

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ 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 З РОЗРОБЛЕННЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ
МІКРОКЛІМАТУ У ПТАШНИКУ НАПІЛЬНОГО УТРИМАННЯ НА
15 000 ГОЛІВ»**

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)

Виконав

Рева В.В.
(підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент Сорокін Д.С.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

К.Т.Н., доц.

вчене звання і ступінь

/ОКУШКО О.В./

підпис

„_____” _____ 2026 р.
число місяць рік

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Реві Владиславу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність (напрямок підготовки): 141. “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: **«Проектні рішення з розроблення електротехнологічного обладнання для створення мікроклімату у пташнику напільного утримання на 15 000 голів»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від 30.10.2025 № 2607 "С"

Термін подання завершеної роботи на кафедру 31.05.2026
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра:

- а) Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).
- б) Правила будови електроустановок (електрообладнання спеціальних установок).
- в) Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.
- г) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
- д) Правила користування електричною енергією.
- е) Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.

Перелік питань, які потрібно розробити:

- а) Загальна характеристика підприємства та оцінка рівня експлуатації електрообладнання.
- б) Проектування пташника напільного утримання.

- в) Електротехнічна частина проекту.
 - г) Спеціальне завдання: «Впровадження автономної системи електроживлення»
 - д) Заходи щодо економії електроенергії при обслуговуванні і ремонті енергетичного обладнання.
 - е) Охорона праці.
- Висновки.
Список використаних джерел.
Додатки

Дата видачі завдання 28.11.2025

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи Сорокін Д.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання Рева В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4	02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Пояснювальна записка	71	
2	A4	02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ЕО	План освітлювальної мережі пташника напільного утримання	1	
3	A4	02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ЕМ	План силової мережі пташника напільного утримання	1	
4	A4	02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ЕЗ	Принципова схема керування електроприводом	1	

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Рева В.В.								
Перевір.		Сорокін Д.С.							5	71
								EEE-230016СТ		
Н. Контр.		Коробський								
Затверд.		Окушко О.В.								

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ, АНАЛІЗ ЙОГО СТАНУ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ.....	11
1.1 Характеристика об'єкту проектування.....	11
1.2 Аналіз стану об'єкту проектування, перспектив і напрямів реалізації завдань.....	12
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Загальний опис технологічного процесу вирощування бройлерів та вимоги до мікроклімату.....	15
2.2 Обґрунтування та вибір системи механізованої годівлі.....	16
2.3 Обґрунтування та вибір системи автоматичного напування.....	17
2.4 Система прибирання та підготовки приміщення.....	18
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	19
3.1 Короткий опис функціональної та кінематичної схем установки.....	19
3.2 Обробка або розрахунок навантажувальної діаграми установки.....	20
3.3 Попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання.....	22
3.4 Перевірка попередньо вибраного електродвигуна.....	23
3.4.1 На нагрівання під час пуску.....	23
3.4.1.1 Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини.....	23
3.4.1.2 Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна.....	25
3.4.1.3 Визначення тривалості пуску електродвигуна і побудова його навантажувальної діаграми.....	26
3.4.1.4 Перевірка вибраного двигуна за тепловим режимом під час пуску.....	30
3.4.2 На перевантажувальну здатність.....	31

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

3.5 Вибір електродвигуна за електричною модифікацією, конструктивним виконанням, кліматичним виконанням, ступенем захисту від дії навколишнього середовища.....	31
3.6 Обґрунтування застосування додаткового електроприводу для посилених режимів вентиляції.....	32
3.7 Розробка схеми керування електроприводом установки.....	37
3.8 Вибір апаратів керування і захисту, інших елементів схеми автоматичного керування, а також вибір електропроводок.....	38
3.9 Перелік елементів електричної схеми.....	45
3.10 Обґрунтування та вибір системи електричного освітлення.....	47
3.10.1 Розрахунок освітлення птахоблока методом коефіцієнта використання світлового потоку.....	47
3.10.2 Зведена світлотехнічна відомість будівлі.....	50
3.10.3 Компонування освітлювальної мережі.....	51
3.10.4 Складання специфікації на світлотехнічне обладнання, провідники і матеріали.....	53
РОЗДІЛ 4 ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ	54
4.1 Обґрунтування доцільності впровадження резервної сонячної електростанції.....	54
4.2 Розрахунок та вибір основного обладнання гібридної сонячної електростанції.....	55
РОЗДІЛ 5 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ...59	
5.1 Технічні рішення щодо енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії.....	59
5.1.1 Застосування частотно-регульованого електроприводу в системах вентиляції.....	59
5.1.2 Модернізація системи штучного освітлення.....	60
5.1.3 Впровадження відновлюваних джерел енергії.....	60
5.2 Заходи з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації електрообладнання пташника.....	61

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

5.2.1 Заходи з електробезпеки.....	61
5.2.2 Специфіка безпеки сонячної електростанції.....	62
5.2.3 Вимоги пожежної безпеки.....	62
5.2.4 Санітарно-гігієнічні вимоги до персоналу.....	62
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	64
6.1. Загальна характеристика економічної частини роботи.....	64
6.2. Розрахунок капітальних інвестицій.....	64
6.3. Розрахунок зменшення експлуатаційних витрат.....	65
6.4. Визначення терміну окупності.....	67
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Сучасне птахівництво є однією з найбільш високотехнологічних та енергоємних галузей агропромислового комплексу України. Забезпечення стабільного росту та здоров'я поголів'я бройлерів (особливо при щільному підлоговому утриманні) критично залежить від безперебійної роботи систем мікроклімату, штучного освітлення та механізації. Будь-які відхилення температурного режиму чи повітрообміну призводять до зниження приросту маси, перевитрат кормів та масового падежу птиці. В умовах сьогодення, які характеризуються безпрецедентним зростанням тарифів на електроенергію для промислових споживачів та високими ризиками аварійних відключень централізованих електромереж, класичні підходи до проектування пташників втрачають свою ефективність. Застосування застарілих методів прямого пуску вентиляторів, нерегульованого освітлення та повна залежність від зовнішньої мережі роблять підприємство економічно вразливим. Саме тому комплексна модернізація електрообладнання пташника із впровадженням енергозберігаючих приводів, сучасних світлодіодних технологій та автономних відновлюваних джерел енергії є вкрай актуальним інженерним та економічним завданням.

Мета дослідження – підвищення енергоефективності, експлуатаційної надійності та автономності електрообладнання пташника на 5000 голів бройлерів шляхом впровадження системи частотного регулювання вентиляції, модернізації освітлювальної мережі та інтеграції гібридної сонячної електростанції.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання дослідження:

- проаналізувати технологічний процес вирощування бройлерів та обґрунтувати вибір обладнання для механізації годівлі, напування і прибирання.
- розробити енергоефективну систему керування вентиляторами на базі перетворювача частоти для усунення пускових струмів та оптимізації повітрообміну.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

-спроектувати сучасну систему промислового світлодіодного освітлення будівлі з мінімальним енергоспоживанням.

-розрахувати та підібрати комплектуючі для гібридної сонячної електростанції з акумуляторним резервом для забезпечення енергонезалежності об'єкта.

-розробити комплекс заходів з електробезпеки, пожежної безпеки та охорони праці для обслуговуючого персоналу.

-виконати техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень та розрахувати термін окупності інвестицій.

Об'єкт дослідження – система електропостачання та автоматизованого електрообладнання пташника напільного утримання.

Предмет дослідження – параметри та режими роботи частотно-регульованого електроприводу вентиляції, мережі LED-освітлення та гібридної сонячної електростанції в умовах птахівницького підприємства.

Практична значущість одержаних результатів. Запропоновані в роботі технічні рішення формують готовий інженерний концепт для реальної модернізації діючих птахофабрик. Впровадження розробленого комплексу (СЕС, ПЧ та LED-освітлення) дозволяє скоротити експлуатаційні витрати на закупівлю електроенергії та підвищує захист підприємства від катастрофічних фінансових збитків у разі раптових блекаутів.

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ, АНАЛІЗ ЙОГО СТАНУ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ

1.1. Характеристика об'єкту проектування.

Об'єктом проектування в даній бакалаврській кваліфікаційній роботі є типовий пташник для напільного утримання бройлерів розрахунковою місткістю 5000 голів. Будівля пташника має прямокутну форму із зовнішніми габаритними розмірами 38,2×18,5 м та внутрішньою висотою приміщень 3 м.

Внутрішній простір будівлі функціонально розділений на дві основні зони: безпосередню зону утримання птиці та блок допоміжних приміщень. Основну площу будівлі займає птахоблок розміром 30×18 м (площа 540 м²), де відбувається безперервний технологічний процес вирощування. До складу блоку допоміжних і службових приміщень входять: електрощитова (17,68 м²), побутове приміщення персоналу (15,17 м²), склад кормів та підстилки (36,17 м²), санітарний вузол (3 м²), комора інвентарю (4,68 м²), а також система коридорів та тамбур. Таке планування забезпечує надійну ізоляцію «чистої» зони утримання птиці від зовнішнього середовища та створює належні умови для роботи обслуговуючого персоналу.

Технологічний цикл вирощування бройлерів є інтенсивним і триває в середньому 45 діб. Особливістю даного процесу є надзвичайно жорсткі вимоги до підтримки параметрів мікроклімату, порушення яких призводить до зниження імунітету, падіння темпів приросту маси або масової загибелі поголів'я [3]. Залежно від віку птиці, інженерні системи повинні забезпечувати плавне і точне зниження температури в приміщенні, постійне видалення надлишків вологи, вуглекислого газу, а також мінімізацію концентрації аміаку, що виділяється з підстилки [14].

Не менш важливою технологічною вимогою є дотримання специфічного світлового режиму [3]. Біологічні ритми бройлерів вимагають динамічного управління яскравістю: від максимального рівня освітленості у 50 лк у перші дні

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

життя курчат (для швидкої адаптації та пошуку корму) до приглушеного світла на рівні 10–15 лк на фінальних стадіях вирощування для зниження стресу та рухової активності [12].

1.2 Аналіз стану об'єкту проектування, перспектив і напрямів реалізації завдань.

Основними споживачами електроенергії на об'єкті проектування є системи забезпечення життєдіяльності птиці: витяжна система вентиляції негативного тиску та система штучного електричного освітлення. Безперебійна, енергоефективна та автоматизована робота цих систем є головною умовою рентабельного функціонування сучасного птахівничого підприємства.

Сучасне птахівництво є високотехнологічною та надзвичайно енергоємною галуззю агропромислового комплексу. Основна частка експлуатаційних витрат підприємства припадає саме на підтримання параметрів штучного мікроклімату. Сьогодення показує, що традиційні, застарілі підходи до управління електроприводами вентиляції (наприклад, використання релейно-контакторних схем або систем типу «Клімат» без можливості плавного регулювання) є вкрай неефективними [16]. Прямий пуск вентиляторів викликає значні пускові струми, що перевантажують мережу та пришвидшують механічний знос обладнання [11]. Крім того, грубе ступінчасте регулювання продуктивності повітрообміну створює в приміщенні температурні стрибки та протяги, що негативно позначається на здоров'ї птиці та погіршує показники конверсії корму [3].

Аналогічна проблематика спостерігається і в системах штучного освітлення. Використання застарілих джерел світла не відповідає сучасним вимогам енергозбереження. Звичайні світильники також не витримують експлуатації в умовах агресивного газового середовища пташника (висока вологість, пил, високі концентрації аміаку та сірководню), що призводить до їх швидкої деградації та виходу з ладу [4,12].

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Однак найгострішою проблемою сучасних вітчизняних птахівницьких комплексів є питання безперебійного енергозабезпечення. В умовах поточної нестабільності енергосистеми та ймовірності аварійних відключень, підприємства наражаються на катастрофічні фінансові ризики. Специфіка інтенсивного напільного утримання тисяч голів бройлерів у герметичному приміщенні практично виключає можливість природного повітрообміну. Раптова зупинка систем витяжної вентиляції, особливо в теплий період року, призводить до стрімкого зростання температури та накопичення токсичних газів. Навіть 30–40 хвилин відсутності вентиляції гарантовано спричиняють масову загибель усього поголів'я від гіпертермії (теплого удару) та асфіксії [1].

При цьому класичне рішення проблеми у вигляді встановлення лише дизельної генераторної установки має суттєві недоліки: інерційність під час автоматичного запуску, висока вартість згенерованої кіловат-години та необхідність постійного утримання значних резервів пального. Це вимагає пошуку нових, комбінованих інженерних рішень для забезпечення енергетичної безпеки об'єкта.

З огляду на виявлені проблеми, головною метою даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є комплексна модернізація систем енергозабезпечення та електроприводу пташника з впровадженням інноваційних рішень для підвищення його енергоефективності та автономності. Для досягнення цієї мети у проєкті реалізовано три ключові інженерні напрями.

Першим напрямом є глибока модернізація електроприводу системи мікроклімату. Проєктом передбачено використання частотного перетворювача для всіх витяжних вентиляторів. Керування здійснюється централізованим промисловим мікроклімат-контролером за аналоговими та дискретними сигналами. Таке рішення забезпечує плавний пуск двигунів, повну відсутність пускових струмів, зниження механічного зносу обладнання та можливість високоточного, безступінчастого підтримання температурного режиму в пташнику [8,15].

Другим напрямом є оптимізація системи штучного освітлення. Запропоновано перехід на спеціалізовані енергоефективні LED-світильники зі

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ступенем захисту IP65, стійкі до агресивного аміачного середовища та регулярного миття під тиском. Завдяки цьому загальна встановлена потужність освітлювальної установки птахоблока та допоміжних приміщень знижена до мінімально можливих 0,68 кВт.

Третім, і напрямом, є забезпечення енергетичної стійкості об'єкта шляхом впровадження резервного джерела живлення на базі гібридної сонячної електростанції. Враховуючи, що встановлена потужність критичної інфраструктури (мінімальна вентиляція та освітлення) становить менше 5 кВт, використання СЕС є технічно та економічно доцільним. Проектом передбачено встановлення фотоелектричного масиву потужністю 10,9 кВт, гібридного інвертора на 8 кВт та літій-залізо-фосфатного (LiFePO4) акумуляторного блоку ємністю 9,6 кВт·год.

Така конфігурація не ставить за мету досягнення повної цілодобової автономії об'єкта, проте вирішує два критично важливі завдання: по-перше, генерує достатньо енергії для покриття понад 80% денних потреб пташника у весняно-літній період. по-друге, створює надійний акумуляторний «буфер безпеки», здатний підтримувати життєзабезпечення птиці протягом 3-4 годин під час раптових аварій у зовнішній мережі. Цей час є абсолютно достатнім для реагування персоналу та штатного запуску потужного резервного дизель-генератора.

Отже, комплексна реалізація зазначених завдань дозволить створити сучасний, енергоефективний та стійкий до кризових ситуацій електротехнічний комплекс, що гарантує збереження поголів'я птиці та підвищення загальної рентабельності підприємства.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Загальний опис технологічного процесу вирощування бройлерів та вимоги до мікроклімату

Технологічний процес вирощування м'ясних кросів курей (бройлерів) у досліджуваному пташнику місткістю 5000 голів базується на інтенсивній системі напільного утримання на глибокій підстилці [12]. Цей метод є найбільш економічно виправданим для сучасних птахофабрик, оскільки дозволяє максимально механізувати та автоматизувати процеси роздачі кормів, напування та прибирання приміщення після завершення циклу.

Повний технологічний цикл вирощування становить 42–45 діб. Протягом цього короткого періоду жива маса курчати збільшується від 40 грамів до 2,5–2,8 кг. Така екстремальна інтенсивність росту зумовлює надзвичайно високу чутливість організму птиці до параметрів навколишнього середовища [3,14]. Відхилення технологічних показників від норми навіть на короткий час призводить до температурного стресу, зниження конверсії корму (збільшення витрат корму на 1 кг приросту маси) та підвищення рівня смертності [1,3].

Головним завданням технологічного обладнання пташника є забезпечення нормативного штучного мікроклімату, який включає три основні складові: температурно-вологісний режим, газовий склад повітря та світловий режим.

Температурно-вологісний режим. Терморегуляція добових курчат є недосконалою, тому в перші дні вирощування температура у пташнику має підтримуватися на рівні $+32...+33\text{ }^{\circ}\text{C}$. У міру росту птиці та розвитку її власного оперення, температура плавно знижується на $0,3\text{--}0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ щодоби, досягаючи фінального показника $+18...+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ на момент забою. Відносна вологість повітря протягом усього циклу повинна знаходитися в межах 60–70%. Перезволоження підстилки різко збільшує виділення аміаку та сприяє розвитку патогенної мікрофлори [12].

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Газовий склад та швидкість руху повітря. Враховуючи високу щільність посадки (понад 15 голів на 1 м²), у приміщенні постійно накопичуються продукти життєдіяльності птиці: вуглекислий газ, волога, аміак, сірководень. Технологічною вимогою є забезпечення безперервного повітрообміну, який здатний видаляти ці гази та подавати свіже повітря. Гранично допустима концентрація аміаку в зоні дихання птиці не повинна перевищувати 15 мг/м³. Швидкість руху повітря (протяг) також жорстко нормується: для добових курчат вона не повинна перевищувати 0,2 м/с, тоді як для дорослої птиці в літній період (для створення ефекту «охолодження вітром») вона може досягати 2,0–2,5 м/с.

Світловий режим. Згідно з технологічними картами, рівень освітленості на рівні підлоги (в зоні годівниць) становить 30–50 лк у перший тиждень життя, з подальшим поступовим зниженням до 10–15 лк для мінімізації стресу [12,13].

Система вентиляції пташника спроектована за принципом негативного тиску (витяжна). Комбінована робота обох груп обладнання під управлінням мікроклімат-контролера (або в ручному режимі) дозволяє гнучко перекривати всі технологічні потреби пташника, реалізуючи три основні режими повітрообміну:

Режим 1 (Мінімальна/зимова вентиляція): Режим використовується в холоди та для молодняку.

Режим 2 (Перехідна вентиляція): використовується у весняно-осінній період для поступового нарощування повітрообміну.

Режим 3 (Максимальна/тунельна вентиляція): цей режим вмикається в літню спеку для порятунку дорослої птиці від теплового удару.

Для забезпечення описаних технологічних вимог у пташнику передбачається застосування сучасних систем механізації процесів годівлі, напування та видалення посліду.

2.2 Обґрунтування та вибір системи механізованої годівлі

Для реалізації генетичного потенціалу сучасних бройлерів необхідно забезпечити їх безперебійним доступом до повнораціонного комбікорму. У роботи обрано автоматизовану шнекову лінію з бункерними (круглими)

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

годовниці, оскільки вона мінімізує втрати корму та знижує витрати ручної праці. Основою для розрахунку лінії годівлі є нормативний фронт годівлі. Для бройлерів на пізніх стадіях вирощування норма становить 50–60 голів на одну круглу годівницю діаметром 330 мм.

Визначимо необхідну кількість годівниць для стада у 5000 голів:

$$N_{\Gamma} = \frac{N}{N_{\text{гол.год}}} = \frac{5000}{60} = 83.4 = 84 \text{ шт.} \quad (2.1)$$

Враховуючи довжину зони утримання птиці (птахоблока) 30 м, до встановлення приймаємо 3 поздовжні лінії годівлі. На кожній лінії буде розміщено по 28 годівниць (крок встановлення становить близько 1 метра). Подача корму в будівлю здійснюється з вуличного бункера зберігання за допомогою поперечного шнекового транспортера. Максимальне добове споживання корму одним бройлером перед забоєм становить орієнтовно 150 грамів. Максимальна добова потреба всього стада:

$$M_{\text{к}} = N * m_{\text{к}} = 5000 * 0.15 = 750 \frac{\text{кг}}{\text{доб}}. \quad (2.2)$$

Для забезпечення 5-денного запасу корму (без необхідності щоденного підвезення) обираємо зовнішній склопластиковий бункер місткістю 4 тонни.

2.3 Обґрунтування та вибір системи автоматичного напування

Напування птиці має бути безперервним, а вода — чистою, оскільки споживання води бройлерами перевищує споживання корму в 1,6–2 рази. Найбільш санітарно безпечною і технологічною є замкнута ніпельна система напування з краплевловлювачами, яка запобігає розбризкуванню води та намоканню підстилки. Відповідно до ветеринарних норм, на один ніпель допускається навантаження 10–12 голів птиці.

Визначимо необхідну кількість ніпельів для стада:

$$N_{\text{н}} = \frac{N}{N_{\text{ніп}}} = \frac{5000}{12} = 416 \text{ шт.} \quad (2.3)$$

Лінії напування традиційно монтуються паралельно лініям годівлі. Приймаємо до встановлення 4 лінії напування (щоб лінії годівлі знаходилися між

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

ними для рівномірного доступу птиці). Кількість ніпелів на одній лінії: $416 / 4 = 104$ штуки. Довжина однієї лінії складе близько 26 метрів (при стандартному кроці між ніпелями 25 см), що вписується в 30-метрову довжину птахоблока. На вході водопровідної магістралі в пташник передбачається встановлення вузла водопідготовки (фільтр механічного очищення, лічильник води та медикатор для автоматичного дозування вітамінів і вакцин).

2.4 Система прибирання та підготовки приміщення

Технологія напільного утримання бройлерів передбачає використання глибокої підстилки (деревна стружка, подрібнена солома або лушпиння соняшника). Товщина шару підстилки на початку циклу становить 7–10 см. Прибирання пташника є періодичним процесом і виконується виключно після завершення технологічного циклу вирощування та відвантаження птиці на забій (принцип «пусто-зайнято»). Для видалення посліду та відпрацьованої підстилки використовуються мобільні засоби механізації типу Bobcat, які заїжджають через торцеві ворота пташника. Після механічного очищення проводиться повна мийка приміщення водою під високим тиском, дезінфекція та підготовка до посадки нової партії курчат (санітарний розрив триває 10–14 днів).

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Короткий опис функціональної та кінематичної схем установки.

Вентиляційні установки застосовують для забезпечення мікроклімату в приміщеннях, для підтримання технологічних параметрів в овочевих і фруктових сховищах, для сушіння сіна і зерна методом активного вентилявання, для транспортування різноманітних матеріалів, очищення та сепарації зерна в зерноочисних та сортувальних машинах [16]. Вентиляційна установка складається із електропривода, вентилятора і вентиляційної мережі.

Вентиляційні агрегати поділяють на установки з природною тягою повітря, з механічним збудженням тяги та комбіновані. Механічні установки класифікують на припливні, витяжні, комбіновані, з підігріванням повітря і без нього.

За принципом дії вентилятори бувають відцентрові та осьові, з одностороннім та двостороннім всмоктуванням. низького тиску до 1000 Па середнього – до 3000 Па, високого – до 12000 Па [9].

До основних елементних складових аеродинамічної схеми радіальних (відцентрових) вентиляторів входить: вхідний патрубок (3), робоче колесо (1) і спіральний корпус (2) та вихідний патрубок (4). Через вхідний патрубок, який має різну конфігурацію, підводиться повітря до робочого колеса. Робоче колесо здійснює передачу енергії від електродвигуна повітря, яке переміщується. Зазвичай робоче колесо має передній і задній диски, між якими закріплені лопатки. Основним розміром робочого колеса є діаметр, заміряний по кінцях лопаток. Спіральний корпус радіального вентилятора призначений для відведення потоку повітря в певному напрямку, а також для часткового перетворення динамічного тиску повітряного потоку в статичний. Радіальні вентилятори можуть бути правого і лівого обертання. Якщо робоче колесо обертається правильно, за годинниковою стрілкою, вентилятор називають правим, а проти годинникової стрілки – лівим.

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Правильним обертанням робочого колеса є напрямок за ходом розвороту спірального корпусу. Якщо вентилятор обертається неправильно, то його подача різко зменшується, а напрямок потоку повітря залишається незмінним. Тому радіальні вентилятори є нереверсивними.

Звичайний радіальний (відцентровий) вентилятор — це лопатеве робоче колесо турбінного типу, розташоване у спіральному корпусі. Під час обертання колеса повітря, що надходить через вхідний отвір, потрапляє в канали між лопатями колеса. Під дією відцентрової сили, що виникає, воно переміщується цими каналами, збирається спіральним корпусом і спрямовується в його випускний отвір.

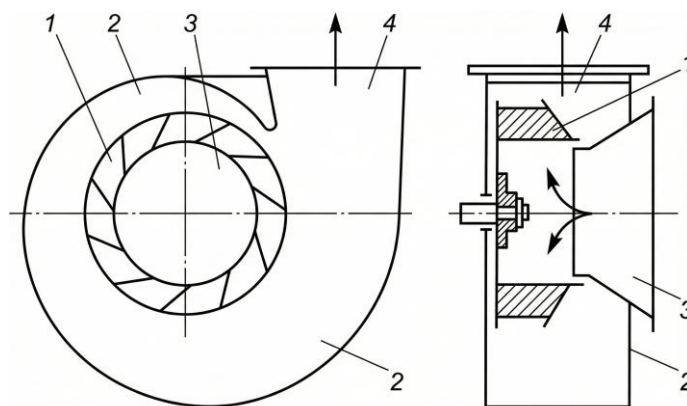


Рис. 3.1 Функціональна схема вентилятора

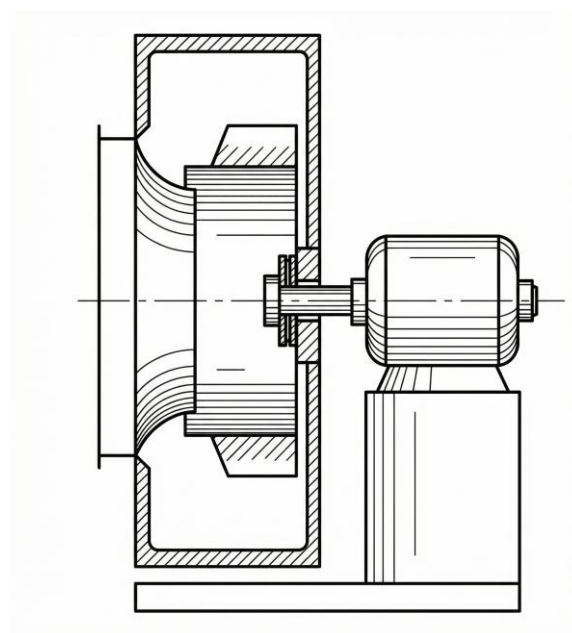


Рис. 3.2 Кінематична схема вентилятора

3.2 Обробка або розрахунок навантажувальної діаграми установки

Технічна характеристика вентилятора наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Дані, які надані в умові завдання

Модель вентилятора	ВЦ-4-75-4
Відносний діаметр робочого колеса, D, м.	9
Номінальна продуктивність м ³ /год.	2.340
Продуктивність в робочій зоні м ³ /год.	2.72
Тиск номінальний, Па	309
Тиск у робочій зоні, Па	346-138
Максимальний ККД, %	79.1
Частота обертання, об/хв	1410
Маса без двигуна, кг	46.7
Встановлена потужність двигуна, кВт	0.55

Для проведення наступних розрахунків виконаємо перетворення номінальної продуктивності в м³/с, тоді [9]:

$$L_B = \frac{Q}{t} = \frac{2340}{3600} = 0.65 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (3.1)$$

Потужність вентилятора визначається наступним чином:

$$P_{\text{вент}} = \frac{p_B * L_B}{\eta_B} = \frac{309 * 0.65}{0.79} = 254.2 \text{ Вт} = 0.25 \text{ кВт}. \quad (3.2)$$

де p_B – номінальний тиск, Па. L_B – потужність вентилятора, м³/с. η_B – ККД вентилятора.

Як видно з навантажувальної діаграми вентилятор відноситься до класу робочих машин з статичним моментом, тобто його потужність під час роботи не змінюється.



Рис. 3.3 Навантажувальна діаграма вентилятора

3.3 Попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання

Маючи вищевказані розрахунки можемо приступити до визначення розрахункової потужності електродвигуна:

$$P_c = \frac{K_z * P_{\text{вент}}}{\eta_{\text{п}}} = \frac{1.5 * 0.25}{1} = 0.375 \text{ Вт} = 0.37 \text{ кВт.} \quad (3.3)$$

де K_z – коефіцієнт запасу. $P_{\text{вент}}$ – потужність вентилятора. $\eta_{\text{п}}$ – ККД передачі.

Виходячи з вищевканих розрахунків та відповідно вимозі $P_{\text{н.двиг}} \geq P_c$

$0.37 \geq 0.37$, підбираємо найближчий можливий електродвигун, а саме: АИР63В4У2 з наступними характеристиками:

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Дані, з довідника електродвигунів

Електродвигун моделі:	АИР63В4У2
Потужність електродвигуна, P_n , кВт.	0.37
Частота обертів, n , об/хв.	1320
Номінальний струм, I_n , А.	1.18
ККД, %	68
$\cos\varphi$	0.70
Відношення моментів $M_{\text{пуск}} / M_{\text{ном}}$	2.1
Відношення моментів $M_{\text{min}} / M_{\text{ном}}$	1.8
Відношення моментів $M_{\text{max}} / M_{\text{ном}}$	2.2
Відношення струмів $I_{\text{пуск}} / I_{\text{ном}}$	5
Момент інерції ротора, $\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot 10^{-3}$	1.4
Маса, кг	5.6

3.4 Перевірка попередньо вибраного електродвигуна

3.4.1 На нагрівання під час пуску.

3.4.1.1 Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини. Механічну характеристику робочої машини розраховують за формулою:

$$M_c = M_0 + (M_{\text{сн}} - M_0) * \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^x \quad (3.4)$$

де M_0 – початковий момент.

$M_{\text{сн}}$ – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості.

$$M_{\text{сн}} = \frac{P_{\text{нрм}}}{\omega_{\text{нрм}}} = \frac{254.2}{147.65} = 1.72. \quad (3.5)$$

$$\omega_{\text{нрм}} = \frac{\pi * n_{\text{нр}}}{30} = \frac{\pi * 1410}{30} = 147.65. \quad (3.6)$$

$$M_0 = M_{\text{сн}} * 0.05 = 1.72 * 0.05 = 0.086. \quad (3.7)$$

$$M_{C1} = 0.086 + (1.72 - 0.086) * \left(\frac{0}{147.65}\right)^2 = 0.086. \quad (3.8)$$

$$M_{C2} = 0.086 + (1.72 - 0.086) * \left(\frac{30}{147.65}\right)^2 = 0.153. \quad (3.9)$$

$$M_{C3} = 0.086 + (1.72 - 0.086) * \left(\frac{60}{147.65}\right)^2 = 0.355. \quad (3.10)$$

$$M_{C4} = 0.086 + (1.72 - 0.086) * \left(\frac{90}{147.65}\right)^2 = 0.69. \quad (3.11)$$

$$M_{C5} = 0.086 + (1.72 - 0.086) * \left(\frac{120}{147.65}\right)^2 = 1.16. \quad (3.12)$$

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$M_{C6} = 0.086 + (1.72 - 0.086) * \left(\frac{150}{147.65}\right)^2 = 1.77. \quad (3.13)$$

Таблиця 3.3

Розрахункові дані механічної характеристики

ω, c^{-1}	0	30	60	90	120	150
$M_C, Нм$	0.086	0.153	0.355	0.69	1.16	1.77

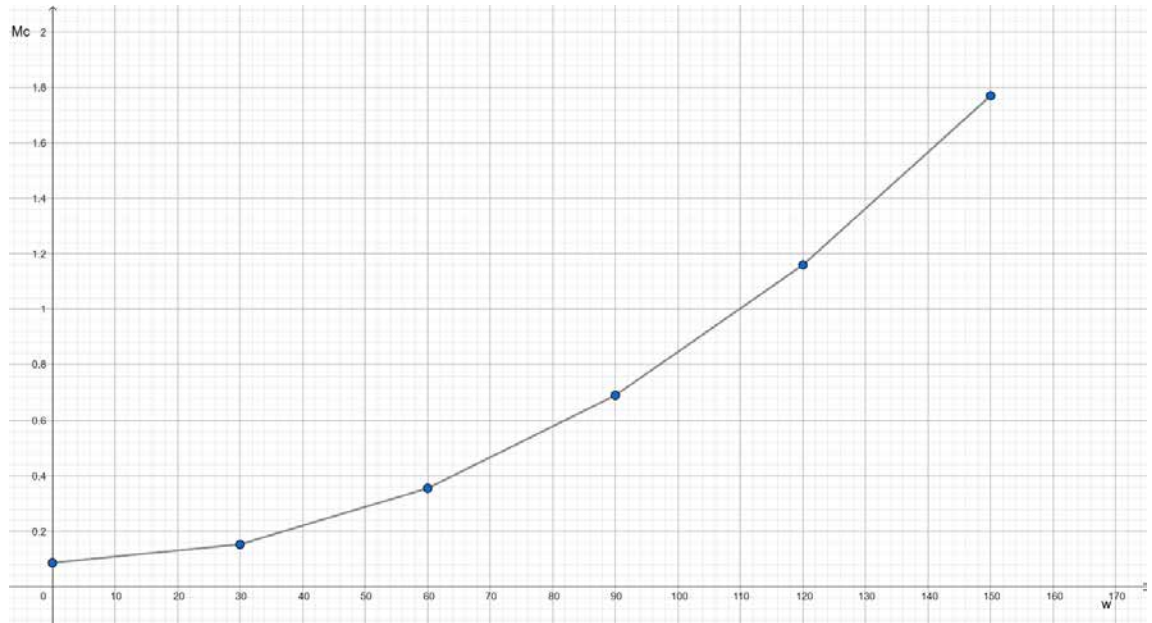


Рис. 3.4 Побудована механічна характеристика робочої машини

3.4.1.2 Розрахунок і побудова механічної характеристики

електродвигуна. Побудова механічної характеристики асинхронного електродвигуна за 5 точками:

1) Ідеальний холостий хід:

$$s=0. M=0$$

2) Номінальне навантаження:

$$M_H = 9550 * \frac{P_H}{n_H} = 9550 * \frac{0.37}{1320} = 2.67. \quad (3.14)$$

$$s_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} = \frac{1500 - 1320}{1500} = 0.12. \quad (3.15)$$

3) Максимальне навантаження:

$$M_K = \mu_K * M_H = 2.2 * 2.67 = 5.87. \quad (3.16)$$

$$s_K = \frac{s_H + \sqrt{s_H * \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_H * \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}} = \frac{0.12 + \sqrt{0.12 * \frac{2.2 - 1}{1.047 - 1}}}{1 + \sqrt{0.12 * \frac{2.2 - 1}{1.047 - 1}}} = 0.68. \quad (3.18)$$

$$\mu_1 = \frac{\mu_K}{\mu_H} = \frac{2.2}{2.1} = 1.047. \quad (3.17)$$

4) Мінімальний момент:

$$s_{min} = 0. \quad (3.18)$$

$$M_{min} = \mu_{min} * M_H = 1.8 * 2.67 = 4.80. \quad (3.19)$$

Побудова механічної характеристики електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення моментів:

$$1) \omega_0 = (\pi * n_0) / 30 = \left(\pi * \frac{1500}{30} \right) = 157.07. \quad (3.21)$$

$$M' = 0.$$

$$2) \omega_H = (\pi * n_H) / 30 = \left(\frac{\pi * 1320}{30} \right) = 138.23. \quad (3.22)$$

$$M'_H = M_H = 2.67.$$

$$3) \omega_K = \omega_0 * (1 - s_K) = 157.07 * (1 - 0.68) = 50.26. \quad (3.23)$$

$$M'_K = 0.9 * M_K = 0.9 * 5.87 = 5.28.$$

$$4) \omega_{min} = \omega_0 * (1 - s_{min}) = 157.07(1 - 0.8) = 31.41. \quad (3.24)$$

$$M'_{min} = 0.8 * 4.80 = 3.84. \quad (3.25)$$

$$5) \omega_n = 0.$$

$$M'_n = 0.85 * M_n = 0.85 * 5.60 = 4.76. \quad (3.26)$$

Проводимо розрахунок та побудову механічної характеристики електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги (5%) [2]:

$$1) \omega_0 = 157.07.$$

$$M'' = 0.$$

$$2) \omega_H = 138.23.$$

$$M''_H = 0.95^2 * M'_H = 0.95^2 * 2.67 = 2.40. \quad (3.27)$$

$$3) \omega_K = 50.26.$$

$$M''_K = 0.95^2 * M'_K = 0.95^2 * 5.28 = 4.76. \quad (3.28)$$

$$4) \omega_{min} = 31.41.$$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$M_{min}'' = 0.95^2 * M_{min}' = 0.95^2 * 3.84 = 3.46. \quad (3.29)$$

$$5) \omega_n = 0.$$

$$M_n'' = 0.95^2 * M_n' = 0.95^2 * 4.76 = 4.29. \quad (3.30)$$

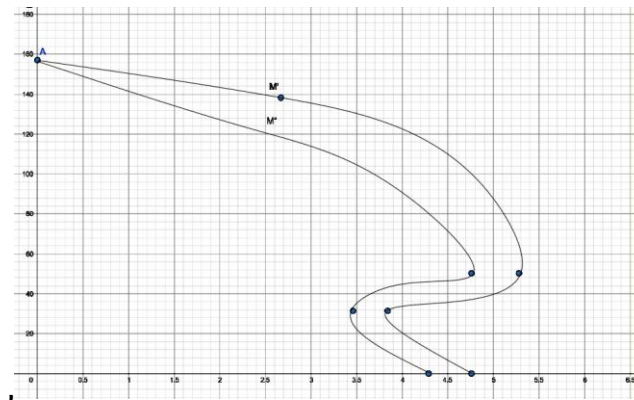


Рис. 3.5 Побудовані механічні характеристики з урахуванням відхилень напруги та моменту

3.4.1.3 Визначення тривалості пуску електродвигуна і побудова його навантажувальної діаграми. Час пуску електродвигуна визначаємо графічно-аналітичним методом. З цією метою будуть механічну характеристику електродвигуна і робочої машини та проводять визначення динамічного моменту:

$$M_j = M_D'' - M_C. \quad (3.31)$$

Вісь швидкостей ділять на ділянки $\Delta\omega_i$ та проводять визначення середнього значення динамічного моменту. Визначаємо зведений момент інерції наступним розрахунком:

$$J_{зв} = J_{рот} + J_{роб.машини} = 1.4 * 10^{-3} + 2.5 * 10^{-3} = 0.0039. \quad (3.32)$$

де - $J_{рот}$ – момент інерції ротора електродвигуна, $кг \cdot м^2$. $J_{роб.машини}$ – момент інерції робочої машини.

Проводимо розрахунок приросту часу на кожній ділянці:

$$\Delta t_i = \frac{J_{зв} * \Delta\omega_i}{M_{jсрі}}. \quad (3.33)$$

Тоді час пуску визначимо так:

$$t_{пуск} = \sum \Delta t_i. \quad (3.34)$$

Для побудови кривої перехідних процесів $\omega = f(t)$ послідовно відкладаємо приріст часу Δt_i і визначаємо відповідне значення кутової швидкості.

Розбиваємо робочий діапазон швидкостей пуску від (0 до $\omega_{\text{ном}}$) на 8 рівних ділянок:

$$\Delta\omega = \frac{\omega_{\text{ном}}}{N} = \frac{138.23}{8} = 17.27 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}. \quad (3.35)$$

Розрахуємо точки для ділянки №1:

$$\omega_1 = 0 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв}}(\omega_1) = 4.29 \text{ Нм.}$$

$$\omega_2 = 17.27 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв}}(\omega_2) = 3.83 \text{ Нм.}$$

$$M''_{\text{дв.сер.1}} = \frac{M''_{\text{дв}}(\omega_1) + M''_{\text{дв}}(\omega_2)}{2} = \frac{(4.29 + 3.83)}{2} = 4.06 \text{ Нм.} \quad (3.36)$$

Визначаємо середній момент навантаження:

$$M_{\text{с.сер1}} = 0.097 \text{ Нм.}$$

Обчислимо середній динамічний момент:

$$M_{\text{дин.сер1}} = M''_{\text{дв.сер.1}} - M_{\text{с.сер1}} = 4.06 - 0.097 = 3.963 \text{ Нм.} \quad (3.37)$$

$$J_{\text{зв}} * \Delta\omega = 0.0039 * 17.27 = 0.06735. \quad (3.38)$$

Тоді приріст часу:

$$\Delta t_1 = \frac{(J_{\text{зв}} * \Delta\omega)}{M_{\text{дин.сер1}}} = \frac{0.06735}{3.963} = 0.01170 \text{ с.} \quad (3.39)$$

Для ділянки №2 розрахунки наступні:

$$\omega_1 = 17.27 \text{ рад/с.}$$

$$\omega_2 = 34.54 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв.сер.2}} = 3.75 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{с.сер2}} = 0.141 \text{ Нм.}$$

$$\omega_1 = 34.54 \text{ рад/с.}$$

$$\omega_2 = 51.81 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв.сер.3}} = 4.215 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{с.сер3}} = 0.232 \text{ Нм.}$$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$M_{\text{дин.сер3}} = M''_{\text{дв.сер3}} - M_{\text{с.сер3}} = 4.215 - 0.232 = 3.983 \text{ Нм.} \quad (3.42)$$

$$\Delta t_3 = \frac{(J_{\text{зв}} * \Delta \omega)}{M_{\text{дин.сер3}}} = \frac{0.06735}{3.983} = 0.0169 \text{ с.} \quad (3.43)$$

Тоді загально накопичений час становить:

$$t_3 = \Delta t_2 + \Delta t_3 = 0.0357 + 0.0169 = 0.0526 \text{ с.} \quad (3.44)$$

Ділянка №4 має нижчеописані розрахунки:

$$\omega_1 = 51.81 \text{ рад/с.}$$

$$\omega_2 = 69.08 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв.сер4}} = 4.50 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{с.сер4}} = 0.366 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{дин.сер4}} = M''_{\text{дв.сер4}} - M_{\text{с.сер4}} = 4.50 - 0.366 = 4.134 \text{ Нм.} \quad (3.45)$$

$$\Delta t_4 = \frac{(J_{\text{зв}} * \Delta \omega)}{M_{\text{дин.сер4}}} = \frac{0.06735}{4.134} = 0.0163 \text{ с.} \quad (3.46)$$

Тоді загально накопичений час становить:

$$t_4 = \Delta t_4 + \Delta t_5 = 0.0357 + 0.0169 = 0.0526 \text{ с.} \quad (3.47)$$

Розрахуємо точки для ділянки №5:

$$\omega_1 = 69.08 \text{ рад/с. } \omega_2 = 86.35 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв.сер5}} = 4.03 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{с.сер5}} = 0.549 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{дин.сер5}} = M''_{\text{дв.сер5}} - M_{\text{с.сер5}} = 4.03 - 0.549 = 3.481 \text{ Нм.} \quad (3.48)$$

$$\Delta t_5 = \frac{(J_{\text{зв}} * \Delta \omega)}{M_{\text{дин.сер5}}} = \frac{0.06735}{3.481} = 0.0194 \text{ с.} \quad (3.49)$$

Тоді загально накопичений час становить:

$$t_5 = \Delta t_4 + \Delta t_5 = 0.0689 + 0.0194 = 0.0883 \text{ с.} \quad (3.50)$$

Розрахунки ділянки №6 наступні: $\omega_1 = 86.35 \text{ рад/с.}$

$$\omega_2 = 103.62 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв.сер6}} = 3.565 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{с.сер6}} = 0.794 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{дин.сер6}} = M''_{\text{дв.сер6}} - M_{\text{с.сер6}} = 3.565 - 0.794 = 2.771 \text{ Нм.} \quad (3.51)$$

$$\Delta t_6 = \frac{(J_{\text{зв}} * \Delta \omega)}{M_{\text{дин.сер6}}} = \frac{0.06735}{2.771} = 0.0243 \text{ с.} \quad (3.52)$$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Тоді загально накопичений час становить:

$$t_6 = \Delta t_5 + \Delta t_6 = 0.0883 + 0.0243 = 0.1126 \text{ с.} \quad (3.53)$$

Ділянка №7 має нижчеописані розрахунки: $\omega_1 = 103.62 \text{ рад/с.}$

$$\omega_2 = 120.89 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв.сер7}} = 3.10 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{с.сер7}} = 1.095 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{дин.сер7}} = M''_{\text{дв.сер7}} - M_{\text{с.сер7}} = 3.10 - 1.095 = 2.005 \text{ Нм.} \quad (3.54)$$

$$\Delta t_7 = \frac{(J_{\text{зв}} * \Delta \omega)}{M_{\text{дин.сер7}}} = \frac{0.06735}{2.005} = 0.0336 \text{ с.} \quad (3.55)$$

Тоді загально накопичений час становить:

$$t_7 = \Delta t_6 + \Delta t_7 = 0.1126 + 0.0336 = 0.1462 \text{ с.} \quad (3.56)$$

Розрахуємо точки для ділянки №8: $\omega_1 = 120.89 \text{ рад/с.}$

$$\omega_2 = 138.23 \text{ рад/с.}$$

$$M''_{\text{дв}}(138.23) = 2.40 \text{ Нм.}$$

$$M''_{\text{дв.сер8}} = \frac{(2.89 + 2.40)}{2} = 2.645 \text{ Нм.} \quad (3.57)$$

$$M_{\text{с.сер8}} = 1.388 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{дин.сер8}} = M''_{\text{дв.сер8}} - M_{\text{с.сер8}} = 2.645 - 1.388 = 1.257 \text{ Нм.} \quad (3.58)$$

$$\Delta t_8 = \frac{(J_{\text{зв}} * \Delta \omega)}{M_{\text{дин.сер8}}} = \frac{0.06735}{1.257} = 0.0536 \text{ с.} \quad (3.59)$$

Тоді загально накопичений час становить:

$$t_8 = \Delta t_7 + \Delta t_8 = 0.1462 + 0.0536 = 0.2004 \text{ с.} \quad (3.60)$$

Тобто по вищевказаних розрахункам можна дійти до висновку, що весь час пуску складає: $t_{\text{п}} = 0.2004 \text{ с.}$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

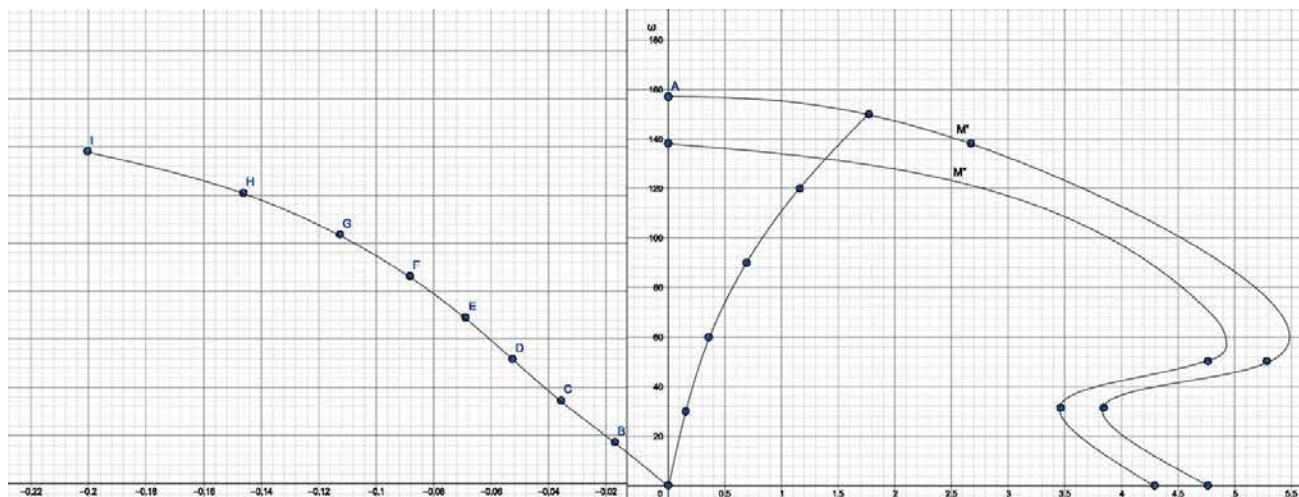


Рис. 3.6 Побудована навантажувальна діаграма часу пуску

3.4.1.4 Перевірка вибраного двигуна за тепловим режимом під час пуску. Перевірка асинхронного двигуна за тепловим режимом під час пуску є критично важливою через природу перехідного процесу. Оскільки час розгону зазвичай дуже короткий, тепло, що виділяється в обмотках статора та стрижнях ротора, не встигає відводитися в навколишнє середовище або передаватися на корпус [2].

Головна мета перевірки — переконатися, що миттєвий перегрів обмотки під час пуску, доданий до поточної температури двигуна (якщо він вже працював), не перевищує критичної температури для даного класу ізоляції [4].

Перевірка вибраного двигуна за тепловим режимом під час процесу пуску виконується за наступною умовою:

$$\tau_{\text{доп}} \geq V t_{\text{пуск}} \quad (3.61)$$

$$80 \geq 5.6 * 0.2004.$$

$$80 \geq 1.12.$$

де $\tau_{\text{доп}}$ для двигунів серії АІР складає 80 °С.

Оскільки навантаження рівномірне перевірку на перевантаження проводити не потрібно.

3.4.2 На перевантажувальну здатність. Умови експлуатації електроприводу відцентрової вентиляторної системи ВЦ-4-75-4 свідчить про те, що даний механізм працює зі стабільним графіком навантаження. Характер моменту опору на валу є вентиляторним, що означає його плавну квадратичну

залежність від кутової швидкості та відсутність значних динамічних кидків або ударних механічних впливів під час усталеного руху.

Оскільки технологічний процес переміщення повітряних мас не передбачає різких змін продуктивності або циклічних перевантажень, момент на валу двигуна залишається практично незмінним і дорівнює номінальному (або нижче нього) протягом всього часу роботи. Враховуючи, що обрана потужність двигуна повністю задовольняє потреби механізму в номінальному режимі, а ймовірність виникнення аварійного стопоріння робочого колеса є мінімальною, перевірка електродвигуна на перевантажувальну здатність за максимальною амплітудою моменту не потрібна.

3.5 Вибір електродвигуна за електричною модифікацією, конструктивним виконанням, кліматичним виконанням, ступенем захисту від дії навколишнього середовища.

Двигун серії АИР є базовим асинхронним двигуном. Оскільки вентилятор ВЦ-4-75-4 перекачує звичайне повітря (не вибухонебезпечне, не хімічно агресивне), спеціальні модифікації (вибухозахищені, хімстійкі) не потрібні.

За монтажним виконанням та спосіб монтажу обираємо наступне виконання: ІМ1081 (на лапах)

- 1) 1 – на лапах.
- 2) 08 – будь який спосіб монтажу.
- 3) 1 – вал з одного боку.

За кліматичним виконанням обираємо: для помірного клімату та експлуатації під навісом категорію У2

За ступенем захисту електродвигуна обираємо: IP54, тобто захист від потрапляння твердих предметів та захист від бризг вологи.

3.6 Обґрунтування застосування додаткового електроприводу для посилених режимів вентиляції.

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Потреба бройлерів у свіжому повітрі змінюється в десятки разів залежно від їхнього віку та ваги (від добових курчат до дорослої птиці перед забоєм). Основним видом птиці, яка була використана для розрахунку цього проекту це бройлери. При інтенсивному напільному вирощуванні бройлерів ключовим фактором, що визначає продуктивність та збереженість поголів'я, є підтримання нормативних параметрів мікроклімату. У процесі життєдіяльності птиця виділяє в навколишнє середовище значну кількість теплоти, водяної пари, а також шкідливих газів, зокрема аміаку, сірководню та вуглекислого газу. Особливо гостро проблема повітрообміну постає на фінальних стадіях вирощування (з 30-го по 42-й день), коли жива маса птиці наближається до максимальної, а щільність посадки досягає граничних законодавчих норм (до 33 кг/м²). Недостатня вентиляція в цей період призводить до теплового стресу, зниження конверсії корму та підвищення рівня респіраторних захворювань. Отже, система вентиляції повинна гарантовано забезпечувати видалення надлишків тепла (особливо в теплий період року) та підтримувати концентрацію шкідливих газів у межах гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Розрахунок продуктивності системи вентиляції виконуємо для найбільш критичного — жаркого періоду року.

Таблиця 3.4

Дані про птицю

Поголів'я птиці (N), шт.	5000
Середня передзабійна маса однієї голови (m _п), кг.	2.5
Загальна жива маса стада МΣ, кг.	12500

Згідно з нормами технологічного проектування птахівничих підприємств (ВНТП-АПК-04.05) та інформації з ресурсів Державної дослідної станції птахівництва Інституту тваринництва НААН, максимальна потреба у свіжому повітрі для бройлерів у жаркий період становить 5...7 м³/год на 1 кг живої маси [12].

Для подальшого розрахунку розрахуємо загальну масу птиці:

$$M_{\text{п}} = N * m_{\text{п}} = 5000 * 2.5 = 12500 \text{ кг.} \quad (3.62)$$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

де N - кількість голів птиці.

$m_{\text{п}}$ — середня передзабійна маса однієї голови.

У сучасних промислових пташниках ефективна система вентиляції є одним із ключових факторів забезпечення здоров'я, продуктивності та добробуту птиці. Через значні сезонні коливання температури, вологості та потреби в повітрообміні (від 0,7–1 м³/год·кг взимку до 6–8 м³/год·кг влітку) використання лише одного типу вентиляторів не дозволяє економічно та технічно оптимально покривати весь діапазон режимів. Саме тому в більшості сучасних пташників застосовують два принципово різні типи вентиляторів — осьові (ВО) та відцентрові (ВЦ).

Осьові вентилятори (ВО) є основним робочим інструментом у перехідний (весна/осінь) та максимальний (літо) режими вентиляції. Вони характеризуються високою продуктивністю при відносно низькому тиску, низьким енергоспоживанням і здатністю створювати значний об'єм повітряного потоку — саме те, що потрібно для забезпечення 3–4 м³/год·кг у перехідний період і 6–8 м³/год·кг у спеку (тунельна вентиляція, охолодження вітром). Відцентрові вентилятори (ВЦ), навпаки, краще працюють у мінімальному режимі (зима, молодняк, 0,7–1 м³/год·кг), коли потрібен стабільний, але невеликий повітрообмін при високому опорі мережі.

Тому для забезпечення надійного та комфортного повітрообміну в пташнику в перехідні та літні періоди додатково вводиться в роботу осьовий вентилятор. Оскільки аеродинамічний розрахунок осьового вентилятора проводиться за аналогічною методикою, що й для відцентрового (ВЦ), для підбору моделі скористаємось каталожними характеристиками виробника, що дозволяє уникнути повторного повного розрахунку. Осьовий вентилятор великої потужності згідно з каталогом обираємо: Турбовент ВСХ 1100.

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Параметри осьового вентилятора

Модель вентилятора.	Турбовент ВСХ 1100
Відносний діаметр робочого колеса, D, м.	1
Швидкість обертання, об/хв.	600
Продуктивність, м ³ /год.	33000
Тиск, Па.	70
Потужність, кВт.	0.75
Розміри, мм.	1100x1100x400

Двигуном цього вентилятора виступає АИР71В4У2:

Параметри електродвигуна

Електродвигун моделі:	АИР71В4У2
Потужність електродвигуна, P_n , кВт.	0.75
Частота обертів, n , об/хв.	1350
Номінальний струм, I_n , А.	2.14
ККД, %	73

Для зменшення обертів двигуна до необхідних скористаємось клинопасовою передачею:

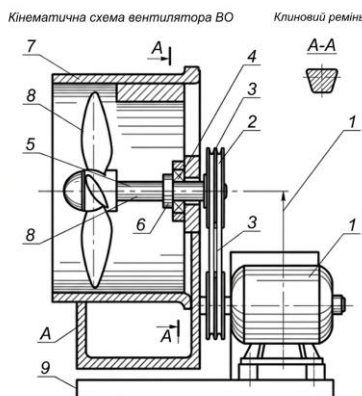


Рис. 3.7 Кінематична схема вентилятора осьового

Проведемо розрахунок для мінімального режиму вентиляції:

$$Q\Sigma_{\min} = M * q_{\text{норм min}} * k_{\text{зап}} = 12500 * 1 * 1.1 = \frac{13750 \text{ м}^3}{\text{год}}. \quad (3.63)$$

де М – загальна маса птиці.

$q_{\text{норм min}}$ - нормативна витрата повітря на один кг птиці в мінімальному режимі.

$k_{\text{зап}}$ - коефіцієнт технологічного запасу, який враховує можливі аеродинамічні втрати у повітроводах та нещільності будівельних конструкцій.

Визначимо кількість вентиляторів для мінімального режиму:

$$N_{\text{вент min}} = \frac{Q\Sigma_{\min}}{Q} = \frac{13750}{2700} = 5 \text{ штук}. \quad (3.64)$$

де Q - Продуктивність в робочій зоні м³/год.

Загальна продуктивність 5 відцентрових вентиляторів становить:

$$Q_{\text{заг.ВЦ}} = Q * N_{\text{вент min}} = 2700 * 5 = 13500 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}. \quad (3.65)$$

Проведемо розрахунок для перехідного режиму вентиляції:

$$Q\Sigma_{\text{пер}} = M * q_{\text{норм пер}} * k_{\text{зап}} = 12500 * 3.3 * 1.1 = \frac{45375 \text{ м}^3}{\text{год}}. \quad (3.66)$$

де $q_{\text{норм пер}}$ - нормативна витрата повітря на один кг птиці в перехідному режимі.

Всіх 5 вентиляторів ВЦ-4-75-4 не вистачає, тому додатково до них в цьому режимі буде працювати також 1 осьовий вентилятор:

$$Q_{\text{компл}} = Q_{\text{заг.ВЦ}} + Q_{1\text{ВО}} = 13500 + 33000 = 46500 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}. \quad (3.67)$$

Де $Q_{\text{заг.ВЦ}}$ – загальна продуктивність 5 відцентрових вентиляторів.

$Q_{1\text{ВО}}$ – продуктивність одного вентилятора типу ВО.

$$Q_{\text{компл}} \geq Q\Sigma_{\min}. \quad (3.68)$$

$$46500 \geq 45375 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Оскільки вимога виконується, розрахунок проведено правильно.

Маючи вказані дані, необхідно провести розрахунок максимальної сумарної потреби пташника у свіжому повітрі:

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$Q\Sigma_{\max} = M * q_{\text{норм}} * k_{\text{зап}} = 12500 * 7 * 1.1 = 96250 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}. \quad (3.69)$$

$q_{\text{норм}}$ - нормативна витрата повітря на один кг птиці в максимальному режимі.

Визначимо кількість вентиляторів для максимального режиму. Спочатку визначимо кількість осьових вентиляторів. Знайдемо залишок необхідної кількості повітря без відцентрових вентиляторів:

$$Q_{\text{зал}} = Q\Sigma_{\max} - Q_{\text{заг.ВЦ}} = 96250 - 13500 = \frac{82750 \text{ м}^3}{\text{год}}. \quad (3.70)$$

Кількість вентиляторів ВО становить:

$$N_{\text{ВО}} = \frac{Q_{\text{зал}}}{Q_{1\text{ВО}}} = \frac{82750}{33000} = 2.5 = 3 \text{ шт.} \quad (3.71)$$

Тоді загальна кількість повітря від 5 вентиляторів типу ВЦ та 3 вентиляторів типу ВО становить:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{заг.ВЦ}} + Q_{\text{заг.ВО}} = 13500 + 99000 = 112500 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}. \quad (3.72)$$

$$Q_{\text{заг}} \geq Q\Sigma_{\max}. \quad (3.73)$$

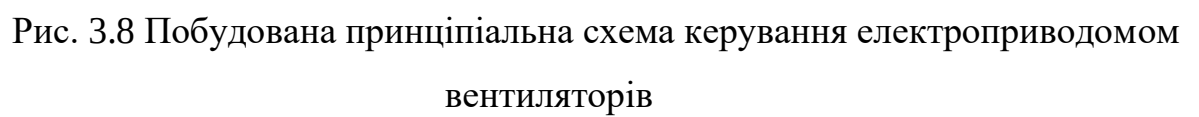
$$112500 \geq 96250 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Умова виконується, тому розрахунок виконано правильно.

3.7 Розробка схеми керування електроприводом установки

Схема залежно від вибраного положення кулачкового перемикача передбачає управління в автоматичному (засвічується зелений індикатор HL2) та ручному (засвічується червоний індикатор HL1) режимах. В автоматичному режимі управління здійснює контролер температури ТРМ-32, який отримує значення температури від 2 датчиків SK1 та SK2, порівнює їх з своїми значеннями та через CAN шину виконую управління частотним перетворювачем, який залежно від команд змінює частоту для електродвигунів вентиляторів, які приєднанні до пускачів КМ 4 та КМ5.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

02.02-KP. 2607 "C" 2025.10.30. 012ПЗ

Якщо перемикач стоїть в положенні ручного режиму, то при натисканні кнопки SB2 "Пуск" струм проходить в котушку магнітного пускача КМ1, який замикає свої контакти і подає живлення на двигуни вентиляторів М1-М5, а контакти кнопки шунтується через допоміжний контакт КМ1.1, а контакт КМ1.2 замикається для наступного етапу каскадного пуску. При натисканні кнопки SB3, спрацьовує котушку пускача КМ2, який замикає свої контакти та запускає двигун вентилятору М6, контакти кнопки шунтуються через допоміжний контакт КМ2.1, а контакт КМ2.2 замикається. При натисканні SB4 напруга подається на котушку пускача КМ3, який своїми контактами вмикає електродвигуни вентиляторів М7-М8, а контакти кнопки шунтуються через КМ3.1. Для зупинки натискається кнопка SB1 "Стоп".

3.8 Вибір апаратів керування і захисту, інших елементів схеми автоматичного керування, а також вибір електропроводок.

Для забезпечення точного автоматичного керування параметрами мікроклімату в пташнику необхідне плавне і точне регулювання продуктивності вентиляторів. Найбільш ефективним технічним рішенням у даному випадку є застосування частотного перетворювача, який дозволяє безступінчасто змінювати частоту обертання електродвигунів вентиляторів у діапазоні від 0 до 100% залежно від сигналу контролера температури. Порівняно з традиційними схемами пуску частотні перетворювач забезпечує суттєво кращу точність регулювання мікроклімату, виключає ударні пускові струми (пусковий струм не перевищує номінального), забезпечуює вбудований захист двигуна від перевантаження, перегріву, короткого замикання та асиметрії фаз. Номінальна потужність перетворювача має відповідати або перевищувати номінальну потужність електродвигуна, номінальний струм перетворювача має бути не меншим за номінальний струм двигуна, а напруга живлення — трифазна 380 В, обов'язкова наявність аналогового входу для отримання керуючого сигналу від контролера. Обираємо частотний перетворювач наступними розрахунками:

Повна потужність необхідного перетворювача становить:

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$S_{\text{чп}} = \frac{P_{\text{заг.вент}}}{\cos\varphi * \eta} = \frac{4.1}{0.76 * 0.75} = 7.2 \text{ кВА.} \quad (3.74)$$

Перевірка за номінальним струмом перетворювача становить:

$$I_{\text{чп}} \geq I_{\text{н.вент}}$$

$$I_{\text{чп}} \geq 5 * 1.18 + 3 * 2.14 \text{ А.}$$

Відповідно до розрахунків обираємо частотний перетворювач ПЧВЗ-7К5-В, що задовольняє вищевказані вимоги, а саме:

$$9.3 \text{ кВА} \geq 7.2 \text{ кВА.}$$

$$15.5 \text{ А} \geq 12.3 \text{ А.}$$

Як можна побачити з вищевказаного розрахунку перевірку перетворювач пройшов, тобто його обрано правильно.



Рис. 3.9 Частотний перетворювач ПЧВЗ-7К5-В.

Розрахунки та вибір автоматичного вимикача, як апарату керування та захисту трифазного асинхронного електродвигуна, вказаного у завданні на виконання дипломного проекту, слід здійснювати у такій послідовності [6,7]:

Обираємо автоматичний вимикач згідно співвідношень:

$$U_{\text{авт.}} \geq U_{\text{мережі}}$$

$$I_{\text{авт}} \geq I_{\text{н.дв}}$$

$$I_{\text{н.розч}} \geq I_{\text{н.дв}}$$

Оскільки номінальний струм ввідного автомату повинен перевищувати номінальний струм частотного перетворювача як мінімум на 25%, тоді:

$$I_{\text{ввід.авт}} \geq 1.25 * 15.5 \text{ А.}$$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$I_{\text{ввід.авт}} \geq 19.3 \text{ A.}$$

Так як ввідний автоматичний вимикач живе однофазне коло керування то додаємо його струм споживання 1.5 А.

Тоді загальний струм необхідний для вибору автоматичного вимикача становить:

$$I_{\text{заг.ввід.авт}} \geq 20.8 \text{ A.}$$

Обираємо ввідний автоматичний вимикач типу ЕТІ 002145518 ЕТІМАТ 6 Зр С 25А, що задовольняє умови:

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В.}$$

$$25 \text{ А} \geq 20.8 \text{ А.}$$

$$25 \text{ А} \geq 20.8 \text{ А.}$$

Для кожного електродвигуна передбачається свій автоматичний вимикач.

Обираємо автоматичний вимикач для кожного з вентиляторів ВЦ-4-75-4 типу ЕТІ 002145508 ЕТІМАТ 6 Зр С 2А, що задовольняє умови:

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В.}$$

$$2 \text{ А} \geq 1.18 \text{ А.}$$

$$4 \text{ А} \geq 1.18 \text{ А.}$$

Обираємо автоматичний вимикач для кожного з вентиляторів Турбовент ВСХ 1100 типу ЕТІ 002145509 ЕТІМАТ 6 Зр С 3А, що задовольняє умови:

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В.}$$

$$3 \text{ А} \geq 2.14 \text{ А.}$$

$$3 \text{ А} \geq 2.14 \text{ А.}$$



Рис. 3.10 Вигляд автоматичного вимикача серії ЕТІМАТ

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Оскільки розрахунковий струм кола керування є незначним і не перевищує 1 А, вибір номіналу автомата визначається не розрахунковим струмом, а мінімально допустимим номіналом для забезпечення надійної комутації та чутливості захисту при КЗ. До встановлення приймаємо автоматичний вимикач ЕТІ ЕТІМАТ 6 1Р С 6А 002111514, відключальна здатність 6 кА.

Для живлення щита керування електроприводом у розподільчому ящику встановлено відхідний автоматичний вимикач ЕТІ ЕТІМАТ 6 3Р С 32А 002115520. Вводний автоматичний вимикач розподільчого ящика ЕТІ ЕТІМАТ 6 3Р С 40А 002115521 прийнятий з умови селективності — його номінал перевищує номінал найбільшого відхідного автомата [10].

Вибір електромагнітного пускача для керування асинхронним електродвигуном слід виконувати в такій послідовності [6].

Обираємо електромагнітний пускач згідно співвідношень:

$$U_{\text{нп}} \geq U_{\text{кер}}$$

$$I_{\text{нрп}} \geq I_{\text{н.дв.}}$$

Обираємо електромагнітний пускач типу ПМЛ-1100, що задовольняє умови для всіх 3 режимів вентиляції:

$$220 \text{ В} \geq 220 \text{ В.}$$

Режим 1:

$$10 \text{ А} \geq 5.9 \text{ А.}$$

Режим 2:

$$10 \text{ А} \geq 2.14 \text{ А.}$$

Режим 3:

$$10 \text{ А} \geq 4.28 \text{ А.}$$

Пускач ПМЛ-1100 здатен працювати в категорії АС-3 з даним двигуном, забезпечуючи надійну комутацію навіть з урахуванням пускових струмів вентилятора. Так як напруга кола керування становить 220В, то напруга котушки керування становить теж 220В

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



Рис. 3.11 Пускач ПМЛ-1100

Для перемикання системи керування вентиляцією між автоматичним та ручним режимами роботи передбачено встановлення кулачкового перемикача ETI CS 16 52 PN з трьома фіксованими положеннями «1–0–2» (Автоматичний – Вимкнено – Ручний). [6] Перемикач виконаний у захищеному корпусі зі ступенем захисту IP65, що дозволяє встановлювати його безпосередньо на дверцях щита керування в умовах підвищеної вологості та запиленості, характерних для приміщення електрощитової пташника. Номінальний струм перемикача становить 16 А при номінальній напрузі комутації 400 В, імпульсна напруга ізоляції — 4 кВ. Оскільки перемикач встановлюється в колі керування (напруга 220В, струм не перевищує 1.5А), його номінальні параметри забезпечують значний запас надійності.

Кабелі та провода обираємо в залежності від категорії розміщення, умов навколишнього середовища, виду проводки і способу її прокладки. В цьому випадку вибір падає на тип кабелю ВВГнг – це силовий кабель з мідними монолітними або багатодротовими жилами, покритих ізоляцією виконаної з полівінілхлоридного пластикату (ПВХ). Завдяки своїм конструктивним виконанням кабель ВВГнг має добру славу як одного з хороших кабелів. Площу поперечного перерізу кабелів вибираємо виходячи з умови:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{роз}}$$

-де $I_{\text{доп}}$ тривалий допустимий струм проводу, А.

$I_{\text{роз}}$ –розрахунковий струм (номінальний струм двигуна), А.

$$I_{\text{роз2}} = I_{\text{н двиг ВЦ}} = 1.18 \text{ А.}$$

$$I_{\text{роз1}} = I_{\text{н двиг ТВ}} = 2.14 \text{ А.}$$

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Згідно ПУЕ видно, що ближчому струму 1.18 А та 2.14 А відповідає площа перерізу кабеля 1.5 мм² з $I_{\text{доп}} = 15.5 \text{ А}$. Обираємо кабель ВВГнг 4х1.5 мм²

$15.5 \text{ А} \geq 2.14 \text{ А}$, як бачимо умова виконується, отже кабель вибраний вірно. Для живлення щита електропривода від розподільчого щита використаємо кабель ВВГнг 5х4.

Вибираємо кноповий пост. Згідно з наступними вимогами: номінальна напруга, струм, необхідний ступінь захисту IP40, IP54 кількість та тип контактів з урахуванням їх зносостійкості.

$$I_{\text{кп}} \geq I_{\text{н,двиг}}$$

$$U_{\text{кп}} \geq U_{\text{н,двиг}}$$

$$10 \geq 1.18$$

$$690 \geq 220$$

По результат розрахунку обираємо кноповий корпус ESB4 та відповідні до нього кнопки виробництва компанії ETI, а саме NSE-PBF-G, NSE-PBF-R NSE-PBF-B та NSE-PB0F-W для монтажу на передню панель шафи керування.



Рис. 3.12 Кноповий корпус ESB4

Обираємо сигнальні лампа за напругою, кольором світлофільтра та розміром Для індикації успішної роботи використаємо індикатори ETI ECLI-16-240A-G з зеленим світлофільтром та ETI ECLI-16-240A-R відповідно з червоним вони, задовольняють умови по напрузі та розміру.



Рис. 3.13 Кнопка NSE-PBF-G

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Рис. 3.14 Індикатор ЕТІ ЕСІІ-16-240А-Г

Для виконання функцій головного керуючого вузла в системі мікроклімату пташника було обрано промисловий мікропроцесорний регулятор температури серії ТРМ32. Він має вшиті оптимізовані алгоритми регулювання. Це дозволяє контролеру з високою точністю аналізувати показники температурних датчиків у зоні та виконувати управління частотним перетворювачем.

Ящик керування призначений для керування електроприводами змінного струму з асинхронними електродвигунами з короткозамкнутим ротором, категорії застосування АСЗ. Обираємо ящик керування: ЩМП-100.80.30 ІР54 PRO з розмірами 1000х800х300 .

Ящик складається з безкаркасної конструкції, закривається дверима, що навішені на петлі. Двері закриваються замком. В оболонку ящика встановлюється панель з електрообладнанням. У ящиках із ступенем захисту ІР 54 двері ущільнені гумовим шнуром. введення і виведення кабелів виконується через сальники ущільнювачів. На монтажній панелі передбачається шина заземлення. Монтаж ящиків виконується за допомогою кріпильних анкерів, що встановлюються через отвори в задній стіні. Кнопки керування і лампочки сигналізації кріпляться на дверях ящика.

Ящик розподільчого пристрою обрано Е.next CPD6010520.



Рис. 3.15 Ящик керування ЩМП-100.80.30

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

3.9 Перелік елементів електричної схеми.

Основне призначення переліку полягає у розшифруванні умовних літерно-цифрових позиційних позначень, нанесених на кресленні, шляхом зіставлення їх із конкретними найменуваннями, номіналами та типами виробів.

Таблиця 3.7

Перелік елементів електричної схеми

Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітка
M1-5	Електродвигун АИР63В4У2.	5	
M6-8	Електродвигун АИР71В4У2	3	
QF1	Автоматичний вимикач ETI 002145518 ETIMAT 6 3p C 25A	1	
QF3-7	Автоматичний вимикач ETI 002145508 ETIMAT 6 3p C 2A	5	
QF8-10	Автоматичний вимикач ETI 002145509 ETIMAT 6 3p C 3A	3	
QF2	Автоматичний вимикач ETI 002111514 ETIMAT 6 1P C 6A	1	
SB	Кнопковий пост ESB4s	1	
SB1	Кнопка ETI NSE-PBF-R	1	
SB3	Кнопка ETI NSE-PBF-B	1	
SB4	Кнопка ETI NSE-PBF-W	1	
HL1	Сигнальна лампа ETI ECLI-16-240A-G.	1	Червоний колір світлофільтра.
HL2	Сигнальна лампа ETI ECLI-16-240A-G.	1	Зелений колір світлофільтра.
TPM32	Контролер мікроклімату Овен TPM32	1	
SK1-2	Датчик температури PT100	2	
UZF-1	Частотний перетворювач ПЧВ3-7К5-В	1	
SA	Кулачковий перемикач ETI CS 16 52 PN	1	
KM1-5	Пускач магнітний ПМЛ-1100	5	

Для забезпечення автоматичного підтримання нормованих параметрів мікроклімату в приміщенні пташника передбачено встановлення програмованого контролера мікроклімату. ОВЕН TPM32. Даний контролер забезпечує двоканальне вимірювання температури, підтримує роботу з

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

датчиками типу РТ100 та формує керуючі сигнали для виконавчих пристроїв у автоматичному режимі за заданою програмою. Для вимірювання температури повітря у двох контрольних зонах пташника встановлюються два платинових термоопори РТ100, які забезпечують точність вимірювання $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в діапазоні від -50°C до $+200^{\circ}\text{C}$, що повністю відповідає вимогам технологічного процесу утримання бройлерів.

Керування електродвигунами вентиляторів здійснюється через частотний перетворювач серії ОВЕН ПЧВЗ, який отримує керуючий сигнал від контролера ТРМ32. Застосування частотного перетворювача для комплексу вентиляторів забезпечує плавне регулювання продуктивності вентиляційної системи відповідно до поточних показань датчиків температури, при виключає ударні пускові струми та суттєво знижує споживання електроенергії роботі в часткових режимах навантаження. Система передбачає як автоматичний режим керування через контролер ТРМ32, так і ручний режим з трьома фіксованими ступенями продуктивності вентиляції.

Відповідно до вищевказаних розрахунків передбачено енергоефективну комбіновану триступеневу систему вентиляції, яка гнучко адаптується до віку птиці та зовнішніх температурних умов. У режимі мінімальної (зимової) вентиляції працюють виключно відцентрові агрегати ВЦ-4-75-4 що забезпечують рівномірний повітрообмін через систему повітроводів без утворення небезпечних для молодняку протягів. У перехідний період (весна–осінь) система переходить на другий ступінь: до 5 базових малих агрегатів підключається 1 потужний осьовий вентилятор Турбовент ВСХ-1100, гарантуючи розрахункову потребу у $45\,375\text{ м}^3/\text{год}$ свіжого повітря. У режимі максимальної (літньої тунельної) вентиляції для відведення пікових тепловиділень система виходить на повну потужність, залучаючи всі 5 відцентрових та 3 осьові вентилятори одночасно. Такий ступінчастий алгоритм роботи восьми вентиляційних установок забезпечує надійне утримання параметрів мікроклімату та раціональне споживання електроенергії

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3.10 Обґрунтування та вибір системи електричного освітлення

3.10.1 Розрахунок освітлення птахоблока методом коефіцієнта використання світлового потоку. Об'єктом проектування освітлювальних установок є будівля пташника. Розміри будівлі – 38.2x18x3 м., складається з одного основного приміщення та семи допоміжних.

Обираємо такі параметри відбиття: стеля чиста бетонна $\rho_{\text{ст}} = 50\%$, стіни бетонні $\rho_{\text{с}} = 30\%$, коефіцієнт відбиття підлоги $\rho_{\text{п}} = 10\%$.

Нормована освітленість у пташнику приймається відповідно до діючих норм ВНТП-АПК-04.05 «Підприємства птахівництва» для птахоблока та ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення" для допоміжних приміщень. Відповідно до норм для курчат-бройлерів у віці 1–2 тижні освітленість повинна становити $E = 25$ лк, що приймається для розрахунку системи освітлення.

Таблиця 3.8

Габарити приміщень.

№	Назва приміщення	Довжина А, м	Ширина В, м	Площа S, м ²	Висота Н, м	E _п , лк
1	Птахоблок	30	18	540	3	25
2	Електрощитова	4	4,42	17,68	3	150
3	Побутове приміщення персоналу	3,25	4,67	15,17	3	200
4	Санвузол	2,40	1,25	3	3	75
5	Комора	2,40	1,95	4,68	3	75
6	Склад кормів та підстилки	4,55	7,95	36,17	3	50
7	Великий коридор	5,10	5,12	26,11	3	100
8	Малий коридор	2,70	8,20	22,14	3	100
9	Тамбур	2,65	1,45	3,84	3	75

Відповідно розрахунок освітленості проводимо методом коефіцієнту використання світлового потоку

Суть методу коефіцієнта використання світлового потоку полягає у наступному: за відомої кількості та типу встановлювальних світильників, що рівномірно розміщені у приміщенні, яке характеризується відповідними

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

коефіцієнтами відбиття стін, підлоги та стелі, а також робочої поверхні, визначають коефіцієнт світлового потоку.

Почнем розрахунок для птахоблока:

$A=30$ м. $B=18$ м. $H=3$ м. $E=25$. $h_e = 0.2$. $h_p = 0$. $\lambda=1.6$. $K=1.5$

Оскільки у птахоблоці освітлення нормується на рівні підлоги, тому:

$$h_p = 0 \text{ м.}$$

Відстань від стелі до світильника:

$$h_e = 0.2 \text{ м.}$$

Визначимо розрахункову висоту підвісу світильника:

$$H_p = H - h_e - h_p = 3 - 0.2 - 0 = 2.8 \text{ м.} \quad (3.75)$$

Відстань між світильниками становить:

$$L = H_p * \lambda = 2.8 * 1.6 = 4.48. \quad (3.76)$$

Кількість світильників по довжині:

$$N_A = \frac{A}{L} = \frac{30}{4.48} = 6.7. \quad (3.77)$$

де A - довжина приміщення.

L - розрахункова відстань між світильниками.

Від стіни до світильника відстань становить:

$$L' = 0.5 * L = 0.5 * 4.48 = 2.24. \quad (3.78)$$

Кількість світильників по ширині:

$$N_B = \frac{B}{L} = \frac{18}{4.48} = 4. \quad (3.79)$$

Тоді загальна кількість світильників:

$$N_{\Sigma} = N_A * N_B = 7 * 4 = 28. \quad (3.80)$$

Знайдемо індекс приміщення:

$$i = \frac{A * B}{H_p * (A + B)} = \frac{30 * 18}{2.8 * (30 + 18)} = 4. \quad (3.81)$$

Коефіцієнти відбиття поверхонь для пташника приймаємо наступні: стеля чиста бетонна $\rho_{ст} = 50\%$, стіни бетонні $\rho_c = 30\%$, коефіцієнт відбиття підлоги $\rho_n = 10\%$.

Коефіцієнт використання світлового потоку для світильника з КСС типу

"Д" при $i = 4$, $\rho_{стелі} = 50\%$, $\rho_{стін} = 30\%$ за таблицею приймаємо: $\eta = 0.55$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт нерівномірності освітлення для рядного розміщення світильників з КСС типу "Д": $Z = 1.15$.

Знайдемо світловий потік одного світильника:

$$\Phi_p = \frac{K * Z * E_n * S}{\eta * N_{\Sigma}} = \frac{1.5 * 1.15 * 25 * 540}{0.60 * 28} = 1386 \text{ лм.} \quad (3.82)$$

Обираємо світильник виробництва Feron модель AL3030 з наступними параметрами: потужність 12W, світловий потік 1200 лм, напруга 220V, колірна температура 4000K, ступінь захисту IP65.



Рис. 3.16 Світильник Feron AL3030

Фактична освітленість становить:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi_{\text{л}} * \eta * N_{\Sigma}}{K * S} = \frac{1200 * 0.60 * 28}{1.5 * 540} = 24.9 \text{ лк.} \quad (3.83)$$

Перевірка відхилення фактичної освітленості від нормованої:

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n} * 100\% = \frac{24.9 - 25}{25} * 100\% = -0.4\%. \quad (3.84)$$

Згідно з діючими нормами ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» допустиме відхилення становить від -10% до $+20\%$, отже умова виконується.

Обчислимо загальну встановлену потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = P_A * N_{\Sigma} = 12 * 28 = 336 \text{ Вт.} \quad (3.85)$$

Тоді питома потужність освітлення становить:

$$P_{\text{пит.осв}} = \frac{P_{\Sigma}}{S} = \frac{336}{540} = 0.62 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}. \quad (3.86)$$

Оскільки розрахунок виконано вірно, то виконуємо його аналогічно для інших кімнат.

3.10.2 Зведена світлотехнічна відомість будівлі. За результатами розрахунків складемо світлотехнічну відомість.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Світлотехнічна відомість.

Номер		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Назва приміщення		Птахоблок	Електроощитова	Побутове приміщення персоналу	Санвузол	Комора	Склад кормів та підстилки	Великий коридор	Малий коридор	Тамбур
Довжина		30	4	3,25	2,40	2,40	4,55	5,10	2,70	2,65
Ширина		18	4,42	4,67	1,25	1,95	7,95	5,12	8,20	1,45
Висота		3	3	3	3	3	3	3	3	3
Площа		540	17,68	15,17	3	4,68	36,17	26,11	22,14	3,84
Коефіцієнт відбиття	Стіни	30	50	50	50	30	30	50	50	30
	Стелі	50	50	70	70	50	50	70	70	50
Нормована освітленість		25	150	200	75	75	50	100	100	75
Коефіцієнт запасу		1,5	1.25	1.25	1.25	1.25	1,5	1.25	1.25	1.25
Світльник	Кількість	8	2	2	1	1	2	2	2	1
	Потужність	2	34,5	34,5	9	14	30	30	25	17
	Тип	Feron AL3030 IP65	Philip RC132V 600×600IP44	Philips RC132V 600×600 IP44	LEDVANCE Downlight IP54	LEDVANCE DN150 IP44	Philips Ledinaire IP65 L1200	Philips RC132V 600×600 IP44	Philips WT065C IP65 L1200	LEDVANCE NCE Downlight IP54
Загальна потужність		336	69	69	9	14	60	60	50	17
Питома потужність		0,62	3,90	4,54	3,0	2,99	2,0	2,30	2,26	4,43

Повна загальна потужність становить 684 Вт.

3.10.3 Компонування освітлювальної мережі. При компонуванні освітлювальної мережі світильників їх розподіляють на три групи, розмічають на плані приміщення і місця установки групових щитків, траси мережі живлення і групових мереж. Групові щитки розміщують по можливості в центрі електричного навантаження і в місцях, доступних для обслуговування. Висота встановлення щитків повинна бути не більше ніж 2 м (до верху щитка).

Траса групової освітлювальної мережі визначається розташуванням світильників. При прокладанні траси враховуються такі вимоги та особливості: максимальне скорочення довжини. архітектурно-будівельні особливості приміщення. зручність подальшої експлуатації обладнання.

Протікання по проводах струмів, що перевищують допустимі величини, викликає ї надмірне нагрівання, яке веде до прискореного старіння ізоляції,

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						50

виходу проводки з ладу, аварійного режиму. Такими ненормальними струмами є струми короткого замикання і струми перевантажень. Для будівель і приміщень, у яких необхідно створити особливо надійну і безпечну роботу освітлювальних проводок або де відсутній кваліфікований персонал, крім захисту від струмів короткого замикання необхідний захист і від струмів перевантажень.

Перша група запитує 14 світильників верхнього ряду приміщення птахоблоку, $P_{гр1} = 168$ Вт. Друга група запитує 14 світильників нижнього ряду приміщення птахоблоку, $P_{гр2}=168$ Вт. Третя група запитує 13 світильників всіх інших допоміжних приміщень, $P_{гр3}= 348$ Вт.

Проводимо розрахунок по визначенню перерізу жил кабеля для трьох груп:

$$I_{гр1} = \frac{168}{220 * 0.95} = 0.80 \text{ А.} \quad (3.87)$$

$$I_{гр2} = \frac{168}{220 * 0.95} = 0.80 \text{ А.} \quad (3.88)$$

$$I_{гр3} = \frac{348}{220 * 0.95} = 1.66 \text{ А.} \quad (3.89)$$

$$I_{заг} = 0.80 + 0.80 + 1.20 = 3.26 \text{ А.} \quad (3.90)$$

Мінімально допустимий переріз для освітлювальних мереж за ПУЕ — 1.5 мм². Струм груп (0.8–1.6А) дуже малий, тому вибір визначається не струмом а мінімально допустимим перерізом. Для всіх трьох груп обираємо кабель марки ВВГнг 3×1.5, номінальним струмом 19А

$$I_{доп} = 19\text{А} \geq I_{гр1,2,3}.$$

Розрахунок вхідного кабелю для освітлення:

Загальна потужність освітлення:

$$P_{заг.осв} = P_{гр1} + P_{гр2} + P_{гр3} = 168 + 168 + 348 = 684 \text{ Вт.} \quad (3.91)$$

Загальний струм на вводі:

$$I_{заг.осв} = \frac{684}{220 * 0.95} = 3.27 \text{ А.} \quad (3.92)$$

Для вводу до щита освітлення ЩО обираємо кабель марки ВВГнг 3×2.5, номінальним струмом 27А

$$I_{доп} = 27\text{А} \geq I_{заг.осв}.$$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для захисту від короткого замикання освітлювальних мереж використаємо автоматичні вимикачі. Для вводу в будівлю обираємо автоматичний вимикач типу ЕТІ 002115514 ЕТІМАТ 6 3р В 10А. Для першої групи обираємо автоматичний вимикач ЕТІ 002111510 ЕТІМАТ 6 1р В 2А. Для другої групи обираємо автоматичний вимикач ЕТІ 002111510 ЕТІМАТ 6 1р В 2А. Для третьої групи обираємо автоматичний вимикач ЕТІ 002111511 ЕТІМАТ 6 1р В 4А.

Керування групами світильників здійснюється з освітлювального щита, який розташований в електрощитовій. Щит освітлення вибирають за умовами: за кількістю груп з урахуванням однієї резервної, за видом захисту і номінальними даними апаратів захисту, що вбудовані в щит, за ступенем захисту і способом монтажу. Враховуючи вище перелічені вимоги приймаю до установки освітлювальний ЩО-9Н. Цей щит розрахований на 9 модулів. Для захисту яких прийняті автоматичні вимикачі ВА-2017-1Р 4А. На вводі в щит автоматичний вимикач ВА-2017-3Р 10А. Щит навісного виконання з габаритними розмірами: 264х200х95.

3.10.4 Складання специфікації на світлотехнічне обладнання, провідники і матеріали. У специфікацію вноситься інформація про використане на об'єкті світлотехнічне обладнання, комутаційно-захисні апарати, провідники і матеріали із зазначенням назви, марок та кількості обладнання.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікація

№	Найменування і технічні характеристики обладнання	Марка	Кількість	Примітка
1	Щит освітлення	ЩО-9Н	1	
2	Світильник	Feron AL3030 IP65	28	
3	Світильник	Philips RC132V 600×600 IP44	6	
4	Світильник	LEDVANCE Downlight IP54	2	
5	Світильник	LEDVANCE DN150 IP44	1	
6	Світильник	Philips Ledinaire IP65 L1200	2	
7	Світильник	Philips WT065C IP65 L1200	2	
8	Ввідний кабель	ВВГнг 3×2.5	10	
9	Кабель	ВВГнг 3×1.5	300	
10	Ввідний автоматичний вимикач	ETI 002115514 ETIMAT 6 3p В 10А.	1	
11	Автоматичний вимикач	ETI 002111510 ETIMAT 6 1p В 2А.	2	
12	Автоматичний вимикач	ETI 002111511 ETIMAT 6 1p В 4А.	1	

РОЗДІЛ 4

ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

4.1 Обґрунтування доцільності впровадження резервної сонячної електростанції та вибір інвертора.

Сучасне птахівництво є енергоємною галуззю агропромислового комплексу, оскільки забезпечення оптимального мікроклімату в пташниках потребує безперервної роботи систем вентиляції, освітлення та допоміжного електрообладнання. Особливо важливими є системи вентиляції, які підтримують необхідний рівень температури, вологості та концентрації шкідливих газів, таких як аміак і вуглекислий газ.

В умовах сучасної України, де тривалі відключення електроенергії стали реальністю, питання резервного та альтернативного електропостачання набуло особливої актуальності для сільськогосподарських підприємств. У зв'язку з цим актуальним є впровадження автономних та резервних джерел живлення.

Перспективним доповненням дизель генераторів є застосування сонячних фотоелектричних систем у поєднанні з акумуляторними батареями та інвертором. Така система забезпечує одночасно два важливих ефекти: по-перше, генерацію власної електроенергії з відновлюваного джерела в денний час, що знижує споживання з мережі та зменшує операційні витрати. по-друге, накопичення енергії в акумуляторах для забезпечення автономної роботи критично важливих споживачів при відключенні централізованого електропостачання [19].

Для пташника напільного утримання птиці особливо важливим є безперебійна робота системи вентиляції. Вентилятори ВЦ-4-75-4 у кількості 5 штук та вентилятори Турбовент ВСХ-1100 у кількості 3 штук забезпечують нормований мікроклімат у приміщенні. Завдяки застосуванню частотного перетворювача ОВЕН ПЧВЗ для кожного з вентиляторів пускові струми двигунів є мінімальними — м'який пуск виключає ударні навантаження на мережу. Це є принципово важливим фактором при живленні від інвертора, оскільки саме

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

пускові струми традиційно є головною причиною перевантаження інверторів при роботі з асинхронними двигунами.

Виходячи з вищевказаного впровадження сонячної електростанції в пташнику напільного утримання є доцільним з технічної та економічної точок зору, оскільки підвищує енергоефективність, знижує експлуатаційні витрати та забезпечує надійність функціонування систем мікроклімату. Перейдемо до вибору системи.

4.2 Розрахунок та вибір основного обладнання гібридної сонячної електростанції.

Загальна сума споживання освітлення та вентиляторів становить:

$$P_{\text{заг.вент і осв}} = P_{\text{заг.вент}} + P_{\text{заг.осв}} = 4.1 + 0.68 = 4.78 \text{ кВт.} \quad (4.1)$$

Обираємо гібридний інвертор відповідно до вищевказаних параметрів: Solis S6-EN3P8K з такими параметрами номінальна потужність 8 кВт, трифазне підключення (3×220/380 В), підтримка акумуляторів LiFePO₄ 48 В, ефективність до 97,7%. Відповідно до офіційної технічної документації, дана серія обладнання втілює в собі концепцію інтелектуального керування енергопотоками (Advanced EMS), поєднуючи високу ефективність перетворення (до 97,7%) із безпрецедентною гнучкістю інтеграції у локальні мережі завдяки підтримці режимів On-grid, Off-grid та Self-use. Завдяки сумісності з сучасними літій-залізо-фосфатними (LiFePO₄) системами накопичення енергії, інвертор виступає в ролі центрального інтелектуального вузла енергетичної системи, який не лише динамічно перерозподіляє потоки сонячної генерації для покриття власних потреб підприємства в пікові години, а й гарантує миттєвий автоматичний перехід на резервне живлення критичних навантажень під час системних блекаутів, забезпечуючи безперебійність і живучість автоматизованих технологічних комплексів.

Визначимо коефіцієнт запасу потужності інвертора:

$$k_{\text{зап інв}} = \frac{P_{\text{інв}}}{P_{\text{заг.вент і осв}}} = \frac{8}{4.78} = 1.67. \quad (4.2)$$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Відповідно до норм $k_{\text{зап інв}} \geq 1.3$, тобто $1.67 \geq 1.3$ умова виконується значить інвертор обрано правильно.



Рис. 4.1 Інвертор Solis S6-EH3P8K

Акумуляторна батарея у складі гібридної сонячної фотоелектричної системи виконує функцію короткочасного резервування електропостачання на період автоматичного запуску резервного дизельного генератора (приблизно 1-3 хвилини), а також накопичення надлишкової сонячної енергії для використання у вечірній та ранковий час з метою зниження споживання електроенергії з централізованої мережі. Головною АКБ обираємо Felicity Solar FLA48200 (LiFePO₄, 48 В, 200 Аг, 9.6 кВт·год).

Обчислимо мінімальну потужність вентиляторів та освітлення для роботи від батареї:

$$P_{\text{мін вент і осв}} = P_{\text{мін вент}} + P_{\text{заг.осв}} = 5 * 0.37 + 0.68 = 2.53 \text{ кВт.} \quad (4.3)$$

Тоді час роботи від батареї становить:

$$t_{\text{роб від бат}} = \frac{9.6}{2.53} = 3.8 \text{ год роботи від батареї.} \quad (4.4)$$

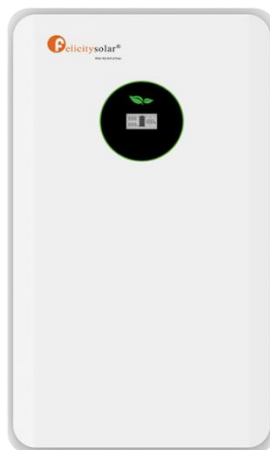


Рис. 4.2 АКБ Felicity Solar FLA48200

Для фотоелектричної системи пташника обираємо монокристалічні сонячні панелі JA Solar JAM72S30-545/MR потужністю 545 Вт з ККД 21.2%.

Орієнтовна потреба в електроенергії на період активної генерації при максимальному активному навантаженні становить:

$$E_{\text{денна}} = (P_{\text{заг вент і осв}} * t_{\text{роб}}) + E_{\text{бат}} = (4.78 * 10) + 9.6 = 57.4 \text{ кВт} * \text{год.} \quad (4.5)$$

де $t_{\text{роб}}$ тривалість світлового дня. $E_{\text{бат}}$ – ємність батареї.

Розрахункова кількість сонячних панелей визначається з урахуванням середньої інсоляції для центральної України у весняно-літній період та становить:

$$N_{\text{пан}} = \frac{E_{\text{денна}}}{P_{\text{пан}} * t_{\text{пик}}} = \frac{57400}{545 * 4.5} = 23.4 \text{ шт.} \quad (4.6)$$

де $P_{\text{пан}}$ потужність однієї панелі. $t_{\text{пик}}$ кількість пікових сонячних годин на добу.

З метою недопущення перевантаження інвертора по входу постійного струму (максимальний струм MPPT та коефіцієнт DC/AC) до встановлення приймаємо 20 сонячних панелей.

Загальна встановлена потужність PV-масиву становить:

$$P_{\text{PV}} = N_{\text{пан}} * P_{\text{пан}} = 20 * 545 = 10.9 \text{ кВт.} \quad (4.7)$$

Тоді загальна генерація становить:

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$E_{\text{ген}} = N_{\text{пан факт}} * P_{\text{пан}} * t_{\text{пик}} = 20 * 545 * 4.5 = 49 \text{ кВт} * \text{год}. \quad (4.8)$$

Така конфігурація здатна згенерувати близько 49 кВт·год енергії за сонячний день, що покриває понад 80% денних потреб пташника, значно розвантажуючи зовнішню електромережу. У нічний час живлення здійснюється від мережі.

Загальна генерація за рік, при умові 235 ефективних сонячних днів становить:

$$E_{\text{ген.річ}} = E_{\text{ген}} * N_{\text{сон.днів}} = 49 * 235 = 11515 \text{ кВт} * \frac{\text{год}}{\text{рік}}. \quad (4.9)$$

Перевантаження інвертора по постійному струму становить $10.9 / 8.0 = 1.36$, що є оптимальним показником (виробником Solis допускається до 1,6). Панелі розбиваються на 2 стрінги по 10 модулів, які підключаються до двох незалежних MPPT інвертора.

Робоча напруга одного стрінга становить:

$$U_{\text{стр}} = 10 * U_{\text{мп}} = 10 * 41.7 = 417 \text{ В}. \quad (4.10)$$

де – $U_{\text{мп}}$ напруга панелі при максимальній потужності.

Отримане значення відповідає ефективному робочому діапазону MPPT-трекера (200–800 В). Максимальна напруга розімкненого кола при температурі - 10°C не перевищить 530 В (допустимо до 1000 В), а струм стрінга (13 А) є меншим за ліміт входу інвертора (20 А).

Використання акумуляторного блоку створює надійний «буфер безпеки», здатний автономно підтримувати роботу критично важливих систем життєзабезпечення птиці — мінімальної вентиляції та освітлення. Це повністю нівелює ризики масової загибелі поголів'я у разі раптових аварій в електромережі, даючи персоналу достатньо часу для штатного запуску резервного дизель-генератора.

Водночас, відмова від повної цілодобової автономії на користь роботи паралельно з мережею робить проект економічно обґрунтованим. Згенерована сонячними панелями енергія покриває переважну більшість денних потреб пташника в електроенергії у весняно-літній період, суттєво знижуючи експлуатаційні витрати підприємства.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

РОЗДІЛ 5

ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Технічні рішення щодо енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії.

Птахівництво є однією з найбільш енергоємних галузей сільського господарства. Основна частка споживання електроенергії (до 70-80%) у пташниках закритого типу припадає на роботу систем мікроклімату (вентиляції) та штучного освітлення. У зв'язку з постійним зростанням тарифів на енергоносії та вимогами щодо екологічності виробництва, впровадження енергозберігаючих технологій є не просто рекомендацією, а необхідною умовою рентабельності підприємства. У даній кваліфікаційній роботі розроблено та обґрунтовано комплексний підхід до енергозбереження, який базується на трьох основних напрямках: оптимізації роботи електроприводів, впровадженні енергоефективного освітлювального обладнання та інтеграції відновлюваних джерел енергії.

5.1.1 Застосування частотно-регульованого електроприводу в системах вентиляції. Традиційним методом регулювання продуктивності вентиляторів у старих пташниках було використання механічних заслінок при незмінній швидкості обертання двигуна, або грубе ступінчасте вмикання/вимикання пускачами. Це призводило до величезних перевитрат енергії. У роботі реалізовано керування відцентровими вентиляторами та осьовими вентиляторами за допомогою частотного перетворювача. Згідно із законами аеродинаміки (закони пропорційності), споживана потужність вентилятора пропорційна кубу швидкості обертання його робочого колеса. Це означає, що зниження продуктивності вентилятора (і, відповідно, частоти обертання) лише на 20% призводить до зменшення споживання електроенергії майже на 50%. Враховуючи, що пташник працює на максимальній вентиляції лише в короткі періоди літньої спеки, а більшість часу (особливо вночі та в перехідні сезони) система функціонує в режимі часткового навантаження,

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

використання частотного перетворювача дозволяє зекономити до 30% електроенергії за один технологічний цикл вирощування бройлерів. Додатковим фактором енергозбереження є відсутність пускових струмів (завдяки плавному розгону), що зменшує втрати в кабельних лініях та подовжує термін служби механічних вузлів.

5.1.2 Модернізація системи штучного освітлення. Відповідно до: ДСТУ 8219:2015, ДБН В.2.2-1:2024, Закон України «Про енергозбереження». Заміна застарілих джерел світла на спеціалізовані промислові світлодіодні (LED) світильники є одним із найшвидкоокупніших заходів. Обрані в проєкті світильники необхідною потужністю забезпечують високу світлову віддачу, що дозволило знизити загальну встановлену потужність освітлення птахоблока до мінімальних значень.

5.1.3 Впровадження відновлюваних джерел енергії. Відповідно до: Закон України «Про альтернативні джерела енергії», Закон України «Про ринок електричної енергії», ДБН В.2.2-1:2024, ПУЕ. Найбільш радикальним кроком у напрямі енергозбереження та підвищення енергонезалежності об'єкта є спроектована гібридна сонячна електростанція. Встановлення фотоелектричного масиву потужністю 10,9 кВт дозволяє трансформувати безкоштовну сонячну радіацію в електричну енергію для власних потреб пташника. Енергозберігаючий ефект від впровадження СЕС полягає у наступному:

1.Заміщення мережевої енергії: У весняно-літній період (коли потреба у вентиляції максимальна) генерація сонячної станції збігається з піком споживання пташника, перекриваючи понад 80% денних потреб. Це фізично зменшує обсяг закупівлі електроенергії з мережі.

2.Оптимізація графіку навантаження: Наявність акумуляторного блоку (9,6 кВт·год) дозволяє не лише забезпечувати резервне живлення, але й налаштувати інвертор на режим зміщення піків — накопичувати енергію в періоди її надлишку і віддавати в моменти найбільшого навантаження.

3.Екологічний аспект: Застосування сонячних панелей знижує вуглецевий слід підприємства, що відповідає сучасним глобальним трендам сталого

розвитку та зменшує викиди парникових газів в атмосферу, які утворювалися б при генерації еквівалентної кількості енергії на традиційних ТЕС.

Впровадження описаного комплексу заходів перетворює типовий пташник на сучасний, енергоефективний об'єкт, здатний раціонально використовувати ресурси та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

5.2 Заходи з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації електрообладнання пташника.

Приміщення пташника за умовами навколишнього середовища відноситься до категорії приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом. Це зумовлено наявністю агресивного середовища (виділення аміаку та сірководню з підстилки), високої вологості (до 70%), а також значної кількості органічного пилу та пуху в повітрі. Тому до проєктування та експлуатації електроустановок висуваються жорсткі вимоги щодо безпеки.

5.2.1 Заходи з електробезпеки. Відповідно до: ПУЕ (2017), НПАОП 01.0-1.02-18 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві», ДБН В.2.2-1:2024 [20]. Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом у роботі передбачено комплекс технічних рішень:

1. Ступінь захисту оболонок: Усе електрообладнання, що знаходиться безпосередньо в зоні утримання птиці, має ступінь захисту не нижче IP65 (обрані LED-світильники Feron AL3030 мають захист IP65, двигуни вентиляторів — IP55). Це унеможливорює потрапляння пилу та вологи до струмопровідних частин під час регулярної санітарної мийки приміщення під тиском.

2. Захисне заземлення: На об'єкті застосовується система заземлення TN-C-S. Усі металеві неструмопровідні частини обладнання (корпуси вентиляторів ВЦ-4-75-4 та ВО-1100, металеві конструкції ліній годівлі, корпуси шаф керування та інвертора Solis) підлягають обов'язковому приєднанню до захисного РЕ-провідника.

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

5.2.2 Специфіка безпеки сонячної електростанції. Впровадження гібридної СЕС вимагає додаткових заходів безпеки, оскільки обладнання працює з постійним струмом (DC) високої напруги:

1. Захист від перенапруг: На стороні постійного струму (від фотомодулів до інвертора) встановлюються спеціалізовані обмежувачі перенапруг та запобіжники для захисту від ударів блискавки та коротких замикань у стрінгах. Робоча напруга стрінга становить понад 400 В, тому всі комутації повинні виконуватися лише при розімкненому колі.

2. Акумуляторна безпека: Обраний у проєкті акумуляторний блок Felicity LPBF48200 побудований на базі літій-залізо-фосфатних елементів (LiFePO₄). На відміну від класичних літій-іонних батарей, вони є термічно та хімічно стабільними, не схильними до самозаймання при механічному пошкодженні та не виділяють вибухонебезпечного водню, що дозволяє безпечно розміщувати їх у технічному приміщенні пташника.

5.2.3 Вимоги пожежної безпеки. Відповідно до: НАПБ А.01.001-2004 (зі змінами) «Правила пожежної безпеки в Україні», НАПБ Б.01.008-2004 «Правила експлуатації вогнегасників», ДБН В.2.2-1:2024 Приміщення пташника становить високу пожежну небезпеку через наявність великої кількості горючих матеріалів (суха деревна тирса або солома у глибокій підстилці, сухий комбікорм).

Основними протипожежними заходами є:

1. Використання кабельної продукції виключно з індексом ВВГнг, яка не поширює горіння та має знижене димо- та газовиділення.

2. Встановлення автоматичних вимикачів із правильно підібраними тепловими та електромагнітними розчеплювачами для миттєвого відключення ліній при струмах короткого замикання (до моменту критичного нагрівання ізоляції).

3. Оснащення електрощитової та тамбура порошковими (ВП-5) та вуглекислотними (ВВК-3) вогнегасниками, які є безпечними для гасіння електроустановок під напругою до 1000 В.

5.2.4 Санітарно-гігієнічні вимоги до персоналу. Відповідно до: НПАОП 01.0-1.02-18 „Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві,, ,

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ДСТУ 8219:2015 „ Птиця свійська. Технологічний процес вирощування курчат-бройлерів. Загальні вимоги,, , Типові норми видачі ЗІЗ у сільському господарстві. До обслуговування електроустановок допускаються особи, які пройшли інструктаж та мають групу з електробезпеки не нижче III (для роботи в установках до 1000 В). Під час виконання робіт у птахоблоці (особливо при очищенні вентиляторів) персонал зобов'язаний використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): респіратори для захисту дихальних шляхів від органічного пилу, захисні окуляри та спецодяг. При роботі в електрощитовій обов'язковим є використання діелектричних килимків та рукавиць.

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

РОЗДІЛ 6.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

6.1. Загальна характеристика економічної частини роботи

Стрімке зростання вартості енергоносіїв та ризики нестабільного електропостачання ставлять перед вітчизняними птахофабриками гостру потребу в оптимізації експлуатаційних витрат. Тому техніко-економічне обґрунтування даної кваліфікаційної роботи спирається на стратегію комплексної модернізації електрообладнання та мінімізації залежності від зовнішніх мереж.

Головними факторами формування позитивного фінансового ефекту в проєкті виступають:

1. Впровадження системи частотного регулювання (ПЧ) для усунення енергетичних втрат у витяжній вентиляції.
2. Перехід та експлуатація сучасних світлодіодних засобів.
3. Інтеграція гібридної сонячної електростанції (СЕС) для генерації власної електроенергії та створення автономного резерву на стратегічні потреби.

6.2. Розрахунок капітальних інвестицій.

Для практичної реалізації запропонованих інженерних рішень необхідно здійснити ряд початкових фінансових вкладень. Кошторис формується з витрат на придбання технологічного обладнання, захисної апаратури та оплати монтажних робіт (за актуальними середньоринковими цінами) [5].

Інвестиції у модернізацію електроприводу та освітлювальної мережі:

1. Контролер мікроклімату Овен ТРМ32: 8280 грн.
2. Перетворювач частоти моделі ПЧВ3-7К5-В: 32000 грн.
3. Комплектуючі шафи керування (автоматичні вимикачі, контактори, індикатори, тощо): орієнтовно 31370 грн.
4. Промислові LED-світильники різних моделей: 45220 грн.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

5. Витрати на виконання будівельно-монтажних та пусконаладжувальних робіт (прийнято на рівні 15% від ціни обладнання): 17585 грн.

Всього: 134815 грн.

Інвестиції у створення гібридної СЕС (потужність фотомодулів 10,9 кВт):

1. Фотоелектричні модулі (20 сонячних панелей 545 Вт типу JA Solar JAM72S30-545/MR): 104000 грн.

2. Гібридний інвертор типу Solis S6-EN3P8K, потужністю 8 кВт: 94432 грн.

3. Акумуляторна батарея типу Felicity Solar FLA48200: 75000 грн.

4. Система кріплень (алюмінієвий профіль для даху): 10920 грн.

5. Електротехнічна периферія (сонячний кабель, конектори, щити захисту DC/AC): 15 000 грн.

6. Витрати на виконання будівельно-монтажних та пусконаладжувальних робіт (прийнято на рівні 15% від ціни обладнання СЕС): 44903 грн.

Всього: 344255 грн.

Сумарний обсяг капітальних інвестицій становить:

$$K_{\Sigma \text{інв}} = K_{\Sigma \text{еп}} + K_{\Sigma \text{сес}} 134815 + 344255 = 479070 \text{ грн.} \quad (6.1)$$

6.3. Розрахунок зменшення експлуатаційних витрат.

Фінансова віддача від проєкту розраховується на базі зниження обсягів закупівлі електроенергії. Для підрахунків використовується середній комерційний тариф для підприємств агросектору на рівні 14 грн за кВт Зниження фінансового навантаження досягається трьома паралельними шляхами [17,18]:

1. Ефект від роботи сонячної станції:

Розрахункова річна генерація масиву панелей на 10,9 кВт з урахуванням місцевої інсоляції становить орієнтовно 11515 кВт*год. Своя згенерована потужність дозволяє зекономити:

$$E_{\text{сес}} = 11515 * 15 = 172725 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (6.2)$$

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

2. Ефект від застосування перетворювача частоти:

Відмова від прямого пуску та грубого ступінчастого регулювання дозволяє істотно знизити споживання електродвигунів вентиляторів.

Відповідно до законів аеродинаміки, споживана потужність вентилятора пропорційна кубу швидкості його обертання, тобто при зниженні швидкості обертання на 20% споживана потужність вентилятора зменшується приблизно на 49%. Базове річне споживання системи вентиляції (встановлена потужність 4,1 кВт, час роботи близько 6480 годин (45 днів на кожен з 6 циклів вирощування бройлерів) на рік із середнім коефіцієнтом завантаження 0,6 становить орієнтовно 15940 кВт*год. Застосування ПЧ забезпечує середню технологічну економію на рівні 25% від базового споживання.

Річний обсяг зекономленої електроенергії становить:

$$\Delta W = 15940 * 0.25 = 4000 \text{ кВт} * \text{год.} \quad (6.3)$$

$$E_{\text{ПЧ}} = 4000 * 15 = 60000 \text{ грн.} \quad (6.4)$$

3. Ефект від застосування LED-освітлення.

Система освітлення пташника запроектована із застосуванням енергоефективних LED-світильників із загальною встановленою потужністю 684 Вт. Порівняно з базовим варіантом на основі люмінесцентних світильників, які для досягнення аналогічної освітленості споживають:

$$P_{\text{заг.люм}} = 684 * 2.5 = 1710 \text{ Вт.} \quad (6.5)$$

Оскільки середньозважений час роботи освітлення всього пташника за рік становить: 2760 год/рік, то річне споживання LED світильників складає:

$$W_{\text{LED,річн}} = 0.684 * 2760 = 1888 \text{ кВт} * \frac{\text{год}}{\text{рік}}. \quad (6.6)$$

Тоді річне споживання освітлення з люмінесцентними лампами, буде складати:

$$W_{\text{люм,річн}} = 1.71 * 2760 = 4720 \text{ кВт} * \frac{\text{год}}{\text{рік}}. \quad (6.7)$$

Беручи до уваги вищевказані розрахунки, економічна різниця становить:

$$\Delta W_{\text{освіт}} = 4720 - 1888 = 2832 \text{ кВт} * \frac{\text{год}}{\text{рік}}. \quad (6.8)$$

Що в грошовому еквіваленті дорівнює:

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{\text{осв.екон}} = 2832 * 15 = 42480 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (6.9)$$

Сумарна річна економія коштів пташника становить:

$$E_{\text{екон.заг}} = 172725 + 60000 + 42480 = 275205 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (6.10)$$

6.4. Визначення терміну окупності

Ключовим індикатором інвестиційної привабливості проведеної модернізації є простий термін окупності, який демонструє час повернення вкладених коштів за рахунок отриманої економії. Він складає:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{479070}{275205} = 1.7 \text{ року}. \quad (6.11)$$

Отриманий показник окупності на рівні 1,7 року свідчить про високу рентабельність проєкту. Оскільки гарантований термін експлуатації фотомодулів перевищує 25 років, а силової електроніки — 10 років, після проходження точки окупності підприємство отримуватиме чистий прибуток у вигляді зекономлених коштів протягом тривалого часу, тобто модернізація доцільна.

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ВИСНОВКИ

На основі виконаних теоретичних, розрахунково-проектних та техніко-економічних досліджень щодо розроблення схеми електрообладнання пташника підлогового утримання на 5000 голів бройлерів, сформульовано такі висновки:

1. Здійснено комплексний аналіз технологічного процесу вирощування птиці. Обґрунтовано необхідність суворої підтримки мікрокліматичних параметрів (температури, повітрообміну) та підібрано відповідне енергоефективне обладнання для механізації систем напування, годівлі і прибирання, що формує базу для подальшої електрифікації об'єкта.

2. Доведено технічну та енергетичну неефективність традиційних методів прямого пуску та грубого ступінчастого керування вентиляторами. Запропоновано працююче рішення — переведення групи з восьми асинхронних електродвигунів (сумарним номінальним струмом 12.3 А) на живлення від єдиного перетворювача частоти потужністю 7.5 кВт. Це дозволило нівелювати пускові струми в мережі та забезпечити гнучке, плавне регулювання продуктивності вентиляторів відповідно до законів аеродинаміки.

3. Розроблено оптимізовану схему штучного освітлення птахоблока та восьми допоміжних приміщень. Перехід на сучасні промислові світлодіодні випромінювачі забезпечив радикальне зниження сумарної встановленої потужності освітлювальної мережі всієї будівлі до безпрецедентних 0.68 кВт, гарантуючи при цьому суворе дотримання зоотехнічних норм освітленості на всіх етапах росту бройлерів.

4. Спроектовано автономну систему резервного та альтернативного електропостачання на базі гібридної сонячної електростанції із загальною встановленою потужністю фотомодулів 10.9 кВт. Застосування інвертора потужністю 8 кВт у поєднанні з літій-залізо-фосфатною (LiFePO₄) акумуляторною батареєю ємністю 9.6 кВт·год формує надійний енергетичний буфер. Таке рішення критично важливе для підтримки життєзабезпечення пташника та унеможливлення масового падежу птиці під час ймовірних

					02.02-КР. 2607 “С” 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аварійних блекаутів та дає можливість полегшити запуск аварійного дизель генератора.

5. Проаналізовано комплекс інженерних, пожежних та санітарних заходів з охорони праці та електробезпеки, тісно адаптованих до агресивних умов експлуатації пташника.

6. Підтверджено високу інвестиційну привабливість розробленого проєкту. Сумарні капітальні витрати на комплексну модернізацію становлять 479070 грн. Завдяки синергетичному ефекту (власна генерація СЕС, технологічна економія від ПЧ та зниження енергоємності LED-освітленням), розрахункова річна економія експлуатаційних витрат при актуальному комерційному тарифі 15 грн/кВт·год сягає 275205 грн. Це забезпечує швидкий термін простої окупності інвестицій на рівні 1.7 року, після чого підприємство отримуватиме чистий прибуток у вигляді збережених коштів.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондар А. О., Поручник М. М., Тарасенко Л. О., Рудь В. О. Гігієна тварин та ветеринарна санітарія : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2018. 179 с.
2. Видмиш А. А., Ярошенко Л. В. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1 : навч. посіб. Вінниця : ВНАУ, 2020. 387 с.
3. Вимоги до благополуччя бройлерів під час їх утримання : затв. наказом Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 08.02.2021 р. № 224. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0207-21#Text>
4. Довідник сільського електрика / В. С. Олійник, В. М. Гайдук, В. Ф. Гончар та ін. . за ред. В. С. Олійника. Київ : Урожай, 1989. 264 с.
5. Електропривод : навч. посіб. / Ю. М. Кутовий, Т. Ю. Кунченко, І. В. Обруч, Д. О. Пшеничников. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 120 с.
6. Клименко Б. В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі. Харків : Талант, 2008. 228 с.
7. Кохановський С. П., Василенко В. В. Апарати керування і захисту. Київ : ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. 228 с.
8. Красношопка Н. Д. Автоматизований електропривод. Розділ 1. Теорія електропривода. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 101 с.
9. Методичні вказівки щодо виконання курсової роботи з дисциплін «Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній», «Електропривод виробничих машин і агрегатів» / Ю. М. Лавріненко, О. Ю. Синявський, В. В. Савченко. Київ : НУБіП, 2010. 36 с.
10. Мрачковський А. М., Лут М. Т. Навчальний посібник щодо виконання курсового проекту «Розрахунки та вибір пускозахисних апаратів для асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором». Київ, 2017. 150 с.
11. Основи електропривода: навч. посіб. / В.В. Савченко, О.Ю. Синявський, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш. Київ : ЦП «Компринт», 2023. 502 с.

					02.02-КР. 2607 "С" 2025.10.30. 012ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

12. Підприємства птахівництва : ВНТП-АПК-04.05. Київ : Міністерство аграрної політики України, 2005. 90 с.

13. Про затвердження Вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання : Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 08.02.2021 р. № 224. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0206-21#Text>

14. Рябініна О. В., Іщенко Ю. Б., Кульбаба С. В. Оптимальні параметри мікроклімату в пташнику та їх контроль. Птахівництво. 2019. № 10. С. 20–22.

15. Теряєв В. І. Автоматизований електропривод. Ч. 2: навч. посіб. для студентів освіт. програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 204 с.

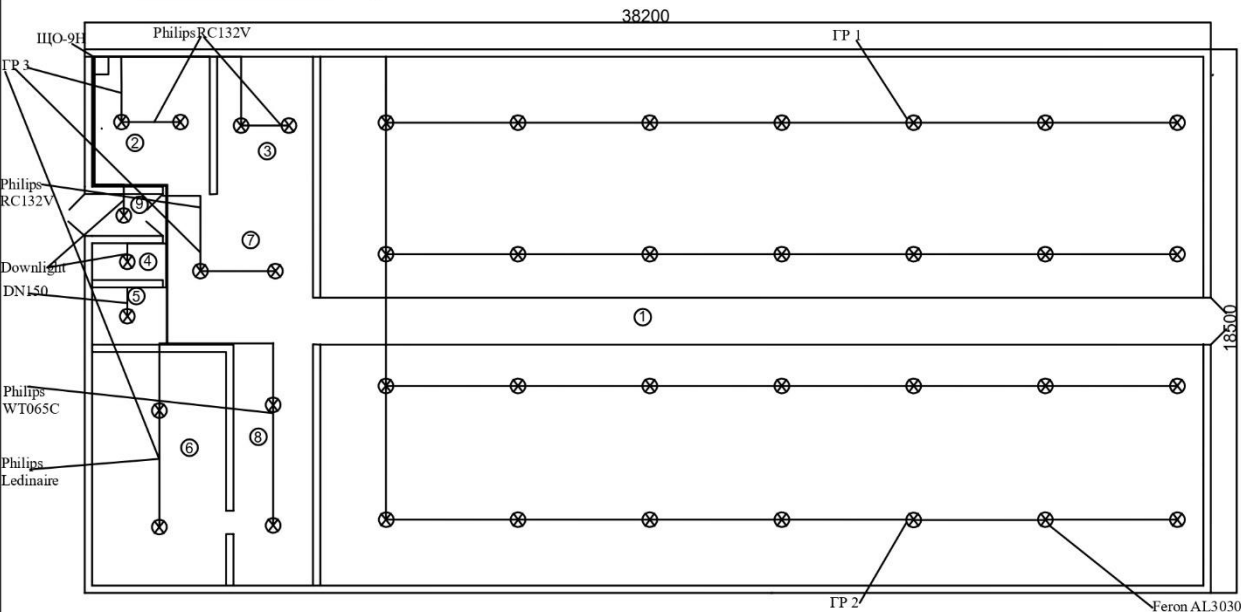
16. Ярошенко Л. В. Лабораторний практикум з електропривода та електрообладнання : навч. посіб. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2010. 192 с.

17. Швиденко М. З., Ковтун О. О. Економіка, організація та планування енергетичного виробництва в АПК : підручник. – Київ : КНЕУ, 2019. – 312 с.

18. Марченко В. М., Шульга О. А. Економічне обґрунтування інженерних рішень : навч. посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 185 с.

19. Проектування та експлуатація сонячних електростанцій : підручник / В. І. Сидоренко, О. П. Романенко. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 215 с.

20. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві (НПАОП 01.0-1.02-18): затв. наказом Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 р. № 1240. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#Text>



Розрахунково-монтажна таблиця освітлювальної електропроводки

Проводка до освітлювального щита			Щиток освітлювальний					Освітлювальна електропроводка				Встановлена потужність групи, Вт	Розрахунковий струм групи, А	Примітка
Марка провода. Довжина, м	Розрахунковий струм, А	Спосіб прокладки кабелю	Відключаючий апарат на вході	Струм розчіплювача, А	Схема освітлювального щита	Тип лінійних автоматів	Струм розчіплювача, А	Марка провода, кабелю; Довжина, м	Спосіб прокладки	Номер групи на щитку	До якої фази підключено			
ВВГнг 3×2,5 мм² 10	3,26	Гофротруба	ETI ETIMAT 6 3р В 10А	10		ETIMAT 6 1р В 2А	2	ВВГнг 3×1,5 мм² 93	Гофротруба	1	A	164	0,80	Робоче
						ETIMAT 6 1р В 2А	2	ВВГнг 3×1,5 мм² 104	Гофротруба	2	B	168	0,80	Робоче
						ETIMAT 6 1р В 4А	4	ВВГнг 3×1,5 мм² 103	Гофротруба	3	C	348	1,66	Робоче

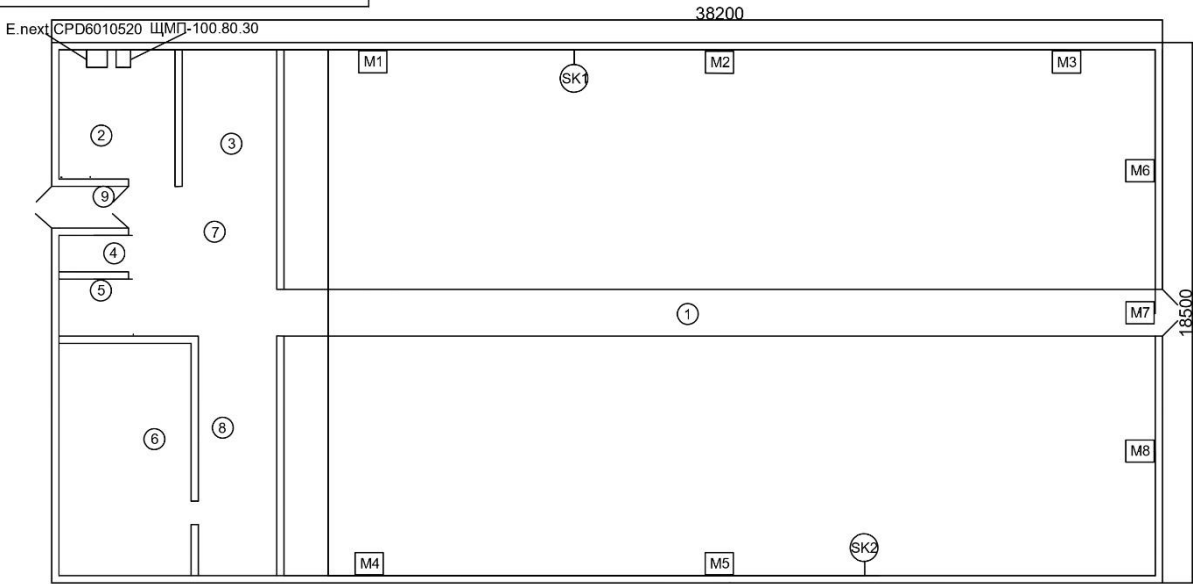
Експлікація приміщень

№ п/п	Назва приміщення	Розміри			Площа, S, м2	Примітка, Е лк
		А, м	В, м	Н, м		
1	Птахоблок	30	18	3	540	25
2	Електрощитова	4	4,42	3	17,68	150
3	Побутове приміщення	3,25	4,67	3	15,17	200
4	Санвузол	2,40	1,25	3	3	75
5	Комора	2,40	1,95	3	4,68	75
6	Склад кормів та підстилок	4,55	7,95	3	36,17	50
7	Великий коридор	5,10	5,12	3	26,11	100
8	Малий коридор	2,70	8,20	3	22,14	100
9	Тамбур	2,65	1,45	3	3,84	75

Специфікація освітлювального електрообладнання

Позиція	Назва і технічні характеристики обладнання та матеріалів	Тип, марка	Кількість	Примітка
1	Щит освітлення	ЩО-9Н	1	
2	Світильник	Feron AL3030 IP65	28	
3	Світильник	Philips RC132V 600x600 IP44	6	
4	Світильник	LEDVANCE Downlight IP54	2	
5	Світильник	LEDVANCE DN150 IP44	1	
6	Світильник	Philips Ledinaire IP65 L1200	2	
7	Світильник	Philips WT065C IP65 L1200	2	
8	Ввідний кабель	ВВГнг 3x2,5 мм²	10	
9	Кабель	ВВГнг 3x1,5 мм²	300	
10	Ввідний автоматичний вимикач	ЕП 002115514 ЕТІМАТ 6 3р В 10А	1	
11	Автоматичний вимикач	ЕП 002111510 ЕТІМАТ 6 1р В 2А	2	
12	Автоматичний вимикач	ЕП 002111511 ЕТІМАТ 6 1р В 4А	1	

					02.02-КР. 2607 `С` 2025.10.30. 012ЕО									
					План освітлювальної мережі пташника напільного утримання									
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				Літ.	Маса	Масштаб				
Розроб.		Рева В.В.											1:200	
Перевір.		Сорокін Д.С.												
Н. контр.		Коробський В.В.												
Затверд.		Окушко О.В.												



Розрахунково-монтажна таблиця силової електропроводки

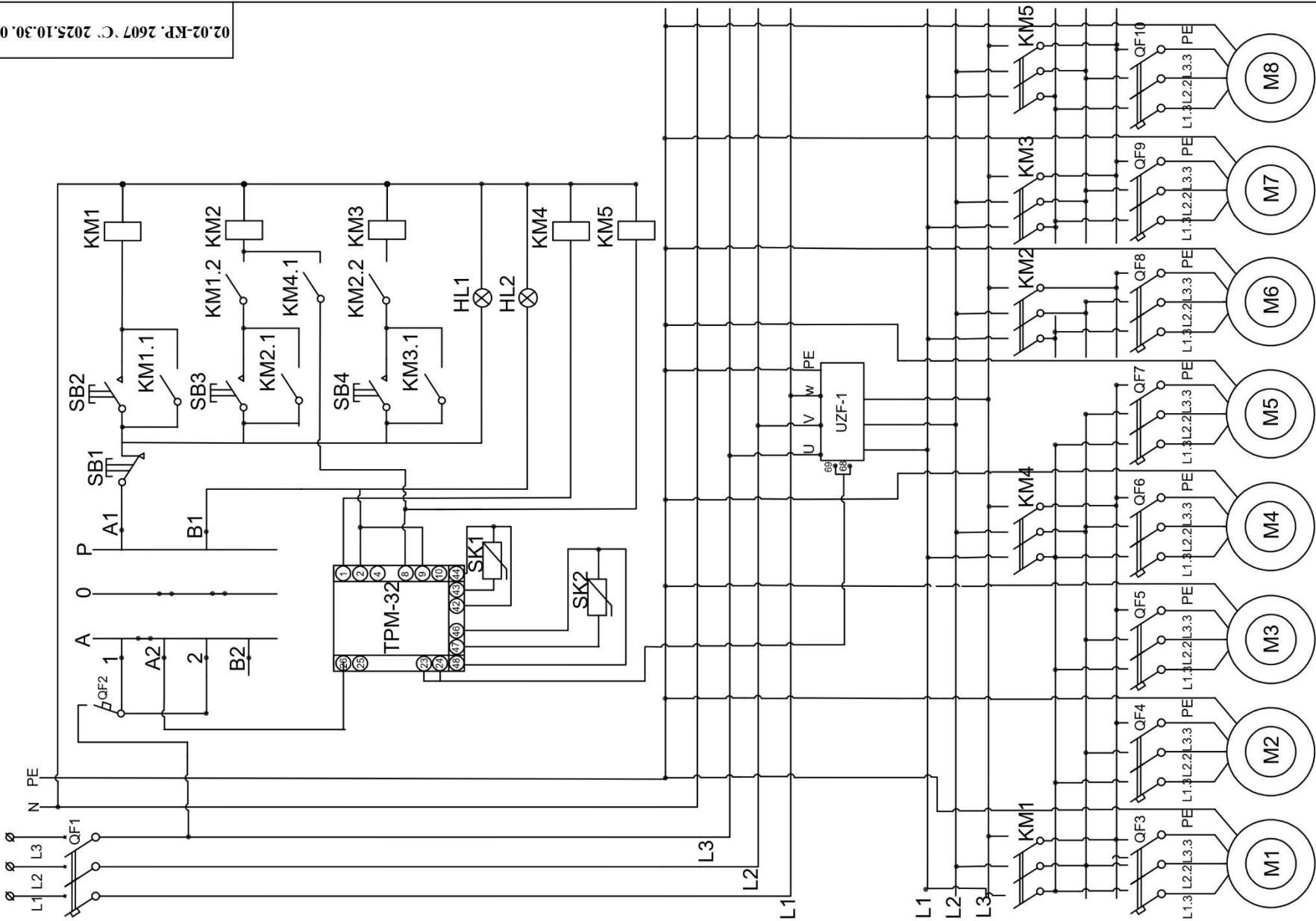
Розподільчий пункт			Підводка до НКП		Тип низьковольтного комплектного пристрою керування	Пусковий апарат		Підводка до двигуна		Електродвигун				Робоча машина													
Тип відключаючого апарату на ввіді	Струм розцілювача, А	Тип, схема шини	Тип лінійних автоматів	Струм розцілювача, А		Марка і переріз проводів	Спосіб прокладки	Довжина,м	Тип магнітного пускача	Тип пускової кнопки	Марка і переріз проводів; довжина в м	Спосіб прокладки	Номер на плані	Тип	Рн, кВт	п об/хв	Ін, А	Назва	Тип, марка								
ETIMAT 6	40	E.next CPD6010520	ETIMAT 6	32	ВВГнг 5х4	Гофротруба	5	ЩМП-100.80.30	ETIMAT 6	ПМЛ	ETI NSE	ВВГнг	ПТ	M1	АИР63 В4У2	0,37	1320	1,18	ВЦ	ВЦ-4							
										-1100	-BPF	4х1,5								75-4							
										ПМЛ	ETI NSE	ВВГнг								ПТ	M2	АИР63 В4У2	0,37	1320	1,18	ВЦ	ВЦ-4
										-1100	-BPF	4х1,5								75-4							
										ПМЛ	ETI NSE	ВВГнг								ПТ	M3	АИР63 В4У2	0,37	1320	1,18	ВЦ	ВЦ-4
										-1100	-BPF	4х1,5								75-4							
										ПМЛ	ETI NSE	ВВГнг								ПТ	M4	АИР63 В4У2	0,37	1320	1,18	ВЦ	ВЦ-4
										-1100	-BPF	4х1,5								75-4							
ПМЛ	ETI NSE	ВВГнг	ПТ	M5	АИР63 В4У2	0,37	1320	1,18	ВЦ	ВЦ-4																	
-1100	-BPF	4х1,5								75-4																	
ПМЛ	ETI NSE	ВВГнг								ПТ	M6	АИР71 В4У2	0,75	1350	2,14	ВО	ВЦХ										
-1100	-BPF	4х1,5								1100																	
ПМЛ	ETI NSE	ВВГнг								ПТ	M7	АИР71 В4У2	0,75	1350	2,14	ВО	ВЦХ										
-1100	-BPF	4х1,5								1100																	
ПМЛ	ETI NSE	ВВГнг								ПТ	M8	АИР71 В4У2	0,75	1350	2,14	ВО	ВЦХ										
-1100	-BPF	4х1,5								61	1100																

№ п/п	Назва приміщення	Розміри			Площа, S, м2	Примітка,
		А, м	В, м	Н, м		
1	Птахоблок	30	18	3	540	
2	Електрощитова	4	4,42	3	17,68	
3	Побутове приміщення	3,25	4,67	3	15,17	
4	Санвузол	2,40	1,25	3	3	
5	Комора	2,40	1,95	3	4,68	
6	Склад кормів та підстилок	4,55	7,95	3	36,17	
7	Великий коридор	5,10	5,12	3	26,11	
8	Малий коридор	2,70	8,20	3	22,14	
9	Тамбур	2,65	1,45	3	3,84	

Специфікація електрообладнання електропроводки

Позиція	Назва і технічні характеристики обладнання та матеріалів	Тип, марка	Кількість	Примітка
1	Розподільчий щит	E.next CPD6010520	1	
2	Автоматичний вимикач	ETI 002115521 ETIMAT 6 3р С 40А	1	
3	Автоматичний вимикач	ETI 002115520 ETIMAT 6 3р С 32А	1	
4	Щит керування електроприводом	ЩМП-100.80.30	1	
5	Ввідний автоматичний вимикач	ETI 002145518 ETIMAT 6 3р С 25А	1	
6	Автоматичний вимикач	ETI 002145508 ETIMAT 6 3р С 2А	5	
7	Автоматичний вимикач	ETI 002145509 ETIMAT 6 3р С 3А	3	
8	Автоматичний вимикач	ETI 002111514 ETIMAT 6 1р С 6А	1	
9	Кнопковий пост	ESB4s	1	
10	Кнопка	ETI NSE-BPF	4	R/G/B/W
11	Сигнальна лампа	ETI ECLI-16-240А	2	R/G
12	Контролер мікроклімату	Овен ТРМ32	1	
13	Датчик температури	РТ100	2	
14	Частотний перетворювач	ПЧВЗ-7К5-В	1	
15	Кулачковий перемикач	ETI CS 16 52 PN	1	
16	Пускач магнітний	ПМЛ-1100	5	
17	Кабель	ВВГ 4х1,5	288	

						02.02-КР. 2607 `С` 2025.10.30. 012ЕМ						
						План силової мережі пташника напільного утримання	Літ.		Маса	Масштаб		
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					1:200			
Розроб.		Рева В.В.										
Перевір.		Сорокін Д.С.										
							Арк 1		Аркушів 1			
Н. контр.		Коробський В.В.										
Затверд.		Окушко О.В.										



02.02-КР. 2607 `С` 2025.10.30. 012Е3

02.02-КР. 2607 `С` 2025.10.30. 012Е3						Принципова схема керування електроприводом			Літ.	Маса	Масштаб
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							1:200
Розроб.		Рева В.В.									
Перевір.		Сорокін Д.С.									
									Арк 1	Аркушів 1	
Н. контр.		Коробський В.В.									
Затверд.		Окушко О.В.									