплоти дорівнюватимуть:

$$\Sigma Q_{огор} = Q_{огор1} + Q_{огор2} + Q_{стелі} + Q_{підлога} = 3,82 + 0,11 + 2,95 = 6,88 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти через неутеплену підлогу визначаємо за окремими зонами – смугами шириною 2 м, паралельними зовнішнім стінам.

Сумарні втрати через підлогу Q_n , розраховуємо за формулою:

$$Q_n = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i} (t_e - t_s) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (3.12)$$

де: F_i – площа однієї зони, m^2 ;

R_i – опір теплопередачі відповідних зон, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ (Л.2, с. 8):

- для першої зони $R = 2,15 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для другої – $R = 4,3 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для третьої – $R = 8,6 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;
- для решти підлоги – $R = 14,2 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

n – кількість зон, шт.

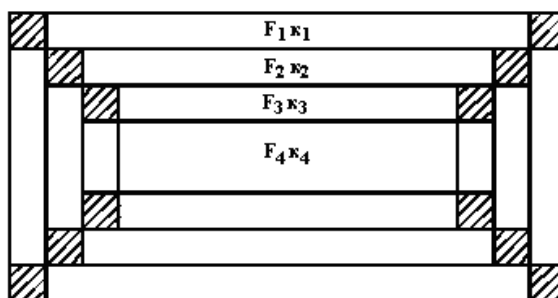


Рис. 3.1. Розподіл площі приміщення на зони

Таким чином, для одноповерхової споруди тваринницької ферми в холодний період року маємо:

$$Q_{\text{п}} = \sum \left(\frac{384}{2,15} + \frac{352}{4,3} + \frac{320}{8,6} + \frac{544}{14,2} \right) (17 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 12,4 \text{ кВт}.$$

Для одноповерхової споруди тваринницької ферми в теплий період року маємо:

$$Q_{\text{п}} = \sum \left(\frac{504}{2,15} + \frac{472}{4,3} + \frac{440}{8,6} + \frac{784}{14,2} \right) (28 - 24) \cdot 10^{-3} = 1,34 \text{ кВт}.$$

У холодний період року повітря, яке використовується для вентиляції необхідно нагріти до температури приміщення. Кількість теплоти, яку для цього треба витратити на підігрів, визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{в}} = 0,278 \cdot L_{\text{в.макс}} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (3.13)$$

де: $L_{\text{в.макс}}$ – максимальні витрати вентиляційного повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

C_p – питома теплоємність повітря, $C_p = 1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{С})$.

Максимальні витрати вентиляційного повітря визначаємо за формулою:

$$L_{\text{в.макс}} = n_n \cdot L_{\text{в}}, \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (3.14)$$

де: $n_{\text{п}}$ – поправочний коефіцієнт на підсмоктування повітря в повітропровід,
 $n_{\text{п}} = 1,15$; $L_{\text{в}}$ – розрахунковий повітрообмін для холодного періоду, $L_{\text{в}} = 149695 \text{ м}^3/\text{год}$. (взято з попередніх розрахунків, як найбільше з отриманих).

$$L_{\text{в. max}} = 1,15 \cdot 149695 = 172149 (\text{м}^3 / \text{год}).$$

Розраховане значення підставляємо в формулу (2.5.6), отримуємо:

$$Q_{\text{в}} = 0,278 \cdot 172149 \cdot 1,177 \cdot 1,005 \cdot (17 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 2094,6 \text{ кВт}.$$

Тепловий потік на випаровування вологи з відкритих та змочених поверхонь визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{вип}} = 0,69 \cdot W \cdot 10^{-3} = 0,69 \cdot 1233333 \cdot 10^{-3} = 851 \text{ кВт},$$

де W – сумарні виділення вологи всередині приміщення, $W = 1233333 \text{ г/год}$.

Теплові втрати будівлі на підігрів інфільтрованого повітря $Q_{\text{інф}}$, в нормах проектування тваринницьких комплексів рекомендується приймати на рівні 47% від теплових втрат через огорожуючі конструкції, тобто:

$$Q_{\text{інф}} = 0,3 \cdot Q_{\text{огор}} = 0,3 \cdot 36,35 = 10,9 \text{ кВт}.$$

Для подальших розрахунків приймаємо найбільше з отриманих значень $Q_{\text{в}}$ та $Q_{\text{інф}}$, використовуватимемо $Q_{\text{в}} = 2094,6 \text{ кВт}$.

Теплові надходження від птиці $Q_{\text{пт}}$, в холодний період року обумовлені вільними тепловиділеннями і визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{пт}} = q_i \cdot n \cdot m \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (3.15)$$

де: q_i – виділення теплоти 1 кг живої ваги птиці, $q_i = 5.9 \text{ Вт}$;

n – кількість птиці, гол;

m – жива вага птиці, кг.

$$Q_{\text{пт}} = 5.9 \cdot 80000 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 1180 \text{ кВт}.$$

Теплові надходження від електричного освітлення $Q_{\text{осв}}$, визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = J \cdot F \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 1600 \cdot 10^{-3} = 8 \text{ кВт}, \quad (3.16)$$

де: J – розрахункова питома потужність, $J = 5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$;

F – площа пташника, м^2 .

Отримані дані підставляємо в формулу, і визначаємо теплову потужність системи опалення та вентиляції:

$$Q_{\text{ов}} = 63,65 + 12,4 + 2094,6 + 851 - 1180 - 8 = 1833,6 \text{ кВт.}$$

Для забезпечення необхідного обігріву приміщення обираємо 23 газових теплогенератори Kroll P-80, технічні характеристики яких наведені в таблиці 1.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики теплогенераторів Kroll P-43 та P-80

Тип	Теплова потужність, кВт	Розхід газу Пропан, кг/год	Діаметр вхідної газової труби	Продуктивність м ³ /год	Контроль за розходом газу	електрична потужність	Тиск газу, бар	Маса, кг	ККД, %
P-43	26.6-43	2.1-3.43	Rp3/4 ”	860	Мікросхем а	0,09	0,3- 2,0	13	100
P-80	42,5-82,3	3,95-6,48	Rp3/4 ”	2450	Мікросхем а	1,156	0,5- 1,5	24	100

Запропонована система підтримання оптимального мікроклімату в птахівничих приміщеннях з використанням ВДЕ в зимовий період року дозволяє нам частково обігріти припливне повітря в приміщенні. Сучасні системи ВДЕ можуть обігріти припливне повітря з -20 до +7 °С. Отже, теплота використана на догрів припливного повітря становить:

$$Q_{\text{в}} = 0,278 \cdot 172149 \cdot 1,177 \cdot 1,005 \cdot (17 - 7) \cdot 10^{-3} = 566 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо теплову потужність системи опалення із застосуванням теплообмінних апаратів:

$$Q_{\text{ов}} = 63,65 + 12,4 + 566 + 851 - 1180 - 8 = 305 \text{ кВт.}$$

Таким чином, для догрівання повітря до нормованої температури обираємо 8 газових теплогенератори Kroll P-43.

3.4.Висновок до розділу 3

У холодний і теплий періоди року повітрообмін у пташнику визначають за кількістю CO₂, вологи та теплоти, а для забезпечення потрібних умов підбирають необхідну кількість обладнання.

РОЗДІЛ 4.

РОЗРОБКА СХЕМИ УПРАВЛІННЯ І ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЮВАННЯ

4.1. Розробка схеми управління

Схема управління ЕКУ має 2 режими роботи: ручний і автоматичний. Схема виконана таким чином, що буде працювати тільки при включеному двигуні т.к автомат QF2 має допоміжні контакти QF2: 4 в управлінні, який буде замкнутий, а отже і схема отримає харчування при замкнутих контактах в силовому ланцюзі.

Про те, що схема знаходиться під напругою буде сигналізувати лампа HL1.

Перемикач SA1 призначений для переключення схеми в ручний або автоматичний режим роботи.

При ручному режимі, регулюється потужність калорифера здійснюється за допомогою перемикача SA4, яким включається одна, дві або три секції ТЕНів калорифера, при цьому перемикачі SA2 і SA3 повинні знаходитися в положенні ручного регулювання.

В автоматичному режимі регулювання котушки магнітних пускачів виявляється під напругою, магнітні пускачі КМ1: 1..3, КМ2, КМ3 замикають свої контакти КМ1: 4, КМ2: 4, КМ3: 4 в ланцюзі управління, які живляться лампи HL2, HL3, HL4.

Лампи HL2, HL3, HL4 сигнализують про те, що включені всі три секції ТЕНів електро-калорифера. При досягненні ґрунтом температури 220С датчик температури розмикає свій контакт SK1. Катушка КМ1 (реле) знеструмлюється і розмикає свої контакти КМ1: 1..3 в силовому ланцюзі. Одна секція ТЕНів в калорифері відключається. При досягненні температури 240С датчик температури розмикає свій контакт SK2 забезпечується і розмикає свої контакти КМ2: 1..3 в силовому ланцюзі, також розмикається свої контакти КМ2: 4, в ланцюзі управління лампочка HL3 гасне, що сигналізує про те, що відключена друга секція ТЕНів калорифера.

При перевищенні температури ґрунту 25°C датчик температури розмикає свій контакт SK3 котушка реле KM3 забезпечується і розмикає свої контакти KM3: 1..3 в силовому ланцюзі і контакт KM3: 4 в ланцюзі управління, лампочка HL4 гасне.

4.2 Розрахунок параметрів регулювання

Передавальна функція об'єкта

$$W(p) = \frac{K_{об}}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-p \cdot \tau} \quad (4.1)$$

Де $K_{об}$ - коефіцієнт передачі об'єкта, о.е. ;

T - постійна часу нагріву, с;

τ - час запізнювання, с.

Постійна часу нагрівання

$$T = \frac{C_{об}}{A + c \cdot \gamma \cdot L} \quad (4.2)$$

де $C_{об}$ - теплоємність об'єкта, Дж / $^{\circ}\text{C}$;

A - коефіцієнт теплопередачі об'єкта, Вт / $^{\circ}\text{C}$;

L - продуктивність вентилятора, м³ / с.

$$C_{об} = (1,3 \dots 1,5) \cdot c \cdot \gamma \cdot V = 1,4 \cdot 1005 \cdot 1,185 \cdot 3672 = 6122307 \text{ Дж} / ^{\circ}\text{C}$$

$$A = q_0 \cdot V \cdot \omega \quad (4.3)$$

де q_0 - питома теплова характеристика будівлі, Вт/м³· $^{\circ}\text{C}$. $q_0 = 1,448 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$;

ω - коефіцієнт, що враховує вплив розрахункової різниці температур.

$$\omega = 0,54 + \frac{22}{t_{вн} - t_{нар}} = 1,008$$

$$A = 1,448 \cdot 3672 \cdot 1,008 = 5359,592 \text{ Вт/}^{\circ}\text{C}$$

$$T = \frac{6122307}{5359,592 + 1005 \cdot 1,185 \cdot 3,636} = 631,83 \text{ с}$$

Час запізнювання приймаємо рівним 20 с.

Коефіцієнт передачі об'єкта

$$K_{об} = \frac{Q_{ко}}{(A + c \cdot \gamma \cdot L) \cdot t_{вн.0}} \quad (4.4)$$

де $Q_{ко}$ - розрахункова теплова потужність ЕКУ, що забезпечує підтримку заданої температури всередині приміщення при заданій зовнішній температурі

$$Q_{ко} = (A + c \cdot \gamma \cdot L) \cdot (t_{вн.0} - t_{н}) - Q_{пт} \quad (4.5)$$

Граничні значення зовнішніх температур при включенні 1, 2, 3 секціях

$$t_{ні} = t_{вн.0} - \frac{Q_{ж} + P_{кі}}{A + c \cdot \gamma \cdot L} \quad (5.6)$$

де $P_{кі}$ - потужність 1, 2, 3 ступенів усіх ЭКУ

$$t_{н1} = 25 - \frac{192768 + 2500 \cdot 12 \cdot 4}{5359,592 + 1005 \cdot 1,3 \cdot 3,636} = -5,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{н2} = -17,8 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (при } P_{к2} = 240000 \text{ Вт)}$$

$$t_{н3} = -29,7 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (при } P_{к3} = 360000 \text{ Вт)}$$

Температура визначає початок або кінець опалювального періоду

$$t_{но} = t_{вн.0} - \frac{Q_{ж}}{A + c \cdot \gamma \cdot L} \quad (4.7)$$

$$t_{но} = 25 - \frac{192768}{5359,592 + 1005 \cdot 1,3 \cdot 3,636} = +5,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Нижче наведемо приклад розрахунку параметрів регулювання для 1й ступені ($P_{к1} = 120000$ Вт). Для інших ступенів розрахуємо параметри аналогічно викладеній методиці. Результати зведемо в таблицю 4.1.

Розрахункова теплова потужність при $t_{н1} = -5,9 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$Q_{ко} = (5359,592 + 1005 \cdot 1,3 \cdot 3,636) \cdot (25 - (-5,9)) - 192768 = 119629,857 \text{ Вт}$$

Глибина регулювання

$$\Gamma = \frac{Q_{ко}}{P_{кі}} = \frac{119629,857}{120000} = 0,996$$

Що Регулює вплив регулятора:

$$\text{при включеній ЕКУ: } B_1 = \frac{1}{\Gamma} - 1 = \frac{1}{0,996} - 1 = 0,004$$

$$\text{при вимкненому ЕКУ: } B_2 = 1$$

Уставка по температурі

$$t_{\text{TK}} = t_{\text{вн.0}} \cdot (1 - \varepsilon) \quad (4.8)$$

де ε - відносна статична помилка регулювання

$$\varepsilon = K_{\text{об}} \cdot (B_1 - B_2) \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T}}\right) \quad (4.9)$$

Де $K_{\text{об}}$ - коефіцієнт передачі об'єкта

$$K_{\text{об}} = \frac{119629,857}{(5359,592 + 1005 \cdot 1,3 \cdot 3,636) \cdot 25} = 0,473$$

$$\varepsilon = 0,473 \cdot (0,004 - 1) \cdot \left(1 - e^{-\frac{-20}{631,83}}\right) = -0,015$$

$$t_{\text{TK}} = 25 \cdot (1 - (-0,015)) = 25,375 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Уставка диференціала

$$D = t_{\text{вн.0}} \cdot 2\alpha \quad (4.10)$$

де 2α - зона неоднозначності регулювання, в.о.

$$2\alpha = (\Delta t_{\text{о,доп}} - K_{\text{об}} \cdot (B_1 + B_2) \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T}}\right)) \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} \quad (4.11)$$

Де $\Delta t_{\text{о,доп}}$ - допустимий відносний діапазон коливань температур приміщення біля заданого значення, який визначається зоотехнічними нормами

$$\Delta t_{\text{о,доп}} = \frac{\Delta t_{\text{доп}}}{t_{\text{вн.0}}} = \frac{2}{25} = 0,08$$

$$2\alpha = (0,08 - 0,473 \cdot (0,004 + 1) \cdot \left(1 - e^{-\frac{-20}{631,83}}\right)) \cdot e^{-\frac{-20}{631,83}} = 0,0632$$

$$D = 25 \cdot 0,0632 = 1,58 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тривалість включеного стану ЕКУ

$$t_1 = \tau + T \ln \frac{K_{\text{об}} \cdot (B_1 + B_2) - (K_{\text{об}} \cdot B_2 - \alpha) \cdot e^{-\frac{\tau}{T}}}{K_{\text{об}} \cdot B_1 - \alpha} \quad (4.12)$$

$$t_1 = 20 + 631,83 \ln \frac{0,473 \cdot (0,004 + 1) - (0,473 \cdot 1 - 0,0316) \cdot e^{\frac{-20}{631,83}}}{0,473 \cdot 0,004 - 0,0316} = 313,129 \text{ с}$$

Тривалість паузи

$$t_2 = \tau + T \ln \frac{K_{об} \cdot (B_1 + B_2) - (K_{об} \cdot B_1 - \alpha) \cdot e^{\frac{-\tau}{T}}}{K_{об} \cdot B_2 - \alpha} \quad (4.13)$$

$$t_2 = 20 + 631,83 \ln \frac{0,473 \cdot (0,004 + 1) - (0,473 \cdot 0,004 - 0,0316) \cdot e^{\frac{-20}{631,83}}}{0,473 \cdot 1 - 0,0316} = 103,388 \text{ с}$$

Період коливань

$$t_{пер} = t_1 + t_2 = 313,129 + 103,388 = 416,517 \text{ с}$$

Частота перемикань в годину

$$N = \frac{7200}{t_{пер}} = 17,286 \text{ од. / год}$$

Максимальні позитивних і негативних відхилень температур

$$\Delta t_+ = t_{вн.0} \cdot (K_{об} \cdot B_1 \cdot (1 - e^{\frac{-\tau}{T}}) + \alpha \cdot e^{\frac{-\tau}{T}}) \quad (4.14)$$

$$\Delta t_- = t_{вн.0} \cdot (K_{об} \cdot B_2 \cdot (1 - e^{\frac{-\tau}{T}}) + \alpha \cdot e^{\frac{-\tau}{T}}) \quad (4.15)$$

$$\Delta t_+ = 25 \cdot (0,473 \cdot 0,004 \cdot (1 - e^{\frac{-20}{631,83}}) + 0,0316 \cdot e^{\frac{-20}{631,83}}) = 0,767 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_- = 25 \cdot (0,473 \cdot 1 \cdot (1 - e^{\frac{-20}{631,83}}) + \alpha \cdot e^{\frac{-20}{631,83}}) = -1,134 \text{ }^\circ\text{C}$$

Таблиця 4.1.

Параметри регулювання

параметри	1 ^я секція	2 ^я секція	3 ^я секція
Діапазон зовнішніх температур, °C	+5,9...-5,9	-5,9...-17,8	-17,8...-29,7
Розрахункова теплова потужність, Вт	119629,857	239938,416	235246,976

Продовження таблиці 4.1.

глибина регулювання	0,996	0,999	0,998
Регулюючий вплив параметра: В ₁	0,004	0,001	0,002
В ₂	1	1	1
Відносна статистична помилка регулювання	-0,015	-0,0095	-0,014
Коефіцієнт передачі об'єкта	0,473	0,949	1,421
Уставка по температурі, °С	25,375	25,738	26,105
Зона неоднозначності регулятора	0,0632	0,0488	0,0345
уставка диференціала	1,58	1,22	0,8625
Тривалість включеного стану, с	313,129	548,837	469,663
Тривалість паузи, с	103,388	52,033	34,92
Період коливань, с	416,517	600,864	495,583
Частота перемикань в годину	17,286	11,983	14,528
Максимально позитивні і негативні відхилення температури, °С	0,767/- 1,134	0,592/-1,33	0,41/-1,5
Теплоємність об'єкта, Дж/°С	6122307		
Час запізнювання, с	20		
Постійна часу нагрівання, с	631,83		

4.3. Розрахунок силової частини

Номінальні струми ділянок, що живлять ЕКУ

$$I_{\text{раб}}^{\text{ЕКУ}} = \frac{P_{\text{ном}} \cdot k_3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \eta \cdot \cos \phi} \quad (4.16)$$

$$I_{\text{раб}}^{\text{ЕКУ}} = \frac{90 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1 \cdot 1} = 136,741 \quad \text{А}$$

Номинальні струми ділянок, що живлять ЕД вентиляторів

$$I_{раб}^{ЕД} = \frac{P_{ном} \cdot k_3}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \eta \cdot \cos \phi} = \frac{1,1 \cdot 0,75}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,74 \cdot 0,74} = 3,052 \text{ А} \quad (4.17)$$

Номинальні струми на ділянках від ШР до ЩУ

$$I'_{раб} = I_{раб}^{ЕКУ} + I_{раб}^{ЕД} = 136,741 + 2,289 = 139,03 \text{ А} \quad (4.18)$$

Номинальні струми на вводі в ШР

$$I''_{раб} = I'_{раб} \cdot 2 = 139,03 \cdot 2 = 278,06 \text{ А} \quad (4.19)$$

Вибір апаратів захисту.

Запобіжники для нагрівачів

$$I_{\epsilon} \geq k_n \cdot I_{раб}^{ЕКУ} = 1 \cdot 136,741 = 136,741 \quad (4.20)$$

За довідковими даними вибираємо запобіжник ПН2-250.

Автоматичні вимикачі для двигунів

$$I_{тр} \geq k_n \cdot I_{пик} = 0,4 \cdot 4,5 \cdot 2,289 \cdot 1,1 = 4,53 \text{ А}$$

$$I_{с.о.} \geq k_n \cdot I_{пик} = 2,1 \cdot 4,5 \cdot 2,289 = 21,63 \text{ А}$$

За довідковими даними вибираємо ВА47-29.

Вибір перетину кабелів по довго допустимому току. Для ЕКУ вибираємо ВВГ 5x120, для ЕД - ВВГ 5x2,5.

4.4. Розробка щита автоматики

Щити систем автоматизації призначені для розміщення в них засобів контролю і управління технологічними процесами, контрольно-вимірювальних приладів, апаратури управління, захисту, сигналізації та інших.

Щити встановлюються у виробничих або окремих (щитових) приміщеннях.

Попередньо виписуємо розміри апаратів і їх монтажних зон, спосіб кріплення апаратів на монтажних рейках. Виробляємо компоновку апаратів, що встановлюються на задній стінці шафи управління, на двері з урахуванням рекомендацій по їх розміщенню. Прилади й апарати, що встановлюються всередині шафи, рекомендується розміщувати на наступних відстанях: від

заснування шафи 200мм (при установці блоків затискачів 250мм); від верхньої і бічних стінок 50мм (при установці блоків затискачів 100мм).

Для визначення розмірів щита складаємо таблицю 4.1 і 4.2. Розміри апаратів і їх монтажних зон беремо з додатку 1 [6].

Рухливі струмопровідні частини апаратів в відключеному стані не повинні бути під напругою. Їх слід розміщувати так, щоб вони під дією сили тяжіння не могли мимовільно замкнути свої контакти. Відстані між оголеними частинами різних фаз по повітрю має бути не менше 20мм. Апарати з тепловими елементами рекомендується розміщувати в нижній зоні, на двері рекомендується встановлювати сигнальні апарати, командні органи (кнопки управління, тумблери, перемикачі і т. П.).

Як пульта управління використовуємо ящик навісний малогабаритний типу ЩШМ-ЗД-1-1000х600х500 IP44 ОСТ 36.13-90.

На передній панелі щита (двері) у верхній зоні розміщуємо 8 сигнальних лампи і 20 кнопок для ручного управління. У наступному ряду маємо пакетний перемикач.

На задній стінці пульта маємо автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, реле часу по рядах зверху вниз. У нижній частині пульта встановлюємо блоки затискачів.

Виробляємо остаточну компоновку приладів всередині пульта управління. При компонуванні апаратів визначаємо відстані між осями приладів. Апарати маємо з урахуванням їх монтажних зон і варіанти кріплення апаратів на монтажних рейках. Монтажні рейки кріпляться на монтажних косинцях.

На двері пульта управління під апаратами маємо пояснюючі написи.

Розміри монтажних зон беремо з додатку 11 [3].

4.5. Визначення експлуатаційних показників

Визначимо потужність, споживану ЕД з мережі:

$$P_{\text{пот1}} = \frac{P_{\text{н.дв.}} \cdot k_{\text{з.дв.}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{1100 \cdot 0,75}{0,74} = 1114,865 \text{ Вт} \quad (4.21)$$

Витрата електроенергії на обігрів $t_{\text{ек}} = 8640$ год:

$$E_1 = P_{\text{ном1}} \cdot t_{\text{ек}} = 1114,865 \cdot 8640 = 9632,43 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (4.21)$$

Витрата електроенергії при опаленні на ручному управлінні:

$$E_{2\text{руч}} = \sum_{i=1}^n P_{k_i}^{\Sigma} \cdot t_{\text{ек}_i} \quad (4.22)$$

де $\sum_{i=1}^n P_{k_i}^{\Sigma}$ і $t_{\text{ек}_i}$ - тривалість опалення і сумарна потужність ЕКУ на певний період.

Згідно [7, 1] весь опалювальний період (5760 год) розіб'ємо на ділянки.

$$t_1 = 1440 \text{ ч}; t_{1\text{ср}} = -5 \text{ }^\circ\text{C}; P_1 = 120 \text{ кВт}$$

$$t_2 = 1080 \text{ ч}; t_{2\text{ср}} = -15 \text{ }^\circ\text{C}; P_2 = 240 \text{ кВт}$$

$$t_3 = 1080 \text{ ч}; t_{3\text{ср}} = -26 \text{ }^\circ\text{C}; P_3 = 360 \text{ кВт}$$

$$t_4 = 720 \text{ ч}; t_{4\text{ср}} = -16 \text{ }^\circ\text{C}; P_4 = 240 \text{ кВт}$$

$$t_5 = 1440 \text{ ч}; t_{5\text{ср}} = -3 \text{ }^\circ\text{C}; P_5 = 120 \text{ кВт}$$

$$E_{2\text{руч}} = 120 \cdot 1440 + 240 \cdot 1080 + 360 \cdot 1080 + 240 \cdot 720 + 120 \cdot 1440 = 1166400 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Витрата електроенергії при опаленні на автоматичному управлінні:

$$E_{2\text{авт}} = \sum_{i=1}^n P_{k_i}^{\Sigma} \cdot t_{\text{ек}_i} \cdot \Gamma_i \quad (4.23)$$

де Γ_i - відносний час включеного стану визначається для визначення його періоду.

$$Q_{\text{ко}(1)} = 110530,89 \text{ Вт}; \Gamma_1 = 0,921$$

$$Q_{\text{ко}(2)} = 211630,5 \text{ Вт}; \Gamma_1 = 0,882$$

$$Q_{\text{ко}(3)} = 322840 \text{ Вт}; \Gamma_1 = 0,897$$

$$Q_{\text{ко}(1)} = 221740,5 \text{ Вт}; \Gamma_1 = 0,924$$

$$Q_{\text{ко}(1)} = 100420,93 \text{ Вт}; \Gamma_1 = 0,837$$

$$E_{2\text{авт}} = 120 \cdot 1440 \cdot 0,921 + 240 \cdot 1080 \cdot 0,882 + 360 \cdot 1080 \cdot 0,897 + 240 \cdot 720 \cdot 0,924 + 120 \cdot 1440 \cdot 0,837 = 1040817,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Сумарна витрата електроенергії при ручному управлінні:

$$E_{\Sigma\text{руч}} = E_1 + E_{2\text{руч}} = 9632,43 + 1166400 = 1176032,43 \text{ кВт}\cdot\text{год} \quad (4.24)$$

Сумарна витрата електроенергії при автоматичному управлінні:

$$E_{\Sigma\text{авт}} = E_1 + E_{2\text{авт}} = 9632,43 + 1040817,6 = 1050450,03 \text{ кВт}\cdot\text{год} \quad (4.25)$$

Сумарна питома витрата на одну голову за сезон при ручному управлінні:

$$E_{\Sigma\text{руч.год}} = \frac{E_{\Sigma\text{руч.}}}{n_{\text{ж.сез.}}} = \frac{1176032,43}{91429} = 12,86 \text{ кВт}\cdot\text{ч/гол} \quad (4.26)$$

Сумарна питома витрата на одну голову за сезон при автоматичному управлінні:

$$E_{\Sigma\text{авт.год}} = \frac{E_{\Sigma\text{авт.}}}{n_{\text{ж.сез.}}} = \frac{1050450,03}{91429} = 11,49 \text{ кВт}\cdot\text{ч/гол} \quad (4.27)$$

Перевитрата електроенергії при ручному управлінні

$$K_3 = \left(\frac{E_{\Sigma\text{руч.}}}{E_{\Sigma\text{авт.}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{1176032,43}{1050450,03} - 1 \right) \cdot 100\% = 11,95 \% \quad (4.28)$$

Як видно з розрахунку, застосування автоматичного управління дозволяє економити 12% електроенергії.

4.6. Висновок до розділу 4

У розділі розроблено схему управління ЕКУ, виконано розрахунок параметрів регулювання та силової частини, а також визначено експлуатаційні показники системи. Проведені розрахунки показали, що автоматичне управління забезпечує стабільну роботу обладнання та дозволяє зменшити споживання електроенергії приблизно на 12%.

РОЗДІЛ 5.

ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ПТАХІВНИЦТВІ

Біоенергетика — це галузь, яка використовує біомасу, біовідходи або біогаз для виробництва енергії (тепла, електрики або палива). Вона відрізняється від викопного палива тим, що базується на відновлюваних органічних матеріалах, таких як деревина, солома, залишки сільськогосподарського виробництва, гній, пташиний послід тощо. В умовах аграрного виробництва вона стає особливо цікавою, адже ферми та птахівничі комплекси мають великі обсяги органічних відходів, які могли б бути використані як ресурс, а не просто утилізовані.



Рис. 5.1. Біоенергетика.

Використання біоенергетики має кілька ключових переваг: зменшення витрат на енергію, зниження викидів парникових газів, підвищення енергонезалежності, а також більш ефективне використання побічних продуктів виробництва.

У той же час є виклики - технологічні, економічні та екологічні: потрібно враховувати вартість обладнання, логістику біомаси, обладнання для підготовки, вимоги до викидів, потенційні ризики.

Саме тому в галузі птахівництва біоенергетика набирає ваги як тема досліджень і практичного застосування.

Особливості використання в птахівництві

У птахівництві присутні специфічні види біомаси, які можуть слугувати сировиною для біоенергетики: наприклад, пташиний послід, підстилка, залишки корму, курячі пір'я [15].

Зокрема, дослідження показують, що пташиний послід може бути спалений або перероблений у біогаз. Наприклад, у роботі зазначено, що калорійність висушеного пташиного посліду становить близько 9–13,5 MJ/кг, що приблизно вдвічі менше, ніж у вугілля [16].

Є також приклади практичних систем, коли ферма встановлює котел для спалювання власної біомаси чи анаеробний реактор для виробництва біогазу з гною птиці [17].

Це означає, що птахівницький комплекс може не лише утилізувати відходи, а й отримувати з них додаткову енергію (тепло, електрику) або навіть біометан для використання чи продажу.

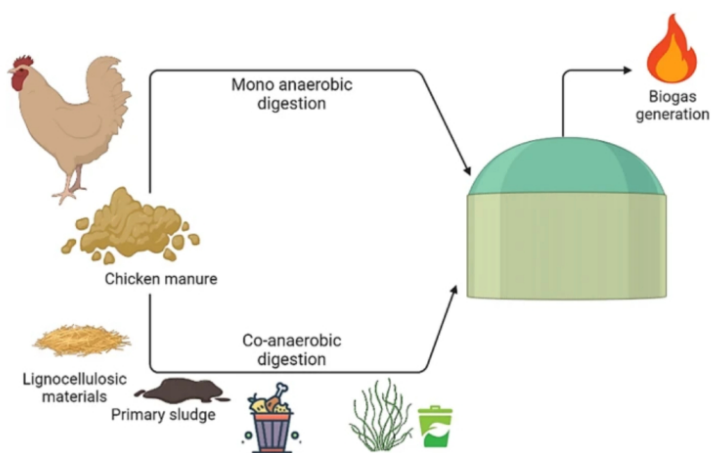


Рис. 5.2. Структура отримання сировини для вироблення біогазу

Технологічні варіанти застосування

Ось основні технологічні шляхи застосування біоенергетики у птахівництві:

Спалювання/піроліз біомаси: Наприклад, висушений пташиний послід або підстилка можуть бути використані як паливо для котлів або печей, що виробляють тепло (для обігріву пташників) або навіть електрику [18].



Рис. 5.3. Котлоагрегати для спалювання.

Анаеробне зброджування (біогаз): Біомаса (пташиний послід, органічні залишки) піддається процесу без-кисневого бродіння, виробляючи біогаз (метан + CO₂) та залишки, які можуть використовуватися як органічне добриво [19].

Когенерація чи комбіноване виробництво: Використання виробленого біогазу або пари для одночасної генерації тепла і електрики на місці ферми або в сусідній біоенергетичній установці [20].

Виробництво біометану/біомаса-паливо: Переробка біогазу до рівня сетевого газу чи групування біомаси у пелети чи брикети, які можна використовувати чи продавати.



Рис. 5.4. Основа переробки біогазу

Таким чином, птахівничий бізнес має потенціал стати не лише споживачем енергії, а й генератором.

Економічні переваги

Використання біоенергетики у птахівництві може принести такі економічні переваги:

Зменшення витрат на опалення і електроенергію: Використання власної біомаси чи біогазу зменшує залежність від зовнішніх джерел енергії (газ, електрика) і підвищує стабільність витрат.

Додаткове джерело доходу: Якщо вироблений біогаз, біометан чи електрика перевищує власні потреби, їх можна продавати, або отримувати державні дотації/гранти на «зелений» енергетичний проект. Наприклад, у Україні один із птахофабрик отримав кредит у €28,4 млн для модернізації біогазової установки.

Покращення утилізації відходів: Зменшується витрата на вивезення чи утилізацію пташиного посліду, що само по собі є витратною статтею.

Покращення іміджу і відповідність екологічним вимогам: Сучасні інвестори і покупці все більше звертають увагу на екологічну відповідальність, що може покращити позицію компанії на ринку. Отже, впровадження біоенергетичних рішень може бути економічно виправданим, особливо за правильного планування і підтримки.

Екологічні та соціальні аспекти

З екологічної точки зору біоенергетика у птахівництві має кілька важливих переваг:

Зниження викидів парникових газів (ПГ): Використовуючи біомасу та біогаз, можна зменшити викиди CO₂ та метану, які інакше могли б утворюватись при неправильно утилізованих органічних відходах. Наприклад, дослідження показують великий потенціал використання пташиного посліду як енергетичного ресурсу [21].

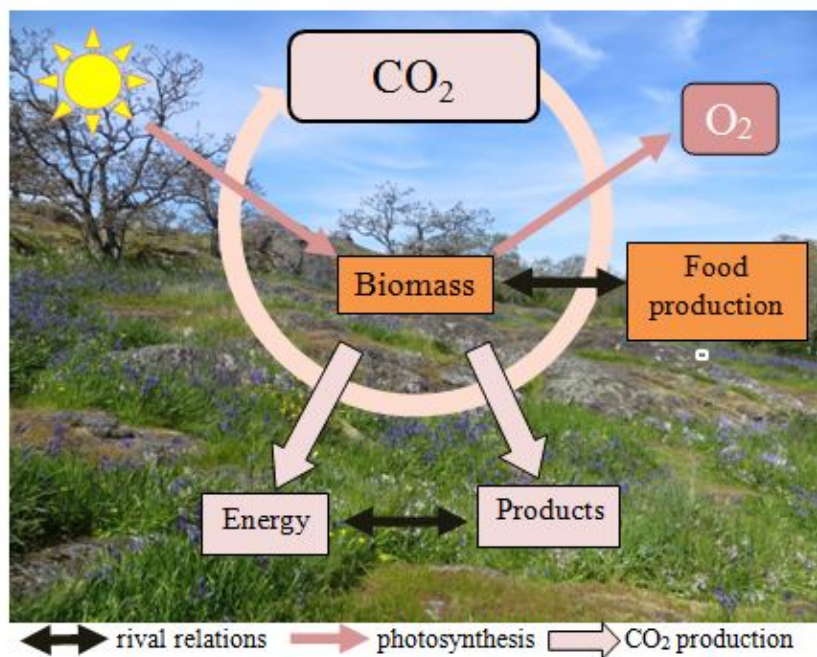


Рис. 5.5. Зменшення викидів CO₂ в атмосферу

Менша залежність від викопних ресурсів: Це сприяє зниженню імпорту енергії, підвищенню енергетичної безпеки.

Покращення управління відходами: Переведення відходів з пасивного стану (накопичення, вивезення) до активного використання (паливо, добриво) зменшує негативні впливи на ґрунти, воду та повітря.



Рис. 5.6. Переведення відходів з пасивного стану

Соціальний вплив: Створення робочих місць (наприклад, для експлуатації біогазових установок), покращення іміджу підприємства, відповідність «зеленої» політики. Проте слід зауважити, що існують і ризики, такі як запахи, транспорт біомаси, емісії, необхідність правильного проектування та експлуатації установки.

Виклики та бар'єри впровадження

Впровадження біоенергетичних систем у птахівництві супроводжується певними викликами:

Нерівномірність та складність біомаси: Пташиний послід має вологість, склад, зольність, що можуть ускладнювати спалювання — наприклад, у дослідженні [16] зазначено, що пташиний послід містить вологість, і його калорійність менша, ніж у традиційного палива.

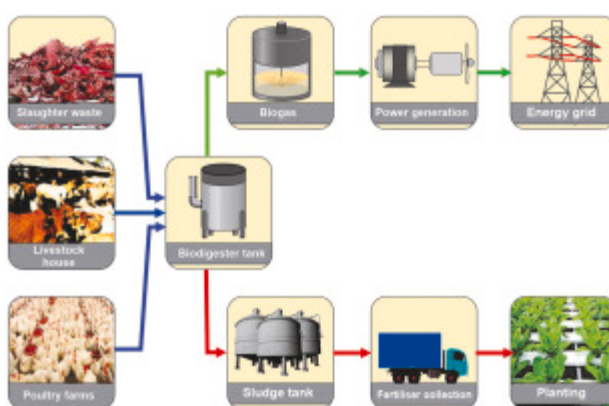


Рис. 5.7. Перетворення біоматеріалу з птахівництва в біогаз та електроенергію.

Потреба в інвестиціях: Будівництво біогазової установки або котла на біомасу потребує значного капіталу, а також експлуатаційних витрат на обслуговування, підготовку біомаси.

Транспорт та логістика: Може бути необхідно транспортувати біомасу до установки, або відходи зі сховища до реактора — це підприємство має бути динамічно інтегрованим.

Регулювання та екологічні стандарти: Не всі країни дозволяють спалювання пташиного посліду без спеціальних фільтрів та обладнання — наприклад, у Франції спалювання пташиного посліду у деяких випадках заборонено.

Технічна експлуатація і ризики: Фактори якотність, корозія, зольність, зменшення ефективності установки, необхідність кваліфікованого персоналу.

Саме тому введення таких систем потребує комплексного підходу: техніко-економічного аналізу, проектування, оцінки ризиків та регуляторної відповідності.

Перспективи в птахівничій галузі

Перспективи застосування біоенергетики у птахівництві виглядають досить обнадійливо:

Циркулярна економіка на фермі: Птахоферми можуть стати самодостатніми або навіть експортером енергії — використовуючи власні відходи як ресурс, і виробляючи тепло/електрику/біометан. Наприклад, в Україні один великий птахокомплекс отримав кредит для модернізації біогазової установки [23].

Мультифункціональні біоенергетичні рішення: Поєднання біоенергетики з іншими технологіями — наприклад, сонячна енергія + біомаса, або генерування тепла для пташників + електрика + добриво із залишків [23].

Економічний імпульс для малих і середніх ферм: Завдяки зниженню вартості технологій і державній підтримці, системи стають доступнішими.

Підвищення екологічної відповіді й відповідності «зеленої» політики: В умовах жорсткіших екологічних вимог і бажання брендів демонструвати стійкість, біоенергетика стає конкурентною перевагою.

Інноваційні матеріали та технології: Нові підходи до підготовки біомаси, комбіновані системи, модульні біогазові установки, покращені котли із нижчими емісіями. Таким чином, птахівництво не просто може отримати вигоду від біоенергетики сьогодні — воно може перетворити відходи на актив і статись більш сталим бізнесом.

Особливості адаптації до українських умов

Для української птахівничої галузі адаптація біоенергетичних рішень має враховувати кілька специфічних моментів:

Великий обсяг відходів у птахівництві (підстилки, помет, кормові залишки) дає потенціал для використання біомаси.

Є випадки, коли великі українські птахофабрики вже отримали фінансову підтримку для біогазових проєктів [22].

Кліматичні умови: опалення пташників потребує великої кількості тепла у зимовий сезон — біомасові/біогазові системи можуть суттєво знизити витрати на тепло.

Логістика і інфраструктура: підготовка біомаси, транспортування, забезпечення вологості, обладнання — все це має бути правильно організовано.

Регуляторні й фінансові стимули: державні програми підтримки, гранти, кредити, «зелені» тарифи — мають велике значення для рентабельності.

Можливість інтеграції із існуючими системами: наприклад, комбіноване виробництво тепла та електрики для пташників, використання залишків як добриво.

Таким чином, українські птахівничі підприємства мають всі необхідні передумови для впровадження біоенергетики — за умови правильного планування і підтримки.

Ключові кроки впровадження на фермі

Щоб успішно впровадити біоенергетику на птахівничій фермі, варто враховувати такі етапи:

Оцінка потенціалу біомаси: Визначити кількість, якість, вологість, теплотворну здатність відходів (пташиний послід, підстилка, кормові відходи). Наприклад, дослідження оцінюють потенціал птахівничих біомас у відповідності до методів МГЕЗ (IPCC) для енергетичних цілей [21].

Фінансово-економічний аналіз: Розрахувати інвестиції, витрати на обладнання, експлуатацію, логістику, очікувану економію/дохід, період окупності.

Вибір технології: Визначити, чи буде це котел на біомасу, біогазовий реактор, когенераційна установка чи комбінація. Врахувати специфіку ферми, масштаби, доступ до технологій.

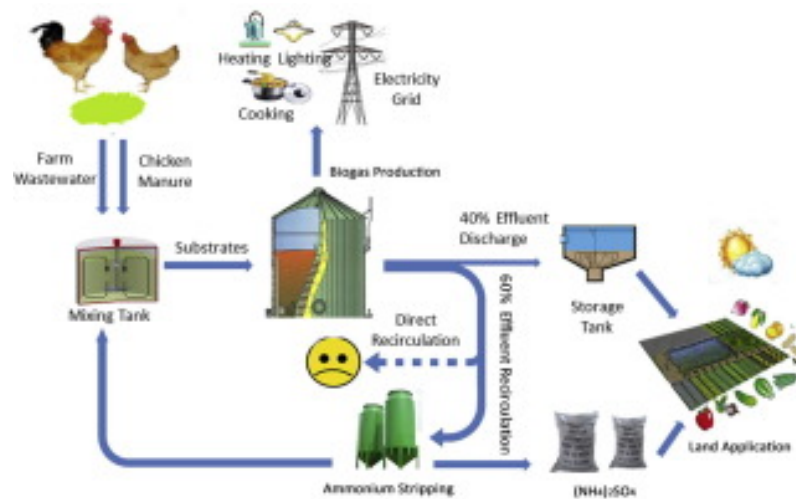


Рис. 5.8. Структура технології виробництва біогазу

Проектування та дозвільна частина: Підготувати технічне завдання, вибрати постачальників, отримати дозволи на будівництво і експлуатацію, дотриматись екологічних норм. Наприклад, у Франції спалювання пташиного посліду має обмеження [24].

Монтаж, запуск, експлуатація: Контроль параметрів, забезпечення кваліфікованого персоналу, моніторинг ефективності, обслуговування системи.

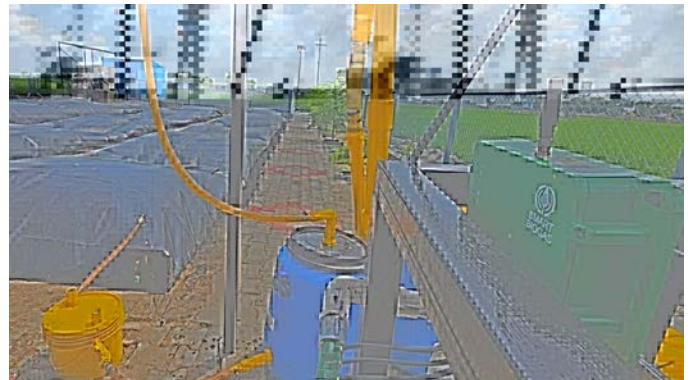


Рис. 5.9. Монтаж обладнання.

Підготовка біомаси і логістика: Забезпечити сушіння, подрібнення, зберігання, транспортування – щоб біомаса відповідала вимогам обладнання.

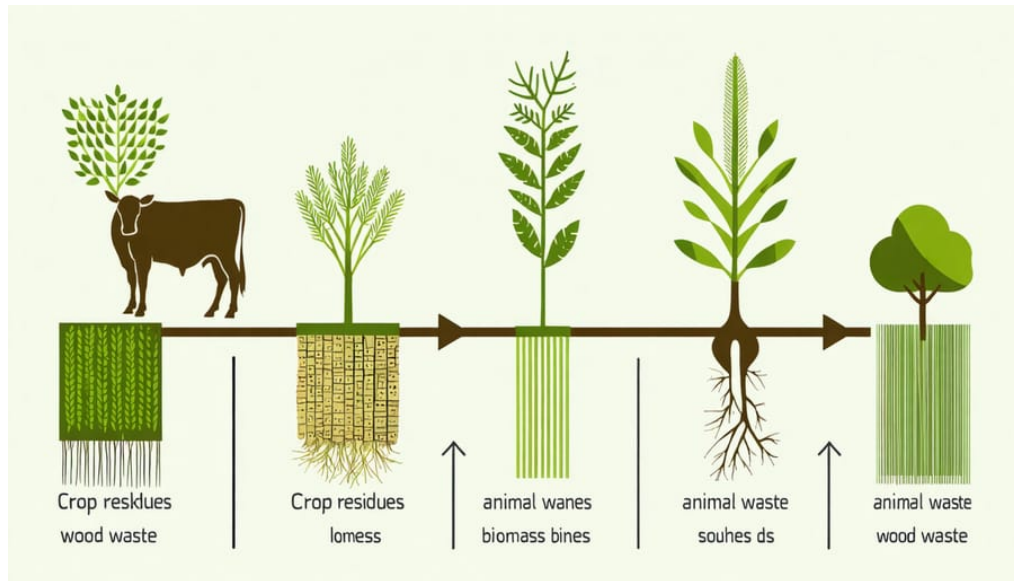


Рис. 5.10. Підготовка біомаси.

Моніторинг, оптимізація, масштабування: Аналіз показників (енергія, витрати, відходи), адаптація процесу, можливе розширення чи інтеграція з іншими системами. Таким чином, впровадження біоенергетики — це не лише встановлення обладнання, а комплексний проєкт.

Перспективи інноваційних підходів

У майбутньому біоенергетика в птахівництві може інтегруватися з такими інноваціями:

Інтернет речей, цифровий моніторинг та автоматизація: Системи контролю температури, вологості, складу біогазу, віддалене управління установками.

Гібридні рішення: Поєднання сонячної енергії, теплових насосів, біогазу та котлів на біомасу — щоб максимізувати ефективність і зменшити витрати.

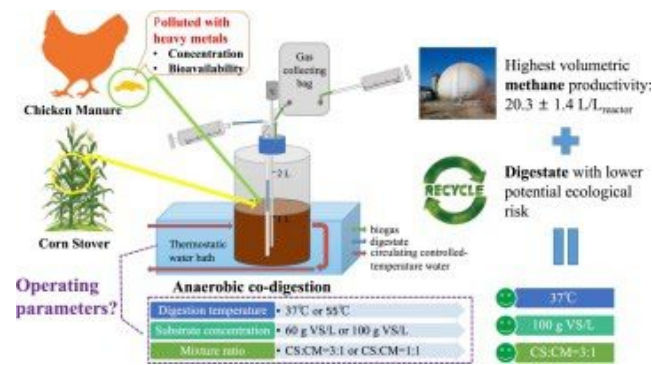


Рис. 5.11. Гібридні рішення виходу біогазу

Інтеграція з логістикою добрив: Залишки від біогазового процесу використовують як органічне добриво — що дає додаткову цінність.

Модульні та мобільні установки: Менші ферми можуть використовувати модульні системи, які легше встановити і експлуатувати.

Розвиток ринку біометану та «зеленого» сертифікату: Бізнес-моделі, де ферма стає частиною енергетичного ланцюжка, продаючи біометан або «зелену» електрику.

Ці підходи створюють не просто технологічну зміну, а потенційно трансформацію бізнес-моделі птахівництва.

У сукупності, біоенергетика у птахівництві — це потужна можливість:

- Вона дозволяє перетворити відходи на ресурс;
- Знижує витрати на енергію і підвищує конкурентоспроможність;
- Підтримує екологічну сталість і відповідає сучасним вимогам ринку;
- Дає шлях до інтегрованих, «розумних» фермерських систем майбутнього.

5.1. Висновок до розділу 5

Біоенергетика в птахівництві дозволяє ефективно перетворювати відходи на енергію, зменшуючи витрати та екологічний вплив виробництва. Її впровадження підвищує енергонезалежність ферми та створює додаткові економічні можливості.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено аналіз СТОВ "Старинська птахофабрика". Визначено основні потужності виробництва та їх продуктивність.

Зведені дані вибору нормованої освітленості і коефіцієнта запасу. Вибрано типи світильників і навели їх характеристики. Проведено розміщення освітлювальних приладів на плані. Питома потужність для люмінесцентних ламп склала $2,57 \text{ Вт/м}^2$. В ряду світильників – 10 шт. Для секції 1 сумарне число світильників становить 25 шт, питома потужність – $2,57 \text{ Вт/м}^2$, відстань між світильниками в ряду – 4,4 м. У службовому приміщенні питома потужність склала $8,84 \text{ Вт/м}^2$, приймаємо 2 світильники на відстані один від одного на 2,6 м. При розрахунку потужності ламп у допоміжних приміщеннях методом питомої потужності, знайдено що потужність ламп склала від 100 до 200 Вт. При тому значення питомої потужності коливалась від 9 до 15 Вт/м^2 .

Проведено розрахунок повітрообміну в пташнику у зимовий та літній періоди року для 80000 голів. У зимовий період року для зменшення концентрації вуглекислого газу необхідно $192000 \text{ м}^3/\text{год}$, для видалення вологи – $149695 \text{ м}^3/\text{год}$. У теплий період року для зменшення концентрації вуглекислого газу необхідно $192000 \text{ м}^3/\text{год}$, для видалення вологи – $127952 \text{ м}^3/\text{год}$, для видалення надлишкової теплоти – $316355 \text{ м}^3/\text{год}$. Відповідно до проведених розрахунків вибрано вентилятори типу ВО-12,5 в кількості 9 шт.

Проведено розрахунок системи опалення в зимовий період року. Для підтримання нормованої температури в пташнику на рівні $+17 \text{ C}$, втрати теплоти складатимуть $1833,6 \text{ кВт}$, при зовнішній температурі повітря -20 C . Для забезпечення необхідного обігріву приміщення обираємо 23 газових теплогенератори Kroll P-80. Запропонована система підтримання оптимального мікроклімату в птахівничих приміщеннях з використанням ВДЕ в зимовий період року дозволяє нам частково обігріти припливне повітря в приміщенні.

Сучасні системи ВДЕ можуть обігріти припливне повітря з -20 до $+7$ °С. Отже, теплота використана на догрів припливного повітря становить 305 кВт. Для догрівання повітря до нормованої температури обираємо 8 газових теплогенератори Kroll P-43. Таким чином, завдяки використанню систем з ВДЕ, дозволяє заощадити близько 1500 кВт теплової енергії.

Розроблено систему управління мікрокліматом в пташнику. Постійна часу нагрівання склала 631,83 с. Температура початку або кінця опалювального періоду лежить в межах від $-5,9$ до $+5,9$ С. Тривалість включеного стану ЕКУ – 313,29 с. Тривалість паузи – 103,388 с. Період коливань – 416,517 с. Частота перемикачів – 17,286 од/год. Максимальні позитивних відхилень температур становить $+0,767$ С, негативних – $-1,134$ С відповідно.

Проведено розрахунок силової частини. Номінальні струми ділянок, що живлять ЕКУ – 136,741 А. Номінальні струми ділянок, що живлять ЕД вентиляторів – 3,052 А. Номінальні струми на вводі в ШР – 278,06 А. Вибір перетину кабелів по довго допустимому току. Для ЕКУ вибираємо ВВГ 5x120, для ЕД - ВВГ 5x2,5. Як пульт управління використовуємо ящик навісний малогабаритний типу ЩШМ-ЗД-1-1000x600x500 IP44 ОСТ 36.13-90.

Опалювальний період триває 5760 год. Його можна розбити на 5 ділянок. Таким чином, потужність на кожній із ділянок коливалась від 120 до 360 кВт, при температурах від -26 до -5 С. Тобто витрата електроенергії при опаленні на ручному управлінні склала 1176032,42 кВт*год. А сумарна витрата електроенергії при автоматичному управлінні 1050450,03 кВт*год. Дані розрахунки свідчать, що перевитрата електроенергії при ручному управлінні досягають 12%, в порівнянні з автоматичним.

Проведено аналіз систем ВДЕ. Показано перспективи використання інноваційних підходів у птахівничій галузі. Наведені особливості адаптації до українських умов. Для птахівничих підприємств — як великих, так і середніх — впровадження біоенергетики може стати важливим кроком до сталого розвитку та енергонезалежності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. М. Г. Зосяк. Основи електропостачання. Методичні вказівки виконання курсової роботи – Б.: Бережани 2003. – 6с.
2. Ю. М. Жовнір., О. П. Жовнір. Проектування, монтаж та експлуатація повітряних ліній із застосуванням самоутримуючих ізольованих проводів та арматури Sicame. – О.: Одеса 2008. – 48с.
3. В. С. Олійник. Довідник сільського електрика – К.: Урожай 1989. – 115с.
4. Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР) від 09.02.2006). 46 с.
5. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
6. Притака І.П. Електропостачання сільського господарства / І.П. Притака, В.В. Козирський. К.: Урожай, 1995. 343 с.
7. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі. ГКД 340.000.002–97. К.: Міненерго України, 1997. 54 с.
8. Червінський Л.С., Шевель С.С. Експлуатація освітлювальних і опромінювальних установок в сільському господарстві. Київ, Урожай, 1990 р. 64 с.
9. ДСТУ ГОСТ 15597–2008. Світильники для виробничих приміщень. Загальні технічні умови. 8 с.
10. Червінський Л.С., Сторожук Л.О. Електричне освітлення та опромінення Київ, 2011. 226 с.
11. Галаган О.М., Бурикін Ю.О. Світлотехнічні установки та електричне освітлення. Київ: КНУБА, 2008. 56 с.
12. Сафонкін Ю.М., Кінаш І.М. Електротехнічні установки і системи освітлення. Львів: Видавництво «Львівської політехніки», 2012. 148 с.

13. Довідник з електротехніки та світлотехніки / За ред. Ільченка М.Ю., Куца І.І. Київ: Наукова думка, 2005.11. 108 с.
14. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. [Чинний від 2014.10.01]. Вид. офіц. Київ, 2014. 44 с.
15. Вікіпедія.
https://en.wikipedia.org/wiki/Poultry_litter?utm_source=chatgpt.com. Дата звернення 10.11.2025р.
16. M. O. Oliveira, R. Somariva, O. H. Ando Junior, J. M. Neto, A. S. Bretas, O. E. Perrone, J. H. Reversat. (2012). Biomass Electricity Generation Using Industry Poultry Waste. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'12) Santiago de Compostela (Spain), 28th to 30th March, 2012.
<https://doi.org/10.24084/repqj10.791>
17. Biomass Heating Solution for Poultry.
https://www.agrofossilfree.eu/2023/06/20/biomass-heating-solution-for-poultry/?utm_source=chatgpt.com. Дата звернення 10.11.2025р.
18. Generating Poultry Power.
https://biomassmagazine.com/articles/generating-poultry-power-1196?utm_source=chatgpt.com. Дата звернення 10.11.2025р.
19. Анаеробне зброджування.
https://en.wikipedia.org/wiki/Anaerobic_digestion?utm_source=chatgpt.com. Дата звернення 10.11.2025р.
20. Ando Junior, Oswaldo Hideo & Oliveira, Mario & SOMARIVA, R. & Neto, Joao & Bretas, Arturo & Perrone, O.E. & REVERSAT, J.. (2012). Biomass Electricity Generation Using Industry Poultry Waste. Renewable Energy and Power Quality Journal. 10. 751-800. 10.24084/repqj10.791.
21. D'Espiney A.C., Marques I.P., Pinheiro H.M., 2021, Bioenergy Potential of Complementary Bio-wastes from the Lafoes Region: Poultry Industry and Forestry, Chemical Engineering Transactions, 86, 97-102.
<https://doi.org/10.3303/CET2186017>

22. Кредитування птахівничої галузі в Україні. https://www.bioenergy-news.com/news/ukrainian-poultry-farm-receives-e28-4m-loan-for-biogas-plant-upgrades/?utm_source=chatgpt.com. Дата звернення 10.11.2025р.

23. Faten Hosney Fahmy, Hanaa Mohamed Farghally, Ninet Mohamed Ahmed. (2014). Photovoltaic-Biomass Gasifier Hybrid Energy System for a Poultry House. International Journal Of Modern Engineering Research. Vol. 4, Iss.8, pp. 51-62.

24. Biomass heating. https://broilernet.eu/wp-content/uploads/2024/04/Biomass-FactSheet-EN-FINAL.pdf?utm_source=chatgpt.com. Дата звернення 10.11.2025р.